

ENZYKLOPAEDIE DER KLINISCHEN MEDIZIN

LEHRBUCH DER
RÖNTGENDIAGNOSTIK

ERSTER BAND

ENZYKLOPAEDIE DER KLINISCHEN MEDIZIN

HERAUSGEGEBEN VON

L. LANGSTEIN
BERLIN

C. VON NOORDEN
FRANKFURT A. M.

C. PIRQUET
WIEN

A. SCHITTENHELM
KIEL

ALLGEMEINER THEIL

LEHRBUCH DER RÖNTGENDIAGNOSTIK

IN ZWEI BÄNDEN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1924

LEHRBUCH DER RÖNTGENDIAGNOSTIK

BEARBEITET VON

M. BÜRGER-KIEL · F. M. GROEDEL-NAUHEIM · C. KAESTLE-
MÜNCHEN · A. KÖHLER-WIESBADEN · H. RIEDER-MÜNCHEN
A. SCHITTENHELM-KIEL · H. SCHLECHT-DUISBURG
A. SCHÜLLER - WIEN · G. SCHWARZ - WIEN
A. THOST-HAMBURG · P. WELS-KIEL

HERAUSGEGEBEN VON

A. SCHITTENHELM

KIEL

MIT 1032 ABBILDUNGEN
UND 3 TAFELN IM TEXT

ERSTER BAND



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1924

ISBN 978-3-642-98755-7 ISBN 978-3-642-99570-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-99570-5

ALLE RECHTE,
INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG IN FREMDE SPRACHEN,
VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1924 BY SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI JULIUS SPRINGER IN BERLIN 1924
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1924

Vorwort.

Der Plan zu dem vorliegenden Lehrbuch der Röntgendiagnostik entstand bereits im Jahre 1911 mit dem Gesamtplan der „Enzyklopädie der klinischen Medizin“. Die Aufforderungen an die Herren Mitarbeiter des Buches ergingen im gleichen Jahre. Bei Ausbruch des Krieges lagen die meisten Manuskripte fertig vor und waren zum Teil schon gesetzt, so die Kapitel von Groedel, Kaestle, Köhler, Meyer-Betz †, Rieder, Schüller, Schwarz und Thost. Nach dem Kriege konnte die Fertigstellung des Buches wegen mancherlei Schwierigkeiten nicht sofort aufgenommen werden. Inzwischen war die Technik der Röntgenuntersuchung und damit auch die Röntgendiagnostik weit fortgeschritten. Zahlreiche Arbeiten des In- und Auslandes mußten berücksichtigt, neue Methoden geprüft werden. Die Röntgendiagnostik hatte sich auf neue Gebiete ausgedehnt. Es mußte darum der ganze Plan des Buches erweitert werden. Die Herren Mitarbeiter standen vor der Notwendigkeit, ihre bereits fertigen Kapitel völlig umzuarbeiten, wofür ihnen auch an dieser Stelle gedankt werden soll. Neue Mitarbeiter mußten gewonnen werden. So entstand im Verlauf von vielen Jahren das jetzt vorliegende Werk, in dem jeder einzelne Abschnitt von einem Autor bearbeitet ist, der auf dem betreffenden Gebiete durch eigene spezielle Forschungen eine besondere Erfahrung besitzt. Bei der Röntgendiagnostik spielt diese spezielle Erfahrung zweifellos eine wesentliche Rolle. Wenn auch bei anderen Büchern die Verteilung der Arbeit auf zahlreiche Mitarbeiter nicht selten zu Mißständen führt, weil der Zusammenhang und die Einheitlichkeit der Darstellung darunter leiden, so ist eine derartige Befürchtung bei der Röntgendiagnostik nicht vorhanden. Hier scheint mir die Verteilung des Stoffes vielmehr von Vorteil zu sein. Die Klinik zieht aus dieser Sammlung der speziellen Erfahrungen Nutzen, und es darf daher die Hoffnung ausgesprochen werden, daß die vorliegende „Röntgendiagnostik“ neben den zahlreichen anderen bereits vorhandenen Darstellungen eine willkommene Ergänzung bedeutet.

Der Wert einer „Röntgendiagnostik“ liegt nicht zum wenigsten in dem Abbildungsmaterial. In dem vorliegenden Buch ist daran nicht gespart worden. Die Reproduktion der zahlreichen Abbildungen machte viel Mühe und nahm eine lange Zeit in Anspruch. Die Verlagsbuchhandlung Julius Springer hat ihr Bestes getan und die größte Sorgfalt auf die Ausstattung des Buches und die Wiedergabe des Abbildungsmaterials verwandt. Sie verdient dadurch den Dank aller Mitarbeiter.

Kiel, Januar 1924.

A. Schittenhelm.

Inhaltsverzeichnis¹⁾.

Erster Band.

Röntgendiagnostik und Röntgentechnik.

Von Sanitätsrat Dr. C. Kaestle-München.

Mit 99 Abbildungen.

	Seite
I. Aus der Physik der Röntgenstrahlen	1
Kathodenstrahlen	2
Die Röntgenstrahlen	5
Sekundärstrahlen	13
Das Wesen der Röntgenstrahlen	14
Natürliche und künstliche Dichtenunterschiede	20
Projektionsgesetze der Röntgenstrahlen	21
Röntgenbilder menschlicher Körperteile, ihre Schärfe, ihr Kontrast	26
Blenden	27
Kurzzeitige, Moment- und Fernaufnahmen	29
Charakter der Röntgenbilder	30
Stereoskopische Röntgenbilder	31
Röntgenogramm oder Schirmbild?	32
Röntgenkinematographie	33
II. Aus Elektrophysik und -technik	35
Bauart u. Wirkungsweise in der Röntgenologie gebrauchter elektrischer Apparate	35
Energie. Energietransformation. Elektrische Energie	35
„Potential“. Spannung	35
Elektrischer Strom; elektrische Grundgesetze	35
Elektromagnetismus	37
Die elektrische „Induktion“	38
Die „Selbstinduktion“	38
Der „Selbstinduktions“- oder „Extrastrom“ in seiner Wirkung auf den Sekundärstrom. Die Walterschaltung	39
Stromtransformatoren	39
Stromquellen für röntgenologische Zwecke	40
Accumulatoren	40
Elektrische Zentralen	41
Gleichstromanlage im Dreileitersystem	41
Die Wechselstromanlage als Stromquelle. Der Drehstrom	42
Der Induktor	42
Stromfiltervorrichtungen beim Induktorbetrieb	44
Vorschaltfunkenstrecke	45
Ventilröhren	45
Die Unterbrecher	47
Wagnerscher Hammer. Quecksilberstift- und -strahlenunterbrecher	47
Unterbrecher nach Wehnelt	49
Hochspannungsgleichrichter	56
Unterbrecherlose Apparate ohne mechanischen Hochspannungsgleichrichter	63
Elektrische Hilfsapparate	64
Ampèremeter	64
Voltmeter	65
Vorrichtungen zur Regulierung des elektrischen Stroms	66
Regulierwiderstände	66
Sicherungen. Stromwender	67
Zeitschalter	67

¹⁾ Der erste Band umfaßt die Seiten 1—658, der zweite Band die Seiten 659—1283.

	Seite
III. Die Röntgenröhre und ihre Behandlung	68
Hilfsmittel zur Beurteilung der Eigenschaften der Röntgenröhre und der von ihr gelieferten Strahlung	81
Indirekte Härtemessung der Röntgenröhre	87
Messung der Röhrenbetriebsstromstärke	89
Messung der Quantität bzw. Intensität der Röntgenstrahlung	89
Die Glimmlichröhre	91
IV. Röntgenologische Untersuchungstechnik im allgemeinen	93
I. Die Röntgendurchleuchtung	93
Blendentechnik	94
Durchleuchtungsstative	95
Orthodiagraphie. Orthodiagraphen	98
Vorrichtungen zum Schutze des Untersuchers gegen Röntgenstrahlen	102
II. Die Röntgenographie	103
Photographische Technik	103
Röntgenographische Aufnahmetechnik	107
Die topographische Röntgenanatomie, die Beurteilung der Organverhältnisse und Lokalisation von Fremdkörpern	119
Beurteilung und diagnostische Verwertung von Röntgenbildern	122

Röntgendiagnostik der Erkrankungen des Kopfes.

Von Professor Dr. A. Schüller-Wien.

Mit 50 Abbildungen.

Einleitung	124
I. Technik der Schädelaufnahmen	125
II. Form und Größenanomalien des Kopfes	129
Schädelmißbildungen	131
Trigonocephalie	132
Mikrocephalie	132
Kraniostenose	133
Turricephalie	136
Skaphocephalie, Plagiocephalie	140
Hydrocephalie	144
III. Wachstumsstörungen des Schädels bei Systemerkrankungen des Skelettes	147
Kretinismus	148
Mongoloide Idiotie	148
Chondrodystrophie (Mikromelie, Achondroplasie)	149
Osteogenesis imperfecta	149
Dysostosis cleidocranialis	150
Rachitis	151
Zwergwuchs, Riesenwuchs, Infantilismus, Frühreife	153
IV. Strukturanomalien des Schädels	154
1. Entzündungen der Schädelknochen	154
Akute Osteomyelitis	155
Syphilis des Schädels	155
Tuberkulose der Schädelknochen	156
2. Atrophische und hyperostotische Veränderungen des Schädel skeletts	159
Senile Atrophie	159
Osteomalacie	160
Basilare Impression	160
Akromegalie	161
Ostitis deformans (Pagetsche Krankheit). Ostitis fibrosa (Recklinghausen) Diffuse und tumorartige Schädelhyperostose	162
3. Geschwülste des Schädels	165
V. Verletzungen des Kopfes	169
VI. Röntgen-Diagnostik der intrakraniellen Erkrankungen	173
Direkt erkennbare Veränderungen des intrakraniellen Inhalts (Verkalkungsherde) Pneumographische Darstellung der intrakraniellen Hohlräume (Enzephalographie nach Dandy)	173
Das Füllungsbild der normalen Liquorräume	178
	180

	Seite
Füllungsbilder pathologisch veränderter Liquorräume	182
1. Erweiterung der Liquorräume bei Hirnschrumpfung	182
2. Erweiterung der Liquorräume durch Liquorstauung	183
3. Verengerung der Liquorräume	185
4. Verlagerung der Liquorräume	185
Schädelveränderungen bei intrakraniellen Erkrankungen	187
Lokale Destruktionen des Schädels bei intrakraniellen Geschwülsten	188
Schädelveränderungen infolge von chronischer Hirndrucksteigerung	202
Röntgenbefunde bei Epilepsie, zerebraler Kinderlähmung und Idiotie	214
Anhang	219
Erkrankungen der Nase und ihrer Nebenhöhlen	219
Erkrankungen des Ohres	220
Erkrankungen des Auges	221
Erkrankungen der Kiefer	221

Die Röntgenuntersuchung der Ohren, der Nase und des Halses.

Von Professor Dr. A. Thost-Hamburg.

Mit 20 Abbildungen und 3 Tafeln im Text.

Einleitung	228
I. Technik	230
1. Die zu diagnostischen Zwecken gemachten Aufnahmen des Gehörorgans	233
2. Die röntgenologische Untersuchung der Schädel	239
II. Die Erkrankungen der Nebenhöhlen der Nase im Röntgenbild	242
III. Die Befunde an einzelnen Nebenhöhlen im Röntgenbild	248
1. Die Stirnhöhle	248
2. Die Kieferhöhle	252
3. Die Keilbeinhöhlen	255
4. Das Siebbein im Röntgenbild	257
5. Die eigentliche Nasenhöhle im Röntgenbild	259
IV. Die Röntgendiagnostik bei Erkrankungen des Halses	260
1. Der normale Kehlkopf im Röntgenbild	262
2. Der Kehlkopf der Sänger, Schauspieler und Redner im Röntgenbild	266
3. Der tuberkulöse Kehlkopf im Röntgenbild	267
4. Die Syphilis des Kehlkopfes im Röntgenbild	270
5. Der Kehlkopfkrebs im Röntgenbild	271
6. Kleine, meist gutartige Tumoren des Kehlkopfes im Röntgenbild	273
7. Traumen des Larynx im Röntgenbild	274
8. Die Larynx- und Trachealstenosen im Röntgenbild	275
9. Die Gicht des Larynx im Röntgenbild	276
10. Der chronische Schleimhautpemphigus im Röntgenbild	277
11. Die Halswirbelsäule im Röntgenbild	277

Die Röntgenuntersuchung der Atmungsorgane.

Mit einem Anhang: Das Mediastinum im Röntgenbild.

Von Sanitätsrat Dr. C. Kaestle-München.

Mit 87 Abbildungen.

Das normale Thoraxbild	289
Normales Röntgenbild der zuführenden Luftwege und der Lungen	294
Das pathologische Thoraxbild	298
Erkrankungen der Trachea im Röntgenbild	298
Erkrankungen der Bronchien im Röntgenbilde	303
Veränderungen des tracheo-broncho-pulmonalen Drüsensystems	312
Erkrankungen der Lunge im Röntgenbild	316
Die Lungentuberkulose	316
Die Pneumokoniosen	367
Die lobäre fibrinöse Pneumonie im Röntgenbilde	370
Die lobuläre Pneumonie	377
Lungenabszeß und Lungengangrän	378
Die Lungenlues	381

	Seite
Die Lungenatelektase	383
Echinokokkus der Lungen	384
Lungenaktinomykose	385
Fremdkörper in den Brustorganen	385
Geschwülste der Lunge	387
Das Lungenemphysem	393
Anhang: Das Mediastinum im Röntgenbilde	396

Die Röntgenuntersuchung des Pneumothorax, der Pleura und des Zwerchfells.

Von Professor Dr. H. Rieder-München.

Mit 103 Abbildungen.

I. Der Pneumothorax	405
Natürlicher Pneumothorax	405
Künstlicher (therapeutischer) Pneumothorax	421
Künstlicher (sog. diagnostischer) Pneumothorax	430
Heilungs- bzw. Rückbildungsvorgänge beim natürlichen und künstlichen Pneumothorax	430
II. Pleura	432
Die Erkrankungen der Pleura	432
Residuen entzündlicher Prozesse der Pleura, d. h. bindegewebige Verdickungen, schwartige Auflagerungen und Spangen, sowie zirkumskripte und flächenhafte Verwachsungen (Adhäsionen). Restrictio thoracis	452
Atypische Pleuritiden mit und ohne Exsudatbildung	459
III. Zwerchfell	478
Das Zwerchfell und seine Erkrankungen	478
Krankhafte Veränderungen des Zwerchfells	495
Zwerchfell-Lähmung	498
Atonie des Zwerchfelles	502
Zwerchfellreizung (durch Überbewegung und Überempfindlichkeit)	502
Subphrenischer Abszeß (Pyopneumothorax subphrenicus)	504
Hypertrophie und Atrophie des Zwerchfelles	506
Angeborene Atrophie mit Hochstand des Zwerchfelles (Relaxatio s. Eventratio diaphragmatica. Ectopia viscerum)	506
Zwerchfell-Hernie	511
Hernia diaphragmatica congenita	525
Differentialdiagnose von Hernia und Eventratio (Relaxatio) diaphragmatica mit besonderer Berücksichtigung der Röntgenuntersuchung	528

Die Röntgenuntersuchung des Zirkulationsapparates.

Von Professor Dr. Franz M. Groedel-Frankfurt a. M.-Bad Nauheim.

Mit 87 Abbildungen.

Einleitung: Die physikalischen Grundlagen für die Röntgenuntersuchung des Herzens und der Gefäße	532
I. Spezielle Technik	534
1. Strahlenrichtung	534
2. Durchleuchtungstechnik	536
3. Aufnahmetechnik	536
4. Momentaufnahmen des Herzens	537
5. Ermittlung der Bewegungsphase für die einzelnen Herzaufnahmen	537
6. Röntgenstereoskopie des Zirkulationsapparates	539
7. Röntgenkinematographie des Herzens	540
8. Röntgenkymographie	546
9. Orthoröntgenographie	546
10. Orthodiagraphie	547
11. Die orthophotographischen Verfahren	551
12. Ersatzmethoden für die Orthoröntgenographie	552

	Seite
II. Die normalen Zirkulationsorgane im Röntgenbilde	555
1. Herz- und Gefäßschatten bei Sagittalprojektion	555
a) Herz- und Gefäßschatten bei dorsoventraler Sagittalprojektion	555
b) Herz- und Gefäßschatten bei ventro-dorsaler Sagittalprojektion	559
2. Herz- und Gefäßschatten bei Frontalprojektion	559
a) Herz- und Gefäßschatten bei dextro-sinistraler Frontalprojektion	559
b) Herz- und Gefäßschatten bei sinistro-dextraler Frontalprojektion	560
3. a) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im dorsoventralen ersten schrägen Durchmesser	561
3. b) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im ventrodorsalen ersten schrägen Durchmesser	564
4. a) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im dorsoventralen zweiten schrägen Durchmesser	564
4. b) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im ventrodorsalen zweiten schrägen Durchmesser	565
5. a) Herz- und Gefäßschatten bei dorsoventraler linksexzentrischer Projektion	566
5. b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler linksexzentrischer Projektion	566
6. a) Herz- und Gefäßschatten bei dorsoventraler rechtsexzentrischer Projek- tion	568
6. b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler rechtsexzentrischer Pro- jektion	573
7. a) und b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler und dorsoventraler kranialexzentrischer Projektion	573
8. a) und 8. b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler und dorsoventraler kaudalexzentrischer Projektion	573
III. Topographisch-anatomische Röntgenstudien am Zirkulations- apparat	573
1. Anteil der einzelnen Herzabschnitte am Sagittalbild	574
2. Lage der Herzklappen	575
3. Form des lebenden Herzens	576
4. Lage des Herzens	577
5. Lage des Spitzenstoßes	578
IV. Röntgenuntersuchungen zur Physiologie des Zirkulations- apparates	579
1. Studium der Herzpulsation	579
2. Darstellung der Blutbewegung	583
3. Die passiven Herzbewegungen	584
4. Tonus der Herzmuskulatur	584
V. Die Herzgröße im Röntgenbilde und die sie beeinflussenden Faktoren	584
1. Was zeigt uns das Orthoröntgenogramm des Herzens?	585
2. Orthoröntgenographie und Perkussion	585
3. Fehlerbreite der Orthoröntgenographie	586
4. Röntgendarstellung der absoluten Herzdämpfung	587
5. Ausmessung des Orthodiagrammes	590
6. Durchschnittswerte des Herzorthodiagrammes	592
7. Einfluß der Körperlage auf die Herzgröße	605
8. Die Wahl der Körperstellung für die Orthodiographie	608
9. Einfluß der Respiration auf die Herzgröße	608
10. Einfluß körperlicher Anstrengungen auf die Herzgröße	611
11. Sonstige die Herzgröße beeinflussenden Faktoren	614
VI. Röntgendiagnostik der Herzbeutelkrankungen	614
VII. Die Röntgendiagnostik der Herzaffektion	618
1. Pathologische Pulsationserscheinungen am Herzschatten	618
2. Pathologische Herzbeweglichkeit	619
3. Pathologische Herzlage	620
4. Abnormer Verlauf der Randbogen des Herzschattens	625
5. Pathologische Herzformen	628
6. Anormale Intensitätsdifferenzen im Herzschatten	628
7. Pathologische Herzdimensionen	630
8. Größenschwankungen des pathologischen Herzens	632
9. Röntgensymptome des pathologischen Herzens	636
10. Beurteilung der Funktion des pathologischen Herzens	642

	Seite
VIII. Die Röntgendiagnostik der Aortenerkrankungen	643
1. Aortensklerose	649
2. Aortitis luetica	653
3. Aortenaneurysma	654
IX. Die Röntgendiagnostik der übrigen Gefäßerkrankungen	656

Zweiter Band.

Die Röntgenuntersuchung der Verdauungsorgane.

Von Privatdozent Dr. Gottwald Schwarz-Wien.

Mit 347 Abbildungen.

I. Über die allgemeine Technik der Röntgenuntersuchung des Verdauungsapparates	659
1. Durchleuchtung, Röntgenphotographie und Röntgenkinematographie	659
2. Induktor oder Hochspannungsgleichrichter	661
3. Prüfung des Induktors	661
4. Bedeutung der Schließungsinduktion für Bildqualität und Betrieb	661
5. Primäre Spannung und Intensität	661
6. Röntgenröhren	662
7. Blenden	662
8. Schirm	663
9. Röntgenschutz	663
10. Photographisches Material	664
11. Kontrastmittel	664
12. Vorbereitung und Gang einer Intestinaldurchleuchtung im allgemeinen	665
II. Pharynx und Speiseröhre	666
1. Historisches	666
2. Methodik	666
3. Das normale Röntgenbild des Pharynx und dessen anatomische Grundlagen	668
4. Der normale Schluckakt	670
5. Pharynxlähmung und Laryngoptose	671
6. Pharynxdivertikel	674
7. Normales Röntgenbild der Speiseröhre. Anatomische Grundlagen	679
8. Speiseröhre. Physiologisches	685
9. Lageveränderungen der Speiseröhre	686
a) Verdrängung	686
b) Verziehung	693
10. Das Karzinom der Speiseröhre	694
a) Gang der Untersuchung	694
b) Das Karzinom im oberen Drittel	697
c) Das Karzinom im mittleren Ösophagusanteil	698
d) Das Karzinom im unteren Drittel	702
e) Komplikationen des Ösophaguskarzinoms	703
11. Die kardiospastische Ösophagusdilatation	706
12. Das Ulcus pepticum Oesophagi	713
13. Narbenstenose des Ösophagus	713
14. Die „Atonie“ der Speiseröhre und die funktionelle Dysphagie	715
15. Ösophagusdivertikel	717
16. Stenose und Knickung des Ösophagus bei Hernia diaphragmatica	718
17. Fremdkörper im Ösophagus	720
III. Magen	722
1. Historisches	722
2. Spezielle Technik der röntgenologischen Magenuntersuchung	723
I. Kontrastingesta	723
II. Applikationstischchen für Seitenlagen (nach dem Verfasser)	723
III. Durchleuchtungseinrichtung für horizontale Rückenlage	724
IV. Der Distinktor	725
V. Pneumatische Durchleuchtungsprothese	725
VI. Druckpunktprüfer	726

	Seite
3. Der normale Magen, Nomenklatur und anatomische Vorbemerkungen	726
4. Form des Magens	729
5. Gang einer typischen Röntgenuntersuchung des Magens	731
6. Ergebnis der Durchleuchtung des normalen Magens	733
7. Drehungen	738
8. Mobilität des Magens	740
9. Die peristaltischen Bewegungen der Magenwand	742
10. Die Entleerungszeit	748
11. Sekretion	749
12. Erbrechen	751
13. Pharmakologisches	751
14. Enteroptotische Elongation und Atonie des Magens	752
15. Näheres zum Problem der Atonie	757
16. Verlagerung des Magens	760
17. Magengeschwür	768
I. Ulkufälle ohne positiven Röntgenbefund	770
II. Indirekte Röntgensymptome, welche die Ulkusannahme unterstützen	771
III. Indirekte Röntgensymptome, die mit an Sicherheit grenzender Wahr- scheinlichkeit ein Ulkus anzeigen	782
IV. Der direkte Geschwürsnachweis	792
Genetisches und Kasuistisches zur „Ulkusnische“	796
V. Röntgenologisches zur Ulkusätiologie	802
VI. Komplikationen des Ulkus	807
a) Perforation mit Pneumoperitoneum-Bildung	807
b) Subphrenischer Abszeß	808
VII. Spätfolgen nach Ulkus	810
1. Perigastrische Fixationen	810
2. Narbige Magenausgangsstenose	812
Anhang: Röntgenologische Funktionsprüfung der Gastroenterostomie	820
18. Magenkarzinom	822
I. Karzinom der Pars cardiaca	824
II. Karzinom der Pars media	825
III. Karzinom der Pars pylorica	830
IV. Scirrhus totalis	838
V. Komplikation des Karzinoms	840
19. Sarkom des Magens	841
20. Fibrom (Polyp) des Magens	842
21. Myom	843
22. Extraventrikuläre Tumoren	845
23. Magenlues	846
a) Die luetischen Füllungsdefekte	846
b) Luetischer Schrumpfmagen	846
24. Partieller und totaler Gastrospasmus	848
a) Partieller („regionärer“) Gastrospasmus	848
b) Gastrospasmus totalis	849
25. Fremdkörper	849
IV. Duodenum	851
1. Anatomische und physiologische Vorbemerkungen	851
2. Enteroptotische Elongation des Bulbus duodeni	855
3. Kongenitale Divertikel des Duodenums	856
4. Das Duodenalgeschwür	857
I. Deformationen des Bulbus	863
Unmittelbar beweiskräftige („direkte“) Symptome	869
II. Bedingt beweiskräftige (indirekte“) unsichere Symptome	872
5. Duodenalstenose	877
6. Tumoren des Duodenums	880
7. Fremdkörper des Duodenums	881
8. Aktinomykose des Duodenums	881
V. Dünndarm	882
1. Anatomische Vorbemerkungen	882
2. Röntgenologisches Verhalten des normalen Dünndarms	883
3. Ileoptose	887
4. Ulcus pepticum jejuni	888

	Seite
5. Dünndarmstenose	889
6. Dünndarmtumoren ohne Stenosierung (Sarkom)	898
7. Dünndarmdivertikel	899
VI. Dickdarm	899
I. Historisches	899
II. Technik der Röntgenuntersuchung des Dickdarms	900
1. Luftaufblähung	900
2. Auffüllung des Kolons durch Darreichung der Kontrastmahlzeit	900
3. Die röntgenoskopische Beobachtung des Kontrasteinlaufes nach Hänisch	902
III. Anatomisches und Physiologisches	904
1. Topographie	904
2. Palpatorische Inhaltsverschieblichkeit	911
3. Bemerkungen über Muskulatur und Innervation des Dickdarms	911
4. Die kleinen kontinuierlichen Bewegungen des Kolons, das „Hautstrenspiel“	913
5. Die großen sporadischen Kolonbewegungen. (Die „Ausstreifbewegungen“)	914
6. Die Riederschen Pendelbewegungen oder die schlangenartigen Bewegungen des Kolons	916
7. Die Förderung des Darminhalts im ganzen	917
IV. Pharmakologisches	921
V. Pathologie	921
1. Die chronische Opstipation	921
2. Meteorismus coli	928
3. Ptose des Kolons	930
4. „Makrosigma“	930
5. „Megasigma“	932
6. Makro-Megakolon	935
7. Verlagerung des Kolons	938
8. Insuffizienz der Bauhinischen Klappe	939
9. Appendicitis chronica	940
Röntgenbefunde bei pathologischen Wurmfortsätzen	944
10. Der chronische Dickdarmkatarrh	947
11. Colitis ulcerosa	949
12. Ileocökal tuberkulose	952
13. Stenosierende Dickdarmtuberkulose	954
14. Sigmoiditis diverticulosa	954
15. Proctitis gravis (luetica)	957
16. Dickdarmkarzinom	958
17. Die chronische Invaginatio ileo-colica	970
18. Kontrastmittelkonkremente im Dickdarm	972

Untersuchungen der Bauchhöhle und ihrer Organe mit Hilfe künstlicher Gasfüllungen.

Von Professor Dr. A. Schittenhelm-Kiel und Dr. P. Wels-Kiel.

Mit 108 Abbildungen.

1. Einleitung	975
Historische Bemerkungen	976
2. Technik	978
1. Technik der Untersuchung bei Darmaufblähung	978
2. Technik der Untersuchung mit Aufblähung des Magens	979
3. Technik der Untersuchung beim Pneumoperitoneum	979
4. Untersuchungen in den verschiedenen Lagen. Drehbett	984
5. Röntgeninstrumentarium	988
6. Größenbestimmungen von Bauchorganen durch das Pneumoperitoneum	988
7. Allgemeine Bemerkungen	990
3. Allgemeine topographische Übersicht der Bauchorgane im Röntgenbild	991
4. Zwerchfell	996
Anatomische Vorbemerkungen	996
Das normale Zwerchfell im Pneumoperitoneum	996
Pathologische Vorgänge am Zwerchfell im Pneumoperitoneum	999

	Seite
5. Peritoneum	1003
6. Leber	1010
Anatomische Vorbemerkungen	1010
Zur Geschichte der Röntgenologie der Leber	1012
Diagnostik	1013
1. Die normale Leber	1013
2. Lageveränderungen der Leber und ihre Verwachsungen mit der Umgebung	1017
3. Veränderungen der Form, Größe und Konsistenz der Leber	1024
4. Tumoren und entzündliche Veränderungen	1030
7. Die Gallenblase	1041
8. Gallensteine	1050
1. Einleitung	1050
2. Einteilung der Gallensteine	1051
3. Die röntgenologischen Bedingungen für die Darstellung	1052
4. Gallensteinbilder beim Lebenden	1056
5. Die Methodik der Darstellung der Gallensteine	1057
9. Die Milz	1060
Anatomische Vorbemerkungen	1060
Die Darstellung der Milz	1062
10. Nieren	1074
Anatomische Vorbemerkungen	1074
Darstellung der Nieren	1076
Normale Niere	1076
Die pathologische Niere	1079
11. Magen und Darm	1085
12. Beckenorgane	1087
Anatomische Vorbemerkungen	1087
Darstellung der Organe des kleinen Beckens	1087
Normale weibliche Genitalorgane	1088
Pathologische weibliche Genitalorgane	1089
Blase	1090
13. Allgemeine Kritik der Methode der Gasaufblähung	1092

Die Röntgendiagnostik des uropoetischen Systems.

Von Professor Dr. H. Schlecht-Duisburg.

Mit 70 Abbildungen.

Einleitung	1093
I. Technik	1094
A. Direkte Methoden	1094
B. Indirekte Methoden	1099
Schattengebende Sonden — Luft- und Sauerstofffüllung — Zystopyeographie	
— Pneumoperitoneum	1099
Pneumoperitoneum	1106
II. Spezielle Diagnostik	1107
A. Die Nieren	1107
1. Die normale Niere	1107
2. Anomalien der Größe und Form der Nieren	1110
3. Anomalien der Lage der Nieren — Wanderniere	1111
4. Hydro- und Pyonephrose	1115
5. Nierentumoren (Zysten)	1118
6. Nierentuberkulose	1120
7. Nierensteine	1124
B. Die Ureteren	1139
1. Die normalen Ureteren	1139
2. Anomalien der Lage und Form der Ureteren	1141
3. Ureterensteine	1141
C. Blase	1149
1. Die normale Blase	1150
2. Veränderungen der Form, Lage und Größe der Blase im Röntgenbild	1152
Blasensteine	1155
Prostata und Harnröhre	1157

Die Röntgenuntersuchung bei Erkrankungen der endokrinen Drüsen.
 Von Professor Dr. M. Bürger-Kiel und Professor Dr. H. Schlecht-Duisburg.
 Mit 31 Abbildungen.

Allgemeine Technik	1159
Darstellung der Hypophyse	1159
Darstellung der Schilddrüse	1162
Darstellung des Thymus	1164
Darstellung der intraabdominal gelegenen innersekretorischen Drüsen	1165
Röntgenbefunde am Skelettsystem bei endokrinen Störungen	1166
Die Röntgenbefunde bei Funktionsstörungen der Hypophyse	1170
Störungen der Schilddrüsenfunktion	1170
Funktionsstörungen des Thymus	1172
Wachstumsstörungen durch Verlust oder Hypoplasie der Keimdrüsen	1173
Kalziprive Osteopathien (Rachitis und Osteomalacie)	1175
Die Röntgenbefunde bei pluriglandulären Erkrankungen	1178
Zwergwuchs	1180

Röntgendiagnostik der Knochen- und Gelenkerkrankungen.

Von Professor Dr. A. Köhler-Wiesbaden.

Mit 30 Abbildungen.

Historischer Überblick	1181
Spezielle Technik	1182
Kongenitale allgemeine Entwicklungsstörungen	1186
Fötale Chondrodystrophie	1186
Osteogenesis imperfecta	1188
Myxödem	1188
Mongolismus	1191
Kongenitale lokale Mißbildungen	1192
Rachitis	1193
Möller - Barlowsche Krankheit	1197
Syphilis	1199
Osteomyelitis	1202
Tuberkulose	1205
Osteomalacie	1210
Osteoarthropathie hypertrophante	1211
Lepra	1212
Gicht	1213
Arthritis	1215
Akromegalie	1230
Vasomotorisch-trophische Neurosen	1233
Tumoren	1234
Verschiedenes	1235
Namenverzeichnis	1246
Sachverzeichnis	1255

Zeitschriften-Abkürzungen zu Kaestle: Atmungsorgane.

A. f. klin. Chir.	Archiv für klinische Chirurgie.
A. f. K.	Archiv für Kinderheilkunde.
B. z. Klin. d. Tub.	Beiträge zur Klinik der Tuberkulose.
B. kl. W.	Berliner klinische Wochenschrift.
F.	Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen.
M. m. W.	Münchener medizinische Wochenschrift.
M. Kl.	Medizinische Klinik.
M. f. K.	Monatsschrift für Kinderheilkunde.
Sch. m. W.	Schweizer medizinische Wochenschrift.
Vh. d. d. R. G.	Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft.
W. m. W.	Wiener medizinische Wochenschrift.
Z. f. T.	Zeitschrift für Tuberkulose.
Z. f. kl. Med.	Zeitschrift für klinische Medizin.

Röntgenphysik und Röntgentechnik.

Von

C. Kaestle-München.

Mit 99 Abbildungen.

I. Aus der Physik der Röntgenstrahlen.

Im Dezember des Jahres 1895 veröffentlichte Röntgen in den Sitzungsberichten der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg die nur wenige Seiten umfassende erste Abhandlung: „Über eine neue Art von Strahlen“.

Als überwältigende Eigenart der neuen von Röntgen mit „X“ benannten Strahlen waren ihre wunderbaren Durchleuchtungswirkungen aufgefallen.

In der Folge wurde die Entwicklung der modernen Physik und Chemie durch Röntgens Entdeckung in neue Bahnen gelenkt. Für die leidende Menschheit aber ist Röntgen einer ihrer größten Wohltäter geworden.

Bei Wiederholung der Experimente von Crookes und Lenard über die Elektrizitätsentladung im hohen Vakuum hatte Röntgen den Auftreffpunkt der Kathodenstrahlen als Ausgangspunkt eines neuen Agens entdeckt, das sich strahlenartig durch den Raum fortpflanzte und, bei verdunkeltem Raum und verhüllter Entladungsröhre, einen im Arbeitsraum liegenden von den Strahlen getroffenen Fluoreszenzschirm zum Aufleuchten brachte.

Röntgenstrahlen entstehen beim Auftreffen von Kathodenstrahlen auf eine ihre Bewegung hemmende, sie absorbierende Substanz.

Kathodenstrahlen wiederum erhält man, wenn sich hochgespannte elektrische Ströme oder Stromstöße in einer weitgehend luftleer gepumpten Glasröhre, einer „Vakuurröhre“, entladen.

Die Vakuurröhre in ihrer einfachsten Form ist ein Glasrohr, in dessen geschlossene Enden metallische Leiter als Elektroden eingeschmolzen sind. Die positive Elektrode heißt auch hier — wie sonst — „Anode“, die negative „Kathode“.

Mit Hilfe von Vakuurröhren untersuchte der Bonner Physiker Plücker als erster die Lichterscheinungen beim Elektrizitätsdurchgang durch verdünnte Gase.

Röhren, die bis zu einem Gasdruck, der etwa dem Drucke einer Quecksilbersäule von 1—3 mm Höhe entspricht, evakuiert waren, brachte in verschiedenartigen Formen zuerst Plückers glastechnischer Helfer, der Bonner Glasbläser Geißler, in den Handel.

Beim Anschluß der Geißleröhren an eine (Elektrischer)Influenzmaschine oder die Pole der sekundären Spule eines Induktors zeigen sich in ihnen bei Stromdurchgang die merkwürdigen Erscheinungen des Geißlerlichtes, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, über die man sich in Lehrbüchern der Physik (z. B. Graetz, „Die Elektrizität“, Engelhorn-Stuttgart) unterrichten mag. Die Farbe, in der die Röhre leuchtet, hängt von der Natur des in ihr eingeschlossenen Gases ab.

Bei fortgesetzter Evakuierung der Röhren — sie sind an eine während des Stromdurchgangs tätige Luftpumpe angeschlossen — verschwinden die Lichterscheinungen im Röhreninnern fast ganz; dagegen beginnt die Glaswand gegenüber der Kathode zu leuchten. Diese Erscheinung wurde bereits im Jahre 1859 von Plücker beobachtet und auf Strahlen, die von der Kathode ausgehen, auf „Kathodenstrahlen“ — nach Goldsteins Bezeichnung — zurückgeführt. Plückers Schüler Hittorf untersuchte diese Strahlen näher und beschrieb sie im Jahre 1869 in grundlegender Abhandlung. Besonders — und seitdem stets zunehmendes — Interesse erregten die Kathodenstrahlen, seit Crookes im Jahre 1879 aufs neue die Aufmerksamkeit auf sie lenkte und ihre Untersuchung durch Herstellung besonders geeigneter Röhren erleichterte, in denen der Gasdruck auf etwa $\frac{1}{1000}$ mm Hg herabgesetzt war.

Kathodenstrahlen.

Die Kathodenstrahlen besitzen eine Anzahl auffallender Eigenschaften die hier mit Rücksicht auf die direkte Abhängigkeit der Art der Röntgenstrahlen von den sie erzeugenden Kathodenstrahlen kurz besprochen werden müssen¹⁾.

Als Eigenschaft der Kathodenstrahlen haben wir ihre Fähigkeit kennen gelernt, Glas zum Leuchten zu bringen. Die Lumineszenzfarbe hängt von der chemischen Zusammensetzung des Röhrenglases ab. Deutsches Hüttenglas leuchtet grün, in England vielfach gebrauchte Gläser leuchten blau. Die Fähigkeit Lumineszenz zu erregen, äußert sich nicht nur an der Glaswand der Röhre. Im Röhreninnern — der Kathode gegenüber — angebrachte Mineralien leuchten je nach der chemischen Beschaffenheit des Minerals — unter dem Einfluß der Kathodenstrahlen in verschiedenen Farben.

Eine zweite Eigentümlichkeit der Strahlen wird erschlossen aus der Tatsache, daß nur die der Kathode gegenüberliegende Röhrenwand leuchtet: Die Kathodenstrahlen gehen senkrecht von der Kathodenebene aus. Dabei ist die Anordnung und Form der Anode auf den Kathodenstrahlenverlauf ohne Einfluß. Die Kathodenstrahlen stellen nicht die Bahn des Speisestroms der Röhre dar. Die Anode kann gegenüber der Kathode oder seitlich von ihr oder wie sonst immer in der Röhre angebracht sein. Den Beweis für den geradlinigen Verlauf der Kathodenstrahlen erbrachte Crookes dadurch, daß er zeigte, wie ein im Röhreninnern der Kathode gegenüber angebrachtes Metallkreuz einen scharfen Schatten auf die hinter ihm liegende Röhrenwand wirft. Hohlspiegelartig gekrümmte Kathoden müßten demnach ihre Strahlen in einem Brennpunkt, einem „Focus“ vereinigen. Diese für praktisch-röntgenologische Zwecke, wie sich zeigen wird, wesentliche Brennpunktbildung läßt sich wegen der Verschiedenartigkeit der Kathodenstrahlen in jedem technischen Rohre und wegen ihrer Ablenkbarkeit durch magnetische und elektrostatische Kräfte nur unvollkommen erreichen.

¹⁾ Die Literatur über die Kathodenstrahlen ist fast unübersehbar. Weitergehendem Interesse dient die Arbeit „Die Kathodenstrahlen“ von G. J. Schmidt, bei Nemnich-Leipzig und das bereits angeführte Buch von Graetz.

Bereits Hittorf erkannte die magnetische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen. Der Beweis dieser Tatsache ist leicht zu führen durch die Verschiebung des unter dem Einfluß der Kathodenstrahlen leuchtenden Fleckes der Röhrenwand bei Annäherung eines Magneten. Die Richtung der Ablenkung ist von der Art des genäherten Magnetpols abhängig. Wie der Magnet wirken elektrisch geladene Körper den Strahlenverlauf beeinflussend. Das Kathoden-Strahlenbündel weicht dem Körper negativer Ladung aus. Die Ablenkung der Kathodenstrahlen ist um so größer, je größer die magnetische oder elektrostatische Feldstärke ist; nimmt ab mit zunehmendem Röhrenvakuum und zunehmender Spannung des Röhrenbetriebsstroms. Nicht alle Kathodenstrahlen eines technischen Rohres werden durch magnetische oder elektrostatische Kräfte gleichmäßig abgelenkt: Das Strahlenbündel wird einseitig auseinandergezogen, zerlegt, gleich dem Lichte im Prisma. Man bekommt ein Spektrum der Kathodenstrahlen, dessen Entstehungsmöglichkeit in der Verschiedenartigkeit der das Bündel zusammensetzenden Strahlen einer und derselben Röhre gegeben ist; die Kathodenstrahlung unserer Röhren ist „inhomogen“. Inhomogenität der Kathodenstrahlen bedingt Inhomogenität der aus ihnen entstehenden Röntgenstrahlen. Dem Spektrum der Kathodenstrahlen entspricht ein solches der Röntgenstrahlen. Die auf das Kathodenstrahlenbündel ablenkend, störend einwirkenden elektrostatischen Kräfte finden wir auch bei normalem Röhrenbetrieb in Aufladungen der Röhrenwand unter dem Einfluß der in der röntgenologischen Praxis zum Röhrenbetrieb nötigen hochgespannten Ströme. Wechselnde elektrostatische Einwirkungen verschulden ein Wandern der Kathodenstrahlen mit den schädlichen — später zu besprechenden — Folgen dieses Ereignisses. Bei dem wesentlichen Einfluß elektrostatischer Glaswandladungen auf den Verlauf der Kathodenstrahlen ist die Stellung der Kathode in der Röntgenröhre und ihr Bau von maßgebender Bedeutung für den Härtegrad und das gute Arbeiten einer Röntgenröhre.

Kathodenstrahlen erhitzen Körper, auf die sie treffen, um so mehr, je größer ihre Energie und ihre auf die Flächeneinheit berechnete Menge ist.

Kathodenstrahlen verändern eine ihnen im Röhreninnern exponierte photographische Platte lichtähnlich; sie entfalten chemische Wirkungen.

Crookes entdeckte die Fähigkeit der Kathodenstrahlen zu mechanischer Arbeit: Ein im Röhreninnern auf Glasschienen leicht bewegliches kleines Flügelrad wird durch auftreffende Kathodenstrahlen gedreht und auf den Schienen von der Kathode wegbewegt.

Der französische Physiker Perrin wies nach, daß Kathodenstrahlen Körper, auf die sie treffen, negativ elektrisch laden. Gleichartige elektrische Ladungen stoßen sich ab und so werden nachkommende Kathodenstrahlen von der bereits vorhandenen negativen Ladung der Glaswand — allgemein des Auftreffkörpers — zurückgestoßen. Bei geeigneter Anordnung von Kathode und Auftreffkörper vermag man den Kathodenstrom auf Grund der negativ-elektrischen Aufladung des Auftreffkörpers vollständig zu unterdrücken.

Kathodenstrahlen verleihen der Luft elektrische Leitfähigkeit, sie ionisieren die Luft, entladen elektrisch geladene Körper.

Die Kathodenstrahlen durchdringen die Glaswand der Röhre nicht; sie werden in ihr absorbiert. Die Glaswand luminesziert und wird erhitzt. In diesen Vorgängen schienen sich die Wirkungen der Kathodenstrahlen zu erschöpfen. Lenard öffnete — fußend auf der Erkenntnis von Hertz, daß Kathodenstrahlen dünnste Aluminiumfolien durchdringen — mit einem

in die Röhrenwand, der Kathode gegenüber, eingelassenen Aluminiumfenster den Kathodenstrahlen einen Weg ins Freie und zeigte, daß sie ihre negative Ladung auch in atmosphärische Luft tragen, auch dort Körper zur Lumineszenz erregen und photographische Platten lichtähnlich verändern können. In der Atmosphäre aber ist der Lebensweg der Kathodenstrahlen kurz; sie werden von der Luft rasch absorbiert. Wo sie auf lebendes Gewebe treffen, entwickeln sie biochemische bzw. biologische Wirkungen.

Art und Wirkungen der Kathodenstrahlen hängen vom Bau der Röhre, ihrem Vakuum und den Betriebsbedingungen ab. Mit zunehmender Gasverdünnung wächst der Widerstand in der Röhre; der erhöhte Widerstand wird durch größere Stromspannung überwunden. Die Energie der Kathodenstrahlen wächst mit zunehmender Spannung und Stärke des Röhrenbetriebsstroms und damit ihre Wirkung.

Die geschilderten Eigenschaften ermöglichen eine wahrscheinliche Beantwortung der Frage: Was sind Kathodenstrahlen?

Man betrachtet sie als einen Strom negativer Elektronen, der sich von der Kathode mit größter Geschwindigkeit geradlinig wegbewegt. Unter dieser Annahme vereinigen sich alle beschriebenen Eigenschaften der Strahlen zu einem harmonischen Gesamtbilde.

Die Erscheinungen der Lumineszenz und Erhitzung des Glases der Röhrenwand z. B. erklären sich dadurch, daß die auftreffenden Elektronen die Moleküle des Glases zum Schwingen bringen. Das Bombardement des Crookeschen Rädchens mit negativ geladenen Teilchen leistet mechanische Arbeit, bewegt dieses. Die genannte Hypothese erklärt die Tatsache, daß von Kathodenstrahlen getroffene Körper negativ elektrisch geladen werden. Sie erklärt die magnetische und elektrostatische Ablenkung des Kathodenstrahlenbündels und auch die Richtung dieser Ablenkung. Sie erklärt warum in Röhren mit hohem Vakuum die Strahlung weniger abgelenkt wird: Die höhere Spannung in solchen Röhren verleiht den Elektronen größere Geschwindigkeit, eine größere lebendige Kraft. Nach bekannten physikalischen Gesetzen wirken ablenkende Kräfte auf bewegte Massen um so weniger ein, je größer die lebendige Kraft, die Geschwindigkeit dieser Massen ist. Andererseits wird ein elektrisch geladener Körper auf elektrostatische Kräfte um so leichter reagieren, je größer seine elektrische Ladung im Verhältnis zu seiner Masse unter sonst gleichen Umständen ist. Verfolgt man die elektrostatische und magnetische Ablenkung der Kathodenstrahlen bei bekannter Spannung des Röhrenbetriebsstroms durch bekannte elektrische oder magnetische Kräfte zahlenmäßig, dann erhält man ein Bild von der Geschwindigkeit der Elektronen und ihrer Größe. Die Elektronengeschwindigkeit ist in verschiedenen evakuierten Röhren verschieden groß und erreicht ein Maximum in hochevakuierten Röntgenröhren mit etwa 200,000 km pro Sekunde.

Als Größe der einzelnen in den Kathodenstrahlen bewegten Teilchen hat sich der 2000. Teil der Masse des kleinsten uns bekannten Atoms, des Wasserstoffatoms, ergeben. Weil die Masse und elektrische Ladung dieser Teilchen von der in der Röhre eingeschlossenen Gasart und dem Elektrodenmaterial unabhängig ist, erscheint die Annahme begründet, daß nicht „Ionen“ eines Elements — darunter versteht man bekanntlich elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen — sondern die negativen Atome der Elektrizität, die negativen Elektronen selbst in den Kathodenstrahlen in Bewegung sind. Weil die Elektronen aber nur Gas- oder Elektrodenmaterial sein können, so müssen sie beim Stromdurchgang von diesen abgespalten worden sein. Auch stünde der Vermutung nichts im Wege, daß die Moleküle des Gases der Röhre oder der Elektroden in kleinste Teile zersplittert werden, die sich in nichts mehr voneinander unter-

scheiden. Nach dieser Annahme wären die Elektronen das Baumaterial aller Materie, die Urmaterie.

Da vor dem Stromdurchgang durch die Röhre das Gas in ihr elektrisch neutral war, muß den negativen Elektronen ein positiver Anteil entsprechen. Goldstein fand ihn — im Jahre 1886 in den — nach seiner Versuchsanordnung also bezeichneten — Kanalstrahlen. In ihnen bewegt sich der positive Stromanteil an Materie gebunden — also nicht als positives „Elektron“, das bis jetzt als freibestehend unbekannt ist, sondern als positives „Ion“ — auf die Kathode zu, und falls die Kathode durchlöchert, bzw. ein Kanal in ihr hergestellt ist, durch die Kathode hindurch, hinter sie.

Anmerkung: Bei Stromdurchgang durch Elektrolyte — das sind bekanntlich flüssige Leiter der Elektrizität — findet man elektrische Atome nur in Verbindung mit Elementaratomen als „Ionen“. Beim Stromdurchgang durch verdünnte Gase tritt das negative elektrische Atom, das „Elektron“ frei auf; der positive Rest bleibt — wie auch im Elektrolyten — an Materie gebunden. Die atomistische Auffassung der Elektrizität, die moderne Elektronentheorie, hat sich für den Fortschritt der physikalischen Forschung als wertvoll erwiesen.

Die zur Erzeugung der Kathodenstrahlen nötigen hohen Stromspannungen erklären sich — nach Experimenten — aus dem großen Hindernis für den Stromdurchgang in Vakuumröhren hoher Gasverdünnung nahe der Kathode, das von der Art des Gases in der Röhre und dem Metalle der Kathode abzuhängen scheint.

Von der Stelle der Glaswand einer Vakuumröhre, die von Kathodenstrahlen getroffen zur Lumineszenz erregt werden, gehen die Röntgenstrahlen aus.

Die Kathodenstrahlen erfahren im Glase der Röhrenwand eine Bremsung. Dabei wird die lebendige Kraft der auftreffenden Elektronen in Lumineszenz und Wärme des Röhrenglases und in Röntgenstrahlen umgesetzt.

Die Röntgenstrahlen.

Der Charakter der entstandenen Röntgenstrahlen hängt von dem ihrer Erzeuger, der Kathodenstrahlen, direkt ab. Kathodenstrahlen großer Geschwindigkeit liefern durchdringungskräftige, sog. „harte“ Röntgenstrahlen. „Weiche“, wenig penetrationskräftige Röntgenstrahlen werden von langsameren Kathodenstrahlen erzeugt.

„Harte“ Strahlen entstehen also in gasarmen Röhren mit hoher Stromspannung, „weiche“ in verhältnismäßig gasreichen Röhren.

Der Nutzeffekt der Röntgenstrahlenbildung im Glase ist gering. Die Erhitzung der Röhrenwand bei großer Geschwindigkeit und Dichte der auftreffenden Kathodenstrahlen kann derart werden, daß das Glas schmilzt, und die Röhrenwand vom Luftdruck durchbrochen wird. Die Erhitzung der Röhrenwand ist um so größer, auf eine je kleinere Fläche die Kathodenstrahlen konzentriert werden; Strahlenkonzentration aber ist in der praktischen Röntgenologie nötig.

Die bezeichneten Übelstände und die Bedürfnisse ärztlicher Forschung, die sich der Röntgenstrahlen bald nach ihrer Entdeckung bemächtigt hatte, wurden Veranlassung, daß man zu einem anderen Bau der Vakuumröhren überging. Röntgen selbst hat an Stelle der Röhrenglaswand als Auftreff- und Bremskörper eine „Antikathode“ aus schwerschmelzendem Metall von hohem Atomgewicht der Kathode im Röhreninnern entgegengestellt und auf ihr die von der hohlspiegelartig gekrümmten Kathode konvergent verlaufenden Kathodenstrahlen in einem „Fokus“ vereinigt. Die indirekte Erwärmung der Glaswand nahe der metallischen Antikathode war bei Röhrenform

des Vakuumapparates und energischer Kathodenstrahlung beträchtlich. Die Gefahr der Röhrenwandüberhitzung nahe der Antikathode vermeidet die meist übliche Kugelform des modernen Vakuumapparates, zu der man mit Verwendung hohlspiegelartig gekrümmter Kathoden überging. Die Bezeichnung als Röhre ist dem Apparat auch in der Kugelform geblieben.

Von der Energie der Kathodenstrahlen gehen — auch auf der metallischen Antikathode — nur wenige Promille in die Energie der Röntgenstrahlen über. Der Nutzeffekt der Röntgenstrahlenentstehung ist abhängig von der Art des Antikathodenmaterials — er nimmt mit zunehmender Höhe des Atomgewichts des Antikathodenmetalls zu — und scheint nach Untersuchungen von Seitz und Carter der Röhrenspannung annähernd proportional zu sein.

Wenn Röntgenstrahlen im dunkeln Raum und bei Abblendung des Fluoreszenzlichtes der Röhre unser Auge treffen, nehmen wir einen Lichteindruck wahr, eine Lumineszenzerscheinung. Der Lichteindruck ist sehr gering und ändert nichts an der Tatsache, daß wir aus den eigenartigen Absorptionsverhältnissen der Röntgenstrahlen nie hätten Nutzen ziehen können ohne ihre Eigenschaft, bestimmte chemische Körper zu lebhaftem Leuchten zu bringen und auf die photographische Platte lichtähnlich einzuwirken. Die Lumineszenz eines Platinsalzes war es, durch die Röntgen die nach ihm benannten Strahlen entdeckte.

Gleich den Kathodenstrahlen — aber auch außerhalb der Vakuumröhre — erregen Röntgenstrahlen bestimmte chemische Körper zur Lumineszenz: Diese leuchten je nach ihrer chemischen Beschaffenheit in verschiedenen Farben. Die Lumineszenz kann kurzdauernd sein und nur unter der direkten Strahlenwirkung zustande kommen; man nennt sie dann Fluoreszenz. Ein Beispiel hierfür liefert das von Röntgenstrahlen getroffene Bariumplatinzyanür, das unter ihnen gelbgrün aufleuchtet. Ein mit Bariumplatinzyanür in gleichmäßiger Schicht und feinsten Verteilung überzogener Pappkarton ist der sog. „Leuchtschirm“, unser unentbehrliches Hilfsmittel zur röntgenoskopischen Untersuchung von Körpern. Überdauert das Leuchten unter dem Einfluß der Strahlen die Einschaltungszeit der Röhre, dann spricht man von Phosphoreszenz. Phosphoreszenz und Röntgenfluoreszenz zeigt das wolframsaure Calcium, das blauviolett leuchtet. Mit wolframsaurem Calcium oder einer ähnlich lumineszierenden Substanz überzogene Pappstücke verschiedener Größe sind die in der Röntgenographie unentbehrlichen „Verstärkungsschirme“. Sie vervielfachen mit ihrem chemisch aktiven blauen Licht die direkte Röntgenstrahlenwirkung auf die photographische Platte. Eine weitere Anzahl chemischer Verbindungen luminesziert unter dem Einflusse der Röntgenstrahlen mehr oder weniger lebhaft z. B. bestimmte Zinksalze, der Flußspat, die Balmainischen Leuchtfarben u. a. Aber nicht alle Stoffe, die unter Licht- und Kathodenstrahlen leuchten, tun dies auch unter Röntgenstrahlen.

Röntgenstrahlen entfalten chemische Wirkungen; solche äußern sich in der Glaswand der Röhre selbst. Nach längerer Benützung zeigt die Röhrenwand gegenüber der Antikathode eine blauviolette Verfärbung, verursacht durch die Abscheidung von kolloidalem Mangan im Glase. Die Erscheinung tritt in ähnlicher Weise bei starker und genügend lange einwirkender Lichtbestrahlung des Glases auf. Zahlreiche Mineralien verändern unter Röntgenstrahlen ihre Farbe (Holzknecht). Farbveränderungen des Kaliumsulfates, das mit Natriumkarbonat in bestimmtem Verhältnis zusammengeschmolzen war, dienten erstmals zum Versuch direkter quantitativer Röntgenstrahlenbestimmung (Holzknecht). Die Farbveränderung des Bariumplatinzyanürs (Umschlag aus Grün in Braungelb bis zu einem empirisch gefundenen

Farbton mit zunehmender Strahlenwirkung) zeigt nach dem Verfahren von Sabouraud-Noiré die Wirkung einer bestimmten Röntgenstrahlenmenge an.

Auf der Veränderlichkeit einer Jodoform-Chloroformlösung unter Austritt von Jod beruht das Freundschsche Dosierungsverfahren für Röntgenstrahlen.

Aus dem Ederschen Aktinometergemisch — einer bestimmt konzentrierten Lösung von Quecksilberchlorid und Ammonoxalat — wird Kalomel ausgefällt, ein Vorgang, der durch Schwarz zur Messung der Röntgenstrahlenmenge in der Röntgentherapie Anwendung fand.

Die Widerstandsverminderung des Selens für den elektrischen Strom unter dem Einflusse der Röntgenstrahlen ist deren chemischen Wirkungen zuzurechnen. Die Selenzelle und ihr besonderes Verhalten unter Röntgenstrahlen fand durch Fürstenau Anwendung zur Strahlenmessung im „Intensimeter“.

In ihrer Einwirkung auf die photographische Platte scheinen sich Licht und Röntgenstrahlen wesentlich gleich zu verhalten.

Die einzelnen chemischen Wirkungen der Röntgenstrahlen gehen sich nicht immer parallel. Dies beweist z. B. die verschiedene Wirkung „weicher“ und „harter“ Strahlen einerseits auf den Leuchtschirm andererseits auf die photographische Platte. Röntgen selbst sagt darüber: „Stellt man am (beschriebenen) Photometer eine harte und eine weiche Röhre auf gleiche Helligkeit des Fluoreszenzschirmes ein und bringt dann eine photographische Platte an die Stelle des Schirms, so bemerkt man nach dem Entwickeln dieser Platte, daß die von der harten Röhre bestrahlte Plattenhälfte beträchtlich weniger geschwärzt ist als die andere. Die Bestrahlungen, die gleiche Intensität der Fluoreszenz erzeugten, wirken photographisch verschieden“. Fluoreszenzschirm und photographische Platte nutzen die auffallenden Strahlen nicht vollständig aus, beide werden von noch vielen weiterhin wirksamen Strahlen durchdrungen (Röntgen). Die Bezeichnungen hart und weich bei der Bildbeurteilung sind aus der Photographie in die Röntgenographie übernommene Fachausdrücke. „Harte“ photographische Negative zeigen an Einzelheiten arme Bilder mit schroffen, unvermittelten Übergängen von Licht und Schatten. „Weiche“ Bilder sind an Einzelheiten reich mit fließenden Übergängen. „Weiche“ Röntgenogramme zeigen feine Absorptionsunterschiede röntgenographierter in ihrem inneren Aufbau ungleicher Körper. „Harte“ Röntgenogramme verraten nur mehr oder weniger krasse Absorptionsunterschiede.

„Hart“ und „weich“ sind relative Begriffe. Strahlen, die von einem dicken Körperteil ein weiches Bild entwerfen, würden von einem dünnen ein hartes liefern. Unabhängig von ihrer bildzeichnenden Wirkung definiert man die Härte der Röntgenstrahlen nach ihrer Absorption in bestimmten Medien oder neuerdings nach ihrer Wellenlänge. Dieser direkten Härtemessung dienen verschiedene, später zu besprechende Apparate. Bei Untersuchungen chemischer und biologischer Röntgenstrahlenwirkungen ist der Härtegrad der Röhren zu berücksichtigen. Harte und weiche Strahlen wirken nicht nur auf die photographische Platte verschieden.

Das Lezithin — bekanntlich ein im menschlichen Körper viel verbreitetes phosphorhaltiges Fett — wird durch Röntgenstrahlen zersetzt. Ein Zerfallsprodukt des Lezithins ist das Cholin, mit dessen Injektionen Exner, Werner u. a. biologische Wirkungen der Röntgenstrahlen nachahmen konnten. Im Blute von mit Röntgenstrahlen behandelten Versuchstieren wiesen Benjamin, v. Reuß, Sluka und Schwarz Cholin nach.

Nach Hoppe-Seylers Untersuchungen findet sich das Lezithin in großen Mengen vor allem in jungen, rasch wachsenden und in Entwicklung begriffenen

Zellen, in Zellen mit lebhafter Assimilation und Proliferation. So würde sich die besondere Empfindlichkeit bestimmter normaler und pathologischer Gewebe gegenüber Röntgenstrahlen erklären. Der verschiedene Grad der Strahlenwirkung auf die einzelnen Gewebe führte — irrigerweise — zur Aufstellung des Begriffes der „elektiven Wirkung“, die es im strengen Wortsinne nicht gibt. Am deutlichsten kommt die spezifische Strahlenempfindlichkeit der Gewebe unter harten Strahlen zur Geltung. Auf der Tatsache der ungleichen Strahlenempfindlichkeit von Körperzellen und Geweben beruht die Möglichkeit der Röntgentherapie. Neuere Untersuchungen lassen die biologische Röntgenstrahlenwirkung weniger einfach erscheinen; die Wahrscheinlichkeit ihres Zusammenhangs wenigstens teilweise mit dem Lezithinzerfall bleibt bestehen.

Haarausfall, entzündliche Rötung, selbst Ulzeration der Haut zeigten sich im Anfang der Röntgenära häufig als unliebsame Nebenwirkungen diagnostischer Strahlenanwendungen. Viel Arbeit und Fleiß wurde auf den Nachweis verwandt, daß die beobachteten Wirkungen auf die Haut auch tatsächlich Wirkungen der Röntgenstrahlen seien und nicht etwa solche des Lichtes, der Wärme oder von elektrischen Entladungen. Den Beweis ursächlichen Zusammenhanges von Hautreiz und Zerfall einerseits und Röntgenstrahlen andererseits fand man in der Tatsache, daß da auf der Haut, wo keine Röntgenstrahlen auftreten, unter sonst gleichen Umständen keine Reiz- und Zerfallserscheinungen zu beobachten sind.

Bald folgten den unbeabsichtigten Hautnebenwirkungen die gewollten Hautwirkungen. Die Röntgentherapie nahm ihren Anfang mit der Bestrahlung eines Naevus pilosus durch Freund im Jahre 1896. Der gewollten Wirkung folgten noch oft und lange ungewollte Neben- und Nachwirkungen in Form der gefürchteten Röntgenverbrennungen, Veränderungen der Haut vom Erythem bis zur Nekrose, als Spätfolgen in Form atrophischer Zustände der Haut, von Spätnekrosen, Teleangiektasien und Hyperkeratosen, wenn sich nicht gar Karzinome auf Röntgenulcera entwickelten.

Schuld an den Mißerfolgen war die ungenügende Kenntnis der Röntgenstrahlen selbst und ihrer Wirkung auf den Körper, die Unmöglichkeit sie in Art (Härte) und Menge genügend scharf zu dosieren und den Härtegrad der Röhre während des Betriebes gleichmäßig zu erhalten. Dies hat man in praktisch ausreichender Weise gelernt.

Nicht das ganze Hautorgan ist gleich empfindlich für Röntgenstrahlen. Haarwurzelscheiden und Schweiß- und Talgdrüsen unterliegen der Wirkung früher und in höherem Grade als andere Hautbestandteile (Haarausfall ohne Hautrötung).

Empfindlicher als die Haut sind bei genügend durchdringungsfähiger Strahlung, die sich nicht in der Haut erschöpft, sondern in die Tiefe des Körpers zu dringen vermag, die Zellen bestimmter innerer Organe, z. B. der männlichen und weiblichen Generationsorgane.

Hohe Empfindlichkeit für Röntgenstrahlen besitzt das lymphatische Gewebe überall im Körper. Auf der besonderen Empfindlichkeit krankhaft wuchernder lymphatischer Organe beruht die therapeutische Anwendung der Röntgenstrahlen bei Leukämie und Lymphogranulomatose; auf der nachgewiesenen Radiosensibilität mancher sarkomatöser und karzinomatöser Zellgebilde die Radiotherapie und die radiotherapeutischen Versuche bei oberflächlichen und tiefgelegenen Karzinomen und Sarkomen.

Die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen zwingen zur äußersten Vorsicht bei ihrer Anwendung. Erfahrungen der letzten Zeit zeigen, daß subkutane Blutgefäße bei gehäufte Anwendung harter, filtrierter Strahlen eine starke Schädigung — bei primär intakter Haut — also ohne daß es auf ihr

zu Reaktionserscheinungen gekommen wäre, erfahren können. Die Gefäßwände degenerieren, das Gefäßlumen verschwindet und mehr oder weniger hochgradige sekundäre Hautschädigungen sind die Folge der ausgefallenen Blutversorgung. Die biologische Röntgenstrahlenwirkung äußert sich also einmal direkt in primärer Zellschädigung mit sekundärer Entzündung, dann in Gefäßschäden und sekundärer Zelldegeneration (Wetterer).

Der mit Röntgenstrahlen arbeitende Arzt hat sich und den Kranken sorgfältig gegen unnötige Bestrahlungen zu schützen. In der Diagnostik beabsichtigt man nur Bildwirkungen sei es auf dem Leuchtschirm, sei es auf der photographischen Platte. Man beschränkt deshalb die Bestrahlung des Kranken auf das zur Bildwirkung unbedingt nötige Maß und läßt die Strahlen nur da auftreffen, wo man sie braucht: Zielbewußte „Blenden“anwendung ist nicht nur im Interesse größter Bildschärfe nötig.

Beim Durchgang durch die Luft verändern Röntgenstrahlen deren elektrische Leitfähigkeit; sie machen sie leitend, ionisieren sie. Luft ist bekanntlich nicht allzu hochgespannter Elektrizität gegenüber ein Nichtleiter, ein Isolator. Schon Röntgen erkannte die ionisierende Wirkung der X-Strahlen auf Gase. Die Ionisation der Gase ist der Intensität der Strahlung proportional. Auf dieser Tatsache beruht die zuerst von Villard praktisch ausgenützte Möglichkeit, die Ionisation der Gase zur quantitativen Messung der Röntgenenergie zu verwenden.

Im Gegensatz zu den Kathodenstrahlen werden Röntgenstrahlen weder von magnetischen noch elektrischen Kräften abgelenkt; sie gleichen hierin dem Lichte, mit dem sie die Polarisierbarkeit gemeinsam haben, von dem sie sich aber wieder dadurch unterscheiden, daß sie weder durch Linsen noch durch gewöhnliche Spiegel aus ihrer Bahn abgelenkt werden.

Im Gegensatz zu den Kathodenstrahlen, die senkrecht von der Kathodenebene ihren Ausgang nehmen, dringen die Röntgenstrahlen von ihrem Auftreffpunkt auf der Antikathode geradlinig nach allen Richtungen in den Raum. Sie verhalten sich in ihrer Ausbreitung lichtähnlich; für Röntgenbilder gelten, was ihre räumliche Anordnung betrifft, die Projektionsgesetze der Lichtschattenbilder, die von einer kleinen Lichtquelle aus endlicher Entfernung entworfen werden. Röntgenbilder sind „Zentralprojektionen“ der röntgenographierten Körper. Regelmäßige Zentralprojektionen sind nur möglich bei praktisch geradlinigem Verlauf der bildzeichnenden Strahlen. Tatsächlich erfahren die Röntgenstrahlen auf ihrem Wege vom Brennpunkt der Röhre durch deren Glaswand, die Luft und den aufzunehmenden menschlichen Körper keine Ablenkung.

Die Wirkung der Röntgenstrahlen nimmt — gleich der des Lichts — mit dem Quadrate der Entfernung des bestrahlten Körpers von der Lichtquelle ab. Diese Tatsache ist für die diagnostische und therapeutische Anwendung der Röntgenstrahlen gleicherweise von Bedeutung.

Die Röntgenstrahlen breiten sich vom Punkt ihrer Entstehung zwar geradlinig aber nicht in gleicher Stärke nach allen Richtungen aus. Sie erfahren in der Röhrenwand eine ungleichmäßige Siebung, eine Tatsache, auf die bereits Röntgen hingewiesen hat. Nahe dem Kathodenhals und auf der gegenüberliegenden Kugelseite ist die Röhrenwand wesentlich dicker als am Röhrenäquator, Verschiedenheiten, die sich bei der Herstellung der Röhren nicht vermeiden lassen. Je dünner die Röhrenwand, um so geringer ist die Strahlenabsorption in ihr, um so größer die Strahlenwirkung außerhalb der Röhre.

Ungleichartigkeiten der Röntgenstrahlen in der Röhre selbst rühren zunächst von der Ungleichartigkeit der Kathodenstrahlung in jedem technischen Röntgenrohr her. Wir haben ein Spektrum der Kathodenstrahlen kennen

gelernt, hervorgerufen durch Unregelmäßigkeiten der elektrischen Vorgänge in der Röhre und auf der Röhrenwand. Jeder Elektronenstrom führt, wie wir sahen, rasch und weniger rasch bewegte Elektronen mit sich. Inhomogene Kathodenstrahlen aber schaffen, worauf ebenfalls bereits hingewiesen wurde, inhomogene Röntgenstrahlen. Von den auf die Antikathode auftreffenden Elektronen wird dann weiterhin ein Teil oberflächlicher, ein anderer Teil tiefer im Metall des Antikathodenbleches gebremst. Bevor sie aber im Atomgefüge der Antikathode zum Stillstand kommen, werden sie in unregelmäßige Bahnen abgelenkt und verlangsamt. Die Röntgenstrahlen nehmen ihren Ursprung aus verschiedenen Tiefen der Antikathode; sie müssen beim Austritt verschiedene Schichtdicken des Antikathodenmetalles überwinden; deshalb sind in der Röhre selbst der auf der Antikathodenebene senkrecht stehende Röntgenstrahl und die Strahlen seiner nächsten Umgebung am kraftvollsten. So wird die Inhomogenität der Röntgenstrahlung noch weiterhin erhöht.

Diese Unterschiede der Röntgenstrahlung aus inneren Ursachen treten gegenüber den durch die Glaswand der Röhre bedingten bei normalem Röhrenbetrieb in den Hintergrund. Die Absorption der Röntgenstrahlen im Glase der technischen Röhren ist hoch; sie wird vielfach unterschätzt. Nach den Angaben von Pohl gehen in den meisten — selbst harten — Röhren 50% der Strahlung und mehr in der Röhrenwand verloren. Geringer ist die Strahlenabsorption im Lindemann-Glas, weil dieses aus Elementen niedrigeren Atomgewichts zusammengesetzt wird als das gewöhnliche Hüttenglas. Fenster und Lindemannglas in der Röhre gegenüber der Antikathode lassen weichere und mehr Strahlen austreten, eine Tatsache, die unter Umständen nicht nur in der Röntgentherapie Berücksichtigung verdient.

Am größten ist erfahrungsgemäß, und nach dem Gesagten leicht verständlich, die Strahlenwirkung am Äquator der Röntgenröhre in und um den — bei horizontaler Röhrenachse auf der Horizontalen — senkrechten oder „Normalstrahl“. Gleichmäßig geschwächt sind die aus symmetrisch gelegenen Röhrenteilen austretenden Röntgenstrahlen, während Strahlen, die die Röhre an asymmetrischen Stellen verlassen, in ihrer Wirkung meist ungleich sind und unter Umständen bei der Röntgenographie symmetrisch angeordneter Körperorgane, z. B. der Lungen, Ungleichheiten in der Helligkeit des einen Organs vortäuschen können, die in Wirklichkeit auf Ungleichheit der Strahlen zurückzuführen ist. Man stelle deshalb bei Aufnahme paariger Organe die Röhrenlängsachse parallel der Symmetrieachse ein, z. B. bei Lungenaufnahmen parallel und über der Körpermittellinie.

Das Zustandekommen von Röntgenbildern auf dem Leuchtschirm oder auf der photographischen Platte beruht auf der verschiedenartigen Absorption der Strahlen in nicht einheitlich zusammengesetzten Körpern. Die Röntgenstrahlenabsorption im Körper hängt ab einestheils von der Beschaffenheit der absorbierenden Materie anderenteils von den Eigenschaften der Strahlung.

Als Durchlässigkeit eines Körpers für Röntgenstrahlen bezeichnet ihr Entdecker „das Verhältnis der Helligkeit eines dicht hinter den Körper gehaltenen Fluoreszenzschirmes zu derjenigen Helligkeit des Schirmes, welche dieser unter denselben Verhältnissen aber ohne Zwischenschaltung des Körpers zeigt.“ Mit zunehmender Dicke werden alle Körper weniger durchlässig; aber bei gleicher Dicke und Dichte (spezifischem Gewicht) können verschiedene Körper verschieden durchlässig sein. Röntgen fand dies für gleich dicke Platten aus Glas, Aluminium, Kalkspat und Quarz, wobei — unter sonst gleichen Versuchsbedingungen — der Kalkspat am meisten Strahlen absorbierte. Versuche Röntgens mit verschiedenen Metallen ergaben, daß „keineswegs gleiche Durchlässigkeit verschiedener Metalle vorhanden ist, wenn

das Produkt aus Dichte und Dicke gleich ist“; d. h. bei Elementen ist weder Dichte noch Dicke in erster Linie für ihre Durchlässigkeit und damit natürlich auch für ihre Absorptionsfähigkeit maßgebend. In erster Linie hängt diese — bei gleicher Strahlung — vom Atomgewicht der Elemente ab und bei zusammengesetzten Körpern von der Summe der spezifischen Durchlässigkeiten ihrer Atome. Kathodenstrahlen werden von Körpern nach Maßgabe von deren Dichte absorbiert.

Als spezifische Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen bezeichnet Röntgen die auf die Dickeneinheit reduzierte Durchlässigkeit. Die Durchlässigkeit — bei mittelharter Strahlung — ist den Atomgewichten umgekehrt, die Absorptionsfähigkeit ihnen direkt proportional. Nach Untersuchungen von Benoist gilt das Gesetz der umgekehrten Proportionalität um so sicherer je härter die Strahlung ist.

Die Art der Atomlagerung im Molekül, die die chemische Eigenart der Körper und ihre verschiedene Lichtdurchlässigkeit bedingt, ist für ihr Verhalten Röntgenstrahlen gegenüber belanglos.

Ein Vergleich der spezifisch nahezu gleich schweren Metalle Zink und Zinn unter Verwendung mittelharter Röhren, in gleich dick ausgewalzten Blechen, zeigt die wesentlich stärkere Absorption der Strahlen im Zinnblech entsprechend dem höheren Atomgewicht des Zinns. (Zinn hat ein Atomgewicht von 119, Zink von 65,37. Unter Atomgewichten versteht man bekanntlich die relativen Gewichte der Atome bezogen auf Wasserstoff als Einheit.)

Deutlich erkennt man in einem von Walter ausgeführten Versuch den Einfluß des Atomgewichts auf die Röntgenstrahlenabsorption: Eine Schicht von metallischem Calcium von 6,5 mm Dicke absorbiert mittelharte Strahlung ebenso stark, wie eine Aluminiumschicht von 12,5 mm Aluminium. Aluminium hat ein spezifisches Gewicht von 2,7, Calcium 1,57. Das spezifisch leichte Metall absorbiert stärker als das schwerere; aber das atomschwere Calcium (Atomgewicht 40) mehr als das atomleichte Aluminium (27). Die stärkere Raumerfüllung — denn nichts anderes bedeutet die Dichte oder das spezifische Gewicht — mit schwach absorbierenden Atomen vermag im Falle unseres Versuches nicht dasselbe zu leisten, wie die schwächere Füllung des gleichen Raumes mit stark absorbierenden Atomen.

Sehr verschiedene Dichte kann wohl auch zu einer Umkehrung der Verhältnisse führen: Bleiatome absorbieren stärker als Platinatome. In gleich dicken Schichten absorbiert trotzdem Platin Röntgenstrahlen stärker als Blei. Die Absorption erfolgt hier nach Maßgabe der spezifischen Gewichte (Platin hat ein spezifisches Gewicht von 21,5, Blei von 11,3). Die nicht viel leichteren Platinatome liegen dichter, in größerer Zahl, im gleichen Raum; die Vielheit leistet hier, was das Einzelne nicht vermag.

Körper, die aus denselben Elementen aufgebaut sind, unterscheiden sich unter Röntgenstrahlen nach Maßgabe ihrer Dichte und Dicke. Dies gilt im ganzen für die Weichteile des menschlichen Körpers. Diese sind bekanntlich in der Hauptsache aus den leichtatomigen Elementen C, H, O, N zusammengesetzt. Um die oft sehr geringen Absorptionsunterschiede für Röntgenstrahlen, die zwischen ihnen bestehen, sichtbar zu machen, muß die Röntgenröhre bzw. müssen die Röntgenstrahlen besonderen — später zu besprechenden — Anforderungen genügen.

Treten schwere Atome in eine Verbindung ein, so erhöht sich deren Absorptionsfähigkeit für Röntgenstrahlen. Die Knochen des menschlichen Körpers enthalten die — verglichen mit den Elementen der Weichteile — hochatomigen

Elemente Ca und P; auf deren Gegenwart und der größeren Dichte des Gewebes beruht die stärkere Absorption der Röntgenstrahlen in den Knochen.

Aggregatzustand und Temperatur der Körper sind für ihre Röntgenstrahlenabsorptionsfähigkeit bedeutungslos. Flüssiges Brom absorbiert wie Bromdampf, flüssige Luft wie gasförmige, wenn jeweils nur dafür gesorgt wird, daß das Produkt aus Dichte \times Dicke gleich bleibt, d. h. wenn die Dichte abnimmt, muß die Schichtdicke zunehmen.

Die Absorption der Röntgenstrahlen erfährt in einem und demselben Körper von Schicht zu Schicht eine Änderung. Röntgen fand, daß jede der Schichten eines Körpers für die in sie eindringenden Strahlen durchlässiger sei als die vorhergehenden oder mit anderen Worten: „die spezifische Durchlässigkeit eines Körpers ist um so größer je dicker der betreffende Körper ist“ (Röntgens Absorptionsgesetz). Die Erklärung dieser Tatsache findet Röntgen in einer Siebung der weichen Strahlen in den der Antikathode näheren Körperschichten, so daß durchdringungsfähigere härtere Strahlen die der Antikathode ferneren Schichten leichter durchschlagen.

Maßgebend für die Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlen ist in zweiter Linie die Strahlenart selbst. Alle Körper sind für Strahlen einer härteren Röhre durchlässiger als für Strahlen einer weichen (Röntgen). Abweichend von anderen Körpern verhalten sich eine Anzahl von Metallen, die — innerhalb bestimmter Grenzen — in dünner Schicht für harte und weiche Strahlen nahezu gleich durchlässig sind. Zu diesen Elementen gehört das Silber und eine Anzahl anderer Metalle von ähnlicher Größe des Atomgewichts. Von dieser „selektiven Absorption“ der Elemente gegenüber den Röntgenstrahlen macht man in verschiedenen Härtemessern praktischen Gebrauch, deren ältester und im Wesen grundlegender von Röntgen stammt.

Die Beschaffenheit der Röntgenstrahlen ist — mit der der Kathodenstrahlen — von verschiedenen Umständen abhängig, deren maßgebendste das Röhrenvakuum, die Spannung und der zeitliche Verlauf des Speisestroms der Röhre sind (Röntgen).

Betreibt man mit einem Strom bestimmter Spannung eine weiche Röhre, so kann man, worauf Röntgen hingewiesen hat, durch Vorschalten einer sog. Funkenstrecke — eine später zu besprechende Vorrichtung — vor die Röhre, d. h. durch Erhöhung der Spannung des Röhrenbetriebsstroms der weichen Röhre die Penetrationskraft der Strahlung erhöhen.

Die fortschreitende Selbstevakuierung, das Härterwerden alternder gashaltiger Röhren bei langem sachgemäßem Gebrauch schilderte bereits Röntgen selbst. Der Vorgang ist eine jedem Röntgenologen bekannte Erscheinung. Sie beruht auf einer Gasbindung an der Innenwand der Röhre, und macht bei Ionenröhren, um sie länger lebens- und gebrauchsfähig zu erhalten, Regeneriervorrichtungen für das Röhrenvakuum nötig.

Die Bedeutung des zeitlichen Verlaufs des Entladungsstromes wurde — nach Röntgen — seit dem Jahre 1907 besonders von Rosenthal in einer Anzahl von Arbeiten immer wieder hervorgehoben. Technisch praktische Gesichtspunkte hatten Rosenthals Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit der Entladungsform des Röhrenbetriebsstroms gelenkt. Er verlangt im Interesse größter Bildschärfe des Röntgenogramms bei möglicher Röhrenschonung Sekundärstromstöße, deren zeitlicher Verlauf durch Entladungskurven von geringer Breite bei großer Höhe dargestellt werden. Zwischen den einzelnen Entladungen sollen verhältnismäßig lange stromlose Intervalle liegen.

Sekundärstrahlen.

Wenn Röntgenstrahlen auf irgend ein Medium auftreffen, sei dieses gasförmig, flüssig oder fest, so entsteht eine neue Strahlung, die Röntgen feststellte und der Sania c die Bezeichnung „Sekundärstrahlung“ gab. Die Sekundärstrahlung ist zusammengesetzter Natur und führt neben Röntgenstrahlen, Kathodenstrahlen und ultraviolette Schwingungen (Dorn).

Röntgen sagte über die Sekundärstrahlung: „Würde unser Auge für („X“) Röntgenstrahlen ebenso empfindlich sein, wie für Lichtstrahlen, so würde ein in Tätigkeit gesetzter Entladungsapparat uns erscheinen, ähnlich wie ein in einem mit Tabakraum gleichmäßig gefülltem Zimmer brennendes Licht; vielleicht wäre die Farbe der direkten und der von den Luftteilchen kommenden Strahlen verschieden. Die Frage, ob die von den bestrahlten Körpern ausgehenden Strahlen derselben Art sind wie die auffallenden oder mit anderen Worten, ob eine diffuse Reflexion oder ein der Fluoreszenz ähnlicher Vorgang die Ursache dieser Strahlen ist, hatte noch nicht entschieden werden können“.

Walter entdeckte einen Zusammenhang des Röntgenstrahlenanteils dieser Sekundärstrahlung mit dem Atomgewicht des Auftreffkörpers und Barkla und Sadler stellten ihre Doppelnatur fest. Der Röntgenstrahlenanteil der Sekundärstrahlung besteht nach ihnen aus zwei Strahlungen: der „zerstreuten Strahlung“, so genannt, weil sie ähnlicher Entstehung sei wie in trübem Medium zerstreutes Licht. Die Härte der zerstreuten Strahlungen steht nach Barkla und Sadler der der auslösenden Primärstrahlung kaum nach. Sie ist inhomogen wie diese und von ähnlicher Zusammensetzung.

Der zweite Teil der Sekundärstrahlung, der besonders von Whiddington untersucht wurde, die „charakteristische oder Fluoreszenzstrahlung“ ist homogen und von der Art des Auftreffkörpers abhängig. Sie ist im Gegensatz zur Streustrahlung nicht polarisiert. Die Bezeichnung „Fluoreszenzstrahlung“ wurde gewählt nach der Art ihres Entstehens entsprechend der des Fluoreszenzlichtes aus Lichtstrahlen: die Fluoreszenzstrahlen werden vom Auftreffkörper der primären Strahlen aus diesen umgebildet. Die Fluoreszenzstrahlung wird nur durch eine Primärstrahlung ausgelöst, deren Durchdringungsvermögen größer ist als das der charakteristischen Strahlen — ähnlich wiederum wie Fluoreszenzlicht nur von Lichtwellen größerer Frequenz hervorgerufen wird.

Für Elemente mit einem Atomgewicht unter 27 ist bisher so gut wie keine Fluoreszenzstrahlung nachgewiesen worden. Niederatomige Elemente produzieren nur Streustrahlung, die der Masse der durchstrahlten Körper direkt proportional ist.

Elemente mit einem Atomgewicht von mehr als 108 senden zwei und mehr charakteristische Sekundärstrahlungen aus: Mit zunehmendem Atomgewicht steigt das Emissionsvermögen der Elemente für die weniger penetrante Fluoreszenzstrahlung während der Anteil der durchdringungsfähigeren Streustrahlung beträchtlich zurücktritt.

Schon in der Antikathode einer Röntgenröhre wird demnach das primäre Röntgenstrahlenbündel mit charakteristischer Sekundärstrahlung des Antikathodenmetalls vermischt, falls die Primärstrahlen zur Auslösung der charakteristischen Sekundärstrahlung im Antikathodenmetall hart genug sind.

Die von der Antikathode einer Röhre ausgehende Strahlung ist zusammengesetzter Natur. Sie besteht aus verschiedenartigen Röntgen- und Kathodenstrahlen, unter den letzteren auch die sog. reflektierte Kathodenstrahlung. Der Kathodenstrahlenanteil der Antikathodenstrahlung hat wenigstens teilweise röntgenstrahlenähnliche Ausbreitung und bringt die der Anti-

kathode gegenüberliegende Kugelhälfte zum Leuchten, erhitzt sie, läßt sie negativ elektrisch auf und veranlaßt die Emission der sog. Glasstrahlung, die nach Walter etwa 15% der Primärstrahlung ausmacht.

Das gleichmäßig ruhige Leuchten der hellen Röhrenwand gashaltiger Röhren ist wegen des gesetzmäßigen Zusammenhangs zwischen reflektierter Kathodenstrahlung und Röntgenstrahlung ein günstiges Zeichen für den ungestörten Ablauf der Vorgänge im Röhreninnern. Man spricht in der praktischen Röntgenologie von einer schönen oder guten Halbteilung der arbeitenden Röhre.

Wie alle Röntgenstrahlen, seien sie nun primär oder sekundär, die nicht vom Brennfleck der Röntgenröhre ausgehen, ist auch die Glasstrahlung der Bildwirkung der Fokalstrahlen nachteilig. Sie wird deshalb in der diagnostischen Röntgenologie ebenso wie die störenden Sekundärstrahlungen außerhalb der Röhre und im untersuchten Körper nach Möglichkeit unschädlich gemacht.

Das Wesen der Röntgenstrahlen.

Nach der Auffassung von Stokes, Wiechert und Thomson sind Röntgenstrahlen „Ätherimpulse“. Nach ihr wird der allgegenwärtige Äther beim Auftreffen der Elektronen, deren Bremsung auf der Antikathode, Stößen ausgesetzt, die sich allseitig durch den Äther fortpflanzen. Die Röntgenstrahlenimpulse sind gedämpft, d. h. sie kommen schon nach einer verhältnismäßig kleinen Zahl stets schwächer werdender Schwingungen — etwa ähnlich einem hüpfenden Gummiball — zur Ruhe, tragen stoßartigen Charakter. Die Lichtwelle besteht bekanntlich aus Tausenden von Schwingungen, deren Schwingungsweite (Amplitude) von einer Schwingung zur anderen nur wenig abnimmt. Dies wissen wir aus gewissen Interferenzerscheinungen des Lichts. Die kleinste beobachtete Lichtwelle ist etwa tausendmal größer als die größte Impulslänge (Wellenlänge) eines weichen Röntgenstrahls, die wiederum länger ist als die Welle eines harten Strahls. Die Lichtwellen werden mehr als hundertmal so lang angenommen als der Moleküldurchmesser, die Impulslängen der Röntgenstrahlen aber seien wenig kürzer als dieser Durchmesser. So finde die Lichtwelle an der Molekülgruppierung die Grenze ihrer Bewegung, werde an glatter Oberfläche reflektiert und gebrochen, während die Röntgenstrahlen ins Gefüge des Moleküls einzudringen vermögen, vom molekularen Aufbau in ihrem Weiterdringen unabhängig sind.

Mit der Entstehung der Wissenschaft vom Lichte vor etwa 250 Jahren traten sich 2 Auffassungen vom Wesen des Lichts gegenüber. Die Emissionstheorie von Newton und die Undulationstheorie von Huygens. Newton faßte den Lichtstrahl auf als Garbe feinsten körperlicher Teile, die mit größter Geschwindigkeit von der Lichtquelle in der Richtung des Strahles ausgeschleudert werden. Nach der Undulationstheorie ist der Lichtstrahl eine Wellenbewegung im allgegenwärtigen ruhenden Weltäther, dessen Teile unter dem Fortschreiten des Bewegungsvorganges nur kleine Schwingungen ausführen, etwa wie die Wasserteilchen beim Fortschreiten der Wasserwellen.

Mit der Entdeckung der Polarisations- und Interferenzerscheinungen siegte die Undulationstheorie in der Wissenschaft vom Lichte.

Als es galt, die Natur der Röntgenstrahlen zu charakterisieren, traten sich wiederum die Emissions- und die Undulationstheorie gegenüber. Röntgen selbst entschied sich für die Wellennatur seiner X-Strahlen, weil er an ihnen — im Gegensatz zu den Kathodenstrahlen die einen Elektronenstrom darstellen —, keine Ablenkbarkeit durch elektrische und magnetische Kräfte feststellen konnte. Röntgen hat mit seiner Auffassung — wie sich später zeigte — recht behalten.

Der Nachweis der Polarisierbarkeit der Strahlen durch Barkla im Jahre 1905, ihrer Beugungs- und Interferenzfähigkeit durch M. von Laue (1912) und ihrer Reflexion an ebenen Kristallflächen durch W. H. und W. L. Bragg (Vater und Sohn) führte die Undulationstheorie auch für die Röntgenstrahlen zum Siege.

Beim Auftreffen auf feste Körper erregen Röntgenstrahlen neue diffuse Röntgenstrahlen, die sog. Sekundärstrahlen und diese ebenso wiederum Tertiärstrahlen an einem weiteren Körper.

Wenn ein Primärstrahl in einem Körper Sekundärstrahlen erzeugt, aus denen man mit einer Blende ein Bündel aussondert, so erregt dies an einem 2. Tertiärstrahlen, die keineswegs nach allen Richtungen gleich stark sind, sondern besonders kräftig parallel zum Primärstrahl, ganz schwach aber senkrecht dazu.

Daraus folgt — ganz analog dem Polarisationsvorgang beim Lichte —, daß die Bewegung im Sekundärstrahl nicht symmetrisch um seine Achse geordnet sein kann, sondern daß eine bevorzugte Querrichtung besteht, daß die Röntgenstrahlen — wie beim Lichte — transversale Wellen sind.

Diese Tatsache gilt nur für die sog. Bremsstrahlung, nicht für die charakteristische- oder Eigenstrahlung. Mit dem Nachweis der Polarisation ist der erste Teil des Beweises für die Wesensgleichheit der Licht- und Röntgenbremsstrahlung gegeben. Longitudinale Wellen, bei denen die Schwingungen in der Fortpflanzungsrichtung erfolgen, können offenbar ebensowenig eine bevorzugte Querrichtung haben, als eine Garbe geschleuderter Massenteilchen.

Die Natur des Lichtes als transversale Wellenbewegung wird bekanntlich auch dadurch bewiesen, daß das Licht sich nicht geradlinig fortpflanzt sondern Hindernisse umgeht, ganz so wie etwa die Wasserwellen, wenn nur, die Hindernisse, entsprechend der Kleinheit der Lichtwellen, klein genug sind.

Das Licht ist beugbar, zeigt Diffraktion, Inflexion. Der periodische Charakter der Lichtwellen kommt in Interferenzerscheinungen zum Ausdruck.

Treffen 2 gleichartige transversale Wellen so aufeinander, daß sich Wellenberg mit Wellenberg deckt, dann verstärken sich die Erhebungen; fällt Wellenberg auf Wellental, dann schwächen sie sich, gleichen sich Berg und Tal aus. Bei den Lichtwellen heißt Verstärkung größere „Helligkeit“, Ausgleich der Bewegungen „Dunkelheit“. So entstehen im Raum, da wo Lichtinterferenzen auftreten, die sog. Interferenzstreifen, deren Lage von der Wellenlänge abhängt, diese zu messen ermöglichen. Lichtbeugung und Interferenzen in der Optik erzielt man am besten bekanntlich mit Hilfe sog. Gitter, einem System von Spalten oder Ritzen auf einer Glasplatte, durch das man das Licht gehen läßt. Zum Zustandekommen von Lichtinterferenzen ist nötig, daß der Spaltabstand des Gitters, die „Gitterkonstante“ etwa von der Größenordnung der Wellen des Lichts, die Gitterkonstante wenig größer als die Wellenlänge ist. Die Versuche mit künstlich hergestellten Interferenzapparaten, Röntgenstrahlen zur Interferenz zu bringen, schlugen fehl.

Die Röntgenstrahlen mußten also — wenn sie Lichtwellen sind — außerordentlich kurz, mindestens tausendmal kürzer als die kürzesten ultravioletten Lichtwellen sein. Die Größenordnung der Lichtwellen liegt bekanntlich bei 10^{-5} .

Im Jahre 1912 brachte M. von Laues geniale Idee, an Stelle künstlicher Interferenz- und Beugungsapparate die natürlichen in den Kristallen zur Beugung der Röntgenstrahlen und zur Erzeugung von Röntgenstrahlen Interferenzen zu benützen, die Lösung der

Schwierigkeiten, und damit gleichzeitig den sinnfälligen photographischen Beweis für die Lichtnatur der Röntgenstrahlen und die tatsächliche Existenz der Atome.

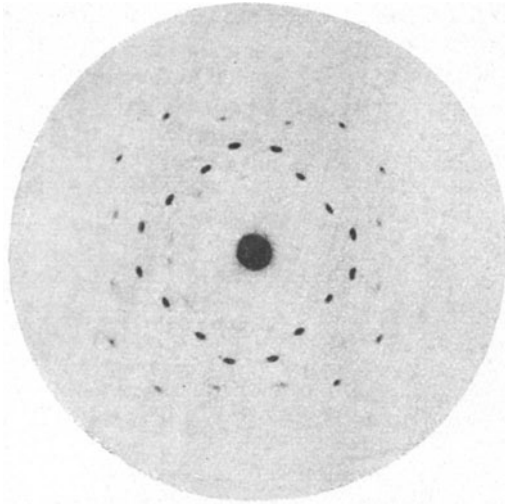


Abb. 1. Kristallröntgenogramm bei Durchstrahlung senkrecht zu einer Würfelfläche.

Ein Kristall wird als ein regelmäßiges Gefüge von Atomen als ein Atom- oder Raumgitter — nach der räumlichen Anordnung der Atome — betrachtet.

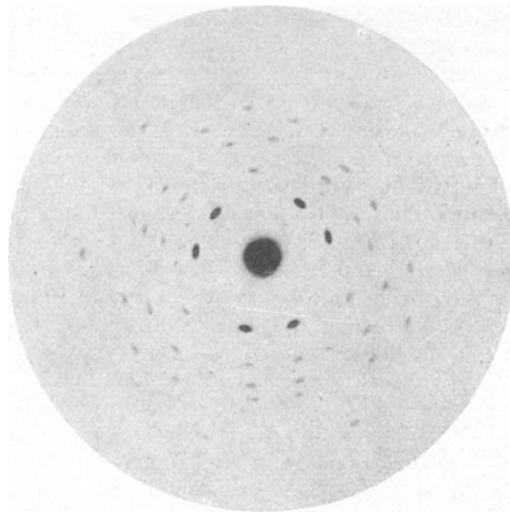


Abb. 2. Kristallröntgenogramm bei Durchstrahlung senkrecht zu einer Oktaederfläche.

Laue's Voraussetzung, daß ein Röntgenstrahlenbündel unter dem Einflusse des Gitterwerkes der Atome Beugungserscheinungen zeigen könne — analog einem Lichtbündel im Gitterspektrum —, fand in den Kristallröntgenogrammen von Friedrich und Knipping Bestätigung in sinnfälliger Deutlichkeit.

Die beigegebenen Röntgenogramme nach Bildern von Friedrich und Knipping sind gewonnen von einem Zinkblendenschliff (ZnS) von 10×10 mm Fläche und 0,5 mm Dicke in mehrstündiger Expositionszeit.

Die Durchstrahlung erfolgte bei Abb. 1 senkrecht zu einer Würfel­fläche, bei Abb. 2 senkrecht zu einer Oktaederfläche. Der zentrale Kreisfleck stellt den Durchstoßpunkt des primären Strahlenbündels dar; in dessen Umgebung ist eine Anzahl länglicher Punkte als Wirkung der abgebeugten Strahlen auf die photographische Platte regelmäßig angeordnet. Die Art der Anordnung entspricht der Symmetrie der Kristalle senkrecht zur einfallenden Strahlung.

Laues Experiment wurde mit einem inhomogenen Röntgenstrahlenbündel angestellt, das Strahlen der verschiedensten Wellenlinien enthielt, ähnlich dem weißen Lichte, mit seiner Zusammensetzung aus den verschiedenen Spektral­farben.

Die Impulsbreite der Primärstrahlen bei Friedrich und Knippings Versuchen mußte wegen der Schwankung der Röhrenhärte bei der nötigen langen Expositionszeit in weiten Grenzen schwanken. Aus den Laueschen Interferenzbildern ließ sich die Wellenlänge der bildzeichnenden Strahlen be­rechnen. Die Wellenlängen betrug etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{1000}$ von einem Millionstel Millimeter, waren also 3000—13000mal kleiner als die kleinsten Wellen­längen des sichtbaren Lichtes. Zum Zustandekommen

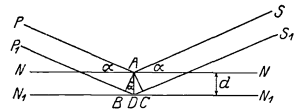


Abb. 3.

der Laueschen Interferenzflecke war die Inhomogenität der Strahlung, ein komplexes primäres Strahlenbündel nötig oder zum mindesten nicht nachteilig.

Einen andern Weg als Laue gingen W. H. und W. L. Bragg. Läßt man — nach Braggs Vorgang — Röntgenstrahlenbündel durch eine enge Bleib­lende jeweils unter bestimmtem Winkel, dem sog. „Glanzwinkel“, schief auf einen glatten Kristall fallen, von dem die Strahlen — etwa entsprechend der Reflexion beim Lichte — auf eine photographische Platte zurückgeworfen werden, so erhält man ein Spektrum der Röntgenstrahlen. Im kontinuierlichen Spektrum der unter verschiedenen Winkeln reflektierten Strahlen finden sich diskrete Linien von gesetzmäßiger Lage.

Braggs schickten also die Strahlen nicht wie Laue durch den Kristall hindurch, sondern brachten sie an den Netzebenen — den einzelnen Atom­schichten der Kristalle — zur Reflexion.

Zur Konstruktion seines Spektrometers „mit dem Drehkristall“ war W. L. Bragg geführt worden durch seine Grundgleichung der Röntgen­spektroskopie, die übrigens auch — worauf hier nicht eingegangen werden kann — aus der Laueschen Entdeckung zu entnehmen ist, und die lautet:

$$m \lambda = 2 d \sin \alpha.$$

Die Ableitung dieser Gleichung ergibt beifolgende Abb. 3.

P und P₁ sei ein primäres abgeblendetes Röntgenstrahlenbündel, das unter dem streifenden Winkel α auf zwei mit dem Abstand d — der Gitter­konstanten — nahe beieinander liegende Netzebenen (N N₁) des reflektierenden Kristalles fällt. A B und A C seien die Wellenfronten des einfallenden primären und des reflektierten (S S₁) sekundären Röntgenstrahlenbündels.

Dann ist der Gangunterschied des einfallenden und des reflektierten Strahlenbündels

$$\begin{aligned} B D + D C &= 2 d \sin \alpha, \\ B D &= d \sin \alpha \\ D C &= d \sin \alpha, \end{aligned}$$

wenn A B und A C — die Wellenfronten — senkrecht auf den Strahlen P P₁ und S S₁ stehen. Nur solche Wellen aber verstärken sich vollkommen, deren

Gangunterschied eine Wellenlänge (λ) oder das Mehrfache davon, bei m facher Interferenz das m fache, betragen. Die Formel charakterisiert die Reflexion als eine selektive Interferenzreflexion: das heißt, bei gegebenem Einfallswinkel α wird nur eine bestimmte Wellenlänge — Farbe — reflektiert und umgekehrt, jede Wellenlänge erfordert zur Interferenzreflexion ihren bestimmten Einfallswinkel.

Bei der praktischen Durchführung der Röntgenspektroskopie bleiben das Blendensystem, durch welches das zu untersuchende Röntgenbündel aus dem Gesamtbündel der Röntgenstrahlen der Röhre herausgeblendet wird, und der Träger der photographischen Platte fest. Der reflektierende Kristall wird — auf einem Fuß in geeigneter Stellung zwischen Blendensystem und Platte — durch ein Uhrwerk langsam zwischen 0° und 90° gedreht. Dann stellt das reflektierte Strahlenbündel in zeitlicher Folge räumlich getrennt den Wellenlängenbereich von $\lambda = 0$ bis $\lambda = 2d$) spektroskopisch dar.

Die Spektroskopie der Röntgenstrahlen ist besonders von Siegbahn und seinen Schülern bis an die Grenzen der Kristallmethode getrieben worden. Diese ist durch die Größe der Gitterkonstanten der Kristalle gegeben. Die Angabe der Wellenlänge in absoluten Massen erfordert neben der Kenntnis des unsehwer zu messenden Einfallswinkels das Wissen um die Gitterkonstante des Kristalles.

Durch die Arbeiten der Braggs, Moseley und Darwin, Seemann, Wagner, Siegbahn, Deby und Scherrer besitzen wir heute zuverlässig arbeitende Röntgenspektrographen: Wir sind in der Lage, mittelst der Röntgenstrahlen den kristallinen Aufbau von Körpern zu erkennen und die Analyse der Röntgenstrahlen mit Hilfe bekannter Kristalle vorzunehmen. Mit Recht kann man jetzt von „Röntgenlicht“ sprechen. Wie die Wellen der drahtlosen Telegraphie, des sichtbaren und unsichtbaren Lichtes sind die Röntgenstrahlen elektromagnetische Schwingungserscheinungen. Sie durchheilen mit Lichtgeschwindigkeit den Raum.

Das Spektrum der Röntgenstrahlen zeigt in den charakteristischen Erscheinungen Analogie zum Lichtspektrum.

Das weiße Licht wird in seine Komponenten zerlegt, die — entsprechend der Wellenlänge — an bestimmter Stelle im Farbenspektrum liegen. Diesem Farbenspektrum entspricht das kontinuierliche Spektrum der Bremsstrahlung.

Es enthält alle Bremsstrahlen lückenlos. Das Bremsstrahlenspektrum bildet den gleichmäßigen Hintergrund für die den Fraunhoferschen Linien des Lichtspektrums vergleichbaren mehr oder weniger scharfen Linien der charakteristischen Fluoreszenz- oder Eigenstrahlung des Antikathodenmaterials. Das beigegebene Spektrogramm¹⁾ (Abb. 4) ist das Bild eines von einer Wolframantikathode ausgehenden Röntgenstrahlenbündels. Zur Reflexion wurde ein Kochsalzkristall gewählt.

O ist der überstrahlte Treffpunkt der Primärstrahlen. Von hier aus erstreckt sich das untere Spektrum I mit von Null anfangenden Wellenlängen nach rechts über die charakteristischen Spektralstellen A und B zu den sehr weichen Linien der sogenannten L-Serie des Wolfram (Antikathodenmaterial). Das kontinuierliche Spektrum besteht aus 2 Banden. Die kurzwelligere härtere endet von O an gerechnet in A. Sie rührt her von den Silberatomen der empfindlichen Bromsilberschicht der photographischen Platte, die nur in jenem Wellenlängenbereich zu ihrer Eigenstrahlung angeregt werden. Die langwelligere Bande A B rührt vom Brom her. Das Spektrum I wurde durch eine sehr dünne Glaswand in der Röntgenröhre hindurch aufgenommen, enthält demnach auch

¹⁾ Ich verdanke es der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. Wagner-München.

sehr weiche Teile. Spektrum II zeigt dasselbe Spektrum, nachdem die Strahlung eine 1 mm dicke Aluminium- (oder Glas-)schicht durchdrungen hat. Es stellt ungefähr die Intensitätsverteilung eines gewöhnlichen Röntgenrohres bei mittlerer Härte dar. Man erkennt in II die relativ geringe Schwächung der Silberbande A, die sehr starke Schwächung der Brombande B, die völlig unterdrückt erscheint. Letzteres gilt erst recht von den weichen Linien.

[A_1 ist in II fast ebenso stark wie in I. A_1 bedeutet die Wiederholung der harten Silberbandkante A in zweiter Ordnung; A_1 erscheint im Spektrum an derselben Stelle, an welcher die doppelte Wellenlänge (das ist ungefähr die Brombandkante B) in erster Ordnung auftritt].

Die gleichen „Linien“, dieselben Wellenlängen, sendet das Wolfram aus, wenn es von auffallenden Röntgenstrahlen zur Aussendung sekundärer Strahlen gezwungen wird. Das heißt: Wolfram verhält sich unter dem Bombardement der negativen Elektronen, der Kathodenstrahlen, genau wie unter der Einwirkung der lichtähnlichen primären Röntgenstrahlen bei Abgabe der charakteristischen Sekundärstrahlen. Und so verhalten sich auch die anderen Metalle, die eine Charakterstrahlung aussenden. Unreine Metalle, Legierungen und Metallsalze entwerfen im Spektrogramm die charakteristischen Linien ihrer Komponenten. Die Charakterstrahlung der meisten bisher untersuchten Stoffe ist nicht homogen, zerfällt in mehrere Gruppen von Linien: eine kürzerwellige durchdringungsfähige K-Serie und in die länger welligen L- und M-Serien. Die Messung der härtesten Serie ist bisher infolge besonderer experimentellen Schwierigkeiten noch nicht gelungen.

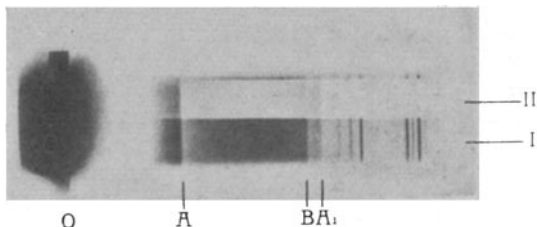


Abb. 4. Röntgenspektrum.

Die Messung der Wellenlängen der Charakterstrahlung führte mit Hilfe der Arbeiten

von Moseley und den Atomtheorien von Rutherford, Bohr und Sommerfeld zu den Anfängen einer Atomdynamik; hier leuchten die Röntgenstrahlen in die bisher dunkelsten Tiefen der Physik.

Wie die Röntgenstrahlen dem Arzte Aufschluß über das Körperinnere des Menschen geben, so sind sie im Begriffe, dem Physiker und Chemiker den inneren Bau der Atome zu enthüllen.

Die Gesetze des kontinuierlichen Bremsspektrums sind erst teilweise geklärt. Die Bremsstrahlung enthält ein Gemisch harter und weicher Strahlen, oder wie man jetzt in Analogie zum Lichte sagen kann, solche von kleiner und großer Wellenlänge.

Stets aber hat der Schatten des Bremsspektrums im Gebiete der kürzesten Wellen eine Grenze, die von der Röhrenbetriebsstromspannung abhängt, in der Weise, daß — je höher die Betriebsstromspannung ist — umso weiter nach kürzeren Wellenlängen zu die Grenze liegt. Je höher die Spannung an der Röhre, um so kürzer die Länge der Grenzwellen. Das Antikathodenmetall hat auf sie keinerlei Einfluß, sondern nur die Spannung. Nicht alle in der Bremsstrahlung enthaltenen Wellen haben die gleiche Intensität, die gleiche Ionisationskraft. Die Intensität in den einzelnen Wellen nimmt von der Grenzwellenlänge an gerechnet zu, bis zu einem Maximum, um bei größeren Wellenlängen wieder abzufallen.

Erwarten wir in der Röntgentiefentherapie — nach derzeitigen Erfahrungen mit Recht — von härtester Strahlung Verbesserung der Erfolge, dann muß

also das Bestreben im Röhren- und Apparatenbau für die Röntgentherapie dahin gehen, beide gegen größte Spannungen, d. h. Schlagweiten, widerstandsfähig zu machen. Je höher die Spannung ist, um so durchdringender ist die Röntgenstrahlung, die das Maximum der Ionisation, d. h. der Wirkung, liefert.

Im Gegensatz zum komplexen Spektrum der Röntgenstrahlen senden die Gammastrahlen des Radiums — ebenfalls kurzwellige elektromagnetische Schwingungen — nur Charakterstrahlen, „Linien“ aus. Zusammenfassend wäre der Vorgang der Röntgenstrahlenentstehung kurz folgendermaßen darzustellen:

Die inhomogene, dem weißen zusammengesetzten Lichte entsprechende, Bremsstrahlung entsteht durch Elektronenstoß auf der Antikathode. Die homogene Eigenstrahlung der Antikathode kommt zustande dadurch, daß das Antikathodenmetall einen Teil der Röntgenstrahlen absorbiert und in Eigenstrahlung umwandelt analog dem Fluoreszenzvorgang beim Lichte. Die Bremsstrahlung ist polarisiert, die Eigenstrahlung nicht. Die inhomogene Zusammensetzung des Röntgenstrahlenbündels — in der Röntgentherapie unerwünscht — kommt der Bildwirkung bei der Untersuchung des menschlichen Körpers zu statten.

Für die Wirkung der Strahlen einer Röntgenröhre ist nicht nur die Durchdringungskraft ihrer Strahlen, sondern auch die Menge der in der Zeiteinheit ausgesandten Strahlung, die Strahlendichte maßgebend. Diese wächst mit zunehmender Stärke des Elektronenstroms d. h. mit zunehmender Stärke des Röhrenbetriebsstroms. Eine dritte Größe endlich, welche die Arbeitsleistung der Röntgenstrahlen bestimmt, ist die Zeitdauer, während der eine Strahlung von bestimmter Stärke und bestimmter Durchdringungsfähigkeit wirkt.

Was wir auf dem Leuchtschirm oder der photographischen Platte nach Durchgang der Röntgenstrahlen durch den menschlichen Körper sehen, sind die Absorptionsunterschiede bestimmter Organe oder Gewebe gegenüber den Strahlen, ist die Form dieser Organe soweit sie durch verschieden absorbierende Körper gebildet wird. Je feinere Unterschiede dargestellt werden, um so diagnostisch wertvoller ist das Bild, um so besser unsere Technik und ihre Behelfe.

Natürliche und künstliche Dichtenunterschiede.

Auf dem natürlich vorhandenen Absorptionsunterschied zwischen Knochen- und Weichteilen beruht die deutliche Sichtbarkeit der Knochen und ihrer inneren Struktur auf Röntgenogrammen.

Die hohe Durchlässigkeit der luftgefüllten Lungen für Röntgenstrahlen ermöglicht nicht nur die Erkennung eines Teiles der inneren Lungenstruktur selbst und schon verhältnismäßig geringgradiger Verdichtungen in ihr; sie ist auch die Grundlage für die Röntgenologie des Herzgefäßsystems und übriger im Brustraum gelegener normaler und abnormer Gebilde.

Organe, deren Absorptionsvermögen für Röntgenstrahlen sich nicht von dem ihrer Umgebung unterscheidet, sind röntgenologisch nur darstellbar, wenn Kontrastbildung in ihnen oder um sie durch Erhöhen oder Herabsetzung der Strahlenabsorption geschaffen werden kann. Von beiden Arten der Kontrastbildung macht man in der Röntgenologie Gebrauch.

Ohne die kontrastvermehrnde Füllung des Magendarmkanals mit Speisen oder Getränken, denen bestimmte Schwermetallsalze zugesetzt sind, wäre die moderne Magendarmröntgenologie, eines der erfolgreichsten röntgenologischen Betätigungsgebiete, nicht denkbar. Zwar ändern wir mit diesem Vorgehen nicht die Absorptionsfähigkeit der Magendarmwand selbst. Da aber die Gestaltung des kontrastreich gefüllten Kanals dieser Organe von dem Verhalten der Magendarmwand abhängt — wenn das Kontrastmittel ihr überall eng anliegt — kann man aus dem Aussehen des Schattenbildes der Kontrastmassen

auf dem Leuchtschirm oder der Platte weitgehende Schlüsse auf das Verhalten der Magendarmwand selbst ziehen.

Die Füllung der Blase, der Ureteren und des Nierenbeckens mit Kollargolösung oder anderen geeigneten Kontrastbildnern brachte der Diagnostik der Harnwege wesentliche Förderung.

Die Füllung von Fisteln mit Suspensionen schwerer Salze vermag über den Verlauf solcher Kanäle weiterreichende Aufschlüsse zu geben, als andere Untersuchungsmethoden.

Von der Herabsetzung der Strahlenabsorptionsfähigkeit in bestimmten Hohlorganen macht man Gebrauch bei deren Füllung mit Gasen (Luft, Sauerstoff oder Stickstoff). Einzelheiten in Gelenken (z. B. Knorpelzerreibungen im Kniegelenk) können nach Gasfüllung der Gelenkhöhle überraschend zur Darstellung kommen. Die Gasfüllung der freien Bauchhöhle wirkt für die Darstellung sonst unsichtbarer Abdominalorgane analog der Luft in den Lungen für die Darstellung der Organe des Brustinneren.

Gasfüllung der Blase läßt Steine, unter Umständen auch Geschwülste erkennen.

Am gasgeblähten Kolon vermag man nicht selten feine Einzelheiten im anatomischen Bau dieses Darmteils zu unterscheiden.

Projektionsgesetze der Röntgenstrahlen.

In ihrer räumlichen Anordnung verhalten sich Röntgenbilder wie Lichtschattenbilder, die von einer nahen kleinen Lichtquelle entworfen werden: Röntgenbilder sind Zentralprojektionen von Körpern auf dem Fluoreszenzschirm oder der photographischen Platte. Das Projektionszentrum ist der „Focus“ auf der Antikathode.

Die Gesetze der Zentralprojektion lassen sich an Hand einer Skizze unschwer ableiten. Der Einfachheit halber wird zunächst angenommen, daß der „Focus“, das Projektionszentrum, ein Punkt sei. Daß dies der Brennfleck einer Röntgenröhre nicht ist und nicht sein kann, wurde bereits betont, wird noch in anderer Hinsicht besprochen werden; ebenso die Störung, die sich für die Bildzeichnung aus dieser Tatsache ergibt.

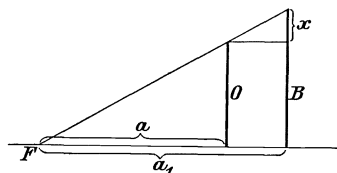


Abb. 5.

a sei der Abstand des aufzunehmenden Körpers O, a_1 der Abstand der Platte B von der Lichtquelle F. Dann besteht zwischen dem Objekt O und seinem Bilde B ein Größenverhältnis, das nach bekannten Gesetzen durch folgende Gleichung bestimmt ist

$$a : a_1 = O \text{ zu } B$$

$$B = \frac{Oa_1}{a}$$

Aus der Figur ist ohne weiteres klar, daß das Bild B des Objektes O dieses um die Größe X übertreffen muß.

Rückt man die Platte näher an den aufzunehmenden Körper, dann ergibt sich wiederum ohne weiteres aus der Zeichnung, daß die projektivische Vergrößerung von O geringer ausfallen muß: Bild und Objekt kommen sich an Größe um so näher, je näher das Objekt an der Bildfläche liegt, d. h. um Verzeichnungen zu vermeiden, muß man die photographische Platte dem aufzunehmenden Gegenstand möglichst nahe bringen.

Von einem röntgenographierten Körper wird der plattennahe Anteil scharf und normal groß, der plattenferne Teil unscharf und vergrößert gezeichnet. Aus der Größe und Schärfe von Bildern röntgenographierter Körperteile auf der Platte oder dem Schirm erkennt man, welche Körperteile plattennahe und welche plattenfern waren.

Aus der verschiedenartigen Größe und Schärfe einzelner Körperteile bei verschiedenen Stellungen des Körpers zur Röhre und Platte und aus der Bewegungsrichtung von Bildern eines Körperteils auf dem Leuchtschirm bei Drehung des Körpers um eine Achse lassen sich Vorstellungen über die räumliche Lagerung der einzelnen Körperteile zu einander gewinnen.

Die folgenden Zeichnungen erklären diese Verhältnisse (Abb. 6). K sei der Körper, der in sagittaler Richtung (Richtung der Pfeilnaht) von hinten nach vorne durchstrahlt wird. F sei der Röhrenfocus (hinter dem Körper), S sei der

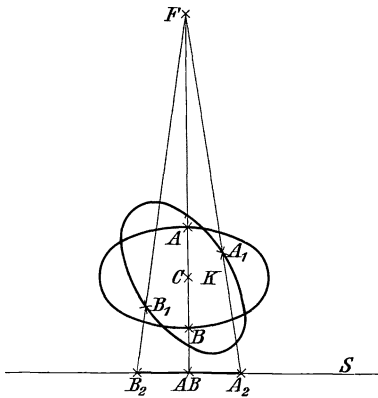


Abb. 6.

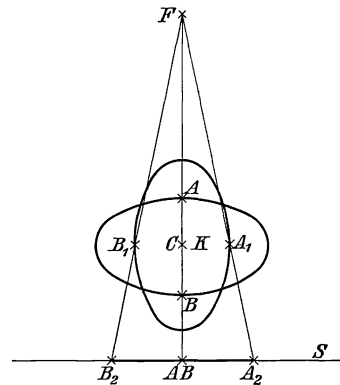


Abb. 7.

Leuchtschirm vor dem Körper. Ein Strahl trifft Punkt A und B und entwirft von beiden sich deckende Bilder (A B).

Eine Drehung des Körpers um eine vertikale Achse in A B bei C verschiebt das Bild A^2 des durch die Drehung nach A^1 gelangten Punktes der hinteren Körperoberfläche A nach rechts, das Bild B^2 des Punktes B^1 der vorderen Körperoberfläche nach links. Gleichzeitig erfahren die Bilder beider Punkte Veränderungen an Schärfe und räumlicher Anordnung, die sich an Hand der gegebenen Erklärungen von selbst verstehen.

Bild 7 zeigt die Veränderung der Sachlage nach vollzogener Drehung des Körpers um seine vertikale Achse um 90° . Der Körper wird nicht mehr von hinten nach vorne (sagittal), sondern von einer Seite zur anderen, frontal, durchstrahlt (die „frontale“ Ebene steht bei normaler Körperhaltung parallel der Stirn).

Die Bildpunkte A^2 und B^2 beginnen bei Weiterdrehung des Körpers eine Wanderung auf dem Schirm in — dem bisherigen — entgegengesetztem Sinne: A^2 wandert nach links, B^2 nach rechts, bis beide sich wieder bei sagittalem — aber diesmal den Körper von vorne nach hinten durchdringendem Strahlengang decken.

Vollständig ist die röntgenologische Untersuchung eines Körpers also erst dann, wenn man seine verschiedenen Teile nacheinander in Schirm- bzw. in Plattennähe gebracht, ihn am Schirm vor der Röhre allseitig durchmustert hat.

Wie eine Annäherung der Platte an das Objekt wirkt die Entfernung des Brennpunktes von beiden.

F projiziert den Scheitelpunkt von O bei S auf die Bildfläche, F_1 bei S_1 . (Abb. 8). Der Fußpunkt liegt beidemal auf der Horizontalen. Das Bild von O ist bei Stellung der Antikathode bei F_1 um die Strecke ss_1 kleiner als bei der Focustellung F, d. h. die Bildgröße nähert sich der Objektgröße mit zunehmender Entfernung der Lichtquelle, bis beide bei hinreichendem Focusabstand praktisch gleich werden: Die Zentralprojektion wird Parallelprojektion. Jeder bildzeichnende Strahl entwirft dann in dem von uns gewählten Beispiel sein Bild, als stünde er senkrecht auf Objekt- und Bildebene und als wären alle bildzeichnenden Strahlen einander parallel.

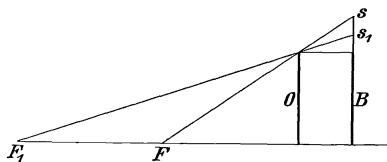


Abb. 8.

Je größer das zu röntgenographierende Objekt und je plattenferner es ist, um so größer muß zur Vermeidung der Verzeichnung der Focusplattenabstand sein. Im menschlichen Körperinnern gelegene Organe werden bei einem Abstand des Projektionszentrums von 2—3 m von der Platte (bzw. dem Leuchtschirm) parallel projektivisch, d. h. ohne nennenswerte Verzeichnung dargestellt. Die Platte liegt dabei der Körperoberfläche unmittelbar an, die Entfernung des untersuchten inneren Organes von der Platte tritt dem Abstand des Brennflecks von Platte und Körper gegenüber praktisch vollständig zurück.

Die Methode der Fernaufnahmen, die Teleröntgenographie, ist eine objektive, mit unseren heutigen Hilfsmitteln uns schwer praktisch durchzuführende Methode zur naturgetreuen Wiedergabe von Größen- und Lageverhältnissen innerer Organe.

In unserem Beispiel war angenommen, daß Objekt- und Bildebene sich parallel und nahe gegenüberstehen; dann liefert die Parallelprojektion ein Bild der wirklichen Größe des röntgenographierten Objekts.

Anders wenn Objekt und Bildebene gegeneinander geneigt sind, z. B. das Objekt schräg steht bei vertikaler Bildebene (Abb. 9).

Es ist aus der Figur ohne weiteres ersichtlich, daß in diesem Fall durch die Parallelprojektion vom Objekt O ein zu kleines Bild entworfen wird.

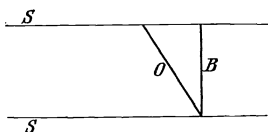


Abb. 9.

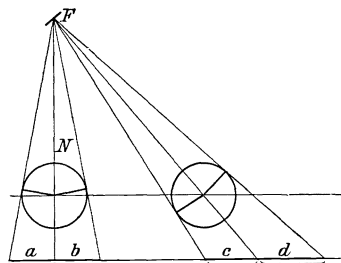


Abb. 10.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der parallelprojektivistischen Aufzeichnung des menschlichen Herzens und zwar sowohl der orthodiagraphischen, von der noch zu sprechen sein wird, als der teleröntgenographischen.

Das Herz liegt bekanntlich mit seiner Spitze der Brustwand näher als mit der Basis, es hat einen Neigungswinkel, dessen Größe man bei Durchleuchtung des Brustkorbes von einer Seite zur anderen (frontal) bestimmen kann. Nach den Untersuchungen von Moritz sind die Schwankungen im Herzneigungswinkel bei Gesunden unter verschiedenen Umständen gering: die Schwankungen

im Höhenunterschied der beiden Endpunkte des Herzlängsdurchmessers betragen nur etwa 1—2 cm, was einer parallelprojektivistischen Verkürzung von 1—2 mm entspräche, ein praktisch belangloser Wert.

Über die Schwankungen der Herzgröße geben uns die parallelprojektivistischen Methoden hinreichend genaue Auskunft, während dagegen die Höhe der orthodiagraphischen Herzfigur der wirklichen Herzhöhe nicht ganz entspricht.

Ein Blick auf Bild 10 zeigt, daß bei Zentralprojektionen die perspektivische Verzeichnung nicht alle Teile des Objektes in gleich starker Weise trifft. Je schräger die bildzeichnenden Strahlen auf Objekt und Zeichenfläche fallen, d. h. je weiter abseits von „Normalstrahl“ Objektteile liegen, um so stärker werden sie verzeichnet. Gleichzeitig erkennt man, daß von nebeneinanderliegenden Körpern nicht entsprechende, sondern andersgelagerte Punkte der

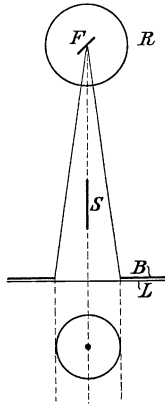


Abb. 11.

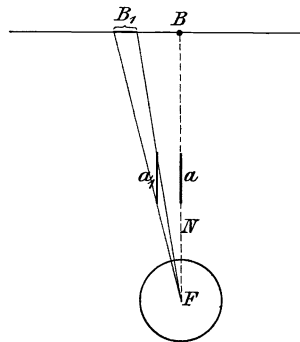


Abb. 11 a.

Oberfläche von tangentialen Strahlen getroffen und dargestellt werden. Daraus folgt, daß man zur möglichststen Vermeidung von Verzeichnungen den Objektteil, auf den es ankommt, „einstellen“ d. h. die günstigsten räumlichen Beziehungen herstellen muß zwischen ihm und der Lichtquelle. Diese Beziehungen sind gegeben, wenn Röhrenachse, Objekt und Bildfläche parallel liegen und der Objektpunkt, auf den es bei der Aufnahme ankommt, vom lotrechten, auf der Plattenebene senkrecht stehenden Strahl, dem „Normalstrahl“, getroffen wird. Die perspektivische Verzeichnung nimmt dann vom eingestellten Punkt radiär nach allen Richtungen gleichmäßig zu.

In der Benennung der verschiedenen Strahlen besteht Verwirrung. Als „Normalstrahl“ findet man manchmal nicht den auf der Platte, sondern den auf der Antikathodenebene senkrecht stehenden Röntgenstrahl bezeichnet. Zu dieser Bevorzugung des antikathodensenkrechten Strahles in der Benennung besteht kein Grund. Zwar haben wir gesehen, daß nächst ihm aus dem Metall der Antikathode hervordringende Röntgenstrahlen größere Härte haben, als die anderen. Dieser Unterschied der Strahlung in der Röhre ist gering und wird durch die ungleiche Strahlenfiltration in der Röhrenwand mehr als ausgeglichen.

Mit Rücksicht auf das Röntgenbild verdient nur der auf der Platte senkrechte Strahl die hervorhebende Bezeichnung als Normalstrahl. Die räumlichen Beziehungen des röntgenographierten Objektes sind bei dessen Einstellung in den plattensenkrechten „Normalstrahl“ eben die „normalsten“, der Wirklichkeit am nächsten kommenden.

Unter Zentral- oder Achsenstrahl versteht man den durch die Längsachse des etwa angewandten Blendenrohres — einer später zu besprechenden Vorrichtung — gehenden Röntgenstrahl; er fällt bei der exakten Normaleinstellung mit dem Normalstrahl zusammen, verdient aber an sich den übrigen Strahlen gegenüber keine hervorhebende Bezeichnung.

Der „Hauptstrahl“ ist der „Normalstrahl“. Ich schließe mich aus den genannten Gründen in der Strahlennomenklatur Grashey an.

Ein zwischen Leuchtschirm und Röntgenröhre freihängender nadelförmiger Bleisenkel bildet sich auf dem horizontal liegenden Leuchtschirm als Punkt ab, wenn der Normalstrahl durch ihn geht. In jedem anderen Fall erscheint er als verschieden langer strichförmiger Schatten auf dem Schirm oder der Platte (Abb. 11 u. 11 a).

Geht der Normalstrahl durch den Mittelpunkt eines zwischen Röhre und Schirm liegenden wagrechten Bleirings (Ringblende), und hängt in der Mitte dieses Bleirings ein nadelförmiger Bleisenkel, dann entwirft der Normalstrahl auf dem ebenfalls wagrecht gehaltenen Leuchtschirm — unter dem Bleiring — ein punktförmiges Bild des Senkels inmitten des Ringschattens. Umgekehrt: stellt man eine Röhre über einen Blendenkreis, in dessen Mitte ein nadelförmiger Bleisenkel hängt, derart ein, daß auf einem daruntergehaltenen, dem Ring parallelen, horizontalen Leuchtschirm ein punktförmiges Bild des Senkels

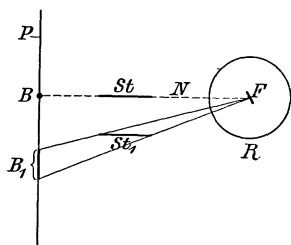


Abb. 12.

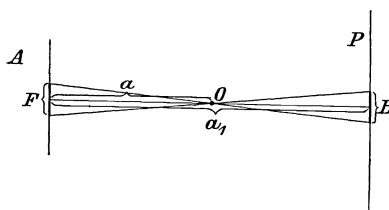


Abb. 13.

inmitten des Kreises erscheint, dann ist die Röhre auf Senkel und Kreis „eingestellt“. Bewegt man unter dem zentrierten System — Senkel im Bleiring, Röhre — über dem Leuchtschirm einen Körper, so sind jeweils die Körperpunkte „eingestellt“, über denen der Senkel ruht, so lange Röhre und System aufeinander eingestellt sind.

Soll der Normalstrahl nicht vertikal auf eine horizontale, sondern horizontal auf eine vertikal stehende Platte oder einen Leuchtschirm eingestellt werden, dann verwendet man an Stelle des Bleisenkels einen horizontal stehenden dünnen Metallstab, mit dem im übrigen dann die Einstellung wie mit dem Senkel erfolgt. Der Stab im Normalstrahl entwirft ein punktförmiges Bild, im divergierenden Strahlenbündel einen strichförmigen Schatten. P = Platte, R = Röhre (mit Focus F), St = Stab im Normalstrahl (N), entwirft bei B ein punktförmiges Bild, St_1 = Stab in einem divergenten Strahlenbündel, entwirft ein strichförmiges Bild bei B^1 (Abb. 12).

Wenn man mit dem in der beschriebenen Weise eingestellten und kenntlich gemachten Normalstrahl die Begrenzungslinie eines zwischen beweglicher Röhre und festem Leuchtschirm liegenden Objektes umfährt, sich einzelne Punkte der Linie mit Fettstift auf eine Bleiglasplatte des Schirmes aufzeichnend, dann erhält man die Begrenzungslinie frei von zentralprojektivistischen Verzeichnungen. Die Zeichnung stellt eine Parallelprojektion dar, aufgenommen mit dem — sich selber parallel verschobenen — Normalstrahl der Röhre. In diesem Vorgehen liegt das Wesen der Orthodiographie begründet. Der Durchführung des Prinzips gelten verschiedene Apparate für Untersuchungen am stehenden, sitzenden oder liegenden Kranken.

Bei Betrachtung der Röntgenbilder als Zentralprojektionen wurde der Einfachheit halber die Lichtquelle zunächst als punktförmig angenommen. In Wirklichkeit ist sie dies nicht. Der „Focus“ hat eine — bei verschiedenen Röhren wechselnd große — räumliche Ausdehnung. Die Röntgenstrahlen gehen von einer leuchtenden Fläche aus und jeder Einzelpunkt dieser Fläche wird für jeden Punkt des zu röntgenographierenden Körpers zum Ausgangspunkt bildzeichnender Strahlen. Den Einfluß eines Brennflecks größerer Ausdehnung veranschaulicht die Abb. 13. F sei der Brennfleck, O abzubildender Punkt, B das Bild des Punktes; a sei die Entfernung des Punktes, a_1 die des Punktbildes vom Brennfleck. Im Falle dieser Projektion gilt die Gleichung: $B = \frac{F a_1}{a}$, d. h. die Größe des Zerstreungskreises als Bild des Objektes O wächst mit zunehmender Größe der leuchtenden Fläche.

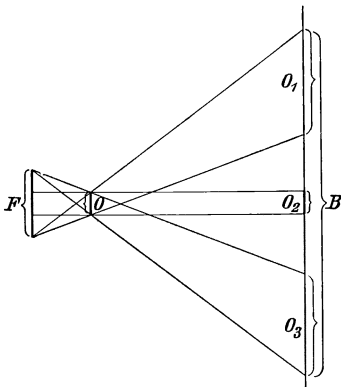


Abb. 14.

Von kleinen, der Platte nicht unmittelbar anliegenden Objekten vermag eine größere lichteussendende Fläche auch dann keinen Kernschatten mehr zu entwerfen, wenn das Objekt seiner Beschaffenheit und Dichte nach die Strahlen, von welchen es getroffen wird, völlig absorbiert. Die Strahlen umgreifen gleichsam den Körper in diesem Falle und erreichen die Platte hinter ihm. Jede Stelle der Platte wird jetzt belichtet, wenn auch an verschiedenen Stellen verschieden stark, und nur noch Halbschatten von unscharfer Begrenzung kommen zustande. Beistehende Abb. veranschaulicht den Sachverhalt. F sei der Brennfleck, O das Objekt und B das Bild von O auf der Platte. Man sieht, daß hinter O auf der Platte kein unbelichteter Punkt übrig bleibt. Das

Bild B schließt eine Anzahl Einzelbildchen von O ein, die von jedem Punkt des Brennflecks entworfen werden z. B. O^1 , O^2 , O^3 (Abb. 14).

Röntgenbilder menschlicher Körperteile, ihre Schärfe, ihr Kontrast.

Die Absorptionsunterschiede von Organen und Geweben im menschlichen Körper sind vielfach gering, und doch müssen wir ihre Darstellung anstreben, ebenso wie die möglichst vieler Einzelheiten; denn je mehr wir darstellen können, um so besser wird es um unser Wissen und unsere Diagnosen bestellt sein.

Daß Röhren mit großem Brennfleck unseren Anforderungen nicht genügen können, dürfte aus obiger Betrachtung klar geworden sein. Wir verlangen von einer Röntgenröhre zu diagnostischen Zwecken größtmögliche Schärfe bei größtmöglichem Kontrast. Der Kontrastreichtum eines Röntgenogramms hängt von der Röhrenhärte ab. Die zur Aufnahme eines bestimmten Körperteils geeignetste Röhre enthält ein solches Gemisch von Strahlen, daß ihre durchdringungsfähigsten den Körperteil innerhalb der erforderlichen Belichtungszeit durchdringen, während die weicheren in den verschiedenen Geweben des Körperteils eine abgestufte Absorption erfahren. Strahlenart, Dicke und Dichte des zu untersuchenden Objektes müssen einander angepaßt sein, eine Tatsache, die bereits Röntgen hervorgehoben hat.

Größtmögliche Schärfe! — d. h. neben anderem schärfster Brennpunkt. Je kleiner, je schärfer der Brennpunkt ist, um so größer wird in kurzer Zeit die Erhitzung der Antikathode unter der Wucht der auftreffenden Elektronen. Das Antikathodenmetall zerstiebt, verdampft bei Unverhältnis zwischen Schärfe und Belastung, die Röhre wird unbrauchbar. So findet unser Verlangen nach möglichster Bildschärfe in der Rücksicht auf die nötige Röhrenökonomie ihre Grenzen. Diejenige Röhre ist für die jeweiligen diagnostischen Zwecke die geeignetste, die bei möglichster Bildschärfe die jeweils nötige Belastung während der zur Aufnahme erforderlichen Zeit schadlos erträgt.

Außer der möglichsten Kleinheit des Brennflecks (und der gleichmäßigen Verteilung der Strahlen auf ihm) ist für die größtmögliche Schärfe einer Röhre die Eigenschaft von Bedeutung, daß sich alle oder möglichst alle Kathodenstrahlen im Brennfleck der Röhre vereinigen, daß nicht da und dort auf der Antikathode oder Röhrenwand „vagabundierende Kathodenstrahlen“ auftreten (Rosenthal). Jede Auftreffstelle von Kathodenstrahlen wird zum Ausgangspunkt von Röntgenstrahlen: es entstünden neben dem Brennfleck, bzw. außerhalb von ihm, weitere Projektionszentren, und die von ihnen entworfenen Objektbilder würden sich weder untereinander noch mit dem Hauptbilde decken. Wieder wäre Unschärfe und Schleierung des Bildes das Ergebnis, um so mehr, je größer die Menge der vagabundierenden Strahlen wäre.

Einen ähnlich schädigenden Einfluß auf die Schärfe eines Röntgenogrammes müßte die Unruhe des Brennfleckes haben, sein Wandern während der Tätigkeit, ebenso wie verkehrter Stromdurchgang durch die Röhre.

Schädlich für die Bildschärfe ist die Glasstrahlung und die Sekundärstrahlung, besonders als „zerstreute Strahlung“, die allenthalben außerhalb der Röntgenröhre und in den zu untersuchenden Körperteilen auftritt, um so stärker, je härter die Primärstrahlung ist. Jeder Sekundärstrahlenbildner wirft schleiernde Strahlen auf die Platte, die Wirkung der fokalen Strahlung beeinträchtigend. Die chemische Wirkung harter Strahlen auf die photographische Platte ist, wie wir gesehen haben, gering; harte Bilder sind zudem arm an Einzelheiten, weil feine Dichteunterscheide von harten Strahlen nicht wahrgenommen werden. So wird man denn bei jeder röntgenographischen Aufnahme mit der jeweils möglichst weichen Röhre auszukommen suchen.

Im Körper ist die Sekundärstrahlenbildung um so störender, je dicker der zu durchstrahlende Körperteil ist.

Alle Strahlen, die nicht zur Bildererzeugung dienen, sollen in der diagnostischen Röntgenologie nach Möglichkeit ausgeschaltet werden.

Die Glas- und Sekundärstrahlung sucht man durch zweckentsprechende Verwendung von Blenden und durch Reduktion der zu durchstrahlenden Körpermassen unschädlich zu machen.

Blenden.

Blenden sind Strahlenfänger, deren zuverlässigste — gegenüber Röntgenstrahlen — Bleibleche von 1—3 mm Dicke und entsprechender Größe sind, die durch eine Öffnung in sich, die Blendenweite, ein Strahlenbündel von gewünschtem Umfang auf das Objekt fallen lassen. Bleibleche der genannten Stärke und annähernd auch die sog. Röntgenschutzstoffe — bleihaltige Weichgummistücke — absorbieren jede in Betracht kommende

nahes, seiner körpernahen Öffnung entsprechend dimensioniertes, Diaphragma (Abb. 18).

Die Zylinderblende dient als Kompressionsblende (Albers-Schönberg) gleichzeitig der Ruhigstellung des zu untersuchenden Körpers und bei zusammenpreßbaren Weichteilen — z. B. bei bestimmten Abdominaluntersuchungen starker Menschen — der Dickenverminderung, d. h. der Herabsetzung der Körpersekundärstrahlenbildung.

Eine letzte Bedingung zum Zustandekommen scharfer Röntgenogramme ist völlige Ruhe von Röhre, Objekt und Platte während der Aufnahme. Ruhe der Röhre und Platte sind unschwer zu erzielen. Willkürlich bewegte Körperteile können in zweckmäßiger Lage längere Zeit festgehalten werden.

Der Wunsch und das Bestreben auch von in ständiger unwillkürlicher Bewegung begriffenen inneren Organen scharfe Aufnahmen zu erhalten, führte den großen Aufschwung der diagnostischen Röntgenologie in den letzten Jahren herauf.

Kurzeitige, Moment- und Fernaufnahmen.

Bereits im Jahre 1899 waren Rieder und Rosenthal Momentaufnahmen der menschlichen Brustorgane gelungen, indem sie — für die damalige Zeit ungewöhnlich — große Energien durch die Röntgenröhre schickten und die direkte Strahlenwirkung auf die photographische Schicht durch die Fluoreszenzwirkung von Verstärkungsschirmen erhöhten. Die Jahre 1900 und 1905 brachten weitere Arbeiten der beiden Forscher über Fortschritte in der Momentröntgenographie.

Das Gelingen der Aufnahmen blieb von Fall zu Fall unsicher, und die Möglichkeit zu Momentaufnahmen aus technischen Gründen eng begrenzt; die Arbeiten fanden keinen Widerhall.

Rosenthals Veröffentlichung aus dem Jahre 1907 „Über einen neuen Röntgenapparat und einige mit diesem erzielte Resultate“, und die Arbeit von Rieder und Kaestle „Neue Ausblicke auf die weitere Entwicklung der Röntgendiagnostik“ zeigten dann die Schwierigkeiten, die kurzzeitigen und Momentröntgenogrammen noch im Wege gestanden hatten, als überwunden.

Leicht gelangen jetzt wirkliche „Momentaufnahmen“ des Herzens, Magen- aufnahmen in weniger als einer Sekunde, Lungenstrukturaufnahmen ohne Verstärkungsschirme in wenigen Sekunden.

Fernaufnahmen hatten jetzt erst Aussicht allgemein geübte Methode zu werden; denn Aufnahmen des Herzens und des Magendarmkanals auf 2—3 m Entfernung gelangen bei vollendeter Röhrenschonung in wenigen Sekunden, später gar in Bruchteilen von Sekunden.

Für alle chirurgischen Aufnahmen wurden die Expositionszeiten auf kleine Bruchteile der früher nötigen herabgesetzt.

Man hatte die durch die Röhre geschickten, dort in Röntgenstrahlung umgewandelten elektrischen Energien bedeutend erhöht um in entsprechendem Maße die Aufnahmezeiten herabsetzen zu können.

Bald nach den genannten Mitteilungen erfolgten Veröffentlichungen von Dessauer, Grödel und Horn, dann von vielen anderen über kurzzeitige und Momentaufnahmen.

Rasch vervollkommnete man allenthalben die Apparate, und der Röhrenbau erreichte eine hohen Anforderungen entsprechende Stufe der Vollkommenheit.

Heute wird in keinem zeitgemäß ausgestatteten Laboratorium mehr mit Expositionszeiten nach Art der früher allgemein üblichen gearbeitet.

Zur röntgenographischen Momentaufnahme von Körperteilen Erwachsener ist der Gebrauch von Verstärkungsschirmen nötig. Größtmögliche Strahlenenergie allein reicht zu ihrer Herstellung nicht aus.

Die Verstärkungsschirme haben in neuester Zeit wesentliche Verbesserungen erfahren, sowohl an Lichtempfindlichkeit als auch Feinheit des Pulverkorns. Sie sind als „Gehler Folie“, als „Eresko“, „Sinegran“, „Ossal“- oder „Astral“-Schirme oder unter anderen Bezeichnungen im Handel. Je feiner das „Korn“ des Schirmes ist, je weniger man seine Eigenstruktur am fertigen Röntgenbild, das mit ihm aufgenommen wurde, erkennt, um so besser ist er. Ganz wird seine Spur nie zu verwischen sein; sie wird sich dem Kennerauge auf Bildern, bei denen die Darstellung feinsten Struktureinheiten die Absicht war, immer verraten, also immer auf Lungen- und Knochenbildern.

Man wird deshalb im Interesse größter Bildschärfe von Momentaufnahmen bei Lungen- und Knochenuntersuchungen absehen, wenn für wenige Sekunden die zur Schnellaufnahme ohne Verstärkungsschirm nötige Körperruhe erzielt werden kann.

Weniger hochgehenden Ansprüchen an Bildschärfe, bei Untersuchung Schwerkranker und zur Darstellung gröberer Veränderungen wird die Verstärkungsschirmaufnahme struktureicher Organe genügen. Das eigentliche Gebiet der Momentaufnahmen mit Expositionszeiten von kleinen Bruchteilen von Sekunden ist das der Darstellung von unwillkürlich raschwechselnden Organsilhouetten, wie beim Herzen und dem Magendarmkanal. Die Verwendung von Verstärkungsschirmen hat hier nur Vorteile, keine Nachteile: im Gegensatz zu den Strukturbildern von Lungen und Knochen sind die Herz- und Magenafnahmen reine Konturbilder, Umrißzeichnungen. Die Expositionszeiten sind um so kürzer zu wählen, je rascher sich die Bewegung des zu röntgenographierenden Organes vollzieht.

Herzstillstandsaufnahmen mit einer Schärfe des Umrisses wie beim Leichenherzen erzielt man mit Expositionszeiten von $\frac{1}{25}$ Sekunde und darunter, scharfe Magendarmbilder mit Aufnahmezeiten von weniger als $\frac{2}{3}$ Sekunden.

Charakter der Röntgenbilder.

Bei Betrachtung der räumlichen Anordnung der Röntgenbilder wurde ihr Charakter als Zentralprojektionen betont; sie verhalten sich wie Schattenbilder. Während wir bei Betrachtung mancher Röntgenbilder über den Eindruck von Silhouetten nicht hinauskommen, zeigen andere eine reiche innere Gliederung, erwecken einen körperlichen Eindruck ähnlich den Lichtphotographien. Besonders haben Alexander und Gergö auf die plastische Wirkung der Röntgenbilder in zahlreichen Arbeiten hingewiesen, und Alexander hat die Ansicht vertreten, die körperliche Wirkung der Röntgennegative werde durch einen Reflexionsprozeß von der Platte her gegen die plattennahe Partie des röntgenographierten Körpers hervorgerufen, die Bilder seien in dieser Hinsicht Oberflächenbilder. Eine mit unserem derzeitigen Wissen vom Wesen der Röntgenstrahlen harmonisierende Erklärung von deren plastischer Wirkung läßt sich nicht geben. Sicherlich aber ist das Röntgenbild ein sehr kompliziertes Gebilde, dessen schwierige Eigenart Rosenthal mit folgenden Worten schildert:

„Beim Röntgenstrahlenschattenbild wird von jedem einzelnen Molekül des schattenwerfenden Körpers ein Bild entworfen, das sich im allgemeinen von demjenigen seines Nachbarmoleküls in bezug auf Intensität unterscheidet. Der effektive gesamte Röntgenstrahlenschatten setzt sich somit aus einer unendlichen Anzahl über- und nebeneinander gelegener verschieden intensiver Schattenbilder zusammen. Betrachten wir nun zwei aufeinanderfolgende, in der Richtung eines Röntgenstrahles liegende Moleküle: In dem ersten, dem Ausgangspunkt des Röntgenstrahles näher gelegenen, Molekül wird ein Teil des Röntgenstrahles absorbiert; das nächste, von dem geschwächten und in seiner Art veränderten Röntgenstrahl getroffene Molekül verursacht — selbst wenn es gleich dicht wäre wie das erstgenannte — infolgedessen einen schwächeren Schatten. Betrachten wir ferner zwei nebeneinanderliegende Moleküle und nehmen wir sogar an, daß diese von zwei gleichartigen Röntgenstrahlen getroffen werden, nehmen wir ferner an, daß auch die Dichte dieser beiden Moleküle gleich wäre, so hängt doch noch die Intensität des Schattens beider Moleküle von ihrer Entfernung vom schattenauffangenden Körper ab. Je weiter das Molekül von letzterem entfernt ist, desto schwächer wird sein Schatten ausfallen und umgekehrt, je näher es diesem liegt, desto intensiver. Wenn man nun berücksichtigt, daß die einzelnen Moleküle im allgemeinen verschieden dicht sind, daß in jedem einzelnen Strahl eine sehr verschiedene Anzahl von Molekülen hintereinander liegen, daß die Entfernung der einzelnen Moleküle von dem schattenauffangenden Körper sehr verschieden sind, daß ferner die nach verschiedener Richtung verlaufenden Röntgenstrahlen selbst ungleichartig und endlich, daß jedes von einem Röntgenstrahl getroffene Molekül selbst wieder den Ausgangspunkt für neue Röntgenstrahlen bildet, so ist leicht ersichtlich, daß das Röntgenstrahlenschattenbild ein außerordentlich kompliziertes Gebilde ist, das mit dem gewöhnlichen Lichtschattenbild sehr wenig und zwar nur die äußeren Konturen gemeinsam hat.“

Das körperliche Sehen beim binokulären Sehakt kommt dadurch zustande, daß beide Augen den betrachteten Gegenstand von zwei verschiedenen Punkten aus sehen; sie umtasten ihn mit Lichtstrahlen. Die beiden in den Augen getrennt entstandenen Bildchen sind um wenig voneinander verschieden. Den binokulären Sehakt ahmt die Stereophotographie nach: zwei Bilder des gleichen Gegenstandes werden von zwei verschiedenen Punkten, die um den Augenabstand voneinander entfernt sind, aufgenommen und die Bilder durch Stereoskope betrachtet. Jedes Auge erhält — wie beim binokulären Sehen — ein etwas anderes Bild als das andere; beide Bilder vereinigen sich im Zentralorgan zu einem körperlichen Bilde des Gegenstandes.

Stereoskopische Röntgenbilder.

Das gleiche, was man in der Photographie mit der Stereokamera erreicht, erzielt man in der Röntgenographie mit zwei Aufnahmen eines Körpers nacheinander auf zwei auf der Stelle gewechselte Platten von zwei Punkten aus, die um den durchschnittlichen Augenabstand voneinander entfernt sind. (Man verschiebt die Röhre zwischen den Aufnahmen um $6\frac{1}{2}$ —7 cm oder benützt — andernorts zu beschreibende — „Bikathodenröhren“.)

Wenn man die beiden fertigen Negative oder verkleinerte Diapositive durch geeignete Stereoskope betrachtet, sieht man das röntgenographierte Objekt körperlich, ähnlich einem Stereophotogramm.

Stereoskopisches Sehen erfordert Übung; die Körperlichkeit des Bildes wird bei längerem Schauen deutlicher. Die Plastik wird naturgetreu, d. h.

weder übertrieben, noch zu gering, wenn man bei Aufnahme und Betrachtung folgende von Rosenthal vorgeschlagene Aufnahmebedingungen einhält: 1. die röhrennahe Oberfläche des darzustellenden Körperteils sei vom Röhrenbrennfleck soweit entfernt, als unsere Augen entfernt sein müßten, um diese Oberfläche noch deutlich zu sehen. 2. Die Verschiebung des Focus erfolge um den Augenachsenabstand ($6\frac{1}{2}$ —7 cm). 3. Die bei der Aufnahme plattennahen Körperteile sollen bei der Besichtigung der Negative ebensoweit vom Auge entfernt erscheinen, als die Platten bei der Aufnahme vom Brennfleck der Röntgenröhre entfernt waren.

Bei stereoskopischer Betrachtung solcher Bilder sehen wir aus der Entfernung des Focus-Plattenabstandes in den Körper hinein.

Stereoskopische Bilder können mit ihrer wunderbaren Plastik zur Beurteilung der gegenseitigen Lage von Organen oder Organteilen oder zur Beurteilung der Lage von Fremdkörpern von hohem Wert sein. Die vollkommene Stereographie des Herzens, des Magens, des Dünndarmes am Lebenden scheidet noch an der unwillkürlichen Eigenbewegung dieser Organe. Zahlenmäßige Angaben über die absolute Lage von Gebilden im Raume und gegeneinander, ihre genaue räumliche Rekonstruktion, ermöglichen die — besonders im Kriege unter der Notwendigkeit der Fremdkörpersuche ausgebildeten — Methoden der Stereometrie und Stereogrammetrie, um welche letztere sich besonders Hasselwander und Chr. Müller verdient gemacht haben.

Von verschiedenen Seiten ist versucht worden, stereoskopische Leuchtschirmbilder herzustellen; ich halte deren Wert für gering.

Die Bedeutung der Röntgenstereoskopie sehe ich mehr in der Steigerung unseres Raumvorstellungsvermögens als in ihrer diagnostischen Ausbeute. Wesentlich Neues, das ich nicht auch sonst mit einwandfreier Röntgentechnik erreicht hätte, hat mir die Methode nicht gebracht.

Röntgenogramm oder Schirmbild?

Hinter dem Röntgenogramm eines Körpers steht sein Schirmbild an Schärfe und Reichhaltigkeit bedeutend zurück. Zunächst vermag der Leuchtschirm an sich — seines Kornes wegen — Feinheiten nicht in gleich guter Weise aufzunehmen und wiederzugeben, wie die Silberemulsion einer Platte. Die Aufnahmefähigkeit unseres Auges wiederum steht hinter der der Silberplatte zurück. Die Platte vermag schwache Lichteindrücke mit der Zeit zu summieren, nicht so das Auge. Man ist deshalb gezwungen, zur Durchleuchtung vergleichsweise harte Strahlen zu verwenden, das Schirmbild hell zu machen und durch Kontraste auf das Auge zu wirken. Dadurch nimmt die Sekundärstrahlung zu und dadurch wieder die Unschärfe des Bildes, ganz abgesehen davon, daß feine Dichteunterschiede von harten Strahlen nicht differenziert werden. Deshalb sieht man von jedem Versuch ab, z. B. Knochenstrukturen oder ähnliche Feinheiten am Leuchtschirm zu untersuchen. Deshalb müssen Lungenstrukturen auf dem Leuchtschirm hinter solchen auf der Platte zurückbleiben, erscheinen selbst die Konturen des Herzgefäßstammes und des mit Kontrastbrei gefüllten Magendarmkanals vergleichsweise stumpf und skizzenhaft.

Und doch bieten die Brustorgane und der kontrastreich gefüllte Magendarmkanal der Röntgendurchleuchtung noch immer günstige Verhältnisse. Aus der Umgebung der lufthaltigen Lungen heben sich die kompakten Schattensmassen des Herzgefäßstammes geschlossen ab. Sie interessieren uns in der Hauptsache als bewegte Silhouetten; ähnlich die beiden Zwerchfellhälften und ähnlich der kontrastreich gefüllte Magendarmkanal gegen das übrige gleich-

mäßig strukturlos erscheinende Abdomen. So ist schon die rein morphologisch-diagnostische Ausbeute der Schirmuntersuchung der Brustorgane und des Magendarmkanals ergiebiger als die anderer Körperteile; kommt noch dazu die Möglichkeit, auf den Leuchtschirm die Bewegungsvorgänge dieser Organe wenigstens in großen Zügen zu beobachten und vor dem Schirm zu durchmustern. Diese Tatsachen machen die Schirmuntersuchung für den Internisten unentbehrlich, erheben ihren Wert bedeutend über das Niveau dessen, was die Durchleuchtung in der Chirurgie bedeutet. Und diese Tatsachen sind es, die den Ausschlag geben für die Art der zu wählenden Durchleuchtungstechnik. Starrheit und Gebundenheit seien ihr fremd. Schirm und Röhre müssen leicht beweglich sein, zusammen oder getrennt, je nach Bedarf; folgen können allen Lage-, Stellungs- und Haltingsveränderungen des Kranken. Richtige Blendentechnik ist nicht hoch genug anzuschlagen. Die Blenden seien vom Platze des Untersuchers aus mühelos zu handhaben. Für die beste Blendenvorrichtung halte ich die horizontale und vertikale Schlitzblende in Körpfernähe, die getrennt oder zusammenarbeitend allen Anforderungen genügen. Sie seien leicht beweglich, stets bereit zu akkommodieren und zu reagieren fein wie die Pupillen des Auges.

Völlig müßig ist es, wie es geschah, zu streiten ob für den Internisten die Schirmdurchleuchtung oder die Röntgenographie die ausbeutereichere Untersuchungsmethode sei. Wir wollen Fortschritt und keine künstliche Beschränkung. Wir machen von beiden Untersuchungsarten der Sachlage entsprechend Gebrauch. Wir erinnern uns, daß das scharfe Röntgenogramm dem ihm entsprechenden Schirmbild immer und unter allen Umständen an Gehalt an Einzelheiten und an Konturschärfe überlegen ist; anders als noch vor wenigen Jahren wo z. B. auch auf Röntgenogrammen der Brustorgane von Lungenstruktur nur ein „Begleitschatten“ — Schattenstränge zu beiden Seiten des Herzrandes — zu sehen war. Damals mochte für einen Meister der Durchleuchtung die handliche und vielseitig anwendbare Schirmuntersuchung so viel ergebnisreicher sein als das Röntgenogramm, daß man sagen konnte, die interne Röntgenologie stehe im Zeichen der Schirmuntersuchung. Die Verhältnisse haben sich seitdem geändert; eine gute Platte verrät manchmal Wunder.

Röntgenkinematographie.

Wie das scharfe Röntgenogramm das ihm entsprechende momentane Schirmbild an Gehalt übertrifft, so der kinematographisch aufgenommene Bewegungsablauf eines Organs denselben Vorgang auf dem Leuchtschirm.

Das Durchleuchtungsverfahren zeigt Einzelheiten, auf die es vielfach ankommt, im Vergleich zum röntgenographischen unvollkommen oder gar nicht — darauf wurde bereits oben hingewiesen — abgesehen von den allen mehr oder weniger subjektiven Methoden anhaftenden Mängeln. Dann kann man am Leuchtschirm den Bewegungsablauf nicht an allen Punkten des bewegten Organs gleichzeitig beobachten, und drittens erfolgt die Bewegung oft so rasch, daß das Auge die Zergliederung des Bewegungsvorganges in der gegebenen Zeit nicht ausführen kann. Die geschilderten Übelstände des Schirmbildes haften dem Röntgenkinematogramm nicht an (Kaestle, Rieder und Rosenthal).

So stellt sich die Röntgenkinematographie, oder wie wir sie nannten, die „Bioröntgenographie“ dar als objektivstes Mittel zur Analyse der an inneren Organen sich abspielenden Bewegungsvorgänge. Das Wesen der Bioröntgenographie aber besteht in der Herstellung einer genügenden

Anzahl von aufeinanderfolgenden Röntgenmomentaufnahmen eines in Bewegung befindlichen Organs während des einmaligen Ablaufes dieses Bewegungsvorganges.

Der Wunsch, röntgenkinematographische Aufnahmen herzustellen, ist so alt wie das medizinische Röntgenverfahren selbst. Seine Erfüllbarkeit rückte erst mit der Möglichkeit der Momentaufnahmen näher. Die große Schwierigkeit, die auch dann noch zu lösen blieb, war der zur lückenlosen Darstellung eines Bewegungsablaufes notwendige rasche Plattenwechsel. Röntgenstrahlen sind — wie wir sahen — weder durch Linsen noch Spiegel konvergent zu machen. Alle Röntgenbilder müssen in Normalgröße, unter Berücksichtigung der zentralprojektivistischen Verzeichnung sogar über normalgroß, aufgenommen werden.

Die röntgenkinematographische Untersuchungsmethode wurde von Kaestle, Rieder, Rosenthal geschaffen, die ersten Aufnahmen im Jahre 1908 gewonnen und in Nr. 6 1909 der Münch. med. Wochenschr. ein Teil der Resultate veröffentlicht. Unsere Untersuchungen bezogen sich auf die Gelenks-, Atmungs- und Magenbewegungen und ergaben für letztere vollständig von den früheren Vorstellungen abweichende Resultate, brachten erst Klarheit über den Magenbewegungsvorgang. Späterhin wurden dann von mir mit Bruegel erstmals die Dünndarmbewegungen objektiv dargestellt.

Der Bioröntgenograph von Kaestle, Rieder, Rosenthal leistet bei einer Plattengröße von 18×24 in der Sekunde viermaligen Plattenwechsel, bei 24×30 etwas weniger; mehr als genug zur kinematographischen Darstellung der Magen- und Darmbewegung, zu wenig zu einer wissenschaftlich wertvollen Herzkineatographie. Spätere Erfindungen von Röntgenkinematographenapparaten vermochten technisch an dieser Sachlage nichts zu ändern. Veränderungen der Herzsilhouette bei der Atmung, die Kaestle, Rieder und Rosenthal als erste untersucht hatten, wurden von F. M. Grödel eingehender studiert. Durch Übersetzung der Bauart des Lichtkinematographen ins Röntgenologische erreichte Grödel dann zehnmaligen Filmwechsel in der Sekunde, eine Zahl, die herzkineatographische Untersuchungen ermöglichen könnte.

Wie für die Erkenntnis physiologischer Bewegungsvorgänge — bisher insbesondere des Magendarmkanals — erweist sich die Bioröntgenographie auch wertvoll für das Studium von Bewegungsanomalien. Ihren Wert für die möglichst frühe Diagnose von Infiltrationen der Magenwand wiesen Kaestle, Rieder und Rosenthal erstmals nach.

Mit Hilfe ihrer „Röntgenkymographie“ stellten Gött und Rosenthal Pulsationsbewegungen von Teilen der Herzsilhouette dar. Das zu untersuchende Herzsegment wird bei der Kymographie mit enger, horizontaler, zur Körperlängsachse normaler Schlitzblende aus dem Herzbilde ausgesondert. Durch Verstellen der Blende zur Herzfigur können nach und nach alle Teile der Herzsilhouette in ihrer Bewegung dargestellt werden, natürlich — und leider — nur im Verlaufe zahlreicher Herzrevolutionen. Die Röntgenplatte bewegt sich — bis auf den Blendenschlitz gegen Strahlen sorgfältig abgedeckt — mit ununterbrochen gleichmäßiger Geschwindigkeit senkrecht zum Blendenschlitz — bei konstant leuchtender Röntgenröhre — in der Richtung der Körperlängsachse. Die einzelnen Punkte der Herzsilhouette zeichnen ihre pulsatorischen Lageveränderungen in Form von Wellenlinien auf die bewegte photographische Platte.

Die Methode hat umfangreichere Anwendung bisher nicht erfahren.

II. Aus Elektrophysik und -technik.

Bauart und Wirkungsweise in der Röntgenologie gebrauchter elektrischer Apparate.

Die Entstehung der Röntgenstrahlen ist an die Entladung hochgespannter elektrischer Ströme oder Stromstöße gleicher Richtung und genügender Stromstärke in einer Röntgenröhre gebunden.

Die zur Röntgenstrahlenerzeugung nötige besondere Form elektrischer Energie wird durch „Stromtransformation“ mit Hilfe des Elektromagnetismus und der elektrischen Induktion aus gewöhnlichem elektrischem Strom gewonnen.

Zwar kann eine Röntgenröhre unmittelbar mit den Entladungen großer Influenzmaschinen betrieben werden. Verkehrte Stromstöße fließen bei diesem Vorgehen nicht durch die Röhre; insofern entspräche dieser Betrieb weitgehenden Anforderungen. Aber die Methode ist teuer, wenig zuverlässig und liefert vor allen Dingen nicht die für moderne röntgenologische Zwecke nötigen Energien. Die Methode hat nur noch geschichtliche Bedeutung.

Energie. Energietransformation. Elektrische Energie.

Unter Energie versteht man in der Physik die Fähigkeit zu einer Arbeitsleistung. Es gibt verschiedene Energieformen, die ineinander übergeführt werden können. Die wandelbarste Energieform ist die Elektrizität. Dem Wesen der Elektrizität wird die [früher besprochene] Elektronentheorie gerecht. Die Grundlage dieser Theorie bildet das experimentell nachgewiesene Bestehen von elektrischen Elementaratomen, den Elektronen. Die Bewegung der Elektronen in den als verhältnismäßig weit anzunehmenden Räumen zwischen den Atomen und Atomkomplexen bestimmter Körper stellt den elektrischen Strom dar.

Während einer Arbeitsleistung durch eine Energieform gehen verschiedene Zustände dieser Energie ineinander über. Wasserdampf von 100° C kühlt sich ab, hohe Wärmegrade gehen in niedere über, indem der Dampf die Kolben einer Maschine bewegt. Uhrgewichte setzen ein Uhrwerk in Bewegung, indem sie aus größerer Höhe in geringere herabsinken; sie verändern die Energie der Lage. Wasser, das ein Mühlrad treibt, tut dies durch die Energie seiner Bewegung, indem es [unter dem Einfluß der Erdanziehung] von einem höheren nach einem tieferen Orte fließt. Die Ursache des Fließens ist der Höhenunterschied der Flüssigkeitsspiegel vor und nach der Bewegung, eine „Niveaudifferenz“.

„Potential.“ Spannung.

Was in obigen Beispielen die „Energie der Lage“ für die Bewegung der Uhrgewichte oder „das Niveau“ bedeutet für das Strömen des Wassers, ist für den elektrischen Strom das „Potential“, die „Spannung“. Die Spannung läßt sich auffassen als der Druck, den die am Entweichen verhinderten, auf einem leitenden Körper angesammelten Elektronen aufeinander ausüben, entsprechend z. B. dem Druck, den in einem Dampfkessel angesammelte Dampfteile aufeinander und die Kesselwand ausüben.

Elektrischer Strom; elektrische Grundgesetze.

Kommen zwei elektrische Körper verschiedenen Potentials in leitende Verbindung, so findet ein Ausgleich ihrer „Potentialdifferenz“ durch einen elektrischen Stromstoß statt, der bis zum Ausgleich des Spannungsunterschieds

dauert; es strömt eine gewisse Elektrizitätsmenge vom Orte höherer zu dem niedrigerer Spannung.

Unter Leitern der Elektrizität versteht man bekanntlich Körper, welche der Elektrizität den Durchgang erlauben, im Gegensatz zu Nichtleitern, die einen Spannungsausgleich verhindern. Gute Leiter sind die meisten Metalle, schlechte Leiter „Isolatoren“, sind bekanntlich Glas, Glimmer, Ebonit, atmosphärische Luft etc.

Wird der Spannungsunterschied zweier Pole durch eine Stromquelle, eine elektromotorische Kraft, konstant erhalten, so entsteht — im Gegensatz zu dem oben geschilderten Stromstoß — ein konstant fließender Strom. Der Strom fließt vom Ort höherer Spannung, dem positiven Pol, zu dem niedrigerer Spannung, dem negativen. Wenn die Pole nicht wechseln, fließt der Strom in stets der gleichen Richtung durch den Leiter, als Gleichstrom. Die elektrische Spannung ist — als elektromotorische Kraft — die Ursache des Stromes, gleichzeitig aber auch dessen Eigenschaft.

Wie das Rohr einer Wasserleitung der Wasserbewegung in ihm einen Widerstand entgegensetzt, so der Elektrizitätsleiter dem elektrischen Strome. Der Widerstand des elektrischen Stromleiters hängt bekanntlich vom Material, der Länge und dem Durchmesser des Stromweges ab. Der Widerstand des leitenden Metalldrahtes nimmt bei gleichem Material mit dessen Länge zu und ist um so größer, je dünner der Draht ist. Verschiedene Metalle leiten verschieden gut. Je größer die Potentialdifferenz leitend verbundener Körper ist, um so heftiger wird der Stromstoß sein; je geringer der Widerstand des Leiters ist, um so mehr Elektrizitätsteilchen werden in der Zeiteinheit durch jeden Querschnitt des Leiters fließen. Die Stromstärke (denn darunter versteht man die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Leiters beförderte Elektrizitätsmenge) ist der Spannung direkt, dem Widerstand umgekehrt proportional. Diese — zuerst von Ohm erkannte und klar ausgesprochene Tatsache — bildet die Grundlage der Elektrotechnik. Die elektrische Stromwirkung ist gegeben durch das Produkt aus Stromstärke \times Spannung. Das Produkt: ein Volt \times ein Ampère nennt man ein Watt. Die Gesamtleistung eines Stromes ergibt sich aus der Zeit, während der eine bestimmte Wattzahl aus dem Stromkreis entnommen wird. Die elektrische Spannung (elektromotorische Kraft) wird bekanntlich in „Volt“ genannten Einheiten gemessen. Die Einheit der Widerstandsmessung ist das „Ohm“. Die Einheit der Stromstärke bildet das „Ampère“. Das Ohmsche Gesetz läßt sich also in Kürze folgendermaßen ausdrücken: A (Ampère) = V (Volt) : O (Ohm).

Die Veränderung des Leitungswiderstandes ermöglicht nach dem Ohmschen Gesetz die Regelung der Stromstärke zu gewünschten Zwecken bei gegebener Betriebsspannung des Stromes. Vorrichtungen zur Widerstandsveränderung sind die „Rheostaten“, in ihrer Länge veränderliche Stromwege aus weniger gutleitenden Metalldrähten, meist Nickel und seinen Legierungen, durch die man den elektrischen Strom fließen läßt. Da ein elektrischer Strom, wenn er einen Leiter durchfließt, immer Wärme entwickelt, muß auf entsprechende Ausmaße der Rheostaten gesehen werden, damit sie sich nicht zu sehr erhitzen. Aus der gleichen Tatsache der stets auftretenden Transformation elektrischer Energie in Wärme ergibt sich für den Bau aller elektrischen Apparate überhaupt die Folgerung, daß jeder Apparat bei bestimmtem Querschnitt und Material seiner stromführenden Leiter nur mit einer bestimmten Höchststromstärke betrieben werden darf, wenn nicht die Gefahr der Zerstörung der Apparate durch Überhitzung bestehen soll.

Neben den Wärmewirkungen entfaltet der elektrische Strom chemische, biologische und Lichtwirkungen. Als Fernwirkungen des Stromes treten der „Elektromagnetismus“ und die „Induktions“erscheinungen auf.

Elektromagnetismus.

Auf diesen Fernwirkungen elektrischer Ströme beruht die Möglichkeit der Umwandlung elektrischer Energie bestimmter Stromstärke und Spannung in solche niedrigerer oder höherer Spannung bei höherer oder niedrigerer Stromstärke.

Jeder elektrische Strom ruft beim Durchfließen eines Leiters in seiner Umgebung ein „magnetisches Kraftfeld“ hervor. Unter magnetischem Kraftfeld versteht man bekanntlich den Raum, innerhalb dessen magnetische Kräfte wirksam sind. Die Richtung dieser Kräfte entsprechen den Linien, in die sich vom Magneten angezogene bewegliche Körper (z. B. Eisenteile) einstellen. Diese Linien nennt man „magnetische Kraftlinien“. Sie verbinden jeweils zwei einander entsprechende Punkte eines Magneten. Magnetische Kräfte wirken an allen Punkten eines Magneten, am stärksten an seinen Enden, den Polen, am wenigsten in seiner Mitte. Die Zahl der Kraftlinien ist unendlich groß; sie durchziehen das magnetische Kraftfeld — außerhalb des Magneten — in geschlossenen Bögen, sie verlassen den Magneten am Nordpol, streben dem Südpol zu, in den sie eintreten und von dem sie wieder durch den Magneten zum Nordpol zurückkehren. Als „Pole“ bezeichnet man die Enden eines Magneten. Ein horizontal freischwebender Magnet stellt sich annähernd in die Nord-Südrichtung ein, wobei immer dasselbe Magnetende (derselbe Pol) nach Norden oder Süden — dem Nordpol oder Südpol — sieht.

Die Kraftlinien im stromdurchflossenen Leiter verlaufen in Kreisen um die Achse des Drahtes. Legt man den leitenden Draht in Windungen — eine solche Drahtspule nennt man Solenoid — dann setzen sich die magnetischen Felder zu einem Kraftfeld zusammen, das dem eines Stabmagneten gleicht. Ein stromdurchflossenes Solenoid ist ein künstlicher Magnet mit allen Eigenschaften eines solchen. Zwei stromdurchflossene Solenoide wirken aufeinander ein wie zwei Stabmagneten. Eisen im Innern eines Solenoids lenkt magnetische Kraftlinien aus ihrem Verlauf ab, verdichtet sie in sich, weil es ihrem Durchtritt einen geringeren Widerstand als Luft entgegensetzt. Indem Kraftlinien durch den Eisenkern im Solenoid gehen, wird dieser zum Magneten. Weicheisen verliert seinen Magnetismus mit Aufhören des Stromes im Solenoid. Stahl wird schwerer magnetisch und verliert seinen Magnetismus mit Aufhören des Stromes im Solenoid nicht ganz. Ein in einem stromdurchflossenen Solenoid steckender Weicheisenstab heißt „Elektromagnet“. Der im Elektromagnet erzeugte Magnetismus ist um so größer, je größer die Anzahl der Drahtwindungen im Solenoid und je stärker der magnetisierende Strom ist, innerhalb gewisser Grenzen, die durch Art und Abmessungen des magnetisierten Eisenteiles gegeben sind. Der Eisenkern kann nicht über seine magnetische Sättigung hinaus magnetisiert werden. Verstärkung eines magnetischen Feldes erfordert also neben Stromverstärkung unter Umständen auch Vergrößerung der Eisenmassen. Das Entstehen und Vergehen des Magnetismus im Eisenkern mit Wechsel des Stromes bleibt zeitlich immer etwas hinter der Stromveränderung zurück. Diesen Vorgang bezeichnet man als „Phasenverschiebung“ des Magnetismus zur magnetisierenden Stromstärke.

Die elektrische „Induktion“.

Änderungen eines magnetischen Kraftfeldes rufen in einem im Kraftfeld liegenden geschlossenen Leiter, einer Spule, ohne eigene Stromquelle einen elektrischen Strom hervor. Der Strom fließt nur während der Änderung des Kraftfeldes, hört sofort auf zu fließen, wenn das Kraftfeld ruht. Bewegt man eine geschlossene Spule, in deren Verlauf ein elektrisches Meßinstrument eingeschaltet ist, quer oder schräg durch die Kraftlinien eines Magneten, so zeigt das Instrument der Spule einen Ausschlag. Die gleiche Wirkung ergibt das Entstehen und Vergehen eines magnetischen Feldes um eine ruhende Spule durch Magnetisieren und Entmagnetisieren eines Elektromagneten. Ist das magnetische Feld ausgebildet oder verschwunden, so ist auch die Spule stromlos. Das den Magnetismus erzeugende, stromdurchflossene Solenoid um den Eisenkern nennt man „Primärspule“. Die zweite zweckmäßig um die Primärspule gelegte aber sorgfältig von ihr isolierte Spule nennt man „Sekundärspule“. Den Magnetisierungsstrom bezeichnet man als „induzierenden“ oder „Primärstrom“, den in der Sekundärspule fließenden als „sekundären“ oder „induzierten Strom“, den Vorgang der Stromerzeugung in der Sekundärspule als „Induktion“. Die Induktion ist eine „Elektro-“ oder „Magnetinduktion“, je nachdem man einen Magneten oder eine stromdurchflossene Spule zu ihrer Erregung benützt. Bei der Induktion durch einen Elektromagneten liegt eine kombinierte Wirkung vor.

Der induzierte Strom tritt auf als Äquivalent der Arbeit, die bei Änderung des magnetischen Feldes geleistet wird. Die Arbeit ist um so größer, in je kürzerer Zeit die Größe des Magnetfeldes sich ändert. Der erzeugte Induktionsstrom ist um so größer, in je kürzerer Zeit eine möglichst große Anzahl Kraftlinien die Windungen der Sekundärspule schneiden und je größer die Zahl der von Kraftlinien getroffenen Windungen der Sekundärspule ist; denn in jeder Windung wird eine Potentialdifferenz erzeugt.

Die Richtung der bei Entstehen und Vergehen eines magnetischen Kraftfeldes in der Sekundärspule auftretenden Ströme wechselt. Bei Schließung des Primärstromes entsteht in der Sekundärspule ein dem Primärstrom entgegengesetzter, bei Öffnung ein gleich gerichteter induzierter Strom. Wie primärer Stromschluß und primäre Stromöffnung wirken Anwachsen und Abswellen des Kraftfeldes. Der Nachweis der verschiedenen Stromrichtungen geschieht mittelst verschieden gerichteten Ausschlages von Meßinstrumenten, die in die Stromkreise eingeführt werden. Ein in der Primärspule pulsierender Gleichstrom induziert in der Sekundärspule einen Wechselstrom. In graphischer Darstellung geben die Kurven der Abb. 20, S. 43, ein Bild des Stromverlaufes in der Primär- und Sekundärspule (nach Dessauer).

Die „Selbstinduktion“.

Die geschilderten Erscheinungen der Induktion treten nicht nur in der Sekundärspule, sondern auch im primären Solenoid selbst auf. Bei Stromschluß oder Stromverstärkung in der Primärspule wird in ihr ein dem zu fließen beginnenden entgegengesetzter, bei Öffnen oder Abschwächung ein dem Primärstrom gleich gerichteter Strom induziert. Man bezeichnet diesen Vorgang als „Selbstinduktion“. Verglichen wird die Selbstinduktion vielfach mit der Trägheit eines Schwungrades, die jeder Bewegungsänderung des Rades anfänglich entgegensteht und zunächst von der ändernden Kraft überwunden werden muß. Für die Selbstinduktion gelten die Gesetze der

Induktion überhaupt, d. h. die Selbstinduktion ist abhängig von der magnetischen Feldstärke und der Windungszahl des Solenoids.

Bei Stromschluß in einem Leiter ohne Selbstinduktion würde der Strom ohne Zeitverlust unmittelbar seine volle Stärke erreichen, bei Stromöffnung ebenso plötzlich auf 0 absinken. Die Selbstinduktion läßt den Strom mehr oder weniger rasch ansteigen und abfallen. Wollte man den Stromverlauf graphisch darstellen, so wäre der Stromschluß und die Stromöffnung mit einer allmählich zu bestimmter Höhe ansteigenden oder von ihr abfallenden Kurve wiederzugeben.

Der Ausdruck des allmählichen Stromabfalles bei Stromöffnung in einer Spule ist der Öffnungs- oder Abreißfunke an den Schalterkontakten, an den die Stromöffnung bewerkstelligt wird.

Die Induktionswirkung eines Primärstromes auf eine Sekundärspule hört auf, sobald der Primärstrom bzw. das magnetische Kraftfeld seine volle Stärke erreicht hat oder verschwunden ist. Zur Erzeugung andauernder induktiver Wirkung in einer Sekundärspule ist deshalb andauernde Schließung und Unterbrechung eines Primärstromes, d. h. andauerndes Schaffen und Vernichten eines magnetischen Kraftfeldes nötig.

Der „Selbstinduktions-“ oder „Extrastrom“ in seiner Wirkung auf den Sekundärstrom. Die Walterschaltung.

Der Selbstinduktions- oder „Extrastrom“ beeinflusst die Stärke bzw. die Spannung des Sekundärstromes, indem er die Schnelligkeit des Anwachsens und Abfallens des Magnetfeldes beeinflusst; je größer die Selbstinduktion ist, um so langsamer erfolgt die Feldänderung und um so geringer ist die sekundäre Stromspannung. Durch Veränderung der Selbstinduktion in der Primärspule, d. h. durch Veränderung der Windungszahl des primären Solenoids — denn jede Windung wirkt auf die andere induktiv, die Gesamtwirkung entspricht also der Windungszahl — hat man es in der Hand, die Spannung des Sekundärstromes innerhalb weiter Grenzen zu variieren. Die einfache Veränderung der Windungszahl der primären Spule wird ermöglicht durch die sog. „Walterschaltung“ — nach dem Hamburger Physiker Walter benannt — dadurch, daß man die einzelnen Teile einer mehrfach unterteilten Primärspule in verschiedenartiger Zusammenstellung — bald mit mehr, bald mit weniger Windungen — benützt. Da die Spannung des Sekundärstromes unter sonst gleichen Verhältnissen von der Windungszahl der Sekundärspule abhängt, haben wir — und darauf wurde schon hingewiesen — mit Hilfe der Induktion die Möglichkeit, elektrische Energie in solche höherer oder niedrigerer Spannung umzuwandeln. Weil aber die elektrische Gesamtleistung in Watt, d. h. das Produkt aus Stromstärke \times Spannung — abgesehen vom Transformationsverlust — gleich bleiben muß — denn Energie wird nur verwandelt, nicht geschaffen und nicht vernichtet — ändert sich die Stromstärke der Spannung umgekehrt proportional.

Stromtransformatoren.

Apparate zur Umformung elektrischer Energie, sog. „Transformatoren“, bestehen aus den beiden Hauptteilen, die wir bei Besprechung der Induktion kennen gelernt haben: Im ersten Teil aus primärer Spule und Eisenkern pulsiert ein Kraftfeld; der zweite Teil, der sekundäre Stromkreis, liefert die gewünschte Stromspannung, die je nach der Windungszahl der Sekundärspule höher oder niedriger erzielt werden kann.

In der Röntgenologie erstrebt man zum Betrieb der Röntgenröhre gleich gerichtete Stromstöße hoher Spannung. Da, wie wir gesehen haben, beim Induktionsvorgang die sekundäre Stromspannung unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Windungszahl der sekundären Spule zunimmt, haben Transformatoren für röntgenologische Zwecke eine sekundäre Spule mit hoher Windungszahl; die sekundäre Stromstärke geht damit entsprechend zurück. Die Ausmaße der Apparate sind den von ihnen verlangten Leistungen anzupassen an Windung und Art der Wickelung der Spulen wie auch an Material und Durchmesser des Leitungsdrahtes. Der Magnet bzw. der Eisenkern der Primärspule ist den Anforderungen entsprechend zu bemessen. Je größer die verlangte Leistung ist, um so größer muß der Magnet sein, der durch entsprechende Stromführung um ihn bis nahe an seine „Sättigung“ ausgenützt wird.

Durch das pulsierende elektrische oder elektromagnetische Feld entstehen im Eisenkern infolge der Potentialdifferenzen einzelner neben einander liegender Eisenteilchen elektrische Ströme, die sog. Foucaultschen Wirbelströme, die bei dem verhältnismäßig hohen Widerstand des Eisens zu einer Erhitzung des Magneten führen, die bis zur Glut gehen kann. Damit geht — abgesehen von den Gefahren für den Apparat — ein Teil der aufgewandten Stromarbeit für die Induktion verloren. Man verhindert den Ausgleich der Potentialdifferenzen, das Auftreten von Wirbelströmen, dadurch, daß man den Magneten aus einer großen Anzahl voneinander isolierter Weicheisenbleche, der sog. Dynamobleche aufbaut.

Der durch einen in der Primärspule pulsierenden Gleichstrom im Sekundärkreis erzeugte Strom ist, wie wir gesehen haben, ein Wechselstrom und als solcher zum Betrieb von Röntgenröhren nicht geeignet. In welcher Weise man aus dem induktiv erhaltenen Wechselstrom für den Röhrenbetrieb geeignete pulsierende gleichgerichtete Ströme erhält, soll später besprochen werden.

Stromquellen für röntgenologische Zwecke.

Die für röntgenologische Zwecke besten Stromquellen sind elektrische Zentralen.

Akkumulatoren.

In Ermangelung von Zentralen, aber wo solche unschwer erreichbar sind, können Akkumulatorenbatterien als Gleichstromquellen angewandt werden. Akkumulatoren sind keine Stromerzeuger; sie speichern nur, wie die Bezeichnung sagt, Energie in sich auf. Elektrische Energie wird in ihnen bei der Ladung in chemische Energie, diese beim Gebrauch wieder in elektrische Energie umgewandelt.

Eine Akkumulatorenzelle besteht aus zwei mit Bleioxyd (Mennige) bedeckten, zur Oberflächenvergrößerung etwa rippenförmig gestalteten Bleiplatten, die in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure eintauchen. Wenn man einen elektrischen Strom bestimmter Eigenart, den Ladestrom, durch die Batterie sendet, so wird das Bleioxyd an der Kathode zu Bleisuperoxyd oxydiert, d. h. der durch Elektrolyse in der verdünnten Schwefelsäure an der Kathode freiwerdende Sauerstoff verbindet sich mit dem Bleioxyd zu einer sauerstoffreicheren Bleiverbindung, während sich der an der Anode freiwerdende Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Bleioxyds zu Wasser verbindet, das Bleioxyd dabei zu metallischem Blei reduzierend. Die Batterie ist geladen, so bald diese Umsetzungen beendet sind, was man am Aufsteigen von Wasserstoffbläschen aus der Flüssigkeit erkennt. Zur Stromentnahme verbindet man

die Pole der geladenen Batterie mit den entsprechenden des Verbrauchers: im Akkumulator bilden sich die geschilderten chemischen Vorgänge zurück unter Auftreten des Entladestroms, der dem Ladestrom entgegengesetzt verläuft. Die Batterie ist entladen, wenn sich Bleisuperoxyd und Blei zu Bleioxyd zurückverwandelt haben.

Die Elektrizitätsmenge, die ein Akkumulator zu liefern vermag, erreicht bestenfalls die des Ladestroms und hängt von der Kapazität des Akkumulators, seiner Stromaufnahmefähigkeit, ab. Diese, d. h. die Größe der säurebenetzten Bleifläche ist den Bedürfnissen anzupassen. Lade- und Entladestromstärke unterliegen im Interesse der Haltbarkeit der Batterie bestimmten Einschränkungen.

Die von einer Akkumulatorzelle gelieferte Spannung beträgt etwa 2 Volt und geht während der Stromentnahme langsam auf 1,8 zurück. Wenn dieser Wert erreicht ist, ist die Batterie neu zu laden. Bei der niedrigen Spannung einer Akkumulatorzelle muß zur Erzielung der zum Betrieb von Verbrauchern nötigen hohen Spannungen eine entsprechende Anzahl von Akkumulatorzellen hintereinander geschaltet werden.

Das Wesen der Hintereinander- oder Serienschaltung besteht darin, daß die Kathode der ersten elektrolytischen Zelle — allgemein einer Stromquelle — mit der Anode der zweiten, deren Kathode mit der Anode der dritten usw. verbunden wird. Die Stromentnahme erfolgt an der Anode der ersten und der Kathode der letzten Stromquelle. Auf diese Weise wächst die Spannung der ganzen Anordnung entsprechend der Zahl der hintereinander geschalteten Elemente.

Die Kapazität einer Akkumulatorenbatterie ist bei Serienschaltung gleich der der einzelnen Zelle.

Im Gegensatz zur Serienschaltung besteht das Wesen der Parallelschaltung elektrischer Apparate darin, daß einerseits alle positiven Pole, andererseits alle negativen von Stromquellen untereinander verbunden werden. Der Erfolg der Parallelschaltung ist eine Oberflächenvergrößerung der Pole, eine Vervielfachung ihrer Kapazität, bei gleichbleibender Spannung.

Die Wartung und Behandlung von Akkumulatorenbatterien ist nicht einfach, ihr Transport von und zur Ladestelle umständlich. Man sucht die Anwendung von Akkumulatoren nach Möglichkeit zu umgehen, oder sie an Ort und Stelle zu laden mit dem Strom kleiner Hauszentralen. Solche Zentralen erzeugen elektrischen Strom mit einer Dynamomaschine, die etwa durch einen kleinen Explosionsmotor oder eine Wasserturbine angetrieben wird. Im übrigen kann man den Röntgenapparat ohne Zwischenschaltung einer Akkumulatorenbatterie mit einer Hauszentrale der geschilderten Art direkt betreiben.

Elektrische Zentralen.

Elektrische Zentralen liefern je nach Anlage Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom. Alle drei Stromarten finden zum Betrieb von Röntgenapparaten Verwendung.

Gleichstromanlage im Dreileitersystem.

Vorteilhaft für röntgenologische Zwecke ist eine nach dem Dreileitersystem gebaute Gleichstromanlage von 220 Volt Polspannung.

Das Wesen des Dreileitersystems beruht darauf, daß die Gesamtspannung zwischen den Polen des Systems durch einen dritten Leiter geteilt wird. Dieser Mittelleiter führt jedem Pol gegenüber die Hälfte der Gesamtspannung.

Man vergegenwärtige sich die Tatsache, daß die Stromspannung im Verlauf des Stromweges von Punkt zu Punkt abnimmt. Sie ist an der Anode am höchsten, an der Kathode am niedrigsten, hat auf halbem Wege gegenüber jedem Pole die Hälfte

der Spannung der beiden Pole gegeneinander. Der Strom verliert im Verlaufe seines Weges an Spannung, wie fließendes Wasser an lebendiger Kraft im Zurücklegen eines Gefälles.

Beim Dreileitersystem sind zwei Dynamomaschinen hintereinander geschaltet¹⁾. Die Hauptleiter führen die Summen der Spannungen beider Maschinen. Im Mittelleiter fließen zwei Ströme entgegengesetzter Richtung. Die Außenleiter führen die vollen Betriebsstromstärken; sie bestehen aus dickem Draht. Der Mittelleiter hat nur die thermische Wirkung der Differenz beider Betriebsströme zu ertragen: er kann deshalb aus entsprechend dünnerem Draht hergestellt werden. In der Leiterersparnis liegt der wirtschaftliche Wert des Dreileitersystems. Ein Apparat kann beim Dreileitersystem mit der Stromstärke und der Klemmenspannung des ganzen Systems bei Schaltung zwischen die Außenleiter oder mit einer Teilspannung bei Schaltung zwischen den Mittel- und einem Außenleiter betrieben werden.

Die Wechselstromanlage als Stromquelle. Der Drehstrom.

Wechselstromanlagen gewinnen wegen bestimmter wirtschaftlicher und praktischer Vorteile des Wechselstroms gegenüber dem Gleichstrom mehr und mehr an Verbreitung.

Der Röntgenologie kann Wechselstrom in verschiedener Weise dienstbar gemacht werden. Einmal dadurch, daß man ihn durch geeignete Vorrichtungen in Gleichstrom umwandelt, ein wenig haushälterisches Verfahren; oder daß man nur bestimmte gleichgerichtete Phasen seines Verlaufs nutzbringend anwendet; oder endlich, daß man den hochgespannten Wechselstrom durch einen mechanisch bewegten Gleichrichter der Röntgenröhre als pulsierenden Gleichstrom zuführt.

Der Drehstrom oder dreiphasige Wechselstrom ist eine Vereinigung von drei einzelnen Wechselströmen. Man benützt zum Betrieb von Röntgenapparaten nur zwei Leitungen des Systems, arbeitet also mit einfachem Wechselstrom nach einer der beschriebenen Methoden; oder man wandelt den Drehstrom mittelst Drehstrommotoren in Gleichstrom um.

Die in der Röntgenologie gebräuchlichen Hochspannungsapparate sind zu unterscheiden in

1. Induktionsapparate mit Unterbrecher.
2. Unterbrecherlose Apparate mit Hochspannungsgleichrichter.
3. Unterbrecherlose Apparate ohne Gleichrichter.

Der Induktor.

Der auch heute noch meist gebrauchte, an Leistungsfähigkeit nicht übertroffene klassische Stromtransformator für alle röntgenologische Arbeiten bei Gleichstrombetrieb ist der Funkeninduktor.

Pulsierender Gleichstrom erzeugt in ihm durch Induktion einen zum Betrieb von Röntgenröhren zunächst ungeeigneten Wechselstrom. Im Funkeninduktor muß die Induktion, zunächst die Pulsation eines elektromagnetischen Kraftfeldes, derart geändert werden, daß der Sekundärstrom die Eigenart eines mit genügender Stärke und Spannung pulsierenden Gleichstromes annimmt. Dies wird erreicht durch Unterdrückung des Selbstinduktionsstromes in der Primärspule bei Stromunterbrechung. Die Stromöffnung erfolgt dann plötzlich, der Einsturz des magnetischen Kraftfeldes augenblicklich, und damit entsteht in der Sekundärspule ein Öffnungsstoß von großer Spannung (Abb. 19).

¹⁾ Dynamomaschinen sind bekanntlich Stromgeneratoren, in denen mechanische Bewegung unter Zuhilfenahme eines magnetischen Feldes in elektrische Energie umgesetzt wird.

Den Weg für den Selbstinduktions-Öffnungsstoß in der Primärspule bildet der Abreißfunke an den Kontakten. Verhindert man sein Zustandekommen, so unterbleibt der Öffnungsextrastrom. Das beste Mittel zur Unterdrückung des Funkens bei Verwendung von mechanischen Unterbrechern ist der Kondensator.

Der Kondensator wird bekanntlich gebildet aus zwei einander möglichst nahe gegenüberstehenden durch einen dünnen Isolator voneinander getrennten Metallplatten bestimmter Größe. Je eine der beiden Metallplatten ist mit je einer der Unterbrechungsstellen leitend verbunden. (Kondensator und Unterbrecher sind parallel geschaltet.) Der Kondensator lädt sich nach Öffnung des Primärstroms mit der Spannung des Extrastromes auf, diesen nach Maßgabe der Kondensator-

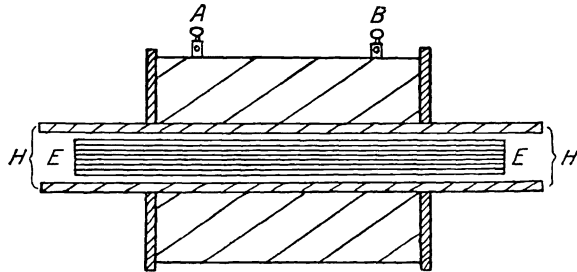


Abb. 19. Schema des Baues des Induktors (mod. nach Walter). A, B sind die Polklemmen der Sekundärspule, die aus zahlreichen Windungen dünnen isolierten Drahtes besteht. Die Sekundärspule wird durch das Hartgummirohr H von der Primärspule getrennt. E stellt den Eisenkern der Primärspule dar. Die primären Drahtwindungen liegen um den Eisenkern, sind in der Abbildung zwischen E und H zu denken.

kapazität schwächend. Die Kondensatorkapazität kann durch Parallelschaltung einer beliebig großen Anzahl von Metallplatten nach Bedarf vergrößert werden.

Die Spannung des Schließungsinduktionsstromes in der Sekundärspule eines Funkeninduktors steht hinter der des Öffnungsstromes weit zurück. Der Anstieg des magnetischen Feldes erfolgt wegen des dem Primärstrom entgegengesetzten, sein Anwachsen verzögernden, Schließungsextrastromes langsam. Langsamer Feldanstieg aber bedingt geringe Induktionswirkung auf die Sekundärspule.

Mit Zunahme der sekundären Windungszahl wächst die Stromspannung in der Sekundärspule.

Das Verhältnis der Windungszahl der sekundären Spule zu der der primären bezeichnet man als das „Übersetzungsverhältnis“ der Spulen.

Bei der Stromöffnung erreicht die Sekundärspannung eine derartige Höhe, daß der Spannungsausgleich an den Polen der Sekundärspule durch eine — je nach dem Bau des Induktors — mehr oder weniger große Luftstrecke hindurch im Funkenübergang stattfindet. Man unterbricht den Primärstrom, wenn das Magnetfeld eine gewisse Stärke erreicht hat.

Im Funkeninduktor kommt es also unter Verwendung eines Kondensators

bei rhythmischer mechanischer Öffnung und Schließung des Primärstroms zu einer charakteristischen Veränderung des sekundären Stromverlaufes, die sich bei graphischer Darstellung in einer Deformation der Stromkurve äußert, Abb. 20. Bei primärem Stromschluß

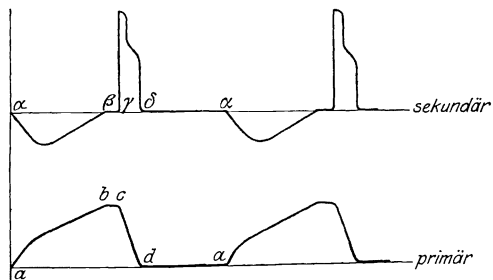


Abb. 20. Stromkurve bei Induktorbetrieb.

mit langsamem Anwachsen der Feldstärke des Magneten a b entsteht sekundär in Form einer flachen Kurve mit niedrig liegender Scheitelspannung der Schliessungs-Induktionsstrom ($\alpha \beta$).

Die ihn darstellende Kurve läuft unter der Horizontalen, der „Abszisse“, wegen des dem induzierenden Strom entgegengesetzten Verlaufes des Schließungsinduktionsstromes.

Der Öffnungsinduktionsstrom erreicht wegen des reißenden Einsturzes des Magnetfeldes c d hohe Scheitelspannung, in der Abb. durch die steile Kurve ($\gamma \delta$) dargestellt.

Weil der Öffnungsinduktionsstrom dem ihn auslösenden Primärstrom gleichgerichtet ist, verläuft die ihn darstellende Kurve der den Primärstrom darstellenden gleichsinnig über der Abszisse.

Die Veränderung des sekundären Stromverlaufes, die durch diese Kurvendeformation dargestellt wird, ist für den Betrieb einer Röntgenröhre von höchster Bedeutung.

Die Röntgenröhre setzt dem Stromdurchgang einen Widerstand entgegen, sie stellt einen sog. Durchbruchwiderstand dar; der die Röhre betreibende Strom muß eine bestimmte Spannung, die „Durchbruchsspannung“ erreicht haben, wenn Stromfluß durch die Röhre hindurch stattfinden soll. Nimmt während des Stromflusses die Stromspannung innerhalb bestimmter Grenzen ab, so hört trotzdem auch dann der Stromfluß nicht auf; durch den einmaligen Durchbruch des Vakuums der Röhre wird deren Widerstand herabgesetzt. Weiche Röhren leisten dem Strom schwächeren Widerstand als harte; sie verlangen zu ihrem Betrieb geringere Stromdurchbruchsspannung.

Im Ruhmkorffschen Induktor erzielt man also eine Spannungsdeformation in der Richtung, daß der Schließungsstrom eine bedeutend geringere Spannung besitzt als der Öffnungsstrom. Übersteigt die Scheitelspannung des Öffnungsstromes die Durchbruchsspannung der zu betreibenden Röntgenröhre, während die Scheitelspannung des Schließungsstromes unterhalb der Betriebsspannung des Röhrenstromes — und natürlich beträchtlich unterhalb der Röhrendurchbruchsspannung — bleibt, so kommt es nur während der Öffnungsphase zu einem Stromfluß durch die Röhre; der Schließungsstrom ist ausgeschaltet. Die Röhre wird mit pulsierendem Gleichstrom betrieben.

Mit niedrig liegender Durchbruchsspannung der Röhre, bei weichen Röhren, wächst die Gefahr verkehrten Stromdurchgangs durch sie. Durch geeignete Behandlung des Primärstroms und zweckentsprechende Gestaltung des Extrastromes im primären Stromkreis — mit seinem weitgehenden Einfluß auf die Induktionsvorgänge in der Sekundärspule — läßt sich jeweils die Spannung des Röhrenbetriebsstromes der Röhrenhärte anpassen: Mehr Primärwindungen, größere Selbstinduktion und damit langsamer Feldanstieg und geringe sekundäre Stromspannung bei weichen Röhren, weniger Primärwindungen mit den Folgen dieser Anordnung bei harten.

Stromfiltervorrichtungen beim Induktorbetrieb.

Wie mit zunehmender Weichheit der Röhre wächst die Gefahr des Zustandekommens verkehrter Stromstöße mit zunehmender Spannung des Sekundärstromes. Hohe Stromstärken und Spannungen sind nötig zur Herstellung von kurzzeitigen und Augenblicksaufnahmen in der praktischen Röntgenologie. Auch die Spannung der Schließungsströme erreicht dann selbst bei gut gebauten Induktoren Scheitelwerte, die über der Durchbruchsspannung der Röntgenröhre liegen. Um die Röhren für alle praktisch vorkommenden Fälle gegen die Wirkungen verkehrt gerichteter Stromstöße zu schützen, wendet man

Vorrichtungen an, die in Hintereinanderschaltung mit der Röntgenröhre verkehrt gerichtete Stromstöße, ehe sie zur Röntgenröhre gelangen, abfangen. Den Strom erwünschter Richtung schwächen geeignete Filtervorrichtungen nicht oder doch nur wenig.

Vorschaltfunkenstrecke.

Das einfachste dieser Stromfilter ist eine der Röhre vorgeschaltete Luftstrecke mit Spitze und Platte als Elektroden, die Vorschaltfunkenstrecke. Spitze und Platte sind gegeneinander verstellbar, die Luftstrecke an Länge wechselbar. Je größer die Entfernung der Elektroden voneinander, je länger also die zwischengeschaltete Luftstrecke ist, um so größer ist der Stromwiderstand und desto höhere Spannungen sind nötig, ihn zu überwinden. Die Elektrizität geht unschwer von der positiven Spitze zur negativen Platte, sehr schwer umgekehrt.

Funkenventile sind Zusammenstellungen einfacher Funkenstrecken.

Zur Verminderung des Geräusches der von der Spitze zur Platte überspringenden Funken sind diese Funkenstrecken vielfach in Glasgehäuse eingebaut. Die mit dem Funkenübergang verbundene Luftverschlechterung durch nitrose Gase und Ozon kommt bei der Gasfunkenstrecke (R. G. u. Schall) nicht zustande. Bei ihr sind die feststehenden Elektroden wie bei einer Röntgenröhre in eine — hier mit chemisch indifferentem Gas gefüllte — Kugel eingeschmolzen (Abb. 21).

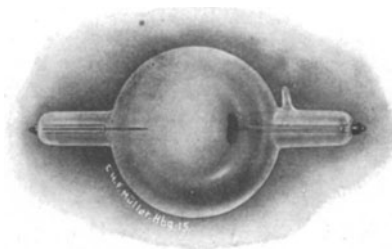


Abb. 21. Gasfunkenstrecke.

Ventilröhren.

Dem gleichen Zwecke wie die Funkenstrecken dienen — in ungleich vollkommenerem Maße — die praktisch bequemsten und zur Zeit leistungsfähigsten Drosselvorrichtungen, die Ventilröhren. Die für Röntgenröhren

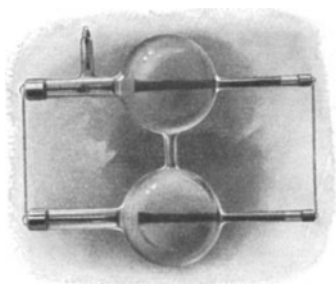


Abb. 22. Ventilröhren der Firma Gundelach-Gehlberg.

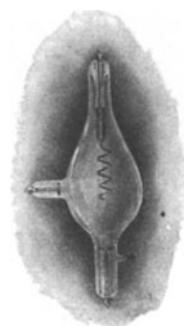


Abb. 23. Ventilröhre der Firma C. H. F. Müller-Hamburg.

beliebiger Konstruktionen gebauten Ventilröhren sind von E. Gundelach in Deutschland eingeführt worden. Ventilröhren sind bis zum Kathodenstrahlenvakuum luftleer gepumpte Glasröhren, deren eine oder mehrere, je nach der

Größe der zu drosselnden Spannung, der Röntgenröhre vorgeschaltet werden. Die Form der Elektroden und deren Anordnung in der Röhre ermöglichen den Stromdurchgang nur in einer Richtung; in dieser möglichst vollkommen. Allen gebräuchlichen Röhren ist gemeinsam, daß Kathoden von großer Oberfläche ins Kugellinnere ragen, während die Anoden in einem halsartigen engen Gebilde — ähnlich der Kathode in der Röntgenröhre — angeordnet sind.

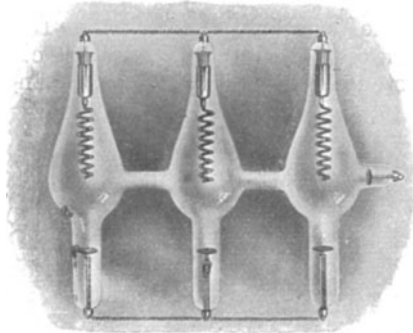


Abb. 24. Ventilröhrenbatterie der Firma C. H. F. Müller-Hamburg.

Sollte die im engen Rohr liegende Anode für den verkehrten Strom zur Kathode werden, dann lüde sich die umgebende Glaswand negativ auf. Dadurch würde die Entladung und Kathodenstrahlenbildung an dieser Elektrode unmöglich.

Die Bilder 4—7 veranschaulichen Modelle verschiedenster Ventilröhren und ihre Schaltung. Als eines der besten gilt das Konstanzventil von Dr. Rosenthal. Die Konstanzventilröhre hat ein besonders großes Volumen zur möglichst gleichmäßigen Erhaltung

der „Konstanz“ des Vakuums. Da sich bei den Ventilröhren, ähnlich wie bei den Röntgenröhren, mit der Zeit im Gebrauch das Vakuum ändert, die Röhre hart wird, haben die Ventile Vorrichtungen zur Regeneration des Vakuums wie die Röntgenröhren. Das „Konstanz“-Ventil hat „Bauerregenerierung“.

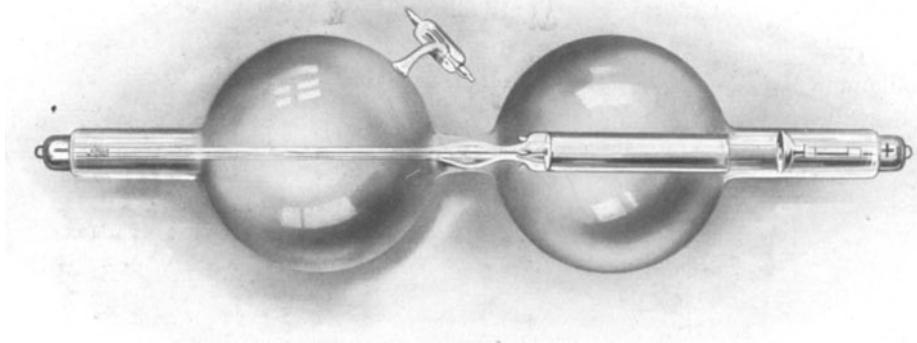


Abb. 25. Konstanzventil.

Das Konstanz-Ventil zeigt im ordnungsmäßigen Betrieb nur ein hellblaues Lichtbündel. Wenn es zu hart wird, tritt grünes Licht auf; dann muß regeneriert werden. Moderne Ventilröhren haben hohe Lebensdauer.

Neuerdings werden außer den gashaltigen Ventilröhren Glühkathodenventile als Sperrvorrichtungen für verkehrte Stromstöße angewandt. Ihr Bau beruht auf der Erkenntnis, daß ein Glühkathodenvakuumrohr als Hochspannungsgleichrichter vollkommener Art wirkt. Glühkathodenventile werden

zur Zeit von den Firmen Koch und Stertz, C. H. F. Müller und Siemens & Halske in den Handel gebracht.

Die Unterbrecher.

Die zur Herbeiführung der Induktionswirkung in der sekundären Spule nötigen rhythmischen Schließungen und Öffnungen des Primärstroms werden durch Stromunterbrecher bewirkt. Aus dem bereits Besprochenen verstehen sich folgende Anforderungen, die man an Unterbrecher stellt, von selbst: 1. Der Stromschluß soll sich verhältnismäßig langsam vollziehen; denn langsamer Stromschluß macht geringe, sekundäre Schließungsinduktion. 2. Die Stromöffnung erfolge rasch: rascher Einsturz des Magnetfeldes bewirkt hohe Scheitelspannung des Sekundärstromes. 3. Die Stromschlußdauer nach erreichtem Strommaximum sei kurz: Die Stromschlußzeit ist für den Induktionsvorgang verlorene Zeit.

Die Zeit zwischen Stromöffnung und erneutem Stromschluß dient der Erholung der Röntgenröhre; sie sei wechselbar, je nach Bedarf.

Wagnerscher Hammer. Quecksilberstift- und -strahlunterbrecher.

Der älteste mechanische Unterbrecher ist der Wagnersche Hammer. Er hat in der Röntgenologie nur noch geschichtliches Interesse. Seine Tragheit ist zu groß, die Zahl der möglichen Unterbrechungen zu gering, um den heute zu stellenden Anforderungen noch genügen zu können.

Ähnliches gilt für die alten Quecksilberunterbrecher, bei denen Stromein- und Ausschaltung durch einen maschinell bewegten Metallstift erfolgte, der in Quecksilber eingetaucht und wieder aus ihm herausgezogen wurde. Quecksilber und Metallstift waren Elektroden. Die mechanische Stiftbewegung verursachte Schwankungen des Quecksilberspiegels. Die Unterbrechung geschah unzuverlässig, und mehr als 20 Unterbrechungen in der Sekunde waren nicht zu erreichen.

Einen Fortschritt brachten die Quecksilber-Strahlunterbrecher nach Boas.

Bei ihnen saugt eine „Turbine“ — eine um eine vertikale Achse rotierende, schneckenförmige Vorrichtung — aus einem Gefäß unter ihr Quecksilber in die Höhe und spritzt es aus seitlichen Löchern oder Röhrchen in feinem horizontalem Strahl bald auf die Zähne bald in die Zwischenräume eines im Turbinengehäuse kreisförmig um die Turbine angeordneten metallischen Zahnkranzes.

Quecksilber verdampft leicht, würde also — ohne besondere Vorrichtungen — dem Unterbrechungsfunken eine Brücke bauen. Um dies zu verhindern und gleichzeitig Höhenschwankungen des Quecksilberspiegels im Turbinengehäuse nach Möglichkeit zu verhindern, läßt man sich den Unterbrechungsvorgang in

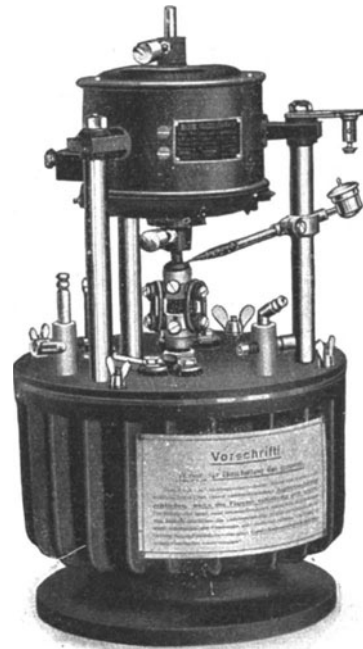


Abb. 26. Apex-Unterbrecher, Außenansicht.

isolierenden chemisch indifferenten Medien abspielen, in Alkohol oder Petroleum oder neuerdings in Gasen, die Metalle nicht oxydieren, in Wasserstoff-, Leucht- oder Blaugas.

Während in Frankreich auf Béclères Veranlassung schon lange mit Gasunterbrechern gearbeitet wurde, verhielt man sich in Deutschland lange Zeit ablehnend gegen sie. Die Vorteile des Quecksilbergasturbinenunterbrechers finden sich in dem Apex-Unterbrecher der R. G. u. Schall-Gesellschaft vereinigt. Er unterbricht bei 250 Volt Stromstärken von 40 und 50 Ampère ebensogut, wie solche von geringerer Ampèrezahl.

Je nach der Umdrehungszahl der Turbine und der Zahl der Zähne bzw. Lücken des konzentrischen Zackenkranzes läßt sich die Unterbrecherzahl zwischen 10 und 1500 in der Sekunde wechseln. Der Apex-Unterbrecher hat besonders in der Röntgentherapie Anerkennung und weite Verbreitung gefunden. Die Bauart für Gleichstrom erhellt aus den Abbildungen 26 und 27.

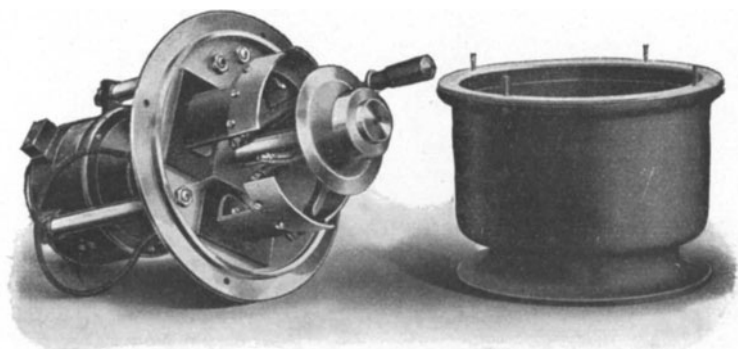


Abb. 27. Apex-Unterbrecher, Inneneinrichtung.

Der Arbeitsvorgang vollzieht sich in folgender Weise:

Der im Motorgehäuse untergebrachte Motor setzt die am unteren Ende der Motorwelle angebrachte Turbine in Rotation. Diese saugt Quecksilber aus dem Unterbrechertopf hoch und preßt es durch zwei sich mit der Motorwelle drehende Düsen. Das ausgespritzte Quecksilber wird abwechselnd gegen zwei Paare sich diametral gegenüberstehender Kontaktlamellen (Zähne) geschleudert. Stromschluß besteht in dem Augenblick, in dem zwei sich gegenüberstehende Segmente vom Quecksilberstrahl getroffen werden.

Die Stromschlußdauer ist durch Verstellen der Kontaktlamellen in der Höhe wechselbar: die Lamellen verjüngen sich nach unten. Durch Ausschalten eines Teiles der Zähne kann die Zahl der Unterbrechungen im Interesse der Röhrenschonung herabgesetzt werden.

Das ausgeschleuderte Quecksilber fällt in den Unterbrechertopf zurück.

Bei Wechsel- oder Drehstrom gestattet der Apex-Unterbrecher die einwandfreie Durchführung des synchronen Antriebes mit Hilfe eines Synchronmotores.

In ihren Grundlagen sind die Rotax-, Rekord- und Deviationsunterbrecher (von den Firmen Sanitas, Reiniger-Gebbert und Schall und Veifa hergestellt) auf Tesla zurückzuführen. Bei ihnen wird das birnförmig gestaltete Quecksilbergefäß selbst durch einen Motor in Drehung versetzt. Das Quecksilber steigt, der Zentrifugalkraft folgend, an der Innenwand des Gefäßes empor, im größten horizontalen Umfang des Gefäßes einen Ring

bildend. In diese Wandschicht von Quecksilber taucht ein im Gefäßinnern exzentrisch zum Gefäßraum angebrachter, verschiedenartig gestalteter drehbarer Körper ein, der bei seiner Drehung — vom rotierenden Quecksilberring mitgerissen — ein leitendes Kontaktstück wechselnd, bald in das Quecksilber ein-, bald austaut. Kontaktstück und Quecksilber sind Elektroden. Ihre Berührung bewirkt Stromschluß. Die Unterbrechungszahl kann innerhalb weiter Grenzen gewechselt werden, genügt weitgehenden Ansprüchen. Die Kontaktdauer ist wechselbar, beim Rekord z. B. durch Verstellung der Achse des Kontaktkörpers mehr oder weniger exzentrisch im Gefäßinnern. Die Gestaltung der Kontaktkörper ermöglicht die Unterbrechung energischer Ströme. Die Verschlammung von Quecksilber und Petroleum ist dank ihrer ständigen Trennung durch die Zentrifugalkraft geringer als bei

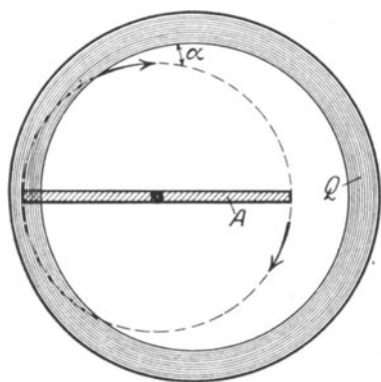


Abb. 28. Beim Rekord taucht ein exzentrisch angeordneter Kontaktstift A in den Quecksilberring. Q stellt den emporzentrifugierten Quecksilberring dar.

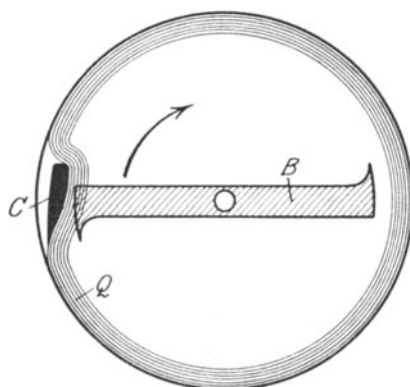


Abb. 29. Beim Deviationsunterbrecher taucht der Kontaktstift B in das Quecksilber über dem sogenannten „Deviator“ (C), von dessen Stellung und Form viel für den Unterbrechungsvorgang abhängt.

früheren Modellen. Als Deckschicht übertreffen Gase unter Druck das Petroleum und den Alkohol.

Alle mechanischen Unterbrecher erfordern zur Erzielung der erwünschten primären und damit sekundären Stromkurvendeformation die Anwendung eines parallel zur Unterbrecherstelle geschalteten Kondensators. Alle Quecksilberunterbrecher benötigen zu ihrem Betrieb einen eigenen Motor. Sie haben rotierende Teile, die der Abnutzung unterliegen.

Unterbrecher nach Wehnelt.

Ohne Kondensator — in Verbindung mit der Walterschaltung die zum Betrieb der Röntgenröhre nötige Kurvendeformation des Sekundärstroms bewirkend — ohne bewegte Teile arbeitend, in ihrem Aufbau äußerst einfach, an Leistungsfähigkeit alle anderen Unterbrecherarten übertreffend, sind die elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt und Simon, die für diagnostische Zwecke besten Stromunterbrechungsvorrichtungen, die wir kennen.

Diese Unterbrecher sind elektrolytische Zellen. Beim Stromunterbrecher von Wehnelt (Abb. 30) tauchen als Elektroden ein mit seinem oberen Ende in einen Bleistab eingeschmolzener Platinstift und eine Bleiplatte in verdünnte

Schwefelsäure. Der Platinstift ist mit dem positiven, die Bleiplatte mit dem negativen Pol der Stromquelle zu verbinden. Bleistab und Platinstift können wechselnd weit in eine isolierende Porzellanhülse zurückgezogen werden. Von der Länge des Platinstiftes, d. h. von der Größe seiner Berührungsfläche mit dem Elektrolyten, hängt die Wirkung jeder einzelnen Stromunterbrechung ab. Schaltet man diese Vorrichtung mit einem Induktor in Serie und schließt den Gleichstromkreis, so unterbricht der Wehnelt den Strom automatisch eine Anzahl von Malen.

Dem Wehnelt ähnlich arbeitet der Simon-Caldwellsche Unterbrecher. In ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäß ragt eine Bleiplatte und — in einem Porzellanrohr mit veränderlicher Öffnung am unteren Ende — eine stabförmige Bleielektrode. Im Gegensatz zum Wehnelt ist es gleichgültig, welche Elektrode positiv und welche negativ ist. Die Stromunterbrechung erfolgt an der Öffnung im Porzellanrohr, deren Weite für den Unterbrechungsvorgang von derselben Bedeutung ist, wie die Länge des Platinstiftes beim Wehnelt.

Die physikalischen Vorgänge bei der Stromunterbrechung im Elektrolyten finden verschiedene Deutung. Man darf sie wohl mit Ludewig so auffassen, daß infolge der Zusammendrängung der Strombahn auf engem Querschnitt (um den Stift beim Wehnelt, in der Öffnung beim Simon) es nach Stromschluß zu einer Erhitzung und fast momentanen Verdampfung des Elektrolyten kommt. Zudem findet beim Wehnelt noch eine elektrolytische Gasabscheidung an der Anode statt, die beim Simon-Caldwell nicht zustande kommt. Dampf und beim Wehnelt noch elektrolytisch abgeschiedenes Gas bilden eine Hülle um die Anode, diese isolierend, den Strom unterbrechend. In der Primärspule des Induktors ruft diese plötzliche Stromunterbrechung einen dem unterbrochenen Strom gleichgerichteten Extrastrom hervor, der vermöge seiner Spannung die Gashülle um die Anode durchschlägt, sie beiseite schleudert, ein Vorgang, der mit einer Lichterscheinung und knallendem Geräusch verbunden ist. Der Elektrolyt berührt danach wieder den Platinstift beim Wehneltschen Unterbrecher, füllt das Diaphragma beim Simonschen wieder, der Strom wächst an, das Spiel wiederholt sich. Die unterbrochene Stromstärke wächst beim Wehnelt mit der Länge des Anodenstiftes, beim Simon mit der Größe des Diaphragmas, gleichzeitig nimmt die Unterbrechungszahl ab. (Es dauert länger bis durch den gleichen Strom eine größere Menge des Elektrolyten gasförmig umgeformt wird.)

Die Zahl der Unterbrechungen beim Elektrolyten übertrifft die der besten Quecksilberunterbrecher bei weitem. Im übrigen nützt man nicht die volle Möglichkeit der Unterbrechungsbeschleunigung aus. Es ist zweckmäßig zu Erzielung einer Leistung eine geringere Zahl energischer Stromstöße durch die Röhre zu schicken, als eine große Zahl wenig energischer. Folgen sich die Entladungen in der Röhre zu rasch, so hat die Röhre ihren Widerstand, den sie dem Strom entgegensetzt, und den der erste Durchbruch herabsetzte, noch nicht voll wiedergewonnen. Die dem vorausgegangenen Öffnungsstromstoß folgende Schließungsspannung findet geringeren Widerstand; es kommt unter Umständen zu einem Spannungsausgleich durch die Röhre. Bei Durchleuchtungen genügen 30—40 Stromunterbrechungen in der Sekunde, um ein ruhiges Leuchten des Schirmes zu ergeben.

Der Wehneltsche Unterbrecher hat dem Simonschen gegenüber den Nachteil größere Schließungsinduktion, den Vorteil größere Energien zu liefern. Stärkere Belastungen der elektrolytischen Unterbrecher erhöht die Wirkung der einzelnen Unterbrechung nicht, vergrößert nicht die jedesmalige primäre Öffnungsstromstärke. Stärkere Belastung — durch Ausschaltung von Widerstand — erhöht vielmehr nur die Anzahl der Unterbrechungen in der Zeiteinheit. Der Verlauf der Extrastrome in der Primärspule, d. h. der Bau des Induktors ist für die Stromunterbrechung im elektrolytischen Unterbrecher von besonderer Bedeutung. Die Selbstinduktion in der Primär-

spule muß groß genug sein, um bei der raschen Stromöffnung eine Spannung zu erreichen, die genügt, die Gasblase um die Anode zu durchschlagen und beim Betrieb weicher Röhren die Schließungsinduktion nicht zu hoch werden zu lassen. Andererseits darf sie wieder nicht zu hoch sein, um nicht den Einsturz des Kraftfeldes unnütz zu verlangsamen. Wir wissen ja, daß die Spannung des sekundären Öffnungsstromes um so größer ist, je rascher der Einsturz des Magnetfeldes erfolgt.

Die besonderen Anforderungen der elektrolytischen Unterbrecher an veränderliche Extraströme verleihen der **Walterschaltung** bei Betrieb des Induktors mit elektrolytischen Unterbrechern erhöhte Bedeutung.

In der praktischen Röntgenologie verwendet man elektrolytische Unterbrecher — besonders den Wehneltschen — mit mehrfachen Anoden, die so in den Stromkreis eingeschaltet sind, daß sie einzeln oder zusammengebraucht werden können (Abb. 30). Sowohl der einfache Wehnelt wie der einfache Simon arbeiten gut nur solange die Stromstärke eine bestimmte Höhe nicht überschreitet. Parallelschaltung mehrere Stifte beim Wehnelt, mehrere Diaphragmen beim Simon, gibt bei größeren Stromstärken bessere Unterbrechungen, ermöglicht Gewinnung höherer Stromstärken (Rosenthal, Rieder, Groedel). So läßt sich jede gewünschte Belastung — in Verbindung mit den nötigen Widerständen — und jede gewünschte Kurvenform des Sekundärstroms erzielen; letzteres besonders bei Benützung des Rosenthalschen Universalinduktors, bei dem auch die Sekundärspule nach Art der Walterschaltung unterteilt ist. Gerade beim Betrieb von Induktionsapparaten mit elektrolytischen Unterbrechern tritt nach Untersuchungen von Rosenthal und Ludwig eine wesentliche Veränderung der Stromkurven auf durch Rückwirkung der Sekundärströme auf die primären und das magnetische Feld. Unterteilung der Sekundärspule und Parallelschaltung ihrer einzelnen Teile ermöglichte Rosenthal auch bei Verwendung schneller Unterbrechungen, stromstarke, schließungsstoßfreie Entladungen hoher Spannung durch die Röntgenröhre zu schicken ohne diese zu schädigen. Die Öffnungsinduktionskurven sind unter solchen Betriebsbedingungen ganz besonders von großer Höhe und geringer Breite bei verhältnismäßig großen Zwischenräumen zwischen den einzelnen Stromstößen, zeigen also die für einen zweckmäßigen Röhrenbetrieb nach bisherigen Erfahrungen günstigste Form.

Die Frage, welche Unterbrecherart im Induktorbetrieb bei vorhandenem Gleichstrom die beste sei, ist nicht ohne weiteres zugunsten des einen oder anderen zu beantworten. Ausführlicher auf diese Frage einzugehen, ist hier nicht möglich. Bei genügender Stromstärke und Spannung haben die Elektrolytunterbrecher, besonders wenn auch schnellste Aufnahmen herzustellen sind, und wenn man die Wartung auf ein Minimum reduzieren will, für die Röntgen-diagnostik unbedingte Vorzüge ohne nennenswerte Nachteile.

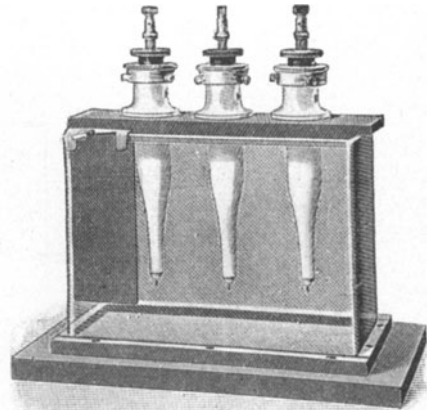


Abb. 30. Wehnelt-Unterbrecher mit 3 Platinstiften.

Für intensive Bestrahlungen aber von langer Dauer haben sich die Gasunterbrecher sehr bewährt wegen der relativ geringen benötigten Stromstärke, die zu einer geringeren Erwärmung des Instrumentariums führt.

Mit modern gebauten magnetkräftigen, d. h. eisenreichen Induktoren, die imstande sind, für kurze Zeit hohe Belastungen aufzunehmen, gelangen neuerdings unter Verwendung von Verstärkungsschirmen die sog. Einzelschlag-aufnahmen bestimmter Körperteile. Der induzierende Einzelschlag ist eine mit schußartiger Plötzlichkeit erfolgende Unterbrechung eines Primärstromes hoher Stärke. Die Stromöffnungen erfolgen bei verschiedenen Apparaten dieser Art nach verschiedenen Methoden (z. B. durch Schmelzen von Drähten bestimmter Dicke, die in den Primärkreis eingeschaltet sind, sobald der Strom

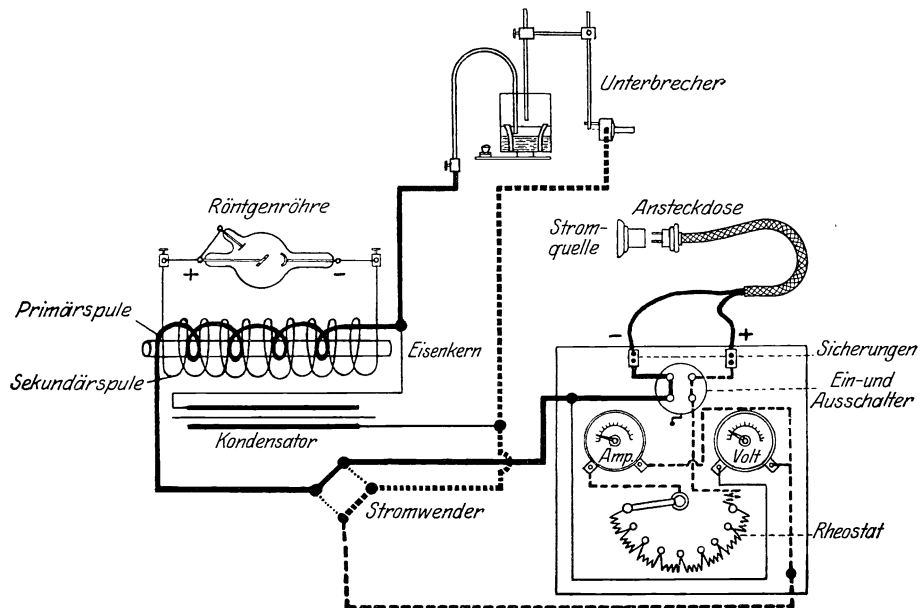


Abb. 31. Schema I. Induktorbetrieb mit mechanischem Unterbrecher (nach Gocht).

eine gewisse Stärke erreicht hat (Dessauer), oder durch rasches Herausziehen eines Metallstiftes aus Quecksilber (Klingelfuß), wobei besondere Vorrichtungen getroffen sind zur Unterdrückung des in diesem Fall starken Öffnungsfunkens (Reiniger, Gebbert u. Schall, Groedel). Quecksilber und Metallstift sind Elektroden. Dem Einzelschlag im Primärstromkreise entsprechen im Sekundärkreis elektrische Schwingungen mit kleiner werdender Amplitude. Ballistische Messungen mit bestimmten Einzelschlagapparaten sollen einen Röhrenstromstoß von 1400 Milli-Ampère unter normalen Verhältnissen, als Höchstmaß von 4000—5000 Milli-Ampère ergeben haben. Der Primärstrom stieg in solchen Fällen in etwa 1—3 Sekunden auf 60 Ampère an und fiel dann mit größter Schnelligkeit auf Null ab. Diese Blitzapparate erfordern — es handelt sich um mechanische Unterbrechung — Kondensatoren, die parallel zur Blitzpatrone geschaltet sind.

Rosenthal verwendet zur möglichst kurzzeitigen Aufnahme von Körper-teilen die vorzügliche Unterbrechung des Wehnelt-Unterbrechers und beschränkt die Zahl der Unterbrechungen (je nach dem aufzunehmenden Gegenstand) durch einen mehr oder weniger dicken, von Luft umgebenen Schmelzdraht.

Das Durchschmelzen des letzteren hat also hierbei nicht den Zweck, einen Induktionsstrom hervorzurufen (wie bei dem oben erwähnten Dessauerschen Blitzapparat), sondern ausschließlich den, die Zahl der weit besseren Unterbrechungen des Wehnelt-Unterbrechers nach Belieben zu wählen; es ist hierbei kein Kondensator parallel zur Blitzpatrone zu schalten.

Das vorteilhafte Anwendungsgebiet der Einzelschlagaufnahmen bildet die Umrißdarstellung bewegter innerer Organe, ohne indessen selbst hier Erfordernis zu sein. Für Einzelschlagaufnahmen gilt das früher über Verstärkungsschirmbilder Gesagte.

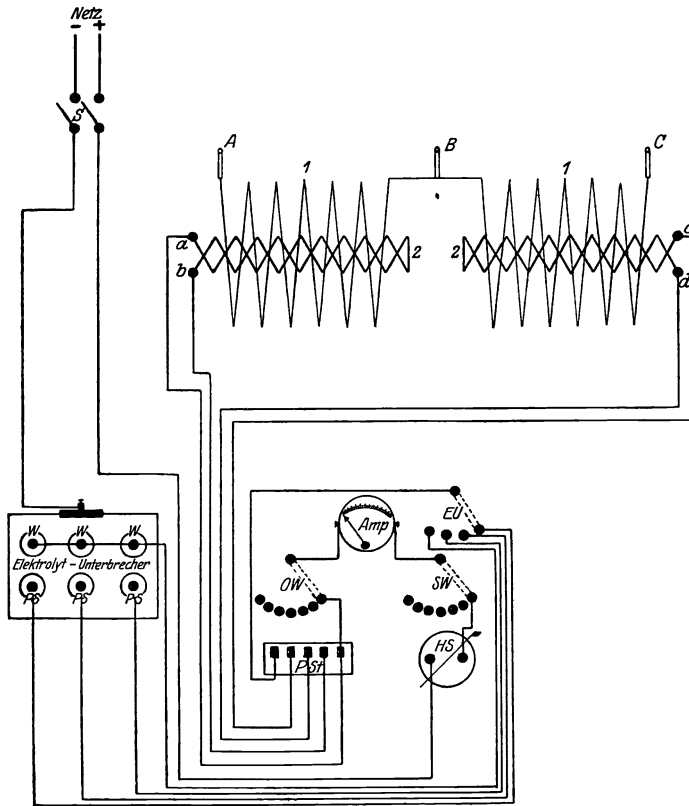


Abb. 32. Schema II. Rosenthalscher Universalinduktor, Bauplan und Stromverlauf.

Nebenstehendes Schema I (nach Gocht) gibt die Verhältnisse wieder, wie sie bei einfacher Anordnung für Induktorbetrieb unter Verwendung eines mechanischen Unterbrechers zutreffen. Als Unterbrecher ist der Einfachheit halber ein Quecksilberstiftunterbrecher eingezeichnet; für einen Turbinenunterbrecher gelten die gleichen Verhältnisse. Die Primärspule ist einfach, nicht nach Walter unterteilt.

Schema II veranschaulicht Bauplan und Stromverlauf des Rosenthalschen Universalinduktors, Type II und III. A, B, C sind die Ableitungen der Sekundärwicklung. Die Teile der Sekundärspule können in verschiedener Weise zueinander geschaltet werden. a, b, c, d sind die Enden der — unterteilten — Primärwicklung. Der Eisenkern ist der Übersichtlichkeit und

Regulierwiderstand. Die Bauart soll ein Übertreten von Schwingungen aus der Funkenstrecke in die Röntgenröhre mit der dadurch bedingten Herabsetzung des Stromwiderstandes in ihr ausschalten. Die Schwingungen werden in den Windungen der Sekundärspulen abgedrosselt. Ebenso fließt die elektrische Aufladung von den Metallteilen der Röntgenröhre auf die Metallmasse der Sekundärspule ab. Die Funkenstrecke ist eine geschlossene Gasfunken-

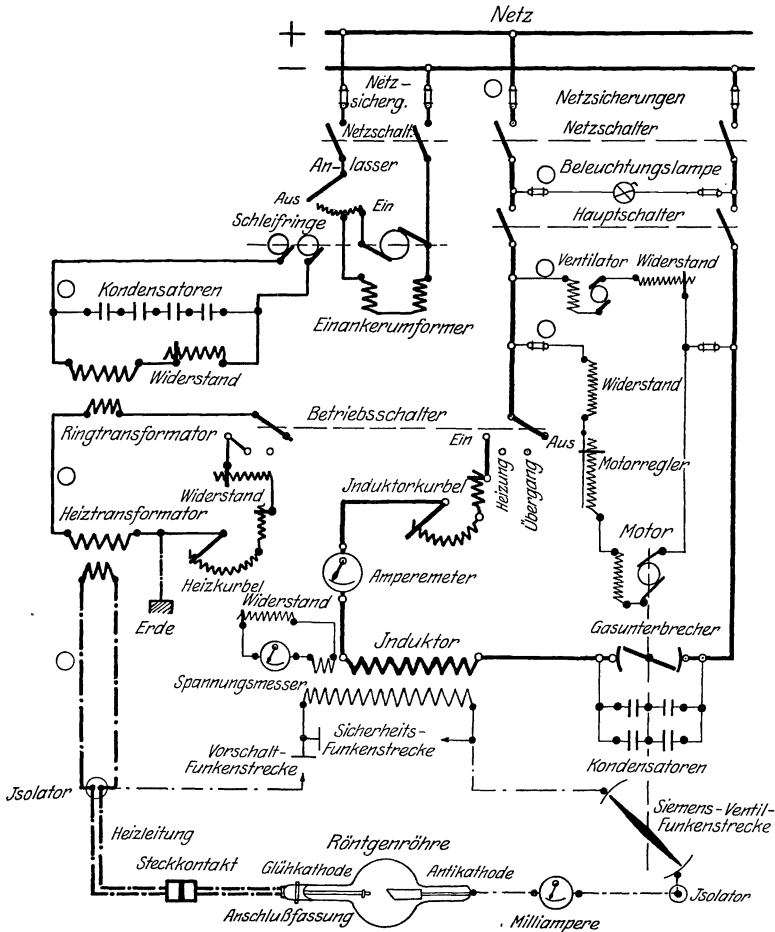


Abb. 35. Schema des Stromverlaufs beim Ölinduktor der Firma Siemens & Halske.

strecke mit großer Schlagweite. Das Instrumentarium ist mit großen Kondensatoren ausgestattet. Der Regulierwiderstand des Primärstromes liegt parallel zur Stromquelle; damit soll in den Primärwickelungen ablaufenden elektrischen Schwingungen ein Ausgleichweg geschaffen werden.

Ein Induktorsinstrumentarium hervorragender Leistung für therapeutische Zwecke, besonders Tiefentherapie, ist der Ölinduktor der Firma Siemens & Halske (Abb. 34). Als Isolier- und Kühlmateriale der Sekundärspule ist zähes Öl verwandt. Der Induktor wird mit Quecksilberturbinenunterbrecher betrieben. Eine Zusatzeinrichtung ermöglicht die Verwendung von Elektronenröhren. Das obenstehende Schema veranschaulicht den Strom-

verlauf im Instrumentarium: die rechte Seite den des Induktors, die linke des Betriebsstroms für den Heiztransformator der Coolidgeöhre (Abb. 35, Schema).

Hochspannungsgleichrichter.

Die Spannungskurve des mit Hilfe eines Induktors und Unterbrechers aus pulsierendem Gleichstrom erzeugten sekundären Wechselstromes, ist, wie wir gesehen haben, deformiert. Aus dem Wechselstrom ist praktisch pulsierender Gleichstrom hoher Spannung geworden. Beim gewöhnlichen Wechselstrom erfolgen Stromanstieg und Abfall vollkommen gleichmäßig. Infolgedessen verläuft die Spannungskurve eines in einem Funkenttransformator induktiv erzeugten hochgespannten sekundären Wechselstroms auch gleichmäßig für beide Stromphasen; dieser Stromverlauf ist, wie bereits mehrfach hervorgehoben wurde, zum Betrieb von Röntgenröhren ungeeignet.

Röntgen selbst hat in seiner zweiten Mitteilung eine Bikathodenröhre angegeben, die mit hochgespanntem Wechselstrom zu betreiben sei. Die direkte Verwendung des Wechselstromes zum Röhrenbetrieb hat aber erst in neuester Zeit praktische Bedeutung gewonnen.

In der Elektrotechnik sind seit langem Vorrichtungen bekannt, welche die negativen Wellen eines Wechselstromes in die positive Richtung umdrehen: Die mechanischen Gleichrichter. Gleichrichter entfalten bei Wechselstromanschluß die Wirkung der jedem Arzt bekannten Stromwender; sie schalten die negative Wechselstromwelle im Augenblick ihres Durchganges durch den Nullpunkt in die positive Phase um. Aus dem hochgespannten Wechselstrom wird ein hochgespannter pulsierender Gleichstrom, dessen Spannungsverlauf sich jedoch von dem des im Sekundärstromkreis eines Induktors pulsierenden Stroms unterscheidet.

Den Vorgang der Aufrichtung der nach unten gerichteten Welle eines Wechselstromes (negative Welle) nach der positiven Seite durch den mechanischen Gleichrichter stellt folgende Abbildung 36 dar (nach Gocht).

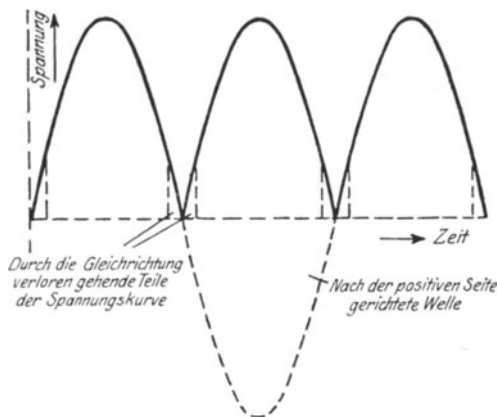


Abb. 36. Stromkurve beim Hochspannungsgleichrichter.

Die Kurvenform beim Betrieb einer Röntgenröhre mit Hochspannungsgleichrichter veranschaulicht Abb. 37, mit Induktor und Unterbrecher (Abb. 38). Die ausgezogene Linie kennzeichnet den

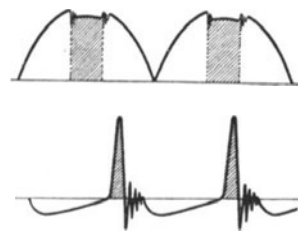


Abb. 37 u. 38. Stromkurve beim Hochspannungsgleichrichter (oben), bei Induktor und Unterbrecher (unten).

Spannungsverlauf, das schraffierte Feld den Stromdurchgang durch die Röhre. Beim Hochspannungsgleichrichter ist die Durchgangszeit des Stromes durch die Röhre länger (mehr runde, flache Kurven). Beim Induktorbetrieb erfolgt der Stromdurchgang in Form einzelner energischer, kurzdauernder Stöße

(steile, schmale, nach oben gerichtete Zacken der Kurve); die verkehrte Welle ist flach und wirkungslos.

Durchfließt ein pulsierender Gleichstrom, transformiert aus Wechselstrom, einen gewöhnlichen Widerstand, dann steigt die Stromspannung bis zu einem Maximum und fällt wieder auf Null, bis ein neuer Stromstoß beginnt; der Strom fließt sofort nach Stromschluß. Die Röntgenröhre als Durchbruchwiderstand läßt einen sofortigen Stromfluß nach Stromschluß nicht zustande kommen. Stromfluß tritt erst ein, wenn der Strom, der die Röhre betreiben soll, die Röhrendurchbruchsspannung erreicht hat. Dann ergießt sich die angesammelte Elektrizität mit heftigem Stoß durch die Röhre. Das Spannungsmaximum wird also kurz nach dem Röhrendurchbruch erreicht; dann fließt der Strom eine Zeitlang mit der Spannung des Transformators, bis die Stromspannung unter die Röhrenbetriebsspannung sinkt, womit der Stromfluß plötzlich aufhört. So erleidet auch beim Gleichrichterbetrieb die Kurve des Röhrenbetriebsstromes durch die Eigenart der Röntgenröhre als Durchbruchwiderstand eine „Deformation“.

Aber während beim Induktorbetrieb der Stromfluß durch die Röhre in Form einzelner, mit Hilfe des Unterbrechers an Zahl wechselbarer, kurzdauernder, heftiger Stromstöße erfolgt, die durch verhältnismäßig lange Pausen voneinander getrennt sind, erfüllt die Arbeitszeit der Röhre beim Gleichrichterbetrieb im allgemeinen größeren Teil der Stromschlußzeit zwischen zwei Wechsell, mit geringen Schwankungen der Röhren gegeneinander mit deren Härten.

Bei den gewöhnlichen Wechselstromzentralen beträgt die Zahl der Polwechsel des Stroms 100 in der Sekunde; d. h. es würden in der Sekunde 100 gleichgerichtete Stromstöße die Röntgenröhre durchfließen, eine Zahl, die rasch zum Röhrenruin führen würde, weshalb sie in der modernen Gleichstrommaschine — zur Röhrenschonung bei Durchleuchtungen — auf 50, neuerdings sogar auf 25 in der Sekunde zurückgeführt werden kann.

Wechselstromtransformatoren haben im Primärkreis einen in sich geschlossenen Eisenkern. Die Anwendung eines kurzgeschlossenen Eisenkernes bei Wechselstromtransformatoren hat den Vorteil, daß solche Eisenkerne für die gleichen magnetisierenden Stromstärken erheblich höheren Magnetismus annehmen, als die stabförmigen Eisenkerne. Der stabförmige Magnet indessen liefert beim Induktorbetrieb höhere Spannung als der kurzgeschlossene, weil der geschlossene Eisenkern zu große Trägheit besitzt, um den äußerst raschen Änderungen der induktiven Einflüsse, die der Unterbrecherbetrieb bedingt, zu folgen.

Die schematische Darstellung eines Transformators mit kurzgeschlossenem Kern gibt Abb. 39 wieder (nach Walter). S ist die Sekundärspule, H das isolierende Hartgummirohr zwischen Sekundär- und Primärspule, E ist der kurzgeschlossene Eisenkern.

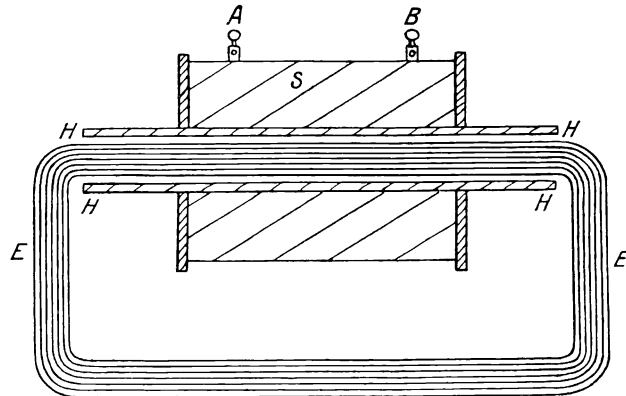


Abb. 39. Wechselstromtransformator mit kurzgeschlossenem Kern.

Die schematische Darstellung eines Transformators mit kurzgeschlossenem Kern gibt Abb. 39 wieder (nach Walter). S ist die Sekundärspule, H das isolierende Hartgummirohr zwischen Sekundär- und Primärspule, E ist der kurzgeschlossene Eisenkern.

Die Höhe der Sekundärstromspannung im Wechselstromtransformator hängt einmal von der Polwechselzahl der Maschine ab. Dies erklärt sich aus der früher erwähnten Tatsache, daß die Höhe der Induktionswirkung auf die Sekundärspule mit der Geschwindigkeit des Anstiegs und Niederbruchs des primären Magnetfeldes steigt. Die Magnetfeldänderung erfolgt bei langsamem Wechsel, d. h. langsamem Stromanstieg und Stromabfall natürlich langsamer. Dann ist das Übersetzungsverhältnis im Transformator für die Sekundärstromspannung maßgebend. Auch der Wechselstromtransformator hat nach Art der Walterschaltung eine veränderliche Primärspule, um die Sekundärstromspannung verschiedenen Röhrenhärten anpassen zu können.

Das bei richtigem Arbeiten des Synchronmotors schließungslichtfreie Arbeiten und die Einfachheit der Bedienung sind schätzenswerte Eigenschaften

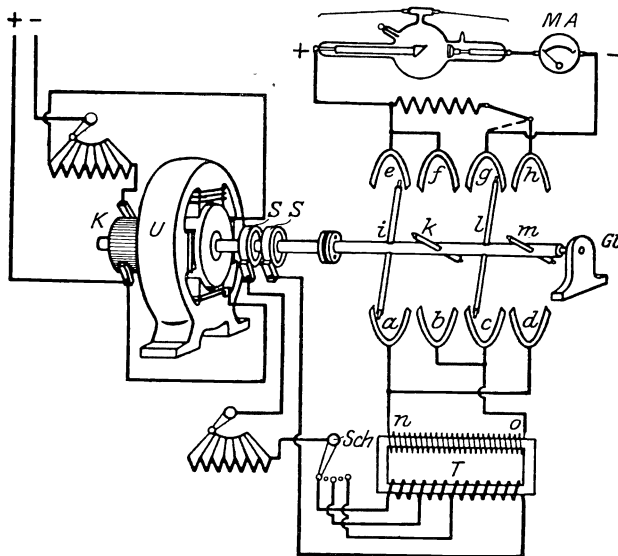


Abb. 40. Wirkungsweise und Stromverlauf eines Hochspannungsgleichrichters bei Gleichstromanschluß.

der modernen Gleichrichterapparate; sie sind bei zentralem Wechselstromanschluß die Apparate der Wahl.

Die hohe Schätzung schließungslichtfreien Röhrenbetriebes ohne Ventilvorrichtungen auch bei hohen Röhrenbelastungen, wie sie zu kurzzeitigen Aufnahmen nötig sind, führte dazu bei Gleichstromanschluß den Gleichstrom mittelst eines Gleichstrom-Wechselstromumformers in Wechselstrom umzuwandeln, diesen dann im Transformator hoch zu spannen und den hochgespannten Wechselstrom durch einen von der Achse des Gleichstrom-Wechselstromumformers angetriebenen Hochspannungsgleichrichter in hochgespannten pulsierenden Gleichstrom zu transformieren. Als erste hatten Koch und Stertzel schon im Jahre 1903 in ihrem Röntgentransverter dem unterbrecherlosen Wechselstrombetrieb Eingang in die Röntgenologie zu verschaffen gesucht; zunächst ohne viel Glück. Eine ähnliche Idee des Amerikaners Lemp aus dem Jahre 1897 fand in der praktischen Röntgenologie keine Anwendung.

Erst der Amerikaner Snook vermochte die Idee praktisch durchzusetzen. Seitdem haben die Gleichrichterapparate weite Verbreitung gefunden, in Deutsch-

land besonders in den ausgezeichneten Modellen der Firmen Koch und Stertzel, Reiniger, Gebbert u. Schall, Seiffert, Siemens u. Halske, Veifa und anderen. Nebenstehendes Schema (Abb. 40) veranschaulicht Wirkungsweise und Stromverlauf eines Hochspannungsgleichrichters (aus Gocht, Handbuch der Röntgenlehre) bei Gleichstromanschluß.

Auf der Ankerwelle des Umformers U sitzt links der Kollektor (K) als Empfänger des Gleichstromes. Die beiden Schleifringe SS sind mit diametral

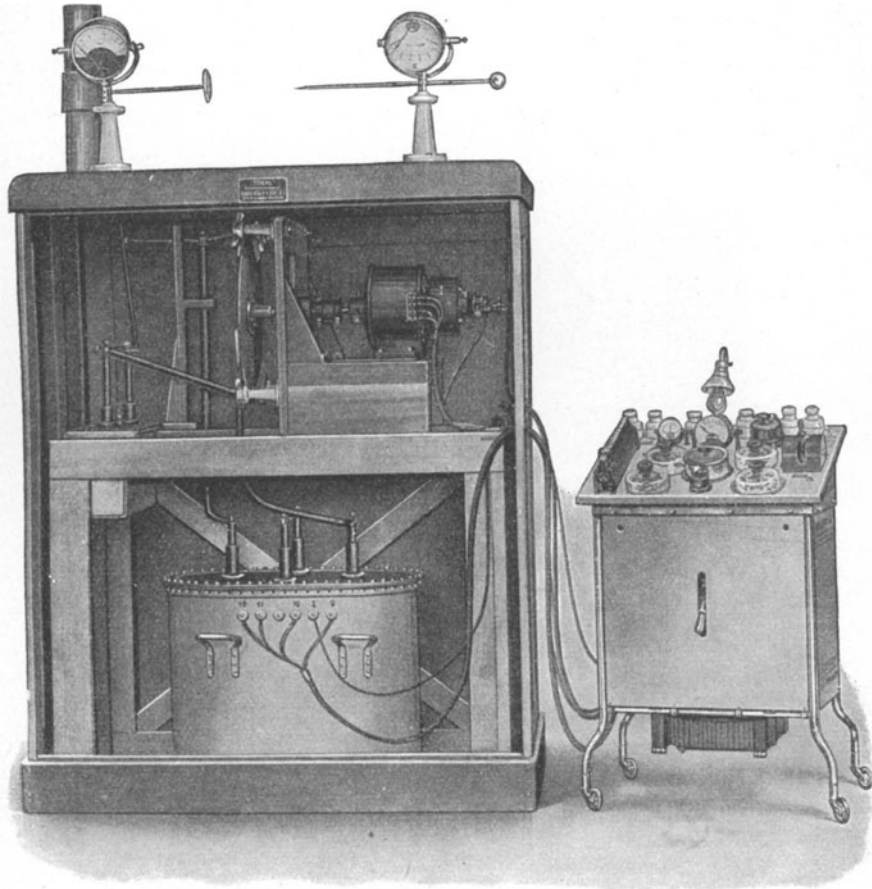


Abb. 41. Ideal-Apparat der Firma Reiniger, Gebbert und Schall.

gegenüber liegenden Punkten der Ankerwicklung des Umformers verbunden und nehmen einphasigen Wechselstrom ab. In die Minusleitung ist ein als Anlasser ausgebildeter Widerstand eingeschaltet, der den Umformer langsam auf volle Tourenzahl bringen läßt. An den Schleifringen SS verläßt der Wechselstrom den Umformer und erreicht durch Regulierwiderstand und die verstellbare Walterschaltung den Transformator (T). Der Transformator besitzt geschlossenen Eisenkern. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators und damit die Wirkung des sekundären Stromes läßt sich durch die Walterschaltung in der früher geschilderten Weise ändern. Wird das Übersetzungsverhältnis zwischen Primär- und Sekundärspule vergrößert, dann erhält man sekundär höhere Spannung.

Der hochgespannte Wechselstrom des Transformators erreicht dann den Gleichrichter (Gl), der auf einer Achse aus Isoliermaterial vier rechtwinkelig zu ihr stehende Stäbe trägt, die bei Rotation der Achse mit den Enden nahe an zwei Reihen von Metallsegmenten vorbeistreifen. Von den dem Transformator nahen (im Bild unteren) Segmenten sind je die beiden äußeren und inneren miteinander verbunden und liegen paarweise an einem sekundären Transformatorpol. Die beiden linken oberen Segmente sind untereinander verbunden und führen durch Leitung den Strom zum Pluspol der Röhre. Vom dritten

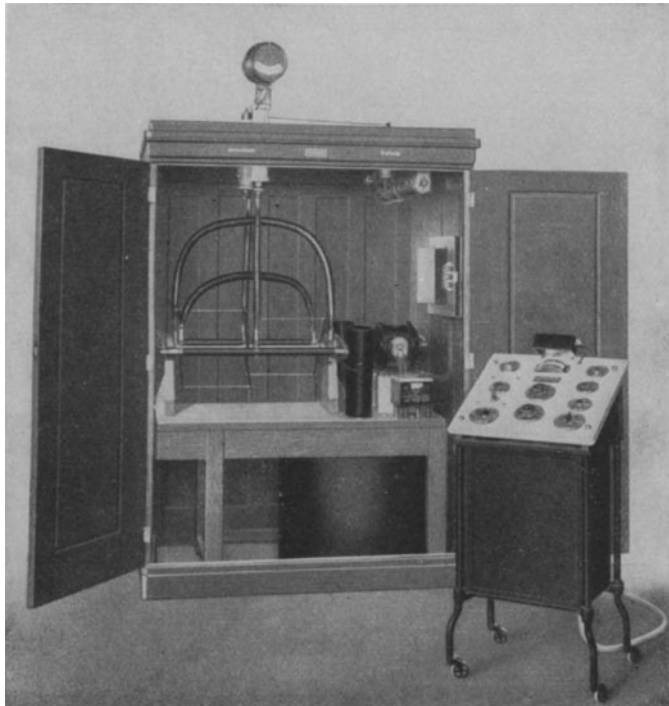


Abb. 42. Diagnostischer Gleichrichterapparat von Siemens und Halske für den Betrieb von Ionenröhren.

oberen Segment führt der Strom über ein Milliampèremeter zum negativen Röhrenpol. Das letzte obere Segment kann durch verstellbaren leitenden Hebel mit dem dritten Segment oder einem Hochspannungswiderstand verbunden werden, so daß man den Strom — je nach dem Hebelstand — der Röhre zuführen oder in dem Hochspannungswiderstand wirkungslos für die Röhre machen kann, so daß dann die Röhre nur mit der halben Impulszahl betrieben wird.

In der Art der Durchführung des geschilderten Prinzips, in der Anordnung der Teile und der äußeren Aufmachung sind Gleichrichter verschiedener Herkunft verschieden; ihrem Wesen nach gleichen sie sich.

Bei Anschluß an Wechsel- oder Drehstromzentralen wird die synchrone Drehung des Gleichrichters durch einen selbstanlaufenden Synchronmotor bewirkt. Abb. 41 zeigt den Idealapparat von Reiniger, Gebbert und Schall zum Anschluß an Wechselstrom. Unter dem Tisch steht der Transformator,

auf dem Tisch der Gleichrichter mit Antriebsmotor. Links auf dem Schranke ein Heiztransformator für Coolidge-Röhrenbetrieb.

Beim Siemens-Diagnostikapparat (Abb. 42) mit Hochspannungsgleichrichter wird der für den Betrieb nötige Wechselstrom dem Netz oder einem Einankerumformer entnommen und durch einen Transformator auf die erforderliche Hochspannung gebracht. Dieser Hochspannungstransformator ist im Schrank aufgestellt. Er ist mit Öl isoliert und für sekundäre Hochspannung von 120 000 Volt Effektivwert (Spitzenwert 170 000 Volt) gebaut.

Über dem Transformator ruht auf einem Holztisch der Hochspannungsgleichrichter mit seinem Antriebsmotor. Er verwandelt den Wechselstrom in intermittierenden Gleichstrom, indem er nach jeder Halbperiode den Strom wendet, so daß die positive und die negative Halbwelle des vom Transformator sekundär erzeugten Wechselstromes in demselben Sinne in der Röntgenröhre wirksam werden.

Bei Anschluß an ein Wechselstromnetz wird der Gleichrichter durch einen Synchronmotor angetrieben.

Bei Gleichstromanschluß wird der benötigte Wechselstrom in einem Einankerumformer erzeugt, der zugleich als Antriebsmotor für den Gleichrichter dient.

Sowohl bei Wechsel- wie bei Gleichstromanschluß muß der Gleichrichter so eingestellt werden, daß die Stromwendung im Nullwert der Hochspannungskurve erfolgt. Am Gleichrichter läßt sich eine einfache Einrichtung anbringen, durch die es möglich ist, nach Belieben die eine Halbwelle auszuschalten.

Eine weitere Type ist für den Betrieb von Glühkathoden- und gashaltigen Röhren eingerichtet und unterscheidet sich von der eben beschriebenen nur dadurch, daß Zusatzapparate für die Heizung von Glühkathoden eingebaut sind.

Ein Umformer neuartiger Konstruktion, in erster Linie für Tiefentherapie gebaut, ist der „Intensiv-Reform“-Apparat von Dessauer, der Veifa-Werke Frankfurt-Aschaffenburg.

Zweck beim Bau war die Erzielung höchster Stromspannungen (200 000 Volt und darüber) in angestrengtem Dauerbetrieb. Sicherheit der Isolation der Hochspannungstransformatoren erreichte Dessauer in der in nachstehendem Schema wiedergegebenen und folgendermaßen beschriebenen Weise:

„Die Durchschlagsbeanspruchung wird durch Anwendung besonderer Hilfstransformatoren oder durch Verwendung einer besonderen Anordnung der Magnetisierungsspule gegenüber den bekannten Baumethoden auf die Hälfte reduziert. Das nebenstehende Beispiel ist mit Hilfstransformatoren H_1 und H_2 , mit einem Übersetzungsverhältnis von ca. 1/1 ausgestattet. Von diesen Hilfstransformatoren H_1 und H_2 werden die eigentlichen Hochspannungstransformatoren T_1 und T_2 primärseitig gespeist. Die Hochspannungstransformatoren werden am Punkte c miteinander verbunden und geerdet. An den Punkten d und e sind die Sekundärspulen der Hochspannungstransformatoren mit ihren Primärspulen und damit auch gleichzeitig den Sekundärspulen der Hilfstransformatoren leitend verbunden.“

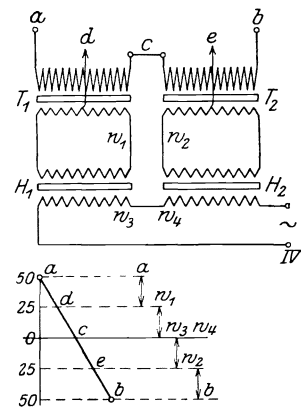


Abb. 43. Schema u. Spannungsdiagramm des Hochspannungstransformators von Dessauer.

Wie aus dem Spannungsdiagramm (Abb. 43) hervorgeht, herrscht z. B. bei 100 kV sekundärer Klemmenspannung zwischen a (+ 50 kV) und b (- 50 kV) eine Potentialdifferenz von 100 kV, die bei d und e + bzw. - 25 kV beträgt

und sich infolge Spannungsausgleiches den Kreisen W_1 und $W_2 = +$ bzw. $- 25$ kV teilt. Zwischen dem Punkt a und dem Kreis W_1 , zwischen b und W_2 , wie auch zwischen $W_1 - W_3$, $W_2 - W_4$, $c - W_1$, $c - W_2$ beträgt die Potentialdifferenz bzw. Beanspruchungsspannung immer nur 25 kV, so daß also trotz der Endspannung von 100 kV die Isolation nie höher als für 25 kV beansprucht wird.

Die Transformatoren werden an Wechselstrom, den man direkt oder durch Umformung aus Gleichstrom bezieht, angeschlossen. Die Gleichrichter sind Nadelschalter, die durch eine Antriebsmaschine synchron gedreht werden.

Zum Apparat gehören noch die Reguliervorrichtungen, der Heiztransformator für Coolidgebetrieb und die Hochspannungsleitung. Der Apparat

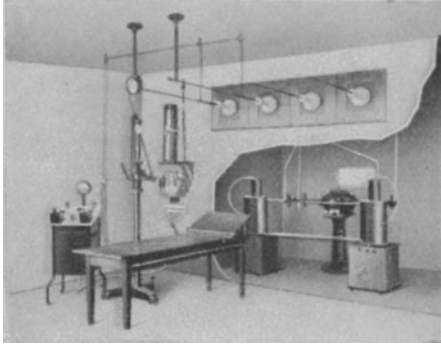


Abb. 44. Gesamtansicht des Intensiv-Reform-Apparates von Dessauer für Röntgentiefen-therapie.

findet, wenn möglich, in einem besonderen Maschinenraum Aufstellung (Abb. 44) oder wird — bei Aufstellung im Behandlungszimmer — mit Schrankumbau geliefert.

Der Apparat ermöglicht Mehrfachröhrenbetrieb. Er kann auch für Diagnostik verwendbar gemacht werden.

Ein kritischer Vergleich beider Betriebsarten, des Induktor- und Gleichrichterbetriebes, bei vorhandenem zentralem Gleichstromanschluß führt zu folgender Gegenüberstellung:

Beim Induktorbetrieb fließt der Sekundärstrom in einzelnen heftigen Stromstößen, die durch verhältnis-

mäßig lange stromfreie Intervalle voneinander getrennt sind, durch die Röntgenröhre.

Auf den besonderen Wert dieser Kurvenform des Sekundärstromes für die Erzeugung wirksamer Röntgenstrahlen hat Rosenthal aufmerksam gemacht.

Beim Gleichrichterbetrieb erfolgt jeder einzelne Stromstoß weniger intensiv und hat längere Flußzeit. Bei letzterer Art der Stromentladung wird die elektrische Energie zum nicht geringen Teil zur Erhaltung der Leitfähigkeit der Röhren verbraucht, ist die Ausbeute an wirksamen Röntgenstrahlen wenigstens bei schwacher Belastung des Instrumentariums (mit etwa zwei Milliampère Röhrenbetriebsstrom) geringer, wie Wertheim Salomonsohn bewiesen hat:

„Wenn ein Strom von ungefähr zwei Milliampères durch eine Röhre geht, während diese mit langsamen Unterbrechungen von einem Induktor in Wirkung gesetzt ist, erhielt ich 30% mehr Röntgenstrahlen als bei einem Strom von zwei Milliampères, der durch 110 Impulse eines Hochspannungsgleichrichters per Sekunde geliefert wird.“

Scheinen prinzipielle Dinge noch immer zugunsten des Induktorbetriebes — wenigstens in der Röntgendiagnostik — zu sprechen, so fragt es sich, ob nicht im praktischen Betrieb die Notwendigkeit von Unterbrechern und eventuell Ventilen bei hoher Belastung die Vorteile der sekundären Stromkurven im Induktorbetrieb überkompensieren. Die maschinelle Regelmäßigkeit des Umformerbetriebes hat etwas Bestechendes. Besonders in der Therapie ist die Sicherheit der Strahlendosierung nicht zu unterschätzen.

Aber es darf doch bezweifelt werden, ob ein gut gepflegter und eingestellter Quecksilbergasunterbrecher einem Hochspannungsgleichrichter nachsteht an Regelmäßigkeit der Arbeit. Die Frage der Ventile ist heute gelöst; wir besitzen sowohl Ionen- als Elektronenventile, die nur geringer Wartung bedürfen bei ausgezeichneter Funktion. Endlich ist im Müllerschen Elektronenrohr mit Siedekühlung für die Therapie eine Röhre gegeben, die auch am Induktor ohne Ventilvorrichtung gleichmäßig gut arbeitet.

Die Verschiedenartigkeit der Wirkung der verschiedenen Röhrenbetriebe findet in der Verschiedenheit der Sekundärstromkurven ihren Ausdruck; insofern kommt alles auf die Kurvenform des Sekundärstroms an.

Unterbrecherlose Apparate ohne mechanischen Hochspannungsgleichrichter.

Kondensatorapparate, die in bestimmter Anordnung an Stelle des Öffnungsstromstoßes des Induktors einen plötzlich einsetzenden Schließungsstoß benützen, haben in der praktischen Röntgenologie im Vergleich zu den beschriebenen

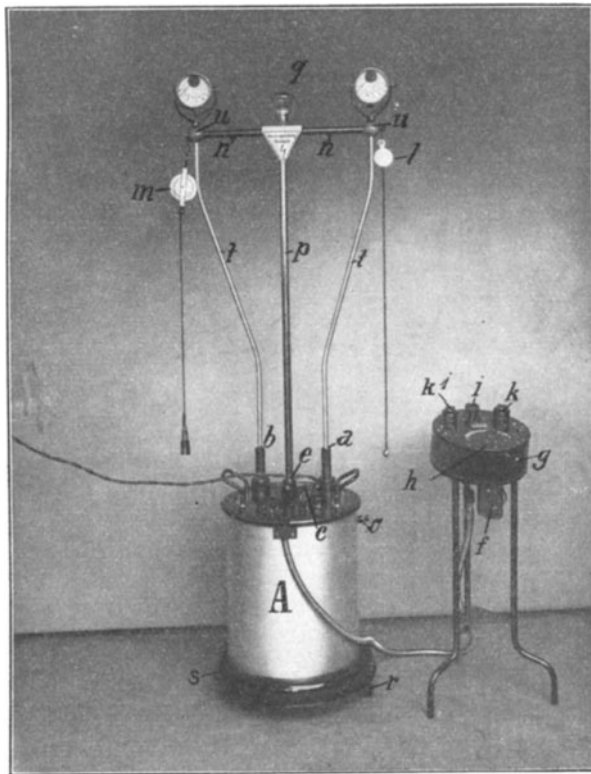


Abb. 45. Heliodor-Röntgenapparat der Reiniger, Gebbert und Schall-Verfawerke.

Modellen keine nennenswerte Bedeutung erlangt. Es darf deshalb hier von ihrer Beschreibung Abstand genommen werden.

Eine Tieftherapiemaschine „Hartstrahl“ wird von der Elektrizitätsgesellschaft „Sanitas“-Berlin neuerdings in den Handel gebracht.

Das Wesen und der Fortschritt beruhe in einer „Spezialdynamomaschine“ mit besonderer Stromkurvenform für Zwecke der Tiefentherapie“.

Die Apparatur bestehe nur aus Antriebsmotor, Spezialdynamo und Transformator.

Kommutierungs- und Unterbrechervorrichtungen fehlen, deshalb auch alle Schwingungserscheinungen und Durchschlagsgefahr. Die Sekundärstromkurve nähere sich der spitzen schmalen Kurve des Induktorbetriebes, ohne die Nachteile dieses Betriebes.

Auf neuen Gesichtspunkten, die durch die Erfindung der Glühkathodenröhre gegeben sind, beruht der Bau des „Heliodor-Apparates“ der Reiniger, Gebbert und Schall-Verfälscher.

Da die Glühkathodenröhre den ihr zugeführten hochgespannten Wechselstrom selbst gleichrichtet, kann man bis zu einer gewissen Belastung ohne weiteres den Unterbrecher, den Hochspannungsgleichrichter oder Ventilröhren entbehren. Beim „Heliodor“ ist ein eisengeschlossener Transformator in einen Öltopf eingebaut. Das Gehäuse des Transformators trägt einen leichten Kreuzmast mit den zur Voreinstellung des Röhrenbetriebsstroms nötigen Instrumenten (Heizstrom- und Milliampèremeter). Ein leichter tragbarer Reguliertisch, der durch ein langes Kabel mit dem Apparat verbunden ist, ermöglicht die Stromhandhabung. Bei Anschluß an ein Gleichstromnetz ist ein Gleichstrom-Wechselstromumformer entsprechender Bauart nötig.

Die vorstehende Abbildung veranschaulicht den äußeren Aufbau des Apparates.

Ein auf ähnlichen Grundsätzen beruhendes Instrumentarium wird von der Firma Siemens und Halske-Berlin gebaut.

Elektrische Hilfsapparate.

Der Schließung und Öffnung des induzierenden Primärstromes, seiner Kontrolle und Regulierung, der Messung des Sekundärstromes, dienen Hilfsapparate, auf deren Wichtigkeit hingewiesen werden muß. Genaue Schilderungen gehören nicht hierher. Sie finden sich in den Lehrbüchern der Elektrophysik. Nur Wesen und Bauplan dieser Hilfsapparate sei kurz gekennzeichnet.

Steckkontakte oder Schalter vermitteln den Anschluß der Apparate an die Zentrale.

Die Schaltapparate für Stromschluß und -Öffnung seien in ihren Größenverhältnissen und ihrer Isolation der Stromart und Spannung, mit der sie zu arbeiten haben, entsprechend gebaut.

Ampèremeter.

Zur Messung der primären Stromstärke verwendet man Ampèremeter, deren es verschiedene Arten gibt.

Die elektromagnetischen Meßinstrumente beruhen auf der Eigenschaft eines stromdurchflossenen Solenoids, Eisenkerne, die in seinem Lumen beweglich angeordnet sind, in sich hineinzuziehen. Je tiefer der Eisenkern bereits im Solenoid steckt, je mehr Kraftlinien durch das Eisen gehen, um so größer wird der Betrag der Anziehung, welcher der Einheit der Stromstärke entspricht. Der mit dem Eisenkern verbundene, über einer Skala ausschlagende Zeiger wird um so größere Ausschläge machen bei gleichem Stromzuwachs, je höher die Belastung des Instrumentes wird. Die Teilstriche der Skala eines elektromagnetischen Ampèremeters liegen zur Aufzeichnung immer desselben Stromzuwachses um so weiter auseinander, je höher die Ampèrezahl ist; die

elektromagnetischen Meßinstrumente haben ungleich geteilte Skala. Feine Messungen schwacher Ströme sind mit diesen Instrumenten nicht möglich.

Die Drehspulinstrumente nach dem System Deprez d'Arsonval, in der praktischen Röntgenologie alle anderen Arten von Strommessern an Bedeutung übertreffend, besitzen eine zwischen den beiden Polen eines permanenten Hufeisenmagneten drehbar angeordnete Spule, mit der ein Zeiger fest verbunden ist. Durchfließt der zu messende Strom die Spule, der er durch Polklemmen zugeleitet wird, dann entsteht um die Spule ein magnetisches Feld. Die Einwirkung der beiden Magnetfelder aufeinander — des permanenten Magneten und der Spule — führt zu einer Lageveränderung des beweglichen Felderzeugers, hier zu einer Drehung der Spule, die durch den auf der Spulennachse angebrachten, über einer Skala spielenden Zeiger sichtbar gemacht wird. Die Drehung der Spule wächst gleichmäßig mit der Stromzunahme: Die Skala des Drehspul-Ampèremeters ist gleichmäßig geteilt.

Drehspul-Ampèremeter zur Messung kleinster Stromstärken — z. B. im Stromkreis des Röntgenröhrenbetriebsstromes — sind die Milliampèremeter, die vielfach so ausgeführt sind, daß der Ruhe- oder Nullpunkt der Nadel in der Mitte der Skala liegt, so daß der Zeiger nach beiden Seiten ausschlagen kann. Die Richtung des Nadelausschlages, die sich mit der Verlaufsrichtung des zu messenden Stromes ändert, zeigt die Stromrichtung an, die Größe des Zeigerausschlages, den mittleren Wert der Stärke des zu messenden Stromes. Den mittleren Wert; bei Gleichstrom, der mit großer Geschwindigkeit pulsiert, vermögen die eben beschriebenen Meßinstrumente wegen ihrer Trägheit dem Anwachsen und Abfallen des Stromes nicht nachzukommen. Sie stellen sich auf einen mittleren Wert ein, zeigen Maximal- und Minimalwerte nicht an.

Die Hitzdrahtinstrumente messen den elektrischen Strom aus seiner Wärmewirkung und der durch die Erwärmung bedingten Längenausdehnung eines zwischen Klemmen ausgespannten, vom Strom durchflossenen Drahtes. Die Größe der Längenveränderung wird mittelst einer Übertragungsvorrichtung mit Zeiger auf einer Skala abgelesen. Die Richtigkeit des Zeigerausschlages bei dem Hitzdrahtinstrumente ist von der Richtung des Stromflusses unabhängig, weil der Grad der Erhitzung mit der Stromrichtung nicht zusammenhängt. Diese in der Röntgenologie wenig gebrauchten Instrumente werden zur Messung auch von Wechselströmen verwandt, wozu Drehspulinstrumente ihrer Trägheit wegen nicht zu verwenden sind.

Sowohl bei diesen, wie bei den Hitzdrahtinstrumenten, ist die Größe des Zeigerausschlages proportional den Stromstärken. Da die Stromstärke an allen Stellen des stromdurchflossenen Leiters die gleiche ist, kann ein Ampèremeter an jeder beliebigen Stelle des Stromkreises angebracht werden; es befindet sich mit dem Verbrauchsapparat — dem Induktor oder den Röntgenröhren — in Hintereinanderschaltung. Weil das Ampèremeter ein Meßinstrument und kein Verbrauchsapparat ist, soll es möglichst wenig Strom verbrauchen, d. h. einen geringen inneren Widerstand besitzen; seine Spule besteht aus wenig Windungen eines dicken Drahtes.

Die Spannung eines Stromes wird durch Messung seiner Stromstärke festgesetzt. Zur Messung von Stromstärke und Spannung benützt man Instrumente wesentlich gleicher Bauart; geringfügige Abweichungen zwischen ihnen ergeben sich aus der zu ihrem Betrieb jeweils nötigen Schaltung.

Voltmeter.

Die Spannung, mit der ein Apparat betrieben wird, ist die Differenz der an seinen Zuführungsklemmen herrschenden Potentiale.

Zur Spannungsmessung eines Verbrauchsapparates muß das Meßinstrument mit den Polklemmen dieses Apparates verbunden, dem Apparat parallel geschaltet werden. In dem zum Verbrauchsapparat parallel geschalteten Meßinstrument erzeugt die Spannung des Betriebsstromes eine Stromstärke, die — nach dem Ohmschen Gesetz — von der Größe des Widerstands im Stromkreis des Meßinstrumentes, d. h. in diesem Fall vom inneren Widerstand des Meßinstrumentes selbst abhängt, diesem umgekehrt proportional ist. Bei bekanntem innerem Widerstand des Meßinstrumentes ruft eine bekannte Stromspannung eine bestimmte Stromstärke hervor, die einen Zeigerausschlag des Meßinstrumentes bestimmter, der Stromstärke entsprechender Größe hervorruft. Versieht man die Skala des Meßinstrumentes mit der den Zeigerausschlag hervorrufenden Voltzahl, dann kann man von dem auf diese Weise mit verschiedenen Spannungen geeichten, dem Verbrauchsapparat parallel geschalteten Instrument jederzeit direkt Spannungen ablesen. Instrumente zur Messung von Stromspannungen heißen Voltmeter. Auch das Voltmeter soll als Meßinstrument möglichst wenig Strom verbrauchen, dem parallel geschalteten Verbrauchsapparat möglichst wenig Strom entziehen. Dies erreicht man durch einen hohen inneren Widerstand des Instrumentes aus zahlreichen Windungen eines dünnen Drahtes der Spule.

Vorrichtungen zur Regulierung des elektrischen Stroms.

Die Fülle und Durchdringungskraft des Röntgenlichtes ist verschiedenen Zwecken anzupassen, muß veränderlich sein. Die Veränderlichkeit des Röntgenlichtes hängt — ceter. par. — von der Veränderlichkeit der elektrischen Energie ab, deren Transformationsprodukt es ist. Die Veränderung des Primärstromes kann geschehen durch Veränderung der Zahl der Stromstöße, deren Spannung und Stärke.

Die Zahl der Stromstöße in der Zeiteinheit läßt sich beim Induktorbetrieb am Unterbrecher regulieren: beim Wehnelt durch Veränderung der Stiftlängen (beim Simon der Weite des Diaphragmas), bei Quecksilbermotorunterbrecher durch Veränderung der Umdrehungszahl des Motors. Bei Durchleuchtungen ist die günstigste Unterbrechungszahl — im Interesse des ruhigen Leuchtens der Röhre — etwa 30—40 in der Sekunde. Bei kurzzeitigen und Momentaufnahmen steigert man im Interesse der Röhrenschonung besser die Intensität der einzelnen Stromstöße als deren Frequenz. Die Röhre erträgt hohe Intensität des Einzelstoßes bei seltener Schlagfolge besser als niedere Intensität bei hoher Frequenz.

Beim Gleichrichter hängt die Zahl der Stromstöße von der Zahl der Wechsel des Wechselstromes ab; in den modernen Apparaten wird bei Durchleuchtungen im Interesse der Röhrenschonung die Hälfte, oder ein Viertel aller Perioden dem Röhrenbetrieb nutzbar gemacht, die überschüssige Kraft in einen Hochspannungswiderstand geleitet.

Die magnetische Feldstärke hängt unter sonst gleichen Verhältnissen jeweils von der Stromstärke des Primärstromes ab. Man ändert die Feldstärke also durch Änderung der Ampèrezahl; diese wieder — nach dem Ohmschen Gesetz — durch Veränderung des Widerstandes, da die Spannung bei Zentralstromanschluß gegeben ist.

Regulierwiderstände.

Widerstandsveränderungen werden durch Vorschalt- oder Regulierwiderstände ermöglicht. Dies sind in den Primärkreis ein- und ausschaltbare Drahtspulen von Ausmaßen, die dem Instrumentarium entsprechen. Bei den „Schieberrheostaten“ wird der Betriebsstrom einerseits direkt der einen Polklemme des Verbrauchsapparates zugeführt. Der zweite Pol der

Stromquelle führt zu dem einen Ende einer Drahtspule, deren anderes Ende ohne Verbindung mit der Stromleitung ist. Auf der Spule ist ein Kontakt, der auf einer Metallschiene läuft, beweglich. Mittelst dieses Kontaktes werden größere oder kleinere Spulenteile in den Stromkreis eingeschaltet. Mehr als diese „Schieberrheostaten“ finden in der Röntgenologie die „Kurbelrheostaten“ Anwendung. Die Rheostatenwindungen werden im Kreise angeordnet und eine Anzahl von Punkten der Spule mit kreisförmig über ihnen angebrachten Kontakten in Verbindung gesetzt. Über die Kontakte schleift eine Kurbel. Der Strom läuft durch die Kurbelachse, Kurbel, Kontakt und eingeschalteten Spulenteil zur Anschlußklemme.

Von Abzweigwiderständen oder „Voltregulatoren“ wurde bereits gesprochen. Die Stromspannung in einem Leiter wechselt von Punkt zu Punkt. Sie fällt von der Maximalspannung am positiven Pol bis auf 0 am negativen, beträgt an einem Punkt in der Mitte zwischen beiden Polen einen Mittelwert. Zweigt man von einem beliebigen Punkt der Leitung und dem einen Pol der Stromquelle einen Stromkreis ab, so fließt in diesen Zweigkreis ein Strom von der Spannung, die der Potentialdifferenz der beiden Abzweigpunkte entspricht. Der Wert der Abzweigwiderstände liegt darin, daß man Apparate, die mit einer geringeren Spannung als der Quellenstrom sie besitzt, arbeiten, in einem Zweigkreis — innerhalb bestimmter Grenzen — zweckmäßig betreiben kann.

Wie die Sekundärstromspannung vom Übersetzungsverhältnis des Transformators abhängt, durch Veränderung dieses beeinflußt werden kann, ist hervorgehoben worden. Die Sekundärspannung ist sovielfach stärker als die primäre, als die Sekundärspule mehr Windungen hat wie die primäre.

Sicherungen. Stromwender.

Um Überlastungen des Instrumentariums mit ihren üblen Folgen bei unvorhergesehener Zunahme der Stromstärken vorzubeugen, „sichert“ man das Instrumentarium. Sicherungen sind Vorrichtungen verschiedener Bauart, die an leichtzugänglicher Stelle in den Stromkreis eingeschaltet werden. Sie führen als Leiter ein Metallstück, das bei bestimmter Stromstärke, deren Wert unterhalb des vom Verbrauchsapparat eben noch ertragenen liegt, durchschmilzt und so den Stromfluß unterbricht, den Verbrauchsapparat vor Überlastung schützt.

Zu den nötigen Hilfsapparaten zur Handhabung des Betriebsstromes gehören die Umschalter und Stromwender, jedem Arzt geläufige Vorrichtungen.

Zeitschalter.

Die Zeitschalter sind Vorrichtungen zur automatischen Ausschaltung des Stromes nach abgemessener Zeit. Diese Schalter werden bei Röntgenaufnahmen von wenigen Sekunden oder Bruchteilen von solchen nötig. Bei Zeitaufnahmen von mehreren Sekunden läßt sich der Schalter unschwer von Hand bedienen. Die automatischen Zeitschalter tragen Zifferblätter, mit eingetragenen Zeiten — je nach Wahl — von Bruchteilen von Sekunden bis zu 10 Sekunden. Ein Zeiger wird auf die gewünschte Expositionszeit eingestellt. Mit Stromschluß beginnt der Zeiger sich auf den Nullpunkt zurückzubewegen. Nach der eingestellten Zeit dort angekommen, schließt er einen Kontakt zur Betätigung eines Elektromagneten, der den Strom unterbricht.

Die in ihrer Stärke, Spannung und Frequenz mittelst der beschriebenen Hilfsmittel zur Beeinflussung des Primärstroms und mittelst des variabeln Übersetzungsverhältnisses des Transformators veränderlichen Sekundärstromstöße werden über Meßapparate und — nach Bedarf — über die beschriebenen Hilfsmittel zur Unterdrückung verkehrt gerichteter Stromstöße der Röntgenröhre zugeführt.

III. Die Röntgenröhre und ihre Behandlung.

In der praktischen Röntgenologie sind heute zwei Arten von Röntgenröhren im Gebrauch, die sich nach Bauart und Betriebsweise prinzipiell unterscheiden.

1. Die klassischen sogenannten gashaltigen oder Stoßionisationsröhren, alten Typs und

2. die gasarmen oder Elektronenröhren, die in den letzten Jahren Eingang in die Röntgenologie fanden, eine rasche Entwicklung durchmachten und in Diagnostik und Therapie mehr und mehr an Bedeutung gewinnen.

Mit der weitgehenden praktischen Verwendung der Röntgenstrahlen im Dienste der Heilkunde haben die alten gashaltigen Röntgenröhren schon frühzeitig die im Kapitel Röntgenphysik dieses Werkes beschriebene Änderung erfahren. Sie erhielten Kugelform und hohlspiegelartig gekrümmte Kathoden, denen im Kugellinnern Antikathoden aus atomschweren und schwer schmelzbarem Metall gegenüber gestellt wurden. Diese Grundform hat die Ionenröhre im Laufe der Zeit beibehalten. Bestimmte, noch zu besprechende Vorrichtungen zur Beeinflussung des Röhrenvakuums haben an ihr Platz gefunden.

Die Röntgenröhren bestehen meist aus grünfluoreszierendem Hüttenglas, seltener aus blaufluoreszierendem, bleihaltigem, englischem Glas. Die Kugel der Ionenröhren ist verschieden groß. Kleine Röhren altern frühzeitig, entsprechen den heute zu stellenden Anforderungen nicht mehr. Der Kathodenstrahlen darstellende Elektronenstrom wird in den Röhren klassischen Typs von Elektrizitätsatomen gebildet, die dem Röhrengas entstammen. Je größer eine Röhre ist, je mehr Gas (in absoluter Menge) sie enthält, um so länger wird sie das zur Kathodenstrahlenbildung nötige Elektronenmaterial liefern können. Großkugelige Röhren halten während des Betriebes ihre „Härte“ gleichmäßiger als kleine, weil das durch Erwärmung in der Röhre freigewordene Gas im Vergleich zum vorhandenen Gasgehalt der Röhre bei großen Röhren weniger in Betracht kommt als bei kleinen. Die Gasverdünnung in der Röhre, d. h. das Verhältnis der Gasmenge zum Rauminhalt der Röhre, darf je nach der Bestimmung des Rohres bestimmte Grenzen nicht überschreiten. Zu nieder oder zu hoch evakuierte Röhren liefern keine Röntgenstrahlen. Die Kugel eines Ionenrohres hat am besten — und heute meist — einen Durchmesser von 20 cm. Größere Kugeln sind unhandlich und wegen des auf ihn lastenden hohen Atmosphärendruckes gefährlich. Der Gasdruck in den sogenannten gashaltigen Röntgenröhren beträgt etwa $\frac{1}{20000}$ bis $\frac{1}{200000}$ des Atmosphärendruckes. Je höher das Vakuum, je geringer der Gasdruck, um so „härter“ die ausgesandte Röntgenstrahlung und umgekehrt, je höher der Gasdruck, je geringer das Vakuum, um so weicher die erzeugten Röntgenstrahlen.

Die Röhrenkugel trägt einerseits einen Hals, in der die Kathode angeordnet ist. Diese besteht aus Aluminium, dem einzigen, im Vakuum der Röhre bei Stromdurchgang wenig zerstäubendem Metall. Je höheratomig ein Metall ist, um so leichter zerstäubt es, wenn es im Vakuum zur Kathode eines hochgespannten Stromes wird. Metallzerstäubung führt zu einem Metallniederschlag, auf der Innenseite der Röhrenwand, unter gleichzeitiger Gasbindung durch die niedergeschlagenen Metallteile. Vorzeitiges Altern, d. h. Gasverarmung der Röhre, ist die eine Folge der Metallzerstäubung; die zweite Folge besteht darin, daß der Metallbeschlag zu statischen Aufladungen der Röhrenwand Anlaß gibt. Diese Ladung beeinflusst die Vorgänge in der Röhre ungünstig,

führt zu Flackern des Röhrenlichtes, Wandern des Brennpunktes mit seinen Folgen, unter Umständen zum Durchschlagen der Röhre.

Die Stellung der Kathode im Röhrenhals ist für die Arbeitsleistung der Röhre von Bedeutung. Die Kathodenebene schließt mit dem Kathodenhals ab, rage jedenfalls nicht nennenswert ins Kugellinnere vor. Je tiefer die Kathode im Kathodenhalse sitzt, um so konzentrierter tritt das Kathodenstrahlenbündel aus, um so weniger Strahlen irren seitlich von der Kathode ins Röhreninnere ab, wo sie als Schädlinge wirken. Die umgebende, von den Kathodenstrahlen negativ geladene Glaswand des Röhrenhalses wirkt auf nachfolgende Kathodenstrahlen abstoßend, das Strahlenbündel konzentrierend. Zu tiefer Sitz der Kathode im Halse würde den Kathodenstrahlen den Austritt ins Röhreninnere zu sehr erschweren. Die Kathode ist hohlspiegelartig gekrümmt, so daß sich die senkrecht von dem jeweiligen Emissionsort der Kathodenfläche ausgehenden Strahlen nahezu in einem Brennfleck auf der Antikathodenebene vereinigen, die der Kathode etwa in der Mitte der Röhrenkugel gegenübersteht. Zu einer wirklichen Brennpunktbildung kommt es, wie bereits in einem früheren Kapitel dieser Arbeit betont wurde, nicht, sondern nur zu einem Punkte größter Strahlenkonvergenz, einer „Tailleinschnürung“. Die Taille ist bei verschiedenen Röhren verschieden eng, liegt je nach der Härte ein und derselben Röhre der Kathode bald näher, bald ferner. D. h. die Taille, der sog. „Focus“ fällt mit Schwankungen der Röhrenhärte bald auf die Antikathodenebene, bald vor, bald hinter sie. Damit ändert die Auftreffstelle der Kathodenstrahlen auf der Antikathodenebene mit wechselndem Härtegrad etwas seine Größe, bei guten Röhren praktisch aber belanglos. Die schärfsten Bilder zeichnet eine Röhre — unter sonst gleichen Umständen — dann, wenn der „Focus“ auf der Antikathode dem jeweiligen Zwecke entsprechend, möglichst klein ist.

Der Bau der Antikathode als Ausgangspunkt der Röntgenstrahlen ist für die Arbeitsleistung der Röhre von höchster Bedeutung.

Die Antikathodenebene der bisher meist gebrauchten Röhren ist in einem Winkel von etwa 45° gegen die Richtung des einfallenden Kathodenstrahlenbündels geneigt. Diese Einrichtung ist getroffen, um von den nach allen Richtungen vom Brennfleck der Röhre ausgehenden Röntgenstrahlen, ein möglichst starkes Bündel durch den Äquator der Röhrenkugel und dessen Umgebung in die Außenwelt zu bringen. Der auf einer horizontalen Ebene senkrecht stehende, durch den Röhrenäquator dringende „Normalstrahl“ und die Strahlen um ihn, ergeben, wie wir gesehen haben, die günstigsten Projektionsverhältnisse zur Untersuchung von Körperteilen. Am Äquator der Röhre erfahren die Strahlen wegen der Dünnhcit der Glaswand die geringste Schwächung. Und endlich läßt sich der von Vorsprüngen freie Kugelteil am günstigsten zu untersuchenden Objekten stellen.

Die Auftreffstelle der Kathodenstrahlen auf der Antikathode hat zwei Hauptforderungen zu genügen: Sie muß einen möglichst großen Anteil der Kathodenstrahlen umwandeln; dann muß sie — im Interesse wirtschaftlichen Betriebes — dem Ansturm der Kathodenstrahlen und der damit zusammenhängenden Erhitzung schadlos widerstehen.

Die Auftreffstelle der Kathodenstrahlen auf der Antikathode bestehe also aus einem Metall von hohem Atomgewicht und hohem Schmelzpunkt. Diesen Anforderungen genügt Platin mit einem Atomgewicht von 194 und einem Schmelzpunkt von $1700\text{--}1800^\circ\text{C}$. Noch höher als der Schmelzpunkt des Platins liegt — bei hohem Atomgewicht des Metalls — der des Iridiums, des Tantals und Wolframs. Platin, Iridium, Tantal und Wolfram findet man deshalb als Metalle des Antikathodenspiegels bei modernen Röntgenröhren verwandt.

Die Erhitzung des Brennflecks der Röhre ist um so höher, je kleiner er ist und mit je größerer Wucht und Menge und je häufiger in der Zeiteinheit Kathodenstrahlen auf ihn einfallen. Die Antikathode erträgt, ohne Schaden zu nehmen, kurze, energische Stromstöße, die in längeren Zwischenräumen auftreffen, während deren die angesammelte Wärme abgeleitet werden kann, besser als häufige schwächere Stromstöße. Zum Betrieb guter Röntgenröhren zu diagnostischen Zwecken eignen sich — nach vielfachen Erfahrungen —

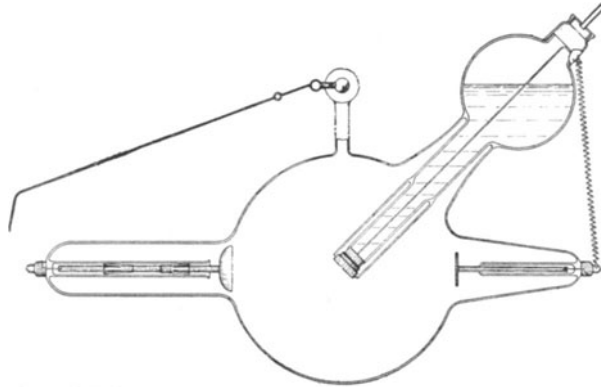


Abb. 46. Gewöhnliches Wasserkühlrohr der Firma C. H. F. Müller-Hamburg.

sekundäre Gleichstromstöße am besten, deren Kurven so hoch und so schmal als möglich sind, bei möglichst großen Zwischenräumen zwischen den einzelnen den Verlauf des Stromstoßes darstellenden Kurven (J. Rosenthal).

Immerhin ist die während des Betriebes der Röhre stattfindende Erhitzung der Antikathode bei starker Belastung oder langer Betriebsdauer derart, daß auch die genannten Metallspiegel ohne Sorge für entsprechende Wärmeableitung schmelzen würden.

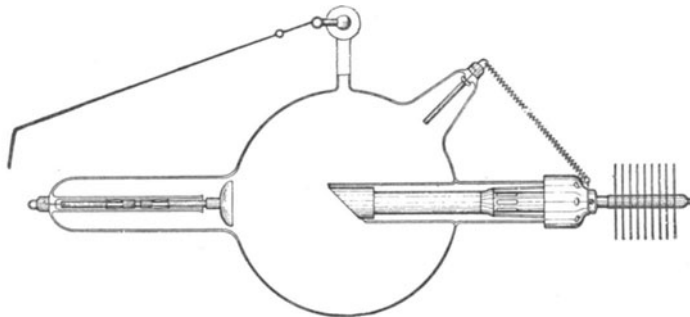


Abb. 47. Modell einer Röhre mit metallreicher und rippengekühlter Antikathode mit Glasmantel.

Die beste Wärmeableitung, d. h. Kühlung der Antikathodenebene bei Dauerbetrieb der Röhre mit verhältnismäßig niederen Stromstärken, wie sie bei Durchleuchtungen üblich sind (also von 0,5 bis etwa 2 Milliampère), ist die Wasserkühlung (Walter, Müller, Albers-Schönberg), die heute in Form der Siedekühlung (Bucky) mit Recht weiteste Verbreitung gefunden hat. Die Siedekühlung erhält die Röhre konstant auf günstiger Temperatur (100° C), welche auch für die Funkenentladung die beste zu

sein scheint. Um häufiges Nachfüllen von Wasser im Dauertherapiebetrieb zu vermeiden, hat Fürstenau einen Siedekühler konstruiert, ein Röhrensystem

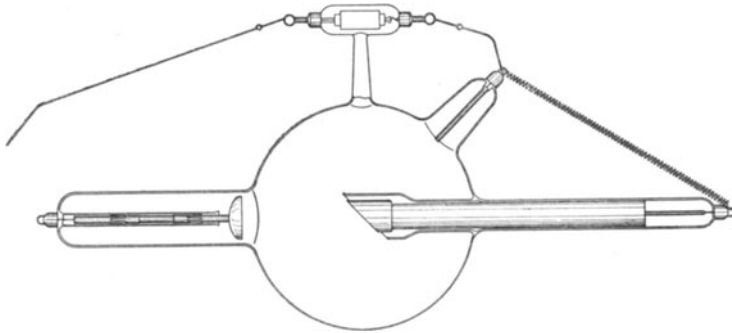


Abb. 48. Röhre mit metallreicher glasmantelumgebener Antikathode der Firma F. Gundelach-Gehlberg.

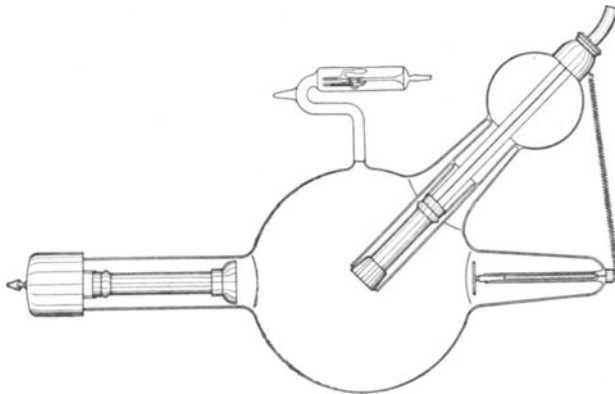


Abb. 49. Röhre mit metallreicher und wassergekühlter Antikathode.

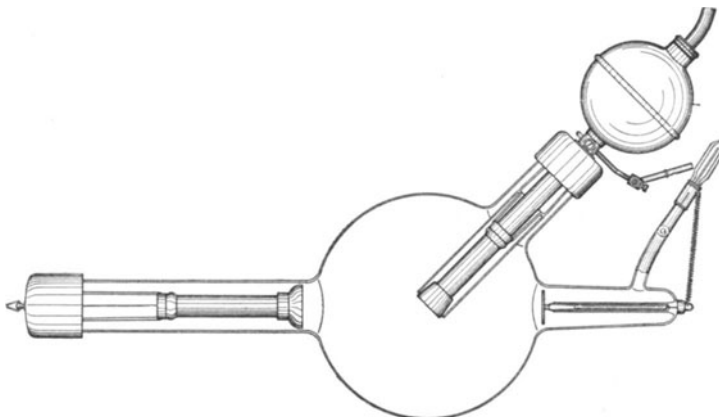


Abb. 50. Röhre mit metallreicher Antikathode und Siedekühlung für therapeutische Dauerbelastung.

zur Kondensation und Rückleitung des Wasserdampfes in das Kühlgefäß der Röntgenröhre. Später entstanden Siedekühler verschiedener Bauart und

Herkunft. Die Siedekühlung hat die Kaltwasserkühlung der Antikathode, wobei das Wasser durch Pumpen erneuert wurde, ganz verdrängt.

In der von der Firma C. H. F. Müller in Hamburg hergestellten, in der Röntgenpraxis hervorragend bewährten Wasserkühlröhre (Abb. 46), bildet die Antikathodenplatte den Boden eines Platintopfes als Abschluß eines Glasgefäßes, das sich oben, d. h. außerhalb der Röhre, kugelförmig erweitert. Das in das Kühlgefäß zu füllende Wasser mit seiner großen Wärmeaufnahme-fähigkeit absorbiert die Hitze der Antikathode. Röhren gleichen Prinzips bauen zahlreiche Firmen.

Die hohe Belastung der Röhren bei kurzzeitigen und Momentaufnahmen, führt in kürzester Zeit zu einer außerordentlichen Erhitzung des Antikathodenspiegels. Hier würde durch das Wasser die entwickelte Wärme nicht rasch genug abgeleitet werden, der Antikathodenspiegel einbrennen. In den für starke Belastung gebauten Röhren wird der Antikathodenspiegel — in ausgedehnterem Maße als dies auch früher schon bei bestimmten Röhren zur Wärmeableitung bei gewöhnlicher Belastung geschah — mit starken Metallmassen — meist aus Kupfer als besten Wärmeleiter hinterlegt (J. Rosenthal). Diese Metallmassen absorbieren die Wärme rasch und leiten sie weiter, bei manchen Röhrenarten in außerhalb der Röhre gelegene Luftkühlvorrichtungen (Rippenkühler u. dgl.). Dieser Röhrenart gehören die bewährten Röhren von Gundelach, Dr. Rosenthal, Bauer, bestimmte Modelle Müllers u. a. an (Abb. 47 und 48).

Eine zweckmäßige Vereinigung von Metall- und Wasserkühlung der Antikathode findet sich im Müllerschen Rapidrohr angewandt. Dieses Rohr erträgt infolgedessen ebensowohl die hohen Belastungen moderner Momentaufnahmen, als auch die lange Dauer der Kathodenstrahleneinwirkung langdauernder Durchleuchtungen (Abb. 49 und 50).

Abgesehen von der der Wärmeableitung dienenden Formgebung der Antikathode ist deren Gestaltung noch durch andere Rücksichten beeinflusst.

Die Antikathode mancher Röhren zeigt den Spiegel überragenden Rand. Dieser Rand soll das Kathodenstrahlenbündel konzentrieren, den Brennfleck verschärfen.

Die Kathodenstrahlen geben, wie früher hervorgehoben wurde, beim Auftreffen auf die Antikathode ihre negative Ladung ab. Der Folge dieser negativen Aufladung der Antikathode wird dadurch vorgebeugt, daß man das Anodenkabel direkt an die Antikathode hängt, diese zur Anode machend, oder daß man Antikathode und Anode leitend verbindet.

Für etwa verkehrt gerichtete Stromstöße würde die bis in die Kugelmittle vorspringende Antikathode zur Kathode, die Kathode zur Anode. Der Austritt von Kathodenstrahlen aus der Kathode erfolgt um so leichter, je freier die Kathode steht; eine Antikathode begünstigte also den Austritt von Kathodenstrahlen, wenn die Schließungsspannung zum Durchbruch des Röhrenvakuums ausreichte. Eine Nichtleiterhülle um die Antikathode würde sich durch die ersten etwa austretenden Kathodenstrahlen negativ aufladen und so nachkommenden Kathodenstrahlen den Austritt verwehren, die Gefahren vorhandener Schließungsspannung vermindern. Diese Tatsache erklärt das Vorhandensein der Glasmäntel um die Antikathoden mancher Röhren (z. B. Gundelachs). Ragen solche Glasmäntel seitlich über den Antikathodenspiegel vor, so wirken sie, wie der beschriebene seitlich überstehende Rand der Antikathode, konzentrierend auf das einfallende Kathodenstrahlenbündel. Andererseits birgt die Überrandung der Antikathodenfläche die Gefahr einer möglichen erhöhten Kathodenstrahlenreflexion mit ihrer Überhitzung gegenüberliegender Glaswandteile.

Bei leitender Verbindung von Anode und Antikathode gestaltet man diese vielfach als Widerstand (Induktionsspule oder Funkenstrecke) um den Ausgleich der Schließungsspannung zu erschweren, unmöglich zu machen.

Die Anode ist im Anodenhals angebracht, ganz in diesen zurückgezogen. Sie zeigt die Form eines dünnen Stiftes mit oder ohne kleine plattenförmige Elektrode. Stellung und Form erklären sich aus der Absicht, die Gefahren verkehrter Ströme möglichst zu verringern.

Röhren, die mit Wechselstrom gleichrichtern betrieben werden, haben ungeschützte Antikathoden. Verkehrte Stromstöße sind bei ordnungsmäßiger Arbeit der Gleichrichtermaschinen nicht zu befürchten. Der Antikathoden Spiegel solcher Röhren ist vielfach leicht konvex gebogen. Der Zweck dieser Maßnahme ist die Verteilung der reflektierten Kathodenstrahlen über einen möglichst großen Teil der gegenüberliegenden bestrahlten Kugelhälfte. Die Gefahr der reflektierten Kathodenstrahlen für die Röhre (durch Überhitzung) wird dadurch vermindert.

Die Röntgenröhre altert im Gebrauch auch bei sachgemäßer Behandlung. Das Altern der Röhre, ein noch nicht völlig geklärter Vorgang, ist zum Teil die Folge der fortwährenden in der Röhre bei Stromdurchgang erfolgten Metallzerstäubung. Das zerstäubte Metall bindet Gas der Röhre an deren Wand. Man erreicht eine Verjüngung des Rohres durch Erneuerung seines Gasgehaltes mit Hilfe der „Regeneriervorrichtungen“. Diese sind verschiedener Art und in eigenen Ansätzen der Röhre angebracht.

Eine vielgebrauchte Vorrichtung zur Gaserneuerung in der Röhre ist die Osmoseregenerierung von Villard. Ein kleines, dünnwandiges, an einem Ende geschlossenes Palladiumröhrchen ist derart in die Röntgenröhre — meist den Kathodenhals eingeschmolzen — daß sein Inneres mit dem Hohlraum der Röntgenröhre in Verbindung steht. Glühendes Palladium hat die Eigenschaft, Wasserstoff in sich einzuschließen und beim Erkalten abzugeben. Erhitzt man das Palladiumröhrchen mit einem Gas- oder Spiritusbrenner, dann nimmt das Metall aus der Flamme Wasserstoff auf, und scheidet einen Teil davon ins Röhreninnere ab.

Béclère machte die Osmoseregenerierung zu einer Osmoseregulierung. Holzknecht übernahm den Gedanken und im Wesen auch die Ausführung der Osmoseregenerierung Béclères. Eine gasarme Röhre trägt ein Palladiumröhrchen. Hohlraum der Röntgenröhre und des Palladiumröhrchens stehen in Verbindung. Die Erhitzung des Palladiumröhrchens geschieht durch das Flämmchen eines gasgespeisten Mikrobrenners, das in seiner Größe vom Standort des Untersuchers mittelst Hahn verändert werden kann. Die Röhre ist nur so lange weich, als das Flämmchen brennt und Gas in die Röhre eindringt. Die zugeführte, geringe Gasmenge wird nach Erlöschen des Flämmchens sofort in der Röhre gebunden, die Röhre ist wieder hart.

Die ausgezeichnet wirkende Osmoseregulierung hat mit Recht weite Verbreitung gefunden und beherrscht in der Röntgentherapie mit gashaltigen Röhren das Feld, unter Umständen in Verbindung mit dem Regenerierautomaten nach Wintz.

Handlich und weit verbreitet, im Gebrauch bewährt, ist die Glimmerregenerierung. Glimmer gibt erwärmt Gas ab. Zur Erwärmung des Glimmers verwendet man den Röhrenbetriebsstrom. Eine Glimmerscheibe ist in einem der Röhrenkugel angeschmolzenen Glasansatz untergebracht. Mit dem äußeren Ende der Glimmerscheibe ist ein beweglicher Drahthebel verbunden, der dem äußeren Ende der Kathode mehr oder weniger genähert werden kann,

die Glimmerscheibe zur Nebenkathode machend. Man läßt bei harter Röhre einen beliebigen Teil des Röhrenstroms durch die Hilfskathode gehen, wobei diese erwärmt wird und Gas in die harte Röhre abgibt. Diese Vorrichtung regelt die Röhrenhärte automatisch, wenn man den Hebel der Hilfskathode der Kathodenklemme soweit nähert, daß, wenn die Röhrenhärte den gewünschten Grad überschreitet, der Strom über die Hilfskathode zu gehen beginnt. Auf diesem oder wesentlich ähnlichem Vorgang beruhen die Regulierungen bei Röhren verschiedener Firmen. Andere gasabgebende Körper in den Regeneriervorrichtungen können Kalk oder Kohle sein.

Regeneriervorrichtungen erschöpfen sich. Ihre Lebensdauer ist mitmaßgebend für ihre Güte.

Langlebig und leistungsfähig ist die Kondensatorregenerierung an Gundelachröhren. Sie beruht auf der Tatsache, daß die Isolatoren in Kondensatoren sich beim Laden des Kondensators erhitzen. Gundelach benützt als Isolatoren gasabgebende Körper. Die kleinen Kondensatoren sind in einem Ansatzraum der Röhrenkugel angebracht; sie werden nach Bedarf mit Hilfe

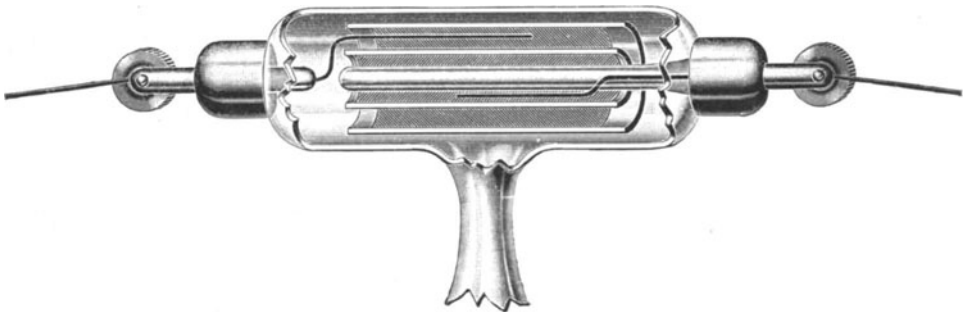


Abb. 51. Kondensator-Regenerierung (Gundelach).

beweglicher Hebel den Außenenden der Antikathode (Anode) und Kathode der Röhre genähert und so geladen; die Isolatoren geben dabei Gase ab. Die Kondensatorregenerierung arbeitet bei geeigneter Einstellung der Hebel automatisch (Abb. 51).

Der Kondensator besteht aus durchschlagsicherem Glaszylinder, der beiderseits mit einer starken Schicht eines Halbleiters belegt ist, welcher durch ein besonderes Verfahren sehr aufnahmefähig für Gase gemacht wurde. Die obere Belegung ist mit einem zweiten Glaszylinder bedeckt.

Ist das Röntgenrohr zu hart, oder mit anderen Worten, ist der Luftinhalt des Röntgenrohres zu gering geworden, so legt man den kurzen Drahtbügel an die Anodenkappe; das freie Ende des langen Drahtbügels stellt man ca. 5 cm von der Kathodenkappe entfernt. Man achte darauf, daß das freie Ende des kurzen Bügels der Anodenkappe dicht anliegt, so daß der Nebenschlußfunke an der Kathodenkappe überspringt. Wird der Nebenschlußfunke aus Versehen an die Anodenkappe verlegt und der lange Bügel mit der Kathodenkappe dicht in Berührung gebracht, so kann die Glashülle der Regeneriervorrichtung vom Funken leicht durchbohrt werden. Bei Einschaltung der Röntgenröhre in den Stromkreis wird jetzt der größte Teil des Stromes durch den Kondensator gehen weil ja die Röntgenröhre einen höheren Widerstand hat wobei etwas Gas aus den Belegungen ausgetrieben wird. Die Röhre wird schon nach einigen Sekunden in Halbteilung aufleuchten.

Die Regenerierung ist dann als beendet zu betrachten, wenn die Nebenschlußfunken nur noch vereinzelt überschlagen. Es empfiehlt sich mehrmals aus- und wieder einzuschalten und mit kräftigem Strom zu regenerieren.

Ist das Vakuum der Röntgenröhre bis auf den gewünschten niedrigen Grad gebracht worden, so schlägt man beide Drahtbügel zurück. Bei der Beurteilung des Vakuums kann der Nebenschlußfunke, welcher zwischen dem Bügel des Kondensators und der Kathodenkappe überspringt, nicht als Maßstab dienen, denn die Länge dieses Funkens muß naturgemäß bedeutend kürzer sein als die eigentliche Nebenschlußfunkenstrecke des Röntgenrohres selbst, weil der Kondensator einen ziemlich hohen Widerstand hat.

Diese Regenerier-Vorrichtung arbeitet unabhängig vom jeweiligen Vakuum des Röntgenrohres und wirkt auch dann mit Sicherheit, wenn bereits wegen zu großer Härte kein Strom durch das Röntgenrohr mehr hindurchgeht.

Die Anwendung zweier gasabscheidender Schichten, welche durch Glas voneinander getrennt sind, hat den großen Vorzug, daß die Gasabgabe gleichmäßig aus allen Teilen der Schichten stattfindet, so daß auch wirklich die ganze okkludierte Gasmenge, welche sehr beträchtlich ist, nach und nach nutzbar gemacht werden kann.

Die Regenerierung kann mehrere hundert Male mit stets gutem Erfolg vorgenommen werden.

Bei der Bauerschen Luftregeneriervorrichtung wird mittelst einer kleinen Pumpe Luft durch eine poröse Tonplatte ins Röhreninnere gepreßt. Der Bau der Vorrichtung ist folgender (Abb. 52): Das in einem eigenen Röhrenansatz eingeschlossene, mehrfach gewundene Röhrrchen a endet im Röhreninnern blind, während sein äußeres Ende mit einem Luftschlauch

in offener Verbindung steht. An der Seitenwand des mit Quecksilber gefüllten Röhrrchens befindet sich eine von der Quecksilbersäule bedeckte kleine Tonplatte P, die zwar für Luft, nicht aber für Quecksilber durchgängig ist. f ist ein mit einem Luftfilter armedes Kapillarrohr, das mit dem Röhreninnern kommuniziert. Drückt man mit einer kleinen Druckluftpumpe Luft durch den Schlauch ins Innere des Röhrrchens, dann wird die Quecksilbersäule von der Tonplatte weggedrückt und eine bestimmte Menge der eingepumpten Luft dringt durch die poröse Tonplatte ins Röhreninnere ein. Wenn man den Luftschlauch entsprechend lang wählt, kann die Regenerierung vom Standort des Untersuchers aus vorgenommen werden. Die Bauersche Luftregenerierung arbeitet glänzend. Sie beherrscht heute im Durchleuchtungsbetriebe praktisch das Feld.

Ein meist durch eine Gummikappe geschützter, kleiner Röhrenansatz ist der Abschmelztubus. An ihm ist die Röntgenröhre während des Auspumpens mit der Luftpumpe verbunden, wird sie nach der Evakuierung abgeschmolzen.

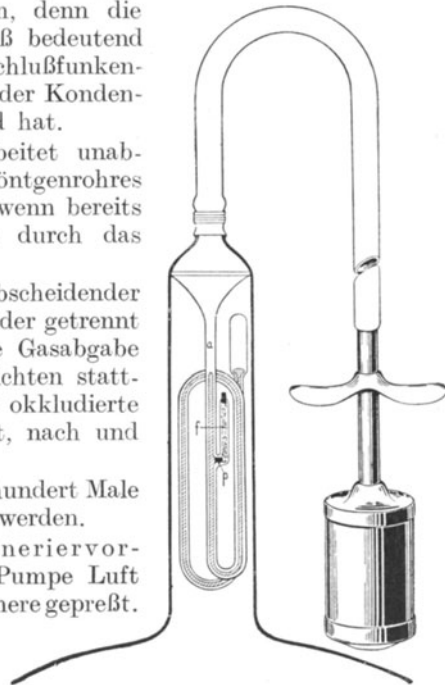


Abb. 52. Luftregeneriervorrichtungen von Heinz Bauer.

Während des Auspumpens wird die Röntgenröhre erhitzt; gleichzeitig fließen die Entladungen eines Induktors durch sie, anfangs nur von den Aluminiumelektroden (der Hilfsanode und der Kathode), mit zunehmender Luftleere auch über Antikathode und Kathode. Durch die Hitzewirkung des Stromes geben die Metallteile in ihnen eingeschlossenes Gas ab. Würde man nicht einen großen Teil dieses Gases während des Auspumpens entfernen, dann wäre die Röhre alsbald nach der Evakuierung durch Ausatmung des Gases aus den Metallteilen in die gasarmgepumpte Röhre wieder zu gasreich. Hier, d. h. in der Entgasung der Metallteile den richtigen Grad zu finden, ist ein Teil der Kunst des Röhrenherstellers.

Von besonderen Vorrichtungen zum Härten der Röhren macht man heute kaum mehr Gebrauch. Man fand sie früher vielfach in Form von Hilfsanoden, die mit der Regeneriervorrichtung in einem Nebenraum der Röhrenkugel angebracht waren. Beim Erhitzen durch den elektrischen Strom zerstäubten sie Metall und banden Gas. Die Röhre wird im Verlauf ihres normalen Gebrauches mit der Zeit härter. Verkehrte Einschaltung der Röhre härtet und — schädigt sie. Man lasse die Ionenröhre im Gebrauch altern, härter werden, indem man sie zu Aufnahmen, die ihrem jeweiligen Härtegrad entsprechen, verwendet; in ihrem Jugendzustand, bei niedrigem Vakuum, zu „leichten“ Aufnahmen dünner Körperteile (Hände, Füße etc.), später zu Aufnahmen dichter und dicker Körperteile (Nieren, Hüften etc.). Bestmögliche Leistungen der Ionenröhren erzielt man nur dann, wenn man die Röhren jeweils gegebener Eigenart entsprechend verwendet. Man erzielt sie für das Instrumentarium und langsam erhöhte Leistung.

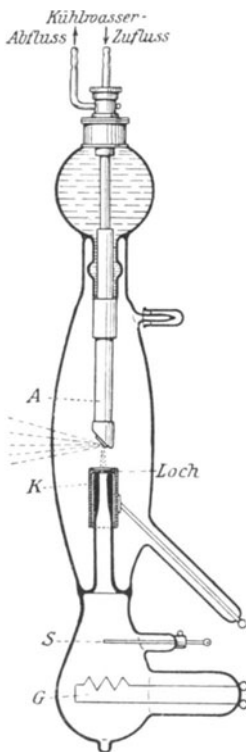


Abb. 53. Lilienfeldröhre, Bauart.

In der den jeweiligen individuellen Verhältnissen der gashaltigen Röntgenröhre entsprechenden Behandlung liegt das Geheimnis guter Arbeit der Röhren bei langer Lebensdauer.

Die gasfreien oder Elektronenröhren unterscheiden sich von den Röhren des klassischen Typs dadurch, daß sie noch weniger gashaltig sind — ein absolutes Vakuum herzustellen ist wir nicht in der Lage — und ohne weitere Hilfsmittel dem elektrischen Strom den Durchgang durch das Röhreninnere nicht ermöglichen. Der Strom gleiche sich um die Röhre herum aus; Röntgenstrahlen entstünden nicht.

I. Lilienfeld zeigte den Weg in solchen Röhren unabhängig von der Größe des Gasdruckes in der Röhre Kathodenstrahlen gewünschter Geschwindigkeit und damit Röntgenstrahlen zu erzeugen und konstruierte die erste brauchbare Röhre dieser Art. Die Konstruktion fußte auf der — schon vor Lilienfeld bekannten — Tatsache, daß bestimmte, auf hohe Temperaturen erhitzte Körper Elektronen, also Kathodenstrahlen aussenden.

In der heute gebräuchlichen Lilienfeldröhre, deren Bauart und Betriebschema beistehende Abbildungen wiedergeben (Abb. 53 und 54), ist die Antikathode wassergekühlt (A). Dieser gegenüber ist im halsförmigen Teil der Röhre die durchbohrte Kathode K angebracht. Die hochevakuierte Röhre

erhält die zum Betrieb nötigen Elektronen von der Glühlampe G, die durch einen vom Heiztransformator gelieferten Strom zum Hell-Glühen und damit zur Elektronenemission gebracht wird. Im Heiztransformator enthält die primäre Spule relativ zahlreiche, die sekundäre wenig Windungen, so daß die Stromstärke in der sekundären Spule erhöht, die Spannung erniedrigt wird, Elektronen werden durch ein elektrisches Feld beschleunigt, durch die Hohlkathode K hindurch auf die Antikathode geworfen. Die Geschwindigkeit der Elektronen kann durch einen regulierbaren Hochspannungswiderstand abgestuft werden. Der in besonderer Weise hergestellte Hochspannungswiderstand soll keiner Veränderung oder Abnutzung unterliegen; er kann an der Decke oder Zimmerwand angebracht werden. Die Enden der Hochspannungswicklung werden an Anode und Glühkathode angelegt. Der Röhrenbetriebsstrom wird in bekannter Weise einem Hochspannungsapparat — Induktor oder Gleichrichter — entnommen. Die kalte Kathode K liegt über den Hochspannungswiderstand im sekundären Stromkreis. Während die Röhrenhärte mit der Spannung des Hochspannungswiderstandes wechselbar ist, hängt die Intensität der Strahlung von der Menge zur Wirkung kommender Elektronen ab. Während bei der später zu besprechenden Coolidgegeröhre die Elektronenmenge mit der Glühstärke des Glühdrahtes wechselt, reguliert in der Lilienfeldröhre der sogenannte Zündstrom die Elektronenmenge; die Glühbirne wird bei allen Intensitäten immer auf gleiche Glut eingestellt.

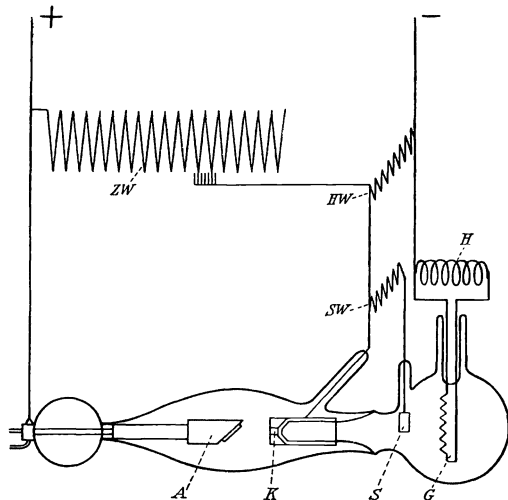


Abb. 54. Lilienfeldröhre, Betriebsschema.

Lilienfeld sagt darüber: „Im Gegensatz zur Siemensschen Glühkathodenröhre wird die Glühlampe der Lilienfeldröhre mit konstantem Heizstrom gespeist. An Stelle der höheren oder niedrigeren Glut, also der Temperaturänderung, welche der Glühkathodenröhre die Röhrenstromstärke zu regulieren gestattet, tritt bei der Regulierung der Lilienfeldröhre die Veränderung des sogenannten Zündstroms. Der Zündstrom ist eine Entladung, die sehr wenig Spannung und Stromstärke beansprucht und sich zwischen Glühlampe und Kathode der Röhre abspielt. Ist also zwischen der kalten Röntgenkathode und der Antikathode der Röhre eine Konstanzspannung angelegt, so verändert sich die Röhrenstromstärke in demselben Sinne, in welchem der Zündstrom wächst oder fällt.

Lilienfeld sagt darüber: „Im Gegensatz zur Siemensschen Glühkathodenröhre wird die Glühlampe der Lilienfeldröhre mit konstantem Heizstrom gespeist. An Stelle der höheren oder niedrigeren Glut, also der Temperaturänderung, welche der Glühkathodenröhre die Röhrenstromstärke zu regulieren gestattet, tritt bei der Regulierung der Lilienfeldröhre die Veränderung des sogenannten Zündstroms. Der Zündstrom ist eine Entladung, die sehr wenig Spannung und Stromstärke beansprucht und sich zwischen Glühlampe und Kathode der Röhre abspielt. Ist also zwischen der kalten Röntgenkathode und der Antikathode der Röhre eine Konstanzspannung angelegt, so verändert sich die Röhrenstromstärke in demselben Sinne, in welchem der Zündstrom wächst oder fällt.

Dagegen wächst oder fällt die Härte der Röhre (die Röntgenspannung) mit der zwischen Kathode und Antikathode angelegten größeren oder geringeren Betriebsspannung.“ (Abb. 54.)

Der Stromverlauf und die Strahlenerzeugung im Lilienfeldrohr geht folgendermaßen vor sich:

Die Sekundärspule eines Induktors oder Gleichrichters liegt mit dem positiven Pol an der Anode (A), mit dem negativen Pol an der Glühlampe (G).

Von ihr geht der Strom in Form einer Hochvakuumladung auf die Innenwand der Kaltkathode K über und teilweise — gemeinsam mit den an der Innenwand der Kaltkathode frei gewordenen Elektronen — als Kathodenstrahlenbündel zur Anode.

Ein kleiner Teil der Hochvakuumladung geht über den regulierbaren Hochspannungszweigwiderstand (ZW) zum positiven Teil der Hochspannungsleitung. Je nachdem man diesen Widerstand einstellt und damit die Spannung an den Röhrenelektroden vom Transformator aus reguliert, kann man die Spannung, das heißt den Härtegrad momentan einstellen. Zur Beeinflussung der Zusammensetzung der Strahlung dient der Homogenisierungs- und Sondenwiderstand ($S = \text{Sonde}$). Diese Widerstände schalten die Labilität der Vakuumladung zwischen Glühlampe (G) und Kathode (K) aus. Schaltet man den Widerstand HW parallel, so kann die Entladung im Zündteil der Röhre, zwischen G und K, nicht einsetzen. Der Strom gleicht sich über HW und ZW aus. Erst bei hoher Spannung bricht sich der Strom durch das Vakuum Bahn. Durch entsprechende Schaltung des Widerstandes HW ist man in der Lage, beliebige Teile der Spannungskurve zur Erzeugung von Röntgenstrahlen zuzulassen. Der sogenannte Sondenwiderstand (SW) ist eine Feinregulierung zu demselben Zwecke, zu dem der gröbere Homogenisierungswiderstand HW führt. SW liegt zwischen der Kathode K und der kleinen Hilfselektrode, der sogenannten Sonde (S).

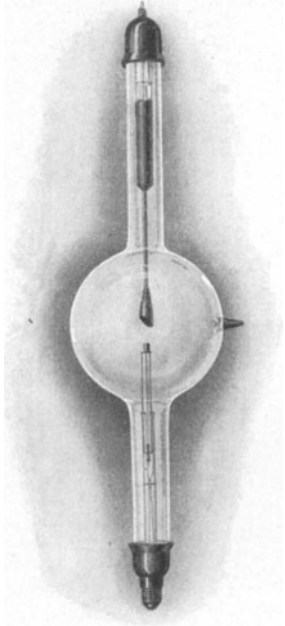


Abb. 55. Siemens-Glühkathoden- (Coolidge-) Röhre, Type III für Diagnostik und Therapie.

Bei der Lilienfeldröhre zeigt die Glaswand keine Fluoreszenz und keine Erwärmung. Deshalb ist Kugelform der Röhre nicht nötig. Die Antikathode aber erhitzt sich stark und muß durch Wasserzirkulation oder mit Siedekühlung gekühlt werden.

Den Ausbau von Apparaten zum Betrieb der Lilienfeldröhre hat sich die Firma Koch und Stertzel angelegen sein lassen; sie liefert auch Zusatzeinrichtungen zur Verwendung der Lilienfeldröhre an vorhandenen Apparaten und baut in ihrer Silixeinrichtung ein hochwertiges Instrumentarium zum Betrieb der Lilienfeldröhre.

Fast gleichzeitig mit der Lilienfeldröhre wurde in Amerika von Coolidge eine Elektronenröhre erfunden und in der amerikanischen „Physical Review“ im Dezember 1913 veröffentlicht, deutsch in den Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. 22, Heft 1. Die Coolidge - Elektronenröhre wurde den deutschen Ärzten durch die A. E. G. Anfang 1914 vorgeführt. Diese Firma baut auch heute die von den Veifa-Werken vertriebenen Glühkathodenröhren.

Im Jahre 1912 hatte R. Fürstenau ein „Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlen beliebig einstellbaren Härtegrades unabhängig vom Vakuum“ zum Patent angemeldet, ohne zunächst eine dem Patent entsprechende Röhre in den Handel zu bringen.

Die Glühkathode der Elektronenröhre von Siemens & Halske (Abb. 55) ist eine enggewundene Spirale aus dünnem Wolframdraht, die direkt als Heiz-

körper ausgebildet ist. Wolfram hat bekanntlich einen hohen Schmelzpunkt (3000°C) und hohes Atomgewicht. Der Heizdraht befindet sich innerhalb der zylindrisch ausgebildeten Kathode. Die Antikathode, zugleich Anode, ist ein Wolframglotz.

Die Siemens Elektronenröhre Type IV und Type V (Abb. 56 und 57) sind für Diagnostik bestimmt und mit Wasser- bzw. Siedekühlung versehen. Bei beiden trägt der kleine, die Kathode umgebende Metallzylinder einen Teller, der bewirkt, daß die von der glühenden Kathode ausgehenden Elektronen in einem genügend kleinen Brennfleck auf die Antikathode

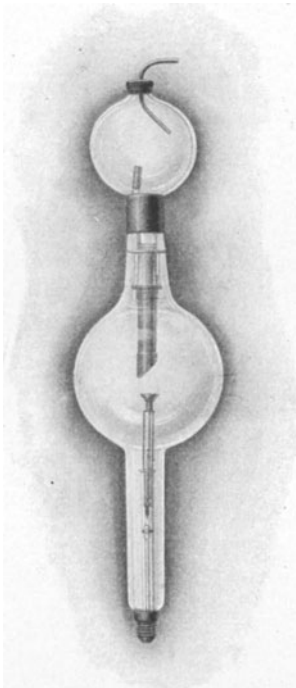


Abb. 56. Siemens-Glühkathoden-(Coolidge-) Röhre mit Wasserkühlung, Type IV für Diagnostik.

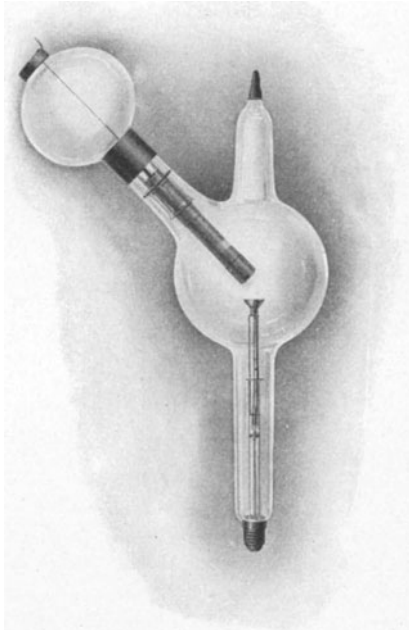


Abb. 57. Siemens-Glühkathoden-(Coolidge-) Röhre mit Wasserkühlung, Type V für Diagnostik.

konzentriert werden. Diese Röhren liefern daher scharfe Bilder. Bei der Röhre mit Wasserkühlung Type IV ist der Anodenhals koaxial, bei der Röhre Type V schräg zum Kathodenhals angeordnet. Type III ist eine Trockenröhre mit massiver Wolframantikathode. Ihre Kathode besitzt keinen tellerförmigen Aufsatz. Diese Röhre hat deshalb einen etwas größeren Brennfleck, als die Röhre mit Wasserkühlung. Sie ist in der Hauptsache für Therapie bestimmt.

Zum Betriebe der Coolidge-Röhre ist ein Heizstrom für die Glühkathode und ein Hochspannungsstromkreis nötig. Zunahme der Heizstromstärke und Temperatur der Spirale vermehrt die Anzahl freier Elektronen in der — gleich der Lilienfeldröhre — gasfreien oder besser gasarmen Röhre. So ist die Betriebsstromstärke der Röhre von der Temperatur der Heizspirale abhängig, während die Elektronengeschwindigkeit, die Röhrenhärte lediglich von der

Spannung des Hochspannungsstromkreises abhängt. Stromstärke und Röhrenhärte lassen sich unabhängig von einander einstellen. Der Heizstrom wird geliefert von einem Transformator, der wie die Röntgenröhre an Hochspannung liegt und sorgfältig isoliert sein muß.

Beistehende Abbildung veranschaulicht den Stromverlauf schematisch bei Betrieb der Siemens Elektronenröhren (Abb. 58).

Verkehrt gerichtete Stromstöße dürfen die Elektronenröhre von Siemens nicht passieren. Bei sachgemäßer Behandlung ist die Lebensdauer der Röhre lediglich von der Lebensdauer der Glühspirale abhängig, deren Defektwerden die Röhre vernichtet. Von der Firma Siemens & Halske werden zum

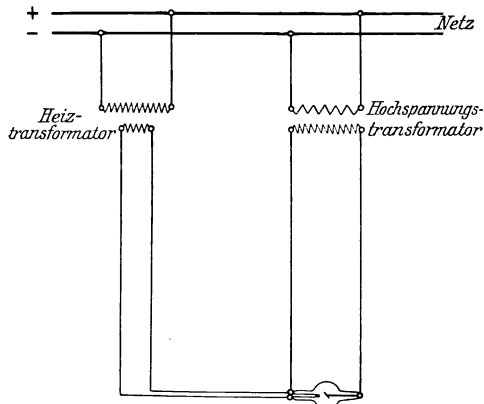


Abb. 58. Stromverlauf bei Siemens-Elektronenröhren.

Betrieb der Coolidge-Röhre sowohl besonders geeignete Hochspannungsapparate als auch Zusatzeinrichtungen zum Gebrauch mit vorhandenen Apparaten gebaut.

Um beim Induktorbetrieb verkehrt gerichtete Stromstöße von der Elektronenröhre fernzuhalten, sind gutarbeitende Ventile nötig, wie etwa das Konstanz-Ventil Rosenthals, oder in neuester Zeit Glühventile, wie sie etwa von der Firma C. H. F. Müller-Hamburg geliefert werden. Die Arbeit des Müllerschen Elektronenventils ist nach meiner Erfahrung gut; über seine Lebensdauer und Rentabilität läßt sich freilich bisher noch nichts Abschließendes sagen;

dafür ist ihre Erprobungszeit noch zu kurz. Der Betrieb des Elektronenventils erfolgt mit Heizstrom, der von einem Transformator oder eigenen, isoliert aufgestellten Akkumulatorenbatterien geliefert wird. Neuerdings stellt die Firma C. H. F. Müller-Hamburg Elektronen-Therapieröhren her, die nur für eine Stromrichtung durchgängig sind; für den verkehrten Strom als Drosselröhren wirken, also keine Ventile benötigen. Die zuverlässige Arbeit ohne Ventile ist ein großer Vorzug dieser Röhren. An Lebensdauer stehen sie nach meinen eigenen Erfahrungen bisher den Siemens-Elektronenröhren noch nach (Abb. 59). Neueste Errungenschaften der Firma C. H. F. Müller-Hamburg auf dem Gebiete der Elektronenröhren sind das sog. „Metro“-Therapie-Trockenrohr und die erstaunlich scharf zeichnende Diagnostikröhre „Media“.

Die Erfindung und Einführung der Elektronenröhren in die praktische Röntgenologie — ein Verdienst von Lilienfeld und Coolidge in gleicher Weise — bedeuten röntgentechnisch eine Großtat. Die Mechanisierung des Betriebes mit der stets maschinenmäßig gleichartig gestaltbaren Röhrenwirkung bedeuten technisch einen Fortschritt. Die mit der Unruhe der Röhrenarbeit verbundene Unsicherheit des Betriebes in Therapie und bei Durchleuchtungen verschwindet.

Diese Überlegenheit der Elektronenröhre bleibt bestehen auch gegenüber der Tatsache, daß mittels des Bauventils regulierbare Dauerdurchleuchtungsrohren und mit automatisch in der Härte regulierbaren selbsthärtenden Siederöhren weitgehenden Bedürfnissen genügt wird. Die eigentlichen Leistungen der Elektronenröhren bei Durchleuchtungen und in der Therapie freilich haben bisher

die der Röhren klassischen Typs kaum in den Schatten gestellt, sie in der Moment-Röntgenographie noch nicht zu erreichen vermocht. Diese Tatsache muß den großen betriebstechnischen Vorzügen der Elektronenröhren gegenüber betont werden. Die Qualität der Schirmbilder beider Röhrenarten war bis zum Auftauchen der „Media“ gleich. Hier scheint die „Media“ einen Fortschritt zu bedeuten. Die Güte der mit gashaltigen Röhren erzielten Röntgenogramme ist von den Elektronenröhren bisher nicht übertroffen worden. Für Aufnahmen kürzester Expositionszeit ist der Vorteil auf seiten der gashaltigen Röhren. Im praktischen Therapiebetrieb ist die Strahlenausbeute an Härte und Intensität beider Röhrentypen fast gleich; die Art und Annehmlichkeit des Betriebes spricht aber unbedingt zugunsten der Elektronenröhren. Eigene fünfjährige Erfahrung mit den Siemensschen Elektronenröhren hat mich diese Röhren besonders für Therapie schätzen gelehrt, gegenüber dem unruhigeren und vergleichsweise unsicheren Betrieb gashaltiger Röhren. Arbeitszeiten von tausend Stunden und darüber mit Siemens Elektronen-Therapie-Röhren habe ich mehrfach erreicht. Auch das ventillos arbeitende Elektronentherapierohr der Firma Müller scheint nach eigenen Erfahrungen in letzter Zeit der Vervollkommnung entgegenzugehen und Hervorragendes zu leisten.

Mit wenigen Worten läßt sich im ganzen der Vorteil guter Elektronenröhren dahin zusammenfassen, daß der technische Teil des Röntgenbetriebes aus einer schwer zu erlernenden Kunst ein mechanisch einzustellender Vorgang geworden ist. Was dies bedeutet, braucht kaum besonders betont zu werden.

Hilfsmittel zur Beurteilung der Eigenschaften der Röntgenröhre und der von ihr gelieferten Strahlung.

Die Beurteilung der für die praktische Röntgenologie wichtigen Röhreneigenschaften, ihrer „Schärfe“ und ihrer „Härte“ verwendet man bestimmte Hilfsapparate.

Beim Focometer von Walter zur Beurteilung der Schärfe des „Brennpunktes“ sind in einem Rohr in einiger Entfernung von einem kleinen Leuchtschirm sechs verschieden dicke Bleidrähte nebeneinander ausgespannt. Betrachtet man das Leuchtschirmbild der Drähte vor einer scharfzeichnenden Röhre, d. h. einer solchen mit kleinem Brennfleck, dann sieht man alle sechs Drähte, auch die dünnsten; während die Strahlen eines breiten Brennfleckes das Bild der dünnen Drähte unterwaschen und überdecken; man sieht nur Schatten der dicken oder dicksten Drähte auf dem Leuchtschirm. Ein Bleischirm dient dem Schutze der haltenden Hand.

Dessauers Focometer beruht auf der Tatsache, daß von mehreren verschieden weit von einem Leuchtschirm angeordneten Drähten die schirmfernen Drähte um so deutlicher erscheinen, je schärfer der Röhrenbrennfleck ist (Abb. 60).

Die Größe und Schärfe des Röhrenbrennfleckes kann man nach seinem röntgenographischen Bild beurteilen, das mit der Lochkamera aufgenommen



Abb. 59. Elektronen-Therapie-röhre (C. H. F. Müller.)

wird (Gocht). Die Lochkamera besteht aus starkem Eisenblech und trägt in ihrem der Röhre zugekehrten Teil eine durch Diaphragmen beliebig zu regulierende Rundöffnung. In der — abgesehen von der Diaphragmenöffnung — röntgenlichtdichten Kamera wird, gegen das Diaphragma, in der Entfernung verstellbar, die photographische Platte exponiert. Die Einstellung der Röhre bzw. die Winkelstellung der Antikathode zur Plattenebene ist für die Bildzeichnung wesentlich. Verglichen und kritisch beurteilt dürfen nur solche Brennpunktbilder werden, die unter gleichen Bedingungen aufgenommen sind.

Zum Urteil über die Strahlenqualität einer Röhre, ihre „Härte“, führen verschiedene Wege, direkte und indirekte.

Nach Röntgens Vorgang benützt man „Härtemesser“ bestimmter Bauart. Die Apparate von Biesalski, Bose und Walter drücken das Durchdringungsvermögen, die Härte der Strahlen aus durch beliebig gewählte Schichtdicken bestimmter Metalle (Stanniol, Platin), welche von den Strahlen eben noch durchdrungen werden.

Im „Chromoradiometer“ von Benoist wird die Strahlenabsorption eines dünnen Silberbleches verglichen mit der verschieden dicker Aluminiumplättchen.

Die praktische Anordnung im Chromoradiometer von Benoist ist derart, daß 12 Aluminiumfelder von 1—12 mm zunehmender Schichtdicke ein dünnes Silberplättchen von 0,11 mm als Mittelfeld umgeben. Das Silberplättchen, das von harter und weicher Strahlung innerhalb bestimmter Grenzen praktisch annähernd gleich leicht durchdrungen wird, im Gegensatz zum Aluminium, dessen beson-

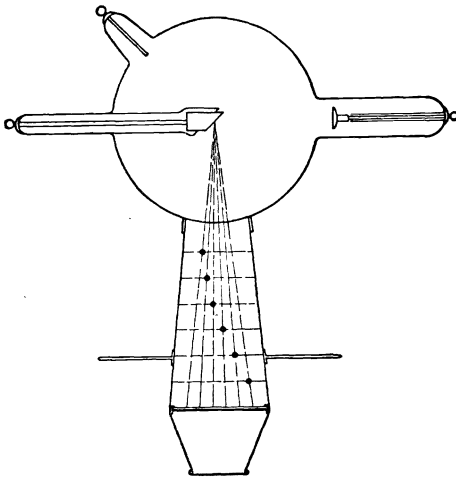


Abb. 60. Focometer nach Dessauer.

dere Durchlässigkeit mit zunehmender Strahlenhärte zunimmt, dient als Vergleichsfeld. Dasjenige Randfeld, das mit dem Mittelfeld gleiche Helligkeit zeigt, gibt den Röhrenhärtegrad an. Zum raschen Auffinden der Härtezahl hat Dessauer um die Aluminiumfelder einen Bleirand angebracht, aus dem die Ziffern der Felder ausgeschnitten, also unter Röntgenstrahlen ablesbar sind. Die Schichtdicken der Aluminiumplättchen sind willkürlich gewählt.

Die Helligkeitsabstufungen der einzelnen Aluminiumfelder erscheinen bei der Benoistskala untereinander ungleich. Diese Erscheinung erklärt sich aus der im Röntgenschen Absorptionsgesetz ausgedrückten Tatsache, daß in verschieden dicken Körpern gleichen Materials die Strahlenabsorption — ceteris parib. — nicht der Dickenzunahme entsprechend, sondern um geringere Beträge zunimmt. Walter hat die Dicke der Aluminiumfelder der Benoist-Skala dahin geändert, daß die Helligkeitsabstufung zwischen den einzelnen Feldern gleichmäßig erscheint. Aus den 12 Benoistfeldern wurden so 6 Benoist-Walterfelder mit beträchtlichen Helligkeitsunterschieden zwischen den einzelnen Stufen. Die großen Unterschiede zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Feldern erschweren feinere Röhrenausswahl.

Beim Wehneltschen Härtemesser (Abb. 61) wird ein Aluminiumkeil zusammen mit einem parallellaufenden Plattsilberstreifen überall gleicher

Dicke an der spaltförmigen Öffnung eines Bleibleches zwischen Röntgenröhre und Leuchtschirm vorbeigeführt. Die Dicke des Aluminiumkeils an der Stelle gleicher Helligkeit mit dem Silberstreifen ist das Maß für die Härte der Röhre, die Durchdringungskraft ihrer Strahlung.

Für den praktischen Gebrauch werden Benoist- und Wehnelt-Skala in Kryptoskopon untergebracht, kleinen Dunkelkammern, deren Vorderwand einen Augenschirm zum Hineinsehen trägt, deren Rückwand, hinter einem mit Bleiglas bedeckten Leuchtschirm, vom Sklerometer gebildet wird, das von strahlendichter Wand umrandet ist.

Die Zahlen der einzelnen Sklerometer stimmen nicht miteinander überein, können aber ineinander umgerechnet werden.

Sklerometer ohne Vergleichsfeld aus Silber oder einer ähnlichen Substanz — bei denen die Durchdringungskraft nach der Dicke der eben noch

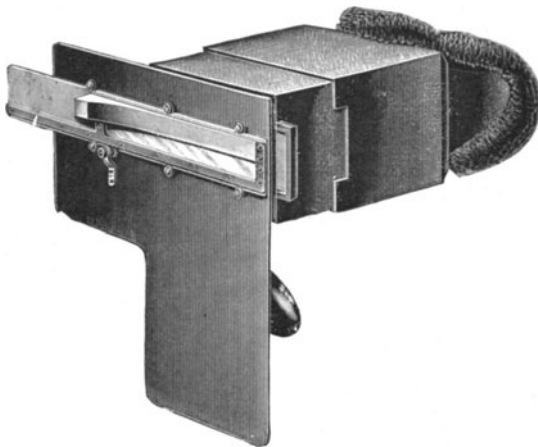


Abb. 61. Härtemesser nach Wehnelt.

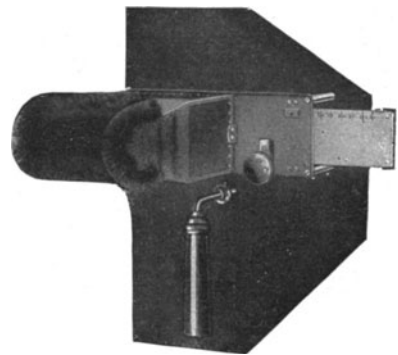


Abb. 62. Halbwertschicht-Härtemesser zur Durchleuchtung.

durchdrungenen Aluminiumscheibe geschätzt wird — sind wertlos. Die Helligkeit des Schirmbildes bei gleicher Röhrenhärte beeinflusst die Schätzung allzusehr.

Die Ablesung der Sklerometerskalen am Leuchtschirm ist weitgehend vom Untersucher abhängig. Genauer ist die röntgenographische Feststellung der Strahlenabsorption im Härtemesser. Die ungleiche Wirkung der Sekundärstrahlungen von Silber und Aluminium schafft indessen auch hier, wenn die Skala der Platte unmittelbar aufliegt, geringe Ungenauigkeiten, die — wissenschaftlich nicht zu bestreiten — praktisch belanglos sind.

Auch der Halbwertschicht-Härtemesser nach Christen verdient die Bezeichnung „absoluter Härtemesser“ nicht. Auch er mißt nur einen mehr oder weniger richtigen Mittelwert des im Röntgenstrahlenbündel enthaltenen Strahlenkomplexes. Diejenige Schichtdicke Wasser in Zentimetern, welche gerade die Hälfte der Strahlung absorbiert, charakterisiert diese. Der besseren Handlichkeit wegen gebrauchte Christen später das „Bakelit“, das Strahlen gleich dem Wasser absorbiert. Der Halbwertschicht-Härtemesser von Christen wird in zwei Modifikationen hergestellt, je eine für Durchleuchtung und für Röntgenographie. Bei der Durchleuchtung wird die Halbwertplatte verglichen mit einem Bakelitkeil (Abb. 62). Die Stellung, an der Keil und Platte gleiche

Helligkeit zeigt, gibt die Halbwertschicht an. Die Halbwertplatte besteht aus einem vielfach durchlochtem, absorbierenden Metallblech, wobei der Gesamtquerschnitt aller Löcher gleich ist dem Querschnitt des stehen gebliebenen Metalls. Das Blechsieb ist dem Leuchtschirm so fern, daß die Lochgrenzen verschwinden und ein auf halbe Helligkeit gleichmäßig gedämpftes Flächenbild erscheint.

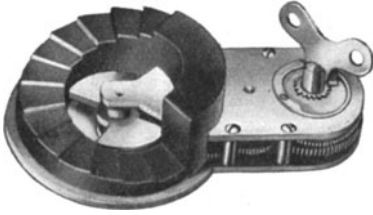


Abb. 63. Halbwertschicht-Härtemesser für photographische Messungen.

undurchlässiger Körper rotiert, der im Ruhezustand die Hälfte der Grundfläche des Luftraumes bedeckt.

Bei dem für röntgenographische Messungen bestimmten Instrument (Abb. 63) ist eine Bakelittreppe ringförmig um einen Luftraum gruppiert, in dem durch Uhrwerk während der Messung ein strahlen-

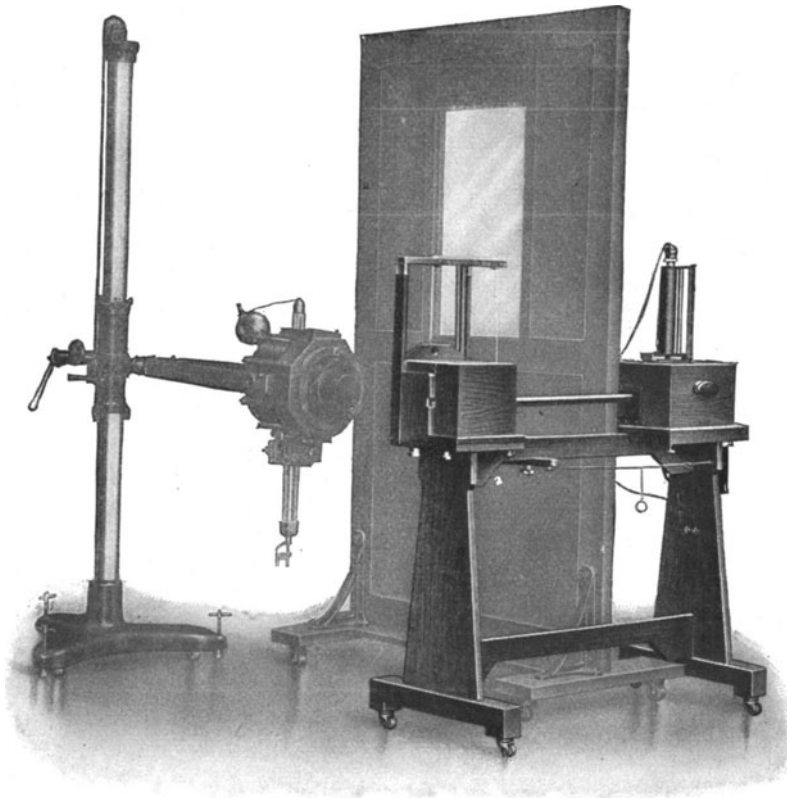


Abb. 64. Ionto-Quantimeter-Meßbank zur Feststellung der Oberflächen-Strahlenquantitäten, der prozentualen Tiefendosis zur Eichung von Röntgenapparat und Röhre jeder Type.

Allen Chromoradiometern — und hierzu gehört auch das Christensche Instrument — haftet als besonderer Nachteil die subjektive Beurteilung von Hell-Dunkelunterschieden an. Diesen Nachteil vermeiden Zeigerinstrumente.

Beim Radio-Sklerometer von Villard wird das Verhältnis der Ionisation zweier gleichartiger Lufträume durch eine bestimmte Strahlung verglichen, von denen der eine Luftraum ohne, der andere mit Filter bestrahlt wird.

Je härter, je durchdringungsfähiger das Strahlenbündel ist, desto weniger geschwächt wird die Strahlung durch das Filter und desto stärker ist die ionisierende Wirkung in der Luftkammer unter dem Filter. Das Verhältnis der Ionisationen liest man am Zeigerausschlag eines Quadrantelektrometers ab.

Auf ähnlicher Grundlage beruht die Härtemessung mit Hilfe der Elektroskopie und Iontoquantimetrie. Man beurteilt dabei die Härte, die Durchdringungsfähigkeit eines Strahlenbündels, aus dem Verhältnis der Ionisation in einer Luftkammer bei Bestrahlung ohne und mit Filterschichten darüber. Die Strahlung ist um so härter, je größer ihre Intensität unter dem Filter, je geringer ihre Schwächung durch die Filterschicht ist, je näher die Ionisations-

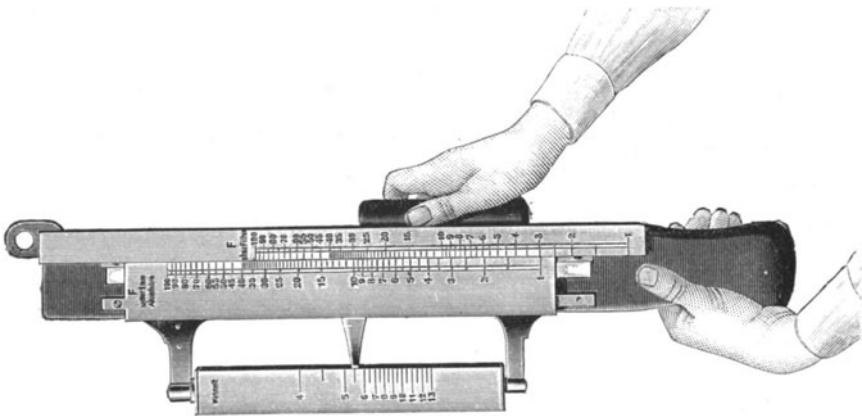


Abb. 65. Härteskala nach Fürstenau.

wirkung unter dem Filter der über ihm kommt. Die Stärke der Ionisationswirkung ergibt sich aus der Geschwindigkeit, mit der ein bestimmt geladenes Elektroskop durch die Bestrahlung entladen wird. Je größer die Ionisation ist, um so kürzer die Entladungszeit.

Ein erstes Modell zur Ionto-Quantimetrie stammt von Scillard. Verbesserungen wurden von verschiedenen Seiten angegeben und durchgeführt (Dessauer, Glocker, Winawer und Sachs, Friedrich u. a.).

Eine zweckmäßige Einrichtung dieser Art ist die fahrbare Iontoquantimetermeßbank von Reiniger-Gebbert und Schall-Veifa. Auf der einen der beiden Tragflächen der Meßbank ruht das sorgsam strahlengeschützte und hochempfindliche Ionto-Quantimeterinstrument mit Zeigerschattenablesevorrichtung und Reibungselektroskop zur Ladung des Elektroskopes. Mit dem Elektrometer durch ein 70 cm langes gut isoliertes und strahlengeschütztes Zuleitungsrohr ist die Ionisationskammer verbunden, die samt Phantom und Blendenvorrichtung auf der zweiten Tragfläche der Meßbank ruht.

- Bei Vornahme einer Messung muß die Meßbank so zur jeweils vorhandenen Schutzwand und vor dem Röhrenstativ angeordnet werden, daß nur die Meßkammer hinter Filter und Phantom im Bereich der Strahlung liegt, dagegen Elektrometer und Untersucher hinter der Schutzwand vom Röntgenlicht nicht getroffen werden (Abb. 64).

Das Verhältnis der Tiefendosis zur Oberflächendosis, die — *ceteris paribus* — von der Strahlenhärte abhängt, bezeichnet man in der Röntgentherapie als „Dosenquotient“ (Christen).

Die nicht einfachen iontoquantimetrischen Messungen erfordern sorgsamstes Arbeiten unter Einhaltung zahlreicher wesentlicher Bedingungen; sie sind zeitraubend, geben aber — sachgemäß durchgeführt — über den mittleren Härtegrad des angewandten Strahlenbündels zuverlässige Auskunft.

Fürstenaus Härteskala (Abb. 65) wird in Verbindung mit seinem Intensimeter (Abb. 66) benützt. Bau und Anwendungsweise dieser Härteskala beruhen auf der Tatsache, daß das Verhältnis der Wirkung ungefilterter zu der mit 1 mm Al gefilterten Strahlung auf eine Selenzelle sich mit der Strahlenhärte ändert. Das Verhältnis der Ausschläge des Intensimeterzeigers unter



Abb. 66. Intensimeter nach Fürstenaus.

direkter und gefilterter Strahlung wird an einem Schiebelineal abgelesen, in Benoist, Wehnelt, Walter oder Absorptionseinheiten angegeben. Die Genauigkeit der Absorptionsmessungen mit der Iontoquantimetrie wird von dem Härtemesser mit dem Intensimeter wegen der bekannten Nachteile der Selenzelle nicht erreicht.

Der Strahlenanalysator von Glocker (Abb. 67) ermöglicht, das heterogene Strahlengemisch einer Röntgenstrahlung in seine Bestandteile verschiedener Härtegrade zu zerlegen, wobei die Intensitäten der einzelnen Strahlenanteile gleichzeitig zur Messung gelangen. Beim Bau des Apparates ist von der Eigenschaft der Röntgenstrahlen, an verschiedenen Metallflächen verschieden harte charakteristische Sekundärstrahlen zu erregen, Gebrauch gemacht. Die erregende Strahlung ist stets etwas härter als die erzeugte Sekundärstrahlung. In der Vorderwand eines für Röntgenstrahlen undurchlässigen Gehäuses von 12 cm Höhe, 8 cm Breite und 6 cm Tiefe befindet sich als Eintrittsort für Röntgenstrahlen ein 1 cm breiter Spalt, durch den die — gefilterten — Strahlen auf Metallplatten fallen, die derart angeordnet sind, daß ihre Sekundärstrahlen — jeweils von denen der übrigen Platten getrennt — auf eine photographische Platte fallen, die von Primärbündel nicht getroffen werden kann. Die Metallplatte mit härtester Sekundärstrahlung erfordert zur Abgabe ihres Fluoreszenzstrahlung eine Primärstrahlung von mehr als 3 cm Wasserhalbwertschicht.

Die einwandfreieste Charakterisierung der Röntgenstrahlung erreicht man mit der wissenschaftlich durchgebildeten spektroskopischen Methode. Bereits

im physikalischen Teil dieser Arbeit wurde auf die Röntgenspektroskopie eingegangen.

Bekanntlich zeigte Laue mit seinen Kristallinterferenzen, daß das Röntgenstrahlenbündel gewöhnlicher Röhren ein komplexes Lichtbündel bestimmter Eigenart ist.

Mit Hilfe der Reflexionsmethode der beiden Braggs gelangen exakte Analysen der Röntgenstrahlenwellenlängen in idealer Weise (Braggs, Siegbahn, Ulrey, Wagner u. a.).

Die nicht einfache Handhabung des Reflexionsspektrometers, dessen Bauprinzipien im physikalischen Teil besprochen wurden, die langen nötigen Expositionszeiten beim photographischen Verfahren und die Schwierigkeit der iontoquantimetrischen Ausmessung des Spektrums machten die Einführung der Spektralanalyse der Röntgenstrahlen in die ärztliche Praxis bisher unmöglich. Nun scheint in neuester Zeit March, Staunig und Fritz die Überwindung der genannten Schwierigkeiten mit einer Modifikation des Braggschen Apparates und seiner Anwendung auf Grund neuer Beobachtungen und Erwägungen gelungen zu sein. Der Apparat ist erst seit kurzer Zeit im Handel zu haben; eine Äußerung über seine Brauchbarkeit ist deshalb noch nicht möglich. Tatsächlich aber dürfte eine einfache und zuverlässig zu handhabende spektroskopische Methode die endliche einwandfreie Lösung des Härtemessungsproblems auch in der ärztlich röntgenologischen Praxis bringen.

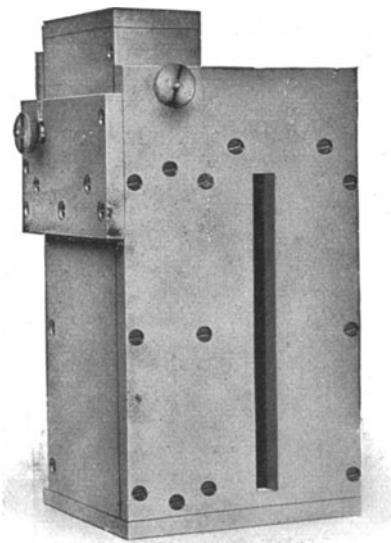


Abb. 67. Strahlen-Analysator von Glocker.

Indirekte Härtemessung der Röntgenröhre.

Das einfachste Mittel zur indirekten Messung des Härtegrades einer Röhre ist die „parallele Funkenstrecke“. Schaltet man der Röntgenröhre eine Luftstrecke veränderlicher Länge parallel, dann gleicht sich die elektrische Spannung auf dem Weg geringsten Widerstandes aus, führe dieser durch die Röntgenröhre oder die parallel geschaltete Luftstrecke. Je größer die Stromspannung ist, um so größere Widerstände werden überwunden. Je härter die Röhre ist, um so größer ist der Widerstand für den Stromdurchgang durch sie, um so größere Spannung braucht man zum Röhrenbetriebe.

Die in Zentimetern gemessene Luftstrecke, bei deren Parallelschaltung der Strom eben über sie und nicht mehr durch die Röntgenröhre fließt, ergibt die Schlagweite, die Härte der Röhre.

Die parallele Funkenstrecke soll nur der Röntgenröhre, nicht dem ganzen Sekundärstromkreis parallel geschaltet werden, wenn sie nur die Spannung an den Elektroden der Röntgenröhre und nicht die des ganzen Sekundärstromkreises angeben soll. Sie ist in ihren Angaben von der Größe und Form der Elektroden — die am besten als spitze Metallstäbe geformt werden — von der Beschaffenheit der Luft und anderen Einflüssen abhängig. Ihre Angaben sind zur Beurteilung der Röhrenkonstanz in jedem Augenblick des Röhrenbetriebes

mit einem und demselben Apparat wohl zu brauchen und vom Standort des Untersuchers aus leicht durchzuführen. Als objektives Maß für die Röhrenhärte aber können die Angaben der Parallelstrecke nicht gelten.

Zeigerinstrumente zur fortlaufenden Beobachtung der Röhrenhärte während der Betriebsdauer vom Standort des Untersuchers aus sind das Klingelfußsche Sklerometer und das Bauersche Qualimeter.

Das Sklerometer von Klingelfuß ist ein Hitzdrahtvoltmeter, auf dessen Zifferblatt eine Benoist-Skala eingetragen ist, über der der Zeiger spielt.

Das Hitzdrahtvoltmeter mißt Wechselströme, die in einer in der Mitte der Sekundärspule des Induktoriums angeordneten Hilfsspule bei Betrieb des Induktors auftreten. Diese Wechselströme stehen in bestimmtem Zusammenhang mit der Spannung an den Klemmen der Sekundärspule und somit auch

dem Härtegrad der Röhre. Sie lassen also innerhalb bestimmter Grenzen Schlüsse auf die Röhrenhärte zu. Der Betrieb des Sklerometers ist nur mit der Hilfsspule möglich.

Auch das Hochspannungsvoltmeter liefert relative Masse, ist brauchbar zu Beobachtungen von Spannungsschwankungen der Röhre während des Betriebes.

Das Bauersche Qualimeter (Abb. 68) ist ein einpolig in die Sekundärleitung eingeschaltetes statisches Elektrometer mit vorgeschaltetem Kondensator. Es macht seine Angabe nicht in Volt, sondern in Graden, die den Stufen einer Treppe aus Bleiblechen von Zehntelmillimetern entsprechen.

Das Qualimeter gibt nur Mittelwerte an, kann rascheren Schwankungen nicht folgen. Seine An-

gaben hängen vom Ionisationszustand der Luft ab. Bei hohen Spannungen versagt es. Die Angaben des Qualimeters an verschiedenen Röntgenapparaten sind nicht vergleichbar.

Keine der indirekten Methoden der Härtemessungen vermag die direkten besonders die Spektralanalyse, zu ersetzen. Sie dienen zur Kontrolle der Konstanz des Betriebes in der Therapie und zu relativen Angaben ceteris paribus.

Die Härte einer Röntgenröhre ändert sich mit der Belastung der Röhre innerhalb weiter Grenzen, nimmt mit der Belastung bis zu einem bestimmten Grade zu; die Härteangabe einer Röhre ohne Nennung der Belastung ist wertlos. Diese lange bekannte Tatsache verdient volle Berücksichtigung. Röhren, die bei bestimmter Spannung gleiche Härte zeigen, können mit zunehmender Betriebsspannung verschiedene Härtegrade aufweisen.

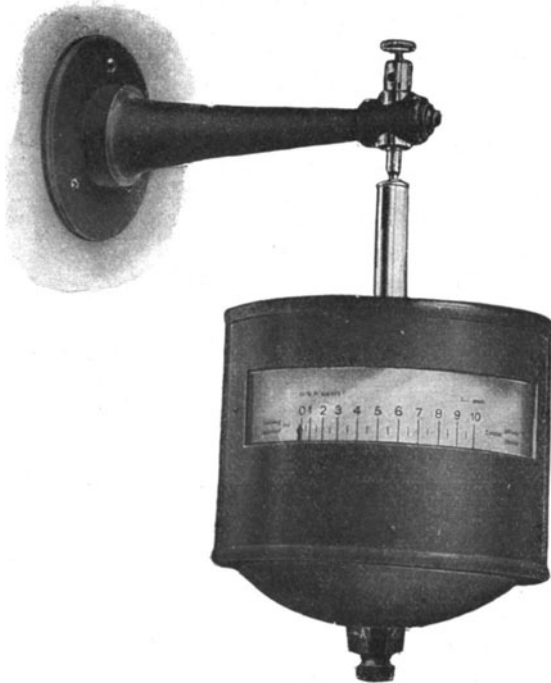


Abb. 68. Qualimeter von Heinz Bauer.

Für die Menge der bei jedem Stromstoß ausgesandten Röntgenstrahlen ist neben anderem die Stärke dieses Stromstoßes maßgebend.

Messung der Röhrenbetriebsstromstärke.

Die im Sekundärkreis fließende Stromstärke mißt man mit dem Drehspulenmilliampèremeter nach Deprez-d'Arsonval. Bei ein und demselben Instrumentarium und derselben Röhre geht der Zeigerausschlag dieses, die mittlere Stromstärke messenden Instrumentes — unter sonst gleichen Bedingungen — der Röntgenstrahlenwirkung auf die photographische Platte parallel. Ändert sich die Sekundärstromkurve und benützt man eine andere Röhre von gleicher Härte, dann kann die Röntgenstrahlenausbeute und damit die Wirkung der Strahlen trotz gleicher Milliampèrezahl verschieden groß sein.

Wenn die Angaben des Milliampèremeters röntgentechnisch praktischen Wert haben sollen, muß der Sekundärstromkreis von verkehrt gerichteten Stromstößen frei sein.

Mit Abnehmen der Röhrenhärte nimmt die Stromstärke und damit der Zeigerausschlag des Milliampèremeters im Sekundärstromkreis zu. So kann das Milliampèremeter auch als Hilfsmittel zur Beobachtung der Röhrenkonstanz dienen.

Die Höhe der in wirksame Röntgenstrahlen umgewandelten elektrischen Energie schwankt bei verschiedenen Röhrenarten — unter sonst gleichen Bedingungen — zwischen dem ein- und vierfachen Wert (Klingelfuß). Auch deshalb befähigt uns das Milliampèremeter nur zur Wiederholung der gleichen Röntgenstrahlenwirkung unter genauen den gleichen Betriebsbedingungen. Als Maß zur Vorausbestimmung der Strahlenwirkung unter verschiedenen Betriebsbedingungen können seine Angaben nur grobe Annäherungswerte liefern.

Messung der Quantität bzw. Intensität der Röntgenstrahlung.

Die Wirkung der Röntgenstrahlen hängt ab von der Zeit, während der eine Strahlung bestimmter Intensität und Härte auf ein Objekt einwirkt. Man nimmt zur Zeit an, daß wirksam nur absorbierte Energie wird. Die Strahlenhärte wird nach einer der obigen Methoden, am besten spektrographisch, festgestellt. Das Milliampèresekundenprodukt zur Erreichung der nötigen Wirkung, in der Röntgenographie als Expositionsschlüssel bekannt, wird empirisch gefunden.

In den Quantimetern zur Dosenmessung in der Röntgentherapie wird die Wirkung definierter Strahlung in einer bestimmten Zeit in Vergleich gesetzt zur Wirkung der gleichen Strahlung auf menschliche Organe, zunächst die menschliche Haut, ohne deren Dauerschädigung die Strahlenanwendung erfolgen muß. Die Eichung der Strahlen erfolgt also empirisch.

Das erste direkte, heute verlassene, Quantimeter stammt von Holzknecht und beruhte auf der Verfärbung gewisser zu Reagenzkörpern zusammengesetzter Salze. Die Verfärbung wurde von einer Kolorimeterskala abgelesen. Die Einheit hieß ein H. Man stellte fest, wieviel Strahlen zur Erreichung dieser Verfärbung auf die Dosis 1 H nötig waren.

Im Chromoradiometer von Sabouraud und Noiré ist der Farbumschlag des gelbgrünen Barium-Platin-Zyanürs in einen braunen Farbton zur Dosimetrie benützt. Die Verfärbung zu bestimmter Bräunung — „Teinte B“ — gibt die Dosis der Hautrötung, die Erythemdosis, an. Das Testplättchen ist in halber Fokus-Hautdistanz anzubringen und der Vergleich mit der „Teinte B“ vorzunehmen.

Holzknacht hat die Dosimetrie mit dem Sabouraud-Noiré-Plättchen wesentlich verbessert. Mittels Farbkeil lassen sich Zwischenstufen der Verfärbung des Testplättchens ablesen. Dadurch wird es möglich, die Plättchen bei Fokus-Hautabstand wenigstens in der Tiefentherapie bei harter Strahlung zu belichten.

Die Verfärbung der Reagenzkörper hängt von der Strahlenhärte ab. Praktisch hat sich ergeben, daß größere Strahlenhärten auch die Anwendung größerer Einheiten nach H oder Sabouraud-Noiré ohne Hautschäden zulassen.

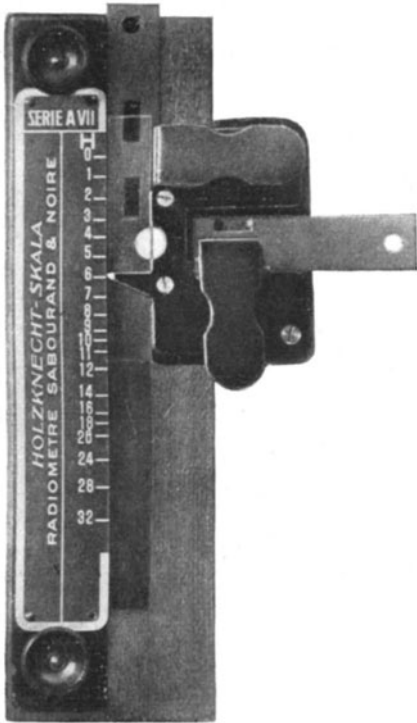


Abb. 69. Dosimeter mit Skala nach Holzknacht zur Tablette von Sabouraud.

Die praktische Anordnung ist derart (Abb. 69), daß ein unbelichtetes und ein belichtetes halbkreisförmiges Barium-Platin-Zyanürplättchen, mit den Geraden aneinanderstoßend, gemeinsam auf einem Schlitten so verschoben werden können, daß das unbelichtete Plättchen unter dem durchsichtigen von oben nach unten zunehmend rotbraun gefärbten Farbkeil aus Zelluloid läuft. Der Pappstreifen, auf dem das zu exponierende Plättchen festgeklebt ist, trägt einen Index, der über den Skalen läuft, die so eingeteilt sind, daß die niedrigen Zahlenwerte die Dosen für Halbfokus-Hautabstand, die vierfach größeren Zahlenwerte die Dosen für ganzen Fokus-Hautabstand angeben. Dabei bedeuten 5 H 1 Sabouraud-Noiré.

Da der Farbkeil dem Vergleichsreagenzkörper an verschiedenen Stellen eine verschieden tiefe Verfärbung verleiht, während das bestrahlte Meßblättchen von dem Farbkeil nicht bedeckt wird, so werden die bei den Hälften der Kreisscheibe bei einer bestimmten Stellung des Schlittens gleiche Tönung aufweisen, je nach dem Verfärbungsgrade der gemessenen Reagenzkörper. An dieser Stelle erfolgt dann die Ablesung der Röntgenstrahlenmenge in Einheiten nach Holzknacht.

Im Kalmelogen-Radiometer nach Schwarz wurde das Edersche Aktinometergemisch in die Röntgenologie übernommen. Durch Bestrahlung des „Kalmelogens“ entsteht eine Trübung, welche — mit der einer Testflüssigkeit verglichen — die wirksam gewesene Strahlenmenge angibt.

Die Iontoquantimetrie wurde schon im Prinzip bei der Härtemessung besprochen. Bei Quantimetern dieser Art wird ein in bestimmter Weise geladenes Elektroskop durch die Bestrahlung entladen. Die Entladungszeit gibt ein Maß für die wirksam gewesene Strahlung.

Die von Forster entdeckte Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit des Selen — wie durch Licht, so durch Röntgenstrahlen — hatten schon E. Buchner und M. Levy 1904 zur Konstruktion des „Röntgen-Selen-Photometers“ veranlaßt. Erst Fürstenaus Methode vermochte aber der Selenzelle Eingang in die Röntgenpraxis zu verschaffen im „Intensimeter“.

Das Intensimeter nach Dr. Fürsténau zur Messung der Gesamtstrahlenmenge bei Oberflächen- und Tiefen-Therapie besteht aus einer Selen-Auffangdose und einem mit dieser Dose durch ein ca. drei Meter langes Kabel verbundenen Zeiger-Instrument, welches die Dosis pro Minute in „F“-Einheiten anzeigt, die zu Kienböck „X“- und Holz knecht „H“-Einheiten in bekannter Beziehung stehen (siehe Abb. 66, S. 86).

Die Selenzelle wird in der Entfernung des bestrahlten Objektes exponiert. Im Betriebe erkennt man die Widerstandsänderung in der bestrahlten Selenzelle am Zeigerausschlag über einer Skala. Bei 100 „F“ mittelharter Strahlung wird die „Teinte B“ in einer Minute erreicht. Bei härterer Strahlung sind größere F-Zahlen, entsprechend auch der geringeren Reaktion der Sabouraud-tablette auf härtere Strahlen, zur Erreichung der Volldosis auf der Haut notwendig.

Im Quantimeter von Kienböck wird photographisches Papier bestimmter Art der Strahlung exponiert und nach besonderer Vorschrift entwickelt. Der Grad der Schwärzung wird an einem Helligkeitskeil abgelesen. 10 Kienböckeinheiten, 10 „X“, entsprechen 5 H oder einer Sabouraud-Noiré-Einheit.

Auf eine Kritik der Quantimetrie und Strahlendosierung einzugehen, ist hier nicht der Ort. Am zuverlässigsten sind die iontoquantimetrischen und elektroskopischen Methoden mit der empirisch gefundenen Hauteinheitdosis unter Anwendung eines bestimmt charakterisierten Röntgenstrahlenbündels. Die übrigen Methoden liefern mit Kritik verwendet am gleichen Instrumentarium unter sorgsamer Kontrolle der Betriebskonstanz praktisch vielfach ausreichende Annäherungswerte.

Die Glimmlichtröhre.

Zum ordnungsmäßigen Betrieb der Röntgenröhre und des Milliampèremeters muß der elektrische Strom immer in der gleichen Richtung — von der Anode zur Kathode — durch die Röhre fließen. Verkehrt gerichtete Stromstöße können sich durch — die Formen der Anode oder Antikathode wiedergebende — Flecke auf der fluorezierenden Glaswand der Röntgenröhre verraten. Zuverlässiger als die Schließungsfiguren auf der Röhrenwand zeigt die Gehrkesche Glimmlichtröhre verkehrt gerichtete Stromstöße im Röhrenbetriebsstromkreis an. Die Gehrke-Röhre (Abb. 70) ist eine bis zur Entstehung von kathodischem Glimmlicht bei Stromdurchgang luftleer gepumpte Glasröhre. Die stabförmigen Elektroden in der Röhre sind einander bis auf etwa 1 mm genähert. An der Kathode umgibt den Stab bei Stromdurchgang blauviolettcs Glimmlicht, dessen Säule mit Zunahme der Stromstärke wächst. An der positiven Elektrode zeigt sich nur ein kleiner heller Punkt. Gehen auch verkehrte Stromstöße durch die Röhre (bei Wechselstrom), dann überzieht sich auch die der erwünschten Stromrichtung als Anode dienende Elektrode mit einer Glimmlichthülle; sie ist für den verkehrten Stromanteil Kathode. Den Spannungsverlauf der Sekundärstromstöße, der am Glimmlichtoszillator ohne Hilfsmittel nicht beobachtet werden kann, stellt man sich mit Hilfe eines die zeitlichen Schwankungen der Glimmlichtsäule wiedergebenden rotierenden Spiegels dar. Die Ordinaten der im Spiegel oder auf rotierenden Filmbändern sichtbaren Kurven stellen die Höhe der Spannung, die Abszissen die Verlaufszeiten dar.

Die Vorgänge, die sich an und in einer sachgemäß betriebenen Röhre nach Stromschluß abspielen, sind folgende: Zunächst steigt die Stromspannung an den Röhrenelektroden bis zur Erreichung der Röhrendurchbruchspannung. Mit diesem Augenblick höchster Spannung beginnt der Stromfluß

im Sekundärkreis; ihm entspricht die Aussendung von Kathodenstrahlen größter Geschwindigkeit, von Röntgenstrahlen größter Durchdringungskraft. Ist der Stromweg durch die Röhre gebahnt, dann sinkt deren Widerstand, die Spannung nimmt ab und mit ihr die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, die Penetranz der Röntgenstrahlen bis zur völligen Stromunterbrechung mit Sinken der Sekundärstromspannung unter die Betriebsspannung der Röhre. Die durch die Röhre fließende Stromstärke wächst mit abnehmendem Widerstand in der Röhre. Diese Verhältnisse gelten im ganzen, wechseln im einzelnen mit der Form der Sekundärstromkurve. Die Strahlung einer Röntgenröhre während eines einzigen Stromstoßes ist also in sich ungleich.

Eine homogene Strahlung herzustellen, einfarbiges Röntgenlicht, sind wir bisher nicht in der Lage. Zur möglichsten Homogenisierung werden in der Röntgentherapie Strahlenfilter benützt, neben möglichst harter Strahlung, Dinge, auf die hier nicht eingegangen werden kann.

In der Diagnostik ist die mittlere Strahlenart, der Härtegrad der Röntgenröhre, dem Absorptionsvermögen des jeweils zu untersuchenden Körper-



Abb. 70. Glimmlicht-Röhre zur Kontrolle schließungslichtfreien Betriebes von Induktor-Apparaten.

teiles anzupassen. Härtere Strahlen sind nötig zur Untersuchung dichter und dicker Körperteile, weiche zu der leichter zu durchdringender.

Abgesehen von den der Bildzeichnung dienenden Strahlen eines Bündels, verlassen mit ihm bei jeder Röhre — auch der harten — Strahlen die Röntgenröhre, die in röhrennahen Hautteilen des Kranken stecken bleiben, nicht der Bildwirkung dienen. Sie können unter Umständen als Schädlinge wirken und sind dann mit dünnen Aluminiumfiltern auszusondern.

Die jeweilige Belastung ist dem Härtegrad der Röhre anzupassen. Weiche Ionenröhren und solche, die zum Weichwerden neigen — neue metallreiche Röhren — ertragen zunächst nur schwächere und kürzere Belastungen. Es ist darauf zu achten, daß nicht nachfolgende Stromstöße in die Periode der Widerstandsverringernng der Röhre durch den vorhergehenden Stromstoß fallen, d. h. die Zahl der Stromstöße soll nicht zu groß sein. Röhren, die zum Härterwerden neigen, belaste man stark. Sachgemäßer Röhrenbetrieb erhöht deren Leistungsfähigkeit und Lebensdauer.

Zur Umwandlung der Elektrizität der Stromquelle in Röntgenstrahlen nötige Instrumentarien findet man in zweckmäßiger, den verschiedensten Ansprüchen entgegenkommender, Zusammenstellung in den Katalogen der Fabriken. Allgemein sei gesagt, daß die Vorrichtungen zur Schließung des elektrischen Stromes, seiner Messung und Regelung vom Standort des Untersuchers aus leicht zu handhaben sein sollen; ebenso die Beobachtung der Röntgenröhre, die Kontrolle und — wenn nötig — Beeinflussung ihrer Härte.

Der Handhabung der Röntgenröhre bei Durchleuchtung und Röntgenographie, dem Schutze des Untersuchten und des Untersuchers dienen bestimmte Vorrichtungen, die zusammen mit der röntgenologischen Untersuchungstechnik kurz zu schildern sein werden.

IV. Röntgenologische Untersuchungstechnik im allgemeinen.

I. Die Röntgendurchleuchtung.

Die Methode einfachster Anwendbarkeit und vielseitiger Aufschlüsse bei der röntgenologischen Untersuchung innerer Organe des Menschen mit wenigen Ausnahmen und deshalb immer ihre Einleitung ist die Schirmdurchleuchtung.

Wir haben die Brustorgane und den kontrastreich gefüllten Magen-Darmkanal als der Röntgendurchleuchtung in erhöhtem Maße zugänglich kennen gelernt. Unentbehrlich ist die Leuchtschirmuntersuchung bei der Suche nach Fremdkörpern.

Den inneren Aufbau verschieden absorbierender Organe in Einzelheiten und Feinheiten zeigt erst die röntgenographische Platte. Die röntgenographische Aufnahme folgt der Durchleuchtung wie etwa in der Anatomie die mikroskopische Untersuchung der makroskopischen.

Bei der Röntgenuntersuchung ändert sich mit jeder Stellungs- und Lageänderung des Untersuchten zum bildgebenden Strahlenbündel das Bild. Man erinnere sich daran, daß man am deutlichsten und mit geringster Verzeichnung interessierende Punkte dann sieht, wenn der Normalstrahl sie durchdringt und sie sich nahe dem Leuchtschirm oder der Platte befinden. Wie Schlüsse auf gegenseitige Lagebeziehungen durchleuchteter Körperteile zueinander aus Bewegungsrichtungen und Lageveränderungen mit veränderter Röhrenstellung zu ziehen sind, wurde im physikalischen Teile dieser Arbeit besprochen. Untersuchungen gleicher Körperteile im Liegen und Stehen werden bei beweglichen Organen mit beweglichem sichtbarem Inhalt vielfach verschiedene, diagnostisch unter Umständen verwertbare Bilder geben. So erscheint die Zahl der Untersuchungsmöglichkeiten verwirrend groß. Von diesen Möglichkeiten zu wissen, ist nützlich, um sich unter besonderen Umständen der einen oder anderen bedienen zu können. Praktisch reichen bei röntgenologischen Untersuchungen darstellbarer Stammorgane bestimmte Durchleuchtungs- oder Aufnahmerichtungen aus.

Die bei Durchleuchtung des Körperstammes zunächst und meist angewandte Durchleuchtungsrichtung ist die dorsoventrale, d. h. die Röhre befindet sich hinter, der Leuchtschirm — bei der Röntgenographie die Platte — vor dem Kranken. Dreht man den Untersuchten vollständig um, dann durchdringen ihn die Strahlen ventrodorsal: Die Röhre befindet sich vor, der Leuchtschirm oder die Platte hinter ihm. Beide Strahlenrichtungen durchdringen den Kranken sagittal, d. h. bei normaler Stellung und Haltung des Kopfes in der Richtung der Pfeilnaht. Durchdringen die Röntgenstrahlen den Untersuchten von einer Seite zur anderen (sinistro-dextral, d. h. von links nach rechts, oder dextro-sinistral, von rechts nach links), dann bezeichnet man den Strahlengang als frontal (parallel der Stirnebene). Von großer Bedeutung bei Untersuchung der Brustorgane sind schräge Durchleuchtungsrichtungen. Bei der Durchleuchtung im ersten schrägen Durchmesser ist der Kranke so gedreht, daß die Röntgenröhre sich links hinter ihm, der Leuchtschirm oder die Platte sich rechts vor ihm befinden (Fechterstellung). Die Strahlen durchdringen den Kranken umgekehrt von rechts vorne nach links hinten bei ventro-dorsaler Durchleuchtung im

ersten schrägen Durchmesser. Der zweite schräge Durchmesser durchdringt den Untersuchten von rechts hinten nach links vorne. Man durchstrahlt den Kranken von links vorne nach rechts hinten, bei ventro-dorsaler Durchleuchtung im zweiten schrägen Durchmesser. Bei dorso-ventraler links-exzentrischer Durchleuchtung steht die Röhre hinter der linken Schulter, der Schirm vor dem Körper; bei ventro-dorsaler linksexzentrischer Durchleuchtung ist der Strahlengang umgekehrt. Die entsprechend rechtsexzentrischen Strahlengänge durchdringen den Körper von der rechten Seite aus, dorso-ventral oder ventro-dorsal bei Stellung des Schirmes vor der Körpermitte. Bei all diesen Durchstrahlungsrichtungen kann die Röhre kranial (nach oben) oder kaudal (nach unten) gegen den Leuchtschirm verschoben werden. Bei röntgenographischen Gliederaufnahmen folgt die Bezeichnung des Strahlengangs im ganzen ähnlichen Grundsätzen wie bei Stammuntersuchungen, d. h. ventro-dorsal oder dorso-ventral für den Strahlengang von vorne nach hinten und von hinten nach vorne; an der Hand auch dorso-volar, am Fuß dorso-plantar oder umgekehrt. Die seitlichen Richtungen kann man bezeichnen mit sinistro-dextral und dextro-sinistral oder am Arm radio-ulnar und umgekehrt, am Bein tibio-fibular und umgekehrt. Bezeichnungen für schräge Strahlengänge ergeben sich aus dem Gesagten von selbst. Der Achsenstrahl der Blende kann auch kranio-kaudal (von oben nach unten) und umgekehrt gerichtet sein, die Röhre kann kopfwärts (kranial) oder nach unten (kaudal) bewegt werden.

Blendentechnik.

Nicht der Bildzeichnung dienende, in der diagnostischen Röntgenologie also schädliche, Strahlen beseitigt man durch sachgemäße Anwendung von Blenden und Strahlenfiltern.

Die besten röhrennahen Blenden sind die vertikale und horizontale Schlitzblende. Die Blendenöffnung werde zur Vermeidung von Hautschäden mit $\frac{1}{2}$ mm Al-Platte geschlossen (Abb. 71).

Zur Vermeidung der Bildverschlechterung durch vom durchleuchteten Körper ausgehende Strahlen verwendet man — nach Bucky — die Wabenblende

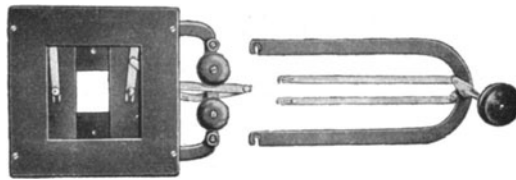


Abb. 71. Schlitzblenden, vom Untersucher leicht zu bedienen.

(Siemens & Halske) zwischen Körper und Leuchtschirm. Eine große Zahl kleiner viereckiger Blenden, welche die Form niedriger, abgestumpfter Pyramiden haben, sind nach zwei Richtungen so nebeneinander angeordnet, daß ihre Gesamtheit das Bild einer Honigwabe ergibt. Alle diese kleinen flachen Pyramiden laufen gegen eine gemeinschaftliche Spitze etwa im Fokus der Röntgenröhre zu. Die strahlenundurchlässigen dünnen Pyramidenwände erscheinen als dunkle, quadratische Linien im Schirmbild des untersuchten Körpers. Jede einzelne Pyramide wirkt als Blende und verwehrt so einem Teil der Körpersekundärstrahlen den Eintritt ins Schirmbild.

Den besonderen Wert der Durchleuchtung — verglichen mit der diagnostischen Bedeutung der Röntgenographie — haben wir in der Mög-

lichkeit kennen gelernt den Körper rasch und leicht allseitig zu durchmustern, Bewegungsvorgängen wenigstens in großen Zügen

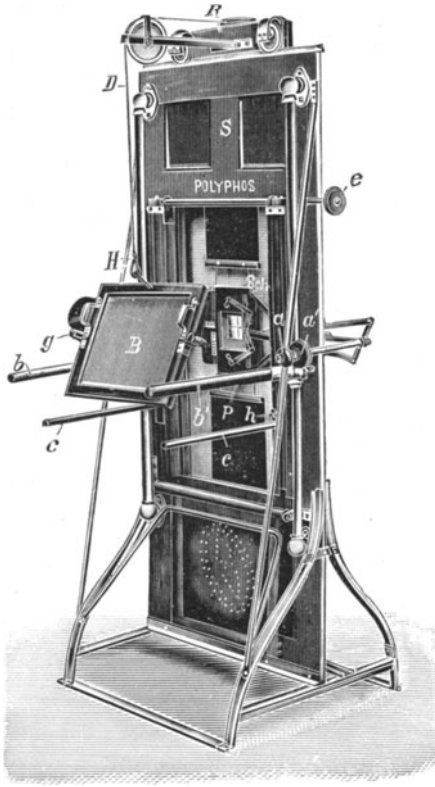


Abb. 72a. Vorderseite.

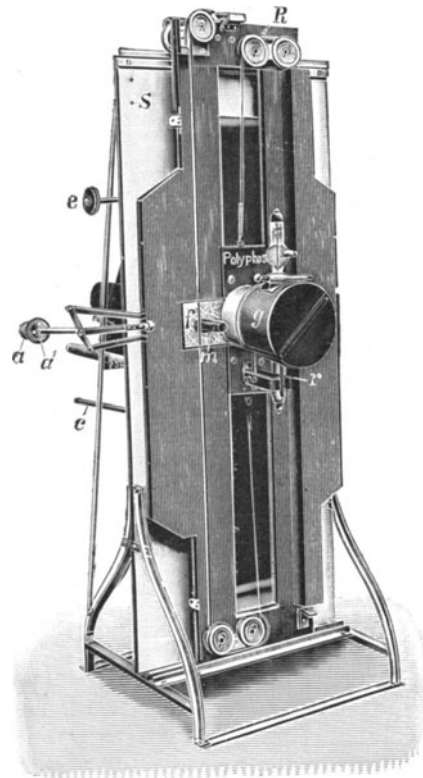


Abb. 72b. Rückseite.

Riedersches Durchleuchtungs- und Zeichenstativ.

zu folgen, das Verhalten von Körperteilen unter Eingriffen zu beobachten.

Durchleuchtungsstative.

Aus dem besonderen Wert und Wesen der Durchleuchtung ergeben sich die Grundzüge, nach denen brauchbare Durchleuchtungsapparate gebaut sein sollen; Röhre und Leuchtschirm müssen gemeinsam oder getrennt vom Standpunkt der Untersucher leicht beweglich sein nach oben, unten und den Seiten. Dabei ist Strahlenschutz des Untersuchten und Untersuchers in weitestgehendem Maße nötig. Die Blenden müssen vom Standort des Untersuchers leicht zu betätigen sein. Zahlreiche Durchleuchtungsstative — verschiedener Konstrukteure und Firmen — genügen diesen Anforderungen. Die beistehenden Bilder veranschaulichen einige Modelle, ohne daß damit andere als weniger gut abgetan sein sollen, sofern sie den oben angegebenen nötigen Forderungen genügen.

Beim Riederschen Durchleuchtungs- und Zeichenstativ zur Untersuchung im Stehen (Abb. 72a und 72b) bewegen sich Röhre und — vom Platze des Untersuchers aus mittelst Handräder beliebig einzustellende — horizontale und vertikale Schlitzblende gleichzeitig mit dem Durchleuchtungsschirm in

vertikaler und horizontaler Richtung. Der an einem Drahtseil hängende Leuchtschirm kann dem zu durchleuchtenden Körperteile angelegt werden. Das ganze Stativ ist bis auf die Blendenweite mit Bleiblech beschlagen, kann bei geschlossenen Blenden als Schutzwand dienen. Die Röntgenröhre hinter den Blenden ist von einer Bleiglashülle umgeben; unerwünschte Strahlen werden also möglichst allseitig abgefangen. Röhre und Schirm können auch getrennt bewegt, der Schirm kann festgestellt werden, so daß man auf das ihn bedeckende Bleiglas bei zentrierter Röhre Organgrenzen orthodiagraphisch aufzeichnen kann. Der Kranke findet zwischen zwei Armlehnen Halt und Stütze. Am unteren Teile des Stativs ist eine Sitzbank aufklappbar.

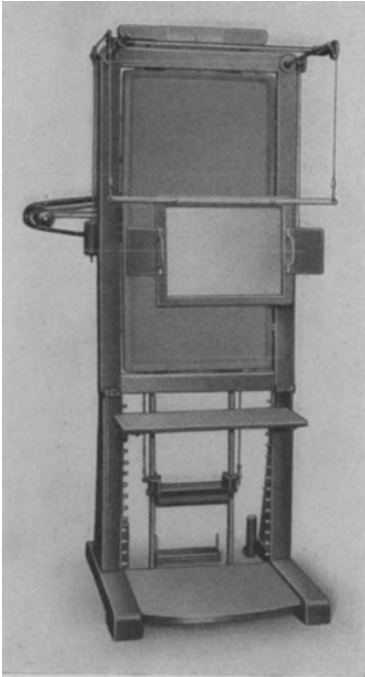


Abb. 73a. Vorderansicht.

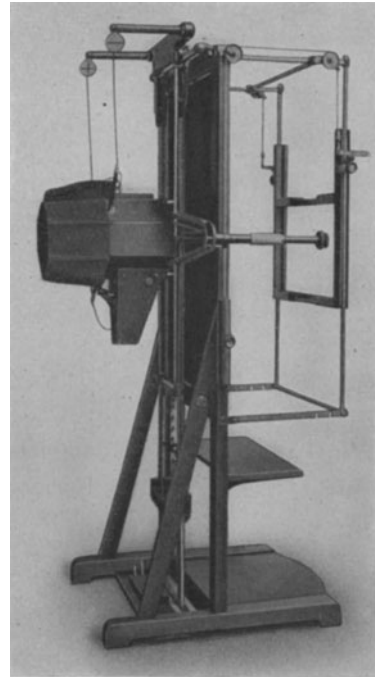


Abb. 73b. Seitenansicht.

Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät der Firma Reiniger, Gebbert und Schall.

Eine einfache, leichtbewegliche Vorrichtung zur Körperdurchleuchtung ist die Hängeblende von Holz knecht und Kienboeck. Zwei untereinander verbundene Metallplatten haben in der Mitte eine viereckige Öffnung von etwa 16 cm Seitenlänge, die mittelst Schieber zwischen den Metallplatten horizontal und vertikal verkleinert werden kann. Während die freie Seite der vorderen der beiden Platten nahe den vier Ecken — in Schüsselchen zur Hälfte beweglich eingelassen — Kugeln trägt, befindet sich hinter der freien Seite der anderen Platte, der Blendenöffnung gegenüber, in einem Röhrenhalter die Röhre. Die Blendenplatten werden durch zwei Handgriffe in gedeckter Stellung betätigt. Die an der Zimmerdecke oder an einem Stativ aufgehängte Blende wird durch ein Gegengewicht ausgependelt, das an einem Drahtseil über Rollen läuft. Die also vertikal bewegliche Hängeblende schleift mit ihrer Vorderseite — auf den vier Kugeln — an der Rückseite einer Pappelholzwand, gegen

deren Vorderseite sich der Kranke lehnt. Vor dem Kranken hängt der gleichfalls ausgependelte und vertikal bewegliche Leuchtschirm. Weil Hängeblende und Leuchtschirm an Seilen schweben, sind sie auch nach den Seiten beweglich. Ein vor der zentrierten Röhre zu befestigendes Bleifadenkreuz ermöglicht bei festgestelltem Leuchtschirm die orthodiagraphische Auszeichnung von Körperpunkten.

Ein weiteres zweckmäßiges Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät zeigen Abb. 73 a und 73 b (gebaut von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall). Auch

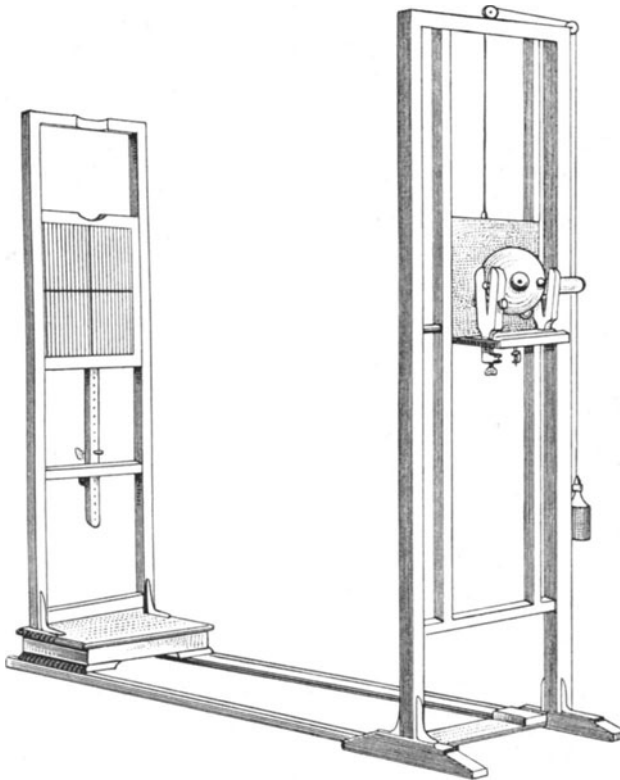


Abb. 74. Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät für Nah- und Ferndurchleuchtungen und -Aufnahmen nach Alban Köhler. Schirm- bzw. Plattenträger und Röhrenrahmen können auf Schienen gegeneinander verstellt werden.

in diesem Gerät ist die Forderung erfüllt nach allseitiger freier und leichter Beweglichkeit der Röntgenröhre und des Leuchtschirms bei ausreichendem Schutze des Kranken und Arztes gegen Röntgenstrahlen.

Beim Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät für Nah- und Ferndurchleuchtungen und -Aufnahmen nach Alban Köhler (Abb. 74) können Schirm- bzw. Plattenträger und Röhrenrahmen auf Schienen gegeneinander verstellt werden.

Abb. 75a zeigt die Bau- und Anwendungsart der Bleikistenblende und des Untersuchungsstuhles nach Albers-Schönberg, aus dem Bild ohne weiteres verständlich.

Abb. 75b veranschaulicht die Befestigung der Röhre in der geöffneten Bleikistenblende.

Als Trochoskope bezeichnet man Untersuchungstische mit strahlendurchlässiger Tischplatte, unter der, im Schutzkasten eingeschlossen, die Röntgenröhre horizontal in zwei zu einander senkrechten Richtungen bewegt werden kann. Sie dienen der Durchleuchtung der Kranken bei Strahlengang von unten nach oben. Geeignete Röhrenträger über der Tischplatte machen die Trochoskope zu röntgenologischen Universaluntersuchungstischen.

Holzknacht, Haenisch, Gilmer, Groedel, Robinsohn und andere haben zweckmäßige Trochoskope entworfen (Abb. 78 und 79).

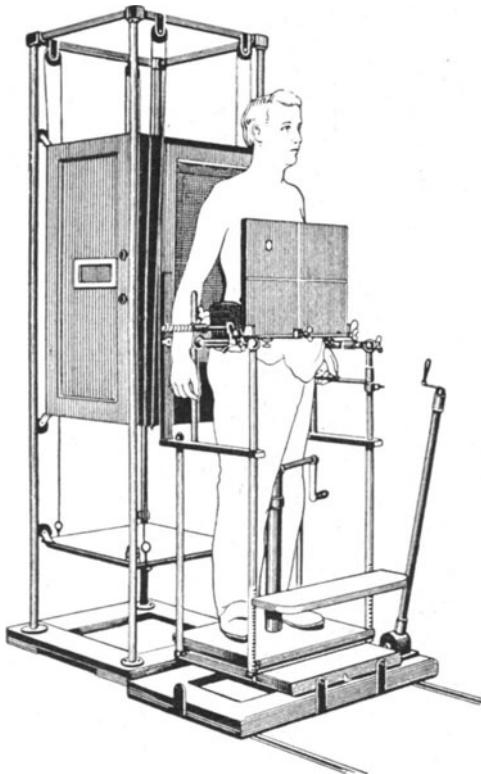


Abb. 75a. Bau und Anwendungsart der Bleikistenblende und des Untersuchungsstuhles nach Albers-Schönberg, aus dem Bild ohne weiteres verständlich.

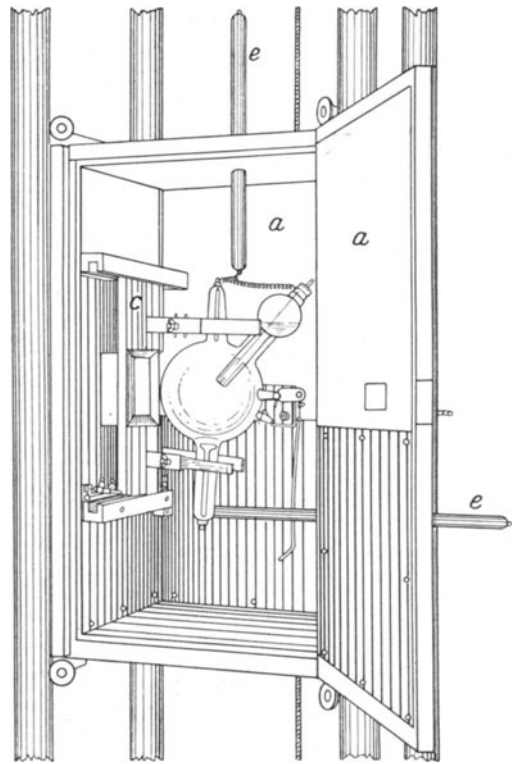


Abb. 75b. Befestigung der Röhre in der geöffneten Bleikistenblende.

Universalapparate zur Röntgenuntersuchung der Kranken im Liegen und Stehen mögen bei beschränktem Raum am Platze sein. Gerade ihre Vielseitigkeit beschränkt aber vielfach ihre Brauchbarkeit für jede einzelne Anwendung. Solche Vorrichtungen sind als Klinoskope oder dergleichen bekannt.

Orthodiagraphie. ² Orthodiagraphen.

Der exakten Orthodiagraphie allein dienen besondere Apparate. Das Wesen der Orthodiagraphie wurde im Kapitel über Röntgenphysik dargestellt. Im Orthodiagraphen haben wir einen Apparat kennen gelernt, der es ermöglicht, rasch und zuverlässig mit Hilfe des durch eine Marke kenntlich gemachten Normalstrahls Körper- oder Organgrenzen auf einer geeignet ange-

brachten Schreibfläche bei Untersuchung innerer Organe, weniger gut auf der Körperoberfläche selbst, aufzuzeichnen.

Die Orthodiagraphie als Methode und der erste allen Anforderungen genügende Orthodiagraph wurde von Moritz geschaffen. Daß ihm der Weg durch eine Anzahl Vorarbeiter (Rosenfeld, Levy-Dorn, Boas, Grunmach, Hoffmann u. a.) geebnet war, wurde betont. Nach Moritz bauten eine Reihe von Erfindern weitere Apparate, die demselben Zwecke dienen.

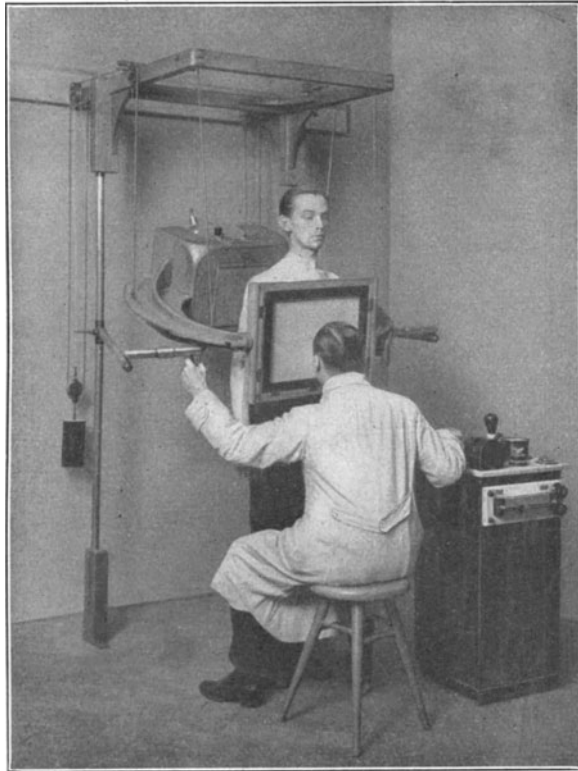


Abb. 76. Universal-Blende „Grashey-Beyerlen“ bei schräger Durchleuchtung vor unmittelbarer einfacher oder Stereo-Aufnahme. Die Blende ist in allen drei Ebenen des Raumes beweglich und in jeder beliebigen Stellung rasch feststellbar; eignet sich besonders zur Durchleuchtung der Lungenspitzen und des Zwerchfells, da sie auch gekippt werden kann.

Für die Orthodiagraphie im Liegen und im Stehen besitzen wir in den Apparaten von Moritz und Levy-Dorn — letzteren in Grödels Verbesserung — vollendete Vorrichtungen, die in ihrer heutigen Form weitestgehenden Anforderungen genügen.

Beim Moritzschen Apparat (Abb. 80), liegt der Kranke auf einem segeltuchüberzogenen Untersuchungstisch, über sich den Leuchtschirm und das Zeichengestell, unter sich die Röhre. Die in einem Untertischblendenkasten untergebrachte Röhre ist durch ein Gestänge zu beiden Seiten des Untersuchungstisches mit dem Leuchtschirm und der Schreibvorrichtung starr verbunden. Der Leuchtschirm trägt eine den Normalstrahl kenntlich machende

Marke. Das Röhrenschirmgestell ist mit Walzen auf seitlichen, in der Höhe verstellbaren, Schienen nach allen Richtungen einer horizontalen Ebene beweglich. Bei Vornahme einer orthodiographischen Untersuchung umfährt man mit der den Normalstrahl kennzeichnenden Marke auf dem Leuchtschirm die Umrisse z. B. des Herzens und zeichnet sie mittelst eines pneumatisch bewegten Stiftes auf eine feste horizontale Zeichenebene auf.

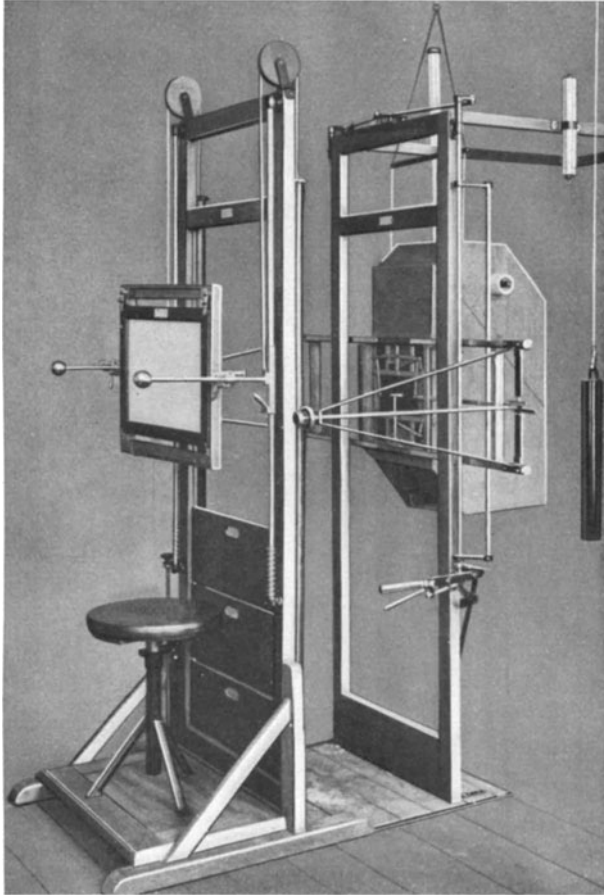


Abb. 77. Durchleuchtungsgerät nach Forssell. Die Handhabung ergibt sich aus der Abbildung.

Der Moritzsche Orthodiograph ist nach seiner ganzen Bauart nur im Liegen zu verwenden. Eingestellt wird der Normalstrahl in der im physikalischen Teil dieses Werkes beschriebenen Weise mittelst eines Bleisenkels inmitten eines horizontalen Bleirings zwischen Röhre und Leuchtschirm nach vorheriger grober Zentrierung des Röhrenbrennflecks in die Mitte der Blende des Röhrenschutzkastens (Abb. 81).

Auf dem Leuchtschirm kennzeichnet eine im Röntgenlicht sichtbare Marke den Normalstrahl. In ihm verläuft auch der Zeichenstift der Schreibvorrichtung.

Der von Grödel verbesserte Orthodiagraph nach Levy-Dorn trägt Leuchtschirm, Röhre und Schreibvorrichtung an den freien Enden einer dreizinkigen Gabel. Die Schreibfläche ist hinter die Röhre verlegt;

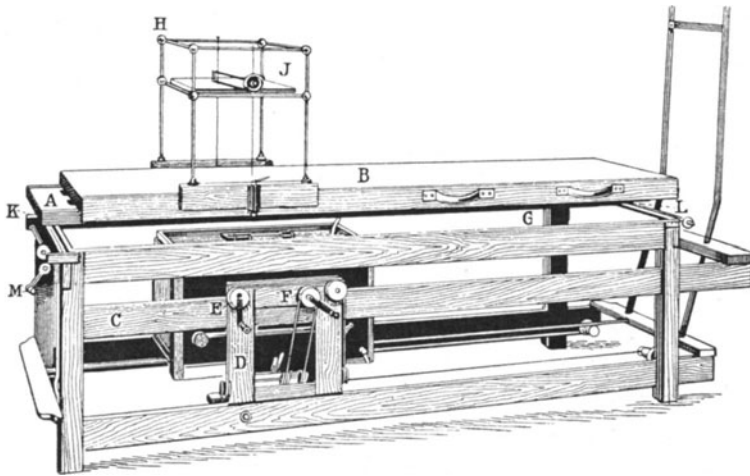


Abb. 78. Beim Trochoskop nach Haenisch ist die Tischplatte (A, B) nach allen Richtungen der Horizontalebene verschieblich. Die bewegliche Röhrenkiste unter dem Tische trägt Schlitzblenden. Über der Tischplatte sieht man den aus dünnen Metallröhren aufgebauten verschieb- und verstellbaren Plattenträger (J).

der Zeichenstift wird vom Platze des Untersuchers aus pneumatisch bewegt. Leuchtschirm, Röhre und Schreibvorrichtung sind — einander stets parallel beweglich — in allen Richtungen je einer vertikalen Ebene

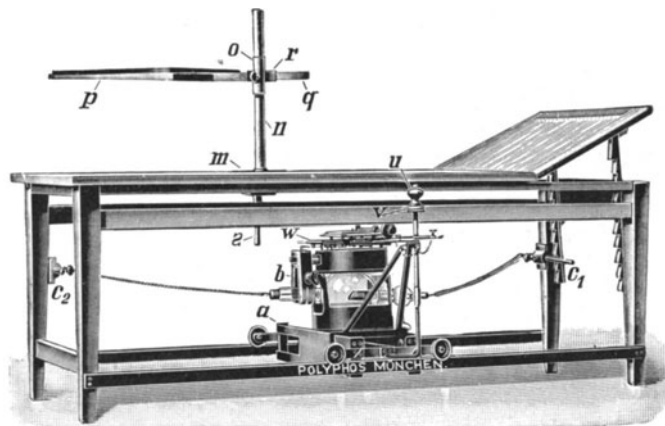


Abb. 79. Trochoskop mit dem in zwei Richtungen der Horizontalen verschiebbaren Röhrenwagen. Über der Tischplatte der in der Höhe verstellbare an jeder Stelle der Tischkanten anzubringende Schirmträger.

beweglich, bei der Untersuchung im Stehen und Sitzen, je einer horizontalen Ebene bei Untersuchungen im Liegen. Zeichenstift, Brennfleck und den Normalstrahl kennzeichnende Schirmmarke sind aufeinander eingestellt.

Der Orthodiograph von Levy-Dorn-Grödel dient zunächst der Orthodiagraphie im Stehen; die Vorrichtung ist aber mit wenigen Handgriffen in einen Horizontalorthodiographen umzuwandeln (Abb. 82).

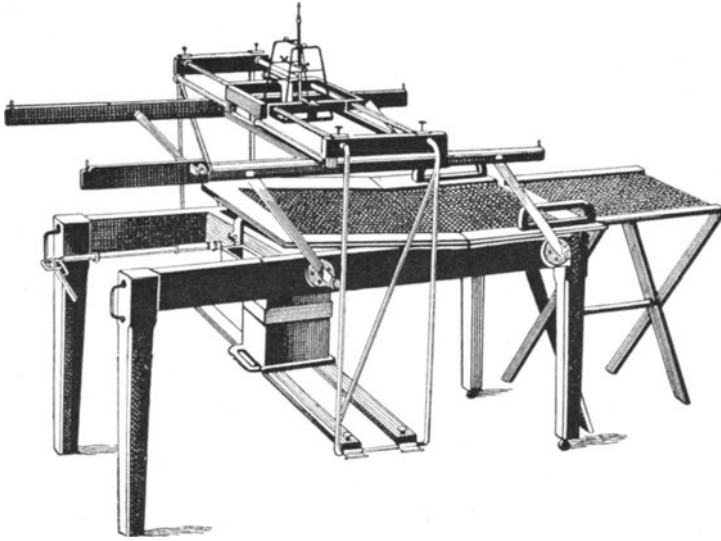


Abb. 80. Moritzscher Orthodiograph.

Beim Horizontalorthodiographen ist die Röntgenröhre bis auf die Blendenweite allseitig von strahlenschwächendem Schutzstoff umgeben. Beim Vertikalorthodiographen dient dem Schutz des Untersuchers eine blendendurchbohrte Bleischeibe vor der Röntgenröhre.



Abb. 81. Das inmitteneines im Deckel des Glases angebrachten Bleiringes aufgehängte Senkblei ragt — zur Schwingungsdämpfung — in Öl.

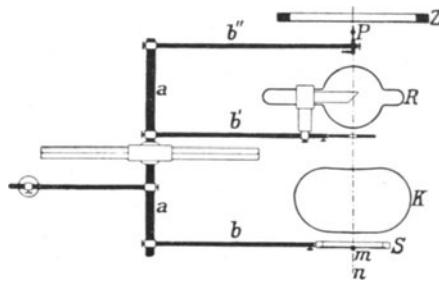


Abb. 82. Groedels Orthodiograph in der Aufsicht.
 b Schirmhalter }
 b' Röhrenhalter } Gemeinsam um eine Horizontale dreh-
 b'' Schreibstifträger } bar, durch Gegengewicht ausbalan-
 Z Schreibfläche feststehend. ciert und horizontal verschieblich.

Vorrichtungen zum Schutze des Untersuchers gegen Röntgenstrahlen.

Die Röntgenröhre ist bei allen röntgenologischen Verrichtungen in strahlensicheren Schutzgehäusen unterzubringen. Nur durch die auf verschiedene Weite einstellbare Blendenöffnung verläßt das Röntgenstrahlenbündel das Schutzgehäuse.

Bleiglasplatten auf den Leuchtschirmen der gewöhnlichen Durchleuchtungsstative sowohl als der Orthodiagraphen schützen den Untersucher möglichst vor den bildzeichnenden Strahlen. Weiterem Schutze der Augen dienen zudem Bleiglasbrillen.

Die untersuchenden Hände seien auch dann, wenn sie nur flüchtig in den Strahlenbereich kommen, in Bleigummihandschuhen verwahrt. Weniger zweckmäßig sind die Handprotektoren, Bleigummischirme, die den Handrücken — bei freier Handfläche — allseitig überragen und mittelst elastischen Halbhandschuhs an ihrer Unterseite, in den man schlüpft, festgehalten werden.

Der Abdominalpalpation von strahlensicherem Ort aus dient der Distinktor Holzknachts, eine Holzplatte mit langem Stiel, die man an Stelle der Hand in den Strahlenbereich einführt.

Bleigummischürzen mit oder ohne Ärmel, mehr oder weniger lang, und unter Umständen Bleigummikopfhäuben vervollständigen den Röntgenschutz des Untersuchers gegen die trotz Röhrenschutzhäube und Durchleuchtungsstativ übrigbleibenden primären Strahlen, und gegen die im Körper des Untersuchten entstehenden Sekundärstrahlen, die nicht zu unterschätzen sind.

Bei röntgenographischen Aufnahmen und therapeutischen Bestrahlungen verlegt der Untersucher zu seinem Schutz seinen Beobachtungsort in ein mit Bleiplatten ausgetäfertes Schutzhaus oder hinter eine Bleiwand mit Bleiglasfenster. Alle Vorrichtungen zur Schließung und Öffnung des elektrischen Stromes, zur Beobachtung und Beeinflussung der Röntgenröhre finden sich im Strahlenschutz oder können leicht — auf fahrbarem Tisch vereint — dorthin gebracht werden.

II. Die Röntgenographie.

Die Möglichkeit röntgenographischer Aufnahmen beruht auf der lichtähnlichen Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die Schicht der Bromsilberplatte. Die Silbersalzmoleküle werden durch auftreffende Röntgenstrahlen in sich gelockert, zertrümmert. Die photographische Entwicklung beseitigt das freigewordene Brom, reduziert das belichtete Bromsilber zu schwarzem metallischem Silber. Das nachfolgende Baden im Fixierbad löst das unbestrahlte, also unveränderte Silbersalz aus der Emulsion und schwemmt es weg; das negative Bild, dargestellt durch die Stellen mehr oder weniger stark veränderten Silbersalzes, bleibt zurück.

Photographische Technik.

Die Bromsilbergelatineemulsion ist auf Glasplatten oder Zelluloidfolien (Films) aufgetragen. Gewöhnliche photographische Platten eignen sich für röntgenologische Zwecke wegen ihrer geringen Deckkraft nicht. Platten sind haltbarer als Films, weil das Zelluloid mit der Zeit verschleiernd auf die Schicht wirkt. Films weisen leichter Fehler und Unregelmäßigkeiten der Schicht auf; sie stehen bei Darstellung feinsten Struktureinzelheiten den Platten nach, während sie zur Aufnahme von Organumrissen mit Verstärkungsschirmen wohl zu brauchen, zu Zahnaufnahmen u. dgl. unentbehrlich sind. In jüngster Zeit ist Dr. Schleußner die Herstellung von für Röntgenstrahlen besonders sensibilisierten Platten gelungen.

Negativpapiere sind bisher noch ein unvollkommener Ersatz von Platten und Films. Die Deutlichkeit eines Röntgennegativs ist u. a. von der Menge

veränderten und unveränderten Silbersalzes abhängig. Deshalb werden die strahlenempfindlichen Schichten von Röntgenplatten besonders dick gegossen, bisher der einzige Unterschied der Röntgenplatten von den Platten für Freilichtphotographie.

Platten und Films werden in Mehrfach- oder Einzelpackung in den Handel gebracht. Bei Mehrfachpackung liegen je zwei Platten Schicht auf Schicht übereinander; der Vorzug dieser Packung ist die lange Haltbarkeit der Platten. Bei der sehr bequemen Einzelpackung wird die Schicht mit eigens behandeltem Papier gegen das chemisch nicht unwirksame einhüllende Schwarzpapier geschützt.

Zur Aufnahme legt man die Platten mit der Schicht körperwärts in geeignete Kassetten, die zur Verhinderung des Einflusses rückwirkender Sekundärstrahlen einen bleibeschlagenen Boden haben. Bei Anwendung von Verstärkungsschirmen ist auf allseitiges genaues Zusammenliegen — Schicht auf Schicht, Verstärkungsschirm körpernahe — von Platte und Verstärkungsschirm zu achten.

Die Behandlung, Entwicklung, Fixierung und wenn nötig Verbesserung der Röntgentrockenplatte unterscheidet sich in nichts Wesentlichem von der gleichen Behandlung photographischer Platten.

Die Aufbewahrung unbelichteter Platten erfolgt licht- und röntgenstrahlensicher an trockenem, nicht zu warmem Ort.

Für die Güte des Bildes ist die richtige Exposition in erster Linie von Bedeutung. Diese wechselt mit der Dichte und Dicke des aufzunehmenden Körperteiles, der Röhrenentfernung von der Platte, der Röhrenhärte und Belastung. (Die Belastung wird — nicht allgemein gültig, aber zu annäherndem Anhalt unter Berücksichtigung des Instrumentariums — nach Milliampère-Sekunden angegeben.)

Alle Hantierungen mit der Platte bis zur vollendeten Fixierung werden unter Ausschluß wirksamer Lichtstrahlen vorgenommen. Von Dr. Lüppo-Cramer wurde neuerdings eine Plattenbehandlung mitgeteilt (das sog. Pheno-safraninverfahren), die deren Entwicklung bei gelbem oder wenig wirksamem Kerzen- oder Lampenlicht ermöglicht, unbeschadet der Güte der Bilder. Umfassendere Erfahrungen stehen noch aus. Als Glas der Dunkelkammerlampen empfiehlt sich Kobaltrubinglas. Man prüft die Lampe, indem man ihr im Dunkelraum auf einer freien Platte einen Gegenstand für mehrere Minuten exponiert. Schlechte Lampen entwerfen ein Bild des exponierten Körpers.

Unbeabsichtigte Belichtung der Platte führt zur Schleierbildung; die fertige Platte erscheint an den belichteten Stellen trüb angehaucht statt glasklar.

Regel beim photographischen Arbeiten ist unbedingte Sauberkeit. Vernachlässigung dieser Regel rächt sich durch fleckige Platten. Der Entwickler ist gegen die Fixierlösung sehr empfindlich. Für jede Flüssigkeit halte man sich eine eigene Schale, am besten — weil diese leicht rein zu halten sind — solche aus Glas oder Porzellan.

Die Temperatur der Entwickler sei nicht höher als 18—20° C. Warme Entwickler schleiern, zu kalte entwickeln langsam.

Die Schicht der Röntgenplatten ist doppelt gegossen. Die Röntgenstrahlenwirkung dringt in die Tiefe der Schicht, erschöpft sich nicht, wie bei Kameraphotographien das Tageslicht, in den oberen Schichten der Emulsion. Um die Röntgenstrahlenwirkung auf die Platte voll zur Geltung zu bringen und kontrastreiche Negative zu erhalten, muß die Entwicklung in die Tiefe

dringen, d. h. Röntgenaufnahmen müssen hinreichend lang entwickelt werden. Rapidentwickler entfalten rasche Oberflächenwirkung, führen unter Umständen auf der Oberfläche bereits zur Schleierbildung, noch ehe die tiefen Silberteilchen von ihnen hinreichend verändert sind. Unterbricht man die Entwicklung, um Schleierung zu vermeiden, vorzeitig, dann sind rapid entwickelte Negative kontrastarm und ungenügend gedeckt. Dies gilt besonders für Aufnahmen dicker Körperteile, also solche, bei denen leicht Unterbelichtungen vorkommen. Man ist bei röntgenographischen Aufnahmen im Gegensatz zu Kameraphotographien nicht mit der gleichen Sicherheit in der Lage, die Richtigkeit der Expositionszeit zu erwarten. Aus diesen Gründen eignen sich Entwickler mittlerer Schnelligkeit, die auch während der Entwicklung durch Veränderung der Zusammensetzung des Entwicklers ermöglichen, Fehler in der Belichtung zu verbessern, für Röntgenplatten am besten. Ich halte den Glycinentwickler nach langen Versuchen mit allen möglichen Entwicklern für den geeignetsten. Eine Anzahl verschiedener Rezepte gibt Auskunft über seine zweckmäßigste Zusammensetzung. Konzentrierter Glycinentwickler arbeitet rasch, verdünnter langsam. Folgende Zusammensetzung (nach Pizzigelli) ist bewährt:

Lösung a:

Glycin 30,0,
Kal. carbon. 20,0,
Nat. sulfit. 100,0,
Aqu. dest. ferv. 1000,0.

Lösung b:

Kal. carbon. 100,0,
Aqu. dest. 1000,0,

Mischung von gleichen Teilen beider Lösungen.

Gebrauchter Entwickler wird in gutverschlossener Flasche aufbewahrt und von ihm bei Neuentwicklung mehr oder weniger dem frischen Entwickler zugesetzt. Das normale Bild erscheint langsam. Vollendet ist die Entwicklung, wenn auf der Rückseite der Platte die am meisten geschwärzten Stellen gut gedeckt, die hellen Stellen stark grau erscheinen; auf der Durchsicht sind Einzelheiten dann meist nicht mehr zu sehen, nach 8—15 Minuten. Bilder dicker Körperteile dürfen ohne Gefahr länger entwickelt werden.

Sehr brauchbar ist auch der Glycinbreientwickler nach Hübel in der Verdünnung von 1 Teil Glycinbrei zu 15 Teilen Wasser für normal belichtete Platten; oder der flüssige konzentrierte Glycinentwickler, der mit drei Teilen Wasser verdünnt gute Negative gibt. Der konzentrierte Entwickler ist haltbar.

Man gieße genügend Entwickler in die Schale, bespüle die Platte gleichmäßig und schauke die Schale ununterbrochen, unter Umständen auf automatischem Schauelapparat.

Andere brauchbare, vielgebrauchte Entwickler sind Methol-Hydrochinonlösung und das im Handel befindliche Rodinal; dieses in 25—30facher Verdünnung.

Der neue von Kleinschmidt (Linz) 1919 in den Handel gebrachte Entwickler und Beschleuniger „Halbzeit“ soll, jedem gebräuchlichen Entwickler zugesetzt, im Verhältnis von 100 ccm „Halbzeit“ zu 1000 ccm Entwickler, eine Herabsetzung der Expositionszeit auf die Hälfte und mehr ermöglichen. Eigene Erfahrungen mit ihm habe ich nicht; man findet in der Literatur anerkennende Äußerungen.

Standentwicklung — in verdünnter Entwicklerlösung — bedeutet nur bei gleichzeitiger Entwicklung zahlreicher etwa richtig belichteter Platten eine Zeitersparnis, hat sonst eher Nachteile als Vorteile vor der Schalenentwicklung. Nach der Entwicklung wird die Platte unter einer Brause schonend gewaschen und dann in saurer Fixiernatronlösung fixiert.

Das Fixierbad besteht aus halbgesättigter, wässriger Lösung von unterschwefligsaurem Natron mit Zusatz von ein bis zwei Prozent Schwefelsäure. Das Fixierbad ist öfter zu gebrauchen, wird erneuert, wenn es gelbbraune Farbe annimmt. Die Platte wird sich in der lichtdicht bedeckten Fixierbadschale selbst überlassen. Die Fixage ist vollendet, wenn die Platte auf der Rückseite keine gelbweißen Flecke mehr zeigt.

Nach dem Fixieren wird die Platte in fließendem Wasser eine halbe bis dreiviertel Stunde gewässert und dann auf geeigneten Trockenständern zum Trocknen aufgestellt. Die fertige Platte ist in ihren unbelichteten Teilen glasklar; tief schwarz da, wo die Strahlen die Platten direkt getroffen haben. Die Platten betrachtet man zunächst noch naß, dann nach ihrer Trocknung am besten gegen gleichmäßig belichtete Milchglas- oder Mattscheiben. („Beleuchtungskästen“ oder in Fensterrahmen eingelassene Mattscheiben.)

Kontrastarme, unterexponierte, mit nicht zu harten Röhren aufgenommene Bilder erhalten das Aussehen normal exponierter unter Umständen mit Hilfe der Verstärkung: Die gutgewässerte Platte wird in eine konzentrierte Sublimatlösung (1,0 : 15,0 Aqu. dest.) gelegt und unter ständigem Schütteln der Schale so lange darin gelassen, bis die — weiß gewordene — Platte bei Durchsicht die gewünschte Deckung zeigt. Die einige Minuten gewässerte Platte wird in Ammoniak- (5%ig) oder Cyansilberlösung geschwärzt, dann wieder gewaschen.

Man kann die Verstärkung zu weit treiben. Dann wird die Platte gerettet durch Abschwächung, wie eine mit weicher, oder doch nicht zu harter Röhre von vornherein überexponierte Platte. Die gewässerte Platte kommt in eine Fixiernatronlösung, der rotes Blutlaugensalz zugesetzt ist. Der Gehalt der Lösung an Blutlaugensalz ist für die Geschwindigkeit der Abschwächung maßgebend.

Durch Überentwicklung in Glycinlösung entstandene Gelbschleier der Platte werden durch Verstärkung oder Einlegen der Platten in altes Tonfixierbad beseitigt.

Mit überharten Röhren gewonnene schleierige Negative sind durch Abschwächung nicht zu retten.

Fertige Negative werden an trockenem Ort sorgfältig in Negativumschlägen (aus durchsichtigem Papier) aufbewahrt. Geeignet zur Erhaltung der Platten ist die Behandlung ihrer Schicht mit Negativlack.

Die Kopie des Negativs auf lichtempfindliches Papier steht diagnostisch hinter dem Negativ zurück, ist nur ein Notbehelf. Das Positivverfahren mit Röntgennegativen folgt den Regeln des Positivverfahrens der Photographen.

Die Entwicklung von Röntgenplatten wird nicht aus schriftlichen Erläuterungen, sondern nur in längerer Übung gelernt. Hier konnte nur Wesentlichstes hervorgehoben werden. Dem genaueren Studium dienen: Eder, Handbuch der Photographie, Schmidt, Kompendium der praktischen Photographie, Lüppo-Cramer, Röntgenographie in ihren photographischen Teilen, Heft 67 der Enzyklopädie der Photographie, Halle u. a.

Röntgenographische Aufnahmetechnik.

Die röntgenographische Aufnahmetechnik und die zu ihrer Ausführung nötigen Hilfsapparate haben einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht.

Nicht der Bildzeichnung dienende Strahlen werden, wie bei der Durchleuchtung und aus den gleichen Gründen, mit Hilfe sachgemäß angewandter Blenden unschädlich gemacht.

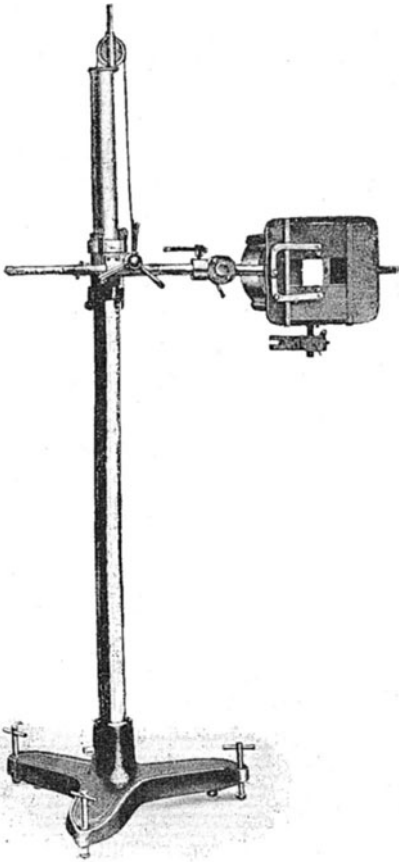


Abb. 83. Fahrbares Röhrenstativ mit in der Höhe und horizontal verstellbaren um eine horizontale Achse drehbaren Röhrenhauben mit Schlitzblenden.

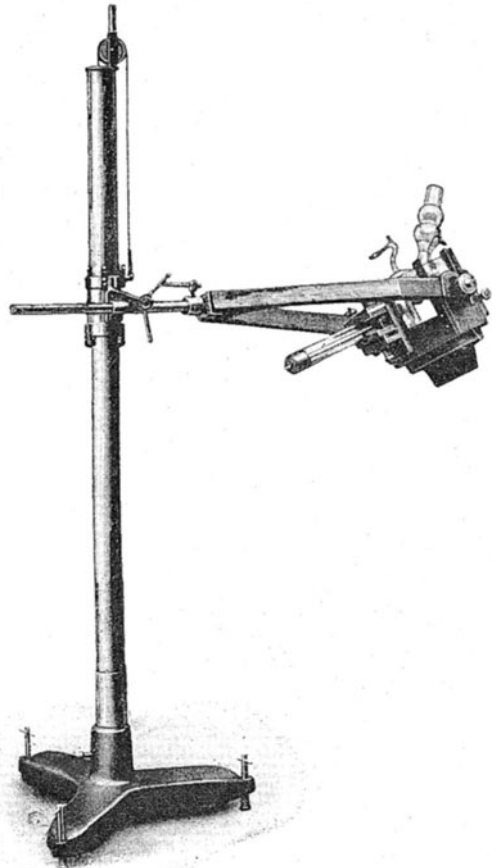


Abb. 84. Fahrbares Röhrenstativ mit Schutzhaube und wechselbarem Blendenansatz.

Blendenschutzkästen oder Hauben sind an Wandarmen oder transportablen Stativen oder auf Gestellen über Untersuchungstischen angebracht. Es gibt deren zahlreiche von verschiedenen Firmen. Die beiden beistehenden Abbildungen veranschaulichen zwei Modelle (Abb. 83 und 84). Der Blendenkasten (die Haube) ist — entsprechend der Notwendigkeit verschiedenartiger Einstellung des bildzeichnenden Strahlenbündels — vielseitig verstellbar; die Festigkeit der Vorrichtung darf unter dieser Vielseitigkeit

nicht leiden. Nebenbei sei bemerkt, daß Röhrenstative als Durchleuchtungs-
vorrichtungen wegen ihrer für diesen Zweck zu geringen augenblicklichen Ver-
stellbarkeit einen Notbehelf darstellen.

Die Blenden am Schutzgehäuse der Röhren sind auch hier mit Vorteil Schlitz-
blenden oder die Vereinigung der körper- und röhrennahen Blende im Blendenrohr.



Abb. 85. Fahrbares Stativ mit zylindrischem Blenden-
ansatz.

strahl und dem diesen umgebenden Strahlenbündel getroffen werden.

Als durchschnittlichen Focus-Plattenabstand bei Thorax- und Magen-Darmaufnahmen im Stehen und Liegen verwendet man 50—60 cm. Bei Thoraxaufnahmen durchdringt der Normalstrahl den Körper in der Höhe des 5.—6. Brustwirbels, bei Magen-Darmaufnahmen meist in Nabelhöhe.

Fernaufnahmen (auf 2—3 m Abstand des Röhrenbrennflecks von der Platte) zur naturgroßen Darstellung untersuchter Organe unter möglichster

Der Aufnahme im Stehen (oder Sitzen) dienen Aufnahmestative: in der Höhe leicht verstellbare Kassetten- oder Plattenhalter entsprechender Größe und hinreichender Festigkeit, die an eigenen Gerüsten oder einer Zimmerwand angebracht sind. Der Kranke lehnt sich gegen den Plattenträger, findet zudem an geeigneten Griffen Halt und Stütze. In bestimmter Entfernung vom Plattenträger befindet sich in einem Stativ- oder Wandarmblendenkasten die Röhre.

Außer den vielfach auch der Röntgenographie dienenden Durchleuchtungsstativen seien einige Modelle brauchbarer Aufnahmestative beifolgend abgebildet, ohne daß damit gesagt sein soll, daß nur diese Modelle zweckmäßig seien (Abb. 86 u. 87).

Die Stellung des Kranken ist, je nach dem gewünschten Strahlengang verschieden. Die Hauptdurchstrahlungsrichtungen wurden bei Besprechung der Röntgendurchleuchtung geschildert. Bei der Wahl der Aufnahmerichtung und Röhreneinstellung halte man sich die Tatsache vor Augen, daß die Körperteile im Bilde am deutlichsten und möglichst frei von Verzerrung erscheinen, die plattennahe vom Normal-

Vermeidung projektivischer Verzeichnung können unter Verwendung beliebiger Aufnahme- und Röhrenstative hergestellt werden. Auf richtige Einstellung des Kranken muß geachtet werden; Verdrehungen des Untersuchten mit den

diese begleitenden Fehlern können das Ergebnis der Aufnahme wertlos machen. Bei Fernaufnahmen im Stehen lehnt der Kranke mit dem plattennahen Körperteil dem Plattenhalter dicht an. Eine durch den Körper gelegt gedachte Vertikalebene steht parallel zur Platten- und Blendenebene, senkrecht zum Normalstrahl, der etwa auf die Mitte des zu röntgenographierenden Organes eingestellt ist. Besondere Vorrichtungen können die Fernaufnahme im Stehen erleichtern. So die Teleröntgenographen nach Albers-Schönberg, Alban Köhler, Kaestle u. a. Beim Köhlerschen Stativ (Abb. 74) sind Aufnahme und Röhrenstativ durch ausziehbare Schienen so miteinander verbunden, daß Verdrehungen oder seitliche Verschiebungen von Platten-, Blendenebene und Normalstrahl unmöglich sind. Der Kranke lehnt der Platte an. Zusammengeschoben, so daß Blenden- und Plattenebene sich nahe gegenüberstehen, dient das Stativ gewöhnlichen Aufnahmen.

Die Fernaufnahme, heute in Sekunden oder Bruchteilen von solchen möglich, hat die umständlichen orthophotographischen Methoden — Versuche, die subjektiven Einschlüsse aus der Orthodiagraphie zu beseitigen — überflüssig gemacht; diese Methoden gehören der Geschichte an.

Brustaufnahmen im Sitzen können in einfacher Weise vor den beschriebenen Stativen aufgenommen werden; empfehlenswert für solche Aufnahmen

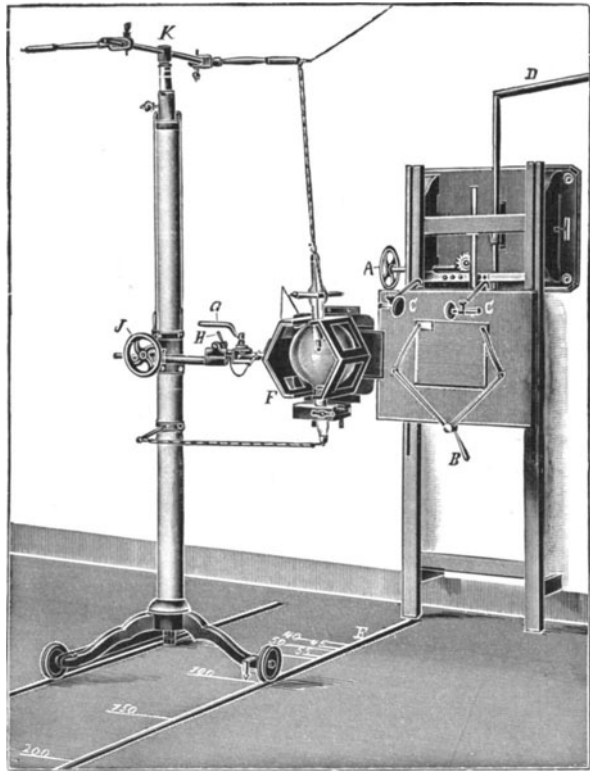


Abb. 86. Vorrichtung zur Nah- und Fernröntgenographie von Körperteilen stehender oder sitzender Personen (nach Kaestle).

K Röhrenstativ. Der horizontale, die Röhre tragende Arm ist in der Höhe leicht beliebig verstellbar. Die Röhrenhaube (F) kann um eine horizontale Achse gedreht und mit Hilfe der Handgriffe a und H in gewünschter Lage festgestellt werden. Der Röhrenarm trägt eine Zahnstange, die mit Hilfe des Zahnrades (J) die seitliche Röhrenverschiebung ermöglicht. Das Röhrenstativ läuft auf Schienen. Das Wandstativ trägt den mit eigenartiger Vorrichtung in der Höhe beliebig verstellbaren Plattenhalter (B), für Platten bis zur Größe 40×50 . Abnehmbare Kopfstützen (C) ermöglichen z. B. Schädelaufnahmen im Sitzen. Der um eine Vertikale drehbare und in beliebiger Stellung feststellbare Galgen (D) gibt dem plattenfernen emporgehobenen Arm bei Schrägaufnahmen Halt und Stütze. Der Focus-Plattenabstand läßt sich an einem seitlich der Leitschienen aufgezeichneten Maßstab ablesen.

(wie für Schulter- und Schädelaufnahmen) ist der Aufnahmestuhl von Holzknecht und Kienböck.

Bei Schwerkranken (z. B. Pneumonikern) wird man Thoraxaufnahmen im Liegen nicht immer umgehen können.

Auf die große Bedeutung der Darmuntersuchungen in Bauchlage

systematischen röntgenologischen Magen- — gegebenenfalls unter Drehungen nach halb rechts und halb links — habe ich vor Jahren als erster zielbewußt immer wieder hingewiesen und für die Aufnahme von Serien-Momentaufnahmen in dieser Lage Vorrichtungen angegeben.

Einzelröntgenogramme werden auf den als Trochoskope bezeichneten Lagerungstischen mit Über- oder Untertischröhrenhaltern ausgeführt. Zweckmäßig ist auch das von Chaoul entworfene, von Reiniger, Gebbert & Schall gebaute Radioskop.

Zur Untersuchung Magen-Darmkranker in rechter Seitenlage bei dorso-ventralem Strahlengang benützt man bankartige, dem Blendensystem des Röhrenkastens vorgelagerte Vorrichtungen, auf denen der Kranke ruht (Holzknecht, Schwarz u. a.).

Die Expositionszeit bei röntgenographischen Aufnahmen der Brustorgane und des Magendarmkanals betreffend, sei wiederholt betont, daß sie wenige Sekunden bis Bruchteile von Sekunden betragen, daß sie kurzzeitige oder Momentaufnahmen sind. Momentaufnahmen, wenn es auf die scharfe Darstellung von Umrissen unwillkürlich bewegter Organe, wie beim Herzen und dem Magendarmkanal, ankommt. Zu diesen Aufnahmen werden hochempfindliche Platten oder Films mit einem oder zwei Verstärkungsschirmen verwandt.

Zu Lungenstrukturaufnahmen vermeidet man Verstärkungsschirme wegen ihres trotz aller Verbesserungen immer noch strukturverwaschenden Korns; beschränkt ihre Anwendung wenigstens aufs

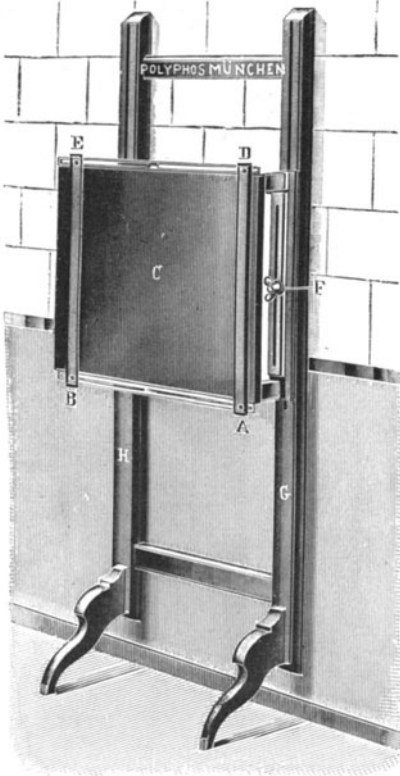


Abb. 87. Plattenträger nach Rieder für Röntgenogramme im Stehen und Sitzen. Die Plattenhaltevorrchtung (C) ist in der Höhe verstellbar und durch Gegengewicht ausbalanciert. Die zur Aufnahme benötigte Platte wird durch die beiden seitlich verschiebbaren federnden Leisten (B E) und (A D) festgehalten.

den Atem auch nicht für wenige Sekunden anzuhalten vermögen. Die durch die Pulsation bedingte Unruhe der zur röntgenographierenden Brustorgane in Atemstillstand verwischt Strukturen weniger als der Verstärkungsschirm unter Ausschaltung der Pulsation im Momentröntgenogramm.

Ermöglicht werden die kurzen Expositionszeiten durch starke Belastung geeigneter Röhren. Allgemein gültig läßt sich das beste Vorgehen zahlenmäßig nicht festlegen. Angaben über nötige Expositionszeiten unter den jeweiligen

Bedingungen und für jeweilige Zwecke geben die Apparatefabrikanten als „Expositionstabellen“ ihren Apparaten zur ersten Information mit.

Bei röntgenographischen Aufnahmen der Brustorgane und des Magendarmkanals mit ihren kurzen Belichtungszeiten erübrigen sich besondere Vorrichtungen zur Ruhigstellung des Körpers; auch ihre Einstellung in der Weise, daß sie in günstiger und gewollter Richtung von den Röntgenstrahlen getroffen werden, ist ohne weiteres möglich.

Bei Aufnahmen anderer Körperteile z. B. der Nieren, dann des Kopfes, der Wirbelsäule und der Glieder werden Vorrichtungen zur Lagerung und Ruhigstellung, unter Umständen auch Durchmesserverringern nötig.

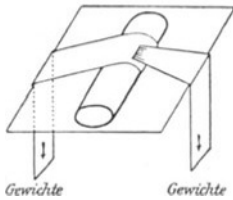


Abb. 88.

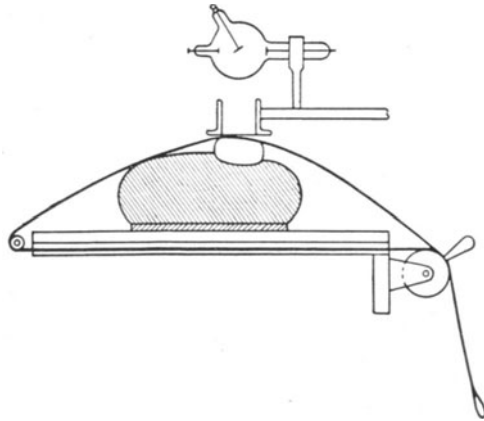


Abb. 89. Gurtkompressorium nach Hirschmann.

Mit waschbarem Stoff überzogene, schmiegsam gefüllte Sandsäcke verschiedener Größe sind unentbehrlich zur Lagerung und Ruhigstellung bei röntgenographischen Aufnahmen der genannten Körperteile.

Der Ruhigstellung von Gliedern dient zweckmäßig Robinsohns Schlitzbinde (Abb. 88); besser noch — und gleichzeitig der Dickenverminderung zusammendrückbarer Körperteile, z. B. des Abdomens bei Lendenwirbel- und Nierenaufnahmen — die Gurtkompressorien von Hirschmann (Abb. 89) in der Abänderung von Kaestle (Abb. 90). Der Gurt preßt den umspannten Körperteil gegen die Unterlage, gleichzeitig Seitenbewegungen ausschließend. Die Kompression kann durch unter den Gurt gelegte Luftkissen, Luffabäusche oder Wattlepolster beliebiger Größe verstärkt werden. Die Ruhigstellung durch diese Vorrichtung ist zuverlässig, die Kompression schonend.

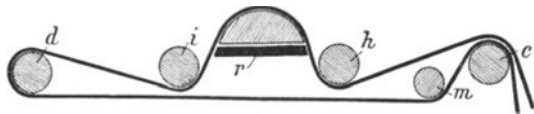


Abb. 90. Der Kompressionsgurt läuft um eine mit Zahnrad und Sperrhaken versehene Walze (c). Die Art der Wirkung versteht sich aus den Bildern von selbst.

Ruhigstellung und wenn möglich und nötig Verminderung der Dicke des zu untersuchenden Körperteils und Abblendung schädlicher Strahlen besorgen die Kompressionsblenden, deren erste, bisher an Vollkommenheit kaum erreicht, jedenfalls nicht übertroffen, von Albers-Schönberg gebaut wurde. Das beigegebene Bild veranschaulicht den Bau und die Wirkungsweise der neuen — auf Quirings Veranlassung vereinfachten — Albers-Schönbergschen Kompressionsblende (Abb. 91).

Freier, weniger zwangsläufig, als bei der Kompressionsblende von Albers-Schönberg vollziehen sich die Bewegungen der Rohrblende bei der Rosenthal'schen Kompressionsblende (Abb. 92). Das an zwei Metallarmen gelenkig

angebrachte Blendenrohr wird unter gelindem Druck über dem aufzunehmenden Körperteil in die gewünschte Stellung gebracht und dann durch zwei Hebelverschlüsse, welche die Seitenarme mit zwei vertikalen Metallstangen verbinden, festgestellt. Das Gestell mit der Kompressionsblende ist ähnlich wie das der Albers-Blende über einer Tischplatte, auf der der Kranke liegt, beweglich. Dem Kompressionsrohr wird nach erfolgter Einstellung die Blendenhaube mit Röhre aufgesetzt. Dem unteren, körpernahen Röhrende können verschieden

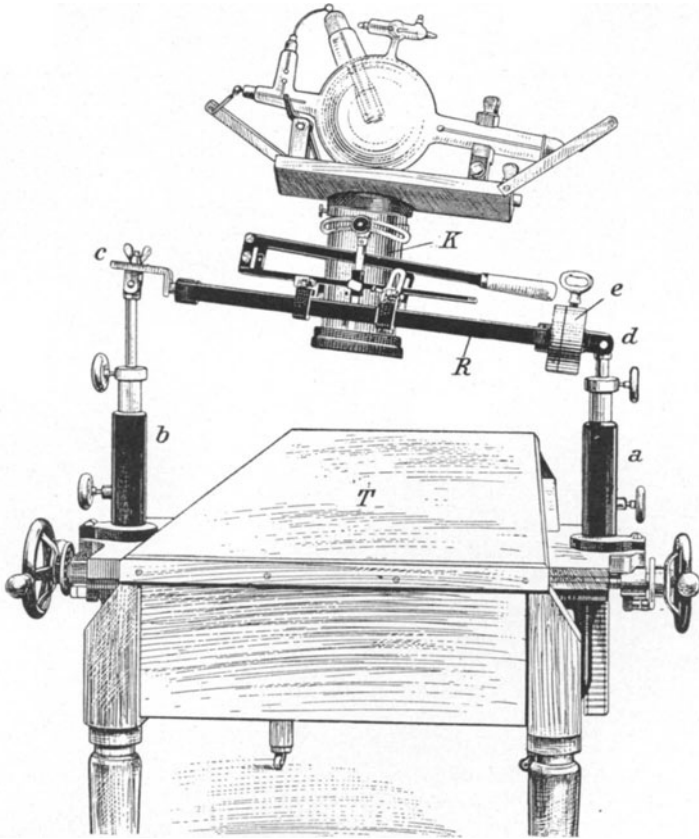


Abb. 91. Der Rahmen R, der das mit Hebelvorrichtung in der Höhe verstellbare Kompressionsrohr K trägt, ruht auf zwei Säulen (a, b) zu beiden Seiten einer Tischplatte T, auf der der Kranke liegt. Die Säulen können gemeinsam durch Zahnradantrieb verlängert oder verkürzt werden. Bei gewünschter Schrägstellung des Brückenrahmens läßt sich jede der Säulen für sich verschieden hoch einstellen. Der Brückenrahmen ist bei c, wo er durch eine Flügelschraube festgeklemmt ist, von der Säule b lösbar, um eine horizontale Achse bei d nach der Gegenseite umlegbar. Bei e ist der Rahmen um seine Längsachse drehbar, so daß das Kompressionsrohr in jede beliebige Winkelstellung zur Tischplatte gebracht werden kann. Bei Feststellung der Schrauben und Schlüssel bildet die Vorrichtung ein starres Ganzes. Der Röhrenhalter mit der zentrierten Röhre wird dem Kompressionsrohr aufgesetzt.

weite und verschieden gestaltete — wie bei der Albers-Blende am freien Ende gummigepolsterte — Ansätze angepaßt werden. An den Stützen, auf denen die Kompressionsvorrichtungen ruhen, werden zweckmäßig die gelenkigen Kopfhalter nach Grashey befestigt, z. B. zur seitlichen Stütze des Kopfes

bei Schädelaufnahmen. Auch bei den Kompressionsblenden legt man unter Umständen zwischen Rohöffnung und Körper Luffa- oder Wattebüsche.

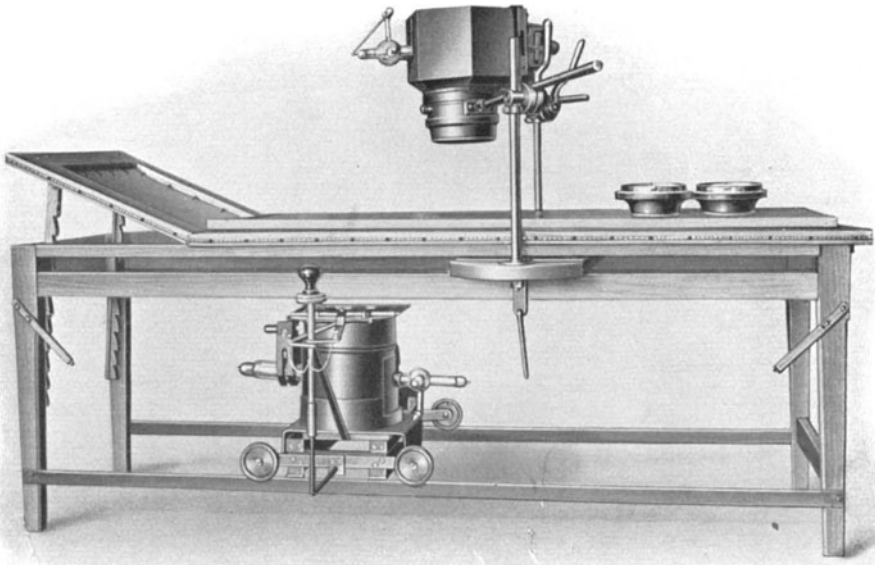


Abb. 92. Trochoskop mit Kompressionsblende nach Dr. Rosenthal.

Eine der zweckmäßigen einarmigen — also besonders einfach zu handhabenden — Kompressionsblenden veranschaulicht beistehende Zeichnung (Abb. 93).

Holzklötze verschiedener Dicke, Größe und Form, Binden verschiedener Breite und Länge, kleine Wattekissen, Bleibleche oder Gummischutzstoffe, Guttaperchapapier oder ähnliche der Isolierung des Kranken gegen elektrische Entladungen dienende Stoffe vervollständigen die Zahl der nötigen oder wünschbaren Hilfsmittel, die in ihrer Anordnung der persönlichen Geschicklichkeit weitgehenden Spielraum lassen.

Zur Aufnahme bestimmter Körperteile bestehen „klassische“ Aufnahmerichtungen, „typische“ Einstellungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, deren Schilderung der speziellen Aufnahmetechnik vorbehalten bleibe. Nur wesentlichste allgemeine Gesichtspunkte seien hervorgehoben.

Der Abstand der photographischen Platte vom Brennfleck der Röhre hängt von der Dicke des aufzunehmenden Körperteils ab; ist bei den Kompressionsblenden außerdem an die Ausmaße des Apparates gebunden.

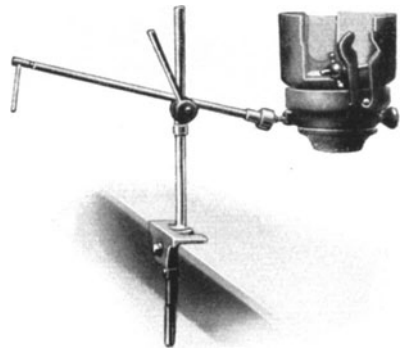


Abb. 93. Die Kompressionsblende (nach Kaestle) läßt sich durch Hebeldruck an jeder Stelle der Tischzarge anbringen. Die Verstellbarkeit des Hauptträgers ähnelt der bei Rosenthals zweiarmiger Kompressionsblende.

Die Focusplattenentfernung sei nicht zu groß (von Fernaufnahmen abgesehen nicht über 60 cm) um die Expositionszeit nicht über Gebühr verlängern zu müssen; nicht zu klein (auch bei Aufnahmen von Extremitäten nicht unter 30 cm) um die Verzeichnungen durch divergenten Strahlengang nicht zu groß, die Bilder zu wenig dicht werden zu lassen. Auch bei Aufnahmen in der Körpertiefe gelegener darstellbarer Körperteile beträgt die Expositionszeit bei Aufnahmen ohne Verstärkungsschirm wohl immer weniger als eine Minute, meist nur wenige Sekunden.

Bei Körperteilen, die wegen ihrer Dicke wenig deutliche Bilder erwarten lassen, verwendet man zweckmäßig das von Alban-Köhler empfohlene Doppel-



Abb. 94. Einfache Vorrichtung für stereoskopische Röntgenaufnahmen nach Franz M. Groedel, bestehend aus fester Kassettenstützwand mit Kassettenwechsellvorrichtung, zwei Kassetten mit Sinegranschirmen 30×40 cm, in Höhe verstellbarem Sitzbrett; dazu in Rahmenführung verstellbarem Röhrenstativ mit strahlensicherem, seitlich um die Entfernung der Augenbasis verschiebbarem Schutzkasten einschließlich einem selbstzentrierenden Röhrenhalter und mit pneumatischer Betätigung der Vorrichtung für den Kassettenwechsel und die Röhrenverschiebung.

plattenverfahren: Zwei Platten werden mit der Schicht aufeinander gelegt. Bei der Aufnahme erleiden die beiden Schichten die bildzeichnende Veränderung. Nach der Entwicklung und Trocknung werden die Platten wiederum aufeinander gelegt und zwar so, daß sich die Bilder genau decken: man erhält ein doppeltkräftiges und kontrastreiches Negativ.

Zur Herstellung stereoskopischer Röntgenogramme macht man, wie im ersten Teil dieser Arbeit hervorgehoben wurde, von einem Körper zwei Aufnahmen, von zwei Punkten aus, die um den durchschnittlichen menschlichen Augenabstand voneinander entfernt sind auf zwei am Ort gewechselte Platten.

So aufgenommene Bilder wirken, durch Stereoskope vereinigt, körperlich; vorausgesetzt, daß der Beobachter die Gabe stereoskopischen Sehens besitzt.

Die Schwierigkeit des notwendigen Plattenwechsels bei ruhig liegendem Körper und so, daß die zweite Platte genau an Stelle der ersten kommt, beseitigte als erster Hildebrand mit dem Bau seiner Stereowechselkassette.

Das Wesen aller der röntgenographischen Stereoaufnahme dienenden Vorrichtungen zum Plattenwechsel beruht darauf, daß die exponierte Platte an strahlensicheren Ort verschoben oder entfernt wird, während gleichzeitig aus strahlensicherem Ort eine unbelichtete Platte an Stelle der belichteten gebracht wird. Der Körper bleibt in unveränderter Lage, Stellung und Haltung, platten-nahe zwischen Platte und Röhre. Nach der ersten Aufnahme wird die Röhre am feststehenden Stativ um 6 cm seitlich verschoben oder die zweite Kathode einer sog. „Bikathodenröhre“ in Tätigkeit gesetzt, bei der die Antikathoden, die Projektionszentren, um ca. 6 cm voneinander entfernt stehen. Für je eine Aufnahme wird durch wechselndes Einschalten der Kathoden der „Stereoröhre“ je eine Antikathode als Projektionszentrum benützt.

Aufnahmezeit, Zeitdauer des Platten- und Stellungswechsels der Röhre spielen bei Stereoaufnahmen unbewegter Körperteile, die beliebig lange ruhig gestellt werden können, keine Rolle (z. B. Extremitätenaufnahmen u. dgl.).

Aufnahmen von der Stereoskopie dienenden Negativen unwillkürlich bewegter oder nur kurze Zeit stillzustellender Körperteile (bestimmter innerer Organe) erfordern kürzeste Aufnahmezeiten und raschen Antikathoden- und Plattenwechsel.

Albers-Schönberg, Case, Grödel, Köhler, Wenkebach und andere empfehlen das Stereoverfahren für die Aufnahmen innerer Organe, besonders der Lungen und des Magendarmkanals. Den ersten Apparat zur Herstellung stereoskopischer Momentaufnahmen der Brustorgane im Stehen bei angehaltenem Atem konstruierte Grödel. Plattenwechsel, Röhrenverschiebung, Ein- und Ausschaltung der Röhre, erfolgen automatisch (Abb. 94). Ähnliche

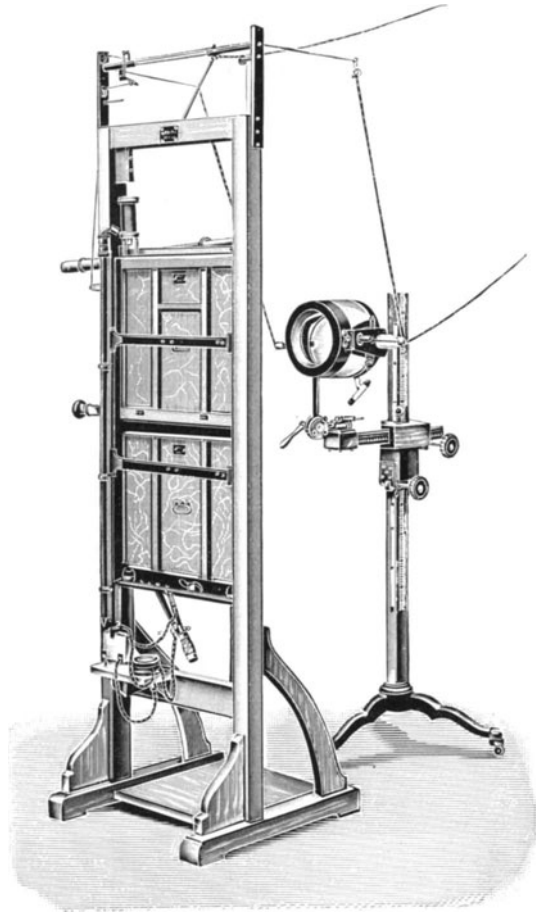


Abb. 95. Stereo-Röntgen-Aufnahme-Apparat nach Dr. Rosenthal.

automatisch wirkende Apparate (auch für Aufnahmen im Liegen) bauten Hänisch, Hegener u. a.

Gleich dem stereoskopischen Aufnahmeapparat von Grödel beruht auch Rosenthals Apparat für Moment-Stereoaufnahmen der Brustorgane und des Magendarmkanals im Stehen auf Platten von der Größe 40×50 auf dem (Abb. 95) bekannten Prinzip der Fallkassetten.

Zwei Kassetten mit strahlenundurchlässiger Rückwand genannter Größen sind bei Rosenthals Apparat hintereinander angeordnet. Ein- und Ausschaltung der Röntgenröhren erfolgt durch zwei Schmelzpatronen, die je nach der Dicke des Schmelzdrahtes den Strom längere oder kürzere Zeit durch die Röhre fließen lassen. Der Wechsel des Focus wird selbsttätig vom Stereoapparat durch Umschaltung der beiden Kathoden einer Bikathodenröhre erzielt. Bei Stromschluß wird ein Eisenkern in ein Solenoid hineingezogen; gleichzeitig schmilzt die erste Schmelzpatrone, wodurch die erste Platte belichtet wird. Nach erfolgter Aufnahme fällt der Eisenkern des Solenoids zurück, dabei eine Schaltvorrichtung auslösend, die verursacht, daß die vordere Kasette nach unten fällt, und die zweite nach vorne rückt. Die erste fallende Kasette schaltet, am tiefsten Punkte des von ihr zurückzulegenden Weges angekommen, die zweite Schmelzpatrone ein und belichtet so die zweite Platte. Während des Falls der ersten Kasette wird durch eine Vorrichtung der Kathodenwechsel vorgenommen.

Ein Festhalten des Magens in gleicher Phase ist auch bei Blitzaufnahmen mit sehr raschem Plattenwechsel natürlich nicht möglich. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse beim Herzen, günstiger für die Lungen und das Zwerchfell. Das Kolon ist stereoskopisch gut darstellbar.

Die also aufgenommenen Negative oder nach ihnen verkleinerte Diapositive werden mit einem der zahlreichen als Prismen- oder Spiegelstereoskope bekannten Vorrichtungen betrachtet, über deren Bau und Handhabung jeweils die Kataloge und Drucksachen der liefernden Firmen Auskunft geben.

Die letzte Errungenschaft auf dem Gebiete der Röntgenographie ist die „Bioröntgenographie“ oder Röntgenkinematographie.

Das Wesen kinematographischer Aufnahmen ganz allgemein besteht in der Herstellung einer genügenden Anzahl von aufeinanderfolgenden Momentaufnahmen eines in Bewegung befindlichen Gebildes während des einmaligen Ablaufes von dessen Bewegungsvorgang. Einer genügenden Anzahl; will sagen, daß kein für den ganzen Vorgang wesentlicher Augenblickszustand des bewegten Gebildes übergangen, ausgelassen wird. Bei rasch bewegten Gebilden wird zur naturgetreuen Wiedergabe des Bewegungsvorganges, zu seiner einwandfreien wissenschaftlichen Zergliederung eine große Anzahl von einzelnen Momentbildern in der Zeiteinheit nötig werden. Bei langsamen Bewegungsvorgängen sind in der Zeiteinheit entsprechend weniger Aufnahmen nötig. Also nicht die absolute Zahl der Aufnahmen in der Zeiteinheit verleiht einem Aufnahmeverfahren die Berechtigung der Bezeichnung Kinematographie, sondern das richtige Verhältnis der Zahl der aufgenommenen Bilder zur Schnelligkeit der Bewegung des untersuchten Gebildes.

In der Kamerakinematographie entwirft man mittelst Linsen verkleinerte Bildchen auf ruckartig bewegte Filmbänder. Die zu bewegenden Massen sind hierbei gering und für den ganzen Apparat erschütterungsfrei leicht zu bewältigen. Daß kinematographische Röntgenbilder übernormal groß aufgenommen werden müssen, wurde hervorgehoben. In der ruckartig genügend raschen Förderung

der zur röntgenkinematographischen Aufnahme nötigen großen Massen haben wir die besondere Schwierigkeit röntgenkinematographischer Aufnahmen innerer Organe kennen gelernt.

Den sich aus dem Begriff der Kinematographie von selbst ergebenden Forderungen an die Aufnahmetechnik wurde für die Verdauungsorgane (und die Harnblase), die Atem- und Gelenkbewegungen erstmals von Kaestle, Rieder und Rosenthal genügt. Die Röntgenkinematographie des Herzens ist technisch ungelöste Aufgabe geblieben. Ob sich hierin durch Grödels Übersetzung des Lichtkinematographen in die Röntgenologie etwas geändert hat, bleibt abzuwarten. Die Möglichkeit mit 10 Feldwechseln in der Sekunde, die der zweite Grödelsche Apparat leisten soll, ein langsam oder normal schlagendes Herz aufzunehmen, ist gegeben. Tachykardien gegenüber wird auch diese Zahl kaum ausreichen.

Wissenschaftlich und praktisch wesentlich Neues und Wertvolles hat bisher nur die Bioröntgenographie des Magen-Darmkanals ergeben.

Der Bioröntgenograph von Kaestle, Rieder und Rosenthal (Abb. 96) beruht auf dem Prinzip der Fallkassetten. Er ist für Plattengröße 18×24 und 24×30 und eine Zahl von 12—18 Platten gebaut worden und ermöglicht einen bis zu viermaligen Wechsel in der Sekunde. In einem Kasten stehen die mit Bleiplatten hinterlegten Filmkassetten auf geeigneter Unterlage hintereinander und werden durch Federkraft gegen die vordere strahlendurchgängige Kastenwand bewegt. Nachdem der vorderste Film belichtet ist, wird die ihn enthaltende Kassette freigegeben und automatisch auf Gleitschienen in einen Sammelkasten befördert, während gleichzeitig eine zweite Kassette an Stelle der ersten rückt. Die Einschaltung der Röntgenröhre sowie die Betätigung des Plattenwechsels erfolgt auf elektrischem Wege in genau und beliebig festzustellenden Zeiträumen dadurch, daß mittelst einer von Hand oder durch Motor angetriebenen rotierenden Scheibe einerseits der Strom für die Röntgenröhre geschlossen, bzw. geöffnet wird, während andererseits der Vorschaltmechanismus durch ein Solenoid in Tätigkeit gesetzt wird. Auf diese Weise kann die Schnelligkeit des Plattenwechsels innerhalb weiter Grenzen nach Belieben gewechselt werden. Als photographische Negative verwendet man hochempfindliche Filme zwischen Verstärkungsschirmen.

Grödels erster Kinematograph beruht auf ähnlichem Prinzip. Eine sehr sinnreich geleitete Fallbewegung fördert die Platten im Apparat von Dessauer und Kupperle, der sechsmaligen Plattenwechsel in der Sekunde leistet.

Bei dem Apparat von Hänisch sind die Platten auf einem ruckweise bewegten Rad angebracht, während bei Grunmachs Apparat, der bis

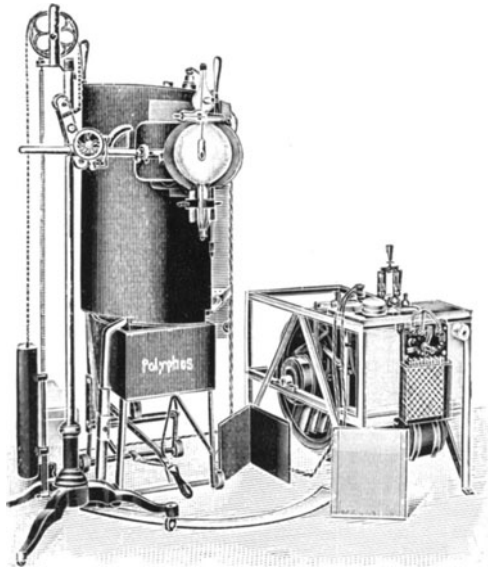


Abb. 96. Bioröntgenograph nach Kaestle, Rieder und Rosenthal.

10 Wechsel in der Sekunde leisten soll, die Platten in fächerförmiger Anordnung am Kranken vorbeigeführt werden.

Grödels letzter Kinematograph ist eine Nachbildung des Kamera-kinematographen in den für röntgenographische Herzaufnahmen nötigen Mindestausmaßen. Der Aufnahme erfolgt auf ein ruckartig bewegtes 6 m langes Filmband, von dem jeweils Felder von 18 cm Höhe, und 24 cm Breite belichtet werden. Zehnmaliger Feldwechsel in der Sekunde sei möglich.

Das Ziel der „Röntgenkymographie“ von Gött und Rosenthal (Abb. 97) war die Registrierung der pulsatorischen Bewegungen verschiedener Herzabschnitte in Kurvenform. Gött und Rosenthal schildern das Prinzip ihres Verfahrens folgendermaßen: Bringt man im Rücken des zu Untersuchenden (M auf Abb. 97) die Röntgenröhre (R) und dicht vor seiner Brust einen Bleischirm (B) so an, daß ein in dessen Mitte befindlicher schmaler, horizontaler Schlitz (S) etwa in die Höhe der linken Brustwarze zu stehen kommt, und macht man nun eine Durchleuchtung, so zeigt sich eine Partie des Spaltbildes auf dem Durchleuchtungsschirm relativ dunkel, nämlich die in den Schatten des linken Ventrikels fallende; der andere Teil, der einem Ausschnitt des Lungensfeldes entspricht, ist hell. Die Stelle, wo helles und dunkles Spaltbild zusammenstoßen, bleibt, da der dunkle Anteil ja durch den linken Ventrikel verursacht ist, keinen Augenblick in Ruhe, sondern zuckt in deutlichen, wenn auch ziemlich geringen Exkursionen hin und her. Führen wir nun aber — da diese Bewegungen zu rasch sind und ihr Schirmbild zu wenig scharf, als daß wir sie genauer verfolgen könnten — eine photographische Platte (P) senkrecht zur Richtung

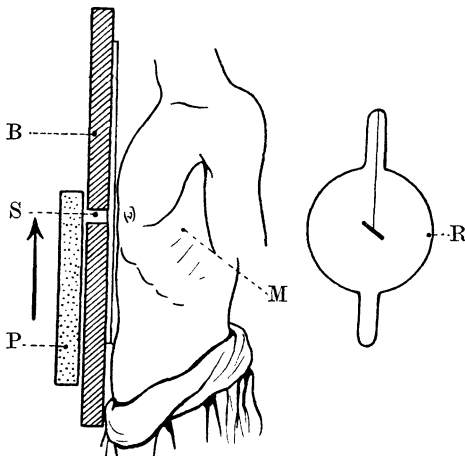


Abb. 97.

- M = zu untersuchende Person.
 R = Röntgenröhre.
 B = Bleischirm.
 S = Spalt im Bleischirm.
 P = Kassettenplatte mit Platte oder Film.
 ↑ = Bewegungsrichtung der Platte.

des Spaltes am Bleischirm entlang (Pfeilrichtung), so müssen wir auf der entwickelten Platte eine fortlaufende Reihe von ineinanderfließenden Spaltbildern bekommen, deren jedes die Grenze von hell und dunkel — also von Lunge und Herz — an anderer Stelle aufweist als das vorhergehende und das folgende. Wir bekommen also ein wellenförmiges Schattenbild oder, mit anderen Worten, eine Kurve der Bewegung des linken Ventrikels — allgemeiner gesagt: desjenigen Herzteiles, auf dessen Schattenkontur wir den Spalt einstellten. Wir nennen dieses Verfahren der Darstellung von Bewegungskurven innerer Organe „Röntgenkymographie“. Ebensogut wie einen Spalt können wir nun natürlich auch mehrere, neben- oder übereinander angeordnet, in dem Bleischirm anbringen. Wir sind also gegebenenfalls imstande, gleichzeitig mit den Bewegungskurven des linken Ventrikels auch solche des rechten Vorhofs und der Aorta bzw. der Pulmonalis aufzunehmen.

Gött und Rosenthal haben Röntgenkymogramme des linken Ventrikels, des rechten Vorhofs und der Aorta veröffentlicht.

Bei der scharfsinnigen einfachen und hinreichend genauen Methode von Holzknecht, Sommer und Mayer mißt man die Tiefenlage eines Körpers unter dem Leuchtschirm; unter dem schirmnahen Hautfußpunkt des etwa durch den Fremdkörper gehenden Normalstrahls direkt nur dann, wenn der Leuchtschirm dem bezeichneten Hautpunkt aufliegt.

Die Ausschaltung der Bedingung, den Körper-Schirmabstand zu berücksichtigen, führt zur höchstmöglichen Einfachheit der röntgenoskopischen Fremdkörperlokalisation. Sie ist durch ein Verfahren gelungen, das auf der Tatsache beruht, daß eine zu sich parallel verschobene Gerade ($b\ c$ nach $b_1\ c_1$) auf den Schenkeln eines Winkels proportionale Teile abschneidet ($a\ b : a\ c = bb_1 : cc_1$ usw.) (Abb. 98).

Ist das Verhältnis bekannt, so ergibt sich zu jedem bekannten Horizontalabstand die Größe des dazu gehörigen gesuchten Vertikalabstandes.

Die sich selbst parallel verschobene Gerade wird durch den Röntgenstrahl dargestellt, der bei schlitzförmig maximal geöffneter Blende durch die Mitte der einen Schmalseite des Blendenschlitzes geht. Die sich selbst parallele Verschiebung dieses Röntgenstrahles ($b\ c$ nach $b_1\ c_1$) wird durch den Bau der bewährten Durchleuchtungsgeräte gewährleistet.

Heberle und Kaestle benutzen einen Durchleuchtungstisch mit Untertischröhre. Hier erfolgt die Parallelverschiebung durch Bewegung des Röhrenwagens (von b nach b_1). Die Größe dieser Verschiebung kann, wie aus Abb. 98 ohne weiteres ersichtlich ist, ebensowohl an der Laufschiene des Röhrenwagens oder einer ihr Parallelen — z. B. der einen Längsseite des Tisches — als direkt auf den Leuchtschirm gemessen werden. Diesen ohne weiteres meßbaren Verschiebungen der Röhre auf dem horizontalen Schenkel des Winkels $b\ a\ c$ entsprechen auf dem vertikalen Schenkel $a\ c$ die Abschnitte, welche die Tiefenlage des Fremdkörpers unter dem vertikal über ihm bezeichneten Hautpunkt angeben, und zwar, wie wiederum ohne weiteres aus der Abb. 98 ersichtlich ist, unabhängig von der Körperdicke, dem Schirmabstand, der Entfernung der Röhre u. dgl. Nichts an der Apparatur bedarf der Zurichtung auf den besonderen Zweck.

Die Anwendung der Methode gestaltet sich folgendermaßen: Zunächst wird durch Einbringen des Fremdkörpers in den Normalstrahl der schirmnahe Hautfußpunkt des Normalstrahls über dem Fremdkörper bestimmt und durch Aufkleben eines kleinen Schrotkorns gekennzeichnet. Wir erhalten so zwei Punkte, die den Punkten cc_1 unserer Zeichnung entsprechen: den Fremdkörper in der Tiefe und die Bleimarke auf der Haut. Der Meßstrahl — so bezeichnen wir den Röntgenstrahl Focus-Blendenrand — wird zunächst auf den Fremdkörper so eingestellt, daß die Fremdkörpermitte vom Blendenrand geschnitten wird; die Mitte dieser Schnittlinie wird mit Farbstift auf dem horizontal liegenden Leuchtschirm markiert. (Statt dessen könnte auch die Stellung des Untertischwagens — etwa an der Tischzarge — festgelegt werden.) Dann folgt ebenso die Einstellung der Hautmarke und deren Kennzeichnung auf dem Leuchtschirm. Die Verbindungslinie der beiden Punkte auf dem Leuchtschirm — bzw. die Größe der Wagenverschiebung $b\ b_1$ — ergibt ohne weiteres den Vertikalabstand Hautpunkt-Fremdkörper, der an einem geeigneten, auf dem Verhältnis $a\ b$ zu $a\ c$ aufgebauten Maßstab direkt in Zentimetern abgelesen werden kann.

Die Bestimmung des Verhältnisses $a\ b$ zu $a\ c$ bzw. die Selbsterstellung des Maßstabes geschieht in wesentlich gleicher Weise wie die Herstellung des Holzknechtschen Maßstabes. Man befestigt an der Unterseite des horizontalen Leuchtschirms ein 10 cm langes Pendel oder einen ebenso langen vertikalen Holzstab, dessen beide Enden von einer flachen Bleimarke gebildet werden. Man projiziert die Bilder beider Bleimarken in der oben beschriebenen

Weise auf den Leuchtschirm. Den Abstand beider Bildpunkte auf dem Leuchtschirm — oder was dasselbe ist, die Größe der zu deren Entstehung nötigen Wagenverschiebung — überträgt man auf einen Holz- oder Papierstreifen und teilt ihn in zehn gleiche Teile, deren jeder 1 cm Tiefenlage entspricht. Nach Röhrenwechsel wird jedesmal der alte Maßstab in der gleichen Weise auf seine Richtigkeit unter neuen Verhältnissen kontrolliert bzw. ein neuer hergestellt.

Werden mit dem Maßstabe nicht die Abstände der Bilder auf dem Leuchtschirm, sondern die Verschiebungen der Röhre gemessen, so kann auch die Schirmlage vernachlässigt werden.

Die gefundenen Maße sind um so genauer, je kleiner der Winkel α β γ — des Meßstrahles gegen die Horizontale — d. h. je weiter offen der Blendenschlitz ist.

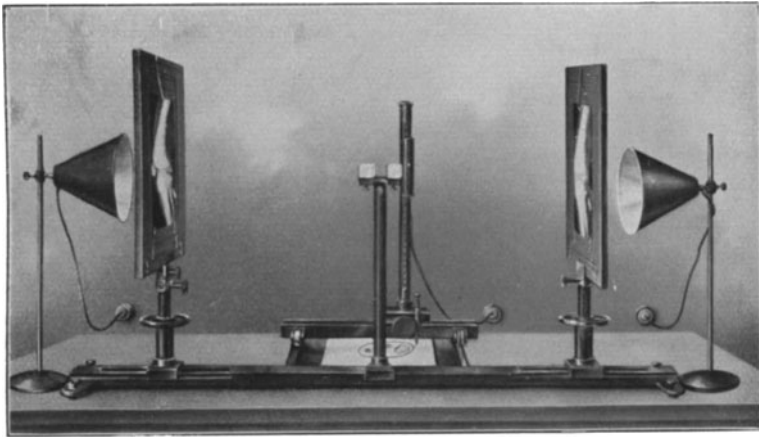


Abb. 99. Apparat zur Stereoröntgenogrammetrie nach Hasselwander.

Auf diese Weise gewonnenen Werte für die Tiefenlage, das Hintereinander bestimmter, im dorso-ventralen Orthodiagramm aufgezeichneter Organpunkte wären dann — wie dies neuerdings Holzknacht vorgeschlagen — als „Tiefenkoten“ in das Orthodiagramm eingetragen.

Das bekannteste röntgenographische Lokalisationsverfahren für Fremdkörper in Hinsicht auf einen markierten Hautpunkt ist das von Fürstenau-Weski, bei dem mit Hilfe von zwei Stereoskopaufnahmen und dem Fürstenau'schen Meßzirkel die Lage des Fremdkörpers zum markierten Hautpunkt in einfacher und zuverlässiger Weise bestimmt wird. Die Gebrauchsanweisung wird der Apparatur bei deren Lieferung beigegeben.

Die besten Methoden zur graphischen und mathematisch genauen Darstellung der Lagebeziehung von Gebilden in Körpern sind die stereometrischen (Gillet) und besonders stereogrammetrischen. Um die Ausbildung der Stereoröntgenogrammetrie hat sich vor anderen bewährten Forschern besonders Hasselwander verdient gemacht. Ihm ist es gelungen, die Objektähnlichkeit der gewonnenen Bilder bis zur vollen Kongruenz zu steigern und die Möglichkeit jeder Nachbildung graphischer und plastischer Art zu schaffen. Die Herstellung der Stereoskopbilder geschieht — nach dem früher geschilderten Prinzip — auf zwei Platten mit Hilfe einer Wechsellkassette und Stereoröhre bzw. Röhrenverschiebung.

Der wichtigste Teil der Apparatur ist der aus der Lichtphotographie bekannte Meßapparat, den für röntgenologische Zwecke in brauchbare Form gebracht zu haben ein Verdienst Hasselwanders ist.

Beim Verfahren nach Hasselwander (Abb. 99) wird ein durch Prismen dem Beobachter gegenüber entworfenes imaginäres Bild des stereoskopisch aufgenommenen Körperteils mit Zirkeln oder einem auf Stativ lenkbaren Lichtpunkt räumlich genau ausgemessen. Die Stereoskopplatten, die in seitlich vom Beobachter stehenden Beleuchtungskasten eingespannt sind, werden mit Hilfe von mitröntgenographierten Kennmarken „eingestellt“.

Die jeweilige Stellung des ausmessenden Lichtbildpunktes kann durch eine Schreibvorrichtung auf einer horizontal senkrecht zu den Stereoskopplatten liegende Zeichenfläche vor dem Beobachter festgehalten und so Querschnitte in natürlicher Größe aufgezeichnet werden.

Zweckmäßig und einfach ist auch der Stereoaufnahmeapparat und der Röntgen-Stereo-Orthodiagraph von Beyerlen.

Mit Hilfe der Stereophogrammetrie lassen sich röntgenologische Körperreliefs herstellen — im Wesen den Geländere Reliefkarten vergleichbar —, denen didaktische Bedeutung zukommen wird (Christof Müller).

Beurteilung und diagnostische Verwertung von Röntgenbildern.

Zur Beurteilung von Röntgenbildern hat man sich verschiedene Tatsachen gegenwärtig zu halten, die sich aus den physikalischen Eigenschaften der Röntgenstrahlen und der Aufnahmetechnik der Bilder ergeben.

Um die perspektivische Verzeichnung von Körperteilen und die Größe von Verzeichnungen richtig einzuschätzen, soll man die Richtung und den Fußpunkt des Normalstrahls kennen. Plattennahe Körperteile erscheinen am schärfsten, im Normalstrahl liegende mit geringster perspektivischer Verzeichnung.

Die aufzunehmenden Körperteile liegen — abgesehen vom Köhlerschen Doppelpplattenverfahren — zweckmäßig der Schicht der Platte auf, nicht der Glasseite; denn je näher der Körper der Schicht liegt, desto schärfer wird sein Bild. Zudem muß der Widerstand des Glases für Röntgenstrahlen nicht überwunden werden.

Die Diagnose wird — wenn möglich — nur nach dem Negativ gestellt; es zeigt alle Einzelheiten am deutlichsten. Abzüge sind Notbehelfe, allerdings für viele Zwecke nicht zu umgehen. Das fertige Negativ wird gegen eine gleichmäßig belichtete Matt- oder Milchglasscheibe bei verschiedenen Beleuchtungen, aus verschiedenen Entfernungen, im nassen und trockenen Zustand betrachtet.

Leuchtschirmbild, röntgenographisches Negativ und Kopie sollen sich entsprechen und seitenrichtig erscheinen. Bei Betrachtung des Bildes sei die Seitenanordnung so, als ob wir entgegengesetzt dem Strahlengang bei Aufnahme des Kranken in seinen Körper hineinsehen. Bei dorsoventraler Thoraxdurchleuchtung z. B. sehen wir von der Brustseite her in den Kranken hinein. Die linke Seite des Kranken steht unserer rechten gegenüber und umgekehrt. Soll das dorsoventrale Röntgenogramm — bei richtiger Aufnahme, d. h. Brustplattennähe — seitenrichtig erscheinen, dann muß das Negativ, von der Glasseite aus betrachtet, eine Kopie von der Schichtseite genommen werden. Bei Verstärkungsschirmaufnahmen wird dieses Ziel nur erreicht, wenn die Plattenschicht dem Kranken und der Röntgenröhre zugekehrt ist, und der Verstärkungsschirm zwischen Kranken und Plattenschicht liegt, Schicht auf Schicht.

Zeigt ein Röntgenbild Abweichungen von der Norm, dann haben wir uns zur Deutung des Befundes eine Anzahl Fragen vorzulegen, die wir mit Grashey am besten folgendermaßen zusammenfassen:

1. Können die Veränderungen nicht Kunstprodukte sein (Platten- oder Entwicklungsfehler)?
2. Rühren die abnormen Schatten vom Körpergewebe her oder von Fremdkörpern, Kleidern, Schutzvorrichtungen, Verbandstoffen usw.?
3. Wenn die Schatten vom Körper herrühren, sind sie pathologisch oder rühren sie von einer Spielart her?
4. Wie sind die gefundenen Schattengebilde pathologisch-anatomisch zu deuten?
5. Sind die pathologischen Gebilde die sichere oder alleinige Ursache der geäußerten Beschwerden?

Diese Erwägungen sind anzustellen, um nicht durch falsche Aufnahme- oder Betrachtungstechnik zu verhängnisvollen Trugschlüssen geführt zu werden.

Bei negativen Befunden sei man mit seinen Schlüssen vorsichtig. Man frage sich, was läßt sich an Erkrankungen bei negativen Befunden und technisch ausreichendem Bild mit Sicherheit oder Wahrscheinlichkeit ausschließen und was nicht?

Man betrachte die Röntgenuntersuchung immer nur als ein — wenn auch sehr wertvolles — Glied im Gang unserer diagnostischen Erwägungen und Schlüsse. Man behalte die Eigenart der Methode und ihrer Untersuchungsbedingungen und die hierdurch gegebene Eigenart der Befunde im Auge. Man erwäge mit den Vorteilen der Methode auch deren Grenzen und hüte sich davor, im Vertrauen auf röntgenologische Untersuchungsergebnisse andere diagnostisch wertvolle Methoden außer acht zu lassen, ihre Ergebnisse zu vernachlässigen. Die Bereicherung unseres diagnostischen Könnens auf der einen Seite soll nicht zu einer Minderung auf der anderen führen.

Röntgendiagnostik der Erkrankungen des Kopfes.

Von

A. Schüller-Wien.

Mit 50 Abbildungen.

Einleitung.

Die Röntgendiagnostik der Erkrankungen des Kopfes stellt ein wichtiges Kapitel der Röntgenlehre dar. An dem Ausbau dieses Kapitels sind die Vertreter vieler ärztlicher Spezialdisziplinen in gleichem Maße interessiert, der Internist und Neurologe, der Chirurg und Pädiater, der Ophthalmologe und Rhinologe, der Otiater und der Zahnarzt.

Im Bereich des Kopfes sind hochwertige Organe des Körpers, das Gehirn und die meisten Sinnesorgane, auf engem Raum vereinigt und in weit innigerer Beziehung mit dem Skelette als an anderen Partien des Körpers. Pathologische Veränderungen des Schädelskelettes können leicht zu Veränderungen der Eingeweide des Kopfes führen, wie andererseits die Erkrankungen der Weichteile häufig auf die knöchernen Hüllen übergreifen. Es ist leicht verständlich, daß eine Untersuchungsmethode, welche Veränderungen des Skelettes in so sinnfälliger Weise darzustellen gestattet, wie dies bei der röntgenographischen Methode der Fall ist, schon frühzeitig als Hilfsmittel für die Diagnose der Erkrankungen des Kopfes herangezogen wurde. Doch zeigte sich bald, daß auf diesem Gebiete viele Schwierigkeiten zu überwinden sind. Die großen Dimensionen des Kopfes sowie die beträchtliche Dicke der Schädelkapsel und die große Masse der dieselbe erfüllenden Weichteile erschwerten die Anfertigung brauchbarer Röntgenogramme; die Kompliziertheit des Skelettgefüges erschwerte die Deutung der bei jeder Änderung der Durchleuchtungsrichtung in ihren Konturen so mannigfach variierenden Schattenbilder. So kam es, daß man sich anfangs damit begnügen mußte, das Röntgenverfahren zur Lokalisation metallischer Fremdkörper im Innern des Kopfes zu verwenden.

In sachgemäßer Weise haben sodann die Rhinologen das Röntgenogramm des Gesichtsschädels für die Diagnose der Nebenhöhlenaffektionen verwertet. Die relativ einfache Fragestellung nach dem Luftgehalte der pneumatischen Räume mußte der Erzielung brauchbarer Resultate ebenso förderlich sein wie der Umstand, daß die röntgenographische Darstellung des Gesichtsschädels keine allzu großen technischen Schwierigkeiten bietet. Dagegen hatten die Versuche mehrerer Autoren, auf dem Röntgenogramme des Kopfes Veränderungen der Weichteile im Innern des Schädels (Blutungen,

Entzündungen und Neubildungen des Gehirns) zu erkennen, begreiflicherweise keinen Erfolg. Alle diesbezüglichen positiven Befunde waren durch Trugbilder vorgetäuscht. Erst als man erkannt hatte, daß auch auf diesem Gebiete die Darstellung von Form- und Strukturveränderungen des Skelettes die wichtigste Domäne des Röntgenverfahrens sei, war ein weiterer Fortschritt in der Diagnostik der Erkrankungen des Kopfes möglich. Man verzichtete auf die Ergründung von pathologischen Prozessen in den Weichteilen der Schädelhöhle; man trachtete vielmehr, einerseits die durch primäre Knochenaffektionen erzeugten Schädelanomalien, andererseits die durch Weichteilerkrankungen hervorgerufenen Skelettveränderungen in ihrer charakteristischen Ausprägung am Röntgenbilde des Kopfes kennen zu lernen.

In den letzten Jahren wurde ein neuer, sehr erfolgreicher Weg zur Feststellung von intrakraniellen Erkrankungen beschritten, nämlich die Röntgenuntersuchung nach Luftfüllung der Liquorräume des Gehirns.

Dank derartiger, systematisch betriebener Studien ist die Röntgendiagnostik der Krankheiten des Kopfes heutzutage bereits zu einem selbständigen, umfangreichen Teilgebiet der Radiologie herangewachsen; die auf diesem Gebiete gewonnenen Kenntnisse stehen an Exaktheit keineswegs hinter den durch die übrigen klinischen Untersuchungsmethoden gebotenen Befunden zurück, sie ergänzen dieselben vielmehr in unentbehrlicher Weise. Die röntgenologische Forschung hat vielfach auch befruchtend auf das Studium der Schädelpathologie gewirkt.

Die Literatur der Röntgendiagnostik des Kopfes weist eine große Anzahl kasuistischer Mitteilungen und monographischer Bearbeitungen einzelner Gebiete der Schädelradiologie auf; auch existiert eine größere Reihe von Bildwerken, insbesondere Reproduktionen von Bildern der pneumatischen Räume. Zusammenfassende Darstellungen nebst einer Übersicht der einschlägigen Literatur finden sich in den Werken von Grashey, Fürnrohr, Gocht, Schüller, Groedel, Sabat, Manges, Balli und Frassetto, Coleschi, Aßmann, Alban-Köhler, Bowen, Thost.

I. Technik der Schädelaufnahmen.

Wenn auch je nach der Art der Erkrankung die Aufnahmsrichtung sehr verschieden gewählt werden muß, so gilt es doch als ein wichtiges Prinzip, stets zunächst Übersichtsaufnahmen des ganzen Kopfes anzufertigen. Als solche Übersichtsaufnahmen kommen drei Ansichten des Schädels in Betracht, nämlich die mit frontaler, sagittaler und axialer Durchleuchtungsrichtung. Bei der Einstellung der Kopfaufnahmen bedient man sich ebenso wie bei der Auswertung der Röntgenogramme der von den Anthropologen (Martin) verwendeten Punkte, Linien, Ebenen und Winkel des Schädel skelettes.

Bei der Profilaufnahme (Abb. 1) liegt der Kopf mit seiner Medianebene parallel zur Platte; der Fokus steht senkrecht über dem Mittelpunkt zwischen äußerem Orbitalrand und äußerem Gehörgang, 60 cm von der Platte entfernt. Diese Aufnahme läßt die Größe und Form des Schädels, die Dicke und Dichte des Schädeldaches, die Beschaffenheit der Außen- und Innenfläche des Krania, den Verlauf der Nähte und der Gefäßfurchen (Furchen der venösen Sinus, der meningealen Arterien, der diploetischen Venen und Emissarien) feststellen.

Auch die Form und Struktur der Schädelbasis kommt auf der transversalen Aufnahme in übersichtlicher Weise zur Darstellung. Man erkennt die Abstufung der drei Schädelgruben, kann die Größe des basalen Winkels (Winkel zwischen den Projektionslinien des Planum sphenoidale und des Klivus) bestimmen und die Krümmung der Schädelgruben ablesen. Von sonstigen Details

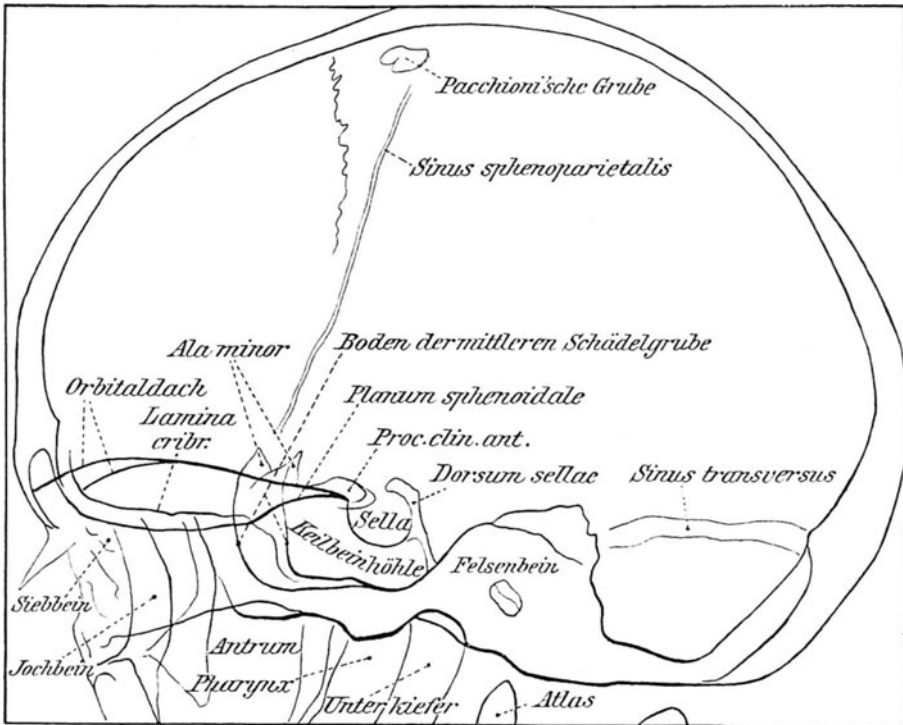


Abb. 1. Transversale Übersichtsaufnahme (normal).

seien erwähnt: die Stirnhöhle, das Orbitaldach und der mit demselben meist innig verbundene, seltener von ihm durch einen pneumatischen Raum (Recessus supraorbitalis) geschiedene Boden des Stirnhirns, ferner die Lamina cribrosa, das Planum sphenoidale und die Ala minor. Im Bereich der mittleren Schädelgrube erhebt sich über dem Halbrund der für den Schläfelappen bestimmten Aushöhlung der Schatten des Keilbeinkörpers mit der Keilbeinhöhle. Sein dorsaler Grenzkontur wird von den Umrissen der Sella turcica gebildet, über deren vorderen Anteil der Kontur des Processus clinoideus anterior sich projiziert. Die Projektion der basalen Fläche der mittleren Schädelgrube, welche das Dach des Pharynx bildet, scheint teilweise überdeckt vom Schatten des Unterkieferköpfchens, des Tuberculum articulare und des Jochbogens. In dem Bereich der hinteren Schädelgrube erkennt man den dichten Schatten des Felsenbeins, dahinter die pneumatischen Räume der Pars mastoidea, unterhalb derselben den Processus mastoideus und condyloideus, letzteren im Anschluß an die obersten Halswirbel. Was schließlich den Gesichtsschädel betrifft, so zeigt das Bild die Ausdehnung des Siebbeins und der Kieferhöhle, letztere zum Teil gedeckt vom Schatten des Jochbeins, ferner die Umrisse der Orbita, der Nasenhöhle und der Kiefer.

Die sagittalen Aufnahmen können in antero-posteriorer oder postero-anteriorer Richtung angefertigt werden. Bei der letztgenannten Durchleuchtungsrichtung (Abb. 2) wird der Kopf mit der Stirn und Nasenspitze auf die Platte gelagert und der Fokus über dem Zentrum des Hinterhauptes innerhalb einer Linie eingestellt, welche in jener Ebene liegt, die durch die Supraorbitalränder parallel zur deutschen Horizontalen (Verbindungsline des unteren Orbitalrandes mit dem Porus acusticus externus) gelegt gedacht wird. Diese Aufnahme läßt die Form und Ausdehnung des Schädels in der Breitenausdehnung und die Symmetrieverhältnisse der beiden Schädelhälften in klarer Weise konstatieren; sie läßt die Wände und Ränder der Orbita mit der Fissura orbitalis superior erkennen; sie zeigt ferner die Umrisse und den Luftgehalt der pneumatischen Höhlen (der Stirnhöhle und des Siebbeins, der Kieferhöhle und des Processus mastoideus), sowie die Form und den Inhalt der Nasenhöhle, in deren oberen Anteil die Umrisse der Keilbeinhöhle sich hinein projizieren. Die genannten Teile des Gesichtes werden teilweise verdeckt durch die dichten Schatten des Felsenbeins und des Bodens der hinteren Schädelgrube.

In ähnlicher Weise wie bei der eben beschriebenen Aufnahme präsentiert sich die zweite sagittale Aufnahme, die mit antero-posteriorer Durchleuchtungsrichtung (Abb. 3). Hierbei liegt der Schädel mit dem Hinterhaupte der Platte auf, wobei die deutsche Horizontale einen kranialwärts offenen Winkel von 75° mit der Platte bildet, der Vertikalstrahl durch die Nasenwurzel gelegt gedacht wird. Auf dieser Aufnahme sind die Konturen und Schattendifferenzen der Gesichtshöhlen zwar weniger deutlich erkennbar als auf der postero-anterioren Aufnahme, doch hat sie den Vorteil, daß dabei der Patient die unbequeme Bauchlage vermeidet. Ähnlich wie bei der postero-anterioren Durchleuchtungsrichtung kann die Position des Fokus innerhalb der Medianlinie variiert werden, um zu erreichen, daß nicht stets derselbe Teil des Gesichtsschädels vom dichten Schatten des Felsenbeines überdeckt werde.

Zur Darstellung einzelner Partien des Kopfes verwendet man eine Reihe weiterer Aufnahmen, bei denen die Durchleuchtungsrichtung einem schrägen Durchmesser des Schädels entspricht. Unter diesen Aufnahmen kommen hauptsächlich zwei in Betracht: die Aufnahmen in geneigter und gedrehter Haltung des Kopfes. Bei der erstgenannten liegt der Kopf ähnlich wie bei der Profilaufnahme mit der Wange auf der Platte; der Fokus steht über dem Tuber parietale der Gegenseite. Der Zentralstrahl bildet mit der Verbindungs-

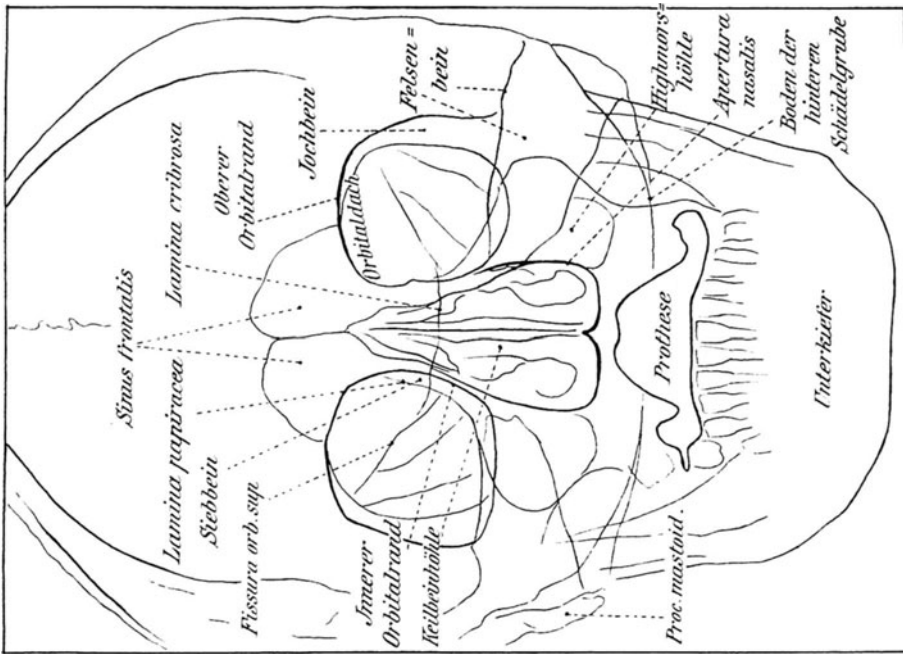


Abb. 2. Postero-anteriore Übersichtsaufnahme (normal).

linie der äußeren Gehörgänge einen Winkel von 30° . Durch diese Einstellung erreicht man, daß die der Röhre näher liegende Hälfte des Schädels so weit nach abwärts projiziert wird, daß die Schädelgruben der der Platte anliegenden Hälfte, insbesondere auch das Felsenbein dieser Seite, in klarer Weise zur Anschauung kommt, ohne von den Schatten der gegenseitigen basalen Schädelanteile bedeckt zu sein.

Von den in gedrehter Stellung des Schädels anzufertigenden Aufnahmen erwähnen wir bloß eine, die sich von der sagittalen Aufnahme mit postero-anteriorer Durchleuchtungsrichtung ableiten läßt. Die Stellung der Horizontalebene des Kopfes zur Platte und zum Fokus bleibt erhalten, nur ist der Kopf derart gedreht, daß er mit dem Orbitalrande der zu untersuchenden Gesichtshälfte die Platte berührt (Rhese). Auf dieser Aufnahme erkennt man in klarer Weise die Wände der Orbita, die Umrahmung des Canalis opticus sowie Stirnhöhle, Keil- und Siebbein der der Platte aufliegenden Gesichtshälfte.

Für die sagittale Durchleuchtung der hinteren Schädelgrube verwendet man zweckmäßigerweise eine Aufnahme, bei welcher die Platte dem Nacken anliegt, während der Fokus über der Mitte des weit geöffneten Mundes steht.

Öfters benötigt man Aufnahmen mit einer der Vertikalachse des Schädels parallel laufenden Durchleuchtungsrichtung. Man bezeichnet diese Aufnahmen als „axiale“. Bei einer der axialen Aufnahmen liegt der Kopf mit stark vorgestrecktem Kinn auf der Platte, der Fokus wird über der Sagittalnaht postiert (Pfeiffer, Lilienfeld, Bowen); bei der zweiten axialen Aufnahme erfolgt die Durchleuchtung in der entgegengesetzten Richtung, die Platte liegt dem Scheitel an; der Fokus steht gegenüber dem Mundboden, wobei der Kopf stark nach hinten gebeugt werden muß. Diese Aufnahmen zeigen unter anderem die Umrisse der Stirn- und Keilbeinhöhlen, der Orbitae und Jochbeine, des Unterkiefers, des Os basilare und Foramen occipitale, des Foramen ovale und spinosum sowie der Felsenbeine und Mastoidzellen.

Eine Reihe spezieller Aufnahmen bezweckt die Darstellung der Keilbeinhöhlen (Bowen, Tschebull), des Foramen ovale (Härtel), des Felsenbeines (Staubig und Gatscher, de Kleyn und Stenvers), der Kiefer, insbesondere ihrer Alveolarfortsätze; ferner der Zähne sowie des Kiefergelenkes.

Schließlich ergibt sich häufig die Notwendigkeit, Tangentialaufnahmen umschriebener Partien des Schädeldaches in Anwendung zu bringen, um die Beschaffenheit der inneren oder äußeren Oberfläche der Schädelwand an der betreffenden Stelle zu konstatieren.

Röntgenbilder des Kopfes von Föten innerhalb des Uterus finden sich im Atlas von Warnekros.

Stereoskopische Röntgenaufnahmen des Kopfes erleichtern die räumliche Auffassung des Schädelbildes und sind daher von didaktischem Wert (Hill and Thomas, Haer, Mackenzie-Knox).

Seltener als die bisher beschriebene radiographische Untersuchung des Schädels kommt die Radioskopie zur Anwendung. Dieselbe ist unentbehrlich für die Lokalisation metallischer Fremdkörper im Schädelinnern. Auch bei der pneumographischen Untersuchung leistet die Durchleuchtung gute Dienste.

II. Form- und Größenanomalien des Kopfes.

Die Abnormitäten der Größe und Form des Kopfes kommen zumeist durch angeborene oder früh erworbene Wachstumsstörungen des Schädel skeletts zustande und stellen entweder eine Teilerscheinung einer allgemeinen Skelett-

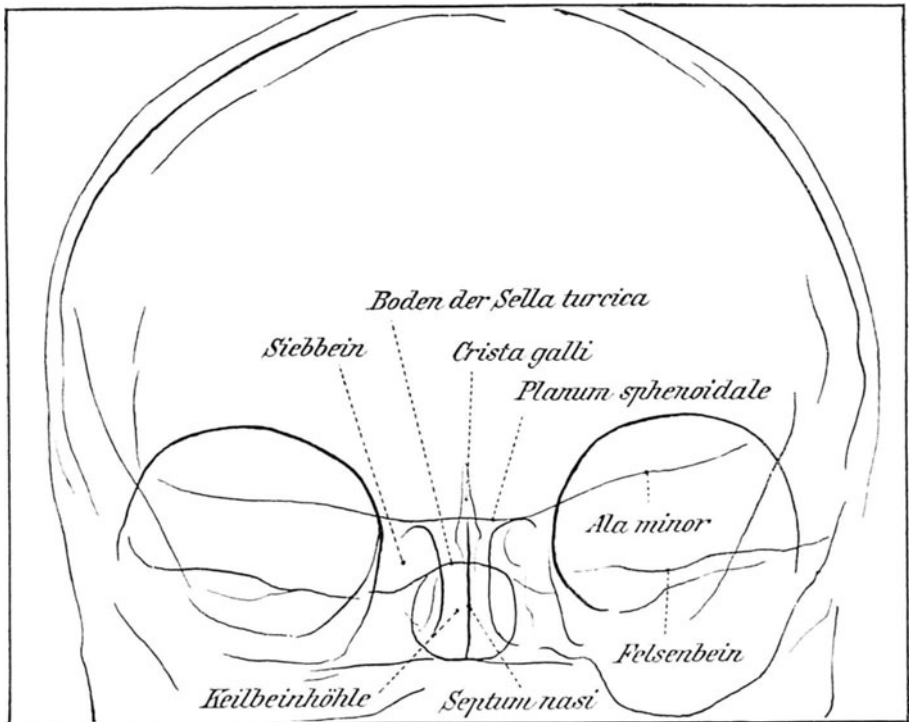
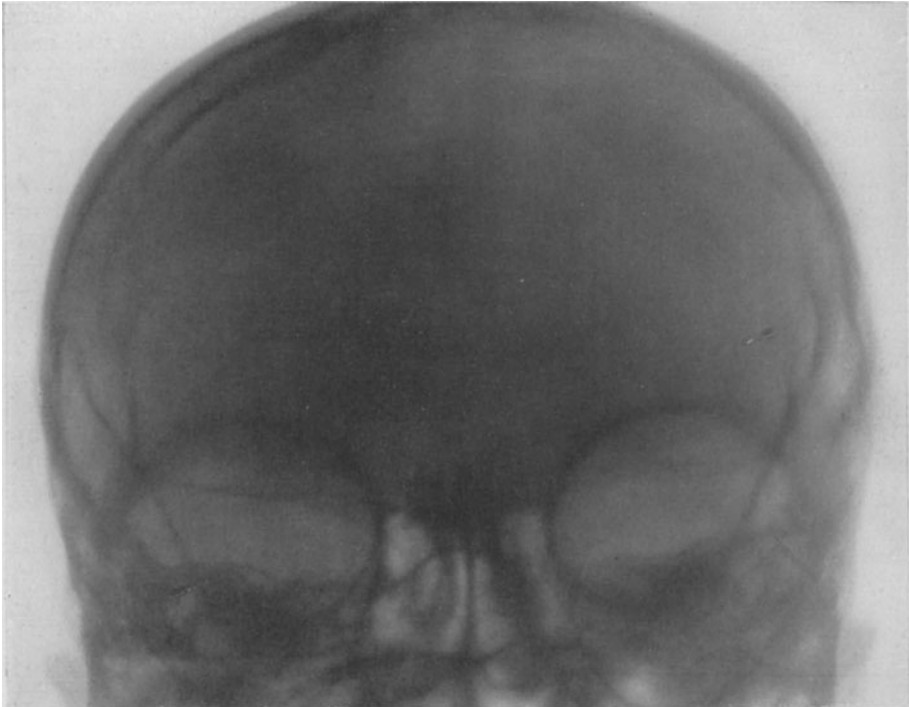


Abb. 3. Anteroposteriore Übersichtsaufnahme (normal).

anomalie oder eine auf den Schädel, beziehungsweise bloß einzelne Teile desselben beschränkte pathologische Veränderung dar. Zur erstgenannten Gruppe gehören die Schädelverbildungen bei Rachitis, Kretinismus, Mongolismus, Chondrodystrophie u. a.; zur Gruppe der auf den Schädel beschränkten Form- und Größenanomalien gehören die angeborenen Mißbildungen sowie die durch früherworbene Erkrankungen der Eingeweide des Kopfes hervorgerufenen Wachstumsstörungen des Schädels.

Die röntgenographische Darstellung der Schädeldeformitäten bietet eine erwünschte Ergänzung der älteren Untersuchungsmethoden, indem sie in anschaulicher Weise die durch die Weichteile verdeckten Schädelumrisse hervortreten läßt, indem sie die anderweitig nicht erkennbaren Form- und Größenverhältnisse der Schädelbasis demonstriert, indem sie die Beschaffenheit der Schädelinnenfläche sowie der für das Verständnis dieser Schädelanomalien so wichtigen Fugen- und Nahtverhältnisse erkennen läßt und schließlich, indem sie den Fortgang der abnormen Entwicklung zu verfolgen gestattet.

Über kraniometrische Messungen mit Hilfe der Röntgenstrahlen berichten Hudellet und Jonenne sowie Pacini.

Schädelmißbildungen.

Unter den Schädelmißbildungen erwähnen wir zunächst die durch Spaltbildung (Kranioschisis) entstandenen. Abgesehen von den mit längerer Lebensdauer unvereinbaren, ausgedehnten, das ganze Schädeldach oder den größeren Teil desselben betreffenden Defekten (Akranie), gibt es geringere Grade von Kranioschisis, bei welchen das Leben erhalten bleibt. Derartige Spalten des Schädeldaches und der Schädelbasis geben oft die Austrittspforten für Ausstülpungen des Schädelinhaltes ab (Hernia cerebri); der Sitz der Hirnhernien ist sehr variabel (Medianlinie des Hinterhauptbeins, Nasenwurzel, innerer Augenwinkel, Augenhöhle, Nasen- und Mundhöhle, Sella turcica [Pilpel]).

Die Schädellücken bei Hirnhernien haben runde oder ovale, scharfrandig und regelmäßig konturierte Form von wechselnder, meist beträchtlicher Weite. Die Form und Größe des Schädels richtet sich nach der Menge des durch die Hernie ausgetretenen Schädelinhaltes; meist ist er verkleinert, in seiner Mitte eingesattelt, kann aber durch Flüssigkeitsansammlung beträchtlich vergrößert, deformiert werden. Gelegentlich finden sich an derartigen Schädeln prämatüre Naht-Synostosen.

Außer den genannten Defekten gibt es noch eine Reihe anderer angeborener Lückenbildungen am Schädel, deren Kenntnis schon wegen der Unterscheidung von traumatischen oder durch Entzündung, Tumorbildung, Atrophie, Hirndruck oder Rachitis entstandenen Defekten von praktischer Bedeutung ist. Die in Rede stehenden Lücken entsprechen entweder embryonalen Druckusuren oder erweiterten Emissarien, in welchem letzterem Falle es sich meist um die stark erweiterten Emissaria parietalia (Pamperl, Neurath) handelt, oder der Austrittsstelle einer sog. Sinusokele, d. i. einer sackartigen Ausweitung der Venenwand. Alle die genannten Schädellücken zeigen meist kreisrunde, scharfrandige Begrenzung und sind gewöhnlich in den medianen Partien der Scheitelbeine lokalisiert.

In diesem Zusammenhang sei auch eine Schädelverbildung erwähnt, die nicht selten mit Spina bifida kombiniert ist, nämlich der sog. Lückenschädel (Engstler). Darunter versteht man eine schon beim Neugeborenen konstaterbare Schädelanomalie, bei welcher die Ossifikation der Teilstücke des Schädeldaches weit gegenüber der Norm zurückgeblieben ist; abgesehen von der im Zentrum jedes Teilstückes erkennbaren radiär gestreiften Knochenplatte findet sich bloß noch eine in Gestalt von schmalen Rippen die

Schädelwand durchziehende Verknöcherung; zwischen diesen Rippen bleibt das Schädeldach häutig. Am auffälligsten präsentiert sich die Ossifikationsanomalie bei der Betrachtung der Schädelinnenfläche, hier springen die Rippen stark vor, die häutigen Stellen erscheinen dazwischen tief eingesunken (Leistenschädel, Reliefschädel). Bei der mangelhaften Verknöcherung ist das Schädeldach abnorm nachgiebig gegenüber dem intrakraniellen Druck. Es kommt daher im weiteren Verlauf gewöhnlich zur Ausbildung hydrokephaler Schädelvergrößerung. Über die histologische Beschaffenheit des Lückenschädels finden sich genaue Angaben in der Arbeit von Sicher.

Die Röntgenuntersuchung der genannten Schädelmißbildungen ermöglicht eine sinnfällige Darstellung der Form, Größe und Umrandung der beschriebenen Defekte, der Beschaffenheit der Schädeldicke und der Schädelinnenfläche sowie der Form der Schädelbasis (Schüller). Das Röntgenbild erleichtert die Unterscheidung der genannten Mißbildungen gegenüber anderweitig verursachten Defekten der Schädelwand (traumatischen,luetischen), ferner gegenüber Formveränderungen des Schädels, welche durch Neubildungen des Gehirns oder Hydrokephalus verursacht sind, endlich gegenüber Verbindungen des Schädels bei Systemerkrankungen des Skelettes (Rachitis usw.). Das Röntgenogramm des Kopfes ermöglicht auch die Konstatierung von Veränderungen im Bereich der Sella turcica, bzw. der Hypophyse, die ebenso wie andere Drüsen mit innerer Sekretion von Bedeutung zu sein scheint für das Zustandekommen von Mißbildungen (Browne, Keith-Campion).

In die Gruppe der sog. Verschmelzungsbildungen gehört die

Trigonokephalie.

Das Wesen der als Trigonokephalie bezeichneten Schädelanomalie besteht in einer prämaturnen Synostose beider Stirnbeinhälften und dem Aneinanderrücken der beiden Orbitaldächer. Die Trigonokephalie verrät sich schon der flüchtigen Betrachtung durch die eigentümliche Gestalt der Stirne: in der Medianlinie derselben findet sich eine kielartig vortretende Leiste, zu welcher die beiden Stirnhälften im stumpfen Winkel konvergieren. Die Basis zeigt Verengung der vorderen Schädelgrube durch rudimentäre Entwicklung des Siebbeins. Da durch die frühzeitige Verschließung des Stirnbeins die Breitenentwicklung der vorderen Schädelhälfte beeinträchtigt ist, kommt es meist zu kompensatorischer Ausdehnung des Schädels im Längen- und Höhendurchmesser. Bei ungenügender Kompensation können Druckusuren an der Innenfläche des Schädels auftreten. Klinisch kann sich die Trigonokephalie durch Geruchstörung, durch Symptome von Hirndrucksteigerung, Sehstörung oder psychische Störungen manifestieren, abgesehen von der durch die Konfiguration der Stirne hervorgerufenen Entstellung. Die abnorme Schädelform kann schließlich auch ein Geburtshindernis abgeben.

Mikrokephalie.

Abnorm kleine Schädel finden sich — wenn wir absehen von der als Teilerscheinung allgemeinen Zwergwuchses (Nanosomie) zu beobachtenden proportionierten Kleinheit des Schädels (Nanokephalie) — bei angeborener Bildungshemmung des Gehirns (Mikrenkephalie, Porenkephalie, Mikrogryrie) unter der Form der Mikrokephalia vera, ferner bei Wachstumshemmungen des Gehirns nach Erkrankungen desselben (traumatische Porenkephalie, Enkephalitis) unter der Form der Pseudomikrokephalie.

Der mikrokephale Schädel ist, abgesehen von seiner Kleinheit, auch abnorm geformt. Das Kranium ist von brachykephalem Typus, die Stirne

meist fliehend, niedrig, der Hinterhauptteil schwach ausgeprägt. Dagegen ist die Schädelbasis ebenso wie der Gesichtsteil meist vollkommen gut ausgebildet; der Kontrast zwischen der Größe des Kanium und des Gesichtes macht sich durch Vorspringen des letzteren sehr auffällig bemerkbar (Vogelgesicht, Aztekenschädel). Da der kleine Schädel oft noch zu groß ist für das kleine Gehirn, so kann der Schädelraum zum Teil mit Liquor angefüllt oder statt des Gehirns eine mit Liquor gefüllte Cyste vorhanden sein (Hydromikrocephalie, Zappert-Hitschmann) oder es erscheinen die Teilstücke des Schädeldaches an den Nahtstellen übereinander geschoben. Denselben Moment des Mißverhältnisses zwischen Hirn und Schädel ist wohl auch die Verdickung der Schädelwand, die insbesondere an der Schädelbasis sehr beträchtlich sein kann, zuzuschreiben. Durch mangelhafte Entfaltung einzelner Teile des Gehirns kommt partielle Mikrocephalie zustande. Sie findet sich insbesondere bei Kleinhirn- und Schläfelappendefekten (Anton und Zingerle, Alexander). Zingerle weist darauf hin, daß die dem Gehirndefekt anliegenden Teile des Schädel skelettes kleiner bleiben und das Bestreben zeigen, durch verstärktes Dickenwachstum die sonst vom Gehirn ausgefüllte Grube auszugleichen, obwohl die Anlage des Knochens vom Gehirnwachstum unabhängig ist.

Bertolotti und Mattiolo beschreiben Veränderungen des Hinterhauptbeines und der Wirbelsäule verbunden mit angeborener Verkleinerung des Volumens von Kleinhirn und Rückenmark bei Friedrichscher Krankheit und Mariescher Ataxie.

Die Röntgenuntersuchung erleichtert die Differentialdiagnose der Mikrocephalie gegenüber anderen Formen abnormer Schädelkleinheit; sie ermöglicht insbesondere die praktisch bedeutungsvolle Unterscheidung zwischen Mikrocephalie und Kraniostenose, worüber wir im folgenden Kapitel berichten werden.

Kraniostenose.

Als Kraniostenose bezeichnen wir jene Schädeldifformitäten, welche durch vorzeitige Verknöcherung der Nähte zustande kommen.

Die Synostose pflegt schon zur Zeit der Geburt vorhanden zu sein (Küttner, Hochsinger, Bahrdt), sie kann jedoch auch erst in einer späteren Periode des Wachstums eintreten.

Die Ursache der vorzeitigen Synostose ist unbekannt. Man nimmt an, daß sie die Folge eines im Uterus oder intra partum einwirkenden Druckes der Schädelränder gegeneinander sein könnte. Auch hat man die prämatüre Synostose als Rasseneigentümlichkeit hingestellt. Diese Auffassungen scheinen indes ebenso unbegründet zu sein wie die Annahme, daß jeder Nahtsynostose eine konstitutionelle Skeletterkrankung (Rachitis, Syphilis) oder eine auf den Schädel übergreifende Affektion der Hirnhäute zugrunde liegt. Unsere Auffassung geht dahin, daß eine Entwicklungsstörung vorliegt, die sich in einer Ossifikationsanomalie des Schädels äußert, während am übrigen Skelett oft genug keinerlei Anomalien zu konstatieren sind. Isola beobachtete einen Fall von Zwergwuchs mit Oxykephalie. Nicht allzu selten ist die Kombination mit Syndaktylie (Akrocephalo-Syndaktylie Apert). Park und Powers fanden bei Akrocephalie und Skaphocephalie symmetrische Mißbildungen der Extremitäten. Für die Auffassung der Kraniostenose als Entwicklungsstörung spricht unter anderem auch das nicht allzu selten beobachtete familiäre Auftreten der Schädeldifformität.

Bolk, der die prämatüre Nahtobliteration an Kinderschädeln untersuchte, fand, daß am häufigsten die Sutura occipito-mastoidea prämatür sich schließt, Schädeldeformitäten infolge vorzeitiger Nahtverschließung seien, worauf schon Lenhossek hingewiesen hat, nur dann vorhanden, wenn dieselbe vor dem 2. Lebensjahr aufträte. Später

wachse der Schädel ohnehin nicht mehr in den Nähten. Die prämatüre Nahtsynostose sei wahrscheinlich ein atavistischer Rückschlag. Anton faßt wiederum die Kraniosynostose als Teilerscheinung einer allgemeinen Entwicklungsstörung auf, als deren Ursache Anomalien der Drüsen mit innerer Sekretion in Betracht kommen. Thoma nimmt an, daß pathologische Nahtsynostosen durch Steigerung des intrakraniellen Flüssigkeitsdruckes, äußere Druckwirkungen auf die Schädelwand und Schrägspannungen bedingt sein können. Weinnoldt bezeichnet Frakturen des Schädels als häufigste Ursache des Nahtverschlusses. Hauschild versucht dem Problem der prämaturen Nahtobliteration durch das Studium der histologischen Veränderungen bei der Nahtverknöcherung beizukommen.

Die Wachstumsstörung des Schädels, die durch prämatüre Synostose hervorgerufen wird, manifestiert sich darin, daß der Schädel sich in der auf den Verlauf der obliterierten Naht senkrechten Richtung nicht auszudehnen vermag. Zumeist wird diese Wachstumsbeschränkung in der Weise kompensiert, daß der Schädel sich in den übrigen Richtungen stärker ausdehnt. Hierdurch entstehen eigenartige, an künstliche Schädelbildungen erinnernde Kopfformen. Besonders bizarre Formen entstehen dann, wenn hydrokephale Flüssigkeitsansammlungen vorhanden sind, oder gar, wenn im letzteren Falle die Nahtsynostose einseitig ausgebildet ist. Dann treibt die kompensatorische Ausdehnung einzelne Schädelpartien ballonartig vor. Erfolgt die Kompensation mit genügender Schnelligkeit und im gehörigen Ausmaß, so resultiert bloß eine auffällige Formanomalie, nicht aber eine Größenanomalie des Schädels. Zuweilen genügt jedoch die Kompensation nicht; das Schädelwachstum bleibt hinter dem normal fortschreitenden Gehirnwachstum zurück und es ergibt sich ein Mißverhältnis zwischen der Masse des Schädelinhaltes und dem Fassungsraum des Schädels. Mit Rücksicht darauf, daß der Schädel zu eng ist für seinen Inhalt, kann man von Kraniosynostose sprechen. Das Mißverhältnis zwischen Hirn und Schädel kommt anatomisch darin zum Ausdruck, daß die Innenfläche des Schädels entsprechend den Kuppen stark gehöhlt ist, die Joga cerebraalia hoch und spitz sind.

Die Stelle der obliterierten Naht tritt an der Außenfläche des Schädels zuweilen als kielartige Leiste vor, meist aber läßt sich die Nahtobliteration nicht durch eine Niveaudifferenz feststellen. Die vorhandenen Nähte sind meist von normaler Beschaffenheit, zuweilen auffallend zackenarm. Die bei Hirndrucksteigerung (Hydrokephalie) so häufig in Erscheinung tretende Dehnung der Nähte, Verlängerung und Vermehrung der Nahtzacken, Verdünnung der Knochenränder und Einschaltung von Wormschen Schaltknochen wird bei kraniosynostotischen Schädeln nicht beobachtet. Von der Obliteration ist meist nur eine Naht, am häufigsten die Kranznaht, betroffen. Seltener sind gleichzeitig mehrere Nähte verwachsen. Oft macht sich das Bestreben des Schädelinhaltes, den Schädel auszudehnen, in sehr auffälliger Weise dadurch bemerkbar, daß nachgiebigere Stellen des Schädels, wie z. B. die große Fontanelle oder die dünne Schläfenschuppe, mächtig nach außen vorgewölbt erscheinen, so zwar, daß sie am Lebenden den Eindruck umschriebener Geschwulstbildung des Knochens hervorrufen können. An den vorgetriebenen Stellen des Schädels kann der Druck des Gehirns zur Dehiszenz der Schädelwand führen. Auch im Bereich der Schädelbasis pflegen hochgradige Deformationen und Verdünnungen der Wände vorhanden zu sein.

Die durchschnittliche Dicke des kraniosynostotischen Schädels ist meist geringer als normal; jedoch können diese Schädel auch im Bereich einzelner Partien (Stirn- und Scheitelbein) eine auffällig dicke Wand aufweisen.

Die durch prämatüre Nahtsynostose deformierten Schädel, deren Typen Virchow zuerst in systematischer Weise beschrieb, nachdem er das Gesetz ihrer Entstehung aufgedeckt hatte, haben seit jeher durch ihre bizarre Gestalt Interesse erregt; indes wurde ihre klinische Bedeutung nicht entsprechend

gewürdigt. Man war vielmehr geneigt, die Kraniostenose selbst als bedeutungslos anzusehen und die dabei etwa vorhandenen klinischen Symptome als Ausdruck derjenigen zerebralen und meningealen Erkrankung zu betrachten, welche man als Ursache der prämaturnen Nahtsynostose anzunehmen sich bemüht glaubte. Erst in neuerer Zeit häuften sich die Beobachtungen, welche keinen Zweifel darüber aufkommen lassen, daß das Moment der Schädelverengerung und die dadurch erzeugte Pressung des Hirns, bzw. die Verdrängung, Zerrung und Quetschung einzelner Hirnteile, insbesondere der Hirnnerven, die Ursache schwerer zerebraler Symptomenbilder abgibt. Nicht selten ist die Kraniostenose die Ursache plötzlichen, bei jugendlichen Individuen im Anschluß an eine geringfügige Veranlassung, ein leichtes Fieber oder Kopftrauma eintretenden Todes (Kolisko).

Nach Weinnoldt sind die Träger von Kraniostenosen zur Erkrankung an tuberkulöser Meningitis besonders disponiert.

Die durch prämaturne Nahtsynostose hervorgerufene Gestaltsveränderung und Raumbegrenzung des Schädels ist recht variabel und daher ist auch die Intensität der klinischen Symptome und der Zeitpunkt ihres Eintrittes ziemlich regellos. Meist ist die Difformität des Schädels schon bei der Geburt erkennbar, um dann mit fortschreitendem Wachstum noch deutlicher zu werden. Nicht selten aber ist die Deformierung so geringfügig, daß sie ungeübten Beobachtern völlig entgeht.

Die zerebralen Symptome bei Kraniostenose bestehen in anfallsweise auftretendem Kopfschmerz, epileptischen Attacken, psychischen Anomalien, vegetativen Störungen (wahrscheinlich als Ausdruck einer Hypophysenaffektion, Goldstein) und Ausfallserscheinungen von seiten der Sinnesorgane, insbesondere der Augen.

Am häufigsten treten die zerebralen Symptome schon in früher Kindheit in die Erscheinung. Aber auch nach dem Abschluß des Wachstums, selbst im 3.—5. Dezennium, können gelegentlich die ersten krankhaften Erscheinungen sich einstellen, eventuell im Anschluß an ein Kopftrauma. Andererseits sei darauf hingewiesen, daß die schon im Uterus bestehende Deformierung des Schädels die Veranlassung abnormer Kindeslagen und von Komplikationen während des Geburtsaktes bilden kann. Anatomische Untersuchungen der Gehirne kraniostenotischer Schädel liegen bereits in größerer Zahl vor (Marchand, Patry, Vorschütz, Agostini, Herzog, Weinnoldt).

Die Röntgenuntersuchung hat wesentlich zur Ausgestaltung der in den letzten Jahren neu fundierten Lehren über die Kraniostenose beigetragen (Schüller, Anton, Bertolotti, Mehner). Das Röntgenbild gibt Aufschluß darüber, ob eine prämaturne Nahtsynostose besteht und welche Nähte davon betroffen sind, es zeigt die Verstärkung der Joga und die Vertiefung der Impressiones digitatae (als Ausdruck des Mißverhältnisses zwischen Schädel und Hirn). Das Röntgenogramm allein gestattet in vielen Fällen die sichere Unterscheidung der Kraniostenose von anderweitigen zur intrakraniellen Drucksteigerung führenden Prozessen (Hirntumor, Hydrokephalie), gegenüber der durch Kleinheit des Gehirns bedingten Mikrokephalie, endlich gegenüber künstlich deformierten Schädeln, bei welchen alle Nähte erhalten sind.

Vom klinischen Standpunkt aus unterscheidet man gegenwärtig meist bloß die folgenden drei Grundtypen von Schäeldifformität infolge prämaturner Nahtsynostose:

1. Die Turmschädel (Turrikephalie), das sind die kurzen, dabei breiten, abnorm hohen Schädel.
2. Die Kahnschädel (Skaphokephalie), das sind die abnorm langen und schmalen Schädel.
3. Die Schiefköpfe (Plagiokephalie), das sind die asymmetrisch synostosierten Schädel.

Mit Rücksicht auf die Häufigkeit des Vorkommens und die Schwere der Symptome sei der als Turmschädel bezeichnete Typus hier eingehender gewürdigt.

Turrikephalie.

Der Turmschädel ist die häufigste Form der Kraniosynostose. Die Bezeichnung „Turmschädel“ ist der gegenwärtig fast allgemein übliche Sammelname für jene prämaturne synostosierte Schädel, deren abnorme Höhenentwicklung besonders in die Augen fällt im Gegensatz zur Ausdehnung in der Längsrichtung. Die abnorme Höhenentwicklung kommt dadurch zustande, daß der Schädel, infolge von prämaturner Obliteration der frontal verlaufenden Nähte und Fugen am Wachstum in der sagittalen Richtung behindert, genötigt ist, mit Hilfe der sagittal verlaufenden Nähte übermäßig in die Höhe (und meist auch in die Breite) sich auszudehnen. Am häufigsten liegt eine Synostose der Koronarnaht vor, doch beobachtet man gelegentlich auch ausgesprochene Turrikephalie bei Synostose der Pfeilnaht. Eine turrikephale, nicht durch Rasseneigentümlichkeit erzeugte Schädelform kann auch trotz Vorhandenseins aller Nähte zur Ausbildung kommen.

Da zumeist das kompensatorische Wachstum in den offenen Nähten nicht ausreicht, so sucht sich das wachsende Gehirn in der Weise Raum zu schaffen, daß es die nachgiebigen und dünnen Partien der Schädelwand in umschriebener Weise vorwölbt. So ist die große Fontanelle beim turrikephalen Säugling meist sehr groß und vorgewölbt, auch später findet sich meist eine buckelartige Vorwölbung des Bregma entsprechend der Gegend der großen Fontanelle sowie eine stärkere Vortreibung der Schläfegegend entsprechend der dünnen und nachgiebigen Schläfeschuppe. Außerdem werden die Schädelgruben beträchtlich basalwärts vorgebaucht und überdies tritt eine Verdünnung der ganzen Innenfläche in Form verstärkter Impressiones digitatae ein, insbesondere im Bereich der Stirngegend, der vorderen und der mittleren Schädelgrube. Da der Schädel in toto meist dünn ist, können die vertieften Impressiones stellenweise zu völliger Dehiscenz der Schädelwand führen. Auch an der Außenseite des Schädels kann die Modellierung der Windungen erkennbar sein, zumal im Bereich der Schläfegegend. Die Pacchionischen Gruben und die Gefäßfurchen der Schädelinnenfläche sind zuweilen vertieft, ausnahmsweise so stark, daß Perforation der Wand eintritt.

Seltener, und zwar nur bei erwachsenen Individuen, zeigt das Schädeldach eine auffallend dicke Wandung, insbesondere am Scheitel- und Stirnbein (hyperostotischer Turmschädel). Eine besondere Verunstaltung tritt zuweilen durch osteomartige Verdickung im Bereich einzelner Partien des Schädeldaches in Erscheinung. Sie betrifft meist die Gegend der Tubera frontalia und kann auch vorwiegend unilateral ausgeprägt sein. Leichtere Grade dieser Deformität finden sich selten bei der hyperostotischen Form des Turmschädels.

Schon die äußere Besichtigung läßt, wie nach dem Gesagten verständlich ist, mehrere Varianten der als Turmschädel bezeichneten Schädeldeformität unterscheiden. Der häufigste Typus ist derjenige, bei welchem das Kranium einen annähernd kreisförmigen Horizontalumfang aufweist; die Stirne ist hierbei hoch und steigt steil empor, die Scheitelgegend ist breit oder seltener zugespitzt (oxykephal). Der zweite Typus des Turmschädels ähnelt dem mikrokephalen Schädel. Das Kranium zeigt rundliche Form bei annähernd gleichförmiger Ausdehnung in allen Durchmessern; durch die rückfliehende Gestaltung der Stirngegend kann der Eindruck der Mikrokephalie noch vermehrt sein. Der dritte Typus ist dadurch gekennzeichnet, daß bei besonders geringer Längenausdehnung die Höhen- und vor allem die Breiten-

entwicklung des Schädeldaches in auffälliger Weise zur Geltung kommt. Hierbei können die Schläfegegenden so stark ausladen, daß der Horizontalschnitt des Schädels eine kartenherzförmige Gestalt (mit nach hinten gewendeter Spitze) annimmt.

Ein charakteristisches Detail im Habitus der Träger von Turmschädeln ist die Prominenz der Augen, welche dadurch zustande kommt, daß infolge Vorbauchung der mittleren Schädelgrube, insbesondere ihrer vorderen, vom großen Keilbeinflügel gebildeten nachgiebigen Wand, die hintere Wand der Orbita vorgewölbt und somit die Orbita verkürzt wird.

Auch das Nasengerüst zeigt zuweilen eine eigentümliche Beschaffenheit; erwähnenswert scheint insbesondere eine häufig vorkommende Verkrümmung der Nasenscheidewand, die sich daraus erklären läßt, daß die beiden Ansatzstellen der Nasenscheidewand, die untere, von dem stark gewölbten Gaumen, und die obere, von der stark basalwärts vorgebauchten Schädelbasis gebildete, einander abnorm genähert sind. Auffällig oft beobachtet man große, stark vorstehende Nasen bei Trägern von Turmschädeln. Die Konfiguration des Nasengerüsts bei Turmschädel scheint nach unseren Beobachtungen eine Disposition für Erkrankungen der Nasennebenhöhlen zu schaffen. Auch die Form und Stellung der Kiefer und Zähne ist oft abnorm.

Mit einigen Worten muß noch wichtiger Details im Bereich der Schädelbasis gedacht werden. Auch sie nimmt an der mangelhaften Längenausdehnung des Schädels teil. Besonders ausgesprochen erscheint die Verkürzung und Verkrümmung des Bodens der vorderen Schädelgrube. Die kleinen Keilbeinflügel, welche normalerweise von der Mitte aus in der Ebene des Planum sphenoidale (id est in horizontaler Richtung) lateral verlaufen, zeigen einen steil nach außen oben gerichteten Anstieg. Dementsprechend ist meist auch die Lage und Richtung des Canalis opticus und der Fissura orbitalis superior eine abnorme: durch den nach aufwärts gerichteten Verlauf des kleinen Keilbeinflügels, zwischen dessen beiden Wurzeln der Canalis opticus liegt, kann eine Knickung desselben oder eine Verengerung seines Lumens bewirkt sein; die Fissura orbitalis superior ist meist schmal und kurz. Die Lamina cribrosa ist stark nach abwärts gedrängt und verdünnt, so daß es gelegentlich an dieser Stelle zur Usur, zu Liquorausfluß in die Nase kommen kann. Die Konfiguration der Sella turcica kann normal sein. Zuweilen ist die Hypophysengrube in mäßigem Grade erweitert und das Dorsum sellae verdünnt, wohl infolge der allgemeinen Hirndrucksteigerung; doch gehören höhere Grade von Sella-Usur zu den Seltenheiten und sind wohl auf das gleichzeitige Vorhandensein eines Hydrocephalus internus oder eines Hirntumors zu beziehen. Nicht selten ist der Sulcus chiasmatis auffallend stark ausgeprägt. Die mittlere Schädelgrube ist häufig tief herabgedrängt, so daß sie im Niveau der hinteren Schädelgrube liegt (Bertolotti). Letztere kann gleichfalls stark gehöhlt sein.

Die beschriebenen osteologischen Eigentümlichkeiten des Turmschädels reichen vollkommen aus, um die bei dieser Schädeldeformität beobachteten klinischen Symptome zu erklären. Die Träger eines Turmschädels können zeitlebens beschwerdefrei sein; häufig aber treten klinische Symptome verschiedener Art auf, insbesondere zerebrale und okuläre. Die letzteren bestehen, wenn wir vom Exophthalmus absehen, meist in Veränderungen seitens des Sehnerven (Enslin, Uthoff). Die Erkrankung des Sehnerven kann bereits in frühester Kindheit auftreten und dann im Laufe der Jugendjahre zu völliger Erblindung führen, sie kann aber auch erst im späteren Leben einsetzen. Die Störungen des Sehnerven erklären sich teils aus den osteologischen Besonderheiten der Schädelbasis, welche einen ungünstigen Verlauf des Sehnerven,

dessen Abknickung oder Einschnürung bewirken (Mohr), teils aus der durch die Kraniostenose bedingten Hirndrucksteigerung. Behr nimmt an, daß der Sehnerv durch den Druck der infolge der Schädelbasis-Verkürzung abnorm gewunden verlaufenden Arteria carotis geschädigt werde. Zuweilen sind die okulären Erscheinungen nur einseitig ausgeprägt, offenbar entsprechend asymmetrischer Konfiguration der Schädelbasis. Außer den Sehnerven findet man auch andere Teile des Auges manchmal erkrankt. Gelegentlich beobachteten wir chorioiditische Veränderungen und Katarakt. Für die Häufigkeit des Turmschädels und seine Bedeutung für das Sehorgan spricht die Tatsache, daß unter den Insassen von Blindeninstituten mehr als die Hälfte Träger von Turmschädeln sind.

Von seiten der anderen Sinnesorgane sind nur selten Störungen nachweisbar. Ein von Marchand mitgeteilter Fall bietet ein Beispiel dafür, daß Störungen des Geruches in manchen Fällen sich einstellen können; der Tractus olfactorius war durch den Hirndruck gegen die scharfe Kante des Limbus sphenoidalis angepreßt und von dieser durchschnitten worden. Wir selbst hatten Gelegenheit, Fälle von Menière und taubstumme Kinder mit Turmschädel zu beobachten; eines zeigte ebenso wie seine Mutter die Kombination von Turmschädel mit abnorm großen Foramina parietalia (Neurath). Auch Atresie des Ohres wurde gelegentlich mit Turmschädel kombiniert angetroffen.

Nächst den okulären Symptomen spielen Kopfschmerzen im klinischen Bilde des Turmschädels die wichtigste Rolle. Dieselben treten meist anfallsweise auf und haben häufig einen ausgesprochen migräneartigen Charakter (Schüller); sie stellen sich gleichfalls bereits im frühesten Kindesalter ein, so zwar, daß bei der Seltenheit anderweitiger Migräneätiologie im frühen Kindesalter stets in erster Reihe an das Vorhandensein von Kraniostenose gedacht werden muß.

Außer den bisher beschriebenen Symptomen kommen, worauf Benedikt zuerst hingewiesen hat, epileptische und epileptiforme Anfälle bei Trägern von Turmschädeln zur Beobachtung, gleichfalls bereits in der ersten Kindheit. Das anfallsähnliche Auftreten der zerebralen Symptome ist ein Charakteristikum der Hirnbeugung beim Turmschädel; es braucht wohl nicht, wie dies seitens mehrerer Autoren (Vorschütz, Kocpczynski) geschah, auf Anfälle von Meningitis oder Hydrocephalus acutus zurückgeführt zu werden. Naturgemäß kann die Schädelverengung zu einer Pressung des Zerebellum gegen den Wirbelkanal und auf diese Weise zu Hydrocephalus internus führen (zerebellare Inkarzeration).

Die mit Turmschädel behafteten Individuen zeigen im Gegensatz zu den mikrokephalen meist gute Intelligenz. Dagegen scheinen bei ihnen psychische Störungen nicht allzu selten sich einzustellen.

Die Röntgenuntersuchung hat, wie bereits erwähnt, zur Klärung der Anschauungen über die Pathogenese der als Turmschädel bezeichneten Difformität sowie zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die klinische Stellung dieser Anomalie einen wesentlichen Beitrag geliefert. Im Einzelfalle gestattet die Röntgenuntersuchung die Darstellung der charakteristischen Formdetails, den Nachweis der Nahtsynostose sowie der Usur der Schädelinnenfläche und hiermit die Unterscheidung der Kraniostenose

1. gegenüber der Mikrokephalie, bei welcher letzterer zwar auch Schädelkleinheit besteht, aber die Nähte meist erhalten sind und die Schädelinnenfläche eher verdickt als usuriert erscheint;
2. gegenüber der durch Hirntumor oder Hydrokephalie bedingten intrakraniellen Drucksteigerung, wo die Nahtstellen nicht bloß nicht obliteriert, sondern meist erweitert sind;

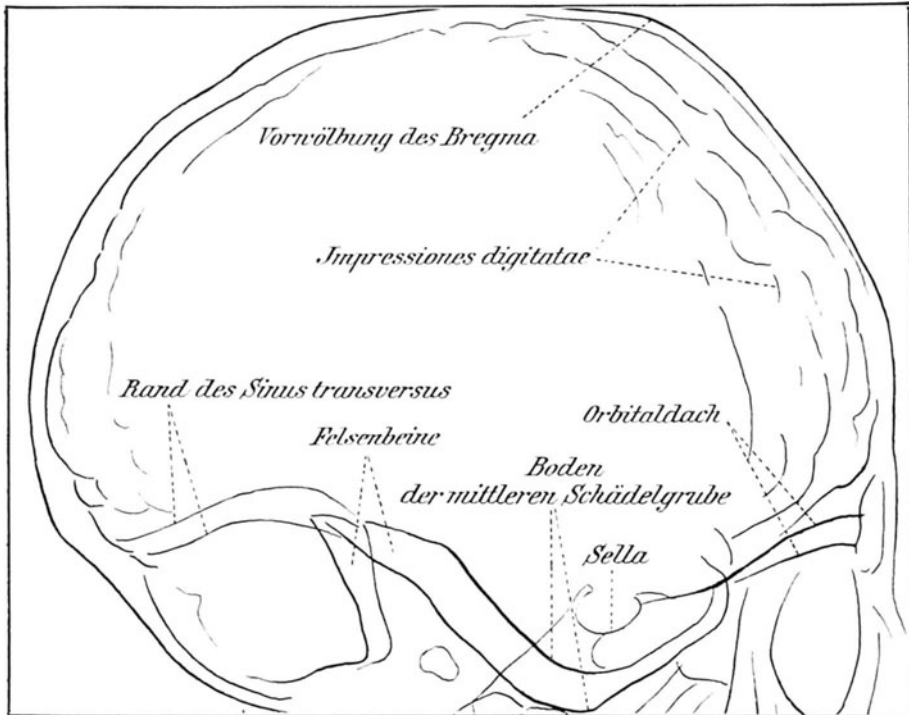
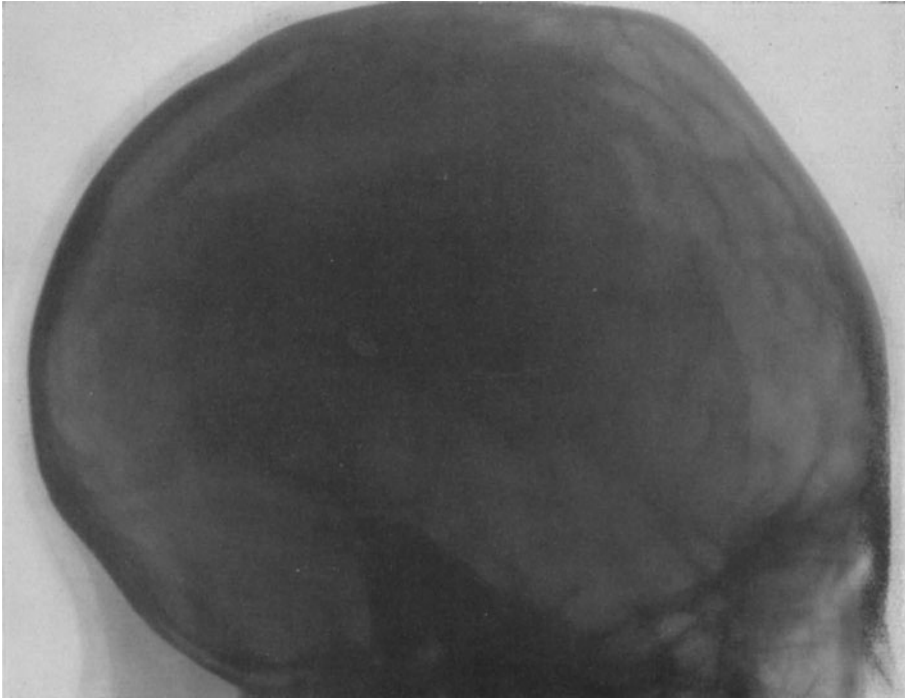


Abb. 4. Profilaufnahme eines Falles von Turmschädel bei einem 14jährigen Knaben. 3

3. gegenüber dem durch exzentrische Hyperostose des Kranium vorgetäuschten (Pseudo-)Turmschädel;
4. gegenüber der als Rasseeigentümlichkeit vorkommenden Hyperbrachykephalie (z. B. bei Türken- oder Armenierschädeln).

Selbst in jenen Fällen, wo die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Turmschädeldifformität am Kranium nicht deutlich ausgeprägt sind, weist das Röntgenbild gelegentlich die kraniostenotische Beschaffenheit der Schädelbasis nach (Verkürzung und Vertiefung der Schädelgruben, steilen Anstieg der Alae minores, Verkürzung der Fissura orbitalis superior). Insbesondere hat Bertolotti auf die Möglichkeit hingewiesen, in Fällen von Sehstörungen unbekannter Ätiologie mit Hilfe der Röntgenuntersuchung Formveränderungen an der Schädelbasis nachzuweisen, die auf Nahtsynostose der basalen Schädelteile zurückzuführen sind.

Das Ergebnis der Röntgenuntersuchung ist auch für die Frage der Therapie von Bedeutung. Die gelegentlich bei Turmschädel mit Erfolg geübte Palliativtrepanation soll im Einzelfalle nur dann ausgeführt werden, wenn das Röntgenbild hinreichende Anhaltspunkte für die Existenz eines Mißverhältnisses zwischen Hirn und Schädel ergibt; denn bei Schädelkleinheit infolge von mangelhafter Ausbildung des Gehirns ist jeder operative Eingriff, selbst die von Lannelongue empfohlene zirkuläre Abhebung des Schädeldaches, erfolglos. Das Röntgenbild kann auch zu Rate gezogen werden für die Entscheidung der Frage, ob die von Schloffer empfohlene Resektion der Wand des Canalis opticus (Kanaloperation) oder die von Schüller empfohlene sellare Palliativtrepanation indiziert sein dürfte. Für die Schloffersche Operation scheinen Fälle von abnormer Enge und abnormem Verlauf des Canalis opticus, für die sellare Palliativtrepanation Fälle mit Usur der Sella und besonders solche mit Vertiefung des Suleus chiasmatis in Betracht zu kommen. Endlich gibt die encephalographische Untersuchung (nach der Methode von Dandy) einen Anhaltspunkt für die Entscheidung der Frage, ob die Kraniostenose mit Hydrocephalus internus kombiniert ist. Für den letzteren Fall kommt nämlich auch die Ventrikeldrainage (Balkenstich) in Betracht (Anton).

Unter den in den letzten Jahren erschienenen Publikationen über Turmschädel seien noch die Arbeiten von Charon, Jewesbury, Lantuéjoul, Rieping, Thoma, Weygandt erwähnt.

Das auf Abb. 4 reproduzierte Röntgenogramm des Turmschädels eines 14jährigen Knaben läßt die verschiedenen morphologischen Eigentümlichkeiten der Turrikephalie deutlich erkennen, insbesondere die Steilheit der Stirn, die Prominenz des Bregma, die Verkürzung der Schädelbasis, die Herabdrängung der mittleren Schädelgrube, die Vertiefung der Impressiones digitatae und des Sinus venosus transversus.

Die Abb. 5 und 6 illustrieren einen typischen Fall von hyperostotischem Turmschädel bei einer 28jährigen Frau. Die Schwester der Patientin zeigte dieselbe Schädelverbildung.

Der Patient, dessen oxykephaler Schädel in Abb. 7 dargestellt ist, machte die Angabe, daß seine Beschwerden (Kopfschmerzen, Sehstörung, ataktischer Gang) sich erst im Anschluß an ein im 50. Lebensjahre erlittenes Kopftrauma eingestellt haben.

Skaphokephalie, Plagiokephalie.

Die skaphokephalen (Kahn-) Schädel sind durch übermäßige Längenausdehnung bei geringer Breitenentwicklung charakterisiert. Am häufigsten kommt diese Schädeldifformität durch prämatüre Synostose der Pfeilnaht

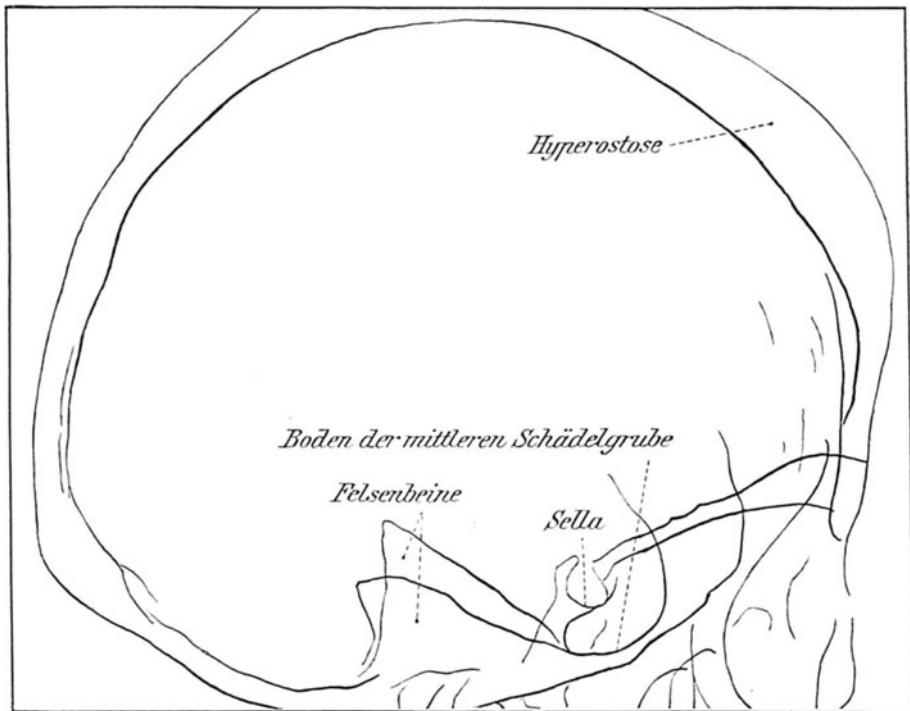
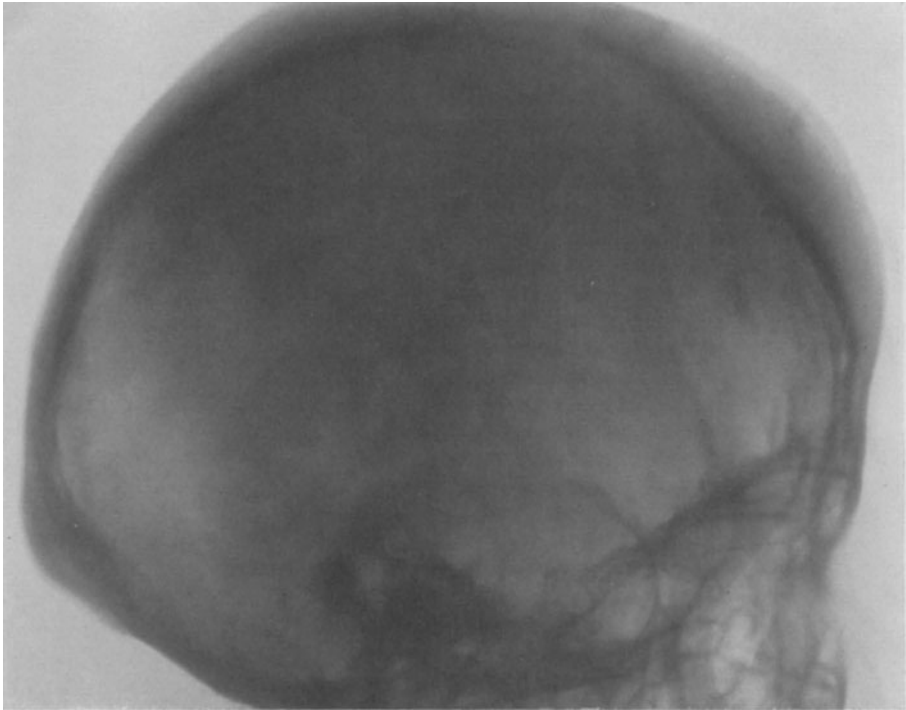


Abb. 5. Profilaufnahme eines Falles von hyperostotischem Turmschädel.

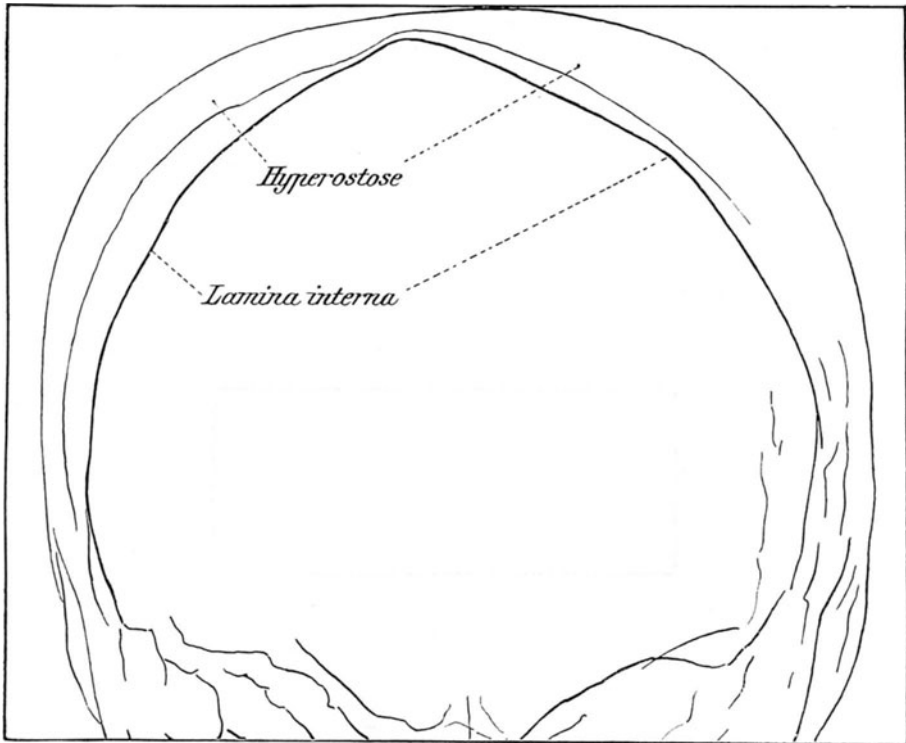
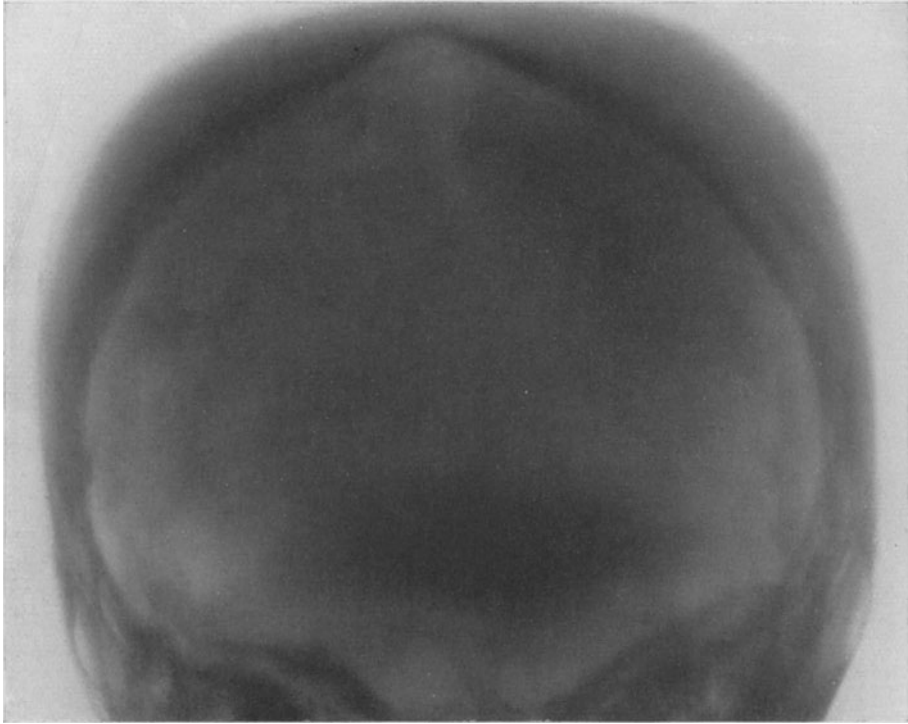


Abb. 6. Anteroposteriore Aufnahme desselben Falles wie in Abb. 5.

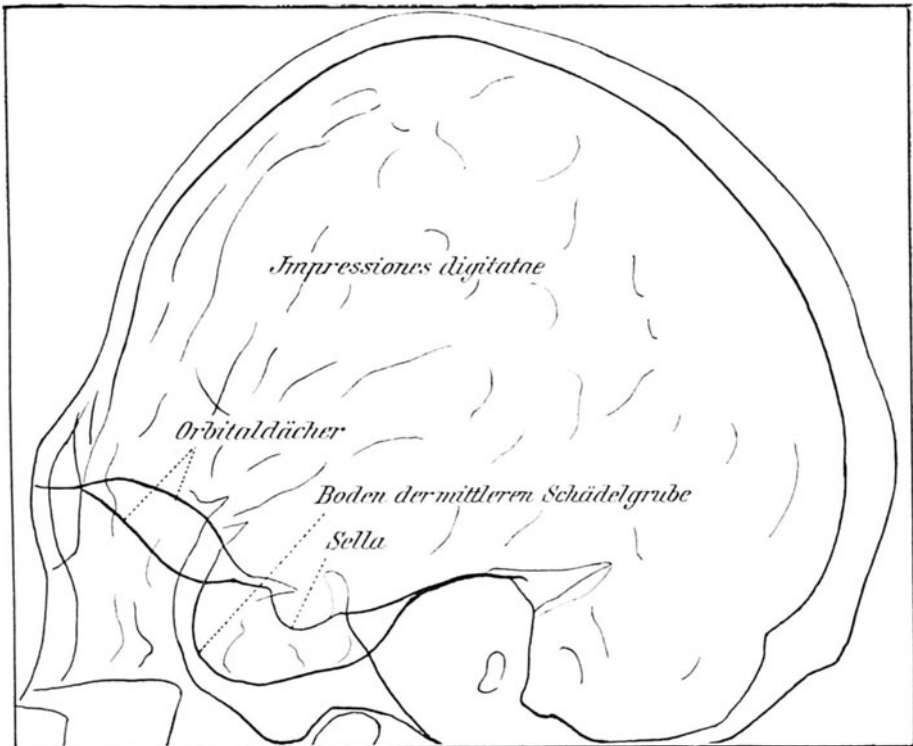
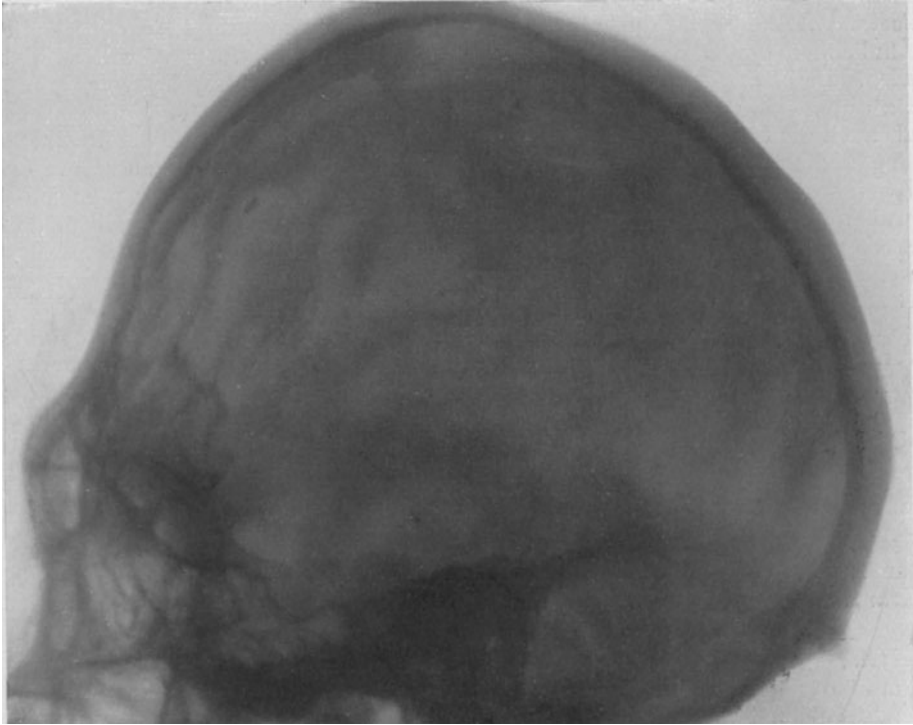


Abb. 7. Profilaufnahme des „Turmschädels“ eines 45jährigen Mannes.

zustande. Die Stelle derselben pflegt keilförmig vorzuspringen, wodurch die Ähnlichkeit der Gestalt des Schädeldaches mit der Kahnform vervollständigt wird. Die Stirn- und Hinterhauptgegend ist meist halbkugelig vorgewölbt. Da durch die Pfeilnahtsynostose sowohl die Krümmung in der Frontalebene als auch die in der Sagittalebene fixiert ist, pflegt vor und hinter der Pfeilnaht eine stufenartige Erhöhung der Schädelkrümmung vorhanden zu sein. Im Bereich der Schädelbasis fällt die Schmalheit und Verlängerung der Schädelgruben auf. Die Skaphocephalie kommt weit seltener vor als die Turrikephalie. Auch pflegen die Zeichen eines Mißverhältnisses zwischen Gehirn und Schädel weniger ausgeprägt zu sein. Die Impressiones digitatae sind nur in geringem Grade verstärkt. Dementsprechend sind auch klinische Symptome bei Kahn-schädeln selten in nennenswertem Grade vorhanden. Treten deutliche Symptome von Hirndrucksteigerung auf, dann ist stets an das Vorhandensein einer anderweitigen zerebralen Erkrankung (Tumor, Hydrokephalus) zu denken.

In einem von uns beobachteten Falle typischer Skaphocephalie bei einem 10jährigen Mädchen zeigte das Röntgenbild außer Obliteration der Pfeilnaht eine Dehnung der übrigen Nähte und hochgradige Verstärkung der Impressiones digitatae. Die Obduktion bestätigte den Röntgenbefund und deckte das Vorhandensein eines hochgradigen Hydrokephalus internus infolge von Tuberkel des Kleinhirns auf.

Ausgeprägte Skaphocephalie kann auch trotz Vorhandenseins aller Nähte zur Ausbildung kommen. Ausnahmsweise findet sich eine Obliteration der Kranznaht bei Skaphocephalie. —

Als Plagiokephalie bezeichnet man jene Formen von Schädelasymmetrie, welche durch Nahtsynostose einer Schädelhälfte zustande kommen. Am häufigsten begegnet man einseitiger Synostose der Kranznaht. Die betreffende Schädelhälfte bleibt im Wachstum zurück, die kompensatorische Ausdehnung findet entweder in der Längsrichtung statt (plagiokephaler Langschädel) oder in der Höhenrichtung (plagiokephaler Hochschädel). Leichte Grade von Asymmetrie finden sich übrigens häufig bei Turri- und Skaphocephalie. Die Symptome der Schädelverengerung sind auch bei den plagiokephalen Schädeln meist nur in geringem Grade vorhanden.

Abgesehen von der kraniostenotischen Plagiokephalie gibt es noch andere Schädelasymmetrien mannigfaltiger Art, so die außerordentlich häufige Rhombokcephalie, welche von Zuckerkandl auf die während der Geburt erfolgende Verschiebung der beiden Schädelhälften zurückgeführt wird, ferner die Asymmetrie bei Skoliose der Halswirbelsäule (Frosch), bei Mikro- und Hydrokephalie mit zerebraler Kinderlähmung einer Körperhälfte, bei Hemi-atrophie und Hemi-hypertrophie, endlich die bei Lähmung der am Kopf inserierenden Muskeln und bei Geschwülsten, bzw. Schrumpfungen der Weichteile des Schädels auftretenden Formveränderungen des Schädel skelettes.

Alle die aufgezählten Schädeldeformitäten haben klinisch keine wesentliche Bedeutung, abgesehen von der durch sie hervorgerufenen Entstellung und gelegentlichen Störungen von seiten der Nase und Zähne. Mit Hilfe des Röntgenbildes lassen sich die charakteristischen Deformitäten der skaphocephalen, plagiokephalen und asymmetrischen Schädel sowie die Nähte, die Beschaffenheit der Innenfläche und der Schädelbasis instruktiv darstellen.

Hydrokephalie.

Die überwiegende Mehrheit aller abnorm großen Schädel sind hydrokephale Schädel, d. h. durch eine angeborene oder in der Kindheit entstandene Ansammlung abnormer Menge des Liquor cerebrospinalis (Hydrenkephalie) hervorgerufen.

Virchow unterschied von den hydrokephalen Schädeln die Kephhalonen, d. h. jene abnorm großen Schädel, welche durch Hypertrophia cerebri erzeugt sind. Hierbei ist das Gehirn nur selten von normaler Struktur und Funktion (Cuviers Gehirn z. B. wog 1800 g); meist ist das hypertrophische Gehirn pathologisch. Danach unterschied Virchow normale und pathologische Kephhalonen. Letztere sollen eine verkürzte Schädelbasis haben wie die hydrokephalen Schädel, während bei den normalen Kephhalonen die Schädelbasis mit dem Gehirn regelmäßig fortwächst. Die Beschaffenheit der Schädelinnenfläche von Kephhalonen wechselt; bald ist der Schädel von normaler Dicke, seine Innenfläche glatt, bald verdünnt, mit verstärkten Impressionen und erhöhten Joga an der Innenfläche versehen, bald wieder verdickt. Zerebrale Symptome am Lebenden sind häufig vorhanden: epileptoide Zustände, psychische Störungen (Volland). Die Hypertrophia cerebri stellt meist ein angeborenes Leiden dar, das häufig mit Aplasie (Tuberkulose) der Nebennieren und mit Persistenz der Thymus (Status thymolymphaticus) verknüpft ist (Anton, Ehrlich).

Die häufigste und zu den höchsten Graden führende Form von Schädelvergrößerung ist die durch Hydrokephalie verursachte.

Die charakteristische Eigentümlichkeit des hydrokephalen Schädels besteht nicht bloß in abnormer Größe des Schädels, vielmehr ist auch die Form des Schädels verändert, indem sich das Kranium der Kugelform nähert. Die resistenter Basis des Schädels leistet der Formveränderung meist größeren Widerstand als das nachgiebigere Schädeldach und zeigt sich daher weniger verändert. Indes sind die Orbitaldächer als der nachgiebigste Teil der Basis abgeflacht, selbst konkav gehöhlt, die Sella turcica erscheint öfters flach erweitert, seltener vertieft, die hintere Schädelgrube zeigt gelegentlich eine starke basale Ausbuchtung; das Hinterhauptloch kann beträchtlich erweitert sein. Der Gesichtsteil des Schädels bleibt von der Veränderung ausgeschaltet und tritt im Kontrast zum großen Kranium meist auffallend zurück.

Solange die Ursache der hydrokephalischen Vergrößerung andauert, ist der Schädel meist dünner als normal, die Nahtstellen sind erweitert, ihre Ränder nachgiebig; auch können innerhalb des Schädelknochens Ossifikationsdefekte vorhanden sein. Die Innenfläche der hydrokephalen Schädel bleibt meist glatt; indes kommt es zuweilen auch zu starker Ausprägung der Impressiones digitatae und zwar dann, wenn die Vergrößerung des Schädels mit der Zunahme des Inhaltes nicht gleichen Schritt halten kann oder wenn nach Stillstand der hydrokephalen Flüssigkeitsansammlung eine Synostose der Nähte eingetreten ist, die dann bei neuerlicher Zunahme der Hydrokephalie eine Ausdehnung des Schädels verhindert.

Die Ausheilung der Hydrokephalie erfolgt in der Form, daß die häutigen Knochenränder und Fontanellen ossifizieren und daß die Wand sich verdickt. Hierbei bilden sich innerhalb der häutigen Partien öfters knöcherne Inseln, von denen aus die Ossifikation ihren Ursprung nimmt. Solche Knocheninseln nennt man bekanntlich Schaltknochen oder Wormsche Knochen. Die Prädiaktionsstelle derartiger Schaltknochenbildung ist die Lambda-Naht, wo schon de norma Schaltknochen vorkommen.

Eine durch übermäßige Schaltknochenwucherung in der Lambda-Naht zustande kommende Schädeldifformität bezeichnet man als Bathrokephalie (Merkel). Die bathrokephalen Schädel (Bathron = die Stufe) zeigen eine starke Ausbauchung der Hinterhauptsschuppe, die in der Lambda-Naht einen stufenförmigen Übergang zu den Scheitelbeinen zeigt. Das entgegengesetzte Ende des Os occipitale, die Pars basilaris, prominert zuweilen abnorm weit gegen das Cavum cranii (basilare Impression).

Je nach der Ätiologie variiert die Größe, die Form und die Wandbeschaffenheit des hydrokephalen Schädels. Der angeborene Hydrokephalus pflegt die größten Dimensionen anzunehmen. Unter den erworbenen Hydrokephalien sind die nach Meningitis cerebrospinalis oder serosa auftretenden sowie die eine Herderkrankung des Gehirns (Enkephalitis, Hirntumor) begleitenden Formen die umfangreichsten; die Schädelgruben sind langgestreckt und flach gekrümmt. Dagegen ist der syphilitische Wasserkopf durch geringe Umfangszunahme charakterisiert, ferner durch Verkürzung der Schädelbasis, die sich meist schon äußerlich durch die bekannte Sattelnase zu erkennen gibt. Der rachitische Wasserkopf hat quadratische Form wegen der Auflagerung von Knochen entsprechend den vier Tubera; seine Basis zeigt öfters die als Kyphose bezeichnete Formanomalie.

Nicht immer ist der Hydrokephalus symmetrisch ausgebildet: zuweilen ist bloß die eine Schädelhälfte vergrößert oder es tritt eine der beiden Hälften oder ein Segment des Schädels auffallend hervor.

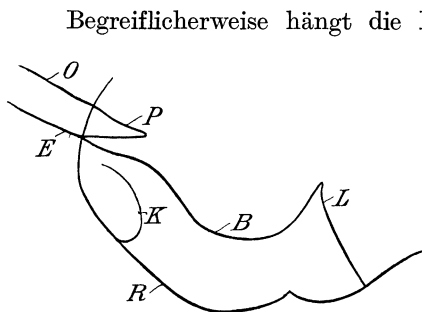


Abb. 8. Skizze der Sella-Usur bei Hydrokephalie. Dorsum (L) und Proc. clinoid. ant. (P) zugespitzt.

Begreiflicherweise hängt die Form und Größe des Hydrokephalus im allgemeinen von dem Zeitpunkte seiner Entstehung ab. Je früher er eintritt, desto umfangreicher pflegt er zu sein.

Klinische Bilder, die bei der hydrokephalen Schädelvergrößerung zur Beobachtung kommen, sind: Epilepsie, Idiotie, Psychosen, zerebrale Kinderlähmung, Kephalea, vegetative Störungen (Dysgenitalismus, Fettsucht), ferner das Symptomenbild der Hirngeschwulst oder der infantilen progressiven Paralyse. Die Hydrokephalie stellt eine nicht selten schon während des Geburtsaktes das Leben bedrohende Affektion dar.

Die röntgenologische Untersuchung der hydrokephalen Schädel ermöglicht:

1. eine instruktive Darstellung der Größen- und Formverhältnisse des Schädelskelettes sowie von Änderungen derselben im Laufe größerer Zeiträume;
2. eine genaue Bestimmung der Form und Details der Schädelbasis, insbesondere auch der für die Beurteilung der klinischen Symptome (Adipositas) wichtigen Beschaffenheit der Sella turcica; die nicht selten zu beobachtende Erweiterung derselben kann verschiedene Formen annehmen: entweder besteht eine gleichmäßige Vergrößerung aller ihrer Durchmesser oder eine flachschüsselförmige Ausweitung ihres Einganges (Abb. 8);
3. die Feststellung der Beschaffenheit der Nähte (Obliteration, Erweiterung, Einlagerung von Schaltknochen);
4. die Konstatierung der Dicke und Dichte des Knochens im allgemeinen und eventueller Verschiedenheit der beiden Schädelhälften;
5. die Bestimmung der Beschaffenheit der Schädellinnenfläche (Impressiones, Juga).

Mit Hilfe der pneumographischen Methode gelingt es zumeist, das Vorhandensein, den Grad und die Lokalisation der hydrokephalen Flüssigkeitsansammlung festzustellen (siehe Kapitel „Pneumographie“).

Auf Grund der röntgenographischen Ergebnisse sind wir oftmals imstande, Anhaltspunkte zu bekommen für die Ätiologie der Hydrokephalie im Einzelfalle (Unterscheidung des syphilitischen, rachitischen und des durch meningeale oder zerebrale Erkrankungen erzeugten kongenitalen bzw. erworbenen Hydrokephalus), ferner die Differentialdiagnose zwischen den durch Schädelverdickung (Pagetsche Erkrankung, Akromegalie) erzeugten sowie den infolge abnormer Nachgiebigkeit der Schädelwand (bei Rachitis, Osteomalacie, Dysostose, Mikromelie, Osteogenesis imperfecta, Tumordinfiltration) entstehenden Schädelvergrößerungen einerseits und der durch intrakranielle Ursachen hervorgerufenen Schädelvergrößerung andererseits zu stellen, um schließlich ein Urteil über jene Details zu gewinnen, welche für den Chirurgen vor der Ausführung operativer Eingriffe (Hirnpunktion, Balkenstich, Subokzipitalstich, temporale oder sellare Palliativtrepanation) wissenswert sind (Tandler-Ranzi). Gelegentlich dürfte es gelingen, mit Hilfe der Röntgenstrahlen auch den fötalen Hydrokephalus innerhalb des Uterus zu diagnostizieren.

III. Wachstumsstörungen des Schädels bei Systemerkrankungen des Skelettes.

In diese Gruppe reihen wir jene in der Wachstumsperiode entstandenen Form- und Größenanomalien des Schädels ein, welche Teilerscheinung allgemeiner Skeletterkrankung (Kretinismus, mongoloide Idiotie, Chondrodystrophie, Osteogenesis imperfecta, Dysostose cleidocranienne, Rachitis, Zwerg- und Riesenwuchs) sind. Alle diese Affektionen finden sich ausführlich in der Monographie von Franzenheim beschrieben; dieselbe enthält auch ein umfassendes Literaturverzeichnis.

Bei der Entstehung der Schädeldeformitäten dieser Gruppe spielen Strukturabnormitäten eine wichtige Rolle.

Die Ähnlichkeit der den verschiedenen Affektionen zugrunde liegenden Ossifikationsanomalien und ihr frühes Einsetzen bewirkt gewisse Analogien der klinischen Bilder, so daß zuweilen Schwierigkeiten der Differentialdiagnose sich ergeben.

Ätiologisch besteht nach den Ergebnissen der jüngsten Forschungen Gemeinsamkeit zwischen den Typen dieser Gruppe insofern, als sie durch Erkrankungen von Drüsen mit innerer Sekretion bewirkt sein dürften.

Für das Verständnis der Wachstumsstörungen des Schädels bei Systemerkrankungen des Skelettes ist die Kenntnis der entwicklungsmechanischen Gesetze, welche für das Knochensystem gelten, von großer Wichtigkeit. Eine zusammenfassende Darstellung der Entwicklungsmechanik des Skelettes findet sich in der Monographie von Franke.

Für die Klarstellung der in dieser Gruppe vereinigten Entwicklungsstörungen hat auch die röntgenologische Untersuchungsmethode bereits wichtige Ergebnisse geliefert. Bei der Seltenheit geeigneten anatomischen Materials ermöglicht die röntgenographische Darstellung des Skelettes eine sehr erwünschte Ergänzung unseres Wissens über die Entwicklungsstörungen des Knochensystems. Dazu kommt, daß die Röntgenographie vor der anatomischen Untersuchungsmethode den Vorzug hat, durch Wiederholung der Untersuchung am selben Individuum einen guten Einblick in den Verlauf der Wachstumsstörung zu bieten.

Das Röntgenbild erleichtert schließlich die Unterscheidung der hier zusammengefaßten Schädeldeformitäten gegenüber den im Kapitel „Mißbildungen“ beschriebenen.

Kretinismus.

Im Bereich des Schädels kommt die kretinistische Wachstumsstörung darin zum Ausdruck, daß die Schädelbasis zu kurz bleibt und daher die Nasenwurzel stark eingezogen erscheint (kretinistische Sattelnase) und daß (offenbar im kompensatorischen Sinne) eine stärkere Breitenentwicklung der Schädelbasis erfolgt.

Die Verbildung der Schädelbasis ist auch größtenteils die Ursache der eigenartigen Gesichtsbildung. Der charakteristische kretinische Gesichtsausdruck wird nicht bloß durch Weichteilveränderungen, sondern vor allem durch die Skelettkonfiguration bedingt. Am auffälligsten ist die Einziehung der Nasenwurzel, das breite und platte Nasengerüst, die vorspringenden Backenknochen, die Prognathie des Oberkiefers. Die Verbildung der Kiefer ist gewiß auch durch die Zungenvergrößerung und durch die Verspätung des Zahndurchbruches bedingt.

Das Schädeldach zeigt sich meist sehr geräumig, verbreitert, brachykephal; zur Verkürzung des Schädels dürfte auch der Umstand beitragen, daß die Schädelkapsel lange Zeit häutige Stellen aufweist und die kretinischen Kinder lange am Rücken liegen. Was die Nähte des Schädeldaches betrifft, so sind sie öfters zackenarm; gelegentlich wird Persistenz der Stirnnaht beobachtet. Zuweilen sind die Nahtstellen eingesunken und die Umgebung wallartig aufgetrieben wie bei Rachitis; übrigens scheint in seltenen Fällen auch eine Kombination von Myxödem und Rachitis vorzukommen (Kutschera). Die Dicke des erwachsenen Kretinenschädels ist meist sehr beträchtlich. Im klinischen Bilde des Kretinismus treten sowohl die körperlichen Degenerationszeichen als auch die psychischen Störungen (Imbezillität, Hörstörung, Sprachstörung) in wechselnden Graden auf. Ebenso zeigt auch die Schädelverbildung bedeutende graduelle Unterschiede. Man begegnet ihr sowohl bei dem endemischen als auch beim sporadischen Kretinismus, beim Myxödem nur dann, wenn der Beginn in die Wachstumsperiode fällt.

Das röntgenologische Studium des Kretinenschädels hat zur Kenntnis des Schädelbaues manches neue Detail beigefügt. Mit Hilfe des Röntgenbildes kann man zunächst die Dicke der Schädelwand, das Verhalten der Nähte und basalen Knorpelfugen beurteilen. Das Röntgenbild zeigt die Krümmungsverhältnisse des Os tribasilaris; nach Bircher ist der Sattelwinkel beträchtlich, meist über 20° , gegenüber der Norm (143°) verkleinert; auch die Verkürzung der Schädelbasis und die Flachheit der Schädelgruben läßt sich bestimmen. Endlich erkennt man am Röntgenbilde sehr deutlich die Prognathie des Oberkiefers und die abnorme Nasenstellung; man überzeugt sich, daß die Nasenwurzel nicht bloß sattelförmig eingezogen, sondern auch abnorm tief herabgerückt ist, ein Detail, das den stupiden Gesichtsausdruck des Kretinen zu verstärken geeignet ist. Der Winkel, den die Stirne mit dem Nasenbein bildet, ist verkleinert (gegen 140° oft nur 110 — 100°).

Aus der am Röntgenbilde ablesbaren Form der Sella kann man auch einen Rückschluß auf die Größe der Hypophyse ziehen; letztere ist zumeist von normaler Größe, nicht selten aber beträchtlich vergrößert, gelegentlich auch abnorm klein.

Mongoloide Idiotie.

Diese vielfach mit dem Kretinismus in Beziehung gebrachte, höchst wahrscheinlich aber doch auf anderer, allerdings noch unbekannter Grundlage entstehende Entwicklungstörung äußert sich am Skelett durch Zurückbleiben des Wachstums, vorzugsweise der gipfelnden Teile, so daß man (im Gegensatz

zu „Akromegalie“) von „Akromikrie“ sprechen könnte. Im Bereich des Schädels sind demzufolge Kiefer und Nase abnorm klein. Hierdurch wird der so außerordentlich charakteristische, für die Benennung der Entwicklungsanomalie maßgebende Gesichtsausdruck, die schief liegende Lidspalte und der Epikanthus bedingt. Das Schädeldach, kurz und rund, bleibt an den Nähten und Fontanellen abnorm lang (bis zum 3.—5. Jahre) häutig. Rundliche Lücken in den Nahtstellen sind häufig. Auf den Kopfröntgenogrammen von Mongoloiden fand Timme eine offenbar dem Sulcus chiasmatis entsprechende, mit der Hypophysengrube kommunizierende Vertiefung im Bereich des Keilbeinkörpers; er bezieht dieselbe auf eine Veränderung im Bereich des Vorderlappens der Hypophyse. Eine zusammenfassende Darstellung unserer bisherigen Kenntnisse über Mongolismus findet sich bei Vogt.

Chondrodystrophie (Mikromelie, Achondroplasie).

Das Wesen dieser Skelettanomalie besteht in einer angeborenen Störung des Knorpellängenwachstums nebst prämaturer Obliteration der Epiphysenknorpel. Am auffälligsten macht sich diese Störung an den Extremitäten, die hochgradig verkürzt bleiben, und am Schädel bemerkbar. Die Knorpelfugen der Schädelbasis obliterieren schon in utero. Daraus ergibt sich eine mangelhafte Längenentwicklung der Schädelbasis und starke Einziehung der Nasenwurzel, eine Vermehrung der Kyphose der Schädelbasis, die in der Verkleinerung des Sattelwinkels ihren prägnanten Ausdruck findet (Vertikobasie nach Regnault), und eine Verengerung des Hinterhauptloches. Im Bereich des Gesichtsteiles des Schädels fällt das Zurücktreten der breiten Oberkiefer und die prognathe Beschaffenheit des Unterkiefers auf, eine Folgeerscheinung der basalen Kyphose. Das Kranium zeigt im Gegensatz zur Schädelbasis eine Verspätung der Nahtverschmelzung; indem die Fontanellen und die Nahtstellen abnorm lang häutig bleiben, ist Gelegenheit gegeben zu übermäßiger Ausweitung der Schädelkapsel durch den intrakraniellen Druck (ähnlich wie bei Hydrokephalie). Erfolgt später Ossifikation des Schädeldaches, so bilden sich meist zahlreiche Schaltknochen.

Die beschriebenen charakteristischen Eigentümlichkeiten des Schädels der Mikromelen sind am Röntgenbilde instruktiv darstellbar (Reyher). Dandy hat mit Hilfe der Luftfüllung der Liquorräume den Nachweis geliefert, daß die auffallende Vergrößerung der chondrodystrophischen Schädel auf hydrokephale Flüssigkeitsansammlung zurückzuführen ist. Höhere Grade dieses Hydrokephalus beeinträchtigen die psychische Entwicklung der Mikromelen. Als Erklärung für die Entstehung des Hydrokephalus könnte die durch die Kyphose der Schädelbasis erzeugte Knickung des Hirnstammes und Verengerung des Aquaeductus Sylvii, beziehungsweise der basalen Cysten, herangezogen werden.

Osteogenesis imperfecta.

Die von Vrolik als Osteogenesis imperfecta, von Porak und Durante als Dysplasie periostale benannte Entwicklungsstörung betrifft die Diaphysen der Röhrenknochen, die Rippen und das Schädeldach; anatomisch ist sie gekennzeichnet durch Fehlen von kompaktem periostalen Knochen, klinisch durch Knochenbrüchigkeit. Fehlen der vorzeitigen Verknöcherung der Knorpelfugen an der Basis und mangelhafte Ossifikation des Schädeldaches sind die charakteristischen Eigenschaften der genannten Affektion im Bereich des Kopfes. Der Schädel stellt sich als ein häutiger Sack dar, in

welchem nur einzelne, noch dazu frakturierte Knochenplättchen vorhanden sind (Literatur bei Looser, Sumita, Fischer).

Im Anschluß an die Osteogenesis imperfecta sei auch eine, im Jahre 1900 von Eddowes beschriebene Affektion erwähnt, deren charakteristische Symptome eine abnorme Knochenbrüchigkeit, blaue Skleren und Schwerhörigkeit sind (Sydney-Stephenson, van der Hoeve und de Kley, Haß). Die betreffenden Individuen sind meist zart und klein. Wie Stenvers am **Röntgenogramme** gezeigt hat, ist der Schädel bei der Eddowesschen Krankheit, welche ein familiäres Auftreten zeigt, eigenartig konfiguriert. Am auffallendsten ist die starke Ausladung des Hinterhauptbeines, das entsprechend der Grenzlinie zwischen Ober- und Unterschuppe keilförmig vorspringt.

Bei einem von uns beobachteten Fall, der ein 17jähriges, kleines, zartes Mädchen mit blauen Skleren betraf, waren bereits in früher Jugend wiederholte Knochenbrüche am Oberschenkel konstatiert worden (Osteopsathyrosis idiopathica). In letzter Zeit sind zerebrale Störungen aufgetreten, die auf das Bestehen eines Hirntumors deuten. Das Kranium ist hoch, schmal und auffallend nach hinten in die Länge gezogen. Entsprechend den beiden Schenkeln der Lambdanaht ist die Schädelkapsel eindrückbar. Das Röntgenbild des Kopfes zeigt in Übereinstimmung mit den Bildern der Fälle von Stenvers eine beträchtliche, vom Stirnbein gegen das Hinterhaupt allmählich zunehmende Verdünnung des Schädeldaches. Die Oberschuppe des Os occipitale ist aus mehrfachen, zackig geränderten Knocheninseln zusammengesetzt, zwischen denen Dehiszenzen der Schädelwand vorhanden sind. Die Innenfläche des Schädeldaches zeigt hochgradig verstärkte Impressiones digitatae. Die Schädelbasis ist annähernd normal konfiguriert. (Der Fall wurde von Singer publiziert.)

Dysostosis cleidocranialis.

Diese seltene, zuerst von Scheuthauer genau beschriebene, dann von Marie und Sinton neu entdeckte, von Hultkrantz und von Fitzwilliams in ausführlichen Monographien behandelte Affektion ist als eine angeborene, zuweilen familiäre Mißbildung des Knochensystems aufzufassen, die hauptsächlich in einer Hemmung der Ossifikation der aus häutiger Grundlage hervorgehenden Skeletteile, des Kraniums und der Schlüsselbeine, besteht. Am auffälligsten ist die Form des Kopfes. Da das Kranium abnorm lang häutig bleibt, erfahren seine nachgiebigen Wandungen einerseits unter der Wirkung des Hirndrucks, andererseits unter dem Einflusse äußerer Druck- und Zugwirkung, insbesondere der Pressung seitens der Wirbelsäule bei der aufrechten Haltung, eine typische Deformation. Der Hirnschädel zeigt hydrokephale Ausdehnung, die Nahtstellen und Fontanellen sind in weiter Ausdehnung häutig und bleiben es oft bis ins höhere Alter. Ausgedehnte Partien der knöchernen Schädelwand zeigen sich aus einer ganzen Anzahl von Teilstücken, ähnlich den Wormschen Nahtknochen, zusammengesetzt. Die Schädelbasis ist schmal und gegen das Schädelinnere vorgetrieben (basilare Impression). Durch die Eindrückung der Schädelbasis wird der Fassungsraum des Schädels verkleinert, so zwar, daß trotz der hydrokephalen Ausdehnung des Schädeldaches die Kapazität des Schädels nicht vergrößert ist. Tatsächlich haben anatomische Untersuchungen des Gehirns keinen Anhaltspunkt für das Vorhandensein hydrokephaler Flüssigkeitsansammlung ergeben. Das Gesichtsskelett ist klein, Nasen-, Tränen- und Jochbeine sind rudimentär entwickelt, der Oberkiefer eingezogen, der Unterkiefer stark prognath, die Zähne unregelmäßig. Eine weitere Eigentümlichkeit des dysostotischen Schädels ist der Mangel oder die Kleinheit der pneumatischen Räume des Schädels. Die

Intaktheit des Gehirns gibt sich klinisch durch die meist gute Intelligenz der Individuen zu erkennen. Nur selten wurde Idiotie beobachtet. Der Körperbau ist meist klein und zart.

Am Röntgenbilde erkennt man die mangelhafte Ossifikation des Schädeldaches, die inselförmigen Teilstücke der Schädelwand, die Impression der Schädelbasis, das Fehlen der pneumatischen Räume und den Defekt der Gesichtsknochen (Hultkrantz)

Einen eigenartigen, auf Grund des Röntgenogramms als forme fruste der Dysostose cleidocranienne aufgefaßten Fall beschreibt Bergmeister. Er betrifft ein zwölfjähriges Mädchen, das die Kombination von Mikrognathie des Unterkiefers mit Ossifikationsdefekten des Schädeldaches im Bereich der Lambda- und Pfeilnaht sowie Kahlheit der Kopfhaut über den genannten Nahtstellen (Alopécie sutural, Aubry) aufweist.

Bei der von Gilford als Progeria bezeichneten Form von Infantilismus mit gleichzeitigem Vorhandensein von Zügen vorzeitigen Alterns zeigt der Kopf normale Größe des Hirnschädels, während der Gesichtsschädel ebenso wie die Basis außerordentlich klein ist. Die Schädelwand bleibt dünn, die Fontanellen offen.

Rachitis.

Die rachitische Skeletterkrankung, die bekanntlich mit Vorliebe am Schädel sich lokalisiert, kommt zustande durch gesteigerte Resorption des bereits gebildeten Knochens und mangelnde Anbildung neuen Knochens in Gestalt eines kalkarmen „osteoiden“ Gewebes. Im Bereich des Schädels ist das Kranium am stärksten von der Erkrankung betroffen. Die Ränder der platten Schädelknochen ossifizieren nicht, daher sind die Nahtstellen und Fontanellen abnorm weit. Da außerdem die bereits verknöcherten Partien der Schädelwand geringen Kalkgehalt aufweisen, so besteht eine abnorme Nachgiebigkeit der Schädelwand; das Kranium dehnt sich unter der Wirkung des Innendruckes abnorm aus, es nimmt hydrokephale Formen an. Aber auch die äußeren Druckwirkungen tragen zur Deformierung des Schädels bei. Solange die Kinder im Bette liegen, wird durch den Druck des Kopfes gegen die Unterlage das Hinterhaupt abgeflacht: die dem Druck ausgesetzten Stellen der Schädelwand verlieren ihren Kalkgehalt (Elsässers Kraniotabes des Hinterhauptes). Wenn dann die Kinder zu sitzen und zu stehen beginnen, wird durch den Druck der Last des großen Kopfes gegen die Wirbelsäule die Basis des Schädels deformiert; die Krümmung der hinteren Schädelgrube wird flach, der Klivus liegt mehr der Horizontalen genähert (Regnaults Platybasie). Die skoliotische und die kyphotische Schädelform sowie okzipitaler Senkschädel (ohne Kyphose der Wirbelsäule) kommt gleichfalls bei Rachitis vor; die Folge der genannten Deformierungen der Basis sind Anomalien der Form des Rachens sowie der Kiefer- und Zahnstellung (Abb. 9).

Ein weiteres charakteristisches Detail der rachitischen Schädelform wird durch dicke Auflagerungen osteoiden Gewebes an der Schädelaußenfläche bedingt. Da diese Auflagerungen hauptsächlich die Gegend der Tubera betreffen, so erhält der Schädel kubische Form (Caput quadratum). Auch in der Nachbarschaft der erweiterten Nähte, entsprechend der Wachstumszone der platten Schädelknochen, pflegt der Knochen durch osteoide Auflagerung verdickt zu sein, so daß die Nahtstellen eingesunken erscheinen (Vierhügelform, Caput natiforme).

Das Gesichtsskelett ist meist verschmächtigt. Da der Durchbruch der Zähne sich verspätet, sind die Kieferbogen verengt. Marfan bezeichnet als Charakteristikum des rachitischen Gesichtsskelettes den engen, schnabel-

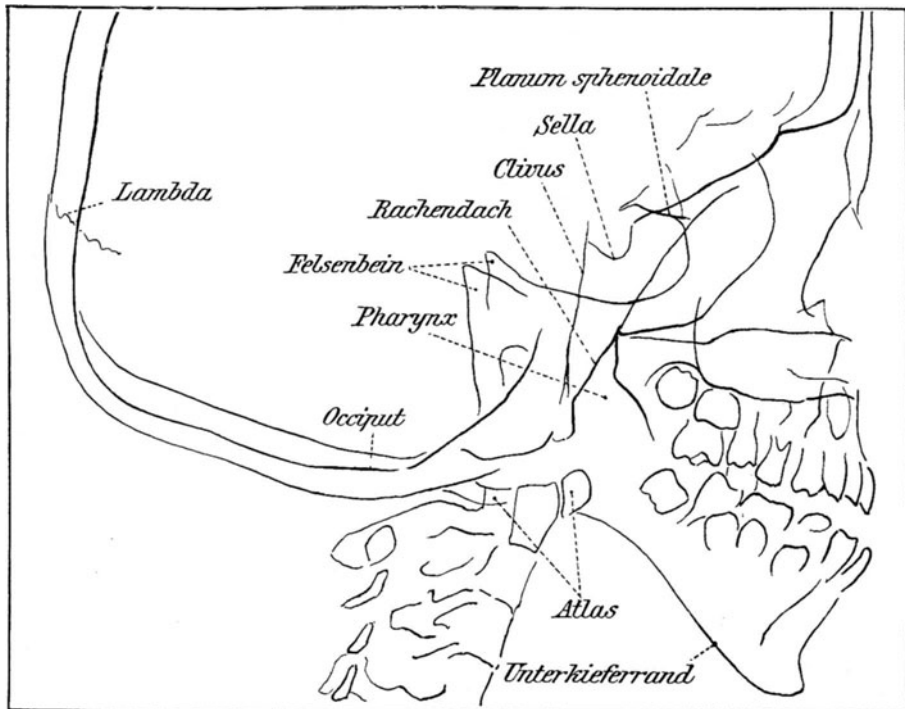


Abb. 9. Profilaufnahme eines 5jährigen Kindes mit Verengung des Nasen-Rachens-
raumes infolge von rachitischer Hyperkyphose der Schädelbasis.

förmigen Oberkiefer und spitzbogenförmigen Gaumen, kombiniert mit Verengerung der knöchernen Nasengänge, mit Septumverbiegungen und Deformierung der Nasenseitenwände. In späterer Zeit wird durch Auflagerungen von Knochensubstanz der Unterkiefer plump und eckig; sein verdickter unterer Rand krepmt sich nach außen um.

Die rachitischen Veränderungen sind im ersten und zweiten Lebensjahre am deutlichsten ausgeprägt. Die bei Neugeborenen nicht selten zu konstatierende Weichheit des Schädels, die sich in abnormer Eindrückbarkeit der Pfeilnahtränder äußert, wird von Kassowitz als fötale Rachitis aufgefaßt, während Wieland diese Form des Weichschädels als eine Entwicklungsanomalie auffaßt, die dadurch zustande kommen dürfte, daß das gegen Ende der Fötalzeit rasch wachsende Gehirn die langsamer wachsende Schädelkapsel destruiert und usuriert. Höhere Grade dieser Affektion, die meist mit Bildung starker Knochenleisten an der Schädelinnenfläche einhergehen und mit Spina bifida kombiniert sind, bezeichnet man als Lückenschädel (Engstler) und rechnet sie zu den Mißbildungen. Meist kommt es im zweiten und dritten Jahre schon zur Ausheilung der rachitischen Schädelveränderungen; Nähte und Fontanellen schließen sich, wobei meist Schaltknochenbildung auftritt; das osteoide Gewebe verkalkt, wodurch häufig eine abnorme Dicke und Dichte der Schädelwand zustande kommt (rachitische Hyperostose). Im Anschluß an diese Hyperostose kann gelegentlich auch eine prämatüre Nahtsynostose eintreten, welche zur Entstehung von Kraniostenose mit deren klinischen Folgezuständen Veranlassung gibt.

Als Periostitis proliferans rachitica beschrieben Virchow, Hansemann u. a. seltene Fälle von hochgradiger Hyperostose des Schädels, insbesondere des Schädeldaches, bei Kindern, wobei der Knochen weich und nachgiebig, infolgedessen Formveränderungen zugänglich ist und die Nähte in großer Ausdehnung synostosieren.

Die röntgenologische Untersuchung gibt Aufschluß über die Formveränderung der den anderweitigen Untersuchungsmethoden nicht zugänglichen Basis, über die Ossifikationsverhältnisse des rachitischen Schädels, die Schädeldicke und Schädeldichte sowie die Beschaffenheit der Schädelinnenfläche und der Nähte.

Zwergwuchs, Riesenwuchs, Infantilismus, Frühreife.

Bei der so auffälligen Skelettanomalie der pathologischen Zwerge und Riesen zeigt der Schädel meist keine wesentlichen Formanomalien. Der Schädel ist oft nicht den übrigen Skeletteilen entsprechend dimensioniert. Sowohl die zwerg- als auch die riesenhafte Entwicklung des Skelettes ist häufig mit Anomalien der sonstigen körperlichen und der geistigen Entwicklung verbunden; meist besteht die als Infantilismus bezeichnete Hemmungsbildung der primären und sekundären Geschlechtscharaktere. Seltener kommt es zu abnorm frühzeitiger Entwicklung des Körpers und der psychischen Fähigkeiten. Die genannten Entwicklungsanomalien sind nach den gegenwärtigen Anschauungen durch Störungen der Sekretion gewisser Drüsen bedingt, entweder aller innersekretorischen Drüsen (Insuffisance pluriglandulaire, Falta), oder insbesondere der Geschlechtsdrüsen, der Hypophyse und Zirbeldrüse. Kongenitale oder frühzeitig erworbene Erkrankungen (Cysten, Tumoren, Syphilis) der Hypophyse oder Kompression derselben bei Hydrokephalus oder Tumoren der Nachbarschaft können zu proportioniertem Zwergwuchs führen, ähnlich dem von Aschner durch experimentelle Hypophysenexstirpation bei jungen Hunden erzeugten. Auch kommen hierbei meist anderweitige Symptome von Infantilismus zur

Ausbildung. Gewisse Erkrankungen der Hypophyse, insbesondere Adenome ihres Vorderlappens, üben hingegen, ähnlich wie die Keimdrüsen im Jugendalter, einen Wachstumsreiz auf den Epiphysenknorpel aus, so zwar, daß eine übermäßige Körperlänge resultiert, der akromegale Riesenwuchs. Die hierbei vorkommenden hypertrophischen Schädelveränderungen sind im Kapitel „Akromegalie“ beschrieben. Beim „eunuchoiden“, durch frühzeitige Keimdrüsenaffektionen hervorgerufenen Riesenwuchs ist der Schädel zumeist unverhältnismäßig klein, der Kieferapparat mächtig entwickelt, die Sella turcica kann erweitert sein infolge einer durch die Keimdrüsenaffektion bedingten Hypophysenvergrößerung.

Außer dem allgemeinen Riesenwuchs beobachtet man auch einen partiellen, meist in der Form des angeborenen, halbseitigen Riesenwuchses mit Hemihyperplasie des Schädels. Ferner gibt es eine auf das Gesichtsskelett beschränkte, angeborene oder erworbene Hemihypertrophia faciei progressiva.

Körperliche und geistige Frühreife (Neurath) kommt bei Affektionen der Keimdrüsen, der Nebennieren und der Zirbeldrüse (Bailey, Giebel) vor, und zwar handelt es sich bei den Affektionen der Zirbeldrüse meist um Tumoren (Teratome) derselben (Askanazy).

Ein eigenartiges Krankheitsbild, welches von Biedl beschrieben wurde, betrifft eine besondere Art von genitaler Hypoplasie und Fettsucht, welche auf zerebralen Veränderungen ohne Beteiligung der Hypophyse beruht und mit Schädeldeformitäten, geistiger Entwicklungshemmung, Retinitis pigmentosa, Polydaktylie und Atresia ani einhergeht. —

Für die Feststellung der Schädelveränderungen bei den in dieser Gruppe zusammengefaßten Entwicklungsanomalien ist das Röntgenbild unentbehrlich, insbesondere zwecks Konstatierung von Veränderungen der Hypophyse und Zirbeldrüse, sei es, daß es sich um direkt nachweisbare Anomalien derselben handelt, wie z. B. Verkalkungsherde, oder daß sich am Schädel skelett Veränderungen finden, aus denen Rückschlüsse auf Abnormitäten der genannten Drüsen gezogen werden können. Darüber wird insbesondere im Kapitel der intrakraniellen Erkrankungen ausführlich gesprochen werden.

Gelegentlich kann auch die röntgenographische Feststellung der Beschaffenheit der basalen Synchondrosen von Bedeutung sein. So konnten wir bei einem 17jährigen, infantilen, zwerghaften Mädchen konstatieren, daß die Synchondrosis sphenobasilaris, welche meist im 13. Jahre zu verknöchern beginnt, noch völlig offen war.

IV. Strukturanomalien des Schädels.

In dieser großen Gruppe pathologischer Veränderungen des Schädels fassen wir die durch entzündliche Prozesse entstandenen Anomalien des Schädel skelettes, ferner die Atrophien und Hypertrophien sowie die echten Geschwülste des Schädels zusammen. Übersichtliche Darstellungen der genannten Affektionen nebst Literaturangaben finden sich in den Lehrbüchern der pathologischen Anatomie (Aschoff, Ribbert).

1. Entzündungen der Schädelknochen.

Hierher rechnen wir die akute Osteomyelitis, die Tuberkulose, Syphilis, Aktinomykose und Phosphornekrose des Schädels. Einige dieser Erkrankungen seien hier kurz erörtert.

Akute Osteomyelitis.

Die akute Osteomyelitis ist nur selten als selbständige Infektionskrankheit im Bereich der Schädelknochen lokalisiert. Häufiger sind metastatische Entzündungen des Schädels bei Eiterungen an anderer Stelle des Körpers, bei Pocken, Typhus oder Influenza. Bei letztgenannter Krankheit kommt auch herdförmige seröse oder produktive Otitis und Periostitis in Form flach-knotiger Anschwellung zur Beobachtung. Eitrige Entzündungen des Knochens treten am häufigsten im Anschluß an Wundinfektion oder durch Fortleitung von Entzündungen der pneumatischen Räume auf. Die Osteomyelitis acuta findet sich meist am Stirn-, Scheitel- oder Schläfenbein, nur ausnahmsweise an der Basis. Durch die eitrige Einschmelzung des Knochens können ausgedehnte, fast über das ganze Schädeldach sich erstreckende Schädeldefekte entstehen (Moore, Star mann).

Das Röntgenbild kann in zweifelhaften Fällen entscheiden, ob und in welchem Umfange der Schädelknochen an der Entzündung der Schädeldecken teilnimmt; die Röntgenuntersuchung kann auch gegebenenfalls mit Hilfe des Nachweises einer Verletzung des Schädelknochens oder einer Erkrankung der pneumatischen Räume die Ursache der Entzündung aufklären.

Syphilis des Schädels.

Die Syphilis tritt am Schädel, der bekanntlich ein Lieblingssitz der luetischen Erkrankung ist, zumeist im Bereich des Gesichtes und des Schädeldaches auf, seltener im Bereich der Schädelbasis; hier am ehesten noch am Keilbein. Die Bildung des syphilitischen Granulationsgewebes nimmt vom Periost oder von der Dura, von der Schleimhaut oder vom Knochenmark ihren Ausgang.

In allen Stadien der Lues kann der Schädelknochen erkranken. Schon im Frühstadium beobachtet man an der Außenfläche des Stirn-, Schläfen- oder Scheitelbeins flache, aus Granulationsgewebe bestehende Anschwellungen (Tophi) zwischen Knochen und Periost.

In späteren Stadien der Lues finden sich meist gummöse Veränderungen des Knochens, hauptsächlich am Stirn-, Scheitel- und Schläfenbein, selbst am Okziput. Sie treten an einer oder mehreren Stellen umschrieben auf oder sie zeigen eine flächenhafte Ausbreitung, oft entlang den diploëtischen Venenkanälen. Zuweilen werden größere Partien der Knochen tafeln als nekrotische Sequester abgestoßen. Auch in diesen späteren Stadien der Lues finden sich fast stets außer den destruierenden Veränderungen noch reparatorische Vorgänge, welche zur Bildung von Osteophyten, von sklerotischen Verdichtungen und Verdickungen in der Umgebung der rarefizierten Stellen führen. In den Spätstadien der Lues tritt bisweilen die Entwicklung des syphilitischen Granulationsgewebes mehr in den Hintergrund, wogegen Resorptions- oder Neubildungsvorgänge das Bild beherrschen. Im ersteren Falle kann eine über große Bezirke des Schädels ausgebreitete Osteoporose und Brüchigkeit der Knochen bestehen, im zweiten Falle bildet sich durch gesteigerte periostale und enostale Knochenneubildung eine stellenweise bis zu Eburneation gehende Sklerose der Diploe aus zugleich mit mächtiger Verdickung des Schädelskelettes.

Die hereditäre Lues manifestiert sich am Schädel durch ulzeröse Prozesse, ähnlich wie die erworbene, durch Wachstumsstörung in den Nähten und Fugen (syphilitische Sattelnase!) oder durch hydrokephale Schädelvergrößerung. Bei Tabes tritt nicht allzu selten eine Atrophie der Kiefer mit raschem Zahnausfall, gelegentlich auch eine Arthropathie der Kiefergelenke in Erscheinung.

Klinisch äußert sich die Syphilis des Schädels durch Geschwulst-, bzw. Narbenbildung der äußeren Weichteile, durch nächtliche Kopfschmerzen, durch

Mitbeteiligung der Inhaltsorgane des Schädels (Lähmungs- und Reizerscheinungen infolge Affektion der Hirnnerven und Gefäße, Symptome der basalen Meningitis), ferner unter dem Bilde von Epilepsie, Hysterie, Apoplexie und von Hirntumoren.

Am Röntgenbilde gelingt es, die beschriebenen anatomischen Details der verschiedenen Stadien in instruktiver Weise zur Anschauung zu bringen. Die Tophi manifestieren sich durch Veränderungen der Lamina externa, deren Oberfläche uneben und deren Struktur rarefiziert erscheint, während am Rande die den Osteophyten entsprechenden Vorragungen erkennbar sind (rarefizierende Ostitis). Im Stadium der Ausheilung erkennt man dem Tophus entsprechend eine Vorwölbung der Schädelwand und Verdichtung der Knochenstruktur (ossifizierende Ostitis).

Umschriebene Gummen geben sich als Defekte mit scharfen, kreisförmigen oder nierenförmigen Rändern zu erkennen. Die flächenhafte Ostitis syphilitica präsentiert sich am Röntgenbilde in Gestalt fleckiger Aufhellungen des Knochenschattens zwischen den Inseln normalen oder sklerotisch verdichteten oder verdickten Knochens (s. Abb. 10). Auch die diffuse Osteoporose und die Hyperostosis luetica sind auf der Röntgenplatte erkennbar. Die Veränderungen, die sich beim Fortschreiten und bei der Ausheilung der luetischen Erkrankung am Schädel abspielen, kann man mit Hilfe des Röntgenbildes in ihrer Entwicklung verfolgen. Die röntgenologische Unterscheidung der durch Syphilis verursachten Knochenveränderungen gegenüber den durch Geschwülsten hervorgerufenen unterliegt meist keinen Schwierigkeiten.

Tuberkulose der Schädelknochen.

Im Gegensatz zur Syphilis zeigt die Tuberkulose geringe Neigung die Schädelknochen zu befallen. Am häufigsten begegnet man ihr an jenen Knochen, welche pneumatische Höhlen enthalten (Felsenbein, Siebbein), wobei dann der Knochen durch Fortleitung der Entzündung von der tuberkulösen Schleimhaut erkrankt ist; ferner findet sich Tuberkulose an der Schädelbasis im Anschluß an die Erkrankung der Halswirbel. An den übrigen Knochen (Keilbein, Jochbein, Schädeldach) kommt selten primäre Lokalisation der Tuberkulose zur Beobachtung.

Die tuberkulöse Knochenveränderung besteht zumeist in oberflächlicher oder tief greifender Usurierung (*Caries tuberculosa*) des Knochens.

Die Defekte des Schädeldaches zeigen unscharfe, wie zernagte Konturen und keine Neigung zur Osteophytenbildung. Man unterscheidet zwei Formen: Die perforierende oder sequestrierende Form und die progressive infiltrierende Form. Erstere ist die häufigere.

Klinisch macht sich die Tuberkulose der Schädelknochen durch Weichteilschwellung, Abszesse und Narbenbildung der Schädeldecken, durch Symptome seitens der Hirnnerven und der Sinnesorgane sowie die dem Hirntumor (Solitär tuberkel) und der Meningo-Encephalitis tuberculosa eigentümlichen Symptomenbilder bemerkbar.

Am Röntgenogramm hat man am häufigsten Gelegenheit, Veränderungen der Schädelbasis zu beobachten, insbesondere die dem *Malum suboccipitale* entsprechenden Destruktionen der Hinterhauptkondylen mit Zerstörungen und Lageveränderungen der obersten Halswirbel. Selten kommen Absumptionen und Porosität des Keilbeinkörpers oder Defekte des Schädeldaches zur Beobachtung.

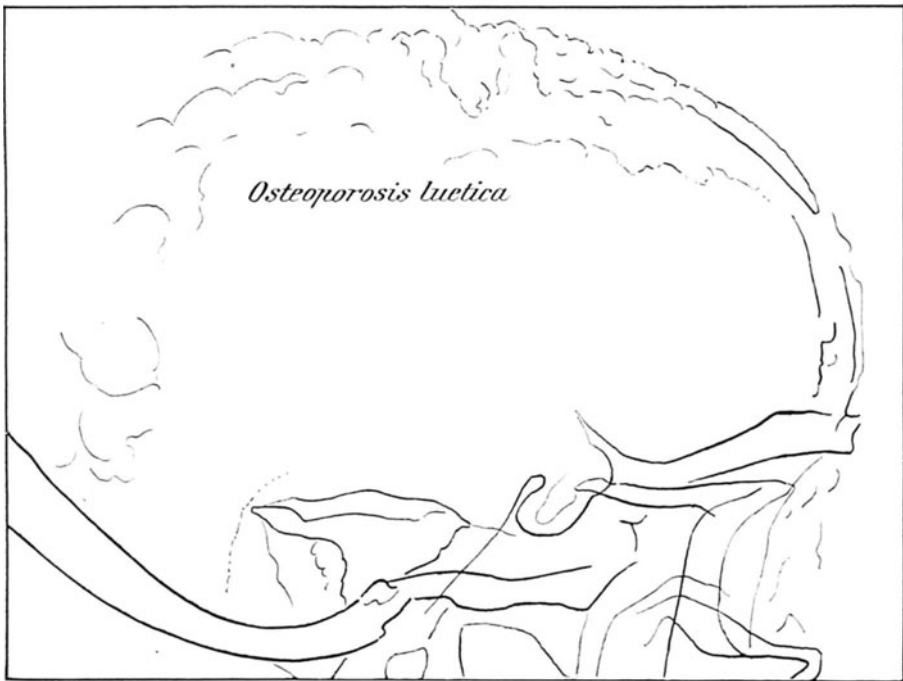
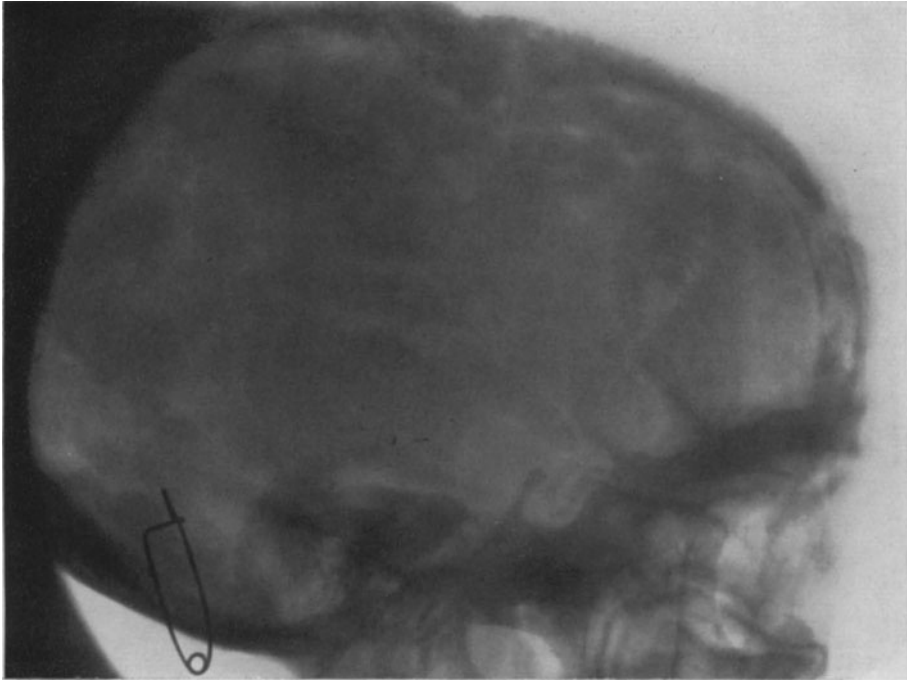


Abb. 10. Profilaufnahme eines Falles von Osteoporose des Schädeldaches infolge von Lues.

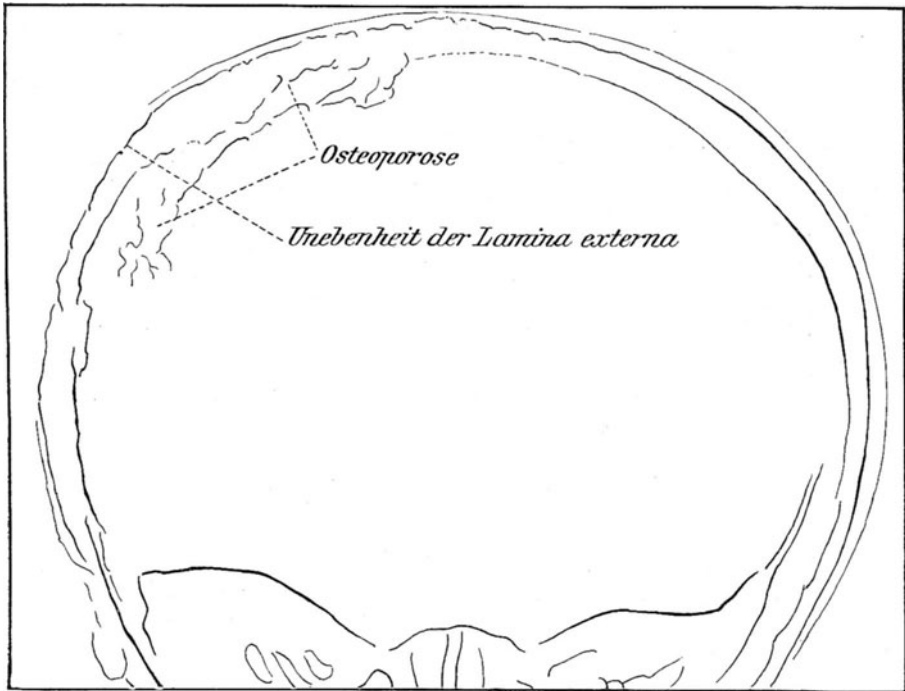
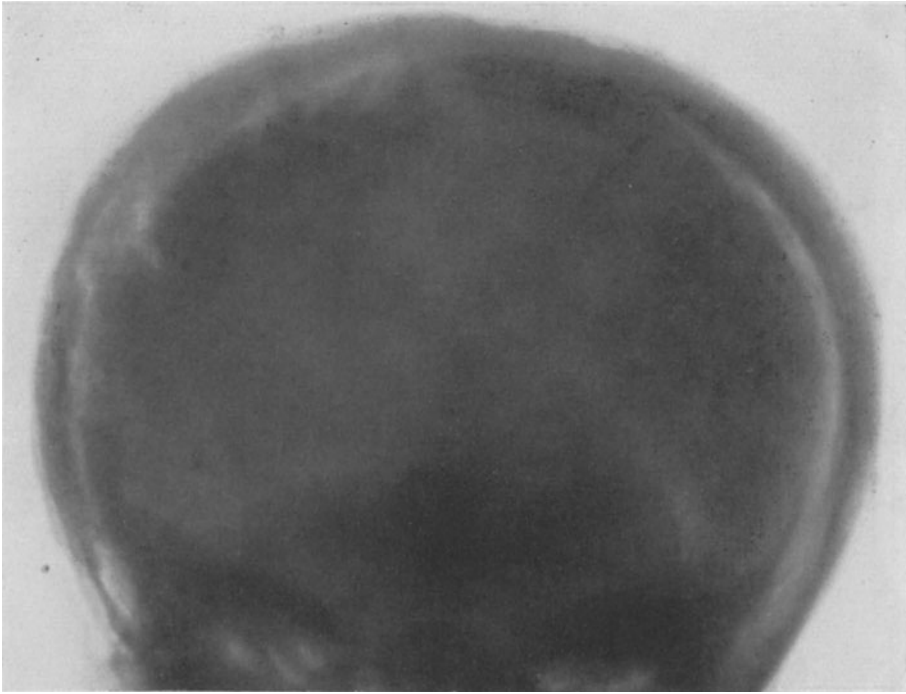


Abb. 11. Anteroposteriore Aufnahme desselben Falles wie in Abb. 10.

2. Atrophische und hyperostotische Veränderungen des Schädelskelettes.

In diese Gruppe reihen wir jene Strukturveränderungen des Schädels ein, welche Teilerscheinung der sog. Systemerkrankungen des Schädels sind, einerseits der senilen Atrophie sowie der Osteomalacie, andererseits der Akromegalie, der Pagetschen Krankheit und der hyperplastischen Otitis. Auch jene atrophischen und hyperostotischen Schädelveränderungen, die als Ausdruck einer lokalen Störung aufzufassen sind, die basilare Impression, die neurotische Atrophie, die Hemiatrophia faciei progressiva, die Hemihypertrophie, die basale Hyperostose, die diffuse und tumorartige Hyperostose können hier erwähnt werden.

Die genannten Affektionen, von denen einzelne in ihren ätiologischen Beziehungen noch ebensowenig geklärt sind wie bezüglich der pathologisch-anatomischen Details ihrer Strukturveränderung, bieten dankbare Objekte für die röntgenologische Forschung, zumal bei der Seltenheit mancher der in Rede stehenden Anomalien Sektionsbefunde in geringer Zahl zur Verfügung stehen.

Senile Atrophie.

Die senile Atrophie des Skelettes tritt an den Schädel- und Gesichtsknochen meist in besonders hohem Maße auf, gewöhnlich in Form äußerer und innerer Atrophie. Der Schädel wird dabei in toto oder stellenweise verdünnt, meist osteoporotisch und daher abnorm brüchig. Seltener wird der Knochen sklerotisch und daher weniger elastisch.

Am auffälligsten ist die Verdünnung gewöhnlich im Bereich der Scheitelbeine, deren Außenfläche muldenartig einsinkt. Chiari beobachtete Einsenkung der Kranznahtgegend. An den Kiefern macht sich die Atrophie besonders stark bemerkbar. Im Bereich der Schädelbasis können Usuren der Innenfläche auftreten, welche Ähnlichkeit haben mit denen, die der Druckatrophie eigentümlich sind, so zwar, daß beispielsweise eine Erweiterung der Sella turcica zustande kommen kann.

Bei seniler Atrophie pflegen die pneumatischen Räume teils (insbesondere die Kieferhöhle) an Größe abzunehmen, teils (Stirn- und Keilbeinhöhle) an Ausdehnung zuzunehmen.

Die Emissarien und diploetischen Venen können beim Greisenschädel erweitert sein. Die diploetischen Venen münden in einen sagittal durch das Scheitelbein zum Emissarium mastoideum ziehenden Kanal.

Vom klinischen Standpunkte kommt der senilen Atrophie keine allzu große Bedeutung zu; dieselbe beschränkt sich auf die Zunahme der Knochenbrüchigkeit. Ob die schweren Trigemimusneuralgien der Greise mit den senilatrophischen Schädelveränderungen zusammenhängen, ist nicht entschieden.

Das Röntgenbild des senil-atrophischen Schädels läßt die Verdünnung und Osteoporose der Schädelwand, die symmetrische, muldenartige Vertiefung der Scheitelgegend, die Usurierung der zarten Knocheile in der Umgebung der Sella turcica, die Vergrößerung der pneumatischen Räume und die Erweiterung der Emissarien und Venen erkennen.

Die Berücksichtigung der genannten Details ist diagnostisch wichtig; kommen doch dieselben größtenteils auch bei intrakranieller Drucksteigerung vor.

Osteomalacie.

Das Wesen dieser Systemerkrankung besteht in einer fortschreitenden Entkalkung (Halisterese) und Resorption des Knochengewebes mit Ersatz desselben durch neugebildetes, osteoides Gewebe, so zwar, daß das Skelett seine Festigkeit einbüßt und biegsam weich oder brüchig spröde wird. Auf Grund experimenteller und pathologisch-anatomischer Erfahrungen (Erdeheim) nimmt man gegenwärtig an, daß den Epithelkörperchen-Affektionen eine ätiologische Bedeutung für die Entstehung der Osteomalacie und analogen Systemerkrankungen des Skelettes zukommt.

Der Schädel ist bei der häufigsten, der puerperalen Form der Osteomalacie meist nicht beteiligt, wohl aber bei der nicht puerperalen, bei der juvenilen und senilen Form nicht selten, zuweilen sogar als ersterkrankter Skeletteil. Das Bild schwerer Osteoporose oder Osteomalacie kann auch bei jüngeren Leuten auftreten, die infolge chronischer Leiden in Marasmus verfallen (marantische Atrophie).

Der osteomalacische Schädel kann sehr leicht, porös oder biegsam sein und ist sodann Deformationen zugänglich; in Bettlage kann sich Abflachung und Asymmetrie des Schädeldaches einstellen, wobei die Kyphose der Schädelbasis vermehrt wird. Bei aufrechter Haltung wird durch den Druck des Kopfes gegen die Wirbelsäule eine andere Formveränderung der Schädelbasis erzeugt: die Schädelbasis wird eleviert (basilare Impression).

Diese Formveränderung der Basis konnten wir wiederholt bei Skeletten seniler Schädel beobachten; durch die Knickung der Basis wird unserer Ansicht nach die eigentümliche Kieferstellung des Greisenschädels (eingezogener Oberkiefer, prognather Unterkiefer) mitbedingt.

Bei den höchsten Graden der Osteomalacie ist überhaupt keine Knochen-substanz mehr vorhanden, so daß der Schädel wie eine Kautschukblase eindrückbar und elastisch ist (Kautschukschädel).

Das Röntgenbild gestattet einerseits die Strukturveränderung des osteomalacischen Schädels im Sinne der Halisterese, andererseits die Formveränderung der Schädelbasis festzustellen.

Basilare Impression.

Als basilare Impression des Schädels bezeichnet man (nach Virchow) eine eigenartige Formveränderung der Schädelbasis, deren auffälligstes Merkmal die Vorwölbung des vom Rahmen des Hinterhauptloches gebildeten Bodens der hinteren Schädelgrube gegen das Schädellinnere darstellt. In typischen Fällen zeigt das Schädelbasisskelett, vom Cavum cranii aus betrachtet, eine Elevation der zwischen beiden Felsenbeinpyramiden gelegenen Umrandung des Hinterhauptloches.

Neben der Formveränderung zeigt die Wand der hinteren Schädelgrube auch eine sehr bedeutende Strukturanomalie: die elevierten Teile des Hinterhauptes sind in hohem Grade verdünnt, so daß die Pars basilaris und die Partes condyloideae auf ein papierdünnes Knochenblatt und die Processus condyloidei auf flache Knöpfchen reduziert sein können.

Außer der Schädelbasis kann auch der obere Teil der Halswirbelsäule, insbesondere der Atlas und Epistropheus, wesentliche Veränderungen aufweisen.

Die beschriebene Anomalie kann allmählich, schmerzlos und ohne wesentliche Beweglichkeitseinschränkung, daher lange Zeit unbemerkt bei jugendlichen Personen sich entwickeln. Ist sie in höherem Grade bereits ausgebildet, dann fallen die davon betroffenen Individuen beim ersten Anblick durch die eigen-

tümliche Kopfhaltung auf, der Hals ist kurz, der Kopf „steckt“ gleichsam zwischen den Schultern. Gelegentlich ist die Kopfhaltung eine asymmetrische nach Art des Caput obstipum.

In späteren Stadien des Leidens treten zumeist Symptome seitens des Nervensystems zutage. Man kann diese Symptome in drei Gruppen zusammenfassen:

1. Lähmungs- und Reizerscheinungen von seiten der in der hinteren Schädelgrube austretenden Hirnnerven und der obersten Spinalnerven (Nerven der Vagusgruppe, Hypoglossus, Okzipitalis); die genannten Nerven werden durch die basilare Impression zu abnormem Verlauf gezwungen, gezerrt und komprimiert.

2. Symptome eines raumbeschränkenden Prozesses der hinteren Schädelgrube; durch die Elevation des Bodens der hinteren Schädelgrube wird das Kleinhirn gegen das Tentorium gepreßt und hierdurch der Aquaeductus Sylvii verlegt.

3. Symptome von Kompression der Medulla oblongata; dieselbe erfährt eine winklige Knickung entsprechend dem vorderen Rande des Hinterhauptloches und wird durch den Zahnfortsatz des Epistropheus eingedrückt.

Die Pathogenese der „basilaren Impression“ scheint keine einheitliche zu sein. Die Autoren, welche sich zuerst mit dem Gegenstand beschäftigten (Virchow, Grawitz), haben sie als Belastungsdeformität infolge Nachgiebigkeit des Schädelgrundes aufgefaßt. Als Ursache derselben bezeichnete man Rachitis, lokale Osteomalacie und hydrokephale Schädelverdünnung.

Bei Bathrokephalie, Dysostosis cleidocranialis und Ostitis deformans kommt gleichfalls basilare Impression zur Beobachtung. Auch durch entzündliche Prozesse an den das Atlanto-Okzipitalgelenk konstituierenden Skeletteilen können Deformierungen hervorgerufen werden, welche der „basilaren Impression“ analog sind.

Einer besonderen Erwähnung als Ursache der basilaren Impression bedürfen die im Bereich der oberen Halswirbelsäule und der Schädelbasis vorkommenden kongenitalen Mißbildungen. Der leichteste Grad derselben wird als „Atlas-Ankylose“ bezeichnet, wobei es sich um eine Verschmelzung (Assimilation) des Rahmens des Hinterhauptloches mit dem Atlas handelt. Bei höheren Graden bestehen Defekte und Verschmelzungen auch der übrigen Segmente der Halswirbelsäule, deren ausführliche Darstellung in einer Monographie von Bertolotti sich findet.

Einzelne Autoren (Sommer, Ferrari) haben auf Beziehungen der Atlas-Ankylose zur Epilepsie hingewiesen.

Für die Diagnose der „basilaren Impression“ ist die Untersuchung der Schädelbasis mit Röntgenstrahlen unentbehrlich. Das Röntgenbild läßt sowohl die Änderung in den Krümmungsverhältnissen der hinteren Schädelgrube als die rudimentäre Bildung des Atlas und des Epistropheus feststellen. Auch Usuren der Schädelinnenfläche, deren Entstehung einer durch starke Raumbegengung der hinteren Schädelgrube hervorgerufenen Hirndrucksteigerung zuzuschreiben ist, kann das Röntgenbild erkennen lassen.

Akromegalie.

Die akromegalische Schädelveränderung (P. Marie, Keith) besteht, abgesehen von der meist vorhandenen, durch einen Hypophysentumor bedingten Destruktion der Sella turcica, in einer allmählich sich ausbildenden Vergrößerung des Schädels bei Individuen des dritten und vierten Lebensdezennium. Am stärksten pflegt die Vergrößerung im Bereich des Gesichtes ausgeprägt zu sein, insbesondere am Nasengerüst und am Unterkiefer; der letztere ist verdickt und

verlängert, der Kieferwinkel streckt sich, der Alveolarrand ist nach außen gebogen, die Zähne sind auseinandergerückt; nicht selten besteht alveoläre Prognathie, wohl infolge des Druckes der vergrößerten Zunge. Im Bereich des Schädeldaches fällt zumeist die Prominenz der Supraorbitalwülste sowie der Ansatzstellen der Muskeln und Ligamente auf; zuweilen zeigt sich der gesamte Hirnschädel durch Hyperostose vergrößert. Seine Struktur ist insofern verändert, als in den Anfangsstadien Sklerose, in späteren Stadien Porose des Schädel skelettes eintritt. Bei der Größenzunahme erweitern sich stets auch die pneumatischen Hohlräume in auffallendem Maße. Gelegentlich beobachtet man Exostosen der Schädelaußen- und -innenfläche. Wenn durch große Hypophysentumoren eine starke Steigerung des Hirndruckes bewirkt wird, können neben vertieften Impressionen der Schädelinnenfläche die Jura cerebralia in Gestalt mächtiger Protuberanzen vorspringen. Die Nähte können prämaturn synostosieren.

Das Röntgenbild zeigt, wenn wir absehen von den später zu beschreibenden, durch den Hypophysentumor bedingten destruktiven Veränderungen, die Vergrößerung und Verdickung des akromegalen Schädels, die Sklerosierung bzw. Rarefizierung seiner Wand, die Bildung von Knochenauswüchsen und die Vergrößerung der pneumatischen Räume.

Die Konstatierung der beschriebenen Schädelveränderungen ist diagnostisch von Bedeutung, besonders in jenen Fällen, wo eine Vergrößerung der Hypophysengrube nicht nachweisbar ist, sei es, daß der Hypophysentumor so klein ist, daß er keinerlei Usur des Knochens erzeugt, oder daß der Tumor unterhalb der Sella, im Keilbeinkörper, sich befindet. Die hyperplastischen Schädelveränderungen sind so charakteristisch und so konstant, daß man auf Grund derselben meist die Unterscheidung der Akromegalie von den anderweitigen Hyperplasien und Vergrößerungen des Schädels (Kephalonen, Pagetsche Krankheit, tumorartige Hyperostose) treffen kann. Über eigenartige, als „hypophysäre Dysostose“ aufgefaßte Schädeldefekte s. S. 198.

Ostitis deformans (Pagetsche Krankheit). Ostitis fibrosa (Recklinghausen).

Die für die Pagetsche Erkrankung charakteristische Veränderung des Schädels besteht in einer exzentrischen Verdickung des gesamten Schädeldaches oder einzelner Abschnitte desselben. Die Knochen der Basis können auch miterkranken, während der Gesichtsschädel frei zu bleiben pflegt.

Die Verdickung des Schädeldaches bildet sich meist bei Individuen jenseits des 40. Jahres allmählich aus, zuweilen unter migräneartigem Kopfschmerz, psychischen Anomalien oder Störungen seitens der Sinnesorgane. Der Kopfumfang nimmt allmählich zu, der Kopf wird unförmig und klingt bei Perkussion eigentümlich hohl.

Die äußere Oberfläche des Schädels ist höckerig, rauh, die innere Oberfläche zeigt meist keine wesentlichen Veränderungen, so zwar, daß die Gefäßfurchen und Nervenlöcher keine Änderung des Kalibers aufweisen. Die Verdickung des Knochens erfolgt sowohl durch Apposition vom Periost aus als auch durch Knochenneubildung vom Mark; gleichzeitig kommt es zu einem Umbau der Knochenstruktur, die Schädelwand zeigt nicht die normale Abgrenzung der beiden Tabulae compactae gegenüber der Spongiosa mehr, sondern sie besteht aus einem stellenweise weichen, stellenweise harten, sklerotischen Knochengewebe.

Außer der durch die Verdickung bedingten Form- und Größenveränderung des Schädeldaches ist zumeist auch eine Formveränderung der Basis wahr-

zunehmen; da nämlich die basalen Teile des Schädels, welche aus weichem osteoidem Gewebe bestehen, nachgiebig sind, so kann unter dem Drucke des schweren Kopfes eine basilare Impression entstehen (Marie und Léry).

In einzelnen Fällen von Pagetscher Krankheit scheint im späteren Verlaufe die Hyperostose sich nach Art eines Sarkoms zu entwickeln. Damit ist ein Übergang geschaffen zu der diffusen Sarkomatose des Knochensystems. Eine wichtige Rolle in der Ätiologie der Ostitis deformans scheinen innersekretorische Störungen, Traumen und Zirkulationsstörungen zu spielen. Auch ein Vorkommen der Erkrankung bei bestimmten Berufen, insbesondere Wäschern und anderen, mit mineralischen Stoffen beschäftigten Handwerkern, wurde von Ottinger festgestellt, der gleichzeitig auf das familiäre Auftreten der Erkrankung hinwies.

Das Röntgenbild (Abb. 12) läßt bei Ostitis deformans die Verdickung der Schädelwand und die Veränderung der Knochenstruktur, den Wechsel von sklerotischen und porotischen Stellen, die Schichtung der Schädelwand, die Unebenheit der Oberfläche sowie die Struktur- und Formveränderung der Basis darstellen. Anderweitige Prozesse, die zu einer Schädelvergrößerung führen (Weichteiltumoren, tumorartige Schädelhyperostose, Hydrokephalie), lassen sich auf diese Weise von der Pagetschen Krankheit differenzieren.

Neuere klinische, röntgenologische und anatomische Darstellungen der Ostitis deformans finden sich bei Caan, Groß, Naumann. —

Die Ostitis fibrosa (cystica) zeigt pathologisch-anatomisch weitgehende Ähnlichkeit mit der Ostitis deformans, ist jedoch klinisch von ihr zu trennen (Frangenheim). Sie ist eine Erkrankung des jugendlichen Alters und tritt zumeist im Anschluß an ein Trauma auf. Sie stellt sich als eine Knochenverdickung dar, die meist von der Schläfengegend ihren Ausgangspunkt nimmt und auf die benachbarten Schädelanteile übergreift. Die verdickten Stellen zeigen keine deutliche Abgrenzung der Tabula interna und externa, die Diploe ist sklerosiert und weist bindegewebige und zystische Herde auf. Die genannten Veränderungen der Dicke und Struktur, insbesondere die zystischen Hohlräume, lassen sich mit Hilfe des Röntgenbildes deutlich erkennen.

Im Anschluß an die Besprechung der Ostitis deformans sei auch kurz die als hyperplastische Ostitis bezeichnete Affektion erwähnt, bei welcher es zu Knochenverdickungen im Bereich des gesamten Skelettes, zuweilen auch des Schädels kommt. Da meist eine toxische Ätiologie (Arsen, Phosphor, Alkohol) diesen Formen zugrunde liegt, so spricht man auch von „toxischer Osteoperiostitis ossificans“ (Sternberg). Hierher rechnet man ferner die bei Leukämie, Ikterus, bei malignen Tumoren und Herzkrankheiten zuweilen vorkommende Schädelverdickung sowie die während der Schwangerschaft sich entwickelnde Hyperostose („puerperale Osteophyt“). Die genannten Veränderungen lassen sich mit Hilfe der Röntgenstrahlen kaum je darstellen.

Als Osteosclerosis fragilis generalisata (Davis) bezeichnet man eine seltene, zuerst von Albers-Schönberg beschriebene Skelett-Erkrankung,

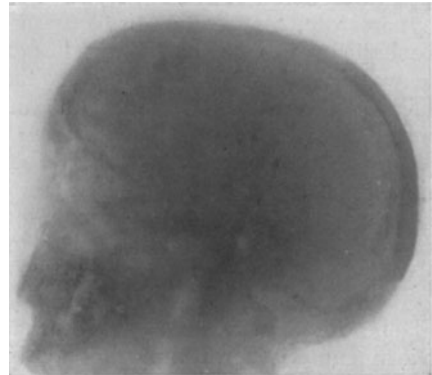


Abb. 12. Ostitis deformans (Paget): Osteoporose des ganzen Schädels, mit Ausnahme einer Calotte des Hinterhauptes.

bei welcher die Spongiosa durchwegs sklerosiert ist, so zwar, daß am Röntgenbilde der Knochen eine gleichmäßige Dichte aufweist (Marmor Knochen). Auch der Schädel ist diffus sklerosiert, strukturlos, marmorartig. Im Bereich der Schädelbasis ist stets eine diffuse Verdickung vorhanden, insbesondere an den Wänden der Sella turcica. Gelegentlich wurde auch eine Verengung der Löcher der Schädelbasis mit Störungen von seiten der Hirnnerven (Neuritis optica) konstatiert.

Bei den bisher besprochenen Schädelhyperostosen bildete die Schädelaffektion die Teilerscheinung einer Erkrankung des gesamten Knochensystems. Hyperostose kommt jedoch auch als eine auf den Schädel beschränkte Affektion zur Beobachtung, und zwar unter dem Bilde der diffusen Hyperostose und der tumorartigen Hyperostose des Schädels.

Diffuse und tumorartige Schädelhyperostose.

Bei den höchsten Graden der in Rede stehenden Form von Schädelhyperostose, die als Leontiasis ossea (Virchow), Kephalomegalie oder Megalokephalie beschrieben wurden, stellt der Schädel eine kolossale, mehrere Kilogramm schwere, unförmige Knochenmasse dar, deren Oberfläche knollige, flache Wülste zeigt, wobei die Hohlräume im Innern des Schädels durch Knochenwucherungen erfüllt sind. In leichteren Graden findet sich eine flächenhaft ausgebreitete Hyperostose und Sklerose des Kanium nebst Hyperplasie der Gesichtsknochen bei der diffusen Hyperostose, während bei der tumorartigen Hyperostose einzelne, mehr oder minder scharf abgegrenzte knöcherne Tumoren von spongiösem Gefüge sich auf dem Boden einer meist geringfügigen diffusen Hyperostose erheben.

Die Knochenanbildung kann sowohl an der inneren als an der äußeren Fläche des Schädels einsetzen und zeigt einen langsam progredienten Verlauf. Die pneumatischen Räume können im Bereich der Hyperostose vergrößert sein.

Die Träger der in Rede stehenden Schädelhyperostosen sind meist nicht bloß in beträchtlichem Grade entstellt, sie erleiden durch die Verengung des Cavum cranii und der Orbita, der Nasen-, Rachen- und Mundhöhle sowie durch die Verlegung der Nervenkanäle schwere Störungen, die sich vorzugsweise in Schmerzen und psychischen Anomalien, in Seh-, Hör- und Geruchstörungen äußern. Zuweilen ist die Schädelhyperostose mit allgemeinem Riesenwuchs kombiniert.

Die von Klippel und Felstein beschriebene familiäre Schädelhypertrophie zeigt Vergrößerung und Verdickung des Schädeldaches bei Abwesenheit von funktionellen Störungen.

Die Hyperostose des Schädels ist häufig auf Teile des Schädels beschränkt. Danach lassen sich verschiedene Typen unterscheiden. So gibt es eine halbseitige Schädelhyperostose (Hemikraniose), ferner eine auf die Kiefer, insbesondere den Oberkiefer einer oder beiden Seiten beschränkte Hyperostose (Frangenheim, Hutter); sodann eine knollige, drusige, flächenhafte Verdickung der Innenfläche des Stirnbeines, eine die Scheitelgegend symmetrisch oder asymmetrisch überlagernde Verdickung („Helmkopf“), eine Hyperostose einer Schläfenschuppe, einer Keilbeinhälfte, eine mit Naevus flammeus kombinierte Hyperostose (Nakamura).

Die genannten Formen von Schädelhyperostosen sind teils als Produkte entzündlicher Reizung, teils als Neubildungen aufzufassen; sie entstehen im Anschluß an öfters wiederkehrende Kopfersyphilis, an Infektionskrankheiten (Influenza), Lues oder nach Traumen, und zwar sowohl nach akuten als nach chronischen. Für die Auffassung, daß es sich um eine angeborene Verbildung handle, spricht die öfters angedeutete Segmentierung der Hyperostose ent-

sprechend den einzelnen Teilstücken des Schädels, ferner die Beobachtung, daß das Fortschreiten der Verdickung mit dem Abschluß des Knochenwachstums sistiert (Schiller), endlich das wiederholt beobachtete familiäre Auftreten. Manche Formen dürften einer osteoplastischen Sarkomatose entsprechen, zumal die Umwandlung einer vorher benignen Hyperostose in Osteosarkom konstatiert wurde. Das gleichzeitige Vorhandensein von Weichteilgeschwülsten (Endotheliomen) der Dura gibt einen Hinweis auf die Tumornatur der Hyperostose.

Die Röntgenuntersuchung ist ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Feststellung des Vorhandenseins, der Ausdehnung und Struktur der erwähnten Formen von Hyperostosen des Schädels (s. Abb. 13). Sie ermöglicht die Unterscheidung der durch Hyperostose erzeugten Deformation von reinen Formanomalien (Hydrokephalie, Turmschädel). Sie weist bei unklaren Symptombildern, insbesondere denen von Epilepsie, von Hirnnervenlähmung, Psychosen, Hirndruck, Seh- oder Gehörstörungen, die Ursache in der konzentrischen Hyperostose oder in der partiellen Verdickung der Schädelbasis oder einer anderen Partie der Schädellinnenfläche nach, selbst dort also, wo auf Grund der äußerlichen Untersuchung kaum der Verdacht des Bestehens einer Hyperostose existiert. Für die Indikationsstellung zu einem chirurgischen Eingriff ist begreiflicherweise der Befund am Röntgenbilde maßgebend.

3. Geschwülste des Schädels.

Wenn die Geschwülste des Schädels auch in erster Linie das Interesse des Chirurgen beanspruchen, so kommen sie doch recht häufig zur internistischen Begutachtung, sei es wegen der Symptome von seiten der intrakraniellen Organe (Hirndruck, Epilepsie, Hirnnervenlähmung, Neuralgien), sei es wegen ihrer Beziehung zu einer Allgemeinerkrankung des Organismus (Leukämie, Tumormetastasen).

Mit Hilfe des Röntgenverfahrens gelingt es, die durch den Tumor erzeugte Knochenneubildung, Destruktion oder Formveränderung des Schädels nachzuweisen, für den Ausgangspunkt sowie die Ausdehnung und daher für die Operabilität der Geschwülste wichtige Anhaltspunkte zu gewinnen.

Wir besprechen zunächst die primär am Schädelknochen entstehenden Geschwülste, die Osteome, die primären Sarkome (Osteosarkom, Myelom, Chlorom), das Chondrom, die parasitären Geschwülste und die metastatischen Tumoren (Sarkome und Karzinome), sodann die von den Weichteilen ausgehenden Tumoren (Angiome, Fibrome, Lipome, Hydatidencysten, Fungus durae matris).

Die Osteome (Luxembourg) treten als umschriebene Auswüchse an der Außen- oder Innenfläche des Schädels (Exostose, Enostose) oder in der Wand des Schädels auf oder sie gehen von den pneumatischen Räumen aus (sog. Höhlenosteome). Die Struktur zeigt entweder spongiösen Bau, häufig mit radiärer Anordnung der Knochenbälkchen, oder elfenbeinharte Beschaffenheit. Ihre Oberfläche ist glatt, knollig oder stachelig. Sie kommen zuweilen multipel vor. Gelegentlich findet man das Osteoma simplex stellenweise in Umwandlung zu Sarkom begriffen. Auch bestehen fließende Übergänge zwischen Osteom und diffuser Hyperostose.

Die häufigste Form des primären Sarkoms des Schädels ist das Osteosarkom. Dasselbe geht entweder von der Außenfläche des Schädels aus (periostales Sarkom) oder vom Mark der Diploe (myelogenes Sarkom) oder von der Dura. Ein Lieblingssitz der Osteosarkome sind die Kieferknochen und die Wände der Nasenhöhle. Das Osteosarkom ist meist eine den Knochen usurierende oder substituierende Weichteilgeschwulst mit einem knöchernen

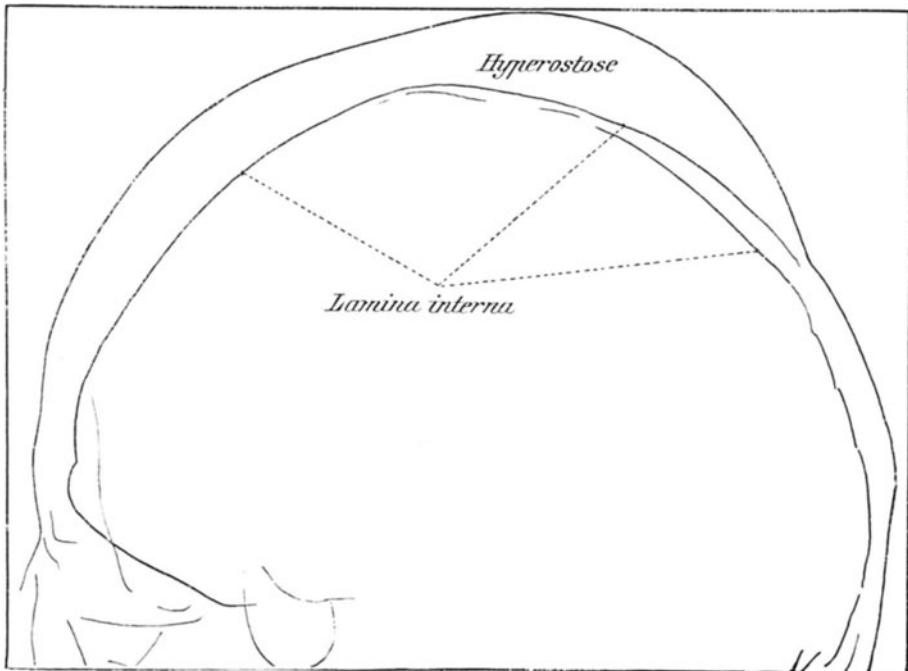
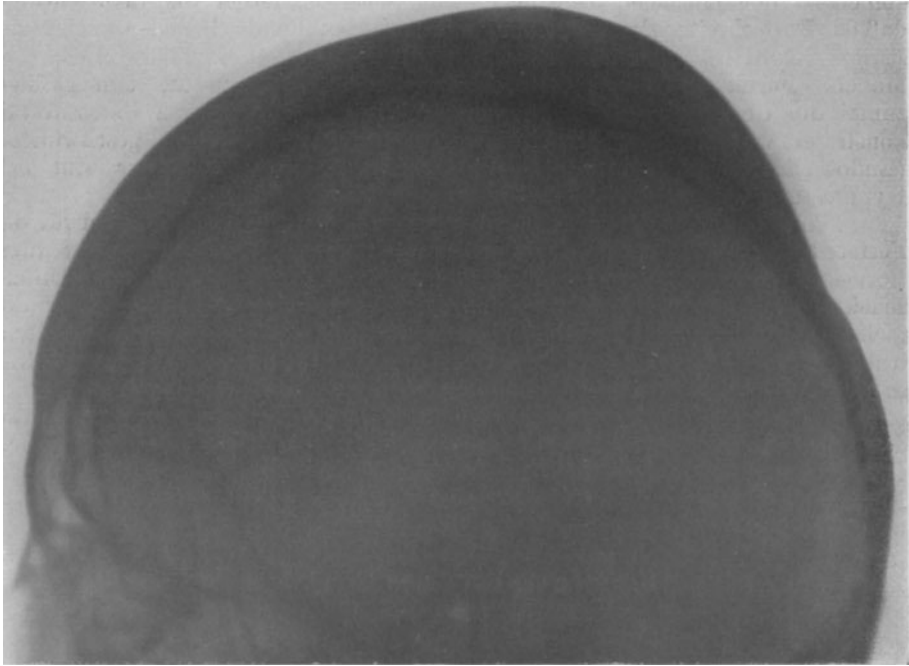


Abb. 13. Profilaufnahme eines Falles von exzentrischer Verdickung des Stirn- und Scheitelbeines.

Gerüst, das in Form von Netzen oder Knoten oder nur als knöcherne Schale entwickelt ist.

Zuweilen hat das Osteosarkom große Ähnlichkeit mit der früher beschriebenen tumorartigen oder diffusen Hyperostose, so zwar, daß selbst am anatomischen Präparat makroskopisch die Unterscheidung nicht gelingt.

Zu den selteneren Formen des primären Sarkoms am Schädel gehören das Myelom und Lymphosarkom. Bei beiden bildet die sarkomatöse Affektion des Schädels nur eine Teilerscheinung einer Systemerkrankung des Skelettes. Das Myelom tritt ebenso wie am übrigen Skelett (Kohlmann) in Form von zahlreichen Herden auf, welche das Schädeldach rarefizieren, grubig vertiefen oder durchlöchern. Das Lymphosarkom, das mit Vorliebe im frühen Kindesalter primär am Schädel zur Entstehung kommt, bildet diffuse, flächenhafte Wucherungen, die einerseits zu Rarefizierung des Skelettes, wodurch dasselbe nachgiebig wird und Formveränderungen erfährt, andererseits zu Knochenneubildung führen, so daß der Schädel vergrößert erscheint. Die häufigste

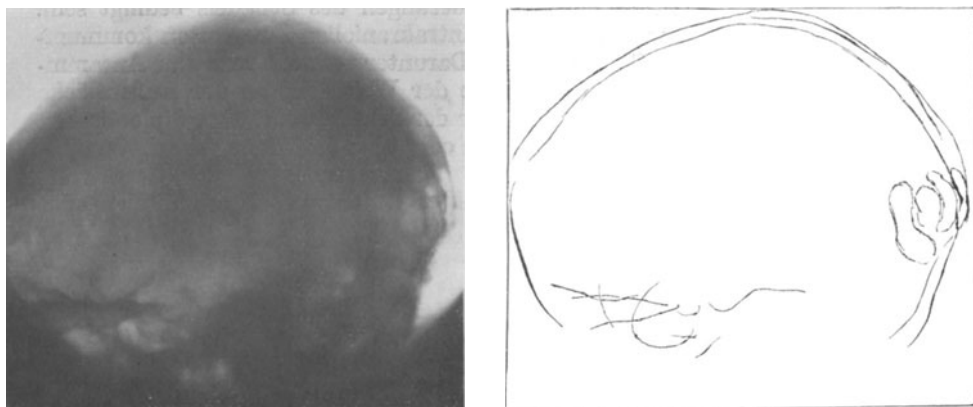


Abb. 14. Schädeldefekte am Scheitel- und Hinterhauptsbein infolge von Metastasen eines Mamma-Karzinoms.

Form des Lymphosarkoms ist das Chlorom, dessen Ausbreitung an der Schädelbasis, insbesondere in der Umgebung der Orbita, meist zu Erscheinungen von seiten der Sinnesorgane und der Hirnnerven führt.

Unter den metastatischen Tumoren des Schädels kommen vor allem die von Karzinomen bzw. Sarkomen der Schilddrüse, Prostata, Mamma und Nebenniere herstammenden in Betracht (s. Abb. 14). Die Metastasen verursachen umschriebene Destruktion, Rarefizierung, Verdichtung oder Verdickung der Schädelwand oder sie infiltrieren das Schädel skelett in diffuser Weise, ohne die Form desselben wesentlich zu verändern, wobei sie entweder zur Rarefizierung oder zur Sklerosierung des Knochens führen (osteoklastische und osteoplastische Form des Karzinoms bzw. Sarkoms).

Eine dem Schädel eigentümliche Geschwulstform ist das Cholesteatom. Dasselbe kann zu ausgedehnten Zerstörungen des Skelettes, insbesondere des Schläfenbeins führen.

Hydatidenzysten der Schädelknochen sind sehr selten; sie gehen entweder von der Außenfläche der Dura oder von den Nebenhöhlen aus. Der Knochen wird durch die Zyste vorgewölbt und verdünnt, selbst perforiert. Selten sind Enchondrome und Chordome an der Schädelbasis. Letzteres

kommt in der Gegend der Synchondrosis basilaris vor, mitten auf dem Clivus Blumenbachii, in Form einer kleinen (hirse- bis linsengroßen) Geschwulst. Ausnahmsweise findet sich das Chordom in der Sella turcica. Das Chordom wird von Resten der Chorda dorsalis abgeleitet. Lemke, Linck u. a. beschreiben ein malignes Chordom mit ausgedehnter Zerstörung der Schädelbasis. Enchondrome finden sich nur an den knorpelig präformierten Kiefern, ebenso die Enchondrosis ossificans, die meist multipel auftritt, aber das Schädeldach verschont.

Die von den äußeren Weichteilen des Kopfes ausgehenden Geschwülste sind mannigfaltiger Art. Wir erwähnen zunächst das Haemangioma venosum simplex und cavernosum der weichen Schädeldecken. Die Venen desselben stehen zuweilen mit den Venen der Diploe, bzw. mit den intrakraniellen Venen in Kommunikation, was sich am Schädel durch Vorhandensein zahlreicher Öffnungen manifestiert. Am Rande pflegt die Gefäßgeschwulst von einem Knochenwall umgeben zu sein; entsprechend der Basis der Geschwulst kann die Oberfläche des Schädels uneben erscheinen. Auch können durch die Anwesenheit dieser Geschwülste Formveränderungen des Schädels bedingt sein. Ein ähnliches Verhalten wie das mit der intrakraniellen Zirkulation kommunizierende Angiom zeigt die Sinusokele. Darunter versteht man eine Ansammlung venösen Blutes in einem Hohlraume der Weichteile an der Außenfläche des Schädeldaches, entstanden durch Usur der Schädelwand über diploetischen Venen, über Pacchionischen Granulationen oder über den Sinus venosi. Charakteristisch ist die Kompressibilität und Formveränderung der Geschwulst bei Lagewechsel des Kopfes. Der Sinusokele ist entweder kongenitalen oder traumatischen Ursprungs.

Das Aneurysma cirsoïdes stellt eine Geschwulst dar, welche, aus erweiterten und vielfach geschlängelten arteriellen Gefäßen bestehend, mit Vorliebe im Bereich der Kopfhaut sich lokalisiert. Sie erzeugt gewöhnlich Perforation der Schädelwand. Gleichzeitig mit dem äußeren Aneurysma cirsoïdes oder auch unabhängig von demselben kann eine ähnliche Bildung an der Innenfläche des Schädels auftreten, wobei die Furchen der Arteria meningea vertieft und vermehrt sind. Auch das einfache Arterienaneurysma, das von den Arterien der weichen Schädeldecken oder den intrakraniellen Arterien, der Arteria meningea oder der Carotis, seinen Ursprung nehmen kann, führt zuweilen zur Usur der Schädelwand.

Die Atherome und Dermoidcysten, die bekanntlich recht häufig am Schädel zur Beobachtung kommen, usurieren zumeist den Schädelknochen; sie können selbst mit dem Schädelinnern kommunizieren.

Die Fibrome der Weichteile des Schädels treten häufig in diffuser Form auf; sie lassen sich je nach ihrem Sitze an den Nerven oder Lymphgefäßen in Neuro- und Lymphangiofibrome unterscheiden. Meist ruft die Anwesenheit dieser Geschwülste bedeutende Veränderungen am Schädel skelett hervor. Man beobachtet entweder Hyperostose der Schädelwand oder Atrophie derselben, die bis zur Perforation gehen kann, so zwar, daß eine Kommunikation dieser Geschwülste mit dem Schädelinnern und daher Pulsation besteht.

Unter den Lipomen der Schädeldecken verdienen die sog. osteoperiostalen ein besonderes Interesse. Sie usurieren den Schädel und bilden einen knöchernen Ring an ihrer Basis. Sitzen sie an der Außenfläche des Schädelgrundes, so können sie die Gesichtsknochen verdrängen und deformieren.

Die Röntgenuntersuchung liefert unentbehrliche Behelfe für die Diagnose der knöchernen Tumoren des Schädels. Sie deckt das Vorhandensein solcher Osteome und Osteosarkome auf, die äußerlich überhaupt nicht wahrnehmbar sind, also der an der Basis, an der Innenfläche und in den Luft-

räumen des Schädels gelegen; sie demonstriert die Ausdehnung äußerlich sichtbarer Knochenauswüchse gegen das Schädelinnere zu; sie läßt die Struktur der Geschwulst erkennen und ermöglicht derart festzustellen, ob es sich um ein einfaches (spongiöses bzw. eburniertes) Osteom oder um ein Osteosarkom handelt; endlich stellt sie fest, daß eine knöcherne Geschwulst und nicht bloß eine Auftreibung des Knochens (hydrokephale Ausdehnung), eine entzündliche, z. B. syphilitische Schwellung oder eine Weichteilgeschwulst vorliegt. Auch kann gelegentlich das Röntgenogramm den Nachweis erbringen, daß eine nach dem Tastbefunde für knöchern gehaltene Geschwulst keine Verkalkung aufweist, daß der Tumor der Außenfläche des Schädels angehört und nicht in die Schädelwand bzw. in das Schädelinnere eingedrungen ist.

Die Röntgenuntersuchung gestattet ferner den Nachweis der durch nicht verknöcherte Geschwülste des Schädel skelettes und der Weichteile hervorgerufenen Halisterese, Osteoporose, Usurierung und Deformierung des Knochens, selbst im Bereich jener Schädelpartien, die der äußerlichen Untersuchung nicht zugänglich sind. Aus der Form und Ausdehnung der Destruktion gewinnt man Anhaltspunkte für die Beurteilung der Natur des Tumors (Gefäßkanäle deuten z. B. auf Angiome) und die Unterscheidung von den durch Entzündungen (Lues, Tuberkulose usw.) oder Mißbildungen (Hirnhernie) bewirkten Destruktionen sowie für die Entscheidung bezüglich der Möglichkeit und der Chancen eines operativen Eingriffes.

V. Verletzungen des Kopfes.

Die bei schweren Kopfverletzungen auftretenden anatomischen Veränderungen des Schädelinhaltes (Contusio cerebri, Haemorrhagia cerebri, Haematoma durae matris, Meningitis, Hirnabszeß) können am Röntgenbild nicht direkt erkannt werden. Die pneumographische Untersuchungsmethode (nach Dandy) dürfte die Möglichkeit bieten, die genannten intrakraniellen Veränderungen zur Darstellung zu bringen. Über die röntgenographische Erkennbarkeit der in traumatischen Erweichungsherden des Gehirns zuweilen auftretenden Verkalkungen wird in anderen Kapiteln gesprochen.

Von großer Bedeutung für die Diagnose intrakranieller Verletzungen ist der röntgenologische Nachweis von Fremdkörpern im Innern des Schädels und der bei Kopfverletzungen so häufig sich einstellenden Läsionen der knöchernen Hüllen des Gehirnes. Was zunächst die intrakraniellen Fremdkörper betrifft, so kommen am häufigsten die durch Schußverletzung, seltener die bei Stichverletzungen eindringenden Projektile, Messerklingen, Nadeln, Nägel zur Beobachtung. Das Röntgenbild gestattet nicht nur das Vorhandensein, die Art, Zahl, Größe, Form und den Sitz der Fremdkörper zu bestimmen, sondern auch den Weg, welchen sie im Innern des Schädels zurückgelegt haben, eventuell auch gewisse Ortsveränderungen, welche durch die Hirn-Pulsation oder durch Kopfbewegungen hervorgerufen werden. Die durch Pulsation entstandenen Bewegungen des Fremdkörpers verraten sich auf der Röntgenplatte durch einen Doppelschatten des Projektils (Schüller), die durch Kopfbewegungen entstandenen Ortsveränderungen des Fremdkörpers lassen sich durch Aufnahme in verschiedenen Kopflagen nachweisen.

Die röntgenologische Auffindung eines Projektils oder eines anderen Fremdkörpers ist zuweilen ein überraschendes, die Sachlage mit einem Schlage aufklärendes Ereignis. Von Wichtigkeit ist der Umstand, daß mit Hilfe des Röntgenbildes eine rasche und zuverlässige, der anatomischen

gleichwertige Kontrolle der auf Grund klinisch-neurologischer Symptome gestellten Herddiagnose ermöglicht wird.

Zu den Fremdkörpern können auch die infolge von Verletzungen im Schädelinnern auftretenden Luftansammlungen (Pneumatokele) gerechnet werden. Dieselben treten zumeist bei Schädelverletzungen auf, die einerseits zur Eröffnung der pneumatischen Räume des Schädels (meist der Stirnhöhle, selten der Mastoidzellen), andererseits zur Zertrümmerung des Gehirns geführt haben. Bei forcierten Atmungsexkursionen oder bei Hustenstößen wird die Luft aus den pneumatischen Höhlen ins Gehirn eingesogen oder hineingepumpt. Die Luft kann auch im Augenblick der Verletzung ins Hirngewebe eingepreßt worden sein oder es bildet sich eine Gasansammlung in einem Hirnabszeß infolge des Eindringens von Fremdkörpern, welche die Träger gasbildender Bakterien sind.

Nach dem Sitz der Luftansammlung unterscheidet man die extra- und intrazerebrale Pneumatokele, je nachdem ob die Luft zwischen Schädel und Hirnoberfläche oder in einem traumatisch entstandenen Hohlraum des Gehirnes selbst liegt, ferner die Luftansammlung in den Hirnventrikeln (Pneumatokephalie). Die bei Kopfverletzungen zuweilen auftretende Luftansammlung an der Außenfläche des Schädels bezeichnet man als extrakranielle Pneumatokele. Sie hat ihren Sitz in der Stirn- oder Warzenfortsatzgegend (Frenzel, Reverchon-Worms).

Die Luftansammlungen innerhalb des Gehirns lassen sich, wie Luckett, Stewart, Glenard et Emard, Hansson, Horrax u. a. gezeigt haben, infolge der durch sie verursachten Aufhellung im Kontrast zu den umgebenden Schatten der intrakraniellen Weichteile und Flüssigkeit mit Hilfe der Röntgenstrahlen gut zur Ansicht bringen. Eine Zusammenstellung der Publikationen über Pneumatokele gibt Goldammer.

In einem von Duken beobachteten Fall von Schußverletzung der Stirngegend zeigte die Röntgendurchleuchtung innerhalb des Stirnlappens einen Luftherd und an dessen Basis einen Flüssigkeitsspiegel, der bei Kopfbewegungen Niveauveränderungen erkennen ließ. —

Was die Verletzungen des Schädel skelettes (Dege, Moorhead-Weller) anbelangt, so stellen sie sich unter der Form von Kontinuitätstrennungen dar, deren Charakter einerseits von der Gewalteinwirkung, andererseits von der Struktur der betroffenen Schädelpartie beeinflußt wird. Die durch scharfe Instrumente erzeugten Stich-, Hieb- und Schnittwunden des Schädels betreffen vorwiegend das Schädeldach und weisen häufig eine Dislokation der Knochenfragmente (Impressionsfraktur) auf, während die durch stumpfe Gewalt erzeugten Kontinuitätstrennungen mit Vorliebe die zarteren Teile der Schädelbasis betreffen und sich in Form einfacher Fissuren oder Nahtdehiszenzen präsentieren. Eine Kombination beider Mechanismen von Schädelverletzung findet sich bei den Schußverletzungen (Guleke). Die Fissuren der Schädelbasis zeigen meist einen typischen Verlauf; die der vorderen und hinteren Schädelgrube verlaufen in sagittaler, die der mittleren Schädelgrube in frontaler Richtung (Lecount und Apfelbach).

Der jugendliche elastische Schädelknochen und der kompakte Knochen des gesunden Erwachsenen begünstigt das Zustandekommen einer Kontinuitätstrennung weit weniger als der dünne senile oder durch Krankheitsprozesse brüchig gewordene Schädel.

Die reparatorischen Vorgänge nach Verletzungen des Schädel skelettes zeigen zumeist nicht jene Intensität, wie sie den übrigen Skeletteilen zukommt; stärkere Kallusbildung beobachtet man höchstens bei Heilung von Splitterbrüchen. Frakturen der Nahränder scheinen ebenso wie chronische Traumen

derselben zu prämaturer Synostose Veranlassung zu geben (Weinnoldt); es geschieht jedoch nicht selten, daß die traumatischen Kontinuitätstrennungen überhaupt nicht knöchern verheilen. Substanzverluste der Schädelwand, die durch Traumen in der Kindheit entstehen, pflegen sich sogar beim weiteren Wachstum des Schädels mächtig zu vergrößern, wobei die hinter der Lücke gelegenen intrakraniellen Weichteile meist pathologisch verändert sind, und zwar in der Form der Porencephalia traumatica oder der Meningocele traumatica spuria (Billroth, Weinlechner, Eckhardt). In einem Fall Ziehens fand sich eine traumatische Knochenzyste des Hinterhauptes, die mit dem Seitenventrikel kommunizierte. Die Vergrößerung der Fissuren und Lücken erfolgt offenbar durch Dehnung seitens des Gehirns oder einer unterhalb des Schädeldefektes vorhandenen Flüssigkeitsansammlung. Auch ein Varix spurius traumaticus kann zur Verdünnung der Schädelwand führen.

Für die Feststellung von traumatischen Veränderungen (Splitterungen, Defekten, Verdünnungen, Depressionen) des Schädeldaches ist die Röntgenuntersuchung insbesondere dann unentbehrlich, wenn infolge von Schwellung der Verletzungsstelle durch Ansammlung von Eiter, Blut (Varix spurius traumaticus) oder Liquor (Meningocele traumatica) oder wegen Schmerzhaftigkeit gegen Betastung die übrigen Untersuchungsmethoden versagen. Das dankbarste Objekt für die röntgenographische Darstellung bilden die Fissuren des Schädels, die sich bekanntlich jeder anderen Untersuchungsmethode gegenüber unzugänglich erweisen (s. Abb. 15). Denks hat gezeigt, wie häufig es gelingt, bei den alltäglichen Kopfverletzungen der Kinder Fissuren als Ursache der an der Läsionsstelle vorhandenen Blutbeulen auf der Röntgenplatte nachzuweisen. Allerdings begegnet die röntgenographische Darstellung dieser, wie der meisten Fissuren des Schädels und besonders der Schädelbasis, bei ihrer Zartheit beträchtlichen Schwierigkeiten. Auch ihre Differenzierung gegenüber Nähten sowie Arterien- und Venenfurchen ist nicht immer leicht durchführbar. Die Nähte zeigen typische Lokalisation, symmetrische Anordnung und meist zackige Ränder, während Fissuren atypische Lage und irregulären Verlauf sowie geradlinige Ränder aufweisen. Gefäßfurchen haben meist ein breiteres Kaliber als Fissuren und besitzen außerdem eine charakteristische Verzweigung. Schwieriger noch als der Nachweis von Fissuren ist die Feststellung von Nahtdehiszenzen, zumal im Bereich der Schädelbasis. Gelegentlich kann der röntgenologische Nachweis von Verdunkelung der pneumatischen Räume (infolge von Blutansammlung) einen Hinweis auf das Vorhandensein einer Basisfraktur bieten.

Auf Grund der aus dem Röntgenbild gewonnenen Kenntnis der Stelle und des Verlaufes von Kontinuitätstrennungen kann man nicht bloß Anhaltspunkte für den Mechanismus der Verletzung, sondern auch für die Entscheidung, ob und wo sich Verletzungen des Schädelinhaltes finden dürften, gewinnen. Das Röntgenbild ermöglicht derart die Begutachtung der Schwere der Verletzung und gibt Anhaltspunkte für die Art ihrer Behandlung, insbesondere bezüglich eines operativen Eingriffes, bei dessen Durchführung sie unschätzbare Dienste leistet, zumal bei den unter Röntgenkontrolle vorgenommenen Operationsmethoden. Endlich dient die Röntgenuntersuchung auch der Klärung von Folgezuständen der Kopfverletzungen, als deren Ursache sie z. B. die für Tumoren oder anderweitige hirndrucksteigernde Prozesse charakteristischen Schädelveränderungen nachweist.

Einige Fälle unserer Beobachtung mögen hier kurz referiert werden.

1. 30jähriger Mann, aus dem Feld mit linksseitiger Taubheit und linksseitiger Fazialislähmung zurückgekehrt. Diese Erscheinungen waren angeblich akut unter Fieber aufgetreten. Die Röntgenuntersuchung ergibt die wahre Ursache der Symptome: eine

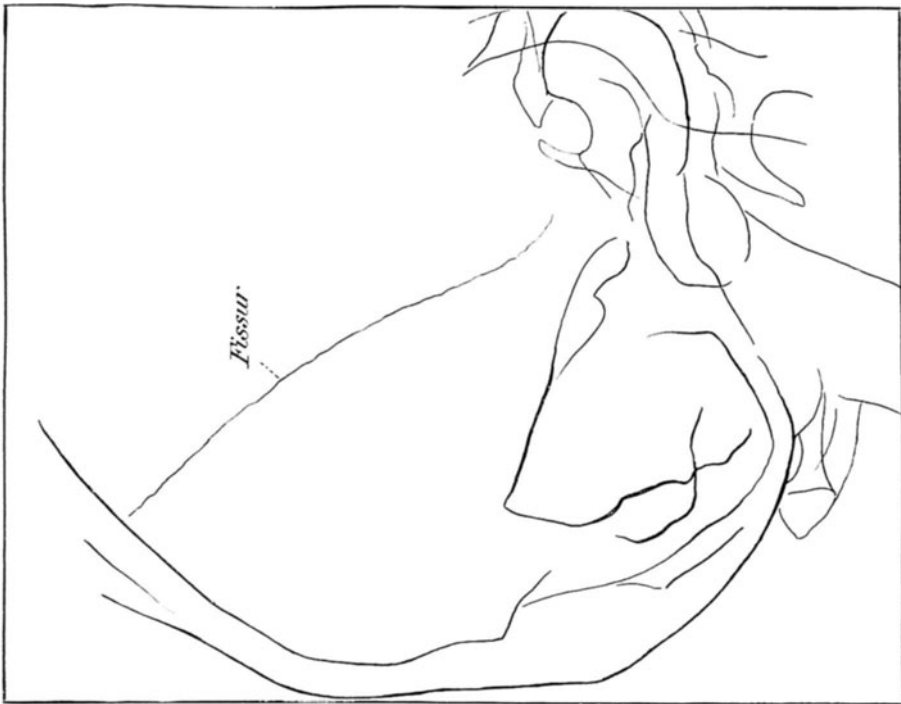
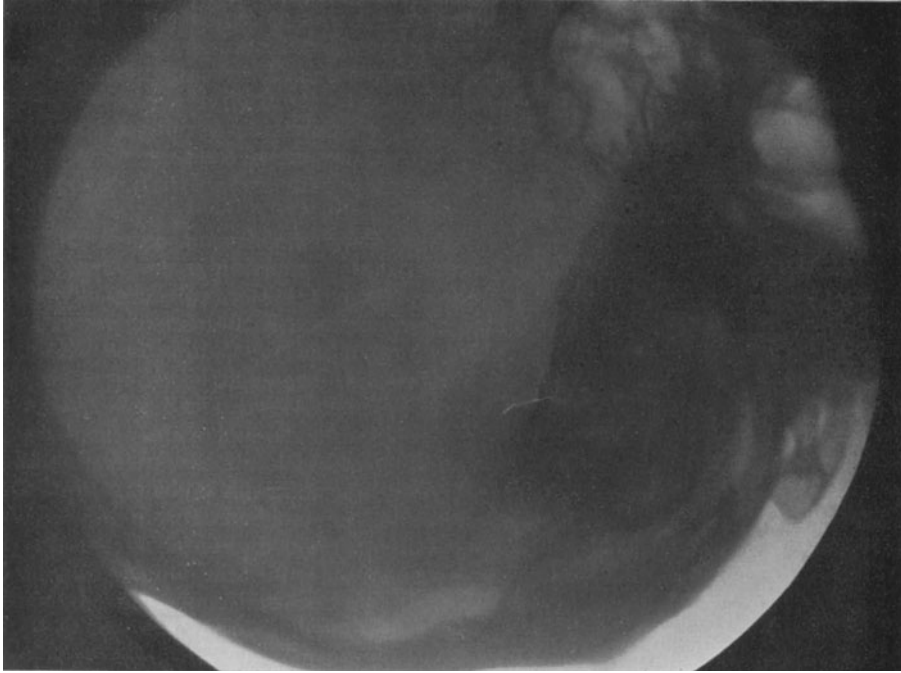


Abb. 15. Profilaufnahme eines Falles von Fissur des Scheitelbeines.

Dehiszenz des linken Lambdanaht-Schenkels und eine von diesem ausgehende lange Fissur, welche die Hinterhauptschuppe der linken Seite in sagittaler Richtung durchsetzt. Dem Patienten war, wie dies ja häufig der Fall ist, die Erinnerung an das Trauma entschwunden (retrograde Amnesie).

2. Ein 42-jähriger Mann erleidet durch Sturz gegen einen Baum aus einem in voller Fahrt befindlichen Automobil eine Gehirnerschütterung. Die Symptome derselben schwinden rasch, doch bilden sich Erscheinungen einer „traumatischen Neurose“ aus, derentwegen der Patient einer psychoanalytischen Kur zugeführt werden soll. Eine in diesem Zeitpunkt, 8 Wochen nach der Verletzung, vorgenommene Röntgenuntersuchung deckt das Vorhandensein einer parallel zur Kranznaht verlaufenden Fissur des linken Stirnbeins auf. Bei Beklopfen dieser Stelle äußert der Patient Schmerz.

3. Ein 45-jähriger Mann mit einer eigenartigen, auf Simulation verdächtigen Gangstörung ataktischer Art weist bei der Röntgenuntersuchung eine Fissur im Bereich des linken Scheitelbeines auf.

Röntgenologische Darstellungen der Kriegsverletzungen im Bereich des Kopfes finden sich in den Atlanten von Guleke-Dietlen und Szily.

VI. Röntgen-Diagnostik der intrakraniellen Erkrankungen.

In diesem Abschnitte sollen die für die Röntgendiagnostik in Betracht kommenden Affektionen des Schädelinhaltes, nämlich des Gehirns, der Hirnhäute, Hirnnerven und Hirngefäße sowie der Anhangsdrüsen des Gehirns, besprochen werden.

Direkt erkennbare Veränderungen des intrakraniellen Inhaltes (Verkalkungsherde).

Bei der innigen nachbarlichen Beziehung zwischen Gehirnoberfläche und Schädelinnenwand lassen sich aus der Betrachtung des Schädelröntgenogrammes Rückschlüsse auf gewisse Details des intrakraniellen Inhaltes ziehen. Die zerebrale Oberfläche der Schädelbasis bildet stellenweise einen so getreuen Abdruck der Hirnbasis, daß man daraus nicht bloß die Abgrenzung der einzelnen Hirnlappen und die Lage des Hirnstammes sowie der Hypophyse, sondern auch das Windungsrelief erkennen kann. Die Furchen des Sinus longitudinalis, sphenoparietalis und transversus sowie die Pacchionischen Gruben markieren sich gleichfalls oft deutlich. Dagegen ist man nicht imstande, die intrakraniellen Weichteile selbst am Röntgenbild zu erkennen; nur die verkalkte Glandula pinealis stellt sich als ein rundliches, linsengroßes Schattengebilde dar, in der Medianebene gelegen, 4,5–5 cm dorsal von der deutschen Horizontalen (Verbindungsline des Ohrpunktes mit dem unteren Orbitalrande), 1 cm hinter der Frontalebene des Ohrpunktes. Die Tatsache, daß man ein an typischer Stelle intrakraniell gelegenes Gebilde oft am Röntgenogramm des Schädels nachweisen kann — die Glandula pinealis weist häufig auch schon bei jugendlichen Individuen, etwa vom dritten Dezennium an, gelegentlich schon bei Kindern Kalkgehalt auf —, ist praktisch nicht ohne Bedeutung. So läßt sich das Vorhandensein eines normalen Zirbelschattens im Zweifelfalle gegen die Annahme eines Zirbeltumors verwerten. Auch kann man beispielsweise bei Verlagerung des Schattens der Zirbeldrüse nach rechts oder nach links von der Medianebene (bei symmetrisch geformten Schädeln) auf eine Verschiebung durch Druck eines Tumors oder Zug einer Narbe schließen.

Außer der verkalkten Zirbel lassen sich gelegentlich Kalkablagerungen im Plexus chorioideus der Seitenventrikel, die sogenannten Glomi chorioidei, am Röntgenbilde nachweisen (Schüller, Heuer und Dandy). Sie stellen sich als kreisrunde, haselnußgroße, äußerst zarte Schattengebilde mit granulierter Struktur dar, die sich meist bilateral-symmetrisch in die Gegend des Unterhorns der beiden Seitenventrikel projizieren (s. Abb. 16 und 17). Über

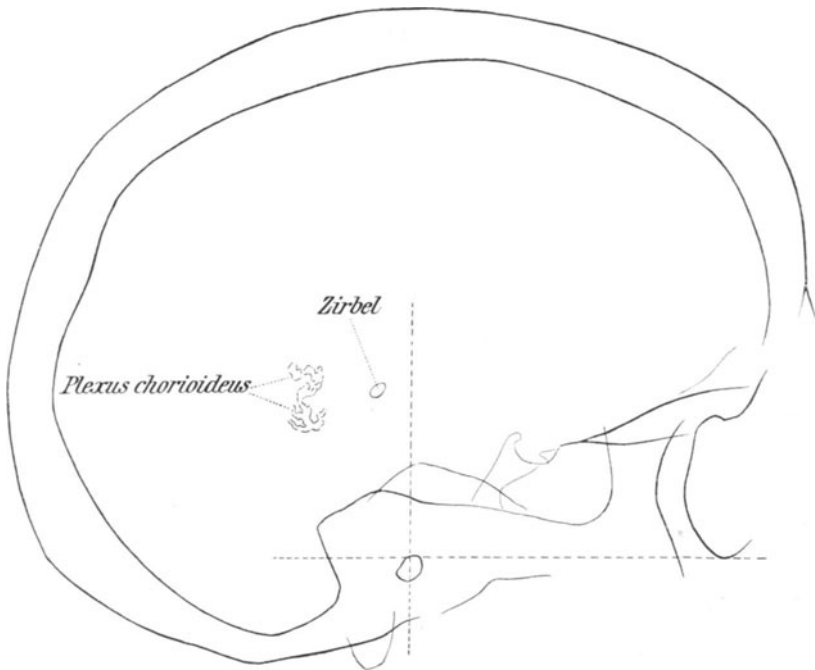


Abb. 16. Skizze der Profilaufnahme eines Falles mit Verkalkung der Zirbel und der beiden Glomi chorioidei.

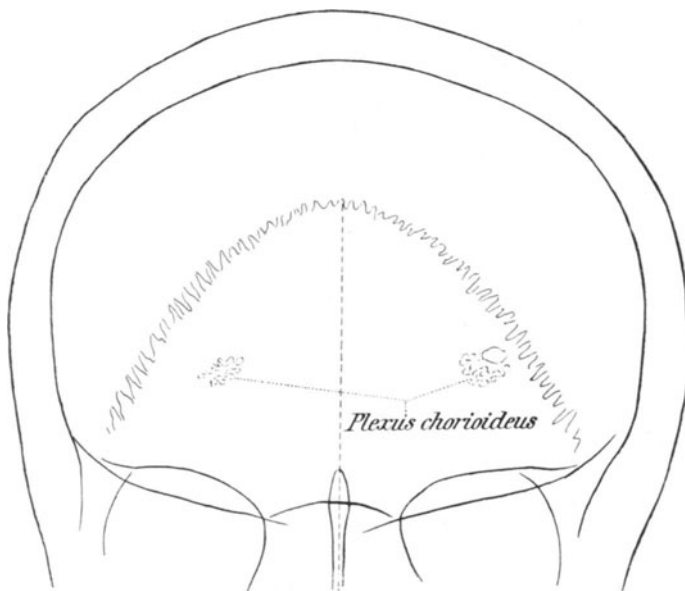


Abb. 17. Skizze der anteroposterioren Aufnahme desselben Falles wie in Abb. 16.

ihre klinische Bedeutung ist nichts bekannt. Doch scheint es, daß sie nur bei solchen Fällen in Erscheinung treten, wo irgend eine zerebrale Affektion vorliegt oder früher bestanden hatte.

Ebensowenig wie der normale intrakranielle Inhalt (mit den erwähnten, die verkalkte Zirbel und den Glomus betreffenden Ausnahmen) am Röntgenogramm sich direkt erkennen läßt, sind — entgegen der Behauptung einzelner Autoren (Holthusen) — pathologische Veränderungen des intrakraniellen Inhaltes direkt erkennbar. Ausnahmen von dieser Regel bilden, abgesehen von den bereits im Kapitel „Verletzungen“ beschriebenen Fremdkörpern, nur zwei Gruppen von Fällen.

Die erste Gruppe wird gebildet durch jene destruierenden Prozesse, welche, wie z. B. die Geschwülste und anderweitigen drucksteigernden Prozesse im Innern des Schädels, die knöcherne Wand pneumatischer Räume (Stirnhöhle, Keilbeinhöhle, Warzenfortsatz) usurieren, so zwar, daß dann der Schatten des in den pneumatischen Raum eindringenden Weichteilgebildes (Hirn samt Hirnhäuten, Tumor) sich merklich abhebt von der dem Luftraume entsprechenden Aufhellung.

Die zweite Gruppe von röntgenologisch direkt erkennbaren Bildungen sind Verkalkungs- bzw. Verknöcherungsherde im Innern des Schädels. Diese

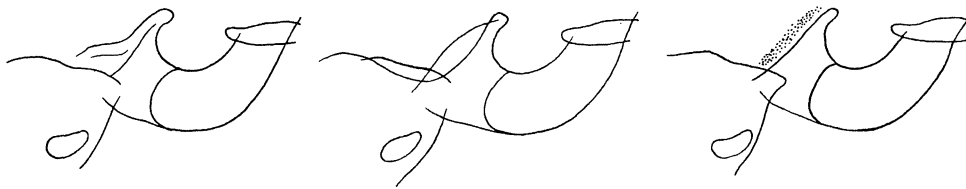


Abb. 18 a. Skizze der transversalen Sella-Aufnahme mit Verknöcherung des Tentorium-Ansatzes.

Abb. 18 b. Skizze der transversalen Sella-Aufnahme mit Verknöcherung der Dura des Klivus.

Abb. 18 c. Skizze der transversalen Sella-Aufnahme mit Verkalkung der Arteria basilaris.

Verkalkungsherde können sehr verschiedener Genese sein. Am häufigsten kommen Knochenbildungen in der Falx cerebri zur Beobachtung, die sogenannten Osteome der Falx (siehe Kapitel „Epilepsie“). Dieselben lassen sich am sagittalen Röntgenogramm als nadelförmige oder knopfartige, scharf konturierte, knochendichte Schatten erkennen, die unilateral oder bilateral (im letzteren Fall oft paarweise beisammenliegend) in der Medianebene des Schädels im Verlauf der Falx zu sehen sind. Ähnlich wie in der Falx kommen auch Knochenlagerungen in den übrigen Teilen der Dura mater vor, insbesondere in den Duplikaturen derselben, welche die Processus clinoidi anteriores mit den posteriores und medii verbinden, ferner in der Dura, welche vom Dorsum sellae zum Klivus herabzieht (s. Abb. 18 b), endlich in der Ansatzstelle des Tentorium am Dorsum sellae (s. Abb. 18 a). Öfters beobachtet man multiple, knollige, osteomähnliche Gebilde, welche von der Dura der Konvexität ihren Ausgangspunkt nehmen und an der Innenfläche des Schädels liegen. Ihr Lieblingssitz scheint das Stirnbein zu sein (Kolisko, Mc Kendree und Imboden). Die bei Usur der Schädelinnenfläche vorkommenden Kalkablagerungen in der Dura mater (Saltykow, Schmidt) sind klinisch bedeutungslos und überdies röntgenographisch nicht darstellbar.

Kalkkonkretionen innerhalb der Pacchionischen Konvolute verraten sich am Röntgenbilde durch linsengroße Flecken, die im Zentrum einer Pacchionischen Grube liegen.

Nicht allzuseiten beobachtet man bei älteren Individuen zarte Schattengebilde, welche den verkalkten Arterien der Hirnbasis, insbesondere der Carotis interna im Sinus cavernosus, entsprechen (Schüller, Lauber, Pincherle). Sie stellen sich als strangartige Gebilde dar, welche entsprechend den Krümmungen der normalen und insbesondere der pathologisch veränderten Arterie einen gewundenen Verlauf zeigen und sich auf dem



Abb. 19. Skizze der transversalen Aufnahme der verkalkten Arteria carotis interna.

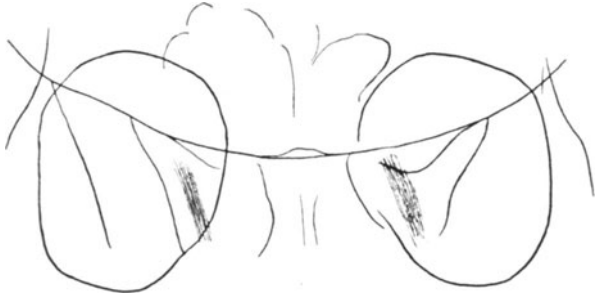


Abb. 20. Skizze der postero-anterioren Aufnahme der beiden verkalkten Karotiden.

transversalen Röntgenogramm (s. Abb. 19) in das Zentrum der Hypophysengrube projizieren. Auf dem sagittalen Röntgenogramme (s. Abb. 20) sieht man zuweilen das genannte Schattengebilde in der Gegend der Fissura orbitalis superior. Auch der Schatten der Arteria basilaris ist gelegentlich oberhalb des Klivus sichtbar (s. Abb. 18c).

Abb. 21 zeigt die Skizze der postero-anterioren Aufnahme eines Falles von beiderseitiger Sehnerven-Atrophie mit schlingenartiger Krümmung der beiderseitigen verkalkten Arteria carotis interna.



Abb. 21. Skizze der postero-anterioren Aufnahme beider Karotiden (verkalkt und geschlängelt).

Kalkplatten in der Wand von Aneurysmen und Zysten oder Geschwülsten können zuweilen als bogenförmige Schattenlinien erkennbar sein. Häufiger kommen konkretentartige Gebilde zur röntgenographischen Darstellung, welchen verkalkte, bzw. verknöcherte Hirnnarben oder Geschwülste der Inhaltsorgane des Schädels entsprechen. Verkalkte Hirnnarben nach Entzündungen des Gehirns (Enzephalitis, Abszeß), nach Blutungen oder Erweichungen des Gehirns, ferner verkalkte Tuberkel, Gummen oder Zystizerken bilden meist scharf umschriebene, runde oder polyedrische, oft zackig begrenzte Gebilde von homogener Dichte

(s. Abb. 22). Hingegen sind diejenigen Schattengebilde, welche durch Tumoren des Gehirns, der Gehirnhäute und der Anhangsdrüsen des Gehirns bedingt sind, also die kalkhaltigen Endotheliome der Dura mater, die Psammome der Hirnhäute, die verkalkten Geschwülste der Hypophyse und Zirbeldrüse, meist nicht scharf umgrenzt, nicht homogen, sondern undeutlich abgegrenzt, fleckig oder granuliert, von annähernd kugelig Gestalt. Aus der Form, Größe, Dichte, Zahl und Lage der Schattengebilde sowie aus den am

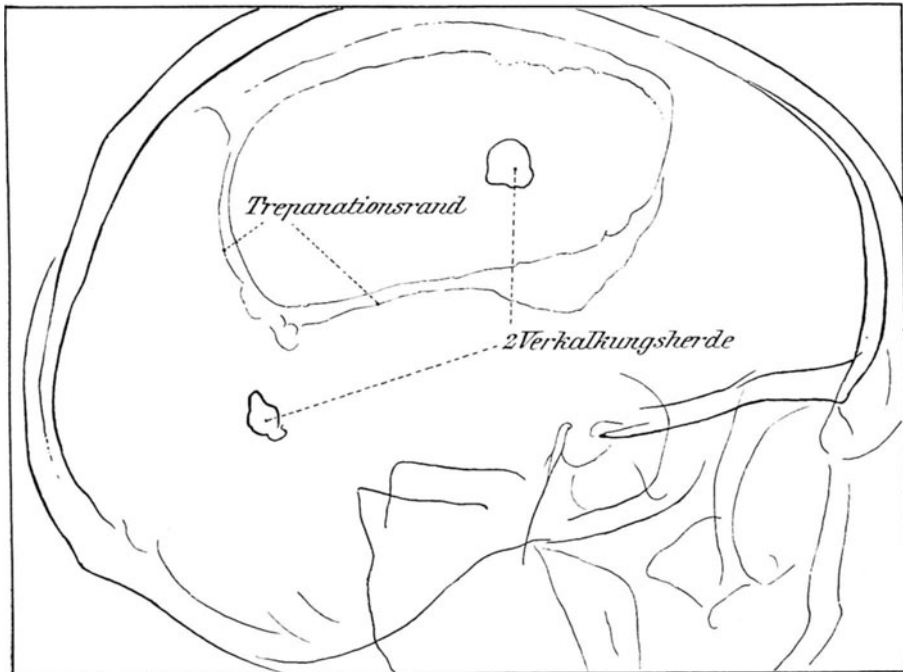
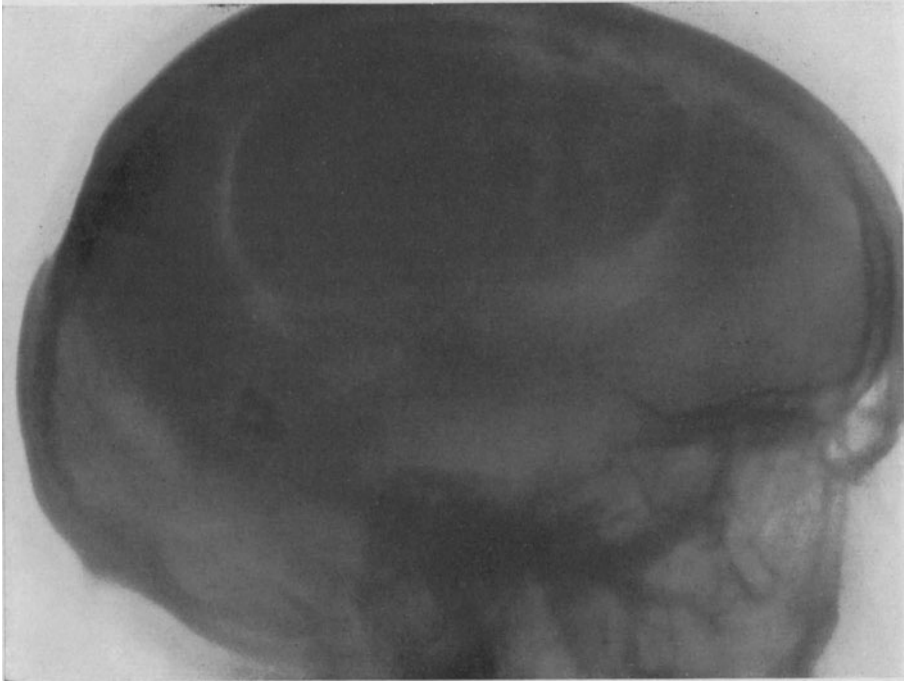


Abb. 22. Profilaufnahme eines Epileptikers mit 2 intrakraniellen Verkalkungsherden.

Röntgenogramm nebenbei erkennbaren Veränderungen der Schädelwand läßt sich zumeist die Art der Kalkherde erkennen.

Begreiflicherweise entzieht sich ein großer Teil der intrakraniellen Verkalkungen dem röntgenologischen Nachweis, nämlich jene sehr häufig vorkommenden Kalkkrümel, welche sich in nekrotischen Elementen, insbesondere in Ganglienzellen und Kapillaren der Hirnsubstanz im Gefolge von Entzündungen oder Traumen ablagern (Dürck, Thomson und Piney, Weimann).

Eine Zusammenstellung der bisher in der Röntgenliteratur publizierten Fälle von intrakraniellen Verkalkungen findet sich in der Abhandlung von Ström. Dieser betont insbesondere die charakteristische Konfiguration der Schatten verkalkter Tumoren des Gehirns und seiner Anhangsdrüsen. Sie haben meist kugelige oder kugelsegmentartige Formen; neben dichten Partien finden sich fast stets weniger dichte, wolkige Schatten, außerdem fleckige und staubförmige Verdichtungen. In letzter Zeit haben Wechsberg, Redlich, Miller-Williams über einige Röntgenbefunde bei verkalkten Hirntumoren berichtet und Brunner die Verkalkungen und Verknöcherungen in Hirnarben vom anatomischen Standpunkt behandelt.

Pneumographische Darstellung der intrakraniellen Hohlräume. (Enzephalographie nach Dandy.)

Die Methode von Dandy bezweckt die Darstellung der zerebralen Liquorräume, der Hirnventrikel und Subarachnoidalspalten, sowie pathologischer Hohlräume im Innern des Schädels. Durch Entnahme der die genannten Räume füllenden Flüssigkeit wird Platz geschaffen für die Injektion von Gas (Luft oder Sauerstoff). Die Flüssigkeitsentleerung erfolgt entweder mit Hilfe des Ventrikelstiches oder der Lumbalpunktion. Die letztgenannte Methode wird insbesondere von Bingel bevorzugt. Die mit Gas gefüllten Räume lassen sich im Kontrast zu den sie umgebenden Schatten der endokraniellen Weichteile und des Schädel skelettes auf der Röntgenplatte, oft sogar am Durchleuchtungsschirm, klar zur Darstellung bringen¹⁾. Die Deutung der durch die Luftfüllung gewonnenen Bilder setzt eine genaue Kenntnis der Form-, Größen- und Lageverhältnisse der normalen und der durch pathologische Prozesse veränderten Liquorräume voraus. Ein gutes Verständnis derselben wird durch die in den Atlanten von Key und Retzius, Hermann, Heiderich u. a. enthaltenen Abbildungen vermittelt, ebenso durch plastische Ausgüsse der Gehirnventrikel. Röntgenogramme der am Kadaver mit schattengebenden Flüssigkeiten gefüllten Hohlräume demonstrieren in sinnfälliger Weise die Form, Größe und Lage der in Rede stehenden Hohlräume (Sträußler und Schüller).

Unter normalen Verhältnissen stehen die mit Liquor gefüllten Räume, nämlich die vier Gehirnventrikel, die Subarachnoidalspalten der Gehirnkonvexität und die Zisternen der Hirnbasis sowie der Lumbalsack, miteinander in offener Kommunikation. Der von den Plexus chorioidei sezernierte Liquor gelangt in die Gehirnkammern und aus diesen durch die drei Öffnungen der Rautengrube (Foramen Magendi und die beiden Foramina Luschka) einerseits in den Lumbalsack, andererseits in den Subarachnoidalraum. Der letztere bildet an der Basis des Gehirns vier größere zystenartige Räume, die Zisternen (Cisterna magna oder cerebello-medullaris, Cisterna pontis, Cisterna interpeduncularis und Cisterna chiasmatis), an der Konvexität ein Netzwerk von Spalten, welche die Resorption des Liquors besorgen, bzw. seinen Übertritt in den venösen Kreislauf der Dura mater auf dem Wege der Pacchionischen Granulationen vermitteln.

Exakte Untersuchungen über die Größenverhältnisse der Liquorräume liegen bisher nicht vor. Dieselben scheinen individuellen Variationen unterworfen und vom Alter des Individuums wesentlich abhängig zu sein. In

¹⁾ Füllung der intraspinalen und endokraniellen Räume mit schattengebenden Massen (Lipiodol) wurde in jüngster Zeit von Sicard und Forestier empfohlen.

höherem Alter tritt infolge Atrophie des Gehirns eine Vergrößerung der Ventrikel wie auch der extrazerebralen Liquorräume auf.

Pathologische Veränderungen der Liquorräume finden sich fast bei allen Abnormitäten, die den Schädel und seinen Inhalt betreffen, also bei Mißbildungen, Verletzungen, Zirkulationsstörungen, Entzündungen, Neubildungen im Schädelinnern. Die genannten Erkrankungen führen zu Anomalien der Größe und Form, der Lage und des Inhaltes der Liquorräume (Haller, Dandy).

Die häufigste und auffallendste Veränderung der Liquorräume ist die durch angeborene oder entzündliche (meningitische) Verklebungen sowie durch Neubildungen herbeigeführte Verschließung der engen Kommunikationsstellen der Ventrikel (also der Foramina Monroi, Magendi und Luschka, sowie des Aquaeductus Sylvii) und der Arachnoidalspalten an der Konvexität des Gehirns. Dadurch kommt es zur Stauung des Liquors und Erweiterung der zentral von der Verschlusstelle gelegenen Liquorräume (Hydrokephalus). Die Erweiterung der Hirnventrikel bezeichnet man als Hydrokephalus internus, die der extrazerebralen Liquorräume als Hydrokephalus externus. Sind bloß einzelne Ventrikel oder zirkumskripte Partien der extrazerebralen Liquorräume erweitert, so spricht man von partiellem (zystischem, zirkumskriptem, unilateralem usw.) Hydrokephalus. Besteht eine generelle Erweiterung aller, sowohl der intra- wie der extrazerebralen Liquorräume, so nennt man dies auch kommunizierenden Hydrokephalus, während als obstruierender Hydrokephalus die bloß die Ventrikel betreffende Erweiterung verstanden ist. Auch bei der generellen Erweiterung der intrazerebralen Liquorräume pflegt die Ausdehnung derselben nicht gleichmäßig zu erfolgen; am frühesten und stärksten ist meist der dünne Boden des 3. Ventrikels vorgewölbt. Die Seitenventrikel bilden große sackförmige Hohlräume, deren Umriß die Abgrenzung der drei Hörner von der Cella media nicht mehr erkennen läßt. Durch übermäßige Erweiterung der Ventrikel können aneurysmen- und hernienartige Erweiterungen der Ventrikelwandungen oder Dehiszenzen (Fisteln) derselben entstehen.

Als häufigste Ursachen des kongenitalen Hydrokephalus bezeichnet Dandy die Verklebung des Aquaeductus Sylvii, der Foramina ventriculi quarti und der Arachnoidalspalten an der Hirnkonvexität. Sind letztere obliteriert, so kommt es zu kommunizierendem, sonst zu obstruierendem Hydrokephalus.

Erweiterungen der Ventrikel und Arachnoidalräume werden auch durch die Schrumpfung von Hirnnarben und durch senile Hirnatrophie erzeugt. Im ersteren Fall handelt es sich meist um zirkumskripte, im letzteren Fall um generelle Erweiterung der Liquorräume.

Verengerungen der Liquorräume finden sich am häufigsten bei Kraniostenose und bei intrakraniellen Neubildungen, namentlich bei den Tumoren der Großhirnhemisphären, ferner infolge von entzündlichen Verklebungen des Ependyms der Ventrikel und der Arachnoidalspalten. Seltener ist die Verengung der Ventrikel durch Hirnhypertrophie verursacht.

Lageveränderungen der Ventrikel sind durch Druck von seiten intrakranieller Neubildungen oder durch Zug schrumpfender Hirnnarben verursacht. Sie betreffen meist einen oder beide Seitenventrikel oder einzelne Teile derselben und sind stets mit Erweiterungen oder Verengerungen der Ventrikel kombiniert.

Unter den Veränderungen des Inhaltes der Liquorräume kommt die Füllung derselben mit Exsudat, Blut oder Luft in Betracht. Zu den Inhaltsanomalien gehören auch die Geschwülste der Plexus chorioidei und des Ependyms sowie die intraventrikulären Fremdkörper.

Das Füllungsbild der normalen Liquorräume.

Zwecks röntgenologischer Darstellung werden die Liquorräume durch Punktion des Seitenventrikels oder des Lumbalsackes nach Entleerung ihres flüssigen Inhaltes mit Luft (Sauerstoff) gefüllt, wozu unter normalen Verhältnissen 25–50 ccm ausreichen (Jüngling). Da durch Luftfüllung beim Lebenden stets nur ein Teil der Flüssigkeit ersetzt werden kann, so entstehen auf den pneumographischen Bildern Aufhellungen, deren Umrisse nicht bloß von der Form des Hohlraumes, sondern auch von der durch die Kopfhaltung bedingten Flüssigkeitsverteilung bestimmt werden und daher auch bei Änderungen der Kopfhaltung wechseln, da die Luft stets die höchstgelegenen Stellen der Hohlräume einnimmt. Aus diesem Grunde muß in der Beschreibung pneumographischer Aufnahmen außer der Bezeichnung der Durchleuchtungsrichtung auch die

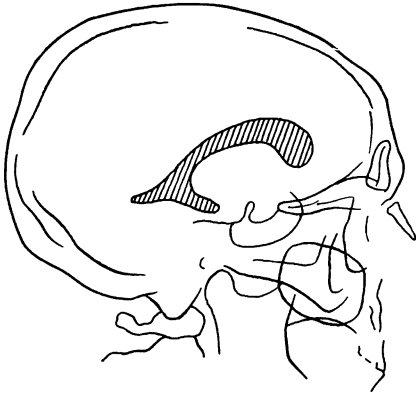


Abb. 23. Schema der transversalen Aufnahme des luftgefüllten Seiten-Ventrikels.

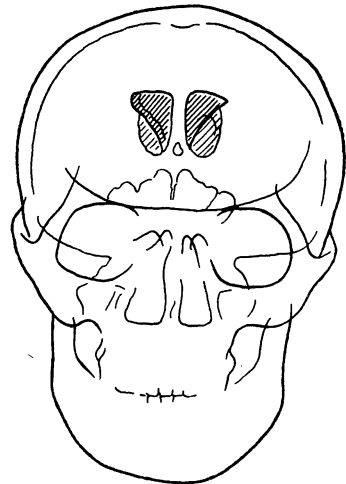


Abb. 24. Schema der anteroposterioren Aufnahme der luftgefüllten Seitenventrikel bei Hinterhauptslage des Kopfes.

Angabe über die Kopfhaltung enthalten sein. So ergibt beispielsweise die dextrosinistrale Aufnahme wechselnde Füllungsbilder, je nachdem, ob der Kopf in aufrechter, herabhängender oder liegender (und zwar vorn, hinten, rechts oder links liegender) Position sich befindet: Liegt der Kopf auf dem Hinterhaupt, so zeigt das Bild, normale Verhältnisse vorausgesetzt, das Profil der luftgefüllten Vorderhörner beider Seitenventrikel, liegt der Kopf mit der linken Seite der Platte auf, so erscheint das Profil des mit Luft gefüllten rechten Seitenventrikels auf dem Bilde. Letztere Aufnahme, bei welcher demnach der von der Platte abgewendete Seitenventrikel dargestellt ist, legen wir der nachfolgenden Beschreibung des normalen Füllungsbildes bei transversaler Durchleuchtung zugrunde (s. Abb. 23).

Der vordere, kolbenförmig verdickte Anteil der durch die Luftfüllung des Seitenventrikels erzeugten Aufhellung entspricht dem Vorderhorn, der hintere, zugespitzte Teil dem Hinterhorn, während der dazwischen liegende Streifen von der Cella media gebildet wird. Von der Stelle des Hinterhorns zieht ein dem Unterhorn entsprechender Bogen nach vorne. Das dem luftgefüllten Seitenventrikel entsprechende Feld zeigt nicht immer allenthalben

gleichmäßige Helligkeit; am hellsten ist zumeist der dem Vorderhorn entsprechende Anteil. Zuweilen sieht man auch luftgefüllte Teile des gegenüberliegenden Seitenventrikels in Form elliptischer Flecken, die sich zumeist in das Areal des Vorderhorns projizieren.

Weniger deutlich sind die übrigen Liquorräume erkennbar, am besten noch das Netzwerk der Subarachnoidalspalten an der Gehirnkonvexität. Sie bilden streifenförmige, baumartig verästelte Aufhellungen, welche Ähnlichkeit haben mit denen der diploetischen Venenkanäle.

Ähnlich wie auf dem transversalen Bilde sieht man auch auf dem in sagittaler Richtung angefertigten Röntgenogramm am besten die den luftgefüllten Seitenventrikeln entsprechenden Aufhellungen. Ihre Umrisse stellen sich bei antero-posteriorer Aufnahme (s. Abb. 24) des mit dem Hinterhaupt der Platte aufliegenden Kopfes (nach der von Bingel gegebenen Beschreibung) als Schmetterlingsfigur dar. Man sieht nämlich zu beiden Seiten des in der Mittel-

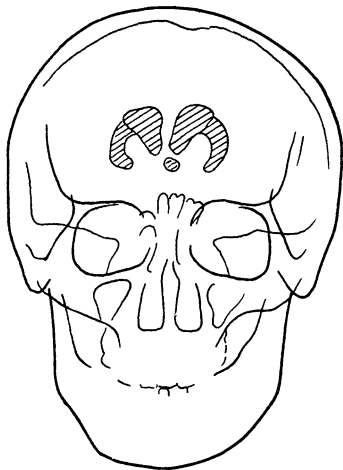


Abb. 25. Schema der postero-anterioren Aufnahme der luftgefüllten Seitenventrikel bei Stirnlage des Kopfes.

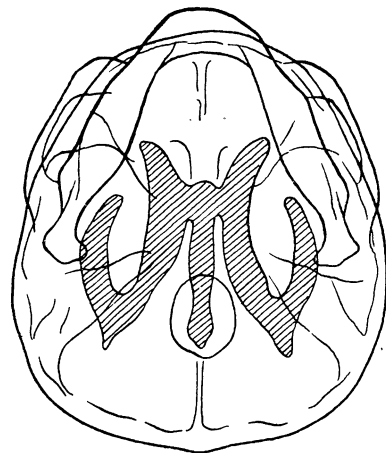


Abb. 26. Schema der axialen Aufnahme der luftgefüllten Seiten-Ventrikel.

linie gelegenen dünnen Schattenstreifens, welcher dem Septum pellucidum entspricht, zwei helle Felder von der Form von Schmetterlingsflügeln. Ihr oberer Rand entspricht der ventrikulären Fläche des Balkens, ihr lateraler Rand der Oberfläche des Streifenhügels. Von sonstigen Details dieser Aufnahme beschreibt Bingel noch eine die Schmetterlingsfigur nach außen unten bogenförmig überragende Fläche von geringer Helligkeit, die Stirnbucht des Seitenventrikels, ferner die vom Septum pellucidum nach abwärts divergierenden Columnae fornicis, welche von einem hellen Hof umgeben sind, der dem 3. Ventrikel entspricht, endlich dicht über der Schattenlinie der hinteren Schädelgrube zwei helle Streifen von etwa 2 cm Länge und 2 mm Breite, geradlinig von oben außen nach unten innen verlaufend, oben etwa 5 cm voneinander entfernt, unten 2 cm von der Mittellinie abstehend; sie dürften der Cisterna pontis entsprechen.

Die postero-anteriore Aufnahme des auf der Stirn liegenden Kopfes (s. Abb. 25) zeigt die Umrisse der luftgefüllten hinteren Anteile beider Seitenventrikel; sie betreffen das neben der Medianlinie gelegene elliptische Feld der Cella media und das Hinterhorn sowie den lateral davon abgehenden, im

Bogen basalwärts ziehenden, sich allmählich verjüngenden Streifen des Unterhorns.

Abb. 26 zeigt die schematische Darstellung der luftgefüllten Seitenventrikel bei axialer (submentovertikaler) Durchleuchtung.

Es ist in vielen Fällen zweckmäßig, vor der Durchführung der röntgenographischen Aufnahmen der luftgefüllten Liquorräume zwecks Orientierung über die Verteilung der Luft eine röntgenoskopische Untersuchung vorzunehmen. Am Durchleuchtungsschirm sieht man die luftgefüllten Hohlräume hell aufleuchten und kann auch beobachten, wie sich bei Bewegungen des Kopfes die Umrisse der Lufträume verändern, nicht bloß infolge Änderung der Projektionsrichtung, sondern auch wegen der gegenseitigen Verschiebung der Luft und der noch in den Ventrikeln enthaltenen Flüssigkeit. Die Grenze zwischen Luft und Flüssigkeit ist, falls eine Erweiterung der Ventrikel vorhanden ist, deutlich bei gewissen Kopfhaltungen als horizontale Linie erkennbar, die bei Ruhehaltung des Kopfes gerade verläuft, beim Schütteln des Kopfes wellenförmige Bewegungen zeigt. Läßt man den Untersuchten hinter dem Schirm Neigungen und Drehungen des Kopfes ausführen, so kann man die Verschiebungen der Luft innerhalb der Hohlräume des Gehirns beobachten. Auf diese Art lassen sich die Umrisse aller Hohlräume und ihre Kommunikationen in sinnfälliger Weise demonstrieren.

Füllungsbilder pathologisch veränderter Liquorräume.

Darstellungen pathologisch veränderter Liquorräume finden sich in Publikationen von Dandy, Bingel, Denk, McConnell, Menninger, Merrill. Aus den Arbeiten der genannten Autoren seien einige charakteristische Beispiele pneumographisch untersuchter Fälle von pathologisch veränderten Liquorräumen entnommen.

1. Erweiterung der Liquorräume bei Hirnschrumpfung.

Hierher gehören folgende, von Bingel beobachtete Fälle.

1. Bei einer 82jährigen Frau konnte durch Injektion von 150 cem Luft eine Füllung aller Ventrikel erhalten werden, die auffallend weit erschienen. Auch die Spalten der Cisterna cerebello-medullaris sind erkennbar; offenbar hat die senile Hirnatrophie zur Erweiterung der Liquorräume geführt.

2. Bei einer 72jährigen Frau mit Altersatrophie des Gehirns und Arteriosklerose zeigte die seitliche Aufnahme nach Injektion von 80 cem Luft außer der Füllung der Seitenventrikel auch auffallend große Subarachnoidalräume der Gehirnkongevität. Sie bilden Stränge von netzartiger Anordnung, die sich gegen die Mitte der Scheitelgegend zu blasenartigen Räumen erweitern.

3. Eine infolge von Schußverletzung entstandene Schrumpfung der basalen Anteile des Stirnhirns bei einer 26jährigen Frau verriet sich durch Erweiterung der Liquorräume an der Kongevität des Stirnlappens nach Injektion von 35 cem Luft.

4. Bei einem 48jährigen Mann mit rechtsseitiger Hemiplegie erscheinen nach Injektion von 70 cem Luft die Arachnoidalspalten der Hirnkongevität infolge Einsinkens der Rinde nach Vernarbung eines Erweichungsherdcs auffallend weit. Die Seitenventrikel waren beiderseits gleich groß.

5. Bei einem 16jährigen Knaben mit rechtsseitiger Hemiplegie und Epilepsie seit der Geburt ergibt die Füllung mit 90 cem Luft eine hochgradige Erweiterung des linken Ventrikels, der nach oben und links ausgerundet und lateralwärts verlagert erscheint; sein Hinterhorn fehlt vollständig. Die Annahme einer Hirnarbe mit Verziehung des Ventrikels wird durch Operation bestätigt.

Ein dem letzterwähnten Fall Bingels analoger Fall wurde von Dandy beobachtet; er betrifft einen 6jährigen Epileptiker mit zystenartiger Erweiterung der Seitenventrikel infolge von Schrumpfung des Gehirns.

2. Erweiterung der Liquorräume durch Liquorstauung.

Dandy bildet Röntgenogramme einer größeren Zahl von Fällen des angeborenen Hydrokephalus ab. Meist erscheinen die Seitenventrikel zu mächtigen, den größten Teil des Schädelinnenraumes füllenden Blasen ausgedehnt. In einem Fall sieht man außerdem eine hernienartige Ausstülpung des Seitenventrikels in einen am Schädeldach liegenden Auswuchs hineinreichen.

Bei der Mehrzahl der Fälle von Hydrokephalus congenitus erscheint auch der erweiterte 3. Ventrikel auf der sagittalen Aufnahme als große, kreisrunde Scheibe, während die übrigen Liquorräume nicht erkennbar sind, so zwar, daß eine angeborene Verklebung des Aquaeductus als Ursache des Hydrokephalus angenommen werden muß. Bei anderen Fällen des angeborenen Hydrokephalus füllen sich nicht nur alle Ventrikel, sondern auch die basalen Zisternen in Form zystischer Hohlräume. Für diese Fälle nimmt Dandy eine angeborene Verlegung der Arachnoidalspalten als Ursache des (kommunizierenden) Hydrokephalus an.

Ähnliche Bilder wie bei den zuletzt erwähnten Fällen beobachtete Dandy ferner bei Hydrokephalus infolge von Verklebungen der Arachnoidalspalten nach Meningitis. Bei einem 3jährigen Kinde mit Hydrokephalus infolge von akuter Meningitis fand er eine bloß partielle Verlegung der Liquorspalten an der Hirnkonvexität bei Füllung der restlichen Arachnoidalspalten sowie der erweiterten Zisternen und Ventrikel nach lumbaler Luftinjektion.

Bingel sah bei einem 1jährigen Kind mit tuberkulöser Meningitis nach Injektion mit 150 ccm Luft bohngroße Ausbauchungen an den Wänden der erweiterten Seitenventrikel; er deutete sie als Artefakte (Luftaneurysmen) infolge zu starker Dehnung durch die Luftinjektion.

Recht beträchtlich ist die Zahl der bereits vorliegenden Beobachtungen von Erweiterungen der Liquorräume infolge von Hirntumoren. Bei Geschwülsten der hinteren Schädelgrube sieht man auf der sagittalen Aufnahme die mächtige, symmetrische Erweiterung beider Seitenventrikel und die zwischen ihnen liegende kreisrunde Aufhellung, die dem erweiterten 3. Ventrikel entspricht, während der 4. Ventrikel nicht gefüllt erscheint. Erscheint der 4. Ventrikel gefüllt, so liegt zumeist nicht ein Tumor des Kleinhirns, sondern eine Verklebung des Foramen Magendi dem Hydrokephalus zugrunde. Hier wie dort handelt es sich um einen (obstruierenden) Hydrokephalus internus, dessen Entleerung und nachherige Luftfüllung mittels Ventrikelpunktion, nicht aber mittels Lumbalpunktion ausführbar ist. Letztere ist übrigens bei Fällen, wo der Verdacht eines obstruierenden Hydrokephalus vorliegt, wegen der Gefahr plötzlichen Todes kontraindiziert.

Bei einem von Denk beobachteten Fall, der einen 18jährigen Jüngling mit Fettsucht und Erblindung betraf, ergab die Luftfüllung mit 270 ccm eine hochgradige Erweiterung beider Seitenventrikel. Bei der Obduktion fand sich ein kindsfaustgroßer Tumor, der den ganzen 3. Ventrikel ausfüllte.

Bei einer 24jährigen Patientin mit Symptomen intrakranieller Drucksteigerung konnte Dandy mit Hilfe der ventrikulären Luftfüllung eine Erweiterung beider Seitenventrikel feststellen, doch fehlte die Kommunikation zwischen ihnen. Die Annahme eines Tumors im 3. Ventrikel wurde durch Operation bestätigt.

Bei einem 13jährigen Mädchen mit lokaler Vorwölbung der rechten Schläfengegend konnte Dandy mit Hilfe der Ventrikelfüllung feststellen, daß eine Erweiterung der Seitenkammern bestand und daß diese Erweiterung auch die Ursache der lokalen Vorwölbung war, welche man vorher als durch eine regionale Geschwulstbildung veranlaßt angesehen hatte.

Bei einer von uns beobachteten, 50jährigen Frau mit Symptomen von Hirndrucksteigerung (Kopfschmerz, Erbrechen, Stauungspapille) ergab die Durchleuchtung des Kopfes nach Injektion von 50 ccm in den rechten Seitenventrikel folgenden Befund: Bei sagittaler Durchleuchtung des aufrecht gehaltenen Kopfes sah man die Kuppen der beiden beträcht-

lich erweiterten Seitenventrikel mit Luft gefüllt und konnte man die bei Schütteln des Kopfes auftretenden wogenden Bewegungen des Spiegels der Ventrikelflüssigkeit unterhalb der Luftblasen deutlich sehen (Abb. 27).

Bei transversaler Durchleuchtung des nach hinten gebeugten Kopfes sah man die vordere Hälfte beider Seitenventrikel mit Luft gefüllt, ebenso die vordere Hälfte des 3. Ventrikels (Abb. 28), bei transversaler Durchleuchtung des nach vorn gebeugten Kopfes erschien



Abb. 27.

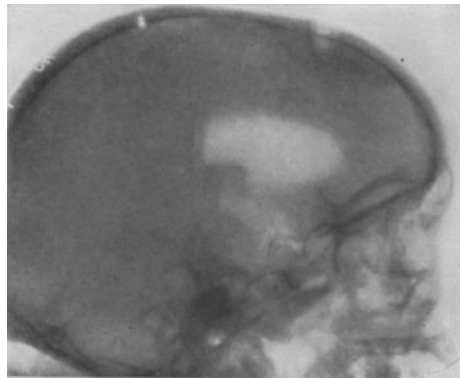


Abb. 28.

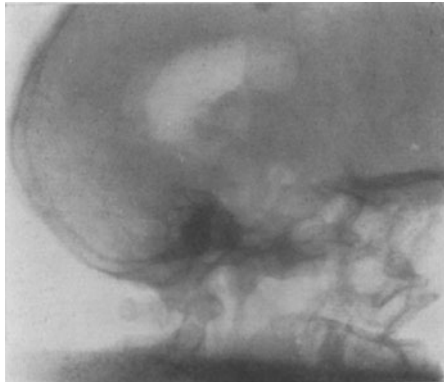


Abb. 29.

Abb. 27, 28, 29. Pneumographische Aufnahmen eines Falles von Hydrokephalus internus. Abb. 27 zeigt die postero-anteriore Aufnahme bei aufrecht gehaltenem Kopf; Füllung der Kuppen beider Seitenventrikel.

Abb. 28 zeigt die sinistro-dextrale Aufnahme bei Hinterhauptslage des Kopfes; Füllung der Vorderhörner beider Seitenventrikel, sowie der vorderen Hälfte des III. Ventrikels.

Abb. 29 zeigt die sinistro-dextrale Aufnahme bei Stirnlage des Kopfes, Füllung der Unter- und Hinterhörner beider Seitenventrikel sowie der hinteren Hälfte des III. Ventrikels.

die hintere Hälfte beider Seitenventrikel und des 3. Ventrikels gefüllt (Abb. 29). Während der Durchleuchtung in dieser Position äußerte die Patientin starke Schmerzen im Nacken. Unter der Annahme, daß ein Verschuß des Foramen Magendi vorliege, wurde eine Dekompression im Bereich der hinteren Schädelgrube ohne Eröffnung der Dura vorgenommen. Die Operation hatte so günstigen Erfolg auf das Befinden der Patientin, daß von einem weiteren Eingriff abgesehen wurde.

Bingel beschreibt 2 Fälle von einseitiger Füllung des der Cisterna pontis entsprechenden Spaltes nach lumbaler Luftinjektion bei Tumor der gegenseitigen Kleinhirnhemisphäre. Die zerebrale Luftfüllung ergab in beiden Fällen hochgradige Erweiterung aller Ventrikel.

Bei einem 19jährigen Jüngling sah Dandy nach lumbaler Einspritzung von 120 ccm Luft eine Erweiterung der Cisterna magna und pontis, während die vor letzterer liegenden Subarachnoidalräume nicht gefüllt erschienen, ebensowenig die Ventrikel. Die Obduktion ergab einen Tumor im Mittelhirn.

3. Verengerung der Liquorräume.

Verengerung eines Seitenventrikels kommt öfters bei Tumoren der Großhirnhemisphären vor, meist kombiniert mit Erweiterung des der Seite des Tumors gegenüberliegenden Ventrikels.

So konnte bei einem von Denk beobachteten Falle mit den Symptomen eines linksseitigen Stirnhirntumors nach Luftinjektion vom linken Ventrikel aus ein Hydrokephalus des rechten Ventrikels konstatiert werden; der linke war nirgends gefüllt. Bei der Obduktion fand sich ein großer Tumor des linken Stirnhirns.

Zuweilen besteht eine bloß partielle Verschließung des der Seite des Großhirntumors entsprechenden Ventrikels.

Bei einem 47jährigen Manne, der Symptome eines linksseitigen Stirnhirntumors aufwies, konnte Mac Connell eine Verengerung des linken Ventrikels und Verschuß seines Vorderhorns konstatieren. Die Obduktion ergab ein großes Gliom des linken Stirnlappens.

Bei einem von Dandy beobachteten 23jährigen Manne mit den Symptomen eines Kleinhirntumors fand sich nach zerebraler Luftfüllung der rechte Ventrikel leicht erweitert, der linke in seinem vorderen Anteil beträchtlich erweitert, im übrigen jedoch ungefüllt. Die sagittale Aufnahme zeigte eine Verschiebung beider Ventrikel nach rechts. Die Diagnose „Tumor im linken Okzipitallappen“ wurde durch Punktion, Luftfüllung und nachträgliche Operation bestätigt.

Zwei analoge Fälle wurden von Mac Connell beschrieben. In beiden fand sich Ausweitung der Seitenventrikel und Verschuß des hinteren Anteiles eines der beiden Seitenkammern. In einem dieser Fälle ergab die Obduktion einen walnußgroßen Tuberkel an der Oberfläche der gleichseitigen Kleinhirnhälfte, im andern fand sich bei der Operation eine orangengroße Zyste des gleichseitigen Hinterhauptlappens.

Verengerung aller Ventrikel konnten wir bei einem 7jährigen Knaben mit Taubstummheit bei Turmschädel nachweisen. Der Versuch, die Ventrikel zu punktieren, mißlang; lumbal konnten bloß 15 ccm Luft injiziert werden, deren Vorhandensein im Gehirn nachzuweisen eben noch gelang.

4. Verlagerung der Liquorräume.

Großhirntumoren geben öfters zu Verlagerung der Ventrikel Anlaß. Ähnlich wie die Tumoren wirken auch Exsudate oder Blutungen.

So fand Bingel bei einem 40jährigen Manne mit Hemiplegie der linken Körperhälfte nach Injektion von 60 ccm Luft eine Verengerung des rechten Ventrikels nebst Verschiebung desselben nach links und nahm infolgedessen eine Hirnblutung als Ursache der Hemiplegie an. Eine neuerliche Untersuchung nach 4 Wochen ergab Erweiterung des rechten Ventrikels, offenbar infolge von Narbenschumpfung.

Dandy sah einen 37jährigen Mann mit den Symptomen des linksseitigen Stirnhirntumors, bei welchem nach Injektion von 30 ccm Luft der linke Ventrikel zwar sichtbar, jedoch deutlich verengt war. Das Vorderhorn war nach rückwärts und abwärts gedrängt. Vom rechten Ventrikel zeigte sich bei seitlicher Aufnahme bloß das Unterhorn gut gefüllt, der Rest war nicht sichtbar; doch konnte als Ursache dieses Füllungsdefektes die unzureichende Luftmenge angenommen werden. Bei der Operation fand sich ein großer Tumor des linken Stirnlappens. —

Fehlerquellen bei der Deutung von pneumographischen Aufnahmen sind gegeben durch Füllungsdefekte infolge von individuellen Varietäten der Liquorräume oder ventilartigen Verschlüssen der kompliziert gebauten, durch äußerst schmale Öffnungen miteinander kommunizierenden Liquorräume.

Auch bietet die Unterscheidung der durch Luftfüllung hervorgerufenen Aufhellungen von den durch normale und pathologische Öffnungen, durch

Verdünnungen der Schädelwände sowie durch Gefäßkanäle erzeugten Aufhellungen oft große Schwierigkeiten.

Schließlich kann die durchaus nicht harmlose Untersuchungsmethode nicht in jedem Falle mit der nötigen Vollständigkeit durchgeführt werden.

Überblickt man die bisherigen, allerdings nicht allzu reichlichen Erfahrungen über die pneumographische Untersuchungsmethode, so kann man feststellen, daß sie bisher am häufigsten bei Hydrokephalus und Tumor cerebri in Anwendung gebracht wurde. In vereinzelten Fällen wurde sie bei Lues cerebri (Dahlström und Wideroe), bei seniler und narbiger Atrophie des Gehirns, bei Hirnblutung, Turmschädel und Chondrodystrophie verwendet. Ein schematisches Vorgehen bei der Wahl der Einstichstelle und bezüglich der Menge der zu injizierenden Luft ist nicht durchführbar. Vielmehr ist der Vorgang abhängig zu machen von dem Ergebnis der klinischen Untersuchung.

Im allgemeinen soll die Untersuchung mit der lumbalen Füllung nur in jenen Fällen begonnen werden, wo ein hirndrucksteigernder Prozeß auszuschließen ist. In der großen Mehrzahl der Fälle ist es daher angezeigt, die Füllung auf dem ventrikulären Wege vorzunehmen, und zwar jener Seite entsprechend, wo voraussichtlich ein genügend großer Seitenventrikel vorhanden ist, daher bei Verdacht auf Tumoren einer Großhirnhemisphäre auf der entgegengesetzten Seite. Erst wenn die einseitige Punktion keine Hohlräume erreicht oder wenn nach vollzogener Luftfüllung bloß der punktierte Ventrikel sichtbar ist, empfiehlt es sich, die Füllung des zweiten Seitenventrikels zu versuchen. Bei Annahme eines beiderseitigen Hydrokephalus punktiert man zunächst den rechten Ventrikel. Nach der Füllung auf ventrikulärem Wege ist es öfters nötig, die lumbale Füllung vorzunehmen, insbesondere zwecks Darstellung der extrazerebralen Liquorräume.

Für die Deutung der durch die ventrikuläre und lumbale Luftinjektion gewonnenen Füllungsbilder kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

1. Stellt sich der Seitenventrikel bei transversaler Aufnahme jederseits als bandförmige Aufhellung von ca. 1 cm Breite und charakteristischer Ausprägung der drei den Hörnern entsprechenden Ausläufer dar und ergeben die Sagittalbilder keine wesentliche Differenz der Größe, Form und Lage beider Seitenventrikel, so kann das Vorhandensein eines raumbeengenden oder schrumpfenden Prozesses innerhalb der Schädelhöhle mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

2. Die Sichtbarkeit der Subarachnoidalräume an der Basis und Konvexität des Gehirns ist für die Annahme normaler Verhältnisse im Schädelinnern nicht erforderlich. Eine partielle Füllung der Subarachnoidalspalten deutet auf meningitische Adhäsionen oder einen anderen pathologischen Prozeß (z. B. einen Tumor der Hirnoberfläche), der zur Obliteration der restlichen Liquorspalten geführt hat. Indes scheint eine bloß partielle Füllung der Subarachnoidalspalten auch unter normalen Verhältnissen vorzukommen. Geöhnlich füllt sich das Netz über dem Stirnlappen am deutlichsten. Lassen sich die Arachnoidalräume nicht mit Luft füllen, während die basalen Zisternen deutlich gefüllt sind, so kann man eine Obliteration der Arachnoidalräume infolge von angeborenen oder meningitischen Verklebungen annehmen. Gelegentlich kann auch ein Tumor der Hirnbasis dasselbe Füllungsbild verursachen.

3. Die deutliche Sichtbarkeit der extrazerebralen Liquorräume läßt auf eine abnorme Ausdehnung derselben schließen. Das Vorhandensein zahlreicher luftgefüllter Netze, die gegen die Scheitelhöhe hin in blasenartige Erweiterungen ausmünden, deutet auf Atrophie des Gehirns hin, und zwar entspricht die universelle Erweiterung der Subarachnoidalräume meist einer generellen Hirnatrophie, z. B. der senilen Hirnschrumpfung, während eine lokale Erweiterung

der Liquorräume auf umschriebene Hirnatrophie, z. B. infolge von Narbenschrumpfung, bezogen werden kann.

4. Form- und Lageveränderungen der luftgefüllten Seitenventrikel sind von lokaldiagnostischer Bedeutung. Partielle Ausweitung des Seitenventrikels spricht für gleichseitige Hirnnarbe, partielle Verengung des Seitenventrikels für gleichseitigen raumbeengenden Prozeß. In beiden Fällen findet auch meist eine Lageveränderung der Ventrikel gegenüber der Mittellinie statt, und zwar bei einer Hirnnarbe Verziehung nach der Seite derselben, bei Tumoren Verschiebung nach der Gegenseite. Die letztgenannte Verschiebung kann indes begreiflicher Weise auch bei solchen Hirnnarben vorkommen, welche ein Hindernis für den Liquorabfluß abgeben und zum Hydrokephalus internus führen, wie auch umgekehrt ein Tumor zur partiellen Erweiterung des gleichseitigen Seitenventrikels führen kann.

5. Die pneumographische Methode ist von entscheidender Bedeutung für die Diagnose des Vorhandenseins, des Grades und der Ursache des Hydrokephalus, insbesondere jener Form des Hydrokephalus, welche durch Verlegung der Abflußwege zustande kommt. Hierbei gestattet die Pneumographie zumeist die Feststellung des Sitzes des Hindernisses und somit die Unterscheidung des obstruierenden Hydrokephalus (Hydrokephalus uni- und bilateralis der Seitenventrikel, Hydrokephalus der beiden Seiten- und des 3. Ventrikels, Hydrokephalus aller vier Ventrikel) gegenüber dem kommunizierenden Hydrokephalus (Hydrokephalus aller Ventrikel nebst Erweiterung der basalen Zisternen).

6. Die Pneumographie ermöglicht häufig die Unterscheidung von zerebralen gegenüber zerebellaren Tumoren. Bei letzteren ist meist eine höhergradige Erweiterung beider Seiten- und des 3. Ventrikels vorhanden; bei zerebralen Tumoren sind die Ventrikel gewöhnlich nicht erweitert, im Gegenteil es ist zumeist der der Seite des Tumors entsprechende Seitenventrikel verengt.

7. Die Pneumographie ermöglicht die Aufklärung der Ursache lokaler Usuren und Vortreibungen der Schädelwand; sie stellt fest, ob die lokale Veränderung durch allgemeinen Hirndruck oder durch eine regionäre Affektion hervorgerufen ist. Diese Entscheidung kommt am häufigsten bei der Deutung von Sella-Erweiterungen in Frage.

8. Die Pneumographie ermöglicht die Deutung der durch Hydrokephalus und Hypertrophia cerebri hervorgerufenen Schädelvergrößerung und gibt Anhaltspunkte dafür, ob bei Vorhandensein von gesteigertem Hirndruck eine Zunahme des Schädelinhaltes (Hydrokephalie, Tumor, Hirnhypertrophie) oder eine Verengung der Schädelkapsel vorliegt.

Die diagnostische Verwertbarkeit der pneumographischen Methode wird in einer großen Anzahl von Publikationen der letzten Zeit gewürdigt (Schüller, Schott und Eitel, Weigeldt, Fraser und Dott, Altschul und Fischer, Alwens und Hirsch).

Schädelveränderungen bei intrakraniellen Erkrankungen.

Eine wichtige diagnostische Methode zur Erkennung intrakranieller Affektionen ist die Erschließung derselben aus Veränderungen, welche durch die intrakraniellen Prozesse am Skelett des Schädels erzeugt werden.

Was die Art der Schädelveränderung betrifft, so handelt es sich am häufigsten um destruktive Veränderungen der Schädellinnenfläche. Die Destruktionen sind entweder lokalisiert oder über die ganze Schädellinnenfläche verbreitet. Die ersteren entstehen gewöhnlich durch direkten Druck (Druckatrophie) von seiten der an dieser Stelle befindlichen Weichteilerkrankung, seltener durch kariöse bzw. infiltrative Zerstörung.

Die zweite Form der Destruktion, nämlich die über die ganze Schädellinnenfläche verbreitete Usur, ist der Ausdruck der intrakraniellen Druck-

steigerung. Diese Usur tritt indes nicht an allen Stellen der Schädelinnenfläche gleichzeitig und in gleichem Maße auf. Zunächst leiden gewöhnlich die zarten Teile der Basis in der Umgebung der Sella turcica, ferner der zarte Boden der vorderen und mittleren Schädelgrube, woselbst kleine, napfförmige Vertiefungen (für kleine Hirnhernien) geschaffen werden. Auch im Bereich des Kraniums, und zwar zunächst der vorderen Schädelanteile, bilden sich grubige Vertiefungen der Schädelinnenfläche aus, die verstärkten Impressiones digitatae entsprechen; dazwischen treten die zugeschärften Joga steil hervor. Erst in einem späten Stadium werden die Vorsprünge abgeschliffen und eine gleichmäßige Verdünnung der Wand erzielt.

Weitere anatomische Veränderungen des Schädels infolge von Hirndrucksteigerung betreffen die venösen Abflußwege: Vertiefung der Sinus venosi und der Pacchionischen Gruben sowie Erweiterung der Emissarien und der diploetischen Venen.

Von Wichtigkeit ist ferner das Verhalten der Nähte des Kraniums bei Hirndrucksteigerung: die Nahtfugen werden erweitert, die Nahtzacken verdünnt, schließlich kann es bei jugendlichen Individuen zu völliger Dehiszenz der Nähte kommen.

Auch die Form des Schädels erfährt zuweilen Veränderungen, und zwar kommt es unter der Einwirkung der intrakraniellen Drucksteigerung bei wachstumsfähigen Schädeln zur Vergrößerung des gesamten Kranium. Nur in seltenen Fällen beobachtet man eine lokale, dem Sitz des Krankheitsherdes entsprechende Vorwölbung der Schädelwand.

Als eine (erst in letzter Zeit beachtete) Veränderung des Schädelkellertes infolge von Hirndrucksteigerung kommt schließlich die Verdickung der Wand des Schädels in Betracht. Sie tritt in Form umschriebener Protuberanzen der Schädelinnenfläche oder in Form diffuser Hyperostose (H. porosa, bzw. eburnea) auf.

Alle die erwähnten Schädelveränderungen sind am Röntgenbilde in klarer Weise darstellbar und gewinnen dadurch eine große klinische Bedeutung.

Lokale Destruktionen des Schädels bei intrakraniellen Geschwülsten.

Die am häufigsten zur Beobachtung kommenden lokalen Destruktionen der Schädelbasis sind die durch

Hypophysentumoren

erzeugten.

Die Hypophysentumoren verursachen charakteristische Destruktionen der Sellagegend; wie Erdheim gezeigt hat, wird durch die innerhalb der Sella sich entwickelnden echten Hypophysentumoren die Sattelgrube gleichmäßig in allen Durchmessern vergrößert; die oberhalb der Sella sich entwickelnden Hypophysengangtumoren erweitern den Eingang zur Sella. So einfach im Grunde diese Unterscheidung durchführbar ist, so ergeben sich doch je nach der Natur, der Größe und Wachstumsrichtung des Tumors usw. mannigfache Verschiedenheiten der Details, zu deren Klarstellung die zahlreichen Röntgenuntersuchungen der letzten Jahre ein reiches Material geliefert haben.

Abb. 30 zeigt die Skizze des Röntgenogrammes der normalen Sella turcica eines 24-jährigen Mannes. Der Boden der Sella (B) bildet ein Halbrund von 13 mm Durchmesser; die Sattellehne (L) ist 7 mm lang, 2 mm dick. Das Tuberculum sellae (T. s.) springt stumpf vor und geht in flachem, dem Sulcus chiasmatis (S. c.) entsprechendem Bogen in die gerade, der Projektion des

Planum sphenoidale entsprechende Linie (E) über. Die Konturen der Processus clinoides anteriores (P) springen als gotische Spitzbögen vor. Die Distanz des Bodens der Sella von dem Boden der mittleren Schädelgrube (R) beträgt $1\frac{1}{2}$ cm. Die vordere Hälfte der Sattelgrube grenzt an die Keilbeinhöhle (K), die hintere an den spongiösen Keilbeinkörper. Die beschriebene Form ist die häufigste bei mesokephalen Schädeln der Erwachsenen. Fitzgerald und Goldfarb geben folgende Maße für die Sella an: Länge 10–14,5, Breite 14–17, Tiefe 6–11 mm; nach Busi und Balli ist der antero-posteriore Durchmesser 8–15 mm, nach Bierstadt 7–15, die Tiefe 5,5–11 mm (zit. nach Abmann).

Pacini behauptet gesetzmäßige Beziehungen zwischen der Form der Sella und dem Lebensalter sowie dem Geschlecht des Individuums. Über die Wachstumsverhältnisse der Sella im Kindesalter berichten Gordon und Bell auf Grund röntgenologischer Studien, Enfield beschreibt die Varietäten der normalen Sella.

Daß außer der am frontalen Röntgenbilde erkennbaren Höhen- und Längenausdehnung der Hypophysengrube auch die Breitenausdehnung derselben für die Beurteilung der Form und Größe der Hypophyse von Wichtigkeit wäre, ist außer Zweifel. Doch gelingt diese Feststellung auf sagittalen Aufnahmen häufig nicht. Gleichwohl lehrt die Erfahrung, daß man aus den Details des frontalen Sella-durchleuchtungsbildes allein genügende Anhaltspunkte für die Bestimmung der Hypophysengröße gewinnt, zumal überhaupt keine bedeutenden Größenschwankungen der normalen Sella vorkommen.

Für die röntgenographische Darstellung der durch Hypophysentumoren erzeugten Sellausuren und sonstigen Schädelveränderungen kommen folgende Leitsätze in Betracht:

Intrasellar entstandene Hypophysentumoren (s. Abb. 31 und 32) erweitern und vertiefen die Sella derart, daß ihr Boden verdünnt und dem Boden der mittleren Schädelgrube genähert wird, daß ferner die Sattellehne verdünnt, reponiert, rekliniert und verlängert erscheint. Der Übergang des Konturs der Sattelgrube in das Planum sphenoidale bildet einen spitzwinkligen Vorsprung. Der Processus clinoides anterior erscheint normal oder emporgedrückt und an seiner Unterfläche gehöhlt oder im Gegenteil auffallend plump. Am übrigen Schädel finden sich häufig akromegale Veränderungen (Verdickung der Wand des Schädels, Knochenleisten, Vergrößerung der pneumatischen Räume).

Extrasellar entstandene Hypophysentumoren (Hypophysengang-Geschwülste) bewirken eine flache, schüsselförmige Erweiterung der Sella, wobei die Sattellehne verdünnt und verkürzt, der Processus clinoides anterior zugespitzt und verkürzt, das Tuberculum sellae usuriert wird, so daß der Sella-boden, der zwar verdünnt, aber dem Boden der mittleren Schädelgrube nur wenig genähert erscheint, mit stumpfem Winkel in das Planum sphenoidale übergeht. Am übrigen Schädel findet man keine akromegalen Veränderungen, eher Verdünnung der Wand infolge von Hirndrucksteigerung.

Sehr große Hypophysentumoren bewirken eine totale Destruktion des Keilbeinkörpers; in diesem Stadium läßt sich die Unterscheidung des extra- oder intrasellaren Ursprungs nicht mehr durchführen, höchstens weist die

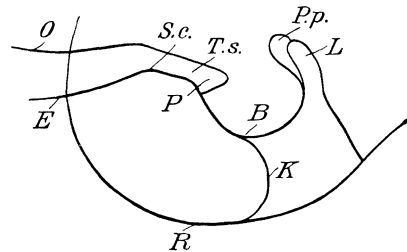


Abb. 30. Skizze des Profil-Röntgenogrammes der normalen Sella des Erwachsenen.

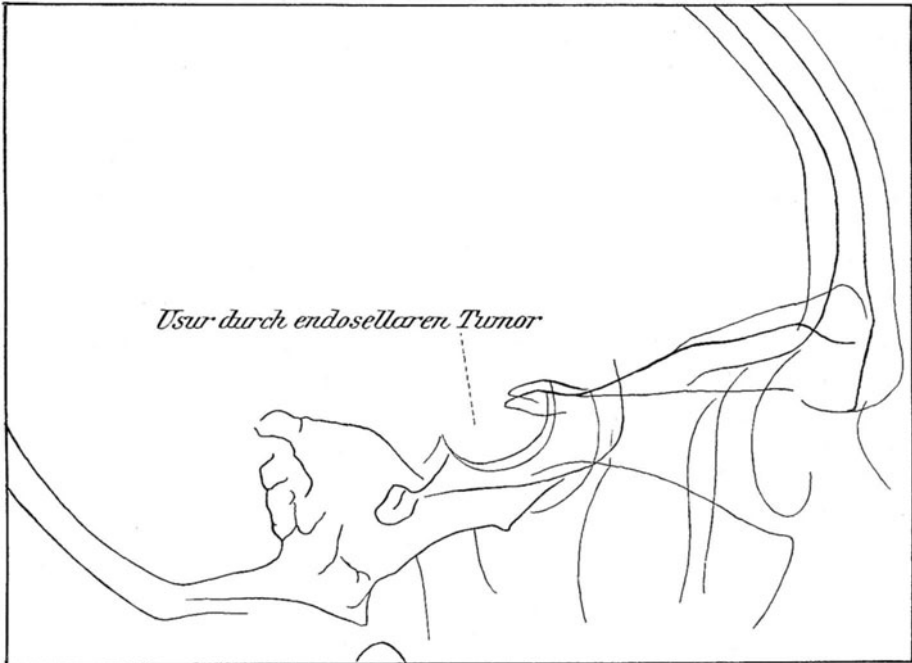
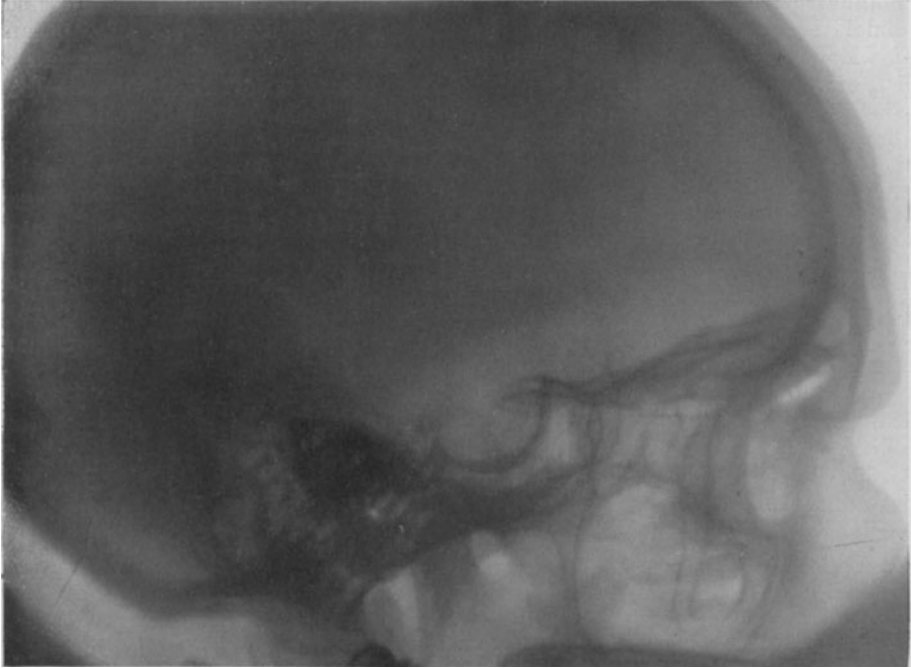


Abb. 31. Profilaufnahme eines Falles von Usur der Sella durch Tumor der Hypophyse.

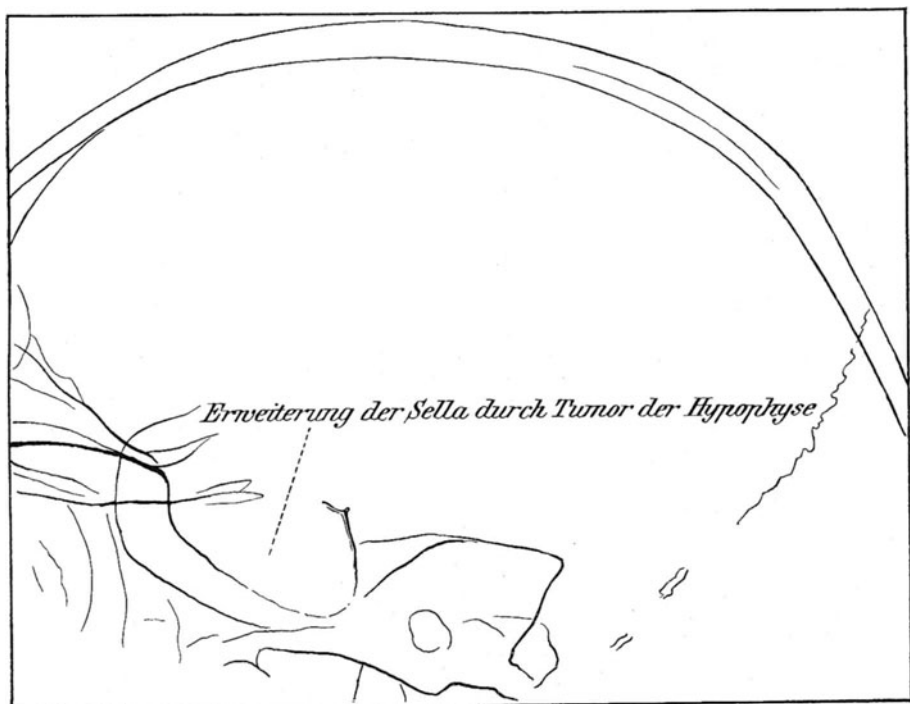
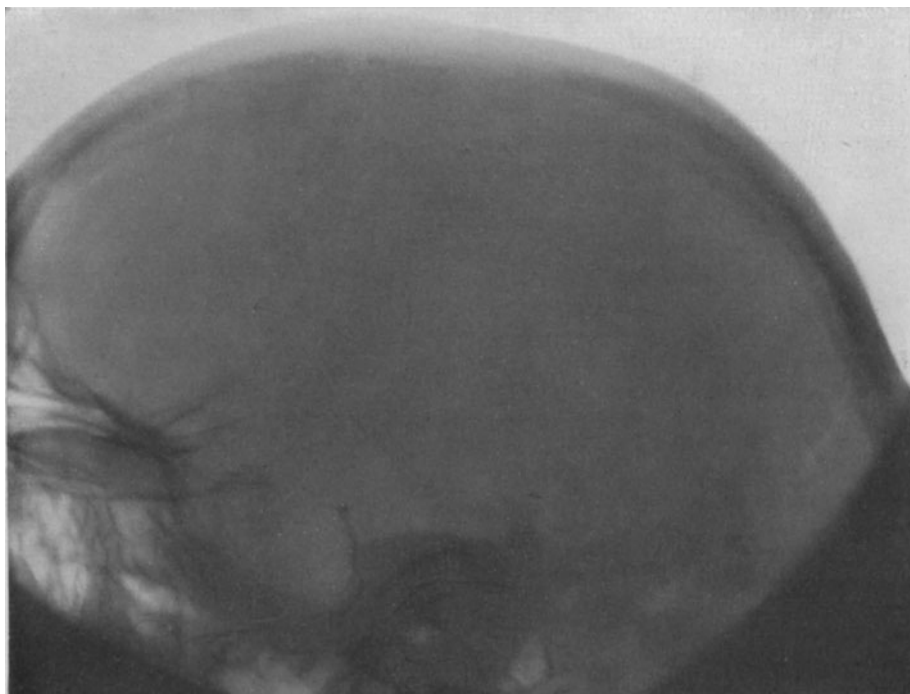


Abb. 32. Profilaufnahme eines Falles von intrasellarem Hypophysentumor.

Beschaffenheit des Processus clinoid anterior nebst den Details der sonstigen Schädelveränderung auf den richtigen Weg.

Erst beträchtlichere Grade von Hypophysenvergrößerung machen sich am Röntgenbilde der Sella bemerkbar. Die Hypertrophie der Hypophyse bei Myxödem (Roggen) und Basedowscher Krankheit sowie bei Sklerodermie und Hypoplasie der Keimdrüsen ist röntgenologisch wohl nur selten diagnostizierbar, die

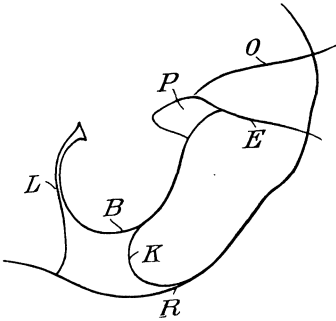


Abb. 33. Skizze der Sella turcica bei geringgradiger Erweiterung und Vertiefung durch einen Hypophysen-Tumor mit Akromegalie (Dorsum [L] verdünnt).

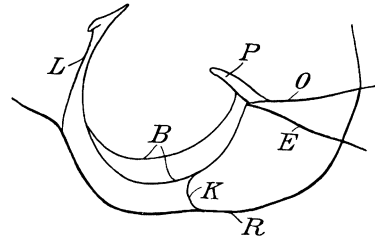


Abb. 34. Skizze der Sella bei mittelgroßem Hypophysentumor mit Akromegalie. Sella-boden (B) doppelt konturiert; Processus clinoid. anter. (P) emporgedrängt und verdünnt.

Schwangerschaftsschwellung der Hypophyse, die hauptsächlich durch Emporwuchern aus der Sattelgrube an der Leiche erkennbar ist, aber die Sella nicht usuriert, röntgenographisch nicht feststellbar. Ebenso wenig lassen sich gewöhnlich aus dem Röntgenbilde sichere Anhaltspunkte für eine Hypophysenverkleinerung gewinnen; es sei denn, daß die Größe der Hypophysengrube sehr beträchtlich hinter der normalen zurückbliebe (Cushing, Dehn, Biedl). Um so verwertbarer sind Abweichungen von den angeführten normalen Formdetails für die Diagnose von Anomalien der Hypophyse.

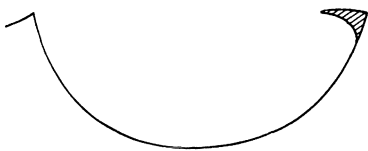


Abb. 35. Skizze der mittleren Schädelgrube bei völliger Destruktion des Keilbeinkörpers durch großen Hypophysentumor.

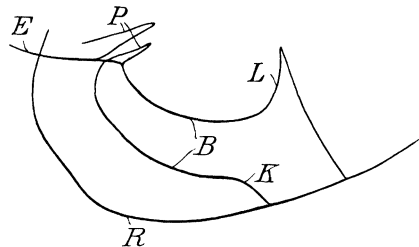


Abb. 36. Skizze der Sella-Usur bei Tumor des Hypophysenganges mit Dystrophia adiposogenitalis. Boden der Sella (B) doppelt konturiert, Processus clin. anter. (P) zugespitzt, Dorsum (L) verdünnt.

Abb. 33 zeigt das schematische Röntgenbild einer infolge der Anwesenheit eines kleinen intrasellaren Hypophysentumors erweiterten Sattelgrube.

Abb. 34 repräsentiert einen weiteren Fortschritt der Destruktion der Sella durch intrasellaren Hypophysentumor.

Abb. 35 demonstriert den bei sehr großen Hypophysentumoren zu beobachtenden Grad der Selladestruktion.

Abb. 36 zeigt die dem Beginne des Wachstums eines suprahypophysären Tumors entsprechende Veränderung der Sella.

Bei weiterem Fortschritt der Vergrößerung des Tumors besteht die durch Abb. 37 repräsentierte Formveränderung der Sella.

Bei den höchsten Graden der Destruktion der Sella infolge von Hypophysengangtumoren begegnen wir dem gleichen Bilde wie bei der Maximaldestruktion der echten Hypophysentumoren.

Die Verwertbarkeit der Röntgenuntersuchung für die Diagnose von Hypophysentumoren läßt sich folgendermaßen formulieren:

1. Bei Fällen typischer Akromegalie, wo die klinische Diagnose „Hypophysentumor“ mit großer Wahrscheinlichkeit gestellt werden kann, bietet der Nachweis der charakteristischen Sellausur eine sinnfällige Bestätigung oder Sicherung der Diagnose; das Fehlen der Sellausur in derartigen Fällen (Cluzet-Levy) stellt eine große Seltenheit dar; es kann sich hierbei um Tumorbildung in einer an atypischer Stelle (Keilbeinkörper, Keilbeinhöhle, Rachendach) gelegenen Hypophysenanlage oder um sehr kleine Tumoren handeln; gelegentlich liegt auch eine Lues der Hypophyse den genannten Symptombildern zugrunde (Jaffé).

2. Bei Fällen mit unvollständigen Symptomen (Formes frustes) von Akromegalie, bei Dystrophia adiposo-genitalis sowie bei Vorhandensein von vereinzelt, wenn auch als charakteristisch geltenden Lokalsymptomen des Hypophysentumors ermöglicht das Röntgenbild eine sichere Entscheidung: der Nachweis einer Sellausur spricht für das Vorhandensein eines Hypophysentumors, das Fehlen der Sellausur zwar nicht mit voller Sicherheit gegen die Diagnose des Hypophysentumors, muß jedoch dazu anregen, eine anderweitige Begründung der klinischen Symptome zu versuchen. Eine an Akromegalie erinnernde Vergrößerung des Skelettes kann ja durch habituellen Riesenwuchs oder hyperplastische Ostitis, eine der Dystrophia adiposo-genitalis ähnliche Weichteilverdickung durch Affektionen anderer Drüsen mit innerer Sekretion (Keimdrüsen, Zirbeldrüse, Nebenniere, Schilddrüse) oder durch Hydrokephalie veranlaßt werden; bitemporale Hemianopsie kommt als Symptom einer primären Sehnervenerkrankung, als Teilerscheinung der zerebralen Lues oder der Tabes nicht gar so selten vor. In einer Reihe von Fällen, bei welchen die klinische Diagnose „tabische Sehnervenatrophie“ lautete, konnten wir übrigens Usuren im Bereich der Sella turcica feststellen, welche den durch suprasellare Tumoren erzeugten ähnelten und die wir als Ausdruck einer lokalen syphilitischen Affektion auffassen zu können glaubten, wofür beispielsweise auch der Erfolg einer antiluëtischen Behandlung sprach.

3. Bei Fällen, wo die klinische Untersuchung unklare oder uncharakteristische Symptombilder zutage fördert, ermöglicht der röntgenologische Nachweis einer typischen Sellausur allein die frühzeitige Fixierung der Diagnose. Derartige Symptome sind: Sehstörungen, migräneartige Kopfschmerzen, epileptische Anfälle, psychische Anomalien, Schlafsucht, trophische Störungen, wie Fettsucht, Kachexie, Infantilismus, Menstruationsstörungen, Impotenz, Polyurie, Glykosurie, Haaranomalien, Hautaffektionen, z. B. Sklerodermie (Bertolotti), Raynaudsche Krankheit (Pîbram, Nicolis) oder Impetigo (Tryb), Mißbildungen des Skelettes (Bertolotti), endlich Riesen- oder Zwergwuchs. Dem als „hypophysäre Kachexie Simmonds“ bezeichneten Symptombilde liegt zumeist (Knoll) ein durch Entzündungen (Tuberkulose, Syphilis) entstandener Schwund der Hypophyse ohne Sellaveränderung zugrunde.

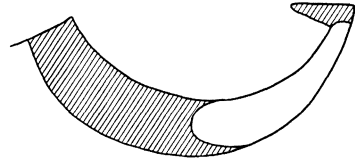


Abb. 37. Skizze der Sella-Usur bei großem Tumor des Hypophysenganges.

Der röntgenologische Nachweis des Vorhandenseins, der Größe und Form der Sellausur ist unentbehrlich für die Indikationsstellung zur operativen Behandlung des Hypophysentumors. So orientiert die Betrachtung des Röntgenogramms den Chirurgen über die Wahl des Zuganges zur Hypophyse, speziell des nasalen oder zerebralen Weges (Hirsch, Heuer); man erkennt den Grad der Vorwölbung des Hypophysenwulstes, die Dicke des Bodens der Sella, dessen Entfernung von der Spina nasalis anterior, von der Nasenwurzel, vom Rachendach, das Verhalten der Keilbeinhöhle und der übrigen nasalen Räume. Auch die für die chirurgische Indikationsstellung wichtige Entscheidung der Frage nach dem Fortschreiten des Tumorwachstums oder dem Rückgang des Tumors, z. B. infolge von Bestrahlung (Bertolotti), ist mit Hilfe wiederholter Röntgenuntersuchungen möglich. Dagegen gibt das Röntgenbild nur unsichere Aufschlüsse über die Ausdehnung der Geschwulst nach oben und seitwärts gegen das Gehirn zu. Je mehr der Kontur der Sella dorsal auseinanderweicht und je ausgebreitetere Usuren am übrigen Schädel zu konstatieren sind, desto wahrscheinlicher kann eine Ausdehnung des Tumors über die Grenzen der Sella angenommen werden. Auffällige Erweiterung des Sinus sphenoparietalis einer oder beider Seiten spricht für Kompression des Sinus cavernosus infolge seitlicher Wucherung des Tumors.

Über die Natur der Geschwulst gibt das Röntgenbild keinen Aufschluß, wenn wir absehen von dem Nachweis des Vorhandenseins eines Verkalkungsherdens oberhalb oder innerhalb der normal großen oder erweiterten Sella. Ein relativ großer Prozentsatz der Geschwülste wie auch Gummen der Hypophyse (Nonne) weist Verkalkungen auf, die sich als dichter Schatten auf der Röntgenplatte bemerkbar machen (s. Abb. 38). Insbesondere sind es die oberhalb der Sella liegenden Hypophysenganggeschwülste (Luger, Heuer und Dandy), bei welchen schon in frühen Stadien, zuweilen schon vor dem Auftreten einer Sellausur, Kalkherde auftreten. Dieselben stellen sich dar entweder in Form multipler, hirse Korn- bis linsengroßer Flecken oder in Form größerer konkrementähnlicher Schattenmassen oder als schalenartige Gebilde, die zuweilen konzentrisch angeordnet das Halbrund der erweiterten Sella kuppelartig überragen. Es handelt sich dabei um Knochenbildung in der Wand einer Zyste ähnlich wie bei Aneurysma der Karotis.

Auch unverkalkte Hypophysentumoren können, wenn sie, ihre knöchernen Umwallung durchbrechend, in die Keilbeinhöhle eingedrungen sind, direkt sichtbar werden, da ihr Weichteilschatten unter den genannten Bedingungen sich deutlich abhebt gegenüber der Helligkeit des luftgefüllten Sinus sphenoidalis (Schüller, Heuer und Dandy). —

Die Destruktionen der Sella, welche durch Hypophysentumoren erzeugt werden, haben große Ähnlichkeit mit jenen, die durch andere Erkrankungsprozesse an der Basis des Gehirns hervorgerufen sind, sowie auch mit jenen, welche Teilerscheinung der durch allgemeine Hirndrucksteigerung bewirkten Usur der Schädellinnenfläche sind (Schüller, Johnston). Im einzelnen kommen folgende, zur Usur der Sella führende pathologische Prozesse in Betracht:

1. Intrakranielle Erkrankungen, welche zu chronischer Hirndrucksteigerung geführt haben (Hirntumoren beliebiger Lokalisation und Hydrocephalus chronicus). Die durch diese Prozesse herbeigeführte Sellausur hat meist große Ähnlichkeit mit der durch extrasellare Hypophysentumoren bedingten Usur. Anhaltspunkte für die Unterscheidung sind gegeben durch die Zeichen chronischer Hirndrucksteigerung im Bereich des übrigen Schädels (hydrocephale Form und Größe des Schädels, Usur der Innenfläche des Schädel-

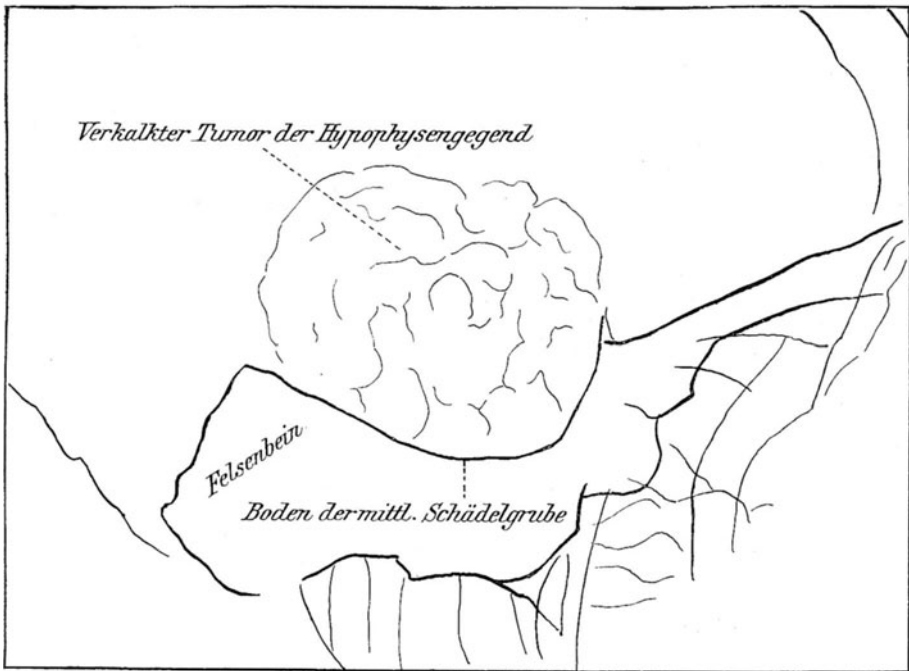
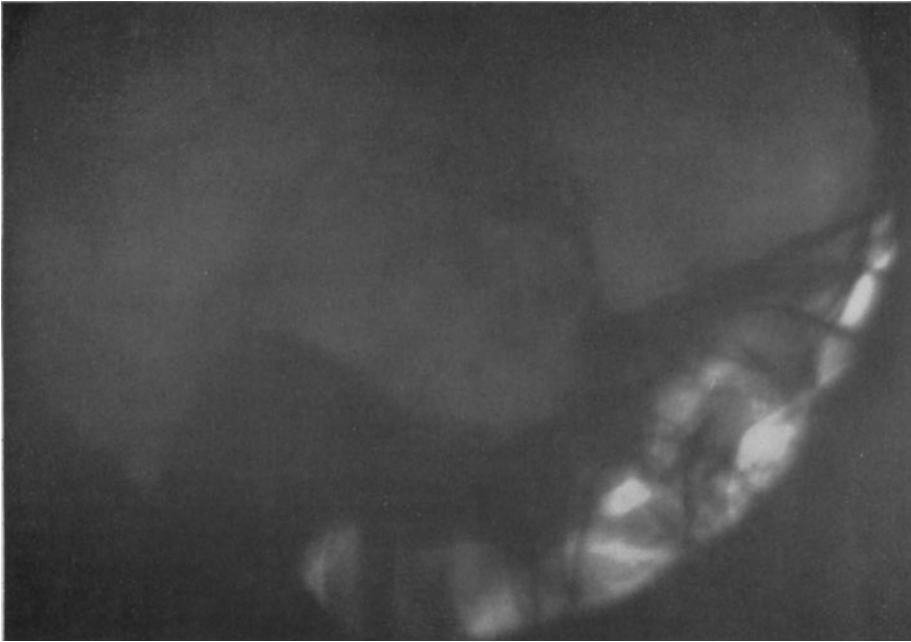


Abb. 38. Profilaufnahme eines Falles von totaler Usur des Keilbeinkörpers durch einen orangegroßen, verkalkten Tumor der Hypophyse.

daches, Nahtsprengung, Erweiterung der Venenkanäle), Veränderungen, welche sich bei Hypophysentumoren höchstens neben vorgeschrittener Sellausur, bei den hirndrucksteigernden Prozessen gleichzeitig mit dem Beginn der Sellausur zu entwickeln pflegen. Für die Annahme eines Tumors (Gumma) der Hypophyse oder der Hypophysengegend gegenüber Hirndrucksteigerung infolge von Hydrocephalus internus sprechen die nachstehenden Momente:

a) Eine asymmetrische Usur der *Processus clinoides anteriores*, des *Dorsum sellae* oder des Bodens der Sella; die asymmetrische Sella-Usur, welche nur höchst selten durch den hydrokephal erweiterten dritten Ventrikel hervorgerufen wird, manifestiert sich auf dem transversalen Röntgenogramm in Form zweier oder mehrerer konzentrischer Konturen.

b) Die Gestalt der usurierten Sella; eine allseitig vergrößerte Sella findet sich seltener bei Hirndrucksteigerung.

c) Das Vorhandensein charakteristischer Verkalkungsherde in der Gegend der Sella turcica; hierbei ist zu berücksichtigen, daß nicht alle in dieser Gegend feststellbaren Verkalkungen einem Tumor oder Gumma entsprechen. Zuweilen handelt es sich um Verkalkungen der atrophischen Hypophyse; so fand Lichtwitz am Röntgenbilde dreier Fälle von hypophysärer Kachexie (Simmondscher Krankheit) Kalkherde in der Sella. Ferner haben Pfahler und Pitsfield gezeigt, daß Kalkablagerungen nicht gar selten in normalen Hypophysen vorkommen und am Röntgenbild nachweisbar sind. Endlich darf das Vorkommen von kalkdichten, in die Gegend der Sella turcica sich projizierenden Schatten, die den basalen Hirnarterien entsprechen, nicht vergessen werden. Auch die knöchernen Brücken zwischen den *Processus clinoides anteriores*, *medii* und *posteriores*, ferner die den Joga der Schläfenschuppen entsprechenden, wolkgigen Schatten und selbst die knöchernen Wände von im Bereich der Schläfenschuppen liegenden *Cellulae mastoideae* können zur Verwechslung mit hypophysären Verkalkungen Anlaß geben.

2. Primäre Erkrankungen des Keilbeinkörpers. Die Veränderungen der Sella, welche durch Erkrankungen der Schädelbasis (Karzinom des *Sinus sphenoidalis*, Tumoren und Tuberkulose [Kurzak] des Keilbeinkörpers) hervorgerufen werden, haben ein charakteristisches Gepräge: da die genannten Krankheitsprozesse das Keilbein infiltrieren, verursachen sie eine Verringerung seiner Schattendichte und somit der Schärfe seines dorsalen Grenzkonturs, der Sella turcica, ohne im wesentlichen die Form der letzteren zu verändern (s. Abb. 39). Im Gegensatz zu der durch Druckatrophie entstandenen Formveränderung der Sella bei Hypophysentumoren und anderweitigen intrakraniellen Prozessen bildet die durch Osteoporose veranlaßte Herabsetzung der Schattendichte des Keilbeins und die unscharfe Konturierung der in ihrer Form noch grob erhaltenen Sella ein sicheres Zeichen der primären Erkrankung der Schädelbasis. Nur ganz ausnahmsweise haben Hypophysentumoren einen malignen, den Knochen infiltrierenden Charakter (Budde).

3. Tumoren der Hirnbasis. Die an der Basis des Gehirns sich entwickelnden Geschwülste und geschwulstähnlichen Prozesse (Endotheliome des die Schädelbasis bekleidenden Duraüberzuges, Tumoren und Zysten der basalen Anteile des Stirn- und Schläfenlappens, Fibrome und Sarkome der basalen Hirnnerven, insbesondere des *Acusticus*,luetische Affektionen der Hirnbasis und der Hirnhäute entsprechend der mittleren Schädelgrube sowie Gummen der Hypophyse, ferner Geschwülste, Zysten und hydrokephale Erweiterungen des dritten Ventrikels, zystische Flüssigkeitsansammlungen der *Cisterna chiasmatis*, Tumoren des *Chiasma*, endlich Aneurysmen der basalen Hirnarterien) erzeugen Druckusuren der Sella, welche mit den durch (extrasellare) Hypophysentumoren

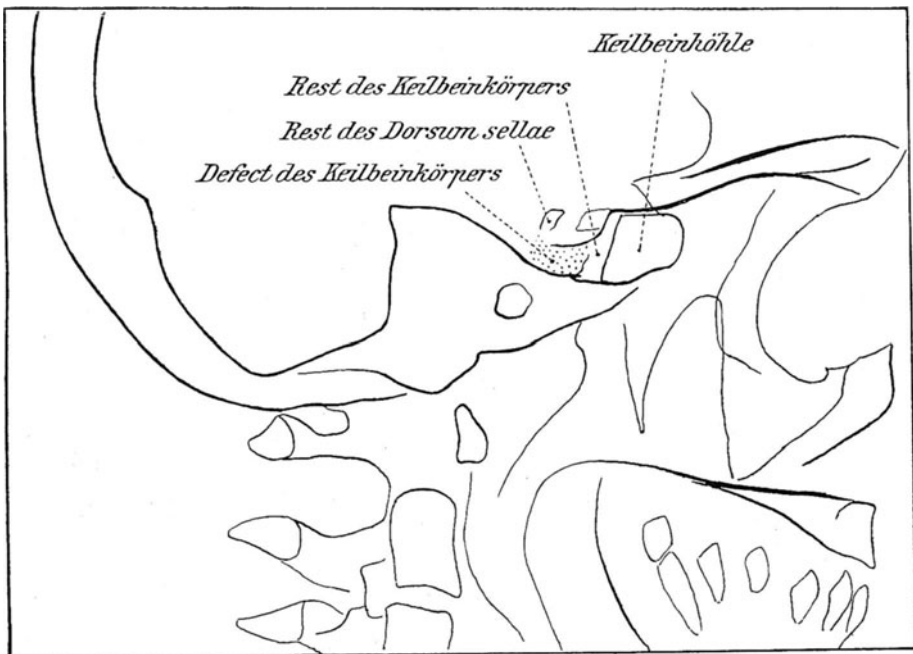
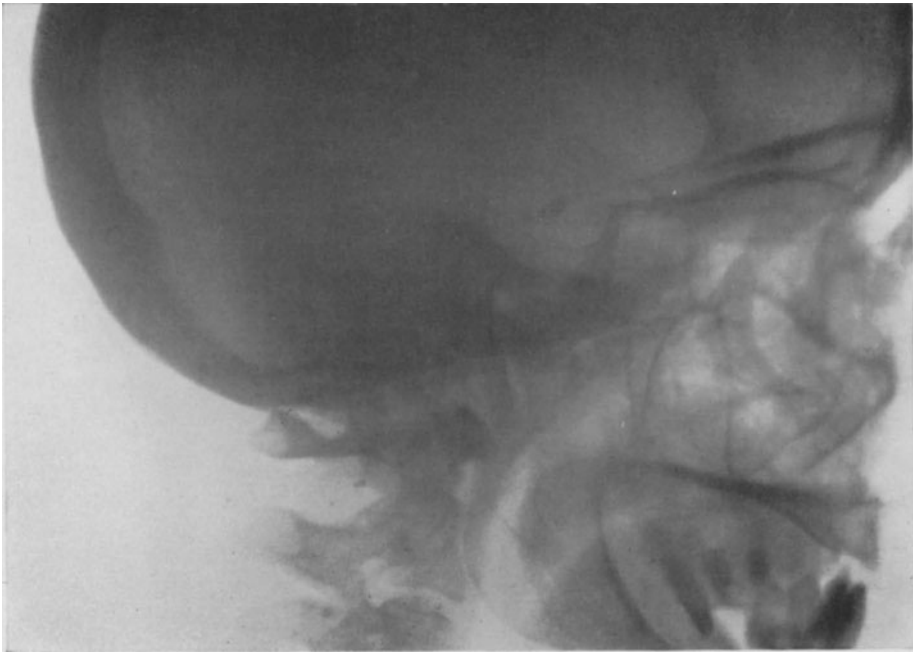


Abb. 39. Profilaufnahme der Schädelbasis eines Falles von partieller Destruktion des Keilbeinkörpers durch einen malignen Tumor.

verursachten so große Ähnlichkeit haben können, daß eine Differenzierung meist nicht möglich ist.

Fehldiagnosen auf Grund des Röntgenbildes (Bachstetz) sind bei entsprechender Erfahrung auf relativ wenige Fälle reduzierbar. Die praktischen Folgen derartiger Fehldiagnosen (Annahme eines Hypophysentumors bei Vorhandensein eines Aneurysmas oder Hydrokephalus des dritten Ventrikels) sind weniger bedeutungsvoll, seitdem wir gelernt haben, die für Hypophysentumoren geltenden Operationsmethoden auch auf andere intrakranielle Prozesse auszuweiten, welche eine ähnliche Sellausur veranlassen, insbesondere Hydrokephalus des dritten Ventrikels und zystische Flüssigkeitsansammlungen innerhalb der Cisterna chiasmatis (Schüller, Heuer, Dandy). —

Einen eigenartigen Typus von Schädeldefekten konnten wir bei der Röntgenuntersuchung zweier jugendlicher Individuen beobachten, die außerdem Exophthalmus und Polyurie aufwiesen, so daß wir uns berechtigt glaubten, das Symptomenbild auf eine hypophysäre Störung zurückzuführen. Da ähnliche Fälle schon von früheren Autoren (Hand, Kay) und neuerdings von

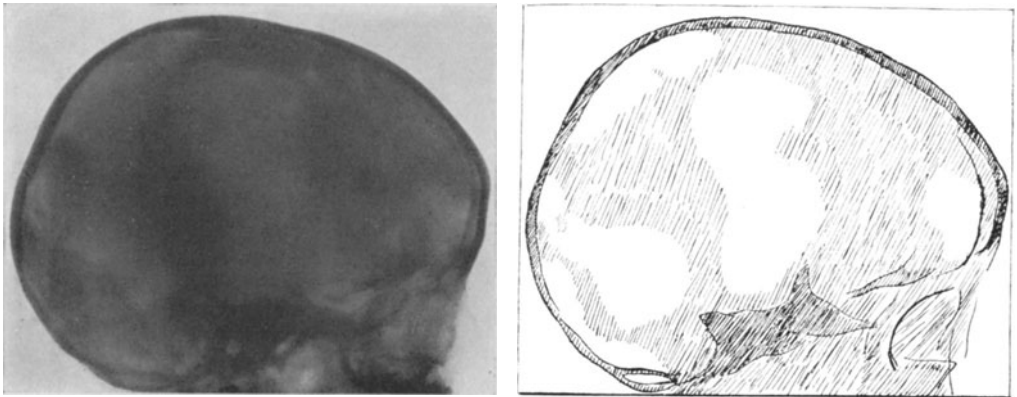


Abb. 40. Ausgedehnte Schädeldefekte bei hypophysärer Dysostose.

Christian, Veit u. a. beobachtet wurden, so dürfte es zweckmäßig sein, das Symptomenbild als Affektion sui generis (hypophysäre Dysostose) aufzufassen.

Einer der beiden von uns beobachteten Fälle betraf ein 5jähriges Mädchen, bei dem sich im 3. Lebensjahr, im Anschluß an Keuchhusten, ein Exophthalmus beiderseits allmählich ausgebildet hatte. Seither bestand auch hochgradige Polydipsie und Polyurie. Am Schädeldach finden sich mehrere Knochendefekte, so an der rechten Schädelhälfte im Bereich des Scheitelbeins ein großer Defekt mit steilen, leicht gekerbten Knochenrändern, unter das Hautniveau eingesunken. Ähnliche kleinere Defekte finden sich am Hinterkopf links. Die Defekte sind nicht druckempfindlich, zeigen deutliche Pulsation, besonders am Hinterhaupt. Am Röntgenbild (s. Abb. 40) zeigt das Schädeldach eine Dicke von 3 mm, seine Innen- und Außenfläche ist eben. Entsprechend den tastbaren Defekten finden sich scharfrandige Lücken am Schädeldach. Auch die Schädelbasis zeigt beträchtliche Usuren entsprechend den Orbitaldächern und dem Keilbeinkörper. Im Verlauf einer achtjährigen Beobachtung blieben die Symptome ziemlich unverändert, nur nahm die Größe der Defekte ab.

Der Fall von Christian betrifft ein 5jähriges Mädchen, bei welchem im 4. Lebensjahr rechtsseitiger Exophthalmus, Polydipsie und Polyurie auftraten. Über dem ganzen Schädel fanden sich zahlreiche kleinere Unebenheiten, außerdem zwei ausgedehnte Lücken mit Pulsation und Vorwölbung beim Schreien des Kindes. Das Röntgenbild des Schädels zeigte Vergrößerung und Abflachung der Sella turcica, multiple Defekte des Schädeldaches und ähnliche Veränderungen an den flachen Beckenknochen.

Der Fall von Veit, ein 45jähriger Mann mit ausgedehnten Schädeldefekten, zeigte (histologisch) völligen Schwund der Hypophyse bei multipler Blutdrüsenklerose.

Ausführliche Darstellungen der Pathologie und Therapie der Hypophysen-Tumoren finden sich in den Arbeiten von Cushing und Hirsch, woselbst auch zahlreiche röntgenologische Beobachtungen mitgeteilt sind. Ebenso wird in den unübersehbaren, in den letzten Jahren erschienenen Publikationen über Erkrankungen der Hypophyse meist auf die Röntgenbefunde gebührend Rücksicht genommen. Die Namen der Autoren einiger dieser Publikationen seien hier aufgezählt: Biedl, Carrien, Duffy, Jackson, Kurzak, Laconture, Maas, Mintz, Mouzon, Pasteur, Poppi, Pîibram, Priesel, Reverchon, Sargent, Strubell, Verga, Wilbrand-Saenger. —

Eine andere Form lokaler Destruktion an der Basis des Schädels ist verursacht durch Geschwülste des Kleinhirnbrückenwinkels, die sogenannten

Acusticustumoren.

Die für diese Tumoren (Cushing, Fraser, Pelte) charakteristische Usur der Schädelbasis besteht darin, daß die Sattellehne durch Druckatrophie ihrer hinteren Fläche verdünnt und sodann nach vorne geneigt wird (siehe Abb. 41).

So charakteristisch diese (von mir zuerst am Röntgenbilde erkannte, sodann durch Kontrolle an der Leiche verifizierte) Form der Destruktion ist und so leicht sie am Röntgenogramm diagnostiziert werden kann, so kommt sie keineswegs bei allen Fällen von Acusticustumor zur Beobachtung. Ihre typische Ausprägung hängt vielmehr von dem Sitze und der Größe der Geschwulst ab. Auf Grund der bisherigen Erfahrungen scheint es festzustehen, daß bloß jene Geschwülste, welche von ihrem Ausgangspunkte, dem Kleinhirnbrückenwinkel, entlang der Hinterfläche der Felsenbeinpyramide nach vorne zu wachsen und dabei noch keine allzu bedeutende Ausdehnung erlangt haben, geeignet sind, die typische Usur zu erzeugen.

Eine zweite Form lokaler Usur bei Acusticustumoren ist die von Henschen beschriebene Erweiterung des Meatus auditorius internus. Die röntgenologische Feststellung dieses Details gelingt bei Vergleichung der beiderseitigen, in geneigter Stellung des Kopfes vollkommen symmetrisch angefertigten Profil-aufnahmen. Stenvers empfiehlt für den gleichen Zweck die von ihm angegebene Labyrinth-Aufnahme, Cushing Stereoröntgenogramme des Felsenbeines.

In vereinzelt Fällen soll (einer privaten Mitteilung zufolge) eine knöcherne Verengung des Meatus auditorius internus bei Acusticustumoren vorhanden gewesen sein. Offenbar handelt es sich dabei um jene Form umschriebener Hyperostose, die entsprechend dem Sitz eines Duratumors (Endothelioms) gelegentlich sich ausbildet.

Analoge Veränderungen, wie durch Acusticus-Tumoren, können auch durch anderweitige, ähnlich lokalisierte basale Tumoren hervorgerufen werden, z. B. durch Geschwülste im Hirnstamm (Pons), durch Cholesteatome und Endotheliome der hinteren Schädelgrube, durch ein Chordom, dessen Ausgangspunkt jene Stelle des Klivus bildet, wo die Synchronosis spheno-occipitalis einschneidet, endlich durch ein im Brückenwinkel gelegenes Arterienaneurysma. Die Erweiterung des Meatus auditorius wird schließlich auch als Zeichen der allgemeinen Hirndrucksteigerung, besonders bei Tumoren der hinteren Schädelgrube und Hydrokephalus, beobachtet (Heuer und Dandy). Gelegentlich wurde der Meatus auditorius internus der dem Sitze des Tumors gegenüberliegenden Seite vergrößert gefunden, ohne daß Anhaltspunkte für das Vorhandensein einer doppelseitigen Geschwulst des Hörnerven vorhanden waren. Übrigens scheint auch eine angeborene Erweiterung des inneren Gehörganges vorzukommen.

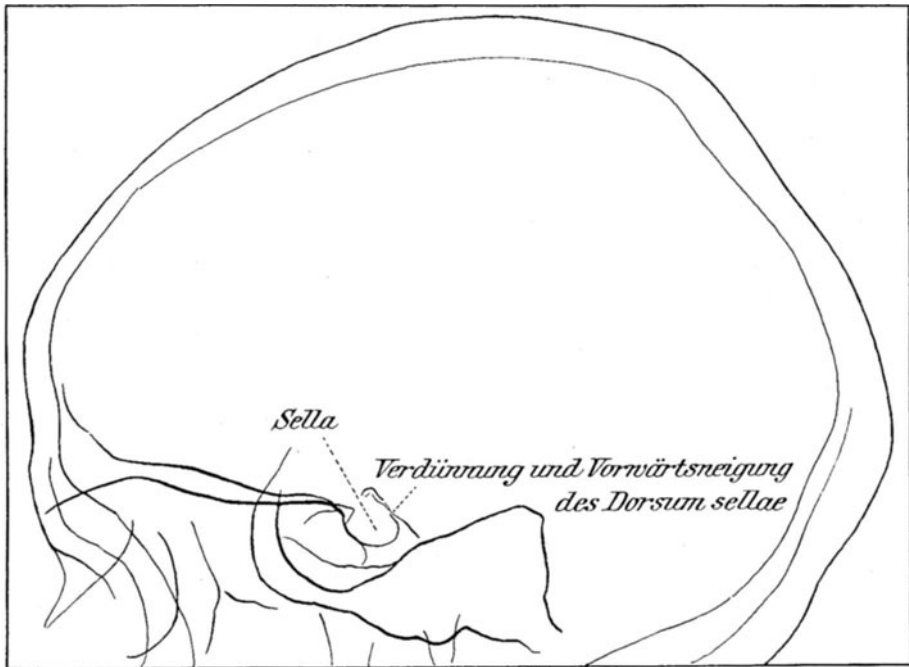
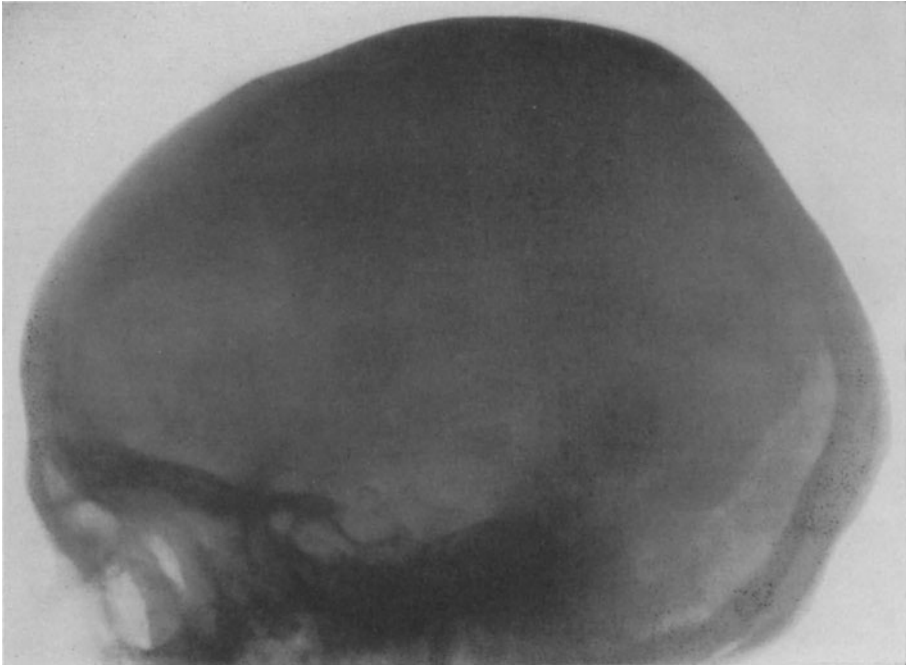


Abb. 41. Profilaufnahme eines Falles von Acusticus-Tumor mit Verdünnung und Vorwärtsneigung der Sattellehne.

Abgesehen von den bisher erwähnten bilden sich oft genug andere am Röntgenbilde erkennbare Schädelveränderungen infolge der Anwesenheit einer Geschwulst des Kleinhirnbrückenwinkels aus, am häufigsten die Zeichen allgemeiner Hirndrucksteigerung und die bei Geschwülsten der Hirnbasis überhaupt entstehenden Usuren der zarten Teile am Eingang der Sella turcica. Schließlich sei erwähnt, daß eine Kombination der charakteristischen lokalen Destruktionen mit allgemeiner Usur des Schädels oder auch Fehlen jeglicher Schädelveränderung zu konstatieren sein kann. —

Sonstige Geschwülste der Hirnbasis. Die bisher nicht besprochenen Geschwülste (Gliome, Sarkome, Endotheliome, Angiome, Fibrome, Cholesteatome, Tuberkel, Syphilome, Zysten) der basalen Teile des Gehirns und der Hirnhäute sowie der Hirnnerven und die Aneurysmen der basalen Arterien erzeugen nicht selten Veränderungen an der knöchernen Schädelbasis im Sinne von Druckatrophie oder kariöser Zerstörung des Knochens. Insbesondere sind es die zarteren Teile der Schädelbasis, welche unter der Druckwirkung der in ihrer Nähe gelegenen basalen Geschwulst leiden.

Die Röntgenuntersuchung ermöglicht den Nachweis der durch die genannten basalen Geschwülste erzeugten Schädelveränderungen. Bei Geschwülsten der vorderen Schädelgrube kann das Orbitaldach, bei Tumoren der hinteren Schädelgrube die Schuppe des Hinterhauptbeines Usuren aufweisen. Die an der Hirnbasis zwischen Stirn- und Schläfenlappen liegenden Tumoren (Endotheliome) können sich zuweilen durch eine Veränderung (Destruktion, Infiltration) der Ala minor verraten (Heilbronner). Am häufigsten sieht man bei allen basalen Geschwülsten jenes Bild, welches man bei extrasellaren Hypophysentumoren zu beobachten Gelegenheit hat, d. h. Veränderungen der zarten Teile am Eingang der Sella turcica (Verdünnung und Vertiefung des Sellabodens, Zuschärfung der Processus clinoidi anteriores, Verschmächtigung und Verkürzung der Sattellehne); je nach der Lage der Geschwulst sind entweder die vorderen oder hinteren bzw. die Knochenvorsprünge einer Seite usuriert.

Bei einzelnen Fällen von Aneurysmen der Carotis interna im Sinus cavernosus wurde außer der Sellausur ein bogenförmig die Sellagegend überdachender kalkdichter Schatten am Röntgenbilde festgestellt; er entsprach einer Kalk-einlagerung in der Wand des Aneurysmas (Schüller, Spieß und Pfeiffer, Dandy). Verkalkungsherde lassen sich auch bei andersartigen Tumoren der Hirnbasis zuweilen feststellen.

Die durch Hirndrucksteigerung entstehenden Veränderungen der Schädelwand sind, insbesondere bei Tumoren der hinteren Schädelgrube, oft deutlich ausgeprägt. Die Unterscheidung der durch basale Hirntumoren erzeugten Schädelusuren gegenüber den infiltrativen Zerstörungen der Schädelbasis, die durch Entzündungen und maligne Neubildungen erzeugt sind, läßt sich meist ohne Schwierigkeiten durchführen. —

Geschwülste der Gehirnkonvexität. Die durch Geschwülste der Gehirnkonvexität erzeugten lokalen Destruktionen der Schädelwand im Bereich des Kraniaum stellen sich dar als umschriebene Verdünnung der Schädelwand infolge von Druckatrophie ihrer Innenfläche, wobei die Kontinuität der äußeren Schädeloberfläche zumeist erhalten ist, oder als lokale Vorwölbung der verdünnten Schädelwand oder es kommt zur Infiltration des Schädelknochens durch den Tumor. Nach Beobachtungen von Heuer und Dandy findet sich auch eine lokale Ausprägung der Impressiones digitatae bei Tumoren des Großhirns entsprechend jener Stelle der Schädelwand, in deren unmittelbarer Nachbarschaft der Tumor liegt; sie dürfte der Beginn der allgemeinen Schädelusur sein und ist nur selten unilateral.

Während die klinische Untersuchung höchstens mit Hilfe des Symptoms der lokalen Empfindlichkeit eine Verdünnung oder Infiltration der Schädelwand zu vermuten gestattet und nur deutliche Vorwölbungen oder Perforationen des Knochens festzustellen ermöglicht, läßt das Röntgenbild alle genannten Schädelveränderungen in charakteristischer Weise erkennen. Aus der Lage, der Form und Begrenzung der veränderten Schädelpartie kann man Schlüsse ziehen auf den Sitz, die Größe und die Natur des Tumors. Scharfkonturierte Verdünnung oder Vorwölbung der Schädelwand spricht für das Vorhandensein einer benignen Geschwulst (Zyste, Endotheliom, Fibrom), Osteoporose des Knochens für Infiltration durch maligne Prozesse (Sarkom, Tuberkel); wellige Konturen der Defekte oder gefäßartige Ramifikationen innerhalb der usurierten Stellen (Clairmont, Ilsenschmid) lassen an ein Angiom denken. Das Röntgenbild ermöglicht schließlich auch die Feststellung, ob lokale Vorwölbungen des Schädels nicht durch Verdickung des Knochens (z. B. bei Exostosen, Ostitis fibrosa, Osteosarkom und andere Knochentumoren) oder durch intrakranielle Drucksteigerung (Turrikephalie und andere Formen der Kraniostenose, Hydrokephalus) bedingt sind. —

Außer Schädelusuren lassen sich bei intrakraniellen Tumoren noch andere lokale Veränderungen nicht selten am Röntgenbilde erkennen, nämlich 1. intrakranielle Verkalkungsherde in der Nachbarschaft der veränderten Partie der Schädelwand (als Zeichen einer kalkhaltigen Geschwulst, s. Abb. 42); 2. erweiterte Gefäßkanäle in der Schädelwand, 3. lokale Schädelverdickungen; über Punkt 1 wurde bereits gesprochen, 2 und 3 kommen in den folgenden Zeilen zur Erörterung,

Schädelveränderungen infolge von chronischer Hirndrucksteigerung.

A. Allgemeine Usur der Schädelinnenfläche. Eine durch längere Zeit andauernde Steigerung des intrakraniellen Druckes, wie sie bei chronischem Hydrokephalus, bei Kraniostenose, bei Tumoren, Zysten, Tuberkeln, Gummien usw. des Gehirns sich einzustellen pflegt, kann zu ausgedehnter Druckusur der Schädelinnenfläche führen. Entwickelt sich die Drucksteigerung in kurzer Zeit zu beträchtlicher Höhe, so wird die Lamina interna konsumiert, wobei sich die Schädelinnenfläche rau anfühlt. Bei allmählicher Entwicklung oder häufiger Wiederkehr der Drucksteigerung bleibt die Innenfläche glatt, die Hirnoberfläche schleift mit ihrem pulsierenden Druck die Kanten ab, erweitert die natürlichen Öffnungen der Schädelwand, insbesondere das Hinterhauptloch (Kluge) und preßt sich mit ihren Windungskuppen in vertiefte Impressiones digitatae hinein, so zwar, daß die Schädelinnenfläche verdünnt und ihr Relief völlig umgestaltet wird. Die durch den Abbau der Schädelinnenfläche frei gewordenen Kalksalze können in die Dura transportiert oder auf der Spitze der Jura cerebrialia abgelagert werden.

Während die durch rasch wachsenden Druck erzeugte Rauigkeit der Innenfläche am Röntgenbilde nicht erkannt werden kann, präsentieren sich die beschriebenen Usuren infolge chronischen Druckes am Röntgenbilde sehr deutlich, und zwar in folgender Art:

a) Der normalerweise nahezu gleichmäßig graue Schatten des Schädeldaches zeigt bei chronischer Drucksteigerung charakteristische Fleckenbildung in Gestalt rundlicher Aufhellungen, die über die gesamte Bildfläche oder über einzelne Teile derselben verbreitet sind. Die dunklen Flecken entsprechen den Verdünnungen der Schädelwand, welche durch die Windungskuppen erzeugt sind, d. h. also pathologisch vertieften Impressiones digitatae (die normalen

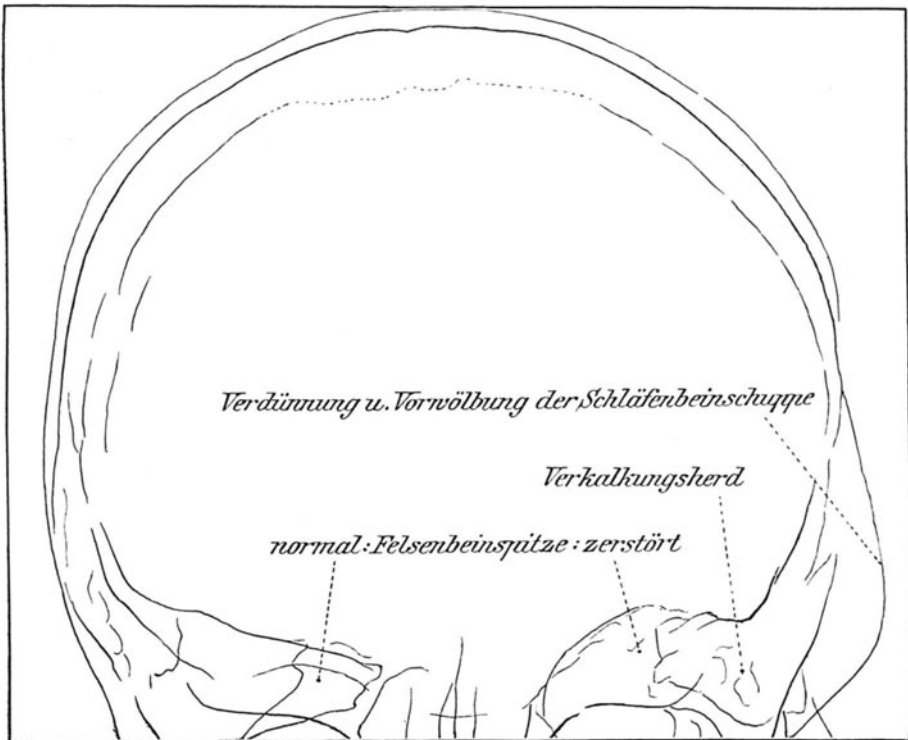


Abb. 42. Anteroposteriore Aufnahme eines Falles von lokaler Usur und Vorwölbung der Schädelwand durch einen verkalkten Tumor cerebri.

Impressiones digitatae lassen sich am Röntgenbilde niemals als Fleckung des Schädelschattens nachweisen).

b) Die *Juga cerebralia*, welche unter normalen Verhältnissen an Profil-aufnahmen des Schädels nur im Bereich des Bodens der vorderen und mittleren Schädelgrube als flache Zacken erkennbar sind, treten bei der durch die Hirndrucksteigerung hervorgerufenen Schädelusur auch im Bereich der Innenfläche des Schädeldaches deutlich in die Erscheinung, und zwar insbesondere im Stirnteil des Schädels, woselbst sie zackige Vorsprünge des der *Lamina interna* entsprechenden Konturs und eine netzartige, helle Felderung des Flächenbildes erzeugen. Begreiflicherweise sind auch die schon normalerweise erkennbaren Zacken im Bereich der Schädelbasis stärker zugespitzt. An den Röntgenogrammen des Schädels mit sagittaler Durchleuchtungsrichtung läßt sich die Zuschärfung der *Juga* gleichfalls als verstärkte Zackenbildung des der *Lamina interna* entsprechenden Konturs, zumal im Bereich der Schläfengegend, erkennen.

c) Als Teilerscheinung der allgemeinen Usur der Schädelinnenfläche macht sich in sehr auffälliger Weise auf dem Profilbilde des Schädels die Destruktion der Knochenvorsprünge am Eingang der *Sella turcica* bemerkbar. Die Form der Destruktion entspricht vollkommen derjenigen, welche durch basale Hirngeschwülste erzeugt ist (Verdünnung und Vertiefung des Bodens der *Sella*, Verdünnung und Verkürzung der Sattellehne, Zuschärfung der *Processus clinoides anteriores*).

Die eben beschriebenen Veränderungen treten begreiflicherweise nicht stets in gleicher Deutlichkeit auf. Dies hängt einerseits von der Art der Drucksteigerung, der Größe, dem Sitz und der Natur des Tumors ab, andererseits von der Resistenz des Schädelknochens. Unter günstigen Umständen kann sich bereits mehrere Wochen nach dem Auftreten von klinischen Symptomen eines Zerebralleidens am Röntgenbilde die Usurierung der Schädelinnenfläche nachweisen lassen.

Im Anfang pflegt die Usur nur an einzelnen Stellen bemerkbar zu sein, dort, wo schon normalerweise das Relief der Hirnoberfläche an der Schädelinnenfläche sich in Form der *Impressiones* und *Juga* ausprägt: am Boden der mittleren und der vorderen Schädelgrube und im Bereich des Stirnbeins. Bei weiterem Fortschritt des Leidens sind die grubigen Usuren im Bereich der Innenfläche des gesamten Kraniaum zu sehen.

Bei den höchsten Graden von Drucksteigerung können die *Juga* verschwinden; es resultiert eine gleichmäßige Verdünnung der Schädelwand. Nach Rückgang des drucksteigernden Prozesses, z. B. im Anschluß an operative Eingriffe, kann eine Nivellierung der Schädelinnenfläche eintreten (Erdheim).

Die Plastizität des jugendlichen Schädels bewirkt, daß hier die Usuren frühzeitig und mit großer Deutlichkeit zu erkennen sind. Eine besonders markante Ausprägung der *Juga* findet sich bei der *Kraniostenose* und beim *Leistenschädel* (Lückenschädel nach Engstler).

Sind die Abflußöffnungen der Ventrikel verlegt, insbesondere durch Verwachsungen der Hirnhäute, bei Tumoren der Ventrikel oder *Cysticercus* des vierten Ventrikels, so kommen bekanntlich sehr früh die Hirndruckerscheinungen zum Ausdruck; dementsprechend lassen sich Schädelusuren bei derartigen Prozessen schon sehr bald und deutlich am Röntgenbilde erkennen.

Die Ausprägung der Usuren hängt auch insoferne von dem Sitze der hirndrucksteigernden Erkrankung ab, als sie zumeist stärker hervortritt in jener Schädelhälfte, in welcher der Krankheitsherd liegt. So ist es uns wiederholt gelungen, auf einer in sagittaler Durchleuchtungsrichtung angefertigten

Röntgenaufnahme des Schädels einen Unterschied bezüglich der Konfiguration des der Lamina interna entsprechenden Konturs der beiden Schädelhälften nachzuweisen: auf der Seite, welche dem Sitze des drucksteigernden Prozesses entspricht, sind die charakteristischen Einkerbungen der Impressiones digitatae und die Vorsprünge der Juga erkennbar, während die Gegenseite die normalen Konturen aufweist (s. Abb. 43).

Die diagnostische Verwertbarkeit der über die gesamte Schädelinnenfläche verbreiteten Druckusur läßt sich vom röntgenologischen Standpunkt folgendermaßen formulieren:|

1. Der röntgenologische Nachweis der Usurierung der Schädelinnenfläche ist ein sicheres Zeichen einer seit längerer Zeit bestehenden Hirndrucksteigerung, wie sie infolge eines Mißverhältnisses zwischen dem Schädel und seinem Inhalt bei intrakraniellen Geschwülsten, bei Hydrokephalie, Hirnhypertrophie und Kraniostenose vorkommt. In Fällen, wo es sich um die Differentialdiagnose eines der eben genannten Prozesse gegenüber anderweitigen zerebralen Erkrankungen (Hirnblutung, Hirnerweichung, Paralysis progressiva, Hirnabszeß) oder funktionellen Symptomenkomplexen (Neurasthenie, Hysterie) oder Allgemeinerkrankungen (Arteriosklerose, Nephritis, Leukämie, Diabetes) oder gewissen Organerkrankungen (Nasen-, Augen- und Ohrenaffektionen) mit zerebralen Symptomen (Kopfschmerz, Schwindel, Erbrechen, Hör- und Sehstörung) handelt, kommt der Konstatierung der charakteristischen Schädelusur die gleiche Bedeutung zu wie beispielsweise der Auffindung einer Stauungspapille unter den geschilderten Verhältnissen. Es muß betont werden, daß die diagnostische Verwertbarkeit der Usurierung des Schädels keineswegs hinter der einer Stauungspapille zurücksteht, die bekanntlich als eines der häufigsten, frühesten und sichersten Symptome chronischer Drucksteigerung angesehen wird. Gibt es doch viele Fälle, wo sich Stauungspapille gar nicht (z. B. bei Kraniostenose) oder später entwickelt als die Schädelusurierung, z. B. bei jugendlichen Individuen oder bei remittierender Drucksteigerung, ebenso andere Fälle, wo die Entscheidung, ob die Sehnervenschwellung als Stauungspapille oder als Neuritis optica infolge von Nephritis, Lues, Nebenhöhleneiterung aufzufassen ist, Schwierigkeiten bereitet.

2. Das Röntgenbild gibt zuweilen auch Anhaltspunkte für die Beantwortung der Frage nach dem Sitze, der Natur und Ausdehnung des zur Hirndrucksteigerung führenden Prozesses:

a) Die Feststellung einseitig ausgeprägter Impressiones digitatae ermöglicht die Bestimmung der Schädelhälfte, in welcher die Erkrankung ihren Sitz hat.

b) Ist außer der allgemeinen Schädelusur noch eine deutliche lokale Destruktion der Schädelinnenfläche nachweisbar, so läßt sich der Sitz des drucksteigernden Prozesses unter Anwendung der in den vorhergehenden Abschnitten enthaltenen diagnostischen Gesichtspunkte mit großer Wahrscheinlichkeit konstatieren.

c) Die Entscheidung der Frage, ob die chronische Hirndrucksteigerung durch abnorme Größe des Gehirns oder abnorme Enge des Schädels verursacht ist, läßt sich unter Berücksichtigung der Beschaffenheit der Schädelnähte treffen.

Schwierigkeiten für die diagnostische Verwertung der allgemeinen Schädelusur ergeben sich: a) wenn der Fall ein älteres Individuum betrifft, welches bereits de norma obliterierte Nähte besitzt, b) wenn es sich im Beginn der Hirndruckveränderungen um die Entscheidung der Frage handelt,

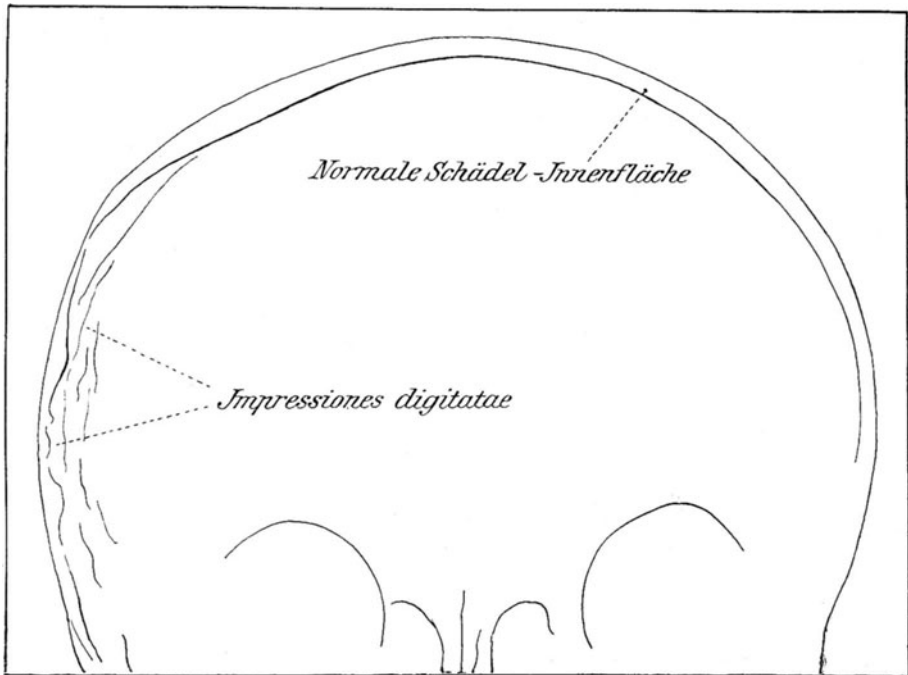
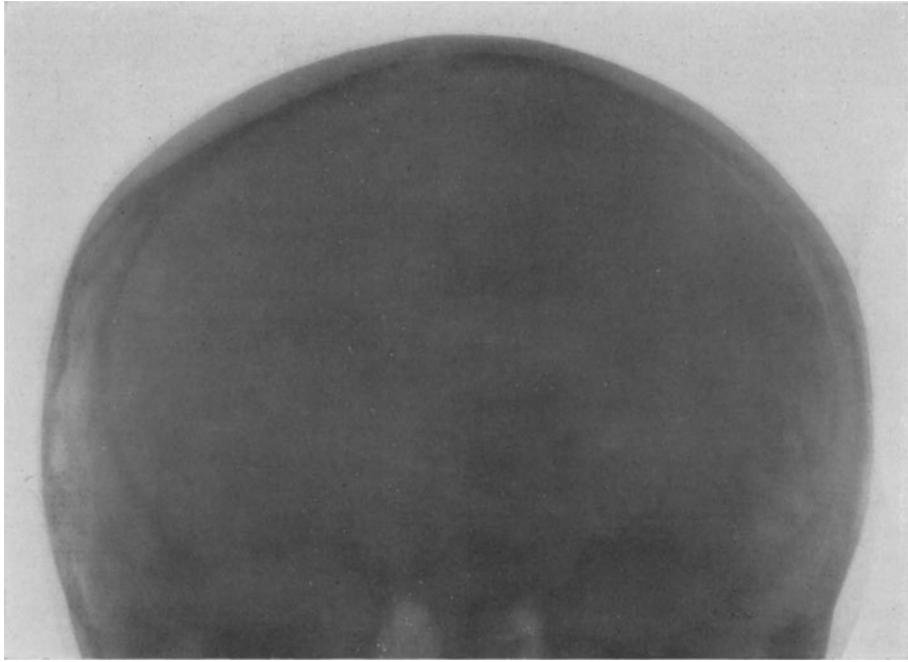


Abb. 43. Anteroposteriore Aufnahme eines Falles von linksseitigem Hydroképhalus mit Usur der linken Schädelhälfte.

ob die vorgefundene Usur als lokale oder als Teilerscheinung einer allgemeinen Usur aufzufassen sei; c) wenn es sich um die Entscheidung der Frage handelt, ob die Usuren auf einen rezenten oder abgelaufenen Prozeß zu beziehen sind.

Ein negativer Röntgenbefund im Sinne des Fehlens der Impressionen und Usuren spricht nicht gegen das Vorhandensein einer Hirngeschwulst bzw. einer anderen hirndrucksteigernden Affektion. Die Fälle, wo die klinischen Symptome mit großer Wahrscheinlichkeit das Bestehen einer Hirngeschwulst annehmen lassen, ohne daß am Röntgenbilde Usurierung sich findet, lassen sich in zwei Gruppen einteilen: entweder sind wegen allzu kurzer Dauer des Prozesses oder wegen Kleinheit oder günstigen Sitzes der Geschwulst die charakteristischen Schädelveränderungen noch nicht zur Ausbildung gekommen oder die Lamina interna ist abnorm dicht und dick (Hyperostose infolge von Hirndrucksteigerung)

B. Nahtveränderungen infolge von chronischer Hirndrucksteigerung. Bei intrakraniellen Erkrankungen, welche mit langdauernder Hirndrucksteigerung einhergehen, pflegen sich charakteristische Veränderungen an den Nähten einzustellen: die Nahtzacken werden verdünnt und verlängert, die Nahtfugen erweitert (Nahtdehiszenz). Die Nahtveränderungen treten um so deutlicher in die Erscheinung, je jünger das betreffende Individuum ist. Zuweilen erfolgt, wenn der hirndrucksteigernde Prozeß zum Stillstand gekommen ist, eine prämatüre Nahtobliteration.

Die beschriebene Veränderung der Nahtstellen präsentiert sich sehr auffallend am Röntgenbilde, bei kleinen Kindern unter der Form breiter Aufhellungstreifen, im späteren Alter durch deutliches Hervortreten der Nahtfugen und der verlängerten Nahtzacken (siehe Abb. 44).

Diagnostisch ist die röntgenographische Feststellung der Nahtdehiszenz von großer Wichtigkeit; sie ist ein häufiges und sicheres Zeichen der Hirndrucksteigerung. Der Nachweis ihres Vorhandenseins bzw. ihres Fehlens ist besonders wertvoll in Fällen, wo es sich um die Unterscheidung zwischen Kraniostenose, bei welcher nicht bloß eine oder mehrere Nähte prämatür obliteriert, sondern auch die offen gebliebenen Suturen meist nicht dilatiert sind, und den übrigen drucksteigernden Prozessen handelt.

C. Erweiterung der Venenkanäle des Schädels infolge von intrakranieller Drucksteigerung. Besteht ein längere Zeit dauerndes oder häufig wiederkehrendes Mißverhältnis zwischen Fassungsraum und Inhalt des Schädels, so tritt, offenbar als Folge der venösen Stauung und Erschwerung des Blutabflusses zum Foramen jugulare, eine Vertiefung und Erweiterung jener seitlichen Furchen der Schädelinnenfläche auf, welche für die Sinus durae matris bestimmt sind; außerdem bildet sich der doppelte venöse Kollateralkreislauf, der in der Diploe der Schädelwand und der in den weichen Schädeldecken gelegene, mächtiger aus, als es schon unter normalen Verhältnissen der Fall ist. Der diploetische Kollateralkreislauf wird ermöglicht durch das in der Diploe enthaltene Netz der Brechetschen Venen, die bei Hirndrucksteigerung an Zahl und Kaliber beträchtlich zunehmen, wobei auch ihre Kommunikationsstellen mit den intrakraniellen Venen, die Pacchionischen Gruben, sich stark vertiefen; der venöse Kollateralkreislauf der weichen Schädeldecken nimmt an Ausdehnung zu, dank der Erweiterung der Emissarien, welche das venöse Blut auf kurzem Wege aus dem Schädelinnern hinausführen.

In ähnlicher Weise wie bei allgemeiner Hirndrucksteigerung Erweiterung all der aufgezählten venösen Abflußwege auftritt, kann bei lokaler Behinderung des Blutabflusses infolge von Kompression eines Sinus durae matris die

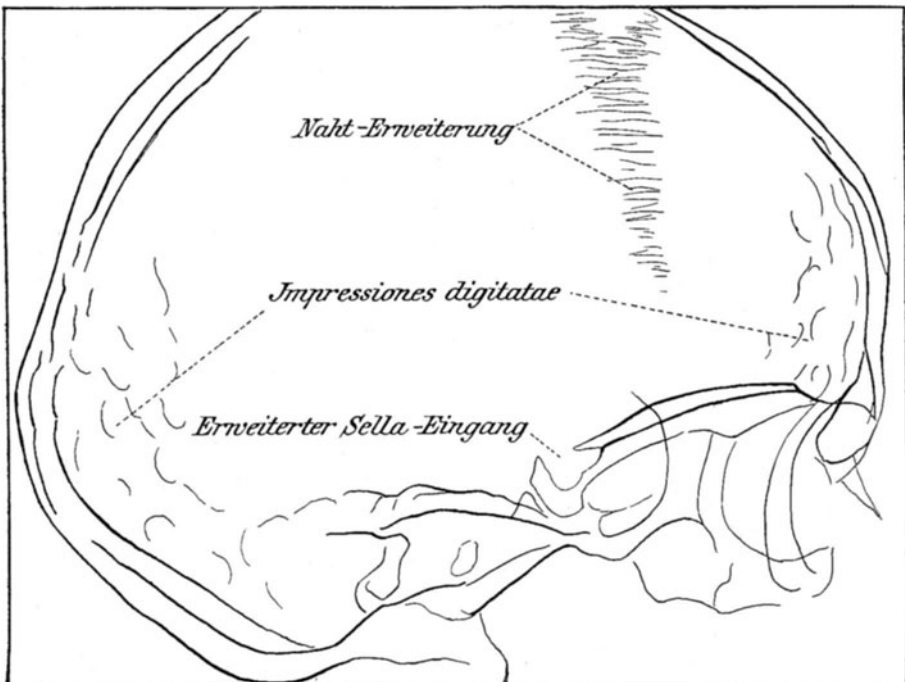
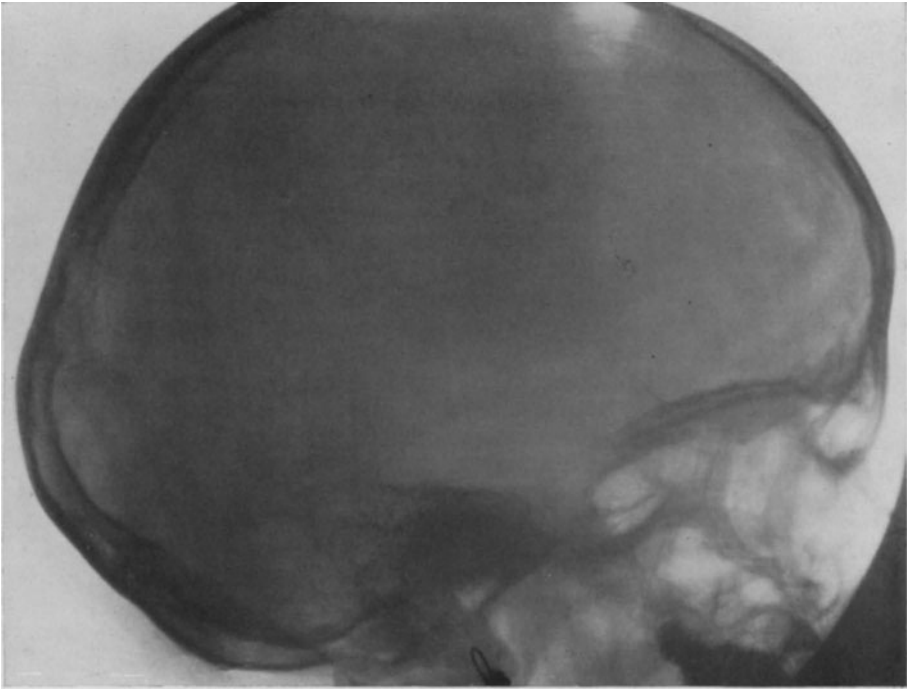


Abb. 44. Profilaufnahme eines 9jährigen Kindes mit Hirndrucksteigerung infolge Hydrokephalus bei Tumor cerebelli.

Ausbildung eines partiellen, peripher von der Kompressionsstelle beginnenden Kollateralkreislaufes erfolgen (analog dem Caput Medusae).

Nach Heuer und Dandy nimmt an der Erweiterung der Gefäßkanäle auch die Furche der Arteria meningea media teil.

Das Röntgenbild gestattet die Beschaffenheit der Knochenfurchen und -kanäle des Schädels, welche das venöse Blut abführen, am Lebenden mit großer Deutlichkeit darzustellen. Unter pathologischen Bedingungen, bei intra-

kranieller Drucksteigerung oder lokaler Kompression, erkennt man die dem Sinus longitudinalis, transversus, sigmoideus und sphenoparietalis (Sighinolfi) entsprechenden Furchen als breite, helle Streifen, während die genannten Furchen (mit Ausnahme des Sinus transversus und sigmoideus) unter normalen Verhältnissen oft kaum erkennbar sind. Auch die Vertiefung, Vergrößerung und Vermehrung der am Scheitel, an der Stirn, seltener andernorts gelegenen Pacchionischen Gruben

sowie die Erweiterung der Emissaria mastoidea läßt das Röntgenogramm leicht feststellen.

Schließlich erkennt man am Röntgenbilde ohne Schwierigkeit die Veränderungen der Zahl und Breite, die Verlaufsrichtung und Lokalisation der Brechetschen Venenkanäle.

Die diagnostische Bedeutung des röntgenologischen Nachweises von Veränderungen der venösen Abflußwege läßt sich folgendermaßen formulieren:

1. Die am Röntgenbilde erkennbare Vertiefung der Sulci venosi und der Pacchionischen Gruben sowie die Erweiterung der diploetischen Venen und der Emissarien ist ein recht häufiges Zeichen der chronischen Hirndrucksteigerung.

2. Asymmetrische Ausweitung der venösen Abflußwege läßt auf das Vorhandensein einseitiger Behinderung der venösen Zirkulation schließen, und zwar entspricht die Erweiterung der Abflußwege zumeist jener Seite, in welcher das Abflußhindernis liegt.

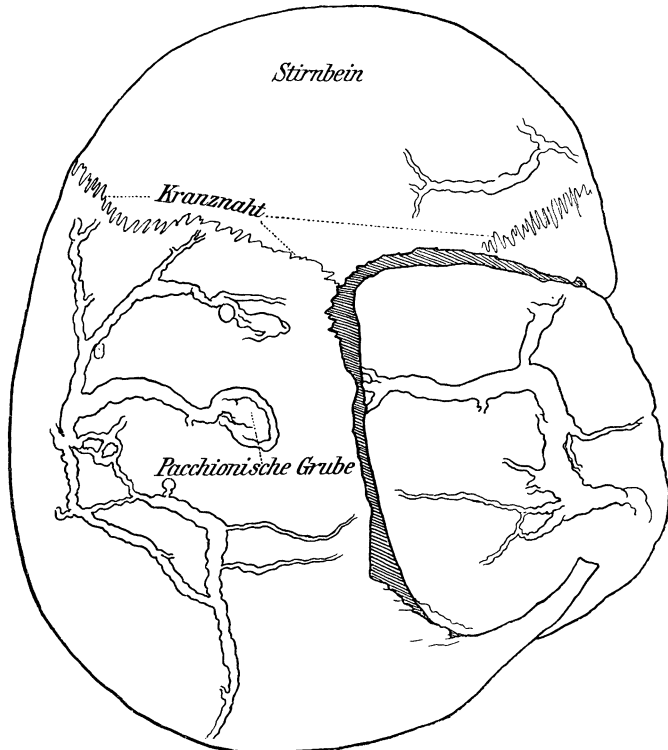


Abb. 45. Skizze des verkleinerten Röntgenogramms der Schädelkalotte eines Falles von operiertem Gliom der rechten motorischen Region, entsprechend dem Beinzentrum. (Der resezierte Knochentappen ist wieder eingelegt.) Hochgradige Erweiterung der Diploe-Venen, besonders rechts.

3. Die Auffindung einzelner, besonders stark erweiterter Venenkanäle erleichtert die genauere Lokalisation des Abflußhindernisses. Das häufigste Vorkommnis dieser Art repräsentiert die ein- oder beiderseitige Erweiterung des Sinus speno-parietalis bei Tumoren der Hirnbasis, welche, in der mittleren Schädelgrube liegend, den Sinus cavernosus komprimieren. Dergenannte Sinus kann nebst den diploetischen Venenkanälen eine auffällige Erweiterung zeigen auch bei Kompression des Sinus longitudinalis (s. Abb. 45); meist ist die Kompression verursacht durch einen Tumor (Endotheliom) der Dura oder eine Geschwulst (Gliom, Zyste) der Hirnoberfläche (Schüller, Dandy).

4. Der röntgenographische Nachweis des Vorhandenseins abnorm erweiterter Venenkanäle und ihrer Lokalisation ist für den Chirurgen ein wertvolles Hilfsmittel zur Vermeidung lebensgefährlicher Blutungen bei der Eröffnung des Schädels.

Eine beträchtliche Erweiterung des diploetischen Venennetzes ist zuweilen ohne anderweitige sichere Zeichen einer Hirndrucksteigerung vorhanden. Es dürfte sich in diesen Fällen entweder um eine habituelle Ausweitung des Venensystems oder um eine Eigentümlichkeit des Schädel skelettes handeln, etwa um eine abgelaufene Rachitis.

D. Schädelverdickung infolge von chronischer Hirndrucksteigerung. Da die harte Hirnhaut zugleich die Funktion des inneren Periostes der Schädelkapsel besitzt, so kann es nicht wundernehmen, wenn infolge ihres chronischen Reizzustandes, wie er bei Tumoren der Dura oder bei lange dauernden, häufig zu Hyperämie des Schädelinhaltes führenden, zerebralen Affektionen besteht, auch der Schädelknochen zur Wucherung angeregt wird. Dementsprechend beobachtet man Hyperostosen der Schädelwand nicht allzu selten bei Endotheliomen der Dura mater, bei Tumoren und bei diffusen Erkrankungen des Gehirns, insbesondere solchen, die mit Epilepsie oder Psychosen einhergehen. Was die Form der Hyperostose betrifft, so tritt sie als diffuse oder als umschriebene Verdickung der Schädelinnenfläche auf oder aber es findet sich die als tumorartige Hyperostose beschriebene Schädelverdickung. Die zirkumskripten Hyperostosen pflegen (Schüller, Cushing) an jenen Stellen der Schädelwand zu sitzen, unterhalb deren der Tumor (Endotheliom, Zyste, Tuberkel usw.) des Gehirns oder der Hirnhäute sich findet (s. Abb. 46, 47, 48).

Die diagnostische Verwertbarkeit der Röntgenuntersuchung bei den in Rede stehenden diffusen und umschriebenen Verdickungen der Schädelwand infolge von intrakraniellen Prozessen läßt sich folgendermaßen formulieren:

1. Bei Fällen, wo die übrige Untersuchung keinerlei Anhaltspunkte für das Vorhandensein einer Schädelhyperostose ergibt, ermöglicht das Röntgenbild allein die Konstatierung derselben.

2. Auch wenn äußerlich eine Verdickung erkennbar ist, stellt das Röntgenbild erst deren knöcherner Beschaffenheit und eventuelle Vorwölbung gegen das Schädelinnere fest.

3. Gibt die klinische Untersuchung Anhaltspunkte für das Vorhandensein einer Hirngeschwulst, so kann der röntgenologische Nachweis einer umschriebenen Schädelhyperostose die Lokalisation der Hirngeschwulst erleichtern bzw. ihre Artbestimmung („Meningiom“ Cushings) ermöglichen.

4. Die Konstatierung einer diffusen Hyperostose der Schädelinnenfläche ist insbesondere dann für die Diagnose eines intrakraniellen Tumors oder hirndrucksteigernden Prozesses (gegenüber anderen zur Hyperostose führenden ätiologischen Momenten, wie Lues, Alkoholismus) zu verwerten, wenn gleichzeitig Usuren der Schädelinnenfläche (an der Basis oder an einer umschriebenen Stelle des Krania) nachweisbar sind.

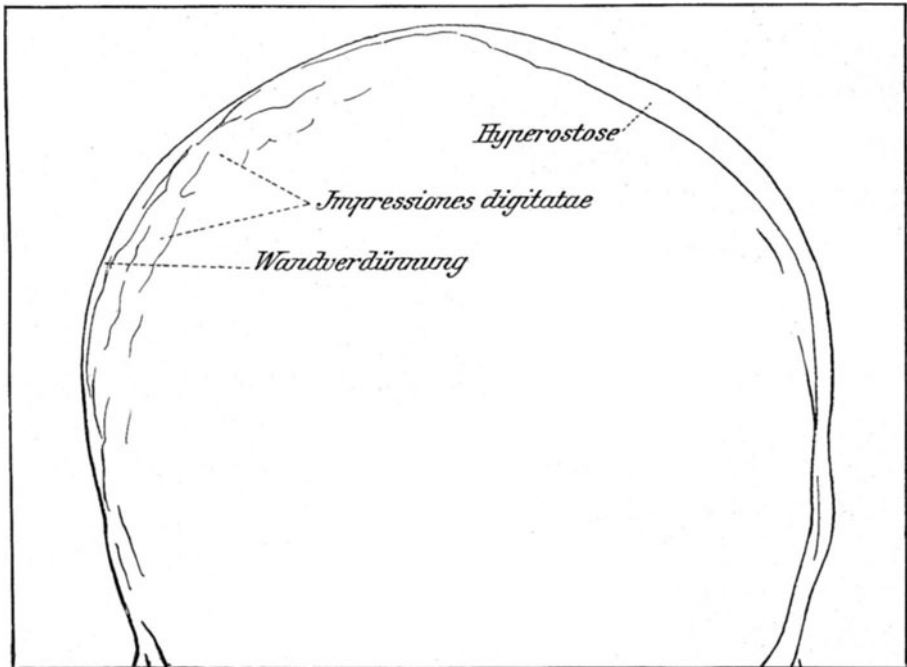
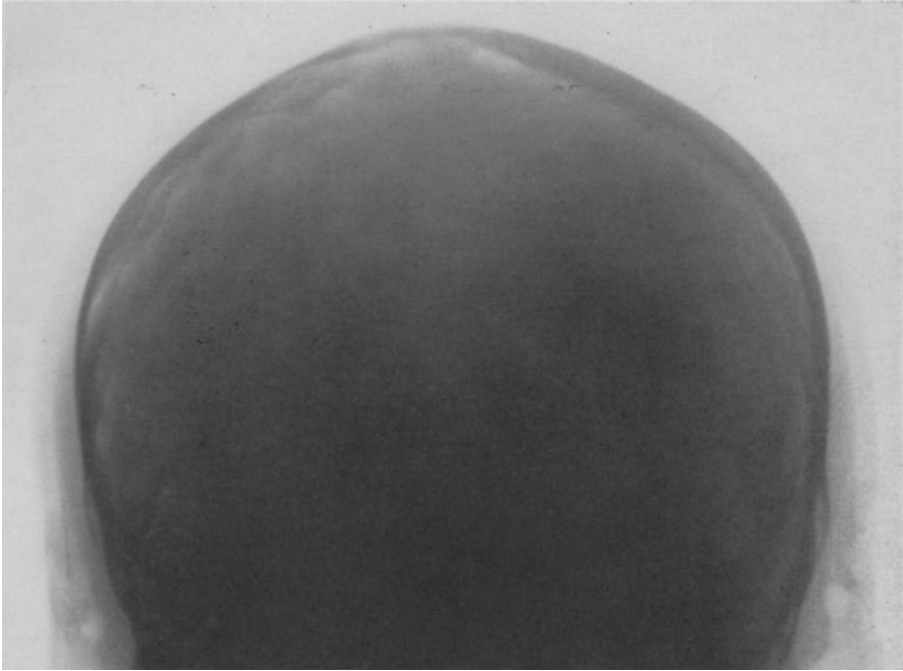


Abb. 46. Anteroposteriore Aufnahme eines Falles von rechtsseitiger Hyperostose und linksseitiger Usur der Schädelinnenfläche bei Dura-Endotheliom der rechten Parietalgegend.

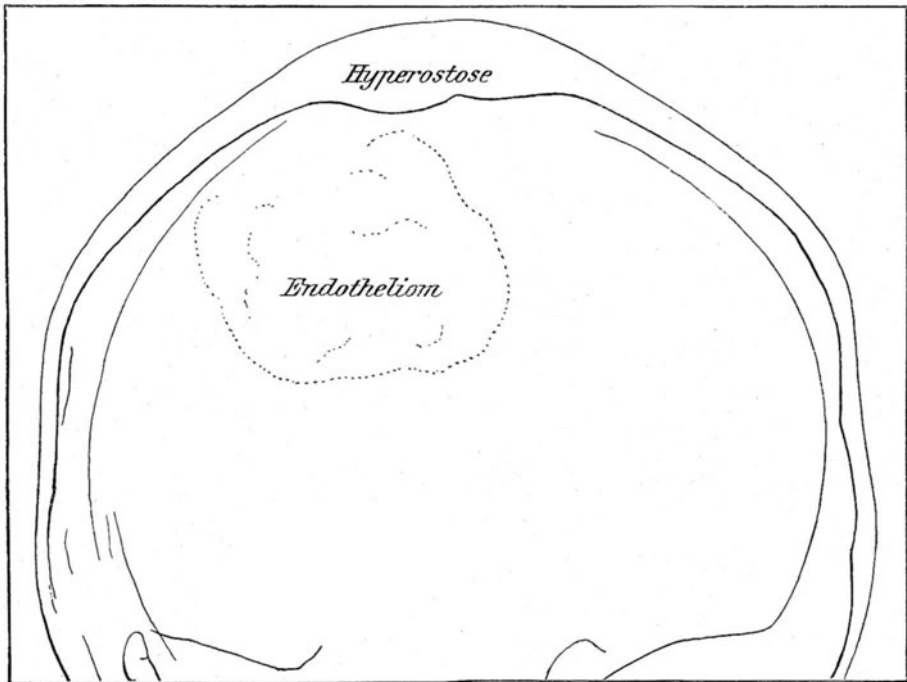
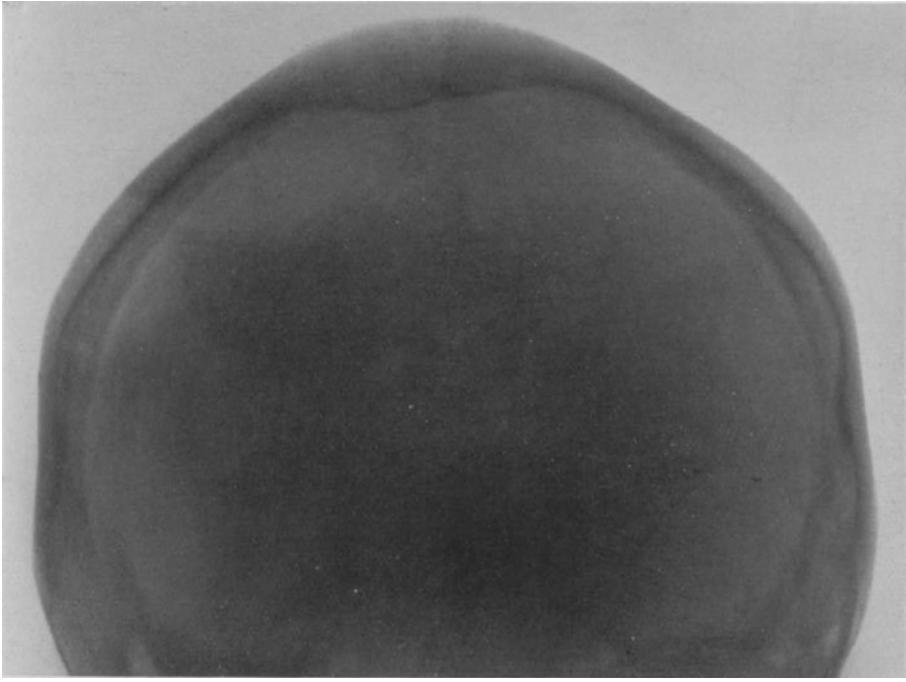


Abb. 47. Anteroposteriore Aufnahme eines Falles von verkalktem Dura-Endothelium mit regionärer Schädelverdickung.

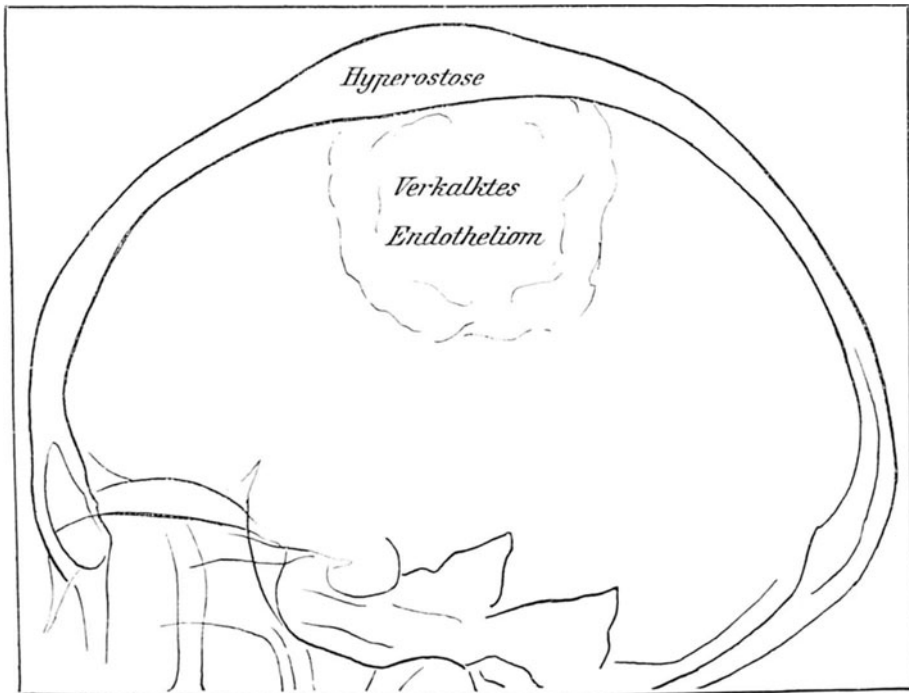
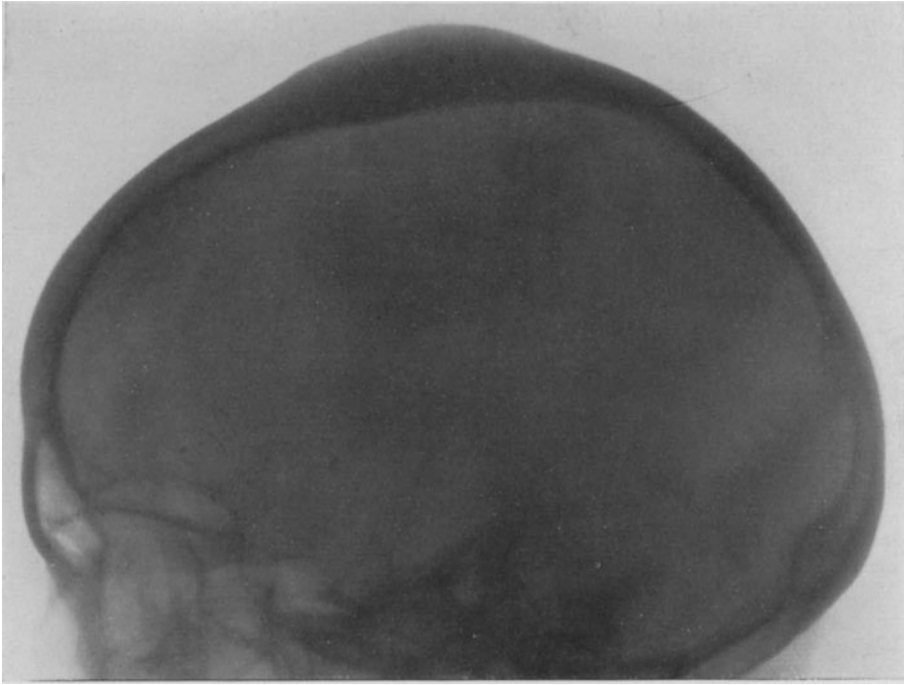


Abb. 48. Profilaufnahme desselben Falles wie in Abb. 47.

Röntgenbefunde bei Epilepsie, zerebraler Kinderlähmung und Idiotie.

Die gemeinsame Besprechung der genannten Affektionen ist dadurch gerechtfertigt, daß sie häufig gleichzeitig beim selben Individuum anzutreffen sind, daß ferner entsprechend der Ähnlichkeit ihrer Pathogenese und pathologischen Anatomie auch die Röntgenbefunde am Schädel viele Analogien aufweisen.

Zu den häufigsten Gehirn- und Schädelveränderungen bei Epilepsie gehören die traumatisch bedingten. Dieselben finden sich gelegentlich auch bei der zerebralen Kinderlähmung und der Idiotie.

Da das Trauma meist lange Zeit zurückliegt, häufig bis in die frühe Kindheit zurückreicht, so handelt es sich zumeist nicht um die bei frischen Verletzungen konstatierbaren Röntgenbefunde, sondern um residuäre Veränderungen. So beobachteten wir wiederholt ausgedehnte Defekte im Bereich des Schädeldaches, die auf stumpfe Kopfverletzung in der frühen Kindheit zurückgeführt werden konnten und offenbar durch Erweiterung von Fissuren entstanden waren. Zuweilen findet man bei der Röntgenuntersuchung von Epileptikern zufällig Projektile im Innern des Schädels, über deren Herkunft die Anamnese keine Auskunft gibt. Nicht allzu selten deckt das Röntgenbild intrakranielle Kalkherde auf, deren zackige Form ihre Herkunft aus Entzündungsherden, traumatischen Erweichungs- oder Blutungsherden des Gehirns verrät.

Außer den als traumatische Residuen zu betrachtenden Kalkherden des Gehirns finden sich bei der Röntgenuntersuchung von Epileptikern nicht allzu selten intrakranielle Verkalkungen oder Verknöcherungen anderweitiger Genese. Die Osteome der Falx, welche bei Epileptikern weitaus häufiger beobachtet werden als bei Gesunden, repräsentieren möglicherweise auch traumatische Residuen im Sinne von Knochenneubildungen (Kallus) nach Zerreißung der Falx. Dieselben sind entweder solitär oder multipel vorhanden; im letzteren Fall liegen sie meist paarweise beisammen. Ihre der Falx zugekehrte Fläche ist eben, die dem Gehirn zugekehrte entweder konvex oder kantig; offenbar kommt die Form dieser zerebralen Oberfläche durch die Modellierung seitens des pulsierenden Gehirnes zustande.

In einzelnen Fällen wurden kugelige Steinchen (in Pacchionischen Granulationen) an der Oberfläche des Gehirns oder verkalkte Hirntumoren (Lynn-Thomas) bei Epileptikern röntgenographisch festgestellt.

Mit auffällender Häufigkeit hatten wir Gelegenheit, bei Fällen von zerebraler Kinderlähmung mit motorischen Reizerscheinungen (Hemichorea, Hemiathetose) Verkalkungsherde von Reiskorn- bis Haselnußgröße in der Gegend des Hirnstammes röntgenographisch festzustellen. Ihr Sitz entsprach der nach dem klinischen Befunde erwarteten Lokalisation, nämlich der Bindearmregion der der Lähmung entgegengesetzten Seite.

Abb. 49 stammt von einem 18jährigen Jüngling, der mit 15 Jahren an „genuiner“ Epilepsie erkrankte. Das Kranium ist leicht hydrokephal vergrößert, von auffallend starken Diploe-Venen durchzogen. Im Innern des Stirnhirns findet sich ein nußgroßer, mit zackigen Ausläufern versehener Kalkherd. Die genaue Befragung der Eltern des Patienten ergab, daß derselbe im 5. Lebensjahr aus einem Wagen gefallen war.

Eine zweite Gruppe häufiger Schädelveränderungen bei Epilepsie, infantiler Zerebrallähmung und Idiotie wird durch Anomalien der Größe und Form des Schädels repräsentiert. Mißbildungen des Schädels (Lückenbildung, Porokranie, Hernia cerebri), Mikrokephalie und Pseudomikrokephalie, Hydrokephalie und insbesondere Kraniostenose infolge von prämaturer Nahtsynostose (Turmschädel) kommen hier in Betracht. Sie alle können auch mit Asym-

metrie des Schädels einhergehen, wobei die der erkrankten Hirnhemisphäre entsprechende Schädelhälfte kleiner und dünner, nur selten stärker gewölbt ist. Anton weist auf die Möglichkeit hin, aus dem Röntgenbild Anhaltspunkte für die bei Epileptikern häufig anzutreffenden Größenanomalien des Kleinhirns zu gewinnen; entweder sei das Kleinhirn hypoplastisch und die hintere Schädelgrube eng, schmal, mit knöchernen Auswüchsen versehen, oder es finde sich eine Hypertrophie des Kleinhirns mit entsprechender Ausweitung der hinteren Schädelgrube. Er hält es für möglich, am Röntgenbild durch planimetrische Messungen der Fläche des Groß- und Kleinhirnsraumes das relative Verhältnis beider zu bestimmen. Die für derartige Messungen nötigen Vergleichszahlen hat Sho durch Kapazitätsbestimmungen der hinteren Schädelgrube zahlreicher Leichenschädel zu gewinnen getrachtet. Schon in früherer Zeit haben übrigens Wachstumsstörungen und Formanomalien der Basis als Ursache von Epilepsie große Beachtung gefunden, insbesondere Asymmetrie der Basis, Enge des Foramen magnum und Atlasankylose (Sommer).

Zu den neurogen bedingten Form- und Größenanomalien des Schädels kann auch die *Hemiatrophia facialis progressiva* gezählt werden. Hierbei sind zwar vorwiegend die Weichteile, in späteren Stadien aber auch die Knochen des Gesichtes, insbesondere des Oberkiefers, zuweilen auch die oberen Anteile des Schädeldaches beteiligt. An dieser Stelle sei auch die nach lange dauernden, in früher Kindheit erworbenen Fazialislähmungen sich ausbildende halbseitige Gesichtsatrophie oder -Hypertrophie erwähnt (Pichler).

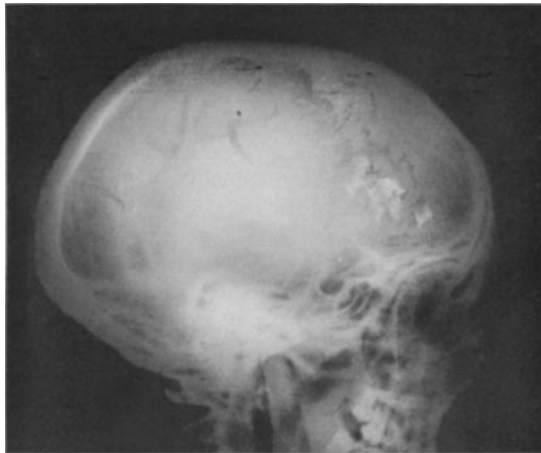


Abb. 49. Kalkherd im Stirnlappen.

Außer den beschriebenen Formveränderungen finden sich bei Epilepsie nicht selten auch andere, auf die Anwesenheit eines Hirntumors oder sonstigen drucksteigernden intrakraniellen Prozesses zu beziehende Anomalien der Schädelwand, insbesondere allgemeine, halbseitige oder lokale Druckusuren der Schädelinnenfläche. Unter den letzteren seien die gelegentlich bei Epileptikern vorkommenden Sellausuren infolge von Hypophysentumoren erwähnt.

Bei einem von uns beobachteten 10jährigen Mädchen bestand im Anschluß an eine fieberhafte Erkrankung im 1. Lebensjahr eine rechtsseitige Epilepsie mit Jackson-Anfällen. Das Röntgenbild zeigte entsprechend der linken Schädelhälfte Verdünnung des Kraniums und verstärkte *Impressiones digitatae*. Bei der Obduktion fand sich ein Hydrocephalus internus der linken Hemisphäre; die Koronarnaht war links teilweise obliteriert, die Innenfläche der linken Schädelhälfte uneben.

Die nächste Gruppe von Schädelanomalien bei Epilepsie, zerebraler Kinderlähmung und Idiotie bilden die diffusen Verdickungen des Schädels. Dieselben stellen sich als konzentrische Hyperostose dar, wobei der Knochen zuweilen auffallend porös oder im Gegenteil vollkommen sklerosiert sein kann. Die Verdickung betrifft entweder das gesamte Kranium oder bloß Teile desselben, insbesondere das Stirnbein, oder es nimmt vorwiegend eine Schädel-

hälfte (s. Abb. 50) oder bloß die Schädelbasis einer oder beider Seiten an der Verdickung teil. Hierher gehört auch die von Chiari als „basale Schädelhyperostose bei Idioten“ bezeichnete Anomalie. Mac Kennan und Johnston fanden bei genuiner Epilepsie mit großer Regelmäßigkeit Verdickungen im Bereich des Keilbeinkörpers, insbesondere des Dorsum sellae und der Processus clinoidi anteriores.

Ähnliche Hyperostosen wie bei Epilepsie und Idiotie beobachtet man bei chronischen Psychosen nicht selten, z. B. knollige Exostosen der Lamina vitrea (Fries). Zuckermandl fand unter 132 Irrenschädeln 24mal Hyperostosen, meist in Form der kompensatorischen Hyperostose bei ausgeheilter Hydrokephalie. Wir selbst hatten wiederholt Gelegenheit, am Röntgenbilde Schädelveränderungen bei psychischen Krankheiten festzustellen, wie diffuse oder umschriebene Hyperostosen oder Zeichen intrakranieller Drucksteigerung.

Eine einheitliche Erklärung für das Zustandekommen der in Rede stehenden Hyperostosen gibt es nicht. Entweder handelt es sich um eine Art kompensatorischer Raumauffüllung bei abnormer oder relativer Kleinheit des Gehirnes (z. B. bei Mikrokephalie, ausgeheilte Hydrokephalie und seniler Atrophie) oder um das Produkt chronischer Drucksteigerung (wie z. B. bei Hirntumoren) oder um eine der zerebralen Erkrankung koordinierte, derselben Grundursache entstammende Entwicklungsstörung.

Von sonstigen Vorkommnissen bei Epilepsie seien die Befundeluetischer Veränderungen des Schädels (Gummen, Tophi, Osteoporose, Hyperostose,luetischer Hydrokephalus) erwähnt.

Die vorangehenden Zeilen lassen wohl mit genügender Deutlichkeit den diagnostischen Wert der Röntgenuntersuchung des Kopfes bei Epilepsie erkennen. Das Ergebnis systematischer Röntgenuntersuchungen von Epileptikern ist eine Bekräftigung der in neuerer Zeit gewonnenen Erkenntnis, daß die „genuine“ Epilepsie zugunsten der Epilepsie mit anatomischem Befunde immer mehr eingeengt werden müsse.

Das in den letzten Jahren neuerwachte Interesse an der chirurgischen Behandlung der Epileptiker zwingt gleichfalls zu deren regelmäßiger röntgenologischer Untersuchung. Diese gibt nicht selten die wichtigsten Anhaltspunkte für die Indikation oder Kontraindikation operativer Eingriffe. Als solche kommen insbesondere in Betracht: die Lumbalpunktion, der Balkenstich, die sonstigen Palliativtrepanationen und die Exstirpation von Gehirngeschwülsten; in letzter Zeit hat Anton bei Fällen von Kleinhirnhypertrophie die Durchschneidung des Tentorium-Ansatzes zwecks Erweiterung des Raumes der hinteren Schädelgrube empfohlen.

Daß ca. 30% positive Röntgenbefunde bei der Schädeluntersuchung von Epileptikern erhoben werden können (Redlich und Schüller), ist eine für die Theorie und Praxis sehr bemerkenswerte Tatsache.

Röntgenbefunde bei Migräne und anderen Formen des Kopfschmerzes. Sowohl bei symptomatischer als auch bei der sog. genuinen Migräne kommen Schädelveränderungen zur Beobachtung.

Wir wollen zunächst die verschiedenen Formen der symptomatischen Migräne Revue passieren lassen.

1. Migräne bei Hirntumoren und Hydrokephalus,
2. Migräne bei Pagetscher Schädelkrankung,
3. Migräne im Anfangsstadium der Tabes und Paralyse,
4. Migräne bei Turmschädel und anderen Formen der Kraniostenose.

Alle die genannten Formen symptomatischer Migräne (mit Ausnahme etwa der pathologisch unklaren Migräne der Taboparalytiker) lassen enge

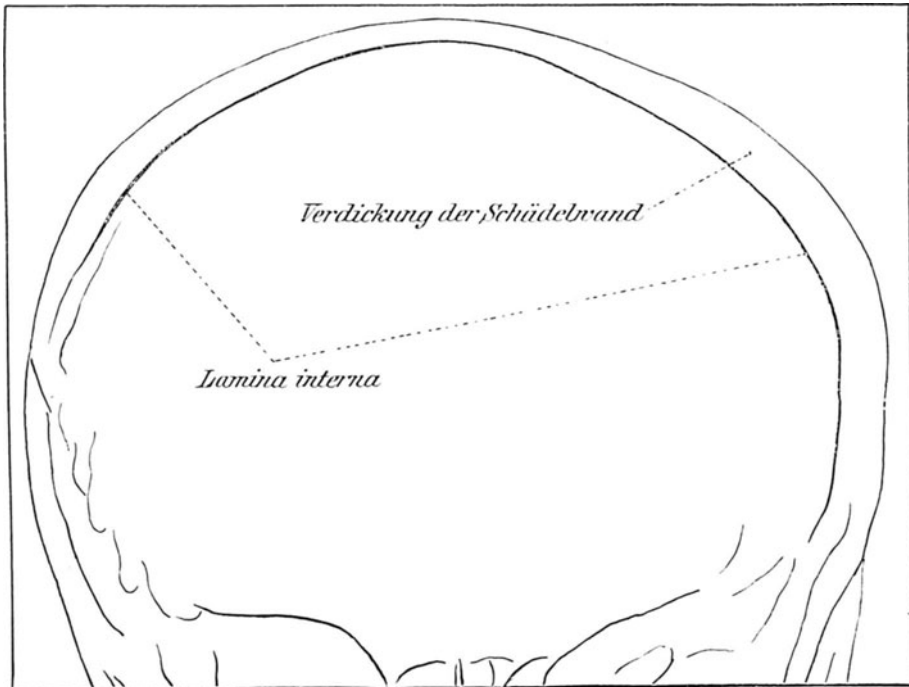
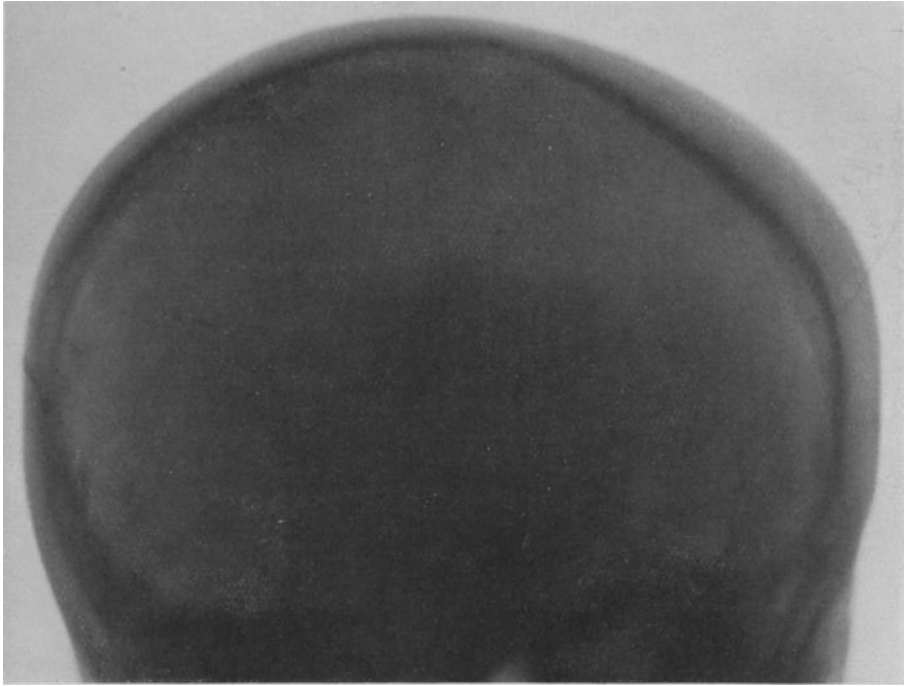


Abb. 50. Anteroposteriore Aufnahme eines Falles von linksseitiger zerebraler Kinderlähmung mit Hyperostose der rechten Schädelhälfte.

Beziehungen zwischen Schädelanomalien und dem als Migräne bezeichneten Symptomenkomplexe aufdecken. Migräne bei Hirntumoren findet sich einerseits dann, wenn frühzeitig allgemeine Usur der Schädelinnenfläche sich ausbildet, nämlich bei den Tumoren, welche an den Abflußstellen des Liquor cerebro-spinalis ihren Sitz haben und daher sehr bald zur Ausbildung von innerem Hydrokephalus Veranlassung geben, andererseits bei jenen Tumoren, welche, an der Basis des Gehirns, insbesondere im Bereich der mittleren Schädelgrube sitzend, durch Druck auf den Trigeminus migräneartigen Schmerz erzeugen; hier findet man öfters schon im Beginn der Erkrankung eine Veränderung des Schädels in Form lokaler Usur der Schädelbasis, wie z. B. bei Hypophysentumoren.

Was die Migräne bei Hydrokephalus betrifft, so handelt es sich dabei nicht selten um die durch Cysticercus des vierten Ventrikels hervorgerufene Form, die mit periodischen Kopfschmerzanfällen und Erbrechen einhergeht. Auch bei luetischem Hydrokephalus, wie übrigens auch bei den verschiedenen Formen von Schädelles kommt Migräne zur Beobachtung.

Eine der häufigsten Formen von Meningitis, welche unter dem Symptomenbild der Migräne einhergeht, ist die von Frisch als Meningitis tuberculosa discreta beschriebene Erkrankung der Hirnhäute (Herschmann, Frisch und Schüller, Blatt). Der chronische Verlauf dieser Affektion gibt zur Entstehung eines Hydrocephalus internus Anlaß, dessen Anwesenheit sich an der Schädelinnenfläche durch Verstärkung der Impressionen manifestiert.]

Die Pagetsche Schädelkrankung (in Form einer mächtigen exzentrischen und konzentrischen Schädelverdickung) und die Kraniosynostose (Form- und Größenveränderung des Schädels infolge von prämaturer Nahtsynostose), insbesondere die als Turmschädel und Plagiokephalie bezeichneten Formen, repräsentieren ebenfalls auffällige Anomalien des Schädels als Ursache symptomatischer Migräne.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß durch die Röntgenuntersuchung von Fällen symptomatischer Migräne mannigfache und bedeutungsvolle Befunde zutage gefördert werden können. Sie weist die durch die genannten Arten von Hirntumoren und hirndrucksteigernden Prozessen hervorgerufenen allgemeinen und lokalisierten Druckusuren bzw. die übrigen früher beschriebenen Zeichen der intrakraniellen Drucksteigerung am Schädel nach, sie läßt Nahtsynostosen und Schädelverdickungen deutlich erkennen.

Bei genuiner Migräne finden sich gleichfalls zuweilen Veränderungen des Schädels. Als den häufigsten positiven Befund konnten wir hierbei das Vorhandensein verstärkter Impressiones digitatae nachweisen.

Dieser Befund deutet darauf hin, daß ein auch in der anfallsfreien Zeit bestehendes Mißverhältnis zwischen dem Volumen des Schädels und des Gehirns (Reichardt) das Wesen der sog. Migränedisposition darstellen dürfte (Schüller). Hiermit wäre eine Analogie der genuinen Migräne mit den verschiedenen Formen der symptomatischen Migräne gegeben, deren gemeinsame Eigentümlichkeit ein dauerndes Mißverhältnis zwischen dem Schädel und seinen Inhaltsorganen darstellt. In einzelnen Fällen beobachteten wir Vergrößerungen der Sella turcica, einen Befund, der die von Deyl und Plavec aufgestellte Theorie von der Hypophysenschwellung als Ursache von Migräne zu stützen geeignet wäre; gelegentlich kommt Schädelhyperostose, Schädelasymmetrie oder auffällige Vergrößerung der diploetischen Venen zur Beobachtung.

Aßmann weist darauf hin, daß Erweiterungen der Pacchionischen Gruben durch Sinus pericranii jahrelang unter dem Bilde der Migräne bestehen können,

bis die Aufdeckung einer fluktuierenden Geschwulst oder die Feststellung eines Knochendefektes die Ursache aufklärt.

Wie bei Migräne, so können auch bei anderen Formen von Kopfschmerzen und Neuralgien des Kopfes gelegentlich positive Röntgenbefunde erhoben werden; insbesondere kommen hierbei die der chronischen Hirndrucksteigerung eigentümlichen Veränderungen der Innenfläche des Schädels, ferner lokale Destruktionen der Schädelwand infolge von Tumoren der Schädel- und Hirnbasis,luetische Prozesse des Schädels, Affektionen der Nebenhöhlen, endlich Osteome der Gesichts- und Schädelknochen in Betracht.

Anhang.

Anhangsweise sollen die den Internisten interessierenden Affektionen aus dem Gebiete der Nasen-, Augen-, Ohren- und Zahnheilkunde, soweit sie für die Röntgendiagnostik in Betracht kommen, kurz erörtert werden.

Erkrankungen der Nase und deren Nebenhöhlen.

Die Röntgenuntersuchung bietet eine sehr wertvolle Ergänzung der übrigen rhinologischen Untersuchungsmethoden bei der Diagnose von entzündlichen Affektionen der Nebenhöhlen. Das Röntgenbild ermöglicht die Feststellung der Verminderung des Luftgehaltes der pneumatischen Räume sowie der Beschaffenheit ihrer Konturen, deren Schärfe und Dichte durch chronisch-entzündliche Erkrankungen herabgesetzt wird. Mit Hilfe von Kontrastfüllungen der Nebenhöhlen läßt sich der Heilungsvorgang nach entzündlichen Affektionen derselben röntgenographisch verfolgen (Weil und Kienböck).

Das Röntgenbild erleichtert in unklaren Fällen die Entscheidung der Frage, ob die klinischen Symptome (Kopfschmerz, Neuralgie, Schwindel, Asthma, Sehstörung) auf eine Erkrankung der pneumatischen Räume zurückzuführen sind.

Unter den Fällen, die wegen vermuteter entzündlicher Nebenhöhlenaffektionen zur Untersuchung kommen, sind jene von besonderem Interesse, wo die Röntgenuntersuchung die Annahme des Vorhandenseins einer Nebenhöhlenaffektion nicht bestätigt, hingegen zur Klärung der klinischen Symptome durch den Nachweis anderweitiger Schädelveränderungen beiträgt, z. B. von Zeichen intrakranieller Drucksteigerung oderluetischer Erkrankung, von Formanomalien des Schädels (Turmschädel) oder Geschwülsten der Gesichtshöhlen bzw. der Schädelbasis. Einen nicht allzu geringen Bruchteil der „negativen“ Fälle bilden diejenigen, wo das Röntgen-Bild das vollständige Fehlen der als erkrankt angenommenen Nebenhöhlen zu konstatieren ermöglicht.

Eine zweite für die Röntgenuntersuchung in Betracht kommende Gruppe von Erkrankungen der Nase und deren Nebenhöhlen wird durch Geschwülste gebildet, welche von den Wänden dieser Höhlen ihren Ausgangspunkt nehmen. Am häufigsten handelt es sich um Sarkome, Karzinome und Osteome (Kelemen). Als seltenere Geschwulstformen kommen die Psammome (Eicken), Mukokelen, die Pneumatokelen (Frenzel) und der Pneumosinus (Benjamins) in Betracht. Ähnliche Bilder wie durch Geschwülste werden durch diffuse Hyperostose der Wände der Gesichtshöhlen (Hyperostosis maxillarum) erzeugt (Bockenheimer, Frangenheim, Hanßel, Hutter, Suchanek).

Das Röntgenbild deckt in vielen Fällen erst das Vorhandensein von Geschwülsten der Nasenhöhlen auf, es ermöglicht auch öfters die Feststellung

ihrer Ausdehnung und Struktur. * Am leichtesten gelingt meist die Konstatierung der knöchernen Geschwülste der Gesichtshöhlen; ihre scharfrandige Begrenzung, die rundlichen oder knolligen Formen und die große Dichte des Schattens derartiger Geschwülste sind recht charakteristisch; doch können ähnliche Bilder auch durch Mukokelen der pneumatischen Räume erzeugt werden. Maligne Tumoren (Karzinome) verraten sich am Röntgenbilde durch Verdrängung des Luftgehaltes einer oder mehrerer Nebenhöhlen sowie durch Infiltration und Destruktion ihrer knöchernen Wände.

Alle die genannten Geschwülste können durch Verlegung der Öffnungen der pneumatischen Räume zur Sekretretention führen, die sich am Röntgenbilde gleichfalls erkennen läßt.

Ähnliche Zerstörungen wie durch Weichteiltumoren kommen auch durch Tuberkulose und Syphilis zustande.

Von anderweitigen Vorkommnissen, deren Nachweis das Röntgenbild ermöglicht, seien erwähnt: Fremdkörper der Nasennebenhöhlen, Verlagerung von Zähnen und Zahnkeimen in die Nase und Kieferhöhlen, Verringerung des Luftgehaltes der pneumatischen Räume durch Blutansammlung, z. B. infolge von Schädelbasisfraktur.

Schließlich sei daran erinnert, daß mit Hilfe des Röntgenogrammes die vor chirurgischen Eingriffen unentbehrliche Orientierung über die Größe, Form, Struktur und Varietäten der Nebenhöhlen sowie deren Beziehungen zur Schädel- und Hirnbasis (Hypophyse) gewonnen werden kann.

Zusammenfassende Darstellungen der Röntgendiagnostik der Nasen- und Nebenhöhlen-Affektionen finden sich bei Carlsten, Sonnenkalb, Neumayer, Pfeiffer. Die radiographische Anatomie der Keilbeinhöhlen wurde von Bertini bearbeitet. Wir erwähnen schließlich auch die rhino-röntgenologischen Publikationen von Rhese, Skillern-Pfahler, Waters-Waldron.

Erkrankungen des Ohres.

Von den Veränderungen des Gehörorganes, bei denen das Röntgenbild eine Ergänzung des durch die übrigen Untersuchungsmethoden gewonnenen Befundes zu bieten imstande ist, seien die folgenden namhaft gemacht:

1. Mißbildungen, insbesondere Atresia congenita (Alexander, Benesi, Wotzilka), 2. Kontinuitätstrennungen des Schläfebeines (bei Schädelbasisbrüchen), 3. Fremdkörper, 4. Entzündungen der pneumatischen Räume der Pars mastoidea, 5. Druckusuren und destruktive Prozesse, insbesondere Sarkom, Chlorom, Karzinom, Cholesteatom, Karies (Leidler, Asai) sowie 6. Exostosen (Hellmann) und Hyperostosen, insbesondere Ostitis deformans im Bereich des Schläfebeines, 7. Erkrankungen des Labyrinthes, z. B. nach Meningitis cerebrospinalis (Stenvers), 8. Verkalkung oder Verknöcherung der Ohrmuschel (Fraenkel).

Auch bei nervösen Störungen des Gehörorganes (zentraler Taubheit, Schwindel) gelingt es zuweilen, mit Hilfe der Röntgenuntersuchung einen positiven Befund zu erheben. Wir verweisen diesbezüglich auf die im Kapitel „Kraniostenose“ und „Acusticustumoren“ enthaltenen Bemerkungen.

Von Interesse ist schließlich der Umstand, daß bei Vorhandensein von subjektiven Kopfgeräuschen, die auch objektiv nachweisbar sind, zuweilen ein positiver Röntgenbefund im Sinne von Hydrokephalus oder einer Geschwulst des Gehirns bzw. des Schädels erhoben werden kann.

Röntgenographische Darstellungen der Affektionen des Gehörorganes finden sich in den Arbeiten von Sonnenkalb, Law, Heine, Pfeiffer.

Erkrankungen des Auges.

Die mit okulären Störungen einhergehenden Affektionen, zu deren Klarstellung die Röntgenuntersuchung mit Erfolg verwendet werden kann, lassen sich in folgende Gruppen zusammenfassen:

1. Intrakranielle Prozesse, insbesondere Geschwülste und sonstige hirn-drucksteigernde Prozesse, namentlich Kraniostenose (Turmschädel) und Hydrokephalie, Arterien-Verkalkung usw. (Wilbrand-Sänger),
2. Nebenhöhlenerkrankungen,
3. Affektionen der Tränenwege,
4. Verletzungen (Kontinuitätstrennungen der Orbitalwände und der Schädelbasis),
5. Fremdkörper des Augapfels und der Orbita,
6. Formanomalien, Destruktionen und Hyperostosen der Orbitalwände.

Die sub 1 und 2 genannten Veränderungen wurden bereits früher besprochen.

ad 3, 4 und 5. Ausführliche klinische und röntgenologische Darstellungen über die Verletzungen der Orbita finden sich bei Wagenmann und Szily. Letzterer beschreibt auch die für die Röntgendarstellung des Ductus nasolacrimalis geeignete Methode. Unentbehrlich ist die Röntgenuntersuchung bei Fremdkörperverletzungen des Auges. Die Röntgenuntersuchung ermöglicht die Feststellung der Größe, Beschaffenheit und Lage von Fremdkörpern der Orbita, insbesondere die Entscheidung, ob dieselben sich außerhalb oder innerhalb des Augapfels befinden; im letzteren Falle läßt sich die Verlagerung des Fremdkörpers bei Aufnahmen mit verschiedenen Blickrichtungen des Augapfels konstatieren (Altschul).

ad 6. Formanomalien der Orbita sind meist eine Teilerscheinung der Difformität des gesamten Schädels, seltener durch angeborene oder früh erworbene Anomalien des Orbitalinhaltes bedingt. Atrophische und konsumptive Veränderungen der Orbitalwände sind ebenso wie die diffuse und zirkumskripte Hyperostose derselben durch entzündliche Prozesse oder Geschwülste hervorgerufen.

Das Röntgenbild läßt die genannten Veränderungen der Orbitalwände, der Größe und Form der Fissura orbitalis superior und des Foramen opticum deutlich erkennen und trägt häufig zur Aufklärung des sog. retrobulbären Symptomenkomplexes bei, welcher durch Kombination von Sehstörungen mit Bewegungsstörungen und Lageveränderungen des Bulbus, evtl. neuralgischen Schmerzen charakterisiert und durch retrobulbäre Geschwülste, Verdickungen der Orbitalwände oder Affektionen der Nebenhöhlen hervorgerufen ist (Schüller).

Eine zusammenfassende Darstellung der Anwendung des Röntgen-Verfahrens in der Augenheilkunde findet sich bei Salzer und Engelbrecht.

Erkrankungen der Kiefer.

Die pathologischen Veränderungen der Kiefer und Zähne sind entweder eine Teilerscheinung von Anomalien des gesamten Schädels und wurden dementsprechend schon in früheren Kapiteln kurz erwähnt oder sie stellen lokale, auf die genannten Schädelteile beschränkte Affektionen dar. Als solche kommen für die röntgenographische Untersuchung in Betracht: Form- und Stellungsanomalien (Sicher und Krasa) sowie Entwicklungsstörungen der Kiefer (Prognathie, Retrognathie, Mikrognathie) und der Zähne (Retention, Verlagerung), Verletzungen (Frakturen, Fremdkörper), Entzündungen (Kiefernekrose, Wurzelabszesse) sowie Geschwülste der Kiefer und Zähne (Osteome,

Osteofibrome, Zysten, Granulome, Sarkome, Karzinome); erwähnenswert sind auch die Erkrankungen der Kiefergelenke.

Die genannten Affektionen der Kiefer und Zähne beanspruchen wegen ihrer Beziehungen zu Allgemeinerkrankungen oder wegen der sie begleitenden Lokalsymptome (Trigeminusneuralgien, Nebenhöhlenaffektionen usw.) oft auch internistisches Interesse. Radiographische Darstellungen der Zähne und Kiefer finden sich in den Monographien von Dieck, Cieszynski, Pordes. Über die Anwendung der Stereoröntgenographie in der Zahnheilkunde berichtet Hubmann.

Literatur.

(Die ältere Literatur [bis 1912] findet sich zusammengestellt bei Schüller: Röntgendiagnostik der Erkrankungen des Kopfes, Suppl.-Bd. 4 zu Nothnagels Handb. d. spez. Pathol. u. Therap. 1912. Eine Übersicht der amerikanischen Literatur gibt Manges: The Roentgenfindings in obscure head lesions. Americ. Journ. of roentgenol. August 1914. Die einschlägigen Arbeiten italienischer Autoren zitiert Alberti: La letteratura Radiologica italiana (1895—1920). Suppl. zu La radiologia medica, Februar 1923.)

Alban-Köhler: Grenzen des Normalen und Pathologischen im Röntgenbilde. 1920, 3. Aufl. — Albers-Schönberg: Eine bisher nicht beschriebene Allgemeinerkrankung des Skelettes. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 11. 1907. — Alexander: Gehörorgan und Gehirn eines Falles von Taubstummheit und Hypoplasie des Kleinhirns. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Suppl.-Bd. 1. 1921. — Alexander und Benesi: Mißbildungen des Ohres. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. 1921. — Altschul: Lokalisation intraokulärer Fremdkörper. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 29, H. 4. 1922. — Altschul und Fischer: Ergebnis einer Enzephalographie nach Balkenstich. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 29. 1922. — Alwens und Hirsch: Diagnostische und therapeutische Bedeutung der endolumbalen Lufteinblasung. Münch. med. Wochenschr. Nr. 2. 1923. — Anton: Die operative Beeinflussung der Entwicklungsstörungen des Gehirns, besonders der Epilepsie. Arch. f. Psychiatr. u. Nervenkrankh. 1914. — Kopfröntgenbilder bei Entwicklungsstörungen. Neurol. Zentralbl. S. 817. 1918. — Das Kopfröntgenbild bei sog. genuiner Epilepsie. Jahrb. f. Kinderheilk. Bd. 93, H. 2. — Anton und Zingerle: Genaue Beschreibung eines Falles von beiderseitigem Kleinhirnmangel. Arch. f. d. ges. Psychol. 1914. — Asai: Röntgenbefunde am Schläfenbein bei Tumoren. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. 1922. — Aschoff: Pathol. Anatomie. 1922. — Askanazy: Die Zirbeldrüse und ihre Tumoren in ihrem funktionellen Einfluß. Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol. 1920. — ABmann: Röntgendiagnostik der inneren Erkrankungen. 1922. — Bachstetz: Zur Bewertung der Sellaerweiterung im Röntgenbilde. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 36. 1916. — Bahrdt: Turmschädel. Münch. med. Wochenschr. Nr. 16. 1920. — Bailey and Jelffe: Tumors of the pineal body. Arch. of internal med. 1911. — Balli und Frassetto: Anatomia radiografica dello scheletro (Il cranio). Modena 1921. — Behr: Über Stauungspapille. Neurol. Zentralbl. 1911. — Bénési: Zur Klinik der kongenitalen Mißbildungen des Gehörorganes. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. 1921. — Benjamins: Pneumosinus frontalis dilatans. Acta otolaryngol. Bd. 1, H. 2—3. — Bertini: Die radiographische Anatomie der Sinus sphenoidales. Torino 1911. — Bertolotti: Le syndrome oxycéphalique. Iconogr. de la Salpetr. 1912 und Presse méd. 1914. — Radiologisches Studium eines Falles von Sklerodermie. Iconogr. de la Salpetr. 1913. — Polydactylie et tératome hypophysaire. Iconogr. de la Salpetr. 1914/15. — Radiumterapia nei tumori ipofisari. Radiol. med. 1919. — Le anomalie congenite del rachide cervicale. Chirurg. d. org. di movim. 1920. — Bertolotti und Mattiolo: Mißbildungen von Schädel und Wirbelsäule bei Friedrichscher Krankheit und zerebellarer Ataxie von Marie. Chirurg. d. org. di movim. 1922. — Biedl: Innere Sekretion. 1922. — Physiologie und Pathologie der Hypophyse. 1922. — Bingel: Enkephalographie. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 28. 1921. — Erfahrungen mit der Enkephalographie. Verhandl. d. Gesell. dtsch. Nervenärzte. 1922. — Die röntgenographische Darstellung des Gehirns. Klin. Wochenschr. Nr. 44. 1922. — Bircher: Die Entwicklung und der Bau des Kretinenskelettes im Röntgenogramm. Hamburger Atlanten. 1909. — Bittner: Über angeborene Verletzungen am kindlichen Schädel. Diss. Würzburg 1917. — Blatt: Über Meningitis discreta. Wien. klin. Wochenschr. Nr. 16. 1922. — Blau: Röntgenologie in der Otologie in Grashey, Röntgenologie. 1922. — Blegvard and Haxthausen: Blue Sclerotics and brittle bones. Brit. med. Journ. 1921. — Bolk: Über prämatüre Obliteration der Nähte am Menschenschädel. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol. Bd. 21, H. 1. 1919. — Bowen: Röntgenuntersuchung des Sphenoidalsinus.

Americ. Journ. of roentgenol. 1914. — Röntgenographie des Kopfes. Americ. Journ. of roentgenol. 1915. — Browne: Das anenkephalische Syndrom in seiner Beziehung zum Apituitarismus. Edinburgh med. Journ. Vol. 25. 1920. — Brunner: Über Verkalkung und Knochenbildung in Hirnnarben. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. Bd. 72. 1921. — Budde: Zur Kenntnis der bösartigen Hypophysengeschwülste und hypophysären Kachexie. Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol. 1921. — Caan, Zur Frage des Wesens und der Pathogenese der Ostitis deformans. Bruns Beitr. z. klin. Chirurg. Bd. 125, H. 1. 1922. — Carlsten: Zur Röntgenologie der Nasennebenhöhlen. Stockholm 1917. — Carrien: Syndromes hypophysaires. Gaz. des hôp. civ. et milit. Nr. 26, 28. 1922. — Charon et Courbon: Oxycéphalie et syndrome oxycéphalique. Nouvelle Iconogr. de la Salp. Nr. 5. 1914. — Chiari: Über senile Einsenkung der Schädelknochen in der Sutura coronalis. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol. Bd. 18. 1914. — Christian: Defects in membranous bones, exophthalmos and Diabetes insipidus. The medical clinics of North America. Bd. 3, Nr. 4. — Cluzet et Levy: Acromégalie. Iconogr. de la Salp. 1914/15. — Coleschi: L'indagine radiologica della sella turcica. Policlinico. 1914. — Tecnica radiografica del cranio. Radiol. med. 1918. — Cushing: Pituitary body and its disorders. 1912. — Tumoren des Nervus acusticus. 1917. — Schädelhyperostose infolge von Endotheliom der Hirnhäute. Arch. of neurol. a. psychol. Vol. 8. 1922. — Die Meningiome (Endotheliome der Dura). West London med. Journ. 1922. — Dahlström und Wideroe: Studien über den Liquor cerebrospinalis und dessen Kommunikationsverhältnisse bei syphilitischen Geisteskrankheiten. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. 1921. — Dandy: Ventriculography following the injection of air into the cerebral ventricles. Ann. of surg. July 1918. — Roentgenography of brain after injection of air into spinal canal. Journ. of the Americ. med. assoc. 1919. — Hydrokephalus bei Chondrodystrophie. Bull. of Johns Hopkins hosp. 1921. — Diagnosis, localisation and removal of tumors of the third ventricle. Bull. of Johns Hopkins hosp. May 1922. — Davis: Osteosclerosis generalisata. Arch. of surg. Nov. 1922. — Dege: Die gedeckten oder geschlossenen Hirnverletzungen. Neue dtsh. Chirurg. Bd. 18. 1920. — Dehn: Zur Kasuistik des hypophysären Zwergwuchses. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 29. 1922. — Denk: Bedeutung der Ventrikulographie für die Hirndiagnostik. Chirurg.-Kongr. Berlin 1922 und Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chirurg. 1922. — Denks: Über Schädeldachbrüche bei Kindern im Röntgenbilde. Bruns Beitr. z. klin. Chirurg. Bd. 66. — Doyle: Traumatic pneumocranium. Arch. of the Röntgen ray. 1921. — Duffy: Hypophyseal duct tumors. Ann. of surg. 1920. — Dürck: Über die Verkalkung von Hirngefäßen bei der akuten Encephalitis lethargica. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. Bd. 72. 1921. — Eckhardt: Knochendefekt im rechten Os parietale bei einem Kind. Arch. f. Kinderheilk. 1919. — Eicken: Psammom des Siebbeins. Schweiz. med. Wochenschr. Nr. 21. 1922. — Enfield: Normal sella. Journ. of the Americ. med. assoc. 1922. — Engelbrecht: Röntgenologie in der Ophthalmologie, in Grashay, Röntgenologie. 1922. — Erdheim: Über die Frage des gesteigerten Hirndrucks. Jahrb. d. Psychiatr. u. Neurol. 1919. — Falta: Erkrankungen der Bluträusen. Wien 1913. — Ferrari: Sulla saldatura dell' os occipitis coll' Atlas. Modena 1912. — Fischer: Die histologischen Veränderungen bei Osteogenesis imperfecta mit besonderer Berücksichtigung des Gehörorganes. Zeitschr. f. Ohrenheilk. u. f. Krankh. d. Luftwege. Bd. 81. 1921. — Turrikephalie mit progredienter Kochlearläsion beiderseits. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. H. 1. 1923. — Fleisch: Projektillwanderung im Gehirn. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 27. — Fraenkel: Über Verkalkung und Verknöcherung der Ohrmuschel. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 27. — Frangenheim: Ostitis fibrosa (cystica) des Schädels. Bruns Beitr. z. klin. Chirurg. Bd. 90. 1914. — Familiäre Hyperostose des Kiefers. Bruns Beitr. z. klin. Chirurg. Bd. 90. 1914. — Franke: Über Wachstum und Verbildungen des Kiefers usw. Zeitschr. f. Laryngol., Rhinol. u. ihre Grenzgeb. Bd. 10. — Fraser: Tumors of the eight nerv. Med. Rev. July 1920. — Fraser and Dott: Hydrocephalus. The brit. Journ. of surg. 1922. — Frenzel: Die Pneumatokelle des Schädels. Diss. Breslau 1919. — Frisch und Schüller: Meningitis discreta tuberculosa. Wien. klin. Wochenschr. 1921. — Frosch: Schädelkoliose der Menschen und Tiere. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. 1920. — Fürnrohr: Neurologie, in Rieder-Rosenthal, Lehrbuch der Röntgenkunde. Bd. 2. 1918. — Giebel: Über primäre Tumoren der Zirbeldrüse. Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol. 1921. — Glenard et Emard: Aerocèle traumatique du cerveau. Presse méd. Nr. 4. 1919. — Glover: Osteopsathyrosis. Arch. of surg. Nov. 1922. — Gordon und Bell: Röntgenologische Studien der Sella turcica bei normalen Kindern. New York State Journ. of med. 1922. February. En Jocrinology, Jänner 1923. — Grant: Intrakranielle Aerozele nach Schädelfraktur. Surg., Gynecol. and Obstetr. Nr. 2. 1923. — Grashay: Atlas typischer Röntgenbilder. Lehmanns Atlanten 1917. — Röntgenologie in Schjerning, Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkrieg. 1922. — Grosz: Zur Klinik der Ostitis deformans (Paget) des Schädels. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. Bd. 73. 1921. — Guleke: Schußverletzungen des Schädels in Schjerning, Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkriege. —

Guleke-Dietlen: Kriegschirurgischer Röntgen-Atlas. 1917. — Haberer: Zur Frage der Knochenzysten und der Ostitis fibrosa. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 82, H. 3. — van der Haer: Stereoskopische Röntgendiagnostik des Schädels. Nederlandsch Tijdschr. v. Geneesk. Bd. 61. 1917. — Haller: Anatomisch-physiologische Studien über kongenitalen Hydrokephalus. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 223. 1917. — Hand: Defects of membranous bones, exophthalmus and polyuria in childhood. Americ. Journ. of the med. sciences. Vol. 62. 1921. — Hansson: Fraktur des Kanium mit Ansammlung von Luft in der Kranialhöhle. Acta Radiol. 1921. — Hanszel: Ostitis fibrosa (Recklinghausen) einer Oberkieferhöhle. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Suppl.-Bd. 1. 1921. — Härtel: Röntgenographische Darstellung des Foramen ovale des Schädels. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 27. 1920. — Haß, Ruttin und Meller: Diskussion über die Osteopsathyrosis idiopathica. Wien. klin. Wochenschr. 1919. — Hauschild: Histologische Untersuchungen über normale und abnorme Verknöcherung der Hirnschädelnähte. Verhandl. d. anat. Ges. 1921. — Heiderich: Die Seitenkammern und Stammganglien des erwachsenen Menschen. Anat. Hefte. Bd. 56. 1919. — Stereoskopische Bilder zur Gehirn-Schädel-Topographie. 1920. — Heilbronner: Ein typischer Hirntumor mit Röntgenbefund. Arch. f. Psychiatr. u. Nervenkrankh. Bd. 54, H. 1. — Heine: Die Röntgenuntersuchung des Ohres, in Rieder-Rosenthal, Lehrbuch der Röntgenkunde, Bd. 2. 1918. — Hellmann: Exostosen des Gehörganges. Zeitschr. f. Ohrenheilk. u. f. Krankh. d. Luftwege. 1921. — Henschen: Akustikus-Tumoren. Arch. f. Psychiatr. u. Nervenkrankh. 1915. — Die Akustikus-Tumoren, eine neue Gruppe radiographisch darstellbarer Hirntumoren. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 18. — Hermann: Gehirn und Schädel. 1908. — Herschmann: Zur Frage der tuberkulo-toxischen Meningitis. Wien. klin. Wochenschr. Nr. 15. 1922. — Herzog: Beitrag zur Pathogenese des Turmschädels. Inaug.-Diss. Zürich 1914. — Heuer: Surgical experiences with an intracranial approach to chiasmal lesions. Arch. of surg. Vol. 1, Nr. 2. 1920. — and Dandy: Roentgenography in the localisation of brain tumor. Bull. of Johns Hopkins hosp. 1916. — Hill and Thomas: Americ. Atlas of Stereoröntgenology. 1911. — Hirsch: Behandlung der Hypophysistumoren nach endonasalen Methoden. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. Bd. 26. — Augensymptome bei Hypophysentumoren. Zeitschr. f. Augenheilk. 1921. — Hirtz: Radiographie der Schädelbasis. Bull. et mém. de la soc. de radiol. méd. de France. 1922. — van der Hoeve, de Kleyn und Stenvers: Blaue Sklera, Knochenbrüchigkeit und Schwerhörigkeit. Arch. f. vergl. Ophthalmol. Bd. 95. 1918. — Holthusen: Nachweis eines Stirnhirntumors mit Röntgenstrahlen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr., Orig. 1921. — Horrax: Intracranial aërocele following fractured skull. Arch. of surg. 1921. — Hubmann: Die Stereophotogrammetrie des Röntgenbildes und ihre Bedeutung für die Kieferbruchbehandlung. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. Zahnchirurg. H. 1. 1922. — Hudellet and Jonenne: Kraniometrie mit Hilfe der Röntgenstrahlen. Arch. d'électr. méd. 1922. — Hutter: Über Hyperostose der Gesichts- und Schädelknochen und die Hyperostosis maxillarum. Monatsschr. f. Ohrenheilk. v. Laryngo-Rhinol. Bd. 48. 1914. — Bemerkungen zur Hyperostosis maxillarum. Monatsschr. f. Ohrenheilk. 1922. — Ilsenschnid: Die klinischen Symptome des zerebralen Rankenangioms. Münch. med. Wochenschr. 1912. — Isola, Butler, Mussio-Fournier: Oxycephalie et Nanisme. Arch. de la facultad de méd. Montevideo 1920. — Jackson: Craniofaryngeal duct tumors. Journ. of the Americ. med. assoc. 1916. — Jaffé: Luetische Erkrankungen der Hypophyse. Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol. Bd. 27. 1922. — Jewesbury and Spence: Oxycephaly. Lancet. 1920. — Jewett: Teleroöntgenology of the sella turcica. Americ. Journ. of roentgenol. 1920. — Johnston: Röntgenologische Beobachtungen über die Hypophysengegend bei intrakraniellen Erkrankungen. Americ. Journ. of roentgenol. 1917. — Jüngling: Zur Technik der Sauerstoff-Füllung der Hirnventrikel zum Zweck der Röntgendiagnostik. Zentralbl. f. Chirurg. Nr. 23. 1922. — Keith: An inquiry into the nature of the skeletal changes in Acromegaly. Lancet. 11. — The evolution of human races in the light of the hormone theory. Bull. of Johns Hopkins hosp. May 1922. — and Campion: The growth of the human face. Ref. in Lancet 25. II. 1922. — Kelemen: Exostosen des Gesichtschädels. Zeitschr. f. Laryngol., Rhinol. u. ihre Grenzgeb. H. 2. 1922. — Key und Retzius: Anatomie des Nervensystems. 1875. — Das Menschenhirn. Stockholm 1896. — de Kleyn und Stenvers: Über die Radiographie des Felsenbeines für die otologische Diagnostik. Arch. f. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilk. Bd. 103. — Über das Foramen opticum und die Ethmoidalgegend. Arch. f. vergl. Ophthalmol. 1917. — Klippel und Felstein: L'hypertrophie cranienne simple familiale. Iconogr. de la Salpetr. 1913. — Kluge: Die Erweiterung des Foramen occipitale magnum. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. Bd. 43. 1921. — Knoll: Beitrag zum Bilde der hypophysären Kachexie. Wien. Arch. f. inn. Med. Bd. 4, H. 2/3. 1922. — Kohlmann: Zur Klinik und Röntgendiagnose der multiplen Myelome. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 28. — Kolisko: Plötzlicher Tod aus natürlicher Ursache. Handb. d. ärztl. Sachverständigen-Tätigkeit. 1913. — Kurzak: Tuberkulose des Keilbeins und der Hypophyse. Zeitschr. f. Tuberkul.

1921. — Lacouture, Charbonnet et Lafarge: Chirurgie der Hypophyse. Journ. de chirurg. T. 16, Nr. 5. 1920. — Lantuéjoul et Walter: Malformations craniennes avec exophtalmie. Bull. et mém. de la soc. anat. de Paris. 1920. — Lauber: Verkalkung der Carotis interna. Zeitschr. f. Augenheilk. 1921, u. Verhandl. d. Ophthalmol. Ges. in Wien. 1921. — Law: Die Deutung der Schatten der Sinus und des Warzenfortsatzes. Americ. Journ. of roentgenol. Vol. 4, August 1917. — Mastoids. 1921. — Lecount und Apfelbach: Pathologische Anatomie der Frakturen des Schädels und begleitenden Hirnverletzungen. Journ. of the Americ. med. assoc. Bd. 74. 1920. — Leidler: Klinische Röntgenbefunde an Ohrkranken. Arch. f. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilk. 1911. — Lemke: Malignes Chordom der Schädelbasis. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 238. 1922. — Lenhossék: Über Nahtverknöcherungen im Kindesalter. Arch. f. Anthropol. Bd. 43. 1916. — Léri: Schädelbasis bei Pagetscher Krankheit. Iconogr. de la Salpetr. 1913. — Lichtwitz: 3 Fälle von Simmondsscher Krankheit. Klin. Wochenschr. 1922, Nr. 38. — Lilienfeld: Anweisungen zur Ausführung der gangbaren Aufnahmen. Röntgenologie von Holzknecht, 2. Teil. 1919. — Linck: Über die Chorda dorsalis und die malignen Chordome an der Schädelbasis. Zeitschr. f. Hals-, Nasen- u. Ohrenheilk. 1922. — Loeschke und Weinnoldt: Einfluß von Druck und Entspannung auf das Knochenwachstum des Schädels. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. Bd. 70. 1922. — Looser, Osteogenesis imperfecta. Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chirurg. 1905. — Luger: Am Röntgenbilde sichtbare Schädelstumoren. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 21. 1914. — Luxembourg: Beitrag zur Kenntnis der Osteome des Schädeldaches. Dtsch. Zeitschr. f. Chirurg. Bd. 147. 1918. — Lynn-Thomas: Epilepsie infolge verkalkten Tumors im Seitenventrikel. Brit. Journ. of surg. 1922. — Maas: Zwergwuchs hypophysärer Genese. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. Bd. 23. 1921. — Mac Connell: Ventriculography. Dublin Journ. of med. science. 1921. — Mac Kennan und Johnston: Beobachtungen über Epilepsie vom röntgenologischen Standpunkt. Journ. of nerv. a. ment. dis. 1914. — Mackenzie und Knox: Stereoskopische Röntgenaufnahmen zur Anatomie des Schläfenbeines, speziell des Fallopiischen Kanales. Arch. of radiol. a. electrotherapy. June 1918. — Marfan: Le craniotabes des nourissons et ses rapports avec le rachitisme syphilitique. Paris méd. 1921. — Marie und Léri: Pagetscher Knochenkrankheit. Handbuch der Neurologie von Lewandowsky. 1913. — Schädelbasis bei Pagetscher Krankheit. Paris méd. 1919, p. 383. — Martin: Anthropologie. 1914. — Mc Kendree und Imboden: Ossification of the meninges. Transact. of the Americ. med. assoc. 1921. — Mehner: Beiträge zu den Augenveränderungen bei der Schädeldeformität des sog. Turmschädels mit besonderer Berücksichtigung des Röntgenbildes. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 67. 1921. — Menninger: The Dandy method of localizing brain tumor by the roentgen-ray. Arch. of neurol. a. psychiatry. 1921. — Merrill: The diagnosis of a brain tumor by Pneumoventriculography. Americ. Journ. of roentgenol. 1921. — Miller: Calculi within the brain. Surg., gynaecol. a. obstetr. June 1922. — Miller und Williams: Halbmondförmiger Schatten im Schädelröntgenbild bei gewissen Fällen von Kopfschmerz. Ann. of surg. 1918. Ref. in Ärztl. Sachverst.-Zeit. 1919, Nr. 18. — Mintz: Über den Weg zur Hypophyse durch die Keilbeinhöhle. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 119, H. 1. 1922. — Mörig: Über Sinus perieranii. Münch. med. Wochenschr. 1917. — Moore: Sources of error in interpretation of roentgenograms of skull. Journ. of the Americ. med. assoc. 1919. — Osteomyelitis des Schädeldaches nach chronischer Eiterung der Stirnhöhle. Proc. of the roy. soc. of med. May 1920. — Moorhead und Weller: Schädelbrüche bei Kindern. Ann. of surg. 1921. — Mouzon: Les syndromes hypophysaires. Paris méd. 1922, Nr. 27. — Nakamura: Angeborener halbseitiger Naevus flammeus mit Knochenverdickung derselben Seite. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1922. — Naumann: Osteomalazie und Ostitis fibrosa. Dtsch. Zeitschr. f. Chirurg. Bd. 164. — Neumayer: Die Röntgenuntersuchung in der Rhino-Laryngologie. Rieder-Rosenthal, Bd. 2. 1918. — Neurath: Über hereditäre Ossifikationsdefekte des Scheitelbeins. Zeitschr. f. Kinderheilk. Bd. 32. 1922. — Nicolis: Raynaudsche Krankheit und Hypophyse. Radiologia med. März 1922. — Nonne: Über die hypophysäre Form der Hirnlues. Verhandl. d. Ges. dtsch. Nervenärzte. 1922. — Pacini: X-Ray interpretation of pituitary conditions. The mastercraft X-Ray Bull. Vol. 1, Nr. 1. 1921. — Röntgenologische Anthropometrie (Schädel). Journ. of radiol. Oktober 1922. — Pamperl: Foramina parietalia permagna. Zeitschr. f. Chirurg. 1919. — Park und Powers: Akrocephalie und Skaphocephalie mit symmetrischen Mißbildungen der Extremitäten. Americ. Journ. of childr. Vol. 20. 1920. — Pasteur et Dollfus: Adipositas dolorosa mit Verbreiterung der Sella. Gaz. des hôp. civ. et milit. 1922, Nr. 53. — Pette: Brückenwinkel-Tumoren. Arch. f. Psychiatr. u. Nervenkrankh. 1921. — Pfahler und Pitsfield: Calcification of the pituitary with hypopituitarism. Americ. Journ. of the med. sciences. April 1922. — Pfeiffer: Neuere röntgenographische Methoden der Keilbeinhöhlen-Darstellung. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. Bd. 23. 1910. — Die Röntgenuntersuchung des Gehörorgans, in: Grödel, Grundriß und Atlas der Röntgendiagnostik

1921. — Die Röntgenuntersuchung bei Erkrankungen des Ohres und der Luftwege. Handbuch der speziellen Chirurgie des Ohres und der oberen Luftwege von Katz-Blumenfeld. 1921. — Pichler: Veränderungen der Gesichts- und Schädelknochen nach alten Lähmungen des 7. Hirnnerven. Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 63. 1919. — Pilpel: Persistenz des Canalis craniopharyngeus mit Rachendachhypophyse und Kephalokele. Monatsschr. f. Ohrenheilk. 1922. — Pincherle: Röntgenologische Darstellung verkalkter Hirnarterien. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 29. 1922. — Pordes: Radiographische Darstellung der Zähne und Kiefer. 1919. — Pflibram: Hypophyse und Raynaudsche Krankheit. Berl. klin. Wochenschr. 1920. Nr. 3. — Priesel: Ein Beitrag zur Kenntnis des hypophysären Zwergwuchses. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. 1920. — Poppi: L'ipofisi cerebrale faringea e la glandula pineale in patologia. Bologna 1911. — Redlich: Fall von Endotheliom des Stirnhirns. Wien. klin. Wochenschr. 1921. S. 219. — Reichardt: Über den Schädelinnenraum. Arch. f. Psychiatr. u. Nervenkrankh. 1919. — Reverchon und Worms: Spontane Pneumatocoele occipitalis. Soc. de chir. de Paris, 1922. — Reverchon, Worms et Rouquier: Lésions traumatiques de l'hypophyse. Presse méd. 1921. — Reyher: Das Röntgenverfahren in der Kinderheilkunde. 1912. — Rhese: Die chronischen Entzündungen der Siebbeinzellen und Keilbeinhöhle. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. Bd. 24. 1910. — Die Kriegsverletzungen und Kriegserkrankungen von Ohr, Nase, Hals. Wiesbaden 1918. — Ribbert: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie. 1921. — Rieping: Zur Pathogenese des Turmschädels. Dtsch. Zeitschr. f. Chirurg. Bd. 148. 1919. — Roggen: Myxödem und Hypophysis. Jahrb. f. Kinderheilk. 1923. — Sabat: Röntgendiagnostik der Erkrankungen des Kopfes und der Wirbelsäule. Verhandl. d. dtsh. Röntgenges. 1913. — Saltykow: Zur Kenntnis der Duraverkalkungen bei Schädelur. Verhandl. d. dtsh. pathol. Ges. 1914. — Salzer: Röntgenologie in der Augenheilkunde, im Lehrbuch der Röntgenkunde von Rieder-Rosenthal. Bd. 2. 1918. — Sargent: Chirurgie der Hypophyse. Lancet. 1919 und Proc. of the roy. soc. of med. March 1920. — Schloffer: Kanaloperation. Prag. med. Wochenschr. 1912. — Schmidt, H.: Zur Kenntnis der physiologischen und pathologischen Duraverkalkung. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 1919. — Schott und Eitel: Über Enkephalographie. Münch. med. Wochenschr. 1922 und Dtsch. Arch. f. klin. Med. 1922. — Schüller: Schädelbasis im Röntgenbilde. Hamburger Atlanten, 1906. — Röntgendiagnostik der Kriegsverletzungen des Kopfes. Wien. med. Wochenschr. 1916. — Fremdkörper des Gehirns. Neue dtsh. Chirurg. Verletzungen des Gehirns. 1919. — Röntgenbefunde im Bereich des Keilbeins bei Sehstörungen. Zeitschr. f. Augenheilk. 1920. — Das Röntgenogramm der Stirnhöhle, ein Hilfsmittel für die Identitätsbestimmung von Schädeln. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. 1921. — Röntgenbefunde bei Sehstörungen. Zeitschr. f. Augenheilk. 1921. — Über ein eigenartiges Syndrom von Dyspituitarismus. Wien. med. Wochenschr. 1921. — Über Verkalkung der Hirnarterien im Röntgenbilde. Ref. Klin. Wochenschr. 1922. Nr. 9. — Über Erweiterung der Diplovenen des Schädels. Ref. Klin. Wochenschr. 1922. Nr. 20. — Osteome der Falx. Ref. Klin. Wochenschr. Nr. 9. 1922. — Zur Röntgendiagnose der intrakraniellen Affektionen mit Hilfe des Dandyschen Verfahrens. Wien. klin. Wochenschr. 1922. Nr. 34. — Sho: Kapazität der hinteren Schädelgrube. Jahrb. f. Psychiatr. u. Neurol. 1922. — Sicard und Forestier: Allgemeine Methode der radiologischen Untersuchung mit Lipiodol. Journ. de radiol. et d'électr. méd. 1922 und Presse méd. 1923. Nr. 13. — Sicher: Zur Kenntnis des Weich- und Lückenschädels. Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol. Bd. 25. H. 3. — Sicher und Krasa: Anatomische Untersuchungen an Schädeln mit Stellungsanomalien der Zähne. Zeitschr. f. Stomatol. H. 4. 1922. — Sighinolfi: Imagine radiografica dell'impronta del seno speno-parietale di Brehet. Radiol. med. 1922. Nr. 3. — Singer: Osteopsathyrosis idiopathica. Med. Klinik 1922. — Skillern and Pfahler: Röntgen-Ray as an aid to the diagnosis of diseases of the sphenoid sinus. Ann. of otol., rhinol. a. laryngol. December 1912. — Sonnenkalb: Die Röntgendiagnostik des Nasen-Ohrenarztes. Jena 1914. — Spieß und Pfeiffer: Fall von intrakraniellem Aneurysma der Carotis interna, in Grödel, Atlas der Röntgenologie in der inneren Medizin, 2. Aufl. — Star mann: Osteomyelitis des Schädels. Berl. klin. Wochenschr. 1912. — Staunig: Zur röntgenographischen Darstellung der Schädelbasis. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 28. — und Gatscher: Eine neue Darstellung des Schläfenbeines. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 26, H. 3. 1919. — Stenvers: Roentgenography of the os petrosum. Acta otologica. Vol. 3. 1922. — Meningitis cerebrospinalis epidemica. Acta otologica. Vol. 3. 1922. — Die Bedeutung des Schädelröntgenogrammes. Zentralbl. f. Röntgenstr. 1919. — Über die Diagnose der Brückenwinkel-Geschwülste. Nederlandsch Tijdschr. v. Geneesk. 1920. — Sträubler und Schüller: Über Versuche der röntgenographischen Darstellung der Subarachnoidal-Räume und der Hirnventrikel. Wien. klin. Wochenschr. 1920. — Ström: Über die Röntgendiagnostik intrakranieller Verkalkungen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 27. 1921. — Strubell: Zur Röntgendiagnose der Hirntumoren der Hypophysengegend. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 22. — Suchanek: Kongenitale Hyperostose des

Schädels. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. 1923. — Sumita: Osteogenesis imperfecta. Dtsch. Zeitschr. f. Chirurg. Bd. 107. 1910. — Sydney-Stephenson: Blue sclerotics. Ophthalmoscope 1915. — Szily: Pathologie der Tränenorgane im Röntgenbild. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1914. — Atlas der Kriegaugenheilkunde. 1916—1918. — Tandler-Ranzi: Chirurgische Anatomie und Operationstechnik des Zentralnervensystems. 1920. — Thoma: Untersuchungen über das Schädelwachstum. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 225. 1918. — Thompson: Oxycephaly. Lancet. 1920. — and Piney: A case of calcification of the cerebral vessels. Lancet. 1921. — Thost: Kopf und Hals, in Gerhartz, Leitfaden der Röntgenologie. 1922. — Timme: A new pluriglandular syndrom. Endocrinology. 1918. — Pituitary changes in Mongolian idiocy. Ann. of neurol. a. psychol. August 1921. — Towne: Wert des Ventrikulogramm bei der Lokalisation von intrakraniellen Erkrankungen. Arch. of surg. 1922. — Trýb: Beitrag zur Ätiologie des Impetigo herpetiformis. Arch. f. Dermatol. u. Syphilis, Orig. 1921. — Tschebull: Eine neue Darstellung der Nebenhöhlen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 28. 1921. — Uthoff: Augenveränderungen bei Erkrankungen des Gehirns. Handb. d. Augenheilk. v. Graefe-Saemisch. Bd. 11. 1915. — Vaternahm: Zur Differentialdiagnose des Turmschädels. Med. Klinik. 1919. Nr. 36. — Veit: Beitrag zur pathologischen Anatomie der Hypophyse. Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol. 1922. — Verga: La patologia chirurgica dell' ipofisi. Pavia 1910. — Vogt: Die angeborenen Defekte und Entwicklungsstörungen des Gehirns. Handb. d. Neurol. v. Lewandowsky. Bd. 3. 1912. — Wagenmann: Verletzungen des Auges. Handb. d. Augenheilk. v. Graefe-Saemisch. 1910—1913. — Warnekros: Schwangerschaft und Geburt im Röntgenbild. I. Teil. 1917; II. Teil. 1921. — Waters and Waldron: Aufnahme der Nebenhöhlen. Americ. Journ. of roentgenol. February 1915. — Weigeldt: Bedeutung der Lufteinblasung für Hirn- und Rückenmarks-Diagnostik. Zentralbl. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr., Orig. 1922. — Die röntgenographische Darstellung des Gehirns durch Luftfüllung der liquorführenden Räume. Münch. med. Wochenschr. 1922. — Weimann: Über einen eigenartigen Verkalkungsprozeß des Gehirns. Monatsschr. f. Psychiatr. u. Neurol. Okt. 1921. — Weinnoldt: Über das Wachstum des Schädels. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. Bd. 70. 1922. — Weve und van Assen: Technik der Röntgenographie der Sella turcica. Nederlandsch Tijdschr. v. Geneesk. 1917. — Weygandt: Zwei Fälle von Turmschädel. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. Bd. 21. 1920. — Wilbrand-Sänger: Neurologie des Auges. 1912—1922. — Winkler: Röntgendiagnostik von Hirnleiden. Zentralbl. f. Röntgenstr. 1919. — Witzel und Heiderich: Die anatomisch-chirurgische Orientierung für die Gehirnoberfläche und die Gehirnkammern. Zentralbl. f. Chirurg. Bd. 46. 1919. — Wotzilka: Ein Beitrag zur Klinik der kongenitalen Bildungsanomalien des Gehörorganes. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. 1918.

Nachtrag.

Cohn, E.: Gummien der Hypophyse. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Bakteriolog. Bd. 240. 1923. — Lesne und Duhem: Leontiasis ossea. Rev. neurol. Sept. 1922. — Paterson: Zwei Fälle von wahrer kongenitaler Hemihypertrophie. Proc. of the roy. soc. of med. 1922. — Petrow: Zur fibrösen Ostitis des Schädels. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 123. 1923. — Plemister: The nature of cranial hyperostosis overlying endothelioma of the meninges. Arch. of surg. März 1923. — Rand: Osteoma of the skull. Arch. of surg. März 1923. — Rose: Entwicklungsstörungen am Knochen und am Zentralnervensystem in der Gegend des Atlanto-Okzipital-Gelenkes. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. Bd. 241. 1923. — Schüller: Hypophysentumoren bei Epilepsie. Wien. klin. Wochenschr. 1923. Nr. 20.

Die Röntgenuntersuchung der Ohren, der Nase und des Halses.

Von

A. Thost-Hamburg.

Mit 20 Abbildungen und 3 Tafeln.

Einleitung.

Untersuchungen mit Röntgenstrahlen zum Zweck der Diagnose bei Erkrankungen der oberen Luftwege und des Ohres wurden in systematischer Weise erst relativ spät vorgenommen.

Man glaubte bei der Untersuchung von Körperhöhlen, die durch die ausgezeichneten Beleuchtungsmethoden mittelst Spiegel und reflektiertem Licht und elektrischen Mignonlampen dem Auge so direkt zugänglich gemacht werden, des Hilfsmittels einer Durchstrahlung entbehren zu können. Namentlich galt das für den Kehlkopf und die Luftröhre, die durch eine aufs feinste ausgebildete Technik, namentlich die von Kirstein eingeführte Autoskopie, die von Killian und anderen darauf aufgebaute Bronchoskopie bis in die feinsten Verzweigungen des Bronchialbaumes für Auge und Instrumente direkt erreichbar geworden waren. Dazu kam, daß die ersten röntgenologischen Aufnahmen des Schädels wenig befriedigten, weil bei der noch unentwickelten Technik und der langen Aufnahmezeit die Bilder selten scharf und kontrastreich ausfielen, und man erst lernen mußte, die gewonnenen Resultate richtig zu deuten und die Bilder richtig zu lesen.

Später zeigte sich allerdings, daß, wie bei allen Röntgenbildern, auch die ersten, als schlecht bezeichneten Bilder doch eine Menge recht verwendbarer Einzelheiten enthielten. Röntgenbilder richtig zu deuten und für die Diagnose zu verwerten, ist eine Kunst, die man nur durch Übung erlernt.

So kam es, daß die Rhinologen und die Otologen meist nur bei Fremdkörpern Röntgenbilder anfertigen ließen; man begnügte sich damit, den in der Mehrzahl metallischen Fremdkörper ungefähr der Lage nach zu bestimmen, und achtete wenig auf die gleichzeitig mit erhaltenen anatomischen oder pathologischen Details. Selbst dabei gab es Enttäuschungen; Fremdkörper, die nicht metallisch waren, Fleischstücke, Knochenstücke, Pflanzenteile, hölzerne Fremdkörper sah man damals überhaupt nicht. Oft täuschten Plattenfehler Fremdkörper an falscher Stelle vor. So zeigte sich auf einem Bilde, das ich im Beginn der Röntgenära von einem Kinde, das sich einen Schuh-

knopf in die Nase gesteckt haben sollte, in einem anerkannten Röntgeninstitut anfertigen ließ, ein deutlicher runder Schatten, genau in der Größe des gesuchten Objektes hoch oben in der Nase. In Narkose wurde der Fremdkörper vergebens gesucht. Ein zweites Röntgenbild erwies den Schatten als Fehler der Platte. Besondere Kliniken für Hals- und Nasenranke mit eigenen Röntgeneinrichtungen gab es damals kaum, so daß schon der Umständlichkeit und Kostspieligkeit wegen damals Untersuchungen mit Röntgenstrahlen von den Hals- und Nasenärzten nur ausnahmsweise vorgenommen wurden.

Das wurde mit einem Schlage anders, als durch die staunenswerte Entwicklung der Untersuchungstechnik in der Laryngologie und Rhinologie und die Einführung der operativen Behandlungsmethoden diese bisher gering geachteten Spezialzweige zu ihrer berechtigten und jetzt fast überall gewürdigten Bedeutung kamen. Auch in der Otologie entwickelte sich aus einer mehr konservativen Behandlungsmethode die großartige operative Therapie mit den ungeahnten und unbestrittenen Erfolgen, der jetzt so viele Kranke Leben und Gesundheit verdanken. Eine neue Entdeckung folgte der anderen. Anatomen, Pathologen und Kliniker förderten auf den drei Spezialgebieten immer neue wichtige Gesichtspunkte, immer neues interessantes Material zutage und so erkannte man durch einige glänzende Diagnosen ermuntert immer mehr, welche Bedeutung die Untersuchung mit Röntgenstrahlen auch für diese Gebiete habe. Es ist das große Verdienst von Scheier, der in den vorzüglich ausgestatteten Berliner Röntgeninstituten seine Untersuchungen machen konnte, zuerst auf die Bedeutung der Untersuchung der Nase, des Rachens und des Kehlkopfes durch wohlgelungene Aufnahmen hingewiesen zu haben.

Stimmphysiologische Untersuchungen, die zuerst meist am Schirm gemacht wurden, Studien über die Verknöcherungsvorgänge an den Kehlkopfknorpeln bei Menschen und Tieren veranlaßten ihn, Patienten und Leichenteile mit Röntgenstrahlen zu untersuchen.

Mit der Entwicklung der Rhinologie, mit der Erkenntnis, daß die Nase der Sitz und Ausgangspunkt einer großen Anzahl früher der Behandlung fast unzugänglichen Beschwerden sei, wurde das Bedürfnis wach, in die Nase nicht nur Licht hineinzuworfen, sondern auch Strahlen durch die Wände dieses Organs leuchten zu lassen. Mit Mignonlampen, die in den Mund eingeführt oder unterhalb des Orbitaldaches angelegt wurden, lernte man Kieferhöhlen und Stirnhöhlen elektrisch zu durchleuchten, und da ergaben sich schon eine Menge interessanter wichtiger Befunde. Man konnte jetzt bei der Untersuchung dieser Nebenhöhlen sehen, ob der Inhalt normal lufthaltig oder pathologisch war, ob sie Eiter oder verdickte Schleimhaut enthielten, ob diese Höhlen symmetrisch in der Anlage, oder einseitig oder doppelseitig schlecht oder gar nicht entwickelt waren.

Die großen Influenzaepidemien mit ihren eitrigen Katarrhen, namentlich der Nase, brachten Nebenhöhlenerkrankungen in solcher Fülle, in solcher Intensität der klinischen Erscheinungen, namentlich der Schmerzen, daß man jedes Mittel willkommen heißen mußte, das die Diagnose zu fördern versprach.

Einzelne glänzende diagnostische Ergebnisse bei Anfertigung von Röntgenbildern des Schädels, die die Nebenhöhlen in aller Klarheit und in den feinsten Einzelheiten erkennen ließen, machten eine große Anzahl von Spezialisten jetzt auf die große Bedeutung der Röntgenbilder bei der Behandlung der Nebenhöhlen aufmerksam, und die gleichzeitig weiter ausgebildete Operationsmethode dieser Höhlen zeigte die Wichtigkeit von klaren Bildern, die vor der Operation

gemacht werden, und ohne die eine planmäßige Operation heute kaum mehr möglich ist.

Winckler zeigte 1902, gleichzeitig mit Wassermann, die erste Serie von Aufnahmen der Nebenhöhlen. Killian und Goldmann führten ihre ersten Serien auf dem Kongresse Süddeutscher Laryngologen 1904 vor. Burger, Albrecht, Haike, Kuttner, Peyser, Brünings zeigten immer mehr sich verbessernde Bilder. Jansen publizierte 1909 die erste Serie von Bildern der Ohrgegend.

Von den frontalen Aufnahmen ging man zu den sagittalen über, einzelne Ohrenärzte, wie Jansen, zeigten, daß auch für das Ohr gewisse Anhaltspunkte für operative Eingriffe zu gewinnen seien, und so ist heute die Untersuchung mit Röntgenstrahlen für die Gebiete der Rhinologie, Laryngologie und Otologie nicht mehr entbehrlich.

Die Aufnahmen am Schädel wurden zuerst nur seitlich aufgenommen, erst später von vorn nach hinten oder umgekehrt. Da die der Platte zunächst liegenden Schädelabschnitte immer am deutlichsten erscheinen, legte man zur Untersuchung der Nase logischerweise die Platten an Stirn und Nase an, und erhielt so schöne scharfe Bilder der Nase und deren Nebenhöhlen, während für die Keilbeinhöhlen die seitlichen Aufnahmen die beste Übersicht ergaben.

Zur Darstellung der Ohrgegend verwendete Winckler auch schräge Aufnahmen, indem er die Platte auf die Ohrgegend, den Fokus mit der Blende aber auf die Scheitelgegend der gegenüberliegenden Seite anpaßte. Um die beiden Keilbeinhöhlen, die im seitlichen Bild sich natürlich decken mußten, getrennt darzustellen, bediente man sich auch sog. axialer Aufnahmen (Scheier), indem man die Platte unter das Kinn, die Birne aber auf den Scheitel aufsetzte, auch wohl ähnlich wie bei den Zahnaufnahmen in wasserdichten Stoff gehüllte Films in die Mundhöhle einführte.

In der weiteren Entwicklung der Röntgendiagnostik, wie sie namentlich von den Spezialärzten für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten in den jetzt überall entstehenden Spezialkliniken geübt wurde, wurden meist die seitlichen und die vorderen Aufnahmen bevorzugt, und es erwies sich, daß dieselben auch alles, oder fast alles zeigten, was man für die praktischen Zwecke, namentlich zur Unterlage für den aufzustellenden Operationsplan benötigte.

Im folgenden werde ich, um die oft irreführenden Ausdrücke occipito-frontale, frontale, sagittale, Profil, en face Aufnahmen zu vermeiden, von den beiden Hauptrichtungen nur als Seitenbilder und Vorderbilder sprechen. Es ist dann leicht verständlich, daß unter Vorderbild eine Aufnahme gemeint ist, wo die Platte an der Stirn, die Birne hinten am Kopf liegt, unter Seitenbild, wo die Platte der einen Ohrgegend anliegt und an der gegenüber liegenden Seite die Röntgenbirne.

I. Technik.

Je einfacher man die Technik zu gestalten versteht, desto leichter lassen sich Aufnahmen machen, desto häufiger werden sie gemacht und desto reicher ist die Ausbeute an wissenschaftlicher Erfahrung.

Ich habe deshalb von Anfang an meine Aufnahmen am Kopf und Hals im Sitzen gemacht. Wenn man in der Privatpraxis in der Sprechstunde selbst Aufnahmen machen will, wird das sehr erleichtert, wenn sich Patient oder Patientin einfach auf einen Stuhl zu setzen hat wie bei einer photographischen Aufnahme. Die meisten Leute ziehen diese Weise der umständlicheren Art, sich auf einen Tisch, womöglich auf den Bauch zu legen und den Kopf zwischen Sandsäcken fixiert zu halten, vor.

Ich möchte auch behaupten, daß die meisten Personen ruhiger halten, weniger wackeln, wenn sie ruhig sitzen und Stirn oder Seite an die Kasette legen, denn selbst die Bewegung beim Atmen, die Übertragung der Pulsation des Herzens und der großen Gefäße auf den Kopf läßt sich, wenn man darauf achtet, durch gewollte Fixation des Kopfes für kurze Zeit im Sitzen leichter ausschalten oder vermindern als in gestreckter Lage, namentlich der Bauchlage. Ich habe bei den vielen Tausenden von Aufnahmen von Kopf und Hals nie das Bedürfnis gehabt, meine Patienten bei der Aufnahme zu legen, und wenn ich meine im Sitzen gemachten Aufnahmen mit den von anderen im Liegen gemachten verglich, konnte ich keine Überlegenheit der letzteren herausfinden. Zur Aufnahme ließ ich mir einen soliden Holzstuhl machen mit breitem Sitz, auf den ich bei seitlicher Aufnahme den Patienten quer sitzen ließ. Zwei starke Holzpfosten bilden die Lehne dieses Aufnahmestuhls. Diese Pfosten enthalten zwei korrespondierende Falze, in denen verschiedene Bretter mit Pflöcken hoch und niedrig eingestellt werden können. Diese Bretter enthalten Ausschnitte für Schulter und Arm, so daß der quersitzende Patient mit dem Kopf oder Hals sich dicht an das Brett, das die Lehne bildet, heransetzen kann. Die Kasette ruht auf einer auf dem Brett befestigten Leiste zwischen Brett und Kopf, resp. Hals und kann deshalb nicht rutschen.

Siehe die beiden folgenden Abbildungen.

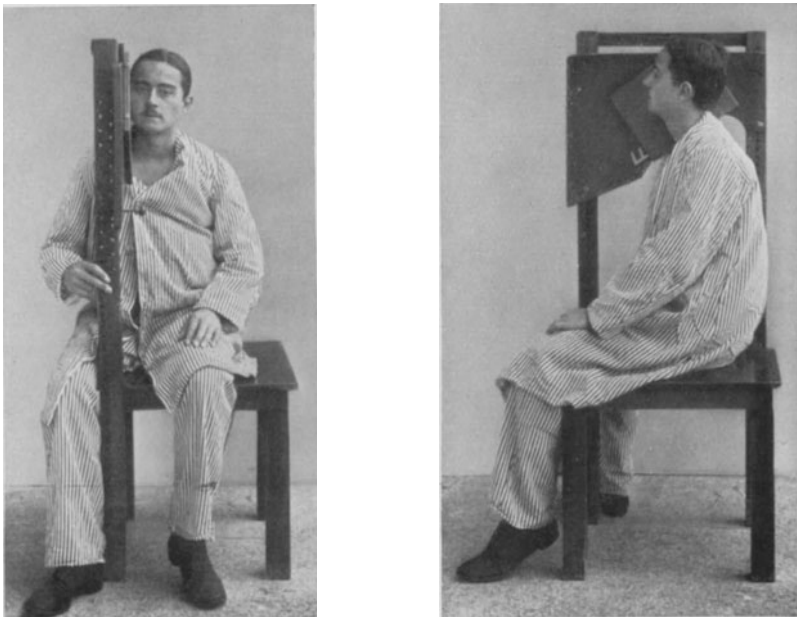


Abb. 1 u. 2. Kehlkopfaufnahme im Sitzen.

Der Patient, der Schulter und Arm, evtl. auch das Bein durch die Lehne stecken kann, kommt so dicht an die Kasette heran und sitzt dabei sehr bequem.

Bei der Aufnahme von Vorderbildern lasse ich die Patienten rittlings auf den Stuhl setzen und die Beine nach hinten durch die Lehne herausstrecken. Sie sitzen dann einfach umgekehrt auf dem Stuhl zwischen den beiden die

Lehne bildenden Pfosten und drücken das Gesicht gegen die Kassette, die, nachdem der Patient Platz genommen, mit dem oberen Brett in den Falz eingeführt wird. Alles das wird durch einen Blick auf die Abbildungen sofort klar.

Will man klare Bilder vom Skelett, so muß man härtere Röhren nehmen, will man, wie beim Kehlkopf, auch die Weichteile gut mit auf der Platte darstellen, so nimmt man weichere Röhren. Genaue Kenntnis der Röhren, mit denen man arbeitet, garantieren am besten gute Aufnahmen. Röhren sind Individuen, haben jede ihre besonderen Vorzüge und ihre Launen. Wer seine Röhren gut kennt, wird die besten Bilder liefern können.

Trotzdem erzielt man beim besten Apparat oft keine scharfen Bilder, denn die Hauptsache bei Aufnahmen ist und bleibt der Patient. Die Tücke des Objekts macht auch hier oft einen Strich durch die Rechnung. Selbst wiederholte Aufnahmen zu verschiedenen Zeiten mißlingen bei manchen Patienten, bei anderen wieder erhält man stets gute Bilder. Das hängt von der Qualität der Knochen ab, und wenn es dem einen Röntgenologen gelegentlich gelingt, ein besonders schönes und scharfes Bild demonstrieren zu können, so ist dabei oft das Verdienst auf Seiten des Patienten, der besonders scharfe, gut gebildete Knochenleisten, gut kalkhaltige Knochensubstanz mit architektonisch wohlgebildetem Skelett hat. So hängt bei Ohraufnahmen die Darstellungsfähigkeit des Sinus davon ab, ob die Rinne für den Sinus sich tief in die Schuppe eingräbt und scharfe kompakte Ränder hat. Ebenso verhält es sich mit der Sella turcica.

Die Übung bringt es dann mit sich, zwischen der physiologischen Breite und dem Beginn pathologischer Veränderungen zu unterscheiden.

Wenn somit besonders gute Aufnahmen oft mehr dem Zufall zu verdanken sind, gibt es doch eine Menge fester Anhaltspunkte, diesem Zufall zu Hilfe zu kommen. Die Aufnahmezeiten haben sich ja mit dem so wesentlich verbesserten Apparat sehr verkürzt, so daß Patienten bei Aufnahmen schon sehr leicht den Atem auf Kommando anhalten können. Eine wesentliche Verbesserung geben Aufnahmen mit Verstärkungsschirmen. Ich habe in letzter Zeit mit der Heydenfolie, die, wenn sie gut behandelt wird, sehr dauerhaft ist, fast immer gute Bilder bekommen.

Daß man aber auch mit älteren Apparaten und in kleinen Räumen gute Aufnahmen machen kann, sehe ich täglich, weil ich einen Teil meiner Aufnahmen im Eppendorfer Krankenhaus mit seinen modernsten Mitteln machen lasse, die Aufnahmen in der Sprechstunde aber in meinem Privatkabinett, wo ich naturgemäß sparsamer mit der Anschaffung technischer Verbesserungen sein muß. Bei den stärkeren Apparaten in Eppendorf mit dem Gleichrichter von Siemens & Halske werden die Aufnahmen in $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{10}$ Sekunde gemacht, Schädelaufnahmen meist im Liegen gleichfalls mit der Heydenfolie, mit meinem älteren Apparat brauche ich für den Schädel im Sitzen 10 bis 20 Sekunden, für den Hals 6 bis 10 Sekunden unter Verwendung weicher Röhren. Will ich die Wirbelsäule scharf darstellen, so nehme ich härtere Röhren und belichte eine Minute und darüber.

Bei der Aufnahme von Larynx und Trachea hatte ich bei Patienten mit kurzem dickem Hals oft Schwierigkeiten, die unteren Abschnitte des Larynx und der Trachea mit auf die Platte zu bekommen. Ich half mir dadurch, daß ich die viereckige Platte so auf die Leiste auflegte, daß die eine Ecke gegen das Sternum zu geneigt war.

Diesen Wunsch, möglichst viel von dem vorderen Halsabschnitt auf die Platte zu bringen, erfüllt jetzt eine Kassette, die die Eppendorfer Röntgenoberschwester Clara Roeper im Verein mit Dr. Oehlecker konstruiert hat.

Dieselbe hat einen tiefen Ausschnitt, der sich der Schulter gut anpaßt, ebenso die darin liegende Platte. Man erhält dann auf der Platte in Seitenansicht nicht nur den ganzen Larynx, sondern die Trachea bis zur Drosselgrube, die ganze Halswirbelsäule bis zum ersten Brustwirbel und in Seitenansicht das Sternum. Diese Übersichtsbilder sind außerordentlich instruktiv. Für jede Halsseite muß man dann eine besondere Kassette haben. Ich mache solche Aufnahmen bei mir an meinem Holzstuhl. In Eppendorf drückt ein an die Wand angeschraubtes bewegliches Stativ die Kassette gegen den Hals. Die Aufnahmen werden im Sitzen gemacht. Der Apparat ist von Oehlecker im Band XIX, Heft 4 der Fortschritte beschrieben und abgebildet. Zwei meiner Bilder, die auf der beigegebenen Tafel III dargestellt sind, zeigen solche gut gelungene Aufnahmen.

Schließlich sei noch bemerkt, daß ich sowohl bei Schädel- wie bei Larynxbildern die Platten mit einer Uranlösung (15,0 : 1600,0) verstärke. Das ganze Bild wird dadurch schöner, gewisse Mitteltöne, die bei dem einfach grauen Ton kaum erkennbar sind, treten lebhafter hervor und namentlich bei Larynxaufnahmen mit den weichen Tönen der Weichteile erscheint die ganze Platte fast wie ein guter, kontrastreicher, plastischer Stich oder eine Radierung.

Was die stereoskopischen Aufnahmen anlangt, so habe ich keine eigene Erfahrung; was ich bei andern gesehen, hat mich nicht überzeugen können, daß die Vorteile für die Praxis so große sind, daß man die bisher noch recht umständlichen und kostspieligen Aufnahmen zur Bedingung für eine gute Diagnose machen muß. Fremdkörper, Projektile im Schädel kann man natürlich besser lokalisieren, trotz der Meßvorrichtungen bei Vorder- und Seitenaufnahmen, aber sehr häufig ist die Plastik übertrieben, und man findet sich in dem Gewirr von Linien schwer zurecht. Für die Praxis zur Beurteilung der Erkrankungen des Skeletts genügen bisher die Aufnahmen eines Vorder- und Seitenbildes.

Für die stereoskopische Aufnahme müßten dann schon mindestens vier Aufnahmen vom Schädel gemacht werden, um ein stereoskopisches Seiten- und Vorderbild zu erhalten. Zur richtigen Betrachtung der Bilder gehören dann wieder Apparate mit verschiebbaren Spiegeln und Beleuchtungslampen. Wird die Technik einfacher, so werden wohl auch die stereoskopischen Aufnahmen des Schädels häufiger gemacht werden.

Während des Krieges, wo die Lage von Geschossen, Granatsplittern oder mit den Projektilen eingedrungene Fremdkörper (Helmteile, Tuchfetzen) genau vor der operativen Entfernung bestimmt werden mußten, sind solche Apparate in größerer Zahl konstruiert worden. Ein Apparat, der auf der chirurgischen Abteilung des Generalarztes Professor K ü m m e l l hier sich besonders bewährt und viel angewandt wurde, ist der vom Frater Cropper in Charleville konstruierte Apparat, der nach der von Hasselwanger angegebenen Methode die Lage des Fremdkörpers bestimmt. Es wurden dazu zwei stereoskopische Schädelaufnahmen gemacht, deren Größe genau der Größe des Kopfes des Patienten entsprechen. Mit dieser Methode konnte ich ein kleines Projektil im rechten Siebbein, das nur 4 mm dick war, mit absoluter Sicherheit lokalisieren und entfernen. Der Fall ist in Nr. 9 und 10 der Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. 1918, 52. Jg., beschrieben, wo die Einzelheiten nachzulesen sind.

1. Die zu diagnostischen Zwecken gemachten Aufnahmen des Gehörorgans.

Die seitlichen Aufnahmen des Schädels mußten natürlich als kompakte Schatten das Felsenbein mit dem darin enthaltenen Gehörorgan zeigen. War

die Aufnahme genau im Profil, so deckten sich die Schatten der beiden Felsenbeine, wenn man auch das der Platte anliegende Felsenbein und die damit verbundene Warzenfortsatzgegend in allen Einzelheiten völlig klar dargestellt sah, und Veränderungen an denselben, ohne sich eines Irrtums schuldig zu machen, mit vollem Recht auf die Plattenseite beziehen konnte.

Brühl hatte anatomische Korrosionspräparate der Hohlräume des Ohres mittelst Röntgenstrahlen dargestellt, Henle und Hinsberg zeigten Platten vom Processus mastoideus. Henle machte auch schon stereoskopische Aufnahmen dieser Gegend, aber die erste größere Serie brauchbarer Platten vom Lebenden und deren Verwendung für die Praxis demonstrierte Winckler auf der Bremer Versammlung der Otologischen Gesellschaft 1907. Auf derselben Versammlung zeigte auch O. Voß einige gute Platten und wies in einem Vortrag auf die Bedeutung solcher Aufnahmen für die Ohrenheilkunde hin. Winckler sowohl wie Voß sahen den Hauptwert solcher Aufnahmen in der Darstellung der am Gehörorgan so variierenden anatomischen Verhältnisse. Für die Operation war es von größter Wichtigkeit, ante operationem festzustellen, wie der Knochen, den man mit dem Meißel und der Zange angreifen wollte, beschaffen sei, welchen Verlauf die großen Blutgefäße, namentlich der Sinus, im Einzelfalle nahm, welche Ausdehnung die Zellen des Warzenfortsatzes im vorliegenden Falle hatten.

Die im Jahre 1907 vorgezeigten Platten hatten aber noch recht viele Unvollkommenheiten; alle, die auf dem Gebiet arbeiteten, berichten von den großen Schwierigkeiten, manche von den Hoffnungen, die man in die neue Methode gesetzt, erfüllten sich nicht. So erkannte man bald, daß man Veränderungen der Hirnsubstanz selbst nicht darstellen konnte. Voß berichtet, daß die Durchleuchtung eines Schläfenlappenabszesses ein negatives Resultat ergeben hatte, und daß man nur die Veränderungen an den Knochen würde darstellen können.

Winckler führte an, daß bei den damals noch nötigen langen Aufnahmezeiten öfter ein Haarausfall auf der Seite, wo die Birne lag, beobachtet wurde, der meist einige Wochen nach der Aufnahme sich einstellte, und wenn auch die Haare nach einigen Monaten in der alten Fülle wieder wuchsen, so zwang doch dieser Umstand damals, Röntgenaufnahmen nur in dringenden Fällen zu machen, und bei allen übrigen Fällen, wo durch klinische Beobachtung die Diagnose klar war, nicht zu durchstrahlen.

In den letzten sieben Jahren hat sich die Röntgentechnik nun so vervollkommenet, die Aufnahmen werden jetzt im Bruchteil einer Sekunde gemacht, durch Filter läßt sich die behaarte Kopfhaut so schützen, daß ein Haarausfall kaum noch vorkommt, und so hat auch die Zahl guter, brauchbarer Aufnahmen vom Ohr ständig zugenommen. In allen Ohrenkliniken wird jetzt die Methode mehr oder weniger regelmäßig geübt. Jansen hat in seiner Privatklinik, in der er sich ein gut eingerichtetes Röntgenlaboratorium geschaffen hat, eine Sammlung schöner Ohraufnahmen angelegt, die er mir vor kurzem demonstriert hat. Er hat 1909 in der Deutschen Zeitschrift für Chirurgie seine ersten Erfahrungen und Bilder veröffentlicht.

Auch er hat anfangs Aufnahmezeiten von $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Minuten, bei en face Aufnahmen (Vorderbildern) sogar bis zu $3\frac{1}{2}$ Minuten nötig gehabt. Seit er mit dem Grissonator und der Albers-Schönbergschen Kompressionsblende arbeitet, und mit diesem Instrumentarium kurzfristige Aufnahmen machen kann, macht er seine Aufnahmen in 10—15 Sekunden resp. 25 Sekunden. Er hat dabei auch nur einmal Haarausfall gesehen, als rasch hintereinander bei demselben Patienten Aufnahmen gemacht wurden. Heute weiß jeder Röntgenologe, daß nicht die Zeit der Exposition, sondern häufig nacheinander

ohne Pause (mindestens 14 Tage) gemachte Röntgenbestrahlungen die Haut und besonders die behaarte Kopfhaut schädigen, und daß man schon durch Bedecken mit einem dünnen Lederfilter diese Schädigung vermeiden kann.

Was zeigt nun diese immer mehr zunehmende Zahl gelungener Aufnahmen des Gehörorgans? Jansen umfaßt das durch Röntgenbilder Erreichbare in folgendem Satz: Vor der Operation kann man sichere Kenntnis haben von der Dicke der Kortikalis, der Größe der Zellen und des Antrums, von der

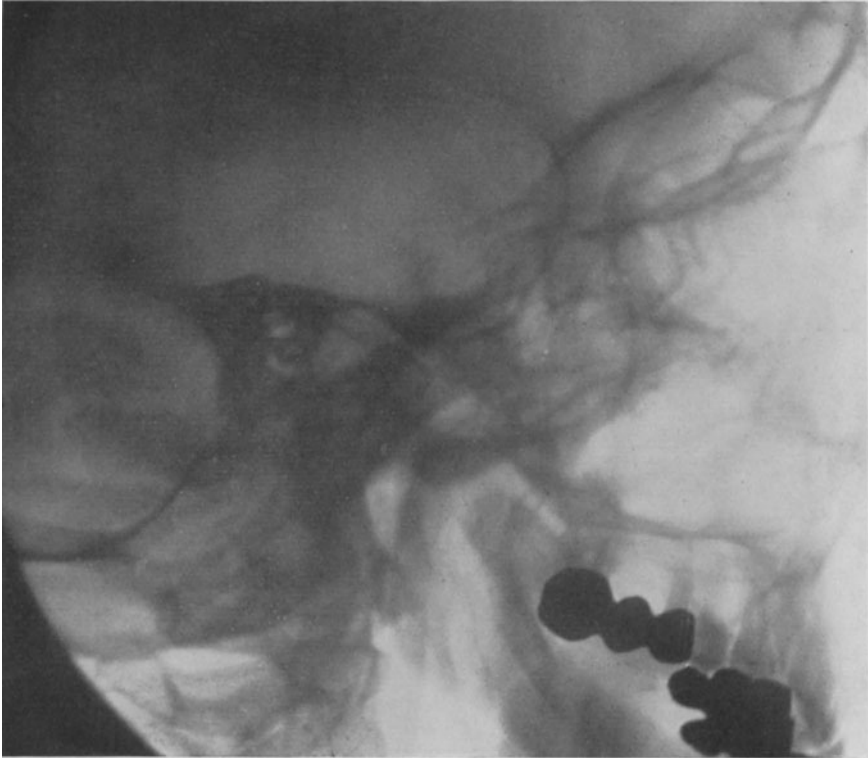


Abb. 3¹⁾. Die Felsenbeinpyramide erscheint als scharf konturierter kompakter Schatten. In demselben der Porus acusticus internus und der horizontale Bogengang. Sehr schön ausgeprägt dahinter der Sinus sigmoideus. Auch alle übrigen Leisten und Vertiefungen am Schädel gut ausgeprägt.

Anordnung und Lagerung der Zellen, vom Verlauf des Sinus, der Dicke und Lage des Tegmen. Wir sehen die Lage des Antrums, oft auch des Kuppelraums, bisweilen den Hammer. Wir erkennen den horizontalen Bogengang, die Lage und Form der hinteren Felsenbeinwand, der hinteren oberen Felsenbeinkante. Bisweilen ist sogar der obere und untere vertikale Bogengang zu sehen. Vielfach können wir deutlich die Form und Größe des Antrums erkennen. Sind beide Processus auf der Platte, so erkennt man sofort Asymmetrien. Jansen bevorzugt für die Diagnose der Beschaffenheit der Warzenfortsätze die en face Aufnahme, Vorderbilder, wobei beide Processus auf derselben Platte erscheinen. Diese Vorderbilder müssen zu diesem Zweck so aufgenommen

¹⁾ Die Abb. 3—6 stammen aus der Sammlung des Herrn Professor Jansen, Berlin.

werden, daß die Warzenfortsätze frei zu sehen sind. Jan sen gibt dafür folgende Vorschrift: „Sorgt man durch entsprechende Lagerung des Kopfes dafür, daß die Pyramiden-, bzw. die Schädelbasislinie, welche beide Warzenfortsätze

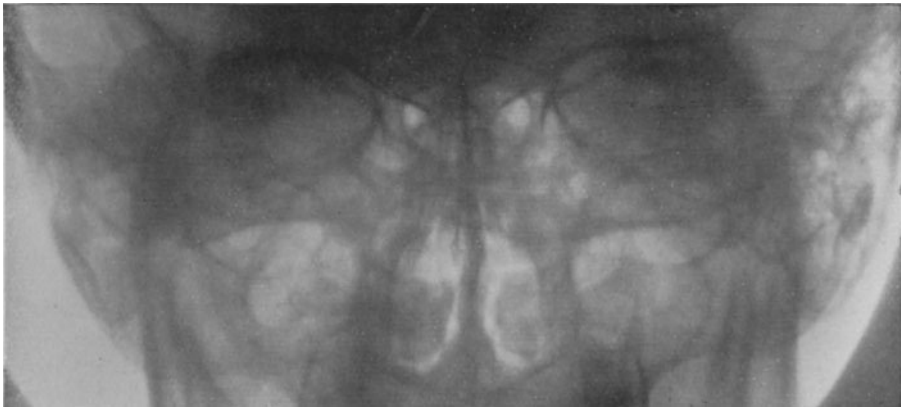


Abb. 4. Rechts der Processus mastoideus sehr pneumatisch; das Antrum deutlich zu sehen. Links ist der Processus durch einen chronischen Mittelohrprozeß sklerosiert.

verbindet, recht weit nach unten bis zur Höhe des Bodens der Kieferhöhle bzw. des Gaumens heruntergedrückt wird, so sind in der Regel beide Warzenfortsätze gut zu sehen; sie liegen nach außen vom Kiefergelenk und Unterkiefer-

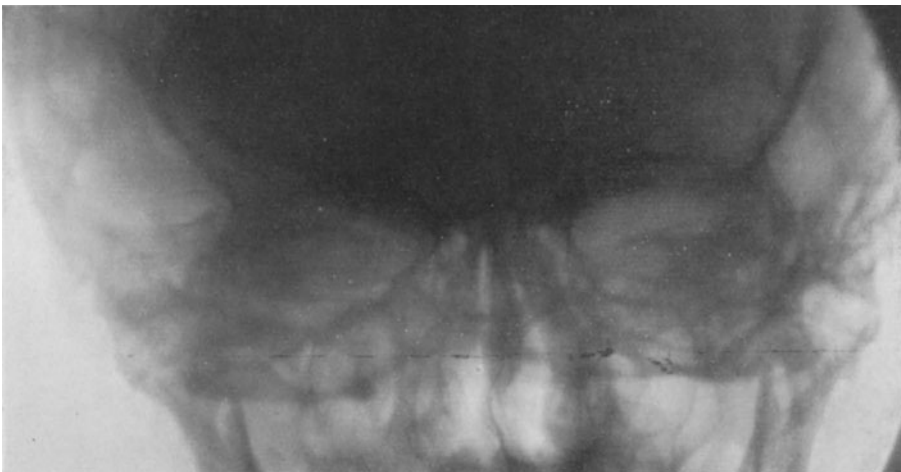


Abb. 5. Auf beiden Seiten besonders ausge dehnte pneumatische Warzenfortsätze. Rechts das Antrum besonders geräumig.

ast, und durch Vergleich läßt sich rasch feststellen, ob sie symmetrisch gebaut, zellig oder sklerotisch, ob die Konturen der Zellen verwaschen, die Höhlen Trübungen und Schatten zeigen, ob sie verschleiert sind. Ein geübtes Auge erkennt feine Unterschiede in der Schattierung und Durchsichtigkeit, stärkere Differenzen offenbaren sich sofort. Am wenigsten sagen uns die Fälle mit

doppelseitiger Erkrankung, und meist gar keinen Aufschluß erhalten wir bei dem sklerotischen Warzenfortsatz mit Empyem im Antrum.

Bei einseitiger Erkrankung ist aber auch das schon von Bedeutung, und wenn im einzelnen Fall nur einige der oben von Jansen angegebenen und auf Platten sicher nachgewiesenen anatomischen und pathologischen Verhältnisse nachgewiesen sind, so können solche Untersuchungsergebnisse den Operateur und vor allem auch den Patienten vor Mißgeschick bewahren und für die Wahl der Operationsmethode, ob man vom Gehörgang aus oder von der äußeren Fläche angreifen soll, ausschlaggebend werden.

Da es am besten ist, wenn man für die Diagnose beide Warzenfortsätze zum Vergleich hat, so sind Vorderbilder (Jansen nennt sie *en face* Bilder)



Abb. 6. Sehr großer stark pneumatischer Processus in seitlicher Aufnahme.

am geeignetsten. Bei sehr kompakten Schädeln wird allerdings oft einer oder beide Warzenfortsätze durch den massigen Unterkiefer verdeckt, doch sieht ein geübtes Auge den Processus meist durchscheinen.

Es bleibt dann noch die Möglichkeit, beide Processus im Seitenbild aufzunehmen und die beiden Bilder zu vergleichen. Erschwert wird dieser Vergleich aber dadurch, daß bei wechselnder Härte der Röhre die Aufnahmen verschieden ausfallen, und daß es subjektiv schwerer ist, zwei Bilder nacheinander zu vergleichen, während Unterschiede an symmetrischen Stellen derselben Platte natürlich leichter ins Auge fallen.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Winckler, obwohl er zur Zeit seiner ersten Veröffentlichung noch nicht über die feinen Apparate verfügte, wie sie Jansen zu Gebote standen. Die Vorderbilder, denen man, durch Schüller aufmerksam gemacht, später den Vorzug gab, gelangen ihm nicht so regelmäßig und er versuchte es daher, wie in der Einleitung erwähnt, durch schräge Aufnahmen zu erreichen, daß er nur eine Ohrgegend zur Darstellung brachte.

Wenn Winckler damals sagte, daß bei der Seitenaufnahme beide Warzengenden auf derselben Platte sich decken und dadurch die Deutung leidet, so kann man jetzt bei den klareren und vollkommeneren Bildern wohl mit ganzer Sicherheit sagen, daß die auf der Platte erscheinenden feinen Zeichnungen der Seite angehören, die der Platte anlag, die Seite, wo die Birne liegt, kommt bei der Dicke der sie verdeckenden Gehirnmasse nicht oder nur ganz diffus zur Ansicht. Winckler hat nun schon 1907 in Bremen sehr klar und richtig darauf hingewiesen, daß die anatomischen Gesetze für den Bau des Schädelabschnittes, der das Gehörorgan enthält und begrenzt, wie sie von Körner so präzise gefaßt sind, durch das Röntgenbild bestätigt und deren Erkennung am Lebenden erleichtert werden.

Die Bilder, die er demonstrierte, zeigten, daß es möglich sei, durch Röntgenaufnahmen den Körnerschen Lehrsatz zu bestätigen, daß die Decke der Paukenhöhle bei Brachycephalen dünner ist als bei Dolichocephalen, denn Rundschädel zeigten feinere Schattenlinien, Langschädel stärkere Schatten. Ebenso bestätigte sich der Körnersche Befund über das Verhältnis der Fossa sigmoidea zu den Mittelohrräumen im Röntgenbild, das bei Dolichocephalen für operative Eingriffe ein günstigeres ist als bei Brachycephalen. Die Felsenbeine mit sog. gefährlichen, weit vorgelagerten Sinus, die nach Körner häufiger rechts als links sich finden, lassen sich vor der Operation feststellen.

Winckler hatte sich gleich im Anfang die Aufgabe gestellt, bei Abszessen und Verdacht auf Hirnkomplikationen Defekte im Tegmen darzustellen, vor allem durch seine Schrägaufnahmen. Es gelang ihm auch, und er demonstrierte solche Bilder in Bremen. In der Hirnsubstanz selbst läßt sich der Eiter nicht differenzieren, nur die Veränderungen am Knochen erscheinen auf dem Bild. Diese Knochenveränderungen zeigen sich dafür um so klarer, vor allem Sequesterbildungen im Processus, dessen verschiedener Bau, ob ein pneumatischer oder ein sklerotischer, oder ob die gefährliche diploetisch-spongiöse Substanz vorliegt, deutlich zur Anschauung kommt. Je dunkler der Processus als Schatten im Bild, desto härteren Knochen treffen wir bei der Operation an, am dunkelsten erscheint der eburnisierte Knochen.

Bei der Beurteilung der Notwendigkeit eines frühzeitigen operativen Eingriffes ließ sich Winckler bestimmen durch Kombination des Röntgenbefundes mit dem bakteriologischen Befund.

Zeigte sich bei schwerer Streptokokkeninfektion im Röntgenbild ein sehr zellreicher Processus, namentlich reichliche Zellentwicklung in der Gegend des Sinus, so entschloß er sich zu zeitiger Operation, schon ehe Periostitis und Druckschmerz eingetreten war, während er bei mehr kompaktem Knochen, großem Antrum und günstig gelegenen Sinus selbst bei heftigen klinischen Symptomen ruhiger abwartete.

Geschwülste in der Umgebung des Ohres, verkalkte Drüsen, Veränderung in den Kiefergelenken, kann man natürlich auch im Röntgenbild darstellen, sie geben für Reiz- und Ausfallerscheinungen am Gehörorgan oft den nötigen Aufschluß.

Wichtiger aber sind die von Schüller zuerst nachgewiesenen Veränderungen am Schädel skelett, die sich bei Tumoren des Gehirns finden. Den Ohrenarzt interessieren am meisten die Tumoren am Kleinhirnbrückenwinkel und die Acusticustumoren. Schüller erkannte zuerst, daß bei Gehirntumoren sich charakteristische Usuren der Schädelbasis finden und im Röntgenbild darstellen lassen. Speziell für die Acusticustumoren besteht eine solche Usur darin, daß die Sattellehne durch Druckatrophie ihrer hinteren Fläche verdünnt und sodann nach vorn geneigt sei, wenn er auch hinzufügen muß, daß diese Veränderung sich keineswegs bei allen Fällen findet. Als eine zweite

Form der lokalen Usur bei Hirntumoren in der Gegend des Acusticus beschreibt Schüller eine Erweiterung des Meatus auditorius internus, die sich durch Vergleichung zweier Profilaufnahmen (Seitenbilder) nachweisen läßt. Die Veränderungen an der Schädelbasis haben für den Otologen, aber auch für den Rhinologen, eine weitgehende Bedeutung, denn sie machen meist schwere Symptome. Ich will dieselben daher in dem folgenden Kapitel kurz besprechen.

2. Die röntgenologische Untersuchung der Schädelbasis.

Im Jahre 1905 hat Schüller in Wien, der als Nervenarzt Interesse an der Darstellung der Schädelbasis im Röntgenbilde hatte, in einem Ergänzungsband (Nr. 11) der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen das Ergebnis seiner Studien veröffentlicht. Er hat seine Studien im Röntgenlaboratorium des Wiener allgemeinen Krankenhauses unter Mithilfe eines unserer tüchtigsten und erfahrensten Röntgenologen, Dr. Holzknacht, gemacht. Um der ganzen Lehre von der Erkrankung der Schädelbasis eine sichere Grundlage zu geben, hat er zunächst an einer Reihe von skelettierten Schädeln das festgestellt, was am Schädel im Röntgenbilde erscheint, um in das Gewirr von Linien, das sich auf der Platte zeigt, Klarheit zu bringen. Am Lebenden stellt sich das allerdings wesentlich anders dar, die Linien des von Weichteilen umgebenen Knochens erscheinen weniger scharf, aber wenn man eine größere Reihe von Aufnahmen gemacht und dieselben mit dem klinischen Befund verglichen hat, so lernt man die Orientierung am besten aus der Praxis. Wer viel in einem großen Röntgenlaboratorium verkehrt und viele Bilder auch aus anderen Gebieten sieht, gewöhnt sein Auge daran, die Skeletteile in den mehr diffusen Schatten der Weichteile herauszufinden und richtig zu deuten.

Da nun Schüller auch in diesem Lehrbuch das Kapitel über die Untersuchung des Schädels behandelt, genügt es, darauf zu verweisen. Nur einige Worte, die die Wichtigkeit der röntgenologischen Untersuchung gerade der Schädelbasis auch für den Hals-, Nasen- und Ohrenarzt noch besonders hervorheben sollen, möchte ich hier sagen.

Besonders seit man den Drüsen mit innerer Sekretion, in erster Linie der Hypophysis, mehr Aufmerksamkeit schenkt, und seitdem man gerade die Erkrankungen der Hypophysis operativ anzugreifen gelernt hat, konnte man die Mitwirkung rhinologisch geübter Operateure nicht entbehren. Dem allgemeinen Chirurgen ist die besondere Technik, unter künstlicher Beleuchtung am nicht allgemein narkotisierten Patienten in der Tiefe zu operieren, nicht so geläufig wie dem Rhinologen. Es war daher selbstverständlich, daß Rhinologen, die über die erforderliche Technik verfügten, sich daran machten, Hypophysentumoren zu operieren, und zwar mit bestem Erfolg. Um über Größe und Lage eines solchen Tumors sich einen Überblick vor der Operation zu verschaffen, konnte man ein gutes Röntgenbild nicht entbehren, ja man darf sagen, daß wir der ganzen Erkrankung der Hypophyse und ihrer Symptome erst auf die Spur gekommen sind, seitdem wir die Möglichkeit haben, die Schädelbasis im Röntgenbild befriedigend darzustellen. Wie Schüller ausführlich auseinandersetzt, sehen wir allerdings vom Tumor des Gehirns und der Hypophyse selbst wenig, sondern nur die am Skelett, hier der Sella turcica, durch Druckur gesetzten Veränderungen.

Gerade bei den pathologischen Veränderungen der Hypophyse kommt es aber auch häufig zu Verkalkungen, und diese Kalkherde in der Hypophyse erscheinen mit aller Schärfe im Röntgenbild. Auf der Ausstellung von Röntgen-

platten des diesjährigen Röntgenkongresses hatte Lorey aus dem Eppendorfer Krankenhause einen besonders schönen Fall von Verkalkung der Hypophyse ausgestellt. Es mag in dem von Schüller in seinem Lehrbuche geschriebenen Kapitel genauer nachgelesen werden, in welcher Form Hirntumoren und speziell Hypophysentumoren den Knochen des Keilbeins und den Türkensattel verändern, ich will hier nur kurz darauf hinweisen, wie unentbehrlich es für den Operateur ist, vorher zu wissen, ob eine dünne oder dicke Knochenschicht den Tumor von der Keilbeinbasis trennt und mit Instrumenten zu durchbrechen ist, um an die Geschwulst zu gelangen.

Weniger bekannt ist die Tatsache, daß Veränderungen an der Hypophyse schon frühzeitig Reizerscheinungen in der Nase machen können, die

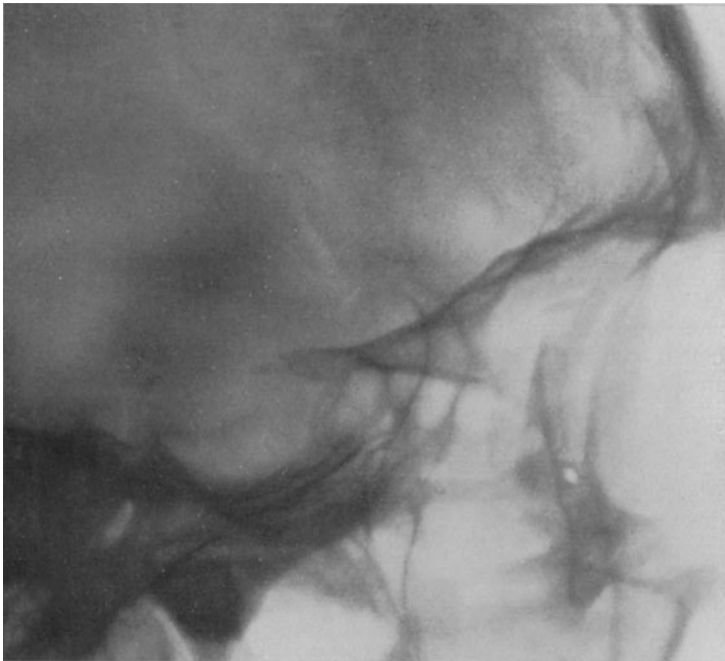


Abb. 7. 40jähriger Mann. Seit Jahren rezidivierende Schleimpolypen der Nasen beiderseits. Es entwickelt sich eine doppelseitige temporale Hemianopsie, links stärker als rechts, und eine linksseitige Okulomotoriusparese. Symptome von Akromegalie treten auf. Das Röntgenbild zeigt die Sella turcica und die Keilbeinhöhle durch einen Hypophysentumor stark auseinander gedrängt und verändert.

klinisch nicht übersehen werden können. Es kommt zur Entzündung und Schwellung der Schleimhaut der hinteren Nasenabschnitte und zu Polypenbildung. Ich habe einen sehr lehrreichen Fall dieser Art beobachtet, der in der beifolgenden Abbildung dargestellt ist.

Ein 40jähriger Patient, den ich seit vielen Jahren an häufig rezidivierenden, wie es schien, gutartigen Nasenpolypen auf beiden Seiten der Nase behandelte, erkrankte an Sehstörungen und den Erscheinungen der Akromegalie. Das von dem Patienten aufgenommene seitliche Röntgenbild zeigte, wie aus der Abbildung ersichtlich, einen Hypophysentumor. Der Patient, dessen Beschwerden mäßige sind, so daß er seinem Beruf als Krämer nachgehen kann, konnte sich zur Operation nicht entschließen. Für den Rhino-

logen ergibt sich aber daraus die Notwendigkeit, in Fällen von Nasenpolypen, die aus der Keilbeingegend der Nase ohne Eiterung entspringen, an die Möglichkeit eines Hypophysentumors zu denken und nicht nur auf die Symptome der Akromegalie zu achten sondern vor allem auch gute Röntgenbilder der Schädelbasis anzufertigen.

Aber auch die anderen von Schüller erschöpfend dargestellten Veränderungen der Schädelbasis können für den Rhinologen größere Bedeutung gewinnen. Vor allem die Geschwülste der knöchernen Schädelbasis, Osteome, Osteosarkome, Chondrome, Fibrome können durch Druck auf Nerven und Gefäße Erscheinungen machen, sie können aber, wenn sie auf der Unterfläche des Schädels sich entwickeln oder bis dahin vordringen, auch direkt das Lumen der Nase und des Nasenrachenraums verlegen; ich erinnere nur an die großen Fibrome und Fibrosarkome des Nasenrachenraums, die sich auch im Röntgenbild nachweisen lassen. Selbst die häufigsten gutartigen Geschwülste des Nasenrachenraums, die der Unterfläche des Keilbeins aufsitzenden Hyperplasien der Rachenmandel (sog. adenoide Vegetationen) lassen sich, wie Scheier schon vor vielen Jahren an Röntgenbildern gezeigt hat, auf der Platte und am Schirm nachweisen. Nach der operativen Entfernung derselben zeigte sich die Nasenrachenhöhle um das entfernte Stück im Bilde nach oben erweitert.

Aber nicht nur Geschwülste der Schädelbasis, auch die Veränderungen, die die Syphilis am Schädel setzt, und die auf den Knochen übergeht, ist häufig mit syphilitischen Veränderungen in der Nase gleichzeitig zu finden. Tiefe Geschwüre am Rachendach sind oft der letzte und in den meisten Fällen übersehene Rest einer Schleimhautlues. Nur durch die Rhinoscopia posterior, die bei empfindlichen Patienten gelegentlich große Schwierigkeiten hat, läßt sich die Diagnose machen. Oft gehen solche Geschwüre bis auf den Knochen und würden dann im Röntgenbilde nachweisbar sein. Die Syphilis gibt ja, wie auch Schüller genauer ausführt, am Knochen charakteristische Strukturbilder des Knochens, so daß ein geübter Röntgenologe aus der Veränderung des Knochens die Diagnose Syphilis mit aller Sicherheit stellen kann.

Ich komme in dem Kapitel über Erkrankung der Nebenhöhlen, speziell der Keilbeinhöhle, nochmals auf die Erkrankung der Schädelbasis zu sprechen und auf die Bedeutung für Therapie und Prognose, die durch mehrere Abbildungen erläutert wird.

Die Tuberkulose, die den Schädel nach Schüller seltener befällt, kommt für den Rhinologen weniger in Betracht. Schleimhautlupus, der sich bei jugendlichen Individuen sehr häufig und sehr hartnäckig am Rachendach lokalisiert, macht im Röntgenbild, soweit meine eigene Erfahrung reicht, keine Erscheinungen.

Wohl aber haben auch die sonstigen von Schüller beschriebenen Veränderungen des Schädelskeletts gelegentlich für den Rhinologen eine die Diagnose klärende Bedeutung. Schüller hat sich als Vorstand der Nervenabteilung des Wiener Kinderkrankenhauses eingehend mit den kindlichen Wachstumsschädigungen des Schädels beschäftigt, wie sie bei schwachsinnigen Kindern getroffen werden. Diese interessanten und wichtigen Veränderungen mögen dort nachgelesen werden. Es handelt sich meist um Schädelrhachitis oder hereditäre Lues. Spaltbildungen oder vorzeitige Verknöcherung der Schädelnähte kommen in Betracht. Diese Veränderungen geben nicht nur die Erklärung für die Ätiologie schwerer zerebraler Symptome, sie erklären auch manche feinere Symptome im späteren Leben, denn diese Veränderungen kommen natürlich auch in leichten Andeutungen in ganz zirkumskripten

Partien der Schädelbasis als Reste solcher früheren Erkrankungen vor und sind vielleicht erblich.

Auch Erwachsene mit leichten psychischen Anomalien sollten genau darauf untersucht werden, wenn auch für die Therapie nicht viel dabei herauskommt. Für uns Ohren- und Nasenärzte erklären sich aber manche hartnäckige, oder besser unheilbare Beschwerden im Gebiete der Nase und der Ohren. Von der Schädelbasis greifen sie auf die Tube über und können hier Störungen machen. Solche Fälle sind bisher selten, wenn aber eine größere Anzahl guter Bilder der Schädelbasis bei Störungen in diesen Gebieten vorliegt, wird mancher unklare oder als nervös bezeichnete Fall eine greifbare Erklärung finden. Ein eigentümlicher Fall aus meiner Praxis mag das beweisen:

Ein 38jähriger Patient, der eine leichte, völlig ausgeheilte Kieferhöhlenentzündung durchgemacht, klagte über eigentümliche Beschwerden, die darin bestanden, daß er beim Singen — er hatte eine gute Stimme, hatte erst als Bariton, später als Tenor, dann wieder Bariton gesungen — erst schlecht, dann überhaupt nicht mehr hörte. Da er die Begleitung nicht hörte, war ihm das Singen unmöglich. Es fand sich eine leichte Parese des Levator palati mollis links, eine verengte Tube derselben Seite. Am Rachendach granulierendes adenoides Gewebe. Lues war nicht vorhanden. Es bestand eine erhebliche Gesichtsfeldstörung und Prof. Deutschmann ließ die Möglichkeit offen, daß ein Prozeß am Chiasma in der Entwicklung sein könne. Das entfernte adenoide Gewebe erwies sich als normal. Behandlung der Tube, Faradisation des Gaumensegels veränderten nichts am Bild und an den Beschwerden.

Ein von der Schädelbasis aufgenommenes Röntgenbild zeigte nun eine leichte Anomalie der Schädelbasis, indem an der rechten Seite der Sella turcica eine eigentümlich geformte Knochenspange erkannt wurde. Zuerst dachte man an ein Sarkom der Schädelbasis. Wiederholt in verschiedenen Zeiträumen aufgenommene Bilder zeigten immer dasselbe Bild, es mußte sich also um eine Anomalie, nicht um einen fortschreitenden Prozeß handeln. Der Hausarzt teilte mir mit, daß auch die Geschwister des Patienten leichte psychische Anomalien hätten. Die Veränderungen an der Tube und der Muskulatur, die die eigentümlichen Hörstörungen verursachten, hatten sich nach und nach eingestellt und waren bleibend.

Das Röntgenbild zeigte also hier eine Veränderung, die vielleicht den lokalen Hyperostosen der Schädelbasis unbekannter Ätiologie, die Schüller erwähnt, in erblicher Form, zuzuzählen ist.

II. Die Erkrankungen der Nebenhöhlen der Nase im Röntgenbild.

Vor wenig Jahren noch konnte unter den Spezialärzten, die sich mit der Operation von Nasennebenhöhlen beschäftigten, die Frage diskutiert werden, welchen Nutzen Röntgenbilder für die Diagnose erkrankter nasaler Nebenhöhlen haben. Nicht wenige Rhinologen von anerkanntem Ruf bestritten sogar noch die Nützlichkeit solcher Aufnahmen oder meinten, daß der Nutzen wegen der geringen Ausbeute und der vielen Irrtümer zweifelhaft sei; einige Schädigungen, so der Ausfall der Haare nach Aufnahmen, veranlaßten sie, sogar vor Röntgenaufnahmen zu warnen.

Heute, wo jedes Krankenhaus sein Röntgenlaboratorium hat und in jeder Stadt ein geübter Röntgenologe zur Hand ist, Röntgenaufnahmen also

jedem Spezialisten zur Verfügung stehen, wird kaum ein Rhinologe die Operation einer Nebenhöhle vornehmen, ohne sich vorher am Röntgenbild des betreffenden Falles über die Anatomie und Pathologie des Operationsterrains unterrichtet zu haben. Über die Unentbehrlichkeit von Röntgenaufnahmen des Schädels und der Nebenhöhlen ist sich heute jeder klar, der einmal mit der heutigen Technik hergestellte gute Platten vor der Operation gesehen, und der bei der Operation sich überzeugt hat, welch sicherer Verlaß auf ein gutes Röntgenbild ist.

Wie häufig in der Medizin hat die verbesserte Technik den großen Fortschritt in der Verfeinerung der Diagnose gebracht. Nachdem Scheier die ersten Bilder von Nebenhöhlen gezeigt, war es in Deutschland vor allem Winckler in Bremen, der schon 1902 in den Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen die Wichtigkeit und den Nutzen von Skiagrammen bei der Operation der Stirnhöhlen auch an Bildern und Krankengeschichten nachwies. Freilich waren die damaligen Bilder noch recht unvollkommen. Man kannte noch nicht die Albers-Schönbergsche Blende, man hatte noch keine Verstärkungsschirme, die Röntgenröhren oder Birnen verstand man noch nicht zu regulieren, in ihrem Härtegrad genau zu bestimmen, die Quantität und Qualität der verschiedenen Strahlen auch nicht annähernd zu messen und zu beurteilen. Auch Filter und sonstige Schutzvorrichtungen gegen Verbrennungen waren erst in den Anfängen erprobt. Vor allem aber war die für die Aufnahme nötige Zeit zu lang. Winckler mit seinen damaligen Apparaten brauchte noch zwei bis drei Minuten und darüber zu einer Aufnahme, seine 1902 reproduzierten Bilder vom Lebenden zeigen im Vergleich zu dem, was jetzt geleistet wird, nur in verschwommenen Umrissen das, was man sehen wollte. Und doch gilt auch für diese Bilder, was ich schon im allgemeinen sagte, das jetzt geübte Auge erkennt auch an diesen noch unvollkommenen Bildern fast alle Details, nur sind sie jetzt schärfer, kontrastreicher.

Man half sich damals damit, daß man Metallsonden in die Höhlen bei der Aufnahme einführte, und so feststellen konnte, daß die dargestellte helle oder dunkle Stelle wirklich die vermutete Höhle war. Vor allem machte man sehr schöne Bilder von skelettierten Schädeln oder Leichen, ein Hilfsmittel, das man auch heute für gewisse Studien nicht entbehren kann, und das man, wenn man anfängt, mit Röntgenuntersuchungen sich zu befassen, immer mit bestem Nutzen anwenden wird, so daß Schüler mit gutem Recht die Forderung stellt, zur Orientierung am Schädel des Lebenden gute Bilder vom Skelett zu vergleichen.

Gute Aufnahmen vom Schädel des Lebenden machen auch heute noch größere Schwierigkeiten, weil, wie Albers-Schönberg auch in der neuesten Auflage seines klassischen Lehrbuches sagt, der Kopf durch die Atembewegungen und die Herzaktion sich nicht absolut festlegen läßt, außerdem der Mittel- und der Hinterkopf zu dick seien, um kontrastreiche Strahlen in genügender Menge durchzulassen. Auch die innerhalb des Gehirns entstehenden Sekundärstrahlen erschweren die Aufnahme. Leichter durchdringen die Röntgenstrahlen die dünnen Knochenpartien des Gesichtsschädels. Die Stirnhöhle, die Orbita, die Kieferhöhle, das Siebbein, Keilbein mit den Keilbeinhöhlen, Crista galli, Sella turcica, die ganze Schädelbasis, Felsenbein mit dem Meatus auditorius externus und internus, die Mastoidzellen, namentlich bei sehr pneumatischen Warzenfortsätzen, auch Ober- und Unterkiefer mit den darin enthaltenen Zähnen lassen sich im Röntgenbild sehr klar und scharf darstellen.

Es war natürlich, daß man den Schädel im kürzesten Durchmesser durchstrahlte und zunächst Seitenbilder anfertigte. Auf diesen Bildern verstand man zunächst nicht, die einzelnen Seiten isoliert darzustellen und zu

erkennen. Die Schatten und Linien beider Seiten fielen zusammen. So sah man namentlich bei der Stirnhöhle zwar sehr gut die Tiefen der Höhlen, und das war schon sehr wichtig, aber es fehlte in pathologischen Fällen der Vergleich der beiden Seiten. Ebenso ging es mit der Keilbeinhöhle, die sich sonst im Seitenbilde außerordentlich scharf markierte. Für die Operation der Stirnhöhle, die wegen ihres komplizierten Baues, wegen ihren Beziehungen zu wichtigen Nachbarorganen, wegen der Gefahr, die bei der Operation besteht wichtige Sinnesorgane, das Auge und vor allem das Gehirn zu verletzen, besonders neuer diagnostischer Behelfe bedurfte, war so die Röntgenologie noch von geringem Wert. Das wurde mit einem Schläge anders als Killian und Goldmann, durch Hægeler in Basel aufmerksam gemacht, jetzt Vorderbilder vom Schädel aufnahmen, und als Killian in seiner lebhaften und überzeugenden Art die ersten schönen Platten auf der Versammlung süddeutscher Laryngologen 1904 demonstrierte und darauf hinwies, wie wichtig gerade bei der Operation von Stirnhöhlen nach seiner Methode ein gutes, vor der Operation aufgenommenes Skiagramm sei. Durch den Vergleich der vor der Operation gewonnenen Bilder mit dem Operationsbefund selbst, die sich bis auf wenige Fälle deckten, konnte er seine ausgesprochenen Lehrsätze schlagend beweisen. Aus der Killianschen Klinik folgten dann die schönen Arbeiten und Mitteilungen von v. Eicken und Brünings. Und nun kam von allen Seiten die Bestätigung der Befunde, man studierte jetzt auch die übrigen Nebenhöhlen und das Siebbein, die eigentlichen Nasenhöhlen an der Leiche, am Lebenden und an Tieren. Die Zahnärzte, die noch durch in den Mund eingelegte Films sehr klare Bilder des Alveolarfortsatzes und der Zähne fertigten, ergänzten unsere Kenntnisse über die Nebenhöhlen der Nase, der Nase selbst und der angrenzenden Schädelteile. Man konnte jetzt alle Nebenhöhlen von zwei Seiten darstellen und bekam dadurch eine ganz andere Anschauung von der Lage und Ausdehnung derselben, und in pathologischen Fällen von der Ausdehnung der diagnostizierten oder vermuteten Erkrankung.

Ehe ich zur Besprechung der Art, wie die einzelnen Nebenhöhlen im Röntgenbild im gesunden und kranken Zustand sich darstellen, übergehe, möchte ich noch zwei Punkte besprechen, die meiner Ansicht nach nicht genügend bei der Beurteilung der Röntgenbilder berücksichtigt werden.

Der erste Punkt ist der folgende: Normalerweise sind die Nebenhöhlen und auch die kleinen Siebbeinzellen mit Luft gefüllt, denn sie kommunizieren ja alle durch mehr oder weniger weite Kanäle und Öffnungen mit der Nase und der Außenluft. Auf der Platte stellen sie sich als lufthaltige Räume dar, also als dunkle Bezirke. Findet man nun auf der Platte statt eines dunklen Bezirkes eine der Nebenhöhlen leicht verschleiert oder gar völlig trüb, so wird man sich sagen, hier findet sich eine krankhafte Veränderung. Da man bei einer Erkrankung der Nebenhöhlen zunächst an eine Eiterung derselben, oder gar an ein Empyem denkt, wird man geneigt sein, anzunehmen, daß die Höhle statt mit Luft mit Eiter gefüllt ist. Scheier hatte durch Versuche festgestellt, daß Eiter im Röntgenbild einen stärkeren Schatten gab als Wasser. Chisholm hatte die Durchlässigkeit von Schleimhaut untersucht und war zu dem Resultat gekommen, daß selbst mehrfach gefaltete, aber trockene Schleimhaut im Röntgenbild fast ganz unsichtbar ist, während feuchte Schleimhaut einen guten Schatten gab. Daraufhin nahm man an, daß die in der freien Höhle oder in der Schleimhaut enthaltenen pathologischen Gewebssäfte die Verschleierung verursachten.

Bei der Besprechung der einzelnen Höhlen, speziell der Stirnhöhle, werde ich darauf, vor allem auf die Beobachtungen Killians und Goldmanns,

zurückkommen. Aber hier sei darauf hingewiesen, was für alle Nebenhöhlen gilt, vor allem ist doch die Beschaffenheit der knöchernen Wände zu beachten.

Was auf der Röntgenplatte sich abzeichnet, ist doch meist der im Knochen und Knorpel enthaltene Kalk. Bei den Skelettaufnahmen, den Aufnahmen präparierter Schädel, sind es ja die Kalkbälkchen, die die schönen Knochenstrukturbilder geben. Auch einzelne gelegentliche Befunde an skelettierten Schädeln, wo man Osteome in der Nase fand, auch Trübungen einzelner Höhlen weisen mit aller Dringlichkeit auf das hin, was ich hier besonders betonen möchte: **Wenn eine Höhle verschleiert oder getrübt ist, so denke ich zunächst daran, daß die Knochenwand verändert ist.**

Schon bei der klinischen Untersuchung hatte ich in den meisten Fällen von Nebenhöhlenerkrankungen stets den Eindruck einer gleichzeitigen Erkrankung der Knochenwände. Wie oft sehen wir Rhinologen, noch öfter aber die Ophthalmologen, daß in wenig Tagen die Knochenwand der akut entzündeten Stirnhöhle einschmilzt, daß der Eiter durchbricht und das obere Augenlid stark phlegmonös entzündet sich vorwölbt, ja oft die Haut zerfällt und aus der Fistel gelber Eiter quillt. Solche Fälle wenden sich meist an den Augenarzt, und so kam es, daß ein Ophthalmologe, Geheimrat Kuhnt, die erste größere Serie von Stirnhöhlenoperationen machte und seine eigene, freilich jetzt nur selten noch geübte Methode ausbildete.

Der Knochen erkrankt also in vielen Fällen sehr rasch bis zur Einschmelzung. In der Mehrzahl der Fälle, nach meiner Erfahrung, findet sich aber auch in den leichten Fällen, und zwar bei allen Nebenhöhlen, auch bei den Siebbeinzellen, eine Erkrankung der Knochenwand, selbst bei den chronischen Nebenhöhlenerkrankungen. Wie will man sich die oft rasenden Schmerzen, die neuralgischen Schmerzen bei Erkrankungen der Nebenhöhlen, in erster Linie der Stirnhöhlen, erklären, wenn man nicht eine Schwellung und Entzündung des Knochens und des die sensiblen Nerven führenden Periosts annimmt? Eine Füllung der Höhle mit Eiter, der meist reichlich abfließt, eine Schwellung der Schleimhaut, die in der Höhle sich ausdehnen kann, macht sicher so heftige Schmerzen nicht. Und wenn, wie in vielen akuten und chronischen Fällen, die Haut über der erkrankten Höhle gerötet und geschwollen ist, wenn selbst leise Berührung als unerträglich empfunden wird, so sieht ja das Auge und fühlt der palpierende Finger die schwere Erkrankung der knöchernen Wand.

Wer gleichzeitig Ohrenarzt ist, dem sind diese Bilder vom Warzenfortsatz her geläufig, und bei der Operation desselben sieht man in den Zellen des Processus und in der Kortikalis dieselben Prozesse wie an den Nebenhöhlen und den Knochenwänden der Nase. Der Processus mast. mit seinen Hunderten von kleinen und großen Zellen, die durch die Tube gleichfalls mit der Außenluft in Verbindung sind und einer Infektion ebenso zugänglich wie die Nebenhöhlen der Nase, bietet einen sehr guten Vergleich hierbei.

Wenn wir also annehmen müssen, daß bei der Mehrzahl der Nebenhöhlenaffektionen, namentlich der mit Schmerzen verbundenen, die knöchernen Wände miterkrankt sind, gehen wir sicher nicht fehl, wenn wir annehmen, daß die Veränderungen im Röntgenbild vom leichten Hauch, von der Verschleierung bis zur starken Trübung einer Veränderung der Knochenwand vor allem ihren Ursprung verdanken.

Bei der Operation wird der Knochen teilweise entfernt, aber nur selten untersucht, die Veränderungen sind eben oft nicht makroskopisch erkennbar. Immerhin hat ja jeder Operateur Fälle gesehen, wo der Knochen auch auf den ersten Blick krank war, so daß er entfernt werden mußte. Daher kann man ja auch nie voraussagen, welche Operationsmethode man anwenden will,

speziell die Killiansche Knochenspange läßt sich in vielen Fällen schon deshalb nicht bilden, weil der dazu nötige Knochenabschnitt krank ist und nicht stehen gelassen werden kann. Wenn der Ophthalmologe Kuhnt bei seiner Methode immer die ganze vordere Stirnhöhlenwand entfernte, so lag das in dem Material, das ihm als Augenarzt zugeführt wurde; es handelte sich wohl meist um die oben erwähnte akute Form mit Einschmelzung des Knochens und Phlegmone des oberen Lids. Solche Fälle sind bisher noch wenig mit Röntgenstrahlen untersucht, sonst müßten gute Röntgenbilder die Knochenlücke erkennen lassen. Ebenso müßte bei Abszessen des Stirnlappens mit Durchbruch der hinteren Stirnhöhlenwand die Knochenlücke sich darstellen lassen, genau wie das Winckler bei dem Durchbruch von Eiter durch das Tegmen tympani darzustellen erstrebte. Solch schwere Fälle sind glücklicherweise selten, aber bei der jetzt ausgebildeten Aufnahmetechnik werden solche Befunde sehr bald gemacht werden.

Die größere Beachtung der Erkrankung der knöchernen Wand bei Nebenhöhlenaffektionen ist daher der erste Punkt, auf den ich die Aufmerksamkeit der Fachkollegen lenken möchte.

Der zweite Punkt geht aus denselben Verhältnissen hervor. Er betrifft die bleibenden Veränderungen der Knochenwand auch nach völliger Ausheilung der Nebenhöhlen, mag es sich nun um eine spontane Ausheilung oder eine durch ärztliche Kunst herbeigeführte Heilung handeln.

Es findet sich in der Literatur öfter die Bemerkung, daß die erkrankten Nebenhöhlen nach Ausspülungen im Röntgenbild sich aufhellen.

Ich habe das nie beobachtet. Selbst nach ausgeführter Operation, wo doch Teile der Knochenwände entfernt wurden, zeigten sich die erkrankten Höhlen im Röntgenbild kaum anders wie vor der Operation; ich sah dieselben immer wieder verschleiert, getrübt oder weniger durchleuchtet als die entsprechenden gesunden Höhlen.

Deshalb glaube ich, daß der pathologische Inhalt einer Höhle zwar die Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen modifiziert und die Strahlen mehr oder minder absorbiert, daß aber Trübungen und Verdunklungen der Höhle hauptsächlich eine Erkrankung der Knochenwände uns anzeigen. Und des weiteren muß man schließen, daß die Veränderungen in der Knochenstruktur bleibende sind, denn sie zeigen sich auch nach Ausspülungen, zeigen sich in den Fällen, wo mit Ausspülungen und intranasalen Methoden die Fälle klinisch völlig geheilt sind und zeigen sich auch in Fällen, wo von außen sog. Radikaloperationen mit teilweiser Entfernung der Knochenwand und meist völliger Entfernung der erkrankten Schleimhaut gemacht waren. Ja man findet bei völlig gesunden Leuten, die nie eine Nebenhöhlenerkrankung hatten, oder sich daran erinnern, getrübt Höhlen; entweder war dann in der Kindheit eine Erkrankung vorhanden, oder die Erkrankung wurde übersehen, für Neuralgie gehalten, an der Kieferhöhle oft mit einer Zahnaffektion verwechselt.

Killian, der zuerst eine größere Serie von 30 Fällen veröffentlichte, in denen der Operationsbefund mit dem vorher aufgenommenen Röntgenbild verglichen wurde, hebt schon hervor, daß er in keinem Falle von deutlich ausgesprochener Verschleierung der Stirnhöhle eine pathologische Erkrankung der Schleimhaut vermißt habe. Bei leichten Verschleierungen fand er mindestens eine ödematöse Beschaffenheit der Mukosa. Vom Knochen heißt es nur einige Male: Der Knochen war stark hyperämisch, bisweilen auch: Der Knochen war gesund. Ich nehme an, daß sich das nur auf den makroskopischen Befund bezieht. Mikroskopisch hätte sich der Knochen wahrscheinlich verändert gezeigt; aber mikroskopische Untersuchungen sind bisher wohl

kaum gemacht worden. Sie würden, so glaube ich bestimmt, den dünnen, von erkrankter Schleimhaut bedeckten und ernährten Knochen und das Periost verändert zeigen.

Deshalb heißt mein zweiter Punkt:

Die Verdunkelung einer Höhle im Röntgenbild deutet vor allem auf eine Veränderung der Knochenstruktur, die bleibend ist, so daß ich, wenn ich eine Höhle im Röntgenbild verdunkelt finde, nur sagen kann: Hier war einmal eine Entzündung, nicht, hier ist gegenwärtig noch eine Entzündung.

Daraus erklären sich auch leicht die gefundenen Widersprüche und scheinbaren Fehldiagnosen.

Eine Höhle kann völlig ausheilen, wieder normal lufthaltig sein, jede pathologische Sekretion kann fehlen, Schmerz, selbst die geringsten Beschwerden können vorüber sein, und doch erscheint die Höhle im Röntgenbild verschleiert, getrübt, verdunkelt.

Operiert man eine solche Höhle, so findet man eben nichts. Und solche Höhlen werden gelegentlich operiert, die geklagten Beschwerden, meist Kopfschmerz, kommen dann eben von anderen Teilen des Nasenskeletts, besonders vom Siebbein, oder sie haben überhaupt ihre Ursache nicht in der Nase, sind rheumatisch oder rein neuralgisch.

Ich möchte hier eine Beobachtung aus meiner Praxis anführen, die solche Irrtümer illustriert. Ein Patient, der wegen linksseitiger Kieferhöhlenerkrankung auswärts operiert war, kam zu mir, weil er mit dem ihm verordneten Röhrchen, mit dem er selbst von der Nase aus die Höhle weiter ausspülen sollte, nicht mehr in die Höhle gelangen konnte. Die Öffnung nach der Nase zu war zu eng angelegt. Ich fragte ihn: Was hatten Sie vor der Operation für Beschwerden? Er sah mich erstaunt an: Beschwerden hatte ich nicht. Weshalb wurden Sie dann operiert? Antwort: Ich hatte ja einen deutlichen Schatten im Röntgenbild und beim nächsten Besuch zeigte er mir mit überlegenem Lächeln auf der Photographie eine deutlich getrübt Kieferhöhle.

Alle gewissenhaften Untersucher und Operateure, die Röntgenbilder zu Rate ziehen, heben deshalb auch immer hervor, daß die Röntgenbilder allein für die Topographie zwar maßgebend sind, daß dieselben aber für die Diagnose einer Erkrankung nicht ausreichen.

Es gehört dazu eben eine genaue klinische Untersuchung und Beobachtung, ohne die ein vernünftiger Arzt nie eine Diagnose stellen, oder gar operieren wird.

Außer der Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen kann man Stirn- und Kieferhöhlen und auch die Nasenhöhle mit kleinen elektrischen Platin- oder Osramlampen, mit sog. Mignonlampen durchleuchten, die man in einem völlig dunklen Raum für die Stirnhöhle möglichst tief unter die Orbitalwand der Stirnhöhle bringt, für die Kieferhöhle in den Mund bei geschlossenen Lippen einführt. Vohsen hat diese Methode bis in die feinsten Details ausgebildet und gute Instrumente dafür geschaffen. Er hebt als großen Vorteil hervor, daß dabei nur die untere und Vorderwand der Stirnhöhle durchleuchtet werde, infolgedessen sei über diese Wände, die bei der Operation teilweise entfernt werden, durch die Durchleuchtung oder Diaphanie ein genaueres Urteil möglich.

Auch Vohsen geht auf die Veränderung der Knochenwände bei seinen Erklärungen nicht ein, und doch gelten auch für die Diaphanie mit der elektrischen Lampe die oben genauer ausgeführten Knochenveränderungen. Gerber gibt an, daß Kiefercysten mit klarem Inhalt im Durchleuchtungsbild hell, im Röntgenbild dunkel erscheinen. Auch dafür scheint mir zur Erklärung des verschiedenen Verhaltens die verschiedene Beschaffenheit des

Knochens herangezogen werden zu müssen. Bei einer mehr serösen, also leichteren Erkrankung ist eben der Knochen nicht mitbeteiligt und wird von den Röntgenstrahlen leichter durchdrungen.

Der Streit um die Vorzüge der beiden Methoden erscheint mir müßig, man wird beide Methoden, namentlich in unklaren Verhältnissen, benützen, wird erst durchleuchten und dann eine Aufnahme machen. Den Vorzug der größeren Einfachheit und Billigkeit, auf die Vohsen großes Gewicht legt, hat die Diaphanie, aber auch dieselben Mängel wie die Radiographie, weil der erkrankte Knochen auch nach der Heilung der Nebenhöhlenerkrankung sich nie wieder ganz aufhellt.

Man kann also auch nach der Durchleuchtung mit der Vohsen- oder Coakleyschen Lampe nicht sagen, hier ist gegenwärtig eine Erkrankung, wenn nicht gleichzeitig die klinischen Symptome einer noch bestehenden Nebenhöhlenaffektion sich nachweisen lassen, sondern man kann nur sagen, der Knochen ist getrübt, vielleicht durch eine schon geheilte Erkrankung.

Was aber das Röntgenbild trotz der besten Durchleuchtung stets unentbehrlich machen wird, ist der Umstand, daß ich in der aufgenommenen Platte für immer ein Dokument besitze, das ich zu jeder Zeit hervorholen, studieren und mit späteren Aufnahmen vergleichen kann. Bei der Durchleuchtung kann ich nur nach einem momentanen Eindruck auf meiner Netzhaut mir ein Urteil bilden. Die Platte zeigt mir aber auch auf einem Bild den ganzen Schädel auf einmal. Ich sehe nicht nur die kranken, sondern auch die gesunden Teile, sehe nicht nur die Nebenhöhlen, sondern auch die Siebbeine, von denen in der Mehrzahl der Fälle die Erkrankung, namentlich die chronische, ihren Ausgang nimmt, ich sehe die Orbita, ich sehe die Zähne im Oberkiefer und im Unterkiefer und kann sofort erkennen, ob für die Oberkieferhöhle ein dentaler Ursprung zu vermuten ist.

Die Übersicht über den ganzen Gesichtsschädel mit allen Skeletteilen und die Möglichkeit, an der Hand der stets zur Verfügung stehenden Platte den klinischen Befund bei jeder erneuten Untersuchung zu vergleichen, das sind so augenfällige Vorteile der Röntgenographie, daß die dafür aufgewendete Mühe und die Kosten gar nicht ins Gewicht fallen.

III. Die Befunde an einzelnen Nebenhöhlen im Röntgenbild.

1. Die Stirnhöhle.

Die Stirnhöhlen nehmen unter den Nebenhöhlen der Nase eine besondere Stellung ein, weil sie häufig erkranken, weil sie durch ihre enge Lage über der Orbita und am Stirnlappen des Gehirns bei Erkrankungen wichtige Sinnesorgane und Hirnteile gefährden, und die Symptome, namentlich der Schmerz, sehr heftige sind und rasche Hilfe des Arztes erfordern.

Die Diagnose wird erschwert durch die häufige Asymmetrie der beiden Höhlen, die getrennt sein können, aber oft auch kommunizieren oder zusammenfließen, die Diagnose wird erschwert dadurch, daß die Ausdehnung enorm schwankt, vom vollständigen Fehlen beider oder einer Höhle bis zu einer enormen Ausbreitung hoch hinauf bis zur Haargrenze.

Deshalb war gerade für die Stirnhöhlen ein Hilfsmittel wie die Röntgenographie, die uns gestattet, die Konturen der Höhle mit fast absoluter Sicherheit mit einem Stift auf die äußere Haut aufzuzeichnen, von unschätzbarem Wert. Man braucht nur die Fälle von Goldmann, Killian etwas genauer

anzusehen, und die Bilder mit den Operationsbefunden zu vergleichen, um sich das klar zu machen. Die Seitenbilder geben ebenso klaren Aufschluß über die Dicke der vorderen und hinteren Wand und die Tiefe der Höhle. Man kann sich über Ausdehnung und Schwierigkeiten der erforderlichen Operation schon vorher ein genaues Bild machen.

Wenn die Höhlen fehlen, so fehlen sie auch im Röntgenbild. Wenn das Septum interfrontale fehlt oder nach einer Seite verbogen ist, fehlt es auch im Röntgenbild oder ist im gleichen Sinne disloziert, die einzelnen Lamellen

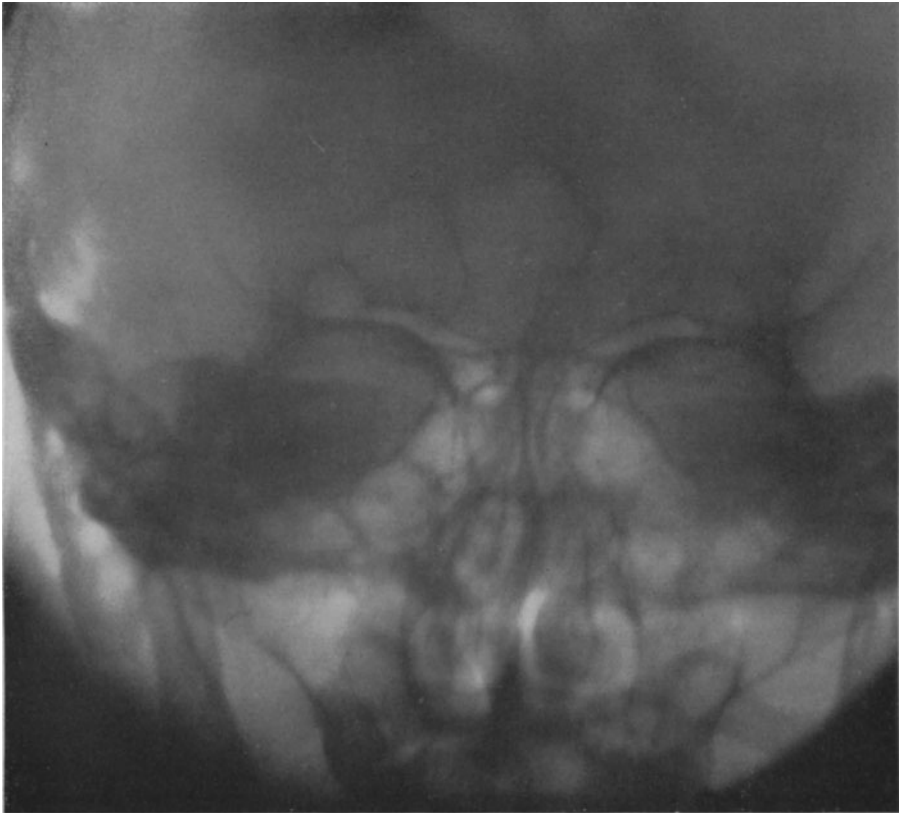


Abb. 8. 30jähriger Mann. Normale sehr große Stirnhöhlen. Orbitalbucht besonders hell. Auch das Siebbein, die Nasenhöhlen und Kieferhöhlen sind hell und lufthaltig.

und Rippen erscheinen scharf gezeichnet, denn sie bestehen aus hartem Knochen, die frontalen, temporalen und orbitalen Buchten sind deutlich im voraus zu erkennen. Die für die Operation so wichtige orbitale Bucht zeichnet sich im Vorderbild auf der Platte als scharfe, dunkle, niedrige Schattenlinie, die fast parallel zum Supraorbitalrand verläuft und in der Tiefe der Orbitalhöhle sich verliert, ab. Wie meist bei Höhlen, erscheinen auf dem Skiagramm die Stirnhöhlen um ein wenig größer als sie in Wirklichkeit sind. Lufthaltige, gesunde Höhlen erscheinen auf dem Negativ dunkel, oft direkt schwarz, veränderte kranke Stirnhöhlen hell, also verschleiert oder getrübt. Wie früher auseinandergesetzt wurde, machen einzelne Autoren den pathologischen Inhalt der Höhlen dafür verantwortlich. Eiter soll nach Scheier die Trübung

verursachen, ödematöse, wulstig oder fibrös degenerierte Schleimhaut soll nach Killian zarte Verschleierung bis völlige Trübung herbeiführen. Ich wiederhole, daß die oben erwähnte Veränderung der knöchernen Wandung mir mindestens ebenso verantwortlich für eine Trübung zu sein scheint wie der pathologische Inhalt. Auch gilt mir gerade für die Stirnhöhle der oben hervorgehobene zweite Punkt der bleibenden Veränderung der einmal erkrankten Knochenwand. Man kann also, wenn im Röntgenbild eine Höhle getrübt erscheint, nicht sagen, ob die Höhle noch erkrankt ist, sondern nur, daß einmal eine Erkrankung da war. Ich habe bei völlig ausgeheilten symptomlosen Stirnhöhlen bei späteren Aufnahmen immer noch die deutliche Trübung



Abb. 9. 50jährige Dame. Seit Jahren linksseitige Stirnkopfschmerzen, Bohren hinter dem linken Auge. Im Röntgenbild Verdunkelung der linken Stirnhöhle, Verschleierung der linken Kieferhöhle. Konservativ mit Röntgenstrahlen geheilt. Auch nach der Heilung bleibt die Verdunkelung im Röntgenbild.

vorgefunden. So ist zu erklären, daß im Röntgenbild getrübt Höhlen bei der Operation normal befunden werden. Der Inhalt war normal, die Knochenwand aber war wahrscheinlich bleibend verändert, wie wir das vom Warzenfortsatz her kennen. Bei Erkrankungen einer Seite springt das sofort in die Augen, bei doppelseitiger ist die Diagnose schwerer und muß durch die klinische Beobachtung ergänzt werden, und darin liegt zugleich die Grenze der Leistungsfähigkeit der röntgenologischen Untersuchungsmethode.

Niemand wird eine Stirnhöhle, die keine Symptome macht, nur deshalb operieren, weil sie im Röntgenbild getrübt ist.

Die Röntgenphotographie ist der Betrachtung am Röntgenschirm vorzuziehen, mit dem Schirm sieht man meist zu wenig, auf der Platte erscheinen die Konturen schärfer, das ganze Bild ist kontrastreicher, doch kann man sich

am Schirm über die richtige Lage einer Sonde oder eines Spülröhrchens rasch gut und sicher orientieren. Daß bei Sondierungen eine gewisse Vorsicht nötig ist, demonstriert ein Fall von Hermann v. Schrötter, der bei einem vierjährigen Kind mit einer Sonde bis in die vordere Schädelgrube gelangte, und bei der Sektion den Knochen durch tuberkulöse Granulationsmassen zerstört fand.

Zweifelhafte Befunde, die durch Fehler bei der Aufnahme, zu dichtes Aufliegen der Stirn auf der Platte oder Plattenfehler bedingt sein können, kann man ausschließen durch eine nochmalige Aufnahme, die bei der heutigen

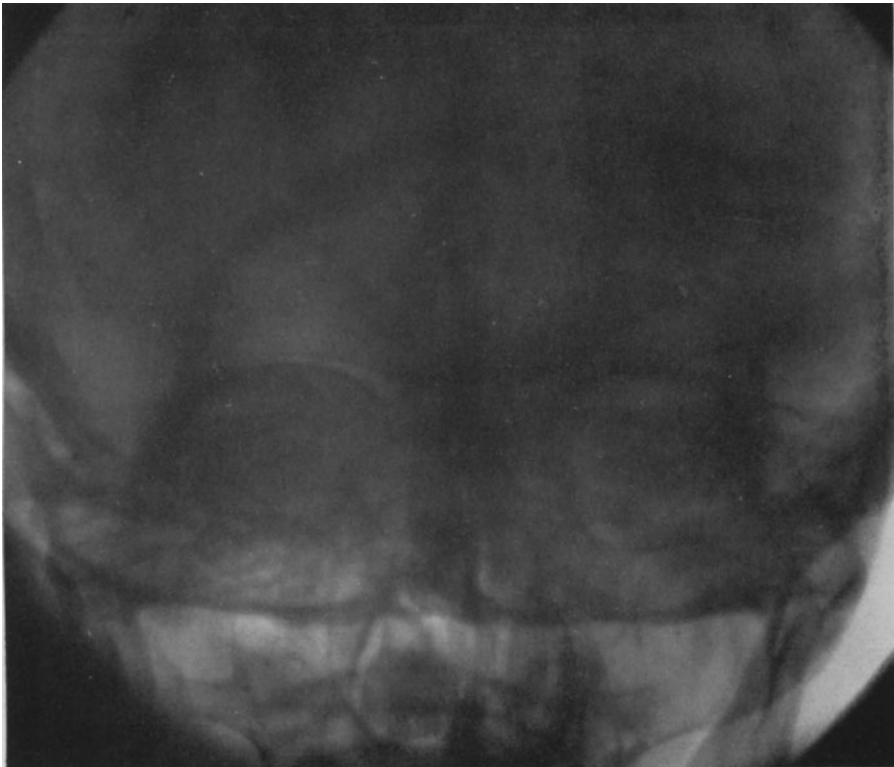


Abb. 10. 30jähriger Patient. Stirnhöhleneiterung links. Im Röntgenbild die linke Stirnhöhle völlig dunkel.

Technik, der kurzen Expositionszeit und den Schutzvorrichtungen keine Gefahr der Hautverbrennung in sich birgt.

Spieß hat, wie bekannt, unter Leitung des Röntgenschirms gerade bei der Stirnhöhle auch Operationen, Anbohrungen mit der Trephine von der Nase aus gemacht, doch ist diese Operationsmethode verlassen, seitdem wir sicherere und erfolgreichere kennen.

Um die Stirnhöhlen im Bild noch deutlicher zu machen, hat Weil, wie Burger erwähnt, dieselben mit schwefelsaurem Blei gefüllt, Mignon Wismutglyzerin eingespritzt; doch ist das nicht nötig, weil wir die Konturen auch ohne das erkennen, und auch solche Einspritzungen, weil wir nicht wissen, ob die Flüssigkeit überall gleichmäßig hingelangt, nur einen beschränkten

Wert haben. An der Leiche und am skelettierten Schädel kann man die gefüllte Höhle, wie das Kuttner mit Quecksilber tat, mit Vorteil zur Darstellung bringen.

2. Die Kieferhöhle.

Die Kieferhöhle ist als die größte der Nebenhöhlen am leichtesten darzustellen. Aus der Kombination des Vorderbildes und des Seitenbildes kann man sich im Röntgenbild eine gute Vorstellung machen. Da beim Seitenbild die der Platte anliegende Höhle am schärfsten gezeichnet ist, wird man evtl.



Abb. 11. 28jährige Dame. Übler Geruch aus der Nase. Schleim im Hals. Im Röntgenbild Trübung der linken Kieferhöhle, besonders stark die alveolare Bucht. Dentaler Ursprung. Operiert. Geheilt.

zwei Seitenbilder machen, doch bin ich mit zwei Aufnahmen, einem Seiten- und einem Vorderbild, bisher immer ausgekommen.

Bei der Zugänglichkeit der Höhle von der Nase aus sind Probspülungen so leicht auszuführen und geben über den Inhalt der Höhle eine so sichere Auskunft, daß zweifelhafte Fälle in wenig Minuten klarzustellen sind. Bei der Kieferhöhle könnten wir für die Diagnose, ob eine Eiterung noch besteht, das Röntgenbild noch am ehesten entbehren.

Es ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß bei der elektrischen Durchleuchtung mit der Vohsenschen Lampe die Kieferhöhlen einen Teil des Lichtes seitlich von der Nasenhöhle empfangen, und daß infolgedessen eine sehr enge Nasenseite der Kieferhöhle weniger Licht zuführt als eine weite. Bei einseitiger Verengung der Nase kann also die entsprechende Kieferhöhle

bei der elektrischen Durchleuchtung dunkler erscheinen und könnte für erkrankt gehalten werden. Eine solche Täuschung ist bei dem Röntgenbild unmöglich, wohl aber könnte eine von Natur dickere Knochenwand, wie sie bei Asymmetrie der Gesichtshälften vorkommt, auch im Röntgenbild eine Erkrankung vortäuschen. Ebenso gilt hier das über die infolge früherer Erkrankungen gebliebene Trübung der Knochen Gesagte. Aber eine ungleichmäßige Entwicklung und Größe der beiden Kieferhöhlen kommt auf der Röntgenplatte deutlich zur Anschauung. Ebenso sieht man im Röntgenbild, ob eine Kieferhöhle durch Septa in eine oder mehrere Kammern geteilt ist, oder ob eine Zahncyste mit knöcherner Wandung sich in die Kieferhöhle vorstülpt und in welcher Ausdehnung. Über das Verhältnis der Kieferhöhle zu den Zähnen, das für die physiologische Entwicklung, aber auch bei erkrankten



Abb. 12. Sonde in der chronisch erkrankten, im Röntgenbild getrübbten Keilbeinhöhle.

Zähnen für die Pathologie der Kieferhöhlen so wichtig ist, läßt sich wohl nur durch das Röntgenbild eine klare sichere Ansicht gewinnen. Haike hat in einer sehr verdienstvollen Monographie die Entwicklung und Pathologie der Nasennebenhöhlen der Kinder zum Gegenstand seiner Untersuchungen gemacht, aus der zu ersehen ist, daß die Alveolarbucht der Kieferhöhle sich gewöhnlich erst nach dem 12. Jahre, nach dem Durchbruch des zweiten Molaris, auftritt, und daß die Kieferhöhle vorher vom Alveolarfortsatz aus nicht zugänglich ist. An der Stelle der Kieferhöhle, wo später die Alveolarbucht sich bildet, liegen im kindlichen Oberkiefer die bleibenden Zähne resp. deren Anlagen; ebenso erkennt man im Ober- und Unterkiefer die Anlage der Weisheitszähne, die so häufig Beschwerden machen. Sie kommen natürlich im Röntgenbild besonders gut zur Darstellung. Wenn diese Keime falsch gestellt sind, oder durch zu enge Stellung der Zähne bei hohem Kiefer zurückgehalten werden, kommt es zu der bekannten Erscheinung von Zähnen, die

in die Kieferhöhle oder auch in die Nasenhöhle hineinwachsen und am sichersten nur durch die Röntgenstrahlen nachgewiesen werden.

Von der Tiefe und der feineren Ausbildung der Alveolarbucht hängt dann später hauptsächlich das Verhältnis der Zähne zur Kieferhöhle ab. Große starke Zähne mit langen Wurzeln ragen mit der Kuppe der Wurzel oft weit in die Kieferhöhle hinein und sind nur mit einer dünnen Knochendecke überzogen. Eine Entzündung der Zahnwurzel spielt sich in solchen Fällen direkt

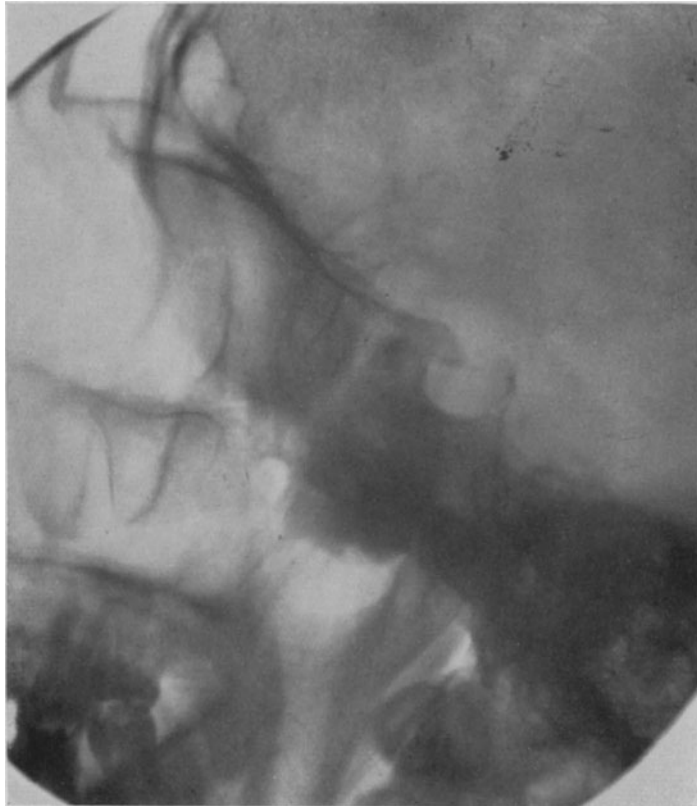


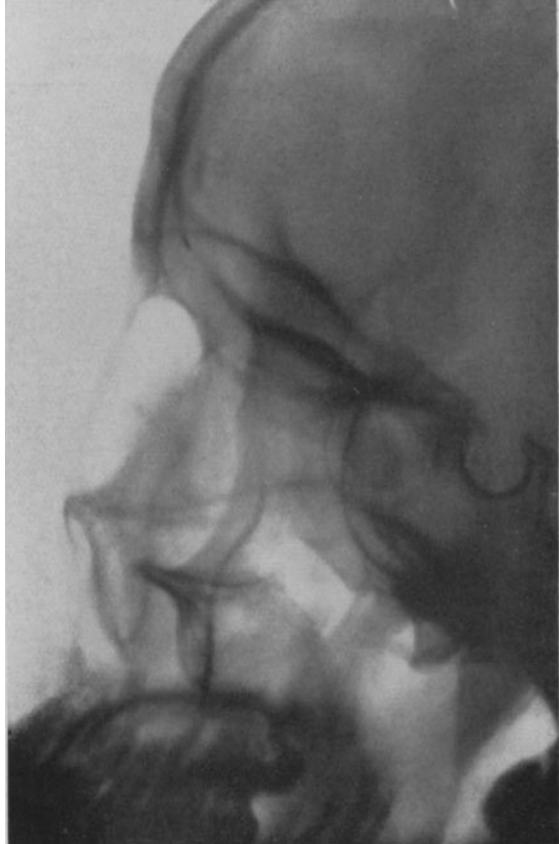
Abb. 13. 37-jähriger Mann. Vor 11 Jahren Lues. Seit 1½ Jahren doppelseitige Acusticus-atrophie. Große Defekte im Nasenskelett. Röntgenbild: Keilbeinhöhle stark getrübt, ebenso die benachbarten Teile des Siebbeins. Dezember 1911: Salvarsan intramuskulär. Einige Wochen darauf Exitus an Meningitis.

in der Kieferhöhle ab, und der Eiter, der sich an der Wurzel bildet, fließt direkt in dieselbe, soweit die der Zahnwurzel anliegende Schleimhaut nicht den Eiter bildet.

Wenn ich nach meiner eigenen Erfahrung in der Praxis urteilen soll, muß ich sagen, daß ich in der Mehrzahl der Fälle von einseitiger Kieferhöhlenentzündung kariöse Zähne als Ausgangspunkt der Eiterung fand. Diese Annahme wurde meist dadurch bestätigt, daß der Exaktion der kranken Zähne die rasche Ausheilung der Kieferhöhleneiterung folgte.

Eine große Anzahl von Kieferhöhleneiterungen werden uns auch von den Zahnärzten zugeschickt, die bei der Exaktion kariöser Zähne eine große

Eitermenge aus der Alveole sich entleeren sahen und nach der Exstruktion mit der Sonde direkt in die Kieferhöhle gelangten. Viele Zahnärzte haben heute aber auch schon gelernt, durch Ausspülungen und medikamentöse Behandlung von der Alveole aus die Kieferhöhlen zu behandeln, und damit die Öffnung sich nicht so rasch wieder durch Granulationen schließt, haben sie oft ganz kunstvolle zapfen- oder röhrenförmige Prothesen an den Zahnplatten angebracht, durch die die Zahnärzte oder auch die Patienten selbst ihre erkrankten Kieferhöhlen behandeln. Um in diesen Fällen von Kieferhöhlen-erkrankung dentalen Ursprungs zur sicheren Diagnose zu gelangen, kann man das Röntgenbild mit größtem Nutzen verwenden. Man sieht dann eben die klare Knochenstruktur an der betreffenden Stelle verwischt, getrübt, wenn es sich um eine Cyste handelt, aufgehellt. Dazu fertigen Zahnärzte und Röntgenologen spezielle Bilder auf Films an, die, in wasserdichten Stoff oder Papier gehüllt, innen in der Mundhöhle fixiert werden, während von außen mit der Birne durchstrahlt wird. Kuttner bringt in dem Handbuch der speziellen Chirurgie des Ohres und der oberen Luftwege von Katz, Preysing und Blumenfeld solche sehr instruktiven Bilder aus der Sammlung von Prof. Diecke.



3. Die Keilbeinhöhlen.

Eine gute Darstellung der Keilbeinhöhlen im Röntgenbild ist meist recht schwierig. Wenn auch im

Seitenbild die Konturen der Keilbeinhöhle sehr scharf gezeichnet erscheinen, so daß man genau sieht, wie groß dieselbe ist, und wie dick die Knochenwände sind, die sie nach oben gegen die Sella turcica zu abgrenzen, nach unten gegen den Nasopharynx, nach hinten gegen den Clivus und nach vorn gegen das Siebbein, so fallen doch eben im Seitenbild die Linien der beiden Keilbeinhöhlen zusammen. Im Vorderbild verdeckt sie der Schatten und das Liniengewirr des Siebbeins, so daß Vorderbilder zur Beurteilung der Verhältnisse der Keilbeinhöhlen fast gar nicht zu brauchen sind. Man suchte daher nach anderen Aufnahmerichtungen, um die beiden Keilbeinhöhlen

Abb. 14. 20 jährige Frau. Lues congenita. Keratitis. Starke Zerstörung des Nasenskeletts. Keilbeinhöhle getrübt. Deshalb wird Salvarsan nicht gegeben, sondern Jod und Hg.

getrennt zu Gesicht zu bekommen. Scheier hat daher zuerst Aufnahmen der Keilbeinhöhlen im vertikalen Durchmesser gemacht, indem er die Platte unter das Kinn, oder einen Film in den Mund legte und oben vom Scheitel her den Schädel durchstrahlte. Er nennt diese Aufnahmen axiale Aufnahmen, die Platte liegt dabei parallel zur deutschen Horizontalebene unter dem Kinn, der Fokus oberhalb des Scheitels bei etwas nach hintenübergeinigtem Kopf. Dem Beispiel Scheiers sind viele Untersucher gefolgt; man hat auch umgekehrt bei herabhängendem Kopf die Röhre an die Kinngegend gesetzt und die Platte auf den Scheitel. Letztere Aufnahmemethode ist von Pfeiffer in der Klinik von Spieß benutzt worden, der in die eine

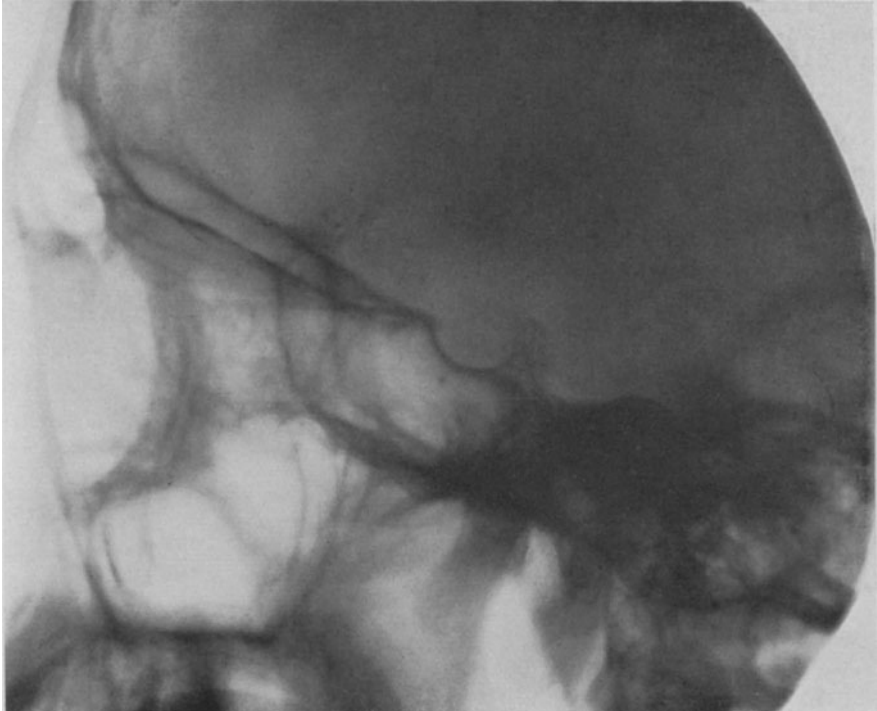


Abb. 15. 17-jähriger Mann. Lues congenita. Keratitis. Schwerhörigkeit. Im Röntgenbild Keilbeinhöhle frei bis auf eine leichte Trübung an der unteren Kante. Sehnerv frei. Zwei Salvarsaninjektionen. Augen und Ohren bessern sich nachweisbar.

Keilbeinhöhle entweder Sonden einführte oder 20%iges Bismut. carbonic. einspritzte. Befriedigend waren die Resultate bisher nicht, man sah namentlich bei den letzterwähnten Hilfsmitteln wohl den Umfang der Höhle, erkannte auch das Septum und die so häufige Asymmetrie der Höhlen, aber selbst die Frage, ob eine Höhle verschleiert oder getrübt sei, ließ sich durch solche Aufnahmen nicht immer entscheiden. Deshalb werden jetzt meist Seitenbilder gemacht, die praktisch auch meist genügen. Wie schon bei der Besprechung der röntgenologischen Darstellung der Schädelbasis erörtert wurde, sieht man die Verhältnisse an der Sella turcica dabei ganz besonders klar, die normale oder pathologische Beschaffenheit der Hypophyse, die Siebbeinzellen und sehr deutlich und klar gerade auch die Keilbeinhöhle. Man darf auch hier annehmen, daß die der Platte anliegende Seite am schärfsten sich abhebt. Er-

scheint im Seitenbild die Keilbeinhöhle klar und lufthaltig, so kann man eine Erkrankung der beiden Höhlen ausschließen, ohne fehlzugehen. Das Septum der Keilbeinhöhlen ist ja auch meist kein vollständiges, so daß die Höhlen kommunizieren.

Bei der Hypophysenoperation muß man doch beide Höhlen eröffnen, und das Seitenbild zeigt deutlich, wie dick die noch vorhandene Knochenschale ist, dafür genügt also die seitliche Aufnahme.

Bei Erkrankungen des Optikus, wo man klarzustellen sucht, ob die Keilbeinhöhle erkrankt und die Ursache der Schädigung der Sehnerven ist, gibt das Seitenbild, wie in vielen Fällen praktisch erprobt wurde, ebenfalls genügende Auskunft. Die in diesen Fällen wichtige Frage, ob der Optikus im Einzelfalle der Seitenwand der Keilbeinhöhle oder den hinteren Siebbeinzellen anliegt, läßt sich meist ganz einwandfrei durch das Seitenbild feststellen, denn die Abgrenzung der Siebbeinzellen gegen die Keilbeinhöhle zu erscheint als scharfe Linie auf der Platte. Man weiß also im voraus, wo man anzugreifen hat. Die Diagnose durch das Röntgenbild hat gerade bei Schädigungen des Optikus in einer großen Reihe von Fällen die Diagnose gesichert, und die Heilung durch Operation ermöglicht.

Sehr wichtig erscheint mir aus praktischen Gründen die Feststellung, ob beiluetischer Erkrankung des Schädels die Keilbeinhöhle ganz oder teilweise befallen ist. Ich habe in einem früheren Vortrag (Röntgenkongreß 1913) drei durch Syphilis veränderte Schädelaufnahmen besprochen. Bei einem 36jährigen Patienten mit doppelseitiger Atrophie des Nervus opticus fand sich die Keilbeinhöhle bis zur Sella turcica total getrübt und mitluetischer Knochenneubildung ausgefüllt, dazwischen wohl auch frischere Syphilisprodukte. Es wurde Salvarsan gegeben (0,6 Salvarsan intramuskulär) und kurze Zeit darauf kam es zu meningitischen Erscheinungen und zum Exitus. In den beiden anderen Fällen zeigte sich die Keilbeinhöhle und die Schädelbasis frei, so daß Salvarsan ohne Schädigung vertragen wurde und günstig wirkte.

So wird also bei Schädellues das seitliche Röntgenbild künftig entscheiden müssen, ob Salvarsan injiziert werden kann oder nicht, denn bei der bekannten lokalen Reaktion des Salvarsans am Syphilisherd darf man, wenn der Prozeß im Röntgenbild bis an die Dura reicht, das Mittel unter keinen Umständen geben.

Das Röntgenbild ist also in Fällen von Schädellues nicht nur für die Diagnose, sondern auch für die Prognose unentbehrlich. Die beigegebenen Abbildungen beweisen das mit aller Deutlichkeit.

4. Das Siebbein im Röntgenbild.

Für die Aufnahmen des Siebbeins gilt im großen und ganzen das, was über die Aufnahme der Keilbeinhöhle gesagt wurde.

Im Seitenbild zeichnet sich bei der heutigen Aufnahmetechnik das Siebbein im ganzen Längendurchmesser gut ab, aber die Linien der beiden Seiten decken sich und sind ineinander projiziert. Ist aber auf dem Seitenbild die Siebbeingegend völlig klar und gut differenziert, darf man wohl eine stärkere Beteiligung derselben ausschließen. Bei Verschleierung der Siebbeingegend entscheidet das Ergebnis der übrigen Untersuchungsmethoden. Man geht auch hier nicht fehl, wenn man die am deutlichsten auf der Platte erscheinenden Linien der Seite zurechnet, wo die Platte lag.

Im Vorderbild zeichnet sich das Siebbein naturgemäß viel schärfer ab als die Keilbeinhöhle, über die, wie oben geschildert, im Vorderbild kaum ein sicheres Urteil zu gewinnen ist, da das Siebbein dieselbe verdeckt. Man sieht dann die Konturen des gesunden Siebbeins sehr deutlich, die Konturen der oberen Muscheln, die horizontale und senkrechte Platte und die Wände der Siebbeinzellen, also alle Knochenleisten, Platten und Schalen, oder muschelartigen Knochenwände.



Abb. 16. 50-jähriger Mann mit doppelseitiger Kieferhöhleneiterung dentalen Ursprungs. Doppelseitige Operation in einer Sitzung. Röntgenbild: Trübung beider Kieferhöhlen, die alveolare Bucht besonders dunkel. Beide Siebbeine, besonders das linke, getrübt. Stirnhöhlen sind frei, in den Konturen scharf.

Meist erkennt man auch Periost und Schleimhaut als schmale, die Knochenleisten einhüllende Schatten, während die lufthaltigen Räume, ähnlich wie Nebenhöhlen im Negativ, als völlig dunkle kleine Räume sich deutlich abzeichnen.

Bei der Erkrankung des Siebbeins fehlt dann die so scharfe Zeichnung, und Teile oder das ganze Siebbein erscheinen getrübt, die Zeichnung verwischt, die dunklen Hohlräume fehlen und erscheinen grau oder hell. So ist eine Erkrankung des Siebbeins auf dem Vorderbild und auf dem Seitenbild gut

zu diagnostizieren. Je näher die erkrankte Partie der Platte liegt, um so schärfer zeichnet sie sich ab. Auf dem Vorderbild darf man eine sehr ausgesprochene Trübung als dem vorderen Abschnitt des Siebbeins, resp. den vorderen Ethmoidalzellen angehörig diagnostizieren.

Das Seitenbild gibt über die Lage der Erkrankung, die Lage des Herdes bei Herderkrankung näheren Aufschluß. Bei einseitiger Erkrankung gibt das Vorderbild eine sehr kontrastreiche Übersicht. Vorderbild und ein oder zwei Seitenbilder (von verschiedenen Seiten aufgenommen) ergänzen sich zu einer meist recht klaren Auffassung, wie sie keine andere Methode zu geben imstande ist. Was noch unklar blieb, muß, wie bei allen Röntgenbildern, durch die übrigen Untersuchungsmethoden ergänzt werden, denn auch für das Siebbein gilt immer der Satz, ein einmal veränderter Knochen erlangt selten die alte Durchstrahlungsfähigkeit wieder. Ob also eine akute Siebbeinerkrankung vorliegt, müssen die übrigen Symptome entscheiden, wenn auch die Verdunklung der Hohlräume meist auf eitrigem Inhalt (akut oder chronisch) schließen läßt. Werden intranasal Teile des Siebbeins entfernt, so ist der Defekt meist im Röntgenbild erkennbar. Auch Einschmelzung durch Erkrankungsprozesse sieht man deutlich, namentlich bei altenluetischen Prozessen.

Bei Schleimhautprozessen, namentlich bei der polypösen Degeneration der Nasenschleimhaut ist das Siebbein fast immer deutlich getrübt, der durch Polypen verlegte Hohlraum der Nase ist dann nicht mehr dunkel und lufthaltig, sondern getrübt, da aber, wie schon Woakes vor 40 Jahren immer betonte, auch bei einfacher Polypenbildung der Knochen miterkrankt, ist auch die Struktur des Knochens verwischt, getrübt, statt der zarten scharfen Linie ein breiter, unscharfer Schatten. Bei rezidivierender Polypenbildung muß auch an eine Erkrankung der Hypophyse gedacht werden, wie oben im Kapitel über Schädelbasis und Keilbeinhöhle durch ein Beispiel und Abbildung gezeigt wurde (Abb. Nr. 7).

Maligne Tumoren des Siebbeins zeichnen sich meist gut ab. Das Röntgenbild kann dann entscheiden, ob der maligne Prozeß in den Knochen eingedrungen ist und denselben verzehrt hat, oder sich mehr in der Fläche und nach der Oberfläche zu ausbreitet. Bisweilen läßt sich der Ausgangspunkt solcher Tumoren im Röntgenbild nachweisen, der sehr häufig in der Kieferhöhle gefunden wird. Das gilt von Karzinomen und Sarkomen.

Auch mehr gutartige Bildungen erkennt man im Röntgenbild, so namentlich die Nasensteine, die als kalkhaltige Gebilde sich scharf abheben und oft Kerne als Fremdkörper enthalten. So fand ich in einem Fall einen völlig in Kalksalze eingehüllten Kirsch kern, der der Anamnese nach über 20 Jahre in der Nase gelegen hatte.

Die dunkelsten Schatten geben Osteome, die häufig vom Siebbein ausgehen und Härte und Struktur von Elfenbein haben. Ein sehr schöner Fall mit Röntgenbild, wo am Siebbein ein mehr als taubeneigroßes Osteom sich gebildet hatte und innerhalb vier Jahren dreimal rezidivierte, aus meiner Praxis ist von meinem damaligen Assistenten, Dr. Wiegmann, im 57. Band der Zeitschrift für Ohrenheilkunde veröffentlicht.

5. Die eigentliche Nasenhöhle im Röntgenbild.

Der große Vorteil von Röntgenbildern des Schädels liegt, wie erwähnt, darin, daß man auf einen Blick Nasenhöhle, Nebenhöhlen, Schädelbasis, Orbita, Ober- und Unterkiefer und Ohrgegend und ihre gegenseitigen Beziehungen

im gesunden und kranken Zustand übersieht und sich ein Bild über Entstehung und Fortschreiten krankhafter Prozesse machen kann. Die Fälle, wo einzelne isolierte Herde oder Höhlen erkrankt sind, bilden die Minderzahl, bei der Mehrzahl der chronischen Fälle handelt es sich um sog. Systemerkrankungen. Die meisten Nebenhöhlenerkrankungen greifen auf die eigentliche Nasenhöhle über, oder gehen von da aus. Am häufigsten sind Stirn- und Kieferhöhle derselben Seite erkrankt; dann ist gewöhnlich auch das Siebbein derselben Seite miterkrankt. Dieses Übergreifen von einem Bezirk auf den andern zeigt keine Methode so klar im Zusammenhang wie das Röntgenbild, dann sind eben alle diese Teile trüb und verschleiert.

Oft deuten die Schmerzen auf die Stirnhöhle, wo sich dieselben hartnäckig lokalisieren, aber die Operation an der erkrankten Stirnhöhle bringt keine Erleichterung, das Röntgenbild zeigt dann die Kieferhöhle gleichfalls erkrankt, und erst die operative Heilung der Kieferhöhle bringt den Schmerz in der Supraorbitalgegend zum Verschwinden. Betrachtet man in solchen Fällen das Bild der Nasenhöhle genauer, so findet man meist eine Verengung der betreffenden Hälfte der Nasenhöhle.

Die eigentliche Nasenhöhle ist beim Vorderbild als Mittelpunkt des Ganzen deutlich als birnenförmige (*Apertura pyriformis*), von einer scharfen Knochenleiste umsäumte Höhle erkennbar, das Septum, entweder gerade, öfter aber verbogen, teilt dieselbe in zwei meist ungleiche Hälften. Oben das Siebbein, wie beschrieben, unten deutlich die unteren Muscheln, das *Os turbinatum* als gekrümmte Linie. Das Verhältnis zur Orbita, zu den beiden Kieferhöhlen, deren untere Grenze dem Nasenboden gleich ist, oder ihn weit überschreitet, ist sofort klar und für evtl. Operationen wichtig.

Verbiegungen des Septums, Knochenleisten oder Stachel am Septum sieht man deutlich, sieht ob sie knöchern oder mehr knorpelig sind, alles, für evtl. Operationen und die Wahl der Operationsmethode wichtige Erkenntnisse. Ein Symptom veranlaßt uns vor allem, ein Röntgenbild vom Schädel machen zu lassen, das ist der Kopfschmerz. Zeigen sich dann die Nebenhöhlen frei, das Siebbein klar, so gibt das Bild der Nasenhöhle selbst oft die gesuchte Erklärung, soweit man durch die Rhinoskopie noch nicht die Ursache gefunden. Man sieht Verengungen in Abschnitten der Nase, die bei Septumverbiegungen dem Auge nicht zugänglich sind, oder Herde im Siebbein, Verwachsungen knöchern oder knorpelig, zwischen Septum und Seitenwänden, und in einzelnen Fällen gelingt es dann, durch operative Eingriffe seit Jahren bestehende Beschwerden, Kopfschmerz und Migräne zu heilen. Die Sonde hat zwar in solchen Fällen die Stelle schon mit größter Wahrscheinlichkeit gezeigt, aber wie das Nasenskelett sich dabei verhält, zeigt in voller Deutlichkeit erst das Röntgenbild.

IV. Die Röntgendiagnostik bei Erkrankungen des Halses.

Wie schon in der Einleitung gesagt, glaubten selbst erfahrene Halsärzte früher, daß für die Untersuchung des Halses, der bis tief in die kleinsten Verzweigungen des Bronchialbaumes dem Auge und den Instrumenten durch eine aufs feinste ausgebildete Technik zugänglich geworden war, die Röntgendurchleuchtung überflüssig sei.

Nur wenige, vor allem mein verehrter Lehrer Leopold von Schrötter, später Semon, Scheier und andere erkannten, daß die neue Untersuchungs-

methode doch vieles Neue und Wichtige bringen werde. Mit dem Auge, dem Spiegel, dem Bronchoskop sieht man eben doch nur die Oberfläche der Schleimhaut, was darunter liegt, namentlich die Knorpel, dann die auch für die Halskrankheiten so wichtigen Veränderungen der Halswirbelsäule, zeigt uns erst das Röntgenbild. Oft ist ja auch der Einblick in den Hals, speziell in den Larynx, überhaupt nicht möglich, Tumoren oberhalb des Larynx, Ödeme des Larynxeinganges, Stenosen des Larynx und der Trachea können den Einblick mit dem Spiegel unmöglich machen.

Zuerst wurden Röntgenbilder der Halsgegend von Halsärzten meist wegen aspirierter Fremdkörper gemacht. Man begnügte sich, den meist metallischen Fremdkörper im Hals, im Larynx und Trachea, oder im Ösophagus darzustellen und dessen ungefähre Lage zu bestimmen und achtete wenig auf das, was die Platte außerdem von den Halsteilen zeigte.

Die Chirurgen machten bei Erkrankungen, Tumoren und Frakturen der Halswirbelsäule Aufnahmen, die den Knochen scharf zeigten, dabei aber die Knorpel- und Weichteile meist nur als diffuse Schatten wiedergaben. Man erkannte auf diesen Bildern die Knorpel nur so weit, als sie kalkhaltig oder verknöchert waren. Verknöcherungsvorgänge an den Knorpeln des Halses, speziell des Kehlkopfes, waren es daher auch, die man zuerst an Röntgenbildern des Kehlkopfes studierte.

Auch hier war es wieder Scheier, der zuerst planmäßig solche Studien über die Verknöcherungsvorgänge an den Kehlkopfknorpeln vornahm, und schon 1896 auf der Naturforscherversammlung in Frankfurt Bilder zeigte. Damals brauchte man eine Aufnahmezeit von mindestens drei Minuten, oft sogar fünf Minuten, und erhielt daher bei den unvermeidlichen Schluck- und Atembewegungen meist unscharfe, verschwommene Bilder. So war man damals gezwungen, diese Studien an der Leiche zu machen, an herauspräparierten, von den Weichteilen befreiten Kehlkopfknorpeln. Scheier halbierte sogar die Knorpel oder machte dünne Schnitte von denselben, und zwar von Menschen und von Tieren. Es wurden nach diesen Ergebnissen bestimmte Gesetze über die Vorgänge bei der Verknöcherung der Kehlkopfknorpel aufgestellt. 1908 erschien eine größere Arbeit von Eugen Fränkel, der ebenfalls an Leichenmaterial eine größere Reihe von Kehlkopfknorpeln untersuchte, und an sehr klaren, schönen Skiagrammen seine Ergebnisse, die sich im großen und ganzen mit denen Scheiers deckten, veröffentlichte. Scheier und Fränkel stellten bestimmte Gesetze auf, nach denen die Verkalkung und Verknöcherung bei den verschiedenen Geschlechtern je nach dem Lebensalter sich vollziehen sollte. Scheier behauptete sogar das forensisch wichtige Ergebnis, man könne schon aus dem Röntgenbild einer isolierten Schildknorpelplatte nachweisen, ob dieselbe einem Manne oder einem Weibe angehört habe. Aber beide Forscher mußten schon anfangs zugeben, daß von ihren Gesetzen viele Ausnahmen zu beobachten seien. Obwohl das Material beider aus den Sektionssälen großer Krankenhäuser stammte, war auf die Krankheit und die Todesursache der untersuchten Leiche fast gar keine Rücksicht genommen, und Fränkel neigte zu der Ansicht, daß die Allgemeinerkrankung auf die Verknöcherungsvorgänge keinen oder fast keinen Einfluß habe. Scheier hatte Kehlköpfe von Kastraten untersucht und studierte an kastrierten Hengsten und Bullen den Einfluß der Kastration auf die Larynxknorpel und berührte damit die Frage über die Veränderungen der Knorpel unter dem Einfluß von pathologischen Verhältnissen. Auch hierbei handelte es sich meist um Studien an der Leiche.

Am Lebenden hatte man zwar auch schon Studien gemacht, und zwar stimmphysiologische. Scheier veröffentlicht die Ergebnisse seiner Studien

für die Physiologie des Gesanges mit Röntgenstrahlen schon 1898. Die Untersuchungen waren am Röntgenschirm gemacht, weil man anders die Bewegungen der betreffenden Teile nicht darstellen konnte. Durch Auflegen von Metallteilen auf die Zunge suchte man sich die Konturen der in Betracht kommenden Halsteile im Röntgenbild kenntlich zu machen. Gegen diese Beobachtungen wurde mit Recht geltend gemacht, daß eingeführte Metallkettchen und Kugeln die normale Bewegung veränderten.

Vom erkrankten Kehlkopf oder Hals gab es nur wenige klare Bilder. Im Band IV der Fortschritte findet sich ein sehr gutes und charakteristisches Bild von einem Larynxkarzinom. Der Autor Behn in Kiel ist sich aber noch nicht klar, ob die Veränderungen der Knorpel im Röntgenbild auf das Karzinom bezogen werden dürften. Ich selbst hatte 1896 auf derselben Versammlung, wo Scheier seine ersten Kehlkopfbilder zeigte, einige Bilder demonstriert, die ich zur Feststellung der Lage von Kanülen und Bolzen bei Stenosen angefertigt hatte, dazu ein Bild mit einer Nadel, die beim Stillen einer Tonsillarblutung in der Mandel abgebrochen war.

Auch eingeführte Schröttersche Rohre, die ich galvanoplastisch mit einem Metallüberzug versehen ließ, photographierte ich mit Röntgenstrahlen. Ich untersuchte dann später alle meine Stenosenfälle, sah die Lücken im Knorpel nach Tracheotomie, die Neubildung von Knorpel und Knochen im Röntgenbild, und ging dann dazu über, methodisch am Lebenden bei den einzelnen Erkrankungsformen den Kehlkopf zu photographieren. Das Ergebnis dieser mehrjährigen Studien an über 600 einzelnen Aufnahmen habe ich dann 1913 im Ergänzungsband Nr. 31 der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen veröffentlicht und seitdem diese Studien mit größtem Eifer fortgesetzt, so daß ich jetzt weit über 1000 gute Aufnahmen besitze. Es hat sich nun dabei ergeben, daß sich nicht nur an den Knorpeln bei einer großen Kategorie von Krankheiten Veränderungen finden und im Röntgenbild nachweisen lassen, sondern daß sich in den mit weichen Röhren aufgenommenen Röntgenbildern auch die Kontur- und Gewebsveränderungen der Weichteile sehr deutlich und charakteristisch auf der Platte abzeichnen.

In den folgenden Kapiteln will ich kurz auseinandersetzen, welche Veränderungen am Knochen, an den Knorpeln und an den Weichteilen sich bei den einzelnen Erkrankungsformen nachweisen lassen. Um diese Abweichungen von dem normalen Befund richtig zu verstehen, muß man selbstverständlich das normale Bild des Halses im Röntgenbild genau kennen. Daher soll als erstes Kapitel besprochen werden:

1. Der normale Kehlkopf im Röntgenbild.

Bei einem Organ, wo der Übergang vom zarten, im Röntgenbild kaum sichtbaren Knorpel in festen und oft elfenbeinharten Knochen mit den zunehmenden Jahren physiologisch ist, ist es unerlässlich, daß man ein ungefähres Schema dieser Verkalkung und Verknöcherung der Halsteile kennt, und zu diesem Zweck, ähnlich wie das Schüller für die Schädelbasis fordert, sich eine Sammlung guter normaler Kehlkopfbilder von beiden Geschlechtern in den verschiedenen Lebensaltern anlegt.

Dafür besitzen wir ja schon die schönen Bilder von Scheier und Fränkel, gegen die aber, wie schon erwähnt, nur der Einwand zu erheben ist, daß die beiden Untersucher ohne Rücksicht auf die Erkrankung und Todesursache ihres großen Krankenhäusern entnommenen Materials ihre Bilder aufgenommen hatten. Wie sie selbst erwähnen, befinden sich darunter naturgemäß viele Tuberkulöse und Kachehtische. Da aber gerade bei Tuberkulösen die Ver-

kalkung wesentlich anders wie bei Gesunden sich gestaltet, müssen diese Bilder ausscheiden, und es sind nur die Bilder von solchen Individuen, die durch Unfall getötet wurden, und bei denen sonst ein normaler Sektionsbefund erhoben wurde, zu verwenden.

Ich habe mir vom zartesten Kindesalter bis in das achte Dezennium Bilder von normalen Kehlköpfen vom Lebenden angefertigt und eine Auswahl in meinem Atlas veröffentlicht. Der von Weichteilen oder Muskulatur und der Haut umkleidete Kehlkopf und die übrigen Halsteile, die von Blut und Gewebs-säften durchströmt sind, geben, namentlich wenn mit weichen Röhren Aufnahmen gemacht werden, natürlich ganz andere Bilder als die auspräparierten und zum Teil getrockneten Larynxknorpel; selbstverständlich müssen sich die Schatten der letzteren auch bei Aufnahmen im Leben finden. Leichenteile kann ich näher an die Platte heranbringen, sie zeichnen sich dann auch schärfer ab. Ich habe aus diesem Grunde schlanke Leute mit langem Hals und dünner Muskulatur bei der Aufnahme bevorzugt.

Eine Ausnahme davon mußte ich allerdings bei männlichen und weiblichen Sängern und Schauspielern machen, weil bei diesen zwar besonders regelmäßige, wohlgebildete und gut entwickelte Kehlköpfe gefunden werden, aber gleichzeitig auch die Muskulatur des Halses besonders kräftig entwickelt und der Hals meist stark und gedrunken ist. Nur ein Kehlkopf mit kräftiger Muskulatur kann eine kräftige Stimme hervorbringen.

Über die Vorgänge der Verknöcherung und Verkalkung besitzen wir aus der Zeit vor Röntgens Entdeckung sehr gute und gründliche normal und pathologisch anatomische Studien. Schottelius hat in einer Monographie die klassische Grundlage dafür geschaffen. Schottelius hat eine größere Anzahl Kehlköpfe in feinen mikroskopischen Schnitten untersucht und normale Kehlkopfteile, namentlich das Cricoarytänoidgelenk mit denselben erkrankten Teilen verglichen. Interessant sind besonders seine Befunde bei Kachektischen und Tuberkulösen, auf die ich weiter unten zu sprechen komme. Schottelius hat durch seine Untersuchungen aber mit aller Sicherheit nachgewiesen, daß die Verknöcherung der Knorpel keine Alterserscheinung ist, sondern sich eng an die geschlechtliche Entwicklung anschließt. Vor der Pubertät ist der Kehlkopfknorpel gefäßlos im engeren Sinne, er hat keine blutführenden Gefäße, mit der Pubertät beginnt die Vaskularisation und damit die Verkalkung und Verknöcherung; es bilden sich ausgedehnte blutgefüllte Hohlräume und Gefäße. Gewisse Vorstadien dieser Verkalkung finden sich schon im sechsten bis achten Jahre. Die Details mögen bei Schottelius nachgelesen werden. Ein anderer Untersucher aus der vorröntgenologischen Zeit, Chievitz, studierte an getrockneten Kehlkopfknorpeln die Verknöcherungsvorgänge, indem er mit Nadeln in den Knorpel einstach. Seine außerordentlich subtilen, aber grob anatomischen Untersuchungen konnten Scheier und Fränkel durch ihre Röntgenaufnahmen bis in das Kleinste bestätigen. Einen andern Weg, die Kehlkopfknorpel zu untersuchen, schlug Bergeat ein. Er verbrannte dieselben und untersuchte auf chemischem Wege die Kalkrückstände. Er stellte, ähnlich wie Schottelius, fest, daß Krankheitszustände, namentlich Kachexien und Tuberkulose, den Kalkgehalt der Knorpel ganz wesentlich verändern. Bei chronischer Tuberkulose war die Aschequantität eher vermindert, bei anderen Kachexien vermehrt.

Schon danach konnte man annehmen, daß Röntgenaufnahmen Unterschiede bei den verschiedenen Krankheiten ergeben würden.

Die erwähnten anatomischen Untersuchungen ergaben aber auch die vielfach konstatierte Tatsache, daß an den Stellen des Knorpels, wo ein stärkerer Muskelzug stattfindet, die Verknöcherung, dem Kalkgehalt, entsprechend

zunimmt. Scheier fand ebenso bei den Kehlkopfknorpeln von Tieren, die er auf Waldeyers Anregung hin mit Röntgenstrahlen untersuchte, an den Muskelansätzen die stärksten Kalkschatten.

Bei meinen Untersuchungen am Lebenden kam es mir aber gar nicht so sehr darauf an, über die Verknöcherungsvorgänge an den Kehlkopfknorpeln Aufschlüsse zu erhalten, ich wollte das Verhalten des ganzen Halses, der Knorpel und der Weichteile bei gesunden und kranken lebenden Menschen im Röntgenbild studieren. Ich machte daher von vornherein meine Auf-

nahmen mit weichen Röhren und erhielt Bilder, wie sie Scheier und andere am Schirm beschrieben hatten, als sie ihre stimmphysiologischen Studien machten.

Im Schirm sah man dabei Stellung und Form der Lippen, die Gestalt der Zunge und die Bewegungen dieses als dunkler, gleichmäßiger Schatten sich präsentierenden Organs. Auch Gaumensegel, Kehldeckel, Zungenbein und mehr oder minder, je nach dem Verknöcherungsgrad, die einzelnen Kehlkopfknorpel. Der Nasenrachenraum, sowie die lufthaltigen Teile des Rachens und Larynxeinganges gaben auf dem Schirm einen hellen Schatten, der sich bei den Bewegungen der einzelnen Teile entsprechend veränderte. So studierte man an Erwachsenen die Bewegung bei der Lautbildung und beim Schluckakt. Bei letzteren Studien verwendet man auch Wismutbissen, bei ersteren gelegentlich Metallteile, die auf die Zunge aufgelegt wurden. Alle diese am Schirm gemachten Beobachtungen waren für meine Studien nicht ausreichend, ich brauchte gute Aufnahmen auf Platten.



Abb. 17. 32jähriger Mann. Normaler Kehlkopf. Außenbild. Muskulatur am Stimmbandapparat besonders kräftig und dunkel, schließt den sehr großen und hellen Sinus Morgagni ein. Zungenbeinkörper und Hörner bilden ein Stück.

Am Pomum Adami strichförmige Verknöcherung.

geschenkt war. Der Knorpel der Epiglottis, dessen eigentümliche Form und Stellung sich stets von dem auf der Platte dunklen Rachenraum abhebt, war gleichfalls bei den früheren Untersuchungen nicht berücksichtigt worden. Da ich die Weichteile mitphotographierte, sah ich deutlich die aryepiglottischen Falten und als dunkle Schattenmasse die Muskulatur des Stimmapparates; besonders gut dargestellt in Abb. 17. In dieser letzteren Schattenpartie hebt sich nun bei normalen Kehlköpfen immer sehr klar und deutlich der Hohlraum des Sinus Morgagni ab, er ist auf allen normalen Larynxbildern deutlich zu sehen. Siehe Abb. 17.

Das ist von der größten Wichtigkeit, weil gerade an den Stimmbändern, die die untere Begrenzung dieses als Hohlraum sich präsentierenden Sinus

Morgagni bilden, sich die meisten pathologischen Veränderungen im Larynxinnern abspielen und daher im Röntgenbild nachweisbar sind.

Der auf der Platte durch helle Zeichnung auffallende längliche Hohlraum des Sinus Morgagni wird auf keinem normalen Skiagramm vermißt, ist besonders klar in Form und Zeichnung bei jugendlichen Individuen, wo die Knorpel noch wenig Kalk enthalten, schimmert aber auch in den späteren Dezennien selbst durch stark verkalkte Schildknorpel durch, wenn er einigermaßen gut ausgebildet ist. Beim erkrankten Kehlkopf ist seine Form und Deutlichkeit von großer diagnostischer Bedeutung.

Sehr schön erkennt man auch im normalen Bild als hellen Streifen die Luftröhre, die man auf den mit der neuen Eppendorfer Kassette aufgenommenen Bildern bis zum Sternum verfolgen kann. Siehe Tafel III, Bild 1.

Auf diesen Bildern zeichnet sich dann auch das Sternum selbst bei Jugendlichen in seinen drei Teilen ab und häufig der erste Brustwirbel als Abschluß der Halswirbelsäule. Das Verhältnis und die Lage der fein gebogenen Epiglottis zum dunklen Massiv der Zunge zeigt an, ob das Bild während eines Schluckaktes oder beim tiefen Atmen getroffen wurde. Beim Schluckakt liegt der Epiglottischatten dicht dem Zungenschatten an, namentlich wenn die Epiglottis breit und flach ist; beim Atmen hebt sie sich meist als sattelförmige feine Linie scharf ab von dem hellen Raum des Rachenraumes. Ist die Epiglottis fein geschwungen, so sieht man die Valleculae des Zungengrundes als hellen, deutlich begrenzten Raum.



Abb. 18. Mädchen. Gut entwickelter Kehlkopf. Sinus Morgagni sehr deutlich. Am Zungenbeinkörper und Hörner verwachsen. Halswirbelkörper würfelförmig. Breite Zwischenwirbelscheiben.



Abb. 19. 17-jähriges Mädchen mit sehr iangem schlankem Hals. Zungenbeinkörper und Hörner noch getrennt. Halswirbelkörper zeigen am unteren Rand einen Wulst. Sehr weite Trachea.

Einen sehr deutlichen Schatten gibt der Musculus sternocleido-mastoideus bei den Bildern, wo der untere Abschnitt der Trachea mitphotographiert ist, also namentlich bei den mit der Eppendorfer Kassette aufgenommenen Bildern, die ich als Silhouettenbilder bezeichne, weil sie in der Form den früher, vor Erfindung der Photographie, üblichen geschnittenen Silhouetten gleichen, siehe Tafel III, Bild 2.

Aus dieser Darstellung ergibt sich, daß man im normalen, vom Lebenden aufgenommenen Röntgenbild schon eine Menge Einzelheiten erkennt, die auf dem Schirm nur teilweise oder gar nicht erscheinen, und deren Kenntnis beim Vergleich mit Aufnahmen von erkrankten Kehlköpfen das Verständnis für pathologische Befunde erleichtert. Bezüglich der Vorgänge bei der Verknochierung, wann dieselbe beginnt, wie sie sich bei den einzelnen Geschlechtern und den einzelnen Lebensjahren entwickelt, an welchen Knorpelteilen sie beginnt, verweise ich auf den Text in meinem Atlas (Ergänzungsband der Fortschritte).

2. Der Kehlkopf der Sänger, Schauspieler und Redner im Röntgenbild.

Hervorragende Sänger und Sängerinnen sind nicht allzu häufig zu finden. Ein Caruso wird nicht alle Tage geboren, denn gute Sänger sind geborene



Abb. 20. Kehlkopfbild eines 46jährigen Zwerges, der Komiker und Schauspieler ist, eine sehr kräftige Stimme hat und sein Stimmorgan sehr viel gebraucht. Zungenbeinkörper und Zungenbeinhörner sind kurz und kräftig. Eigentümlich gebogen und stark sind die oberen Schildknorpelhörner. Schildknorpelplatte dem Alter entsprechend verkalkt. Eigentümlich sind die kleinen Halswirbelkörper des Zwerges.

Sänger. Man braucht sich nur die Figur Carusos mit dem mächtigen Stiernacken anzusehen, um zu wissen, daß man so etwas nicht durch Übung erwerben kann. Wenn ich sagte, daß nur kräftige Muskeln eine kräftige Stimme

hervorbringen können, und wenn ich auseinandersetzte, daß bei Menschen und Tieren die Kalkschatten der Knorpel um so kräftiger hervortreten, je stärker die Muskelansätze sind, so ergibt sich daraus schon, daß bei Sängern, Schauspielern und Rednern mit vollem kräftigem Organ auch die Röntgenaufnahmen kräftige Muskel- und Knorpelschatten zeigen werden. Das ist auch in der Tat der Fall.

Bei Sängern, Schauspielern und Rednern sind die Verknöcherungen sehr zeitig zu finden, sind sehr ausgeprägt, ebenso wie die Muskulatur, namentlich der Stimmapparat sehr gut entwickelt ist und im Röntgenbild als kompakter Schatten erscheint. Ich habe das bei etwa 70 Sängern und Sängerinnen bestätigt gefunden. Auch in der vorröntgenologischen Ära wußte man das; so fand Ségard bei einem allerdings 71jährigen Sänger die Kehlkopfknorpeln völlig verknöchert, und Zuckerkandl, der den Larynx eines bekannten Bassisten untersuchte, fand die Muskulatur besonders gut und kräftig, namentlich die Stimmbandmuskeln gut differenziert und am Stimmbandmuskel einige Muskelbündel, die an einer Reihe von Nichtsängerkehlköpfen überhaupt nicht gefunden wurden; auch der Nervus laryngeus inferior verlief etwas abweichend. Ohne Zweifel beeinflußt der bei Sängern gut mit Kalk durchsetzte Knorpel auch die Klangfarbe des Organs, wie ja auch silberne Trompeten und Glocken einen helleren und schöneren Klang haben als die aus Messing; dazu kommt die Spannung, die bei der kräftigen Muskulatur auch besonders günstig ist.

Aus den Abbildungen von Sängerkehlköpfen Tafel I, Bild 1 ist deutlich zu ersehen, wie sich diese Verhältnisse im Röntgenbild abzeichnen. Selbstverständlich gehört zum Singen mehr als ein guter und architektonisch wohlgebildeter Kehlkopf, und manche Menschen haben kräftige Muskeln und gut verkalkte Knorpel und können doch nicht hervorragend singen, aber für den hervorragenden Sänger ist ein Kehlkopf, wie er oben beschrieben ist, doch die Hauptbedingung.

3. Der tuberkulöse Kehlkopf im Röntgenbild.

Schottelius hat in seiner Monographie über die Verknöcherung des Kehlkopfes seine besondere Aufmerksamkeit den pathologischen Vorgängen bei der Verknöcherung von Phthisikern gewidmet. Dieser Unterschied ist schon makroskopisch deutlich zu sehen, wenn man auf Tafel I und II des Buches von Schottelius den Durchschnitt durch den Ring- und Gießkannenknorpel eines 21jährigen gesunden, an Selbstmord zugrunde gegangenen Mannes mit dem entsprechenden Durchschnitt durch den Knorpel eines 21jährigen Phthisikers vergleicht. Während bei dem normalen Kehlkopf scharf konturierte, dunkle, mit rotem, blutreichem Gewebe gefüllte Markräume sich in dem sonst normalen gleichmäßigen Knorpel finden, sieht man bei dem Phthisiker mit vereinzelt Fetttropfen durchsetztes Schleimgewebe und die Knorpelzellen selbst vielfach mit verschieden großen Fetttropfen infiltriert. Mikroskopisch ist nach Schottelius namentlich diese Infiltration der Knorpelzellen mit Fetttropfen charakteristisch für Kachexien und findet sich, wie Schottelius immer wieder hervorhebt, in exquisiter Ausdehnung bei Phthisikern. Makroskopisch fand er eine dem Lebensalter nicht entsprechende bedeutende Härte und kreideartige Festigkeit an den Knorpeln von Phthisikern. Bei Individuen aus den zwanziger Jahren hatten die normalerweise blutrotbraunen Markräume einen gelblich durchsichtigen schleimigen Inhalt und sind außerordentlich groß und oft regelmäßig verändert. Diese erweiterten blassen Markräume liegen dem Cricoarytänoidgelenk im Ring- und Gießbeckenknorpel meist sehr nahe.

Aus dieser kurzen Schilderung, die bei Schottelius ausführlicher nachgelesen werden mag, ergibt sich schon, daß solche starke Abweichungen der Verknöcherungsvorgänge vom Normalen sich im Röntgenbild abzeichnen müssen. Ebenso muß sich die weiter von Schottelius an den Kehlkopfknorpeln festgesetzte Abweichung von den normalen Vorgängen im Röntgenbild darstellen. Bei der Tuberkulose kommt, wie Schottelius weiter sagt, eine Metaplasie in Knochengewebe, wie sie in jugendlichen (21 Jahre) normalen Knorpeln sich zeigt, nie vor, das bereits gebildete Knochengewebe nimmt an Masse ab. An Stelle des normalerweise zu produzierenden Knochengewebes tritt als Äquivalent die Kalkinfiltration. Diese Beobachtung ist für die eigentümliche Färbung der Röntgenbilder von phthisischen Kehlköpfen von der größten Wichtigkeit und erklärt den eigentümlichen matten Ton des tuberkulösen Kehlkopfbildes.

Als ich meine ersten Aufnahmen bei Larynxphthisen machte, war ich sehr unzufrieden mit diesen matten Bildern, denn ich hielt sie für mißlungen, bis ich erkannte, daß eben dieser matte Ton das für Tuberkulose Charakteristische sei. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Schottelius erklären das ja vollkommen, das blasse diffuse Fettmark, die erweiterten Räume, die an Stelle der Verknöcherung eintretende diffuse Verkalkung gibt eben ein mattes Knorpelbild. Es erklärt dieser Befund aber auch, was wir immer bei der Larynxtuberkulose schon im Spiegel sahen, die hochgradige charakteristische Blässe der Schleimhaut, durch die der blasse, wie Schottelius sagt, kreideartige Knorpel durchschimmert.

Zum klaren Verständnis meiner Bilder und des im vorhergehenden Gesagten, muß ich hier eine sehr wichtige Bemerkung einflechten, die ich eigentlich an die Spitze meiner Darlegung hätte setzen müssen.

Schottelius bezieht seine Untersuchungen und die obigen makroskopischen und mikroskopischen Befunde auf Kehlköpfe von Phthisikern, die eine lokale Erkrankung nicht aufwiesen, wenn man also will, auf äußerlich gesunde Kehlköpfe bei Patienten, die an allgemeiner Phthise, meist Lungenphthise, erkrankt waren. Meine Aufnahmen dagegen wurden bisher bei Kehlköpfen gemacht, die lokal erkrankt waren und im Kehlkopfspiegel sämtlich oft recht fortgeschrittene tuberkulöse Prozesse aufwiesen. Die Erkrankungen, von denen Schottelius spricht, sind also Veränderungen am Knorpel, die als Folge einer Kachexie, einer Ernährungsstörung infolge der Tuberkulose aufzufassen sind, als deren im Spiegel sichtbares Zeichen nur die charakteristische Blässe nachzuweisen ist. Diese Ernährungsstörung und die daraus entstandene Veränderung der Verknöcherungsvorgänge bilden ohne Zweifel eine Prädisposition zu lokaler Erkrankung. Ich habe in letzter Zeit aber auch eine Serie von Aufnahmen kehlkopfgesunder Phthisiker gemacht, die in der Mehrzahl ebenfalls den matten Ton zeigten, also höchstwahrscheinlich die beschriebenen Knorpelveränderungen hatten.

Nun zeigen meine am Lebenden aufgenommenen Bilder aber auch die Weichteile, und zu meiner freudigen Überraschung ließen sich alle tuberkulösen Infiltrationen der Schleimhaut mit einer Schärfe darstellen, wie ich kaum erwartet hatte. Prozesse an den Stimmbändern erkennt man, wie oben auseinandergesetzt, an der Veränderung, die die helle Zone des Sinus Morgagni erleidet. Wenn das Taschenband tuberkulös infiltrierte ist und schwillt, füllt es den Hohlraum des Sinus Morgagni aus, und der Sinus Morgagni fehlt dann ganz oder teilweise auf der Röntgenplatte (siehe Tafel III, Bild 2).

Die so häufigen Infiltrationen der Interarytänoidpartie mit tuberkulösem Material, die man bei Frauen besonders häufig trifft, und die oft jahrelang

unverändert bestehen, zeichnen sich im Röntgenbild vorzüglich ab. Ein sehr gutes Beispiel dieser tuberkulösen Lokalisation im Kehlkopf und ihrer Darstellbarkeit im Röntgenbild sind die Abb. Tafel I Bild 2 und 3.

Wenn man den makroskopischen Befund bei Schottelius Tafel II und die Veränderungen daselbst in der Nähe des Cricoarytänoidgelenkes vergleicht mit dem, was das Röntgenbild uns zeigt, so muß man über die treue Wiedergabe der Weichteile und Knorpelveränderungen auf der Röntgenplatte erstaunt sein. Mehr kann man von dem Röntgenbild überhaupt nicht verlangen. Man sieht den Tumor, dessen Ausdehnung, sieht, daß die Taschenbänder und Stimmbänder noch frei sind, weil der Sinus Morgagni im ganzen vorderen Abschnitt als helle Zone zu erkennen ist, sieht aber die Verknöcherung als matten Schatten im Aryknorpel und Ringknorpel, genau wie sie Schottelius im mikroskopischen Schnitt darstellt, für eine 24jährige zarte Frau eine schon recht fortgeschrittene Knorpelveränderung.

Die Stimme der auf Tafel I Bild 2 dargestellten Patientin war leicht heiser, denn die sonst gesunden weißen Stimmbänder schlossen, durch die Infiltration in der Interarytänoidpartie gehindert, nicht völlig.

Man könnte einwenden, daß man das alles auch im Spiegel sieht, das ist aber falsch, die Veränderungen am Knorpel kann ich nicht sehen, nur vermuten. Die Frage, die mich immer interessierte, ob es sich bei dieser mehr chronischen weiblichen Form der Larynxtuberkulose um einen mehr oberflächlichen Schleimhautprozeß, eine bloße Infiltration handele, oder um eine tiefer gehende Erkrankung, wird hier schon durch das Röntgenbild am Lebenden entschieden, und zwar dahin, daß auch der Knorpel erkrankt ist. Denn die Frage läßt sich auch später nicht mehr bei einer evtl. Autopsie entscheiden, wo eben selbstverständlich der Prozeß weitergegangen ist. Will ich beispielsweise wissen, ob vielleicht eine Exstirpation der kranken Partie eine Heilung verspricht, so muß man im einzelnen Fall erkennen können, wie tief der Prozeß geht, und diese Frage beantwortet das Röntgenbild auf das Exakteste. Schon dieses eine Bild würde die Nützlichkeit, ja die Notwendigkeit von Aufnahmen bei Larynxtuberkulose zur Evidenz beweisen.

Bei den Röntgenaufnahmen tuberkulöser Kehlköpfe vom Lebenden sieht man also die Verhältnisse am Knorpel und bis in die feinsten Einzelheiten die Verhältnisse an den Weichteilen. Man muß dann an der Hand einer guten Anamnese und nach sorgfältiger Untersuchung mit dem Kehlkopfspiegel sich das aufgenommene Kehlkopfbild betrachten, und zwar bei guter Beleuchtung. Wie dann die Schatten auf der Platte zu beurteilen sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Der wichtigste ist das Alter der Patienten. Ein Larynx eines normalen jungen Menschen bis zum zweiten Dezennium zeigt wenig Verknöcherung, in den mittleren Jahren (30—40) sind Schild- und Ringknorpel in den hinteren Abschnitten schon mehr verknorpelt, öfter auch schon die vordere Kommissur, in den späteren Dezennien zeigt sich schon der ganze Schildknorpel wie mit einem Knochenrahmen umgeben (vergleiche das Bild Tafel I Bild 1). Die genaueren Einzelheiten nach Alter und Geschlecht finden sich im Text zu meinem Atlas.

Nun kommt es darauf an, in welcher Verknöcherungsphase der Larynx von der Tuberkulose befallen wurde, ob es sich um ein bis dahin kräftiges Individuum handelt, das erst in den späteren Lebensjahren von der Larynxtuberkulose befallen wurde, oder ob ein junges, zartes, schon in der Jugend tuberkulöses (Drüsen- und Knochentuberkulose) Individuum eine Kehlkopfhypertrophie erwirbt. Im zweiten Fall wird man annehmen müssen, daß die von Schottelius beschriebenen kachektischen Veränderungen, die Fett-

infiltration der Knorpelzellen und die Veränderung der Verknöcherungsvorgänge, die mehr diffuse Verkalkung Platz gegriffen haben, und in diesem letzteren Falle wird an den Knorpeln der charakteristische matte Ton, besonders zu finden sein. Bei schon verkalkten, älteren, bis dahin gesunden Knorpeln aber sind die Veränderungen am Knorpel weniger deutlich, dagegen sieht man die Veränderungen an den Weichteilen, bei den Prozessen am Taschenband Fehlen des Sinus Morgagni oder die infiltrierte, verdickte Epiglottis und die arypepiglottischen Falten ebenso scharf. Sehr ausgeprägt bei Bild 3 Tafel I.

Geht der Schleimhautprozeß auf die Knorpel über und wird der Knorpel selbst zerstört, wie an der Epiglottis und den Aryknorpeln, wenn das tuberkulöse Infiltrat käsig zerfällt, so erscheint der Knorpel im Bild verändert. Auch bei der Perichondritis externa und interna, ebenso bei ausgedehnter Sequesterbildung — der ganze Aryknorpel kann ausgestoßen werden — sieht man diese Defekte natürlich auch auf der Röntgenplatte.

Es sind also eine ganze Menge Details auf der Röntgenplatte, die man im einzelnen Fall für Diagnose und Prognose verwenden kann.

Anhangsweise möchte ich über den lupösen Prozeß im Röntgenbild zwei Worte sagen. Eine sehr gute Abbildung zeigt Bild 4, Tafel I. Der lupöse Prozeß geht bei Kindern von der Nase und dem Nasenrachenraum auf den Kehlkopf über, macht aber meist am Kehlkopfeingang Halt, überschreitet selten die wahren Stimmbandränder. Die Lungen sind dann meist frei. Solche Bilder finden sich auch gelegentlich, aber seltener, bei Erwachsenen. Die Lungen verhalten sich dabei verschieden. Oft sind ältere tuberkulöse Prozesse in den Lungen, oft sind dieselben frei; es gibt also Lupus mit und ohne Lungentuberkulose, so daß man wohl besser von der lupösen Form der Kehlkopftuberkulose spricht. Diese Form besteht oft jahrelang unverändert, ist mehr gutartig und kann heilen allerdings mit Substanzverlust, die Epiglottis ist, wie in Bild 4 Tafel I, ein Stummel. Dieser Epiglottislupus markiert sich in deutlichster Form auf der Platte, wie in der eben erwähnten Abbildung, wo Patient überhaupt kaum Beschwerden hatte und an eine ernstere Erkrankung gar nicht glauben wollte. Ich konnte diesen Fall aber gerade nach dem Röntgenbild gar nicht für so leicht halten, denn während im Spiegel sich nur der oberste Teil der Epiglottis als erkrankt zeigte und daher kaum Beschwerden machte, zeigte das Röntgenbild den ganzen Knorpel der Epiglottis bis herab zum Petiolus als dicken, infiltrierte Schatten.

Dieser Fall beweist, daß das Röntgenbild bezüglich der Prognose uns Aufschlüsse gibt, die der Spiegel nicht zu geben vermag, denn mir ist es klar, daß in diesem Fall nach und nach die ganze Epiglottis von dem Prozeß befallen werden wird und daher vielleicht in toto operativ entfernt werden müßte.

Prof. Neumayer in München hat durch Dr. E. Treitel meine Befunde nachprüfen lassen (In.-Diss. München 1916, Müller und Steinicke). Er konnte die meisten Angaben selbst bei seinem bedeutend kleineren Material bestätigen. Den von mir bei den meisten tuberkulösen Kehlköpfen gefundenen matten Ton glaubt er nicht bestätigen zu können, gibt aber eine frühzeitigere Verknöcherung der Knorpel bei Tuberkulose zu. Bei den 14 Fällen von Kehlkopftuberkulose, die er beschreibt, finden sich aber auffallend häufig bemerkt „Zeichnung unscharf“.

4. Die Syphilis des Kehlkopfes im Röntgenbild.

Über die Erscheinungen der Syphilis des Kehlkopfes im Röntgenbild kann ich mich kurz fassen. In unserem Klima ist ein stärkeres Befallensein

des Larynx von Syphilis keine sehr häufige Erscheinung, meistens kommen nur Schleimhautprozesse zur Beobachtung, die Geschwüre greifen nur selten auf den Knorpel über, nur bei Frauen, bei denen die luetischen Prozesse kaum Schmerzen machen, findet man in unserer Gegend in den untersten Schichten bisweilen tiefer gehende Larynxprozesse, sonst kommt es meist nur zu Prozessen in der Nase und im Rachen. Ich verfüge daher nur über ein sehr kleines Material. Meist handelt es sich um hereditäre Syphilis bei Kindern, wo die kalkarmen, zarten Knorpel überhaupt kaum auf der Platte erscheinen. Der Knorpel ist meist sekundär erkrankt bei tiefer gehenden Schleimhautprozessen; primäre Erkrankungen des Knorpels oder isolierte Kehlkopfgummata sind, wenigstens bei uns, große Seltenheiten, oder kommen nicht zum Halsarzt. Häufiger sah ich solche Fälle in den Wiener Kliniken und Polikliniken.

Bei Kachexie infolge von Lues könnten ja die von Schottelius beschriebenen Erscheinungen von Fettinfiltration sich finden. Ich habe darüber keine Erfahrungen. Fehlen Teile des Larynx, wie so häufig die Epiglottis, so wird man sie auch im Röntgenbild vermissen, so bei einem sehr kräftigen 20-jährigen Marinesoldaten, wo es zu einer Stenose des Larynx gekommen war. Die Epiglottis, die Spitzen der Aryknorpel und die Santorinischen Knorpeln waren durch den Prozeß eingeschmolzen und fehlten im Bilde. Da, wo die Kanüle lag, war eine bindegewebige Lücke, da Knorpel, der getrennt war, nie wieder knorpelig verwächst, sondern durch Bindegewebe ersetzt wird. Es fanden sich aber außerdem die von Hahn und Deycke (Ergänzungsband Nr. 14 der Fortschritte) bei Knochen und Knorpeln beschriebenen syphilitischen Veränderungen. Es sind dies meist Prozesse am Periost, einfache Periostitis und gummöse Periostitis. Bei der ersten Form kommt es erstens zur Bildung von Osteophyten, die verknöchern, und zweitens zu ausgedehnten Verknöcherungen, während sich bei der gummösen Form an der Peripherie der Herde Sklerosierungen, Hyperostosen und ebenfalls Osteophyten bilden, die alle Kalkeinlagerung enthalten und dementsprechend im Röntgenbild erscheinen. Meine Bilder, siehe Thost, Röntgenatlas, zeigen daher an den Knorpeln dunkle Kalkflecke, oft, so in Bild 6 Tafel IV des Atlas perlschnurartige, zackige Schattenflecke, wohl als Ausdruck von kleinen Osteophyten.

Hahn und Deycke haben hauptsächlich die Veränderungen am Knochen und am Skelett der Extremitäten untersucht, aber auch an den Knorpeln der im ganzen, wie sie berichten, selten befallenen Gelenke fanden sich Unebenheiten, Hyperplasien und Nekrosen, ähnlich wie bei der Arthritis deformans.

An den Knochen des Schädels manifestiert sich die Lues, wie ich nachtragsweise erwähnen möchte, in sehr charakteristischer Form; es kommt auch zur Bildung kleiner Gummata und zur Osteophytenbildung, wie das an der Stirn bei luetischer Erkrankung der Stirnhöhle zu sehen ist. Das ganze Bild zeichnet sich im Röntgenbild so deutlich und so charakteristisch ab, daß der geübte Untersucher bisweilen schon aus dem Röntgenbild solcher erkrankter Knochenpartien mit aller Bestimmtheit sagen kann: Hier liegt Lues vor.

Eine Erkrankung des Sternums durch Gummabildung, die sich gerade an diesem Knochen sehr häufig findet, würde in einer der Eppendorfer Silhouettenaufnahmen sehr deutlich erscheinen müssen. Leider war mein Material an Syphilis des Halses kein sehr reichliches.

5. Der Kehlkopfkrebs im Röntgenbild.

Der Kehlkopfkrebs entwickelt sich entweder innerhalb des Larynx und beginnt dann meist an den Stimmbändern, oder er beginnt an der Außenseite

des Larynx und greift auf das Innere des Larynx über. Die letzteren Fälle überwiegen, namentlich sind die Krebse, die vom Sinus pyriformis ausgehen, besonders häufig. Der Schildknorpel, der sich wie ein Schild vor den eigentlichen Stimmapparat, der in der Hauptsache an den Ring- und Aryknorpeln befestigt ist, legt, ist an seiner Innenfläche, mit der er die Außenwand der Bucht des Sinus pyriformis bilden hilft, fast nur von Schleimhaut bedeckt.

In dem Sack, den die Schleimhaut dort bildet, und der sehr reich an Drüsen ist, entwickeln sich mit Vorliebe Karzinome. Dieselben machen an dieser versteckten Stelle zunächst wenig Beschwerden und bleiben oft lange unentdeckt bis die relativ dünne Mukosa durchbrochen wird, und der Tumor auf den Knorpel übergeht, die Tumormassen wachsen dann rasch auch am Aryknorpel in die Höhe nach dem Larynxeingang zu und machen die ersten Beschwerden, wenn man nicht durch gleichzeitige, fast nie fehlende, steinharte Drüsenmetastasen an der betreffenden Halsseite schon auf den Tumor aufmerksam gemacht worden war. Die Tumormassen wachsen immer in der Richtung, wo sie am wenigsten Widerstand finden, also hier nach der Mundhöhle zu, und bilden oft große, bis pflaumengroße Tumoren, die sich über den Kehlkopfeingang legen, bis der Tumor zerfällt, und man dann große, graue, jauchige Geschwüre im Spiegel sieht, die die ursprüngliche Form der Teile kaum noch erkennen lassen.

Die gleichzeitigen großen, steinharten Drüsenpakete außen am Hals, die fast nie fehlen, machen dem Erfahrenen die Diagnose zwar sofort klar, eine Probeexzision sichert in zweifelhaften Fällen, wo an Lues oder Tuberkulose oder einen anderen Tumor gedacht werden könnte, die Diagnose noch weiter, aber auch das Röntgenbild, diese so schonende, leicht zu beschaffende Untersuchungsmethode gibt uns da, wo der Blick mit dem Spiegel wegen der Tumormassen nicht mehr hindringen kann, einen sicheren Aufschluß über die Natur, besonders aber über den Ausgangspunkt der Erkrankung.

Die Tumormassen, die in die lufthaltigen Räume des Pharynx hineinwachsen, sieht man deutlich als gleichmäßige Schatten, die Reste der Knorpel darin als dunklere Partien; wird der Kehldeckel ergriffen oder teilweise zerfressen, so sieht man die Kontur desselben entsprechend verändert, vor allem aber sieht man bei den Sinus pyriformis-Krebsen sehr scharf und deutlich die Veränderungen, die das vordringende Karzinom an diesem Knorpel setzt. Solange das Karzinom nicht zerfällt, umwächst es einfach den Knorpel, man findet dann den Knorpel fast unverändert in der Geschwulstmasse, so namentlich die Trachealringe. Im Röntgenbild ist dann deutlich der weichere Tumorschatten und in diesem Schatten der härtere Schatten der Knorpel erkennbar, besonders wenn der betreffende Knorpelabschnitt Kalk enthält, also um so deutlicher, je älter das Individuum ist.

Die Krebsmasse wächst aber, wenn es sich um markraumhaltige Knorpelpartien mit Blutgefäßen handelt, direkt in die Markräume hinein, besonders wenn der Tumor, wie später immer, zerfällt und ulzeriert.

So wird zuerst der verknöcherte Knorpel, dann aber auch das Knorpelgewebe selbst verändert, erst die Knorpelgrundsubstanz, dann die Zellen. Es kommt, darauf weist Schottelius besonders hin, zur Bildung von neuem Knorpel und Knochengewebe appositionell vom Perichondrium her und intrakartilaginär durch Zellbildung fertiger Knorpelzellen. Es bildet sich also einerseits neuer Knorpel, neuer Knochen, andererseits zerfällt Knorpel und Knochengewebe durch Hineinwuchern und späteren Zerfall von Krebsmassen. Es wird also an einigen Stellen Kalk aufgelöst und resorbiert, an anderen Stellen

setzt sich in Form von Knorpel und Knochen neuer Kalk an. Selbstverständlich zeichnet sich das in guten Aufnahmen auf der Platte ab, und zwar in Form einer gekörnten Figur, die neben dunklen Kalkflecken, helle Flecke, wo der Kalk aufgelöst wurde, zeigt. So entsteht die für Karzinom charakteristische Figur, wie sie in ausgezeichneter Weise auf Tafel II Bild 3 und 4 erscheint. Man sieht dann die ursprüngliche Kontur des Schildknorpels mit dem stark verknöcherten unteren Horn, und von da fächerförmig sich ausbreitend den gekörnten Schatten der Schildknorpelplatte. Darüber oft den zarten, weichen Tumorschatten. Solche Figuren finden sich nie bei Tuberkulose oder bei Lues, und der geübte Untersucher erkennt dann im Röntgenbild unterhalb des Tumors die ursprüngliche Knorpelbasis der Neubildung, die dem Auge beim Einblick in die Mundhöhle durch die darüberliegende Geschwulst entzogen ist. So leistet hier das Röntgenbild für die Diagnose eine Hilfe, die man früher nicht besaß, und beweist dadurch, eine wie schätzenswerte Bereicherung für die Diagnose auch beim Larynxkrebs Röntgenaufnahmen vom Kehlkopf darstellen.

Schwerer zu beurteilen sind Platten von sehr weichen Krebsen, die den Knorpel rasch durchwachsen und zerstören, und die rasch zerfallen. Es kommt dann nur andeutungsweise zur Neubildung von Knorpel und Knochengewebe, und die Bilder erinnern dann eher an die matten Bilder von tuberkulösen Kehlköpfen. In meinem Atlas findet sich auf Tafel VII Abb. 1 ein solcher Fall. Durch die den Knorpel umwachsenden Tumormassen ist aber auch das Zungenbein und selbst die Halswirbelsäule so verschleiert, daß man schon daraus ersieht, daß es sich hier nicht um Tuberkulose handeln kann.

Auf derselben Tafel findet man das Bild, das auch in diesem Werke Tafel II Bild 5 abgebildet ist, wo ein deutlich gekörntes Karzinom des Larynx auf die Halswirbelsäule übergreift und dort in charakteristischer Form die Halswirbelsäule verändert hat. Ein Blick auf das Bild erklärt alles besser als eine lange Beschreibung. In einem anderen Falle sah ich unterhalb des Haupttumors einen zweiten isolierten Knoten tiefer im Ösophagus, der die Trachea umwuchs und bei der Operation gefunden wurde. Die Diagnose dieses zweiten, durch den oberen Tumor verdeckten Karzinomknotens war auch nur durch das Röntgenbild möglich.

Das Karzinom macht also am Knorpel charakteristische Veränderungen, die im Röntgenbild als eigentümlich gekörnte Schatten, als hellere und dunklere Flecke darstellbar sind, die weichen Tumoren zeichnen sich ab, besonders wo sie in die sonst lufthaltige Rachenhöhle hineinwachsen, Substanzverluste an der Epiglottis, den Larynxknorpeln und der Wirbelsäule sind mit großer Deutlichkeit im Röntgenbild zu sehen, Metastasen in tieferen Teilen erkennt man auf der Platte, wo mehr weiche Krebse Knorpelteile umwachsen, erscheinen die Konturen derselben verschleiert.

6. Kleinere, meist gutartige Tumoren des Kehlkopfes im Röntgenbild.

Bei der Besprechung des normalen Kehlkopfbildes habe ich ziemlich ausführlich das Bild beschrieben, das der Sinus Morgagni als helle, scharf konturierte Figur auf der Röntgenplatte ergibt. Die untere gerade Linie dieses Hohlraums wird durch den freien Rand der wahren Stimmbänder gebildet. Jede Veränderung an dieser freien Linie kann sich da, wo der Sinus scharf sich abzeichnet, also besonders bei jugendlichen Individuen mit noch wenig verknöcherten Knorpeln im Röntgenbild darstellen, oft kaum linsengroße

härtere Tumoren. So konnte ich ein apfelsinenkerngroßes, sehr hartes Fibrom im vordersten Abschnitt des rechten Stimmbandes als deutlichen kleineren Schatten an der betreffenden Stelle des Sinus Morgagni bei einer rechtsseitigen Aufnahme darstellen. Siehe meinen Atlas Tafel VIII Nr. 5. Ebenso zeichnen sich harte Stimmbandpapillome, die das Stimmband in eine mehr walzenförmige dicke Leiste umwandeln, überall da ab, wo die Aufnahme den Sinus Morgagni deutlich wiedergibt. Wenn aus irgend einem Grunde der Einblick in den Larynx unmöglich ist, ist auch in diesen Fällen das Röntgenbild für die Diagnose nicht ohne Wert. Für gewöhnlich wird man allerdings die Diagnose am sichersten durch den Spiegel und die Probeexzision stellen, aber solche Bilder beweisen die Leistungsfähigkeit der Röntgendarstellung.

7. Traumen des Larynx im Röntgenbild.

Traumen des Larynx sind wahrscheinlich häufiger als man annimmt. In England, wo das Boxen nicht nur in den untersten Schichten beim Austrag von Streitigkeiten eine so große Rolle spielt, fand Lane in 9% der untersuchten Leichen Kehlkopffrakturen. Namentlich die stark verknöcherten Knorpel älterer Leute bekommen bei Schlägen und Stößen gegen den Hals leicht Frakturen. Ob sie sich im Röntgenbild nachweisen lassen, weiß ich nicht, möchte es aber glauben. Jedenfalls kann man die so häufig nach Experimenten, die Scheier an der Leiche machte, gefundenen Frakturen und Dislokationen der oberen Schildknorpelhörner im Röntgenbild darstellen und diagnostizieren.

Prof. v. Eicken, Gießen, schickte mir vor kurzem das Röntgenbild eines Patienten, den eine Kuh mit dem Horn gegen den Larynx gestoßen hatte. Man erkannte auf dem Bild mit aller Deutlichkeit die Dislokation des Ringknorpels in seinem Verhältnis zum Schildknorpel.

Kommt es infolge von Traumen zu perichondritischen Entzündungen, so lassen sich auch diese auf guten Aufnahmen zur deutlichen Darstellung bringen. Tafel I Bild 5 ist ein deutlicher Beweis dafür. Es stellt den Larynx eines 18jährigen Mannes dar, der beim Reinigen der Zähne mit einem scharfen Holzspan, den er von einer Zündholzschachtel abgebrochen hatte, diesen plötzlich verschluckte. Der Holzspan selbst wurde mit ziemlicher Mühe per vias naturales entfernt, es kam aber zu einer heftigen phlegmonösen Entzündung und Perichondritis von der verunreinigten Wunde aus. Als der Mann vier Monate später mit Heiserkeit und Atemnot ins Eppendorfer Krankenhaus kam, war der Kehlkopfeingang so ödematös, daß ein Einblick in den Kehlkopf unmöglich war. Das Röntgenbild zeigte die ödematöse Stelle auf der Platte dunkel, also durchleuchtet, nur waren die Konturen von Epiglottis und Zungenbein leicht verwischt, Reste des Fremdkörpers waren nicht zu sehen. Da es sich evtl. um Holzstücke gehandelt hätte, war das nicht beweisend. Aber man durfte ein seröses Ödem nach der leichten Durchstrahlungsfähigkeit annehmen. Dagegen zeichnete sich sehr deutlich als solider Schatten der perichondritische Prozeß an der Ringknorpelplatte und den beiden Aryknorpeln ab. Ein dunkler Schatten mit abgerundeten Konturen nahm diese Stelle ein und erstreckte sich von der Rückwand des Larynx aus weit nach vorn in das Lumen des Larynx und der Trachea, dasselbe stark verengend. Diese Details waren unmöglich bei dem durch Ödem verlegten Larynxeingang zu erkennen; das Röntgenbild ermöglichte aber die exakte Diagnose einer Perichondritis des Ringknorpels und der Aryknorpel mit starker (eitriger?) Infiltration der Gewebe. Als unter entsprechender Behandlung die Infiltration zurückging, konnte man das ebenfalls im Röntgenbild mit aller Schärfe

darstellen, und nach Schwund des Ödems mit dem Spiegel die Diagnose bestätigen.

8. Die Larynx- und Trachealstenosen im Röntgenbild.

Die ersten Kehlkopfaufnahmen bei Lebenden hatte ich gemacht, zunächst um die Lage von Kanülen und Dilatationsinstrumenten bei Stenosen zu studieren, dann, als ich feinere Aufnahmen zu machen gelernt, um die Veränderungen am Larynx und der Trachea selbst genauer zu erkennen. In meiner Monographie: Die Verengerungen der oberen Luftwege nach dem Luftröhrenschnitt (Wiesbaden: Bergmann 1911) findet sich im Kapitel VI ein längerer Abschnitt über die Untersuchungen der Larynx- und Trachealstenosen mit Röntgenstrahlen. Auf der beigegebenen Tafel sind vier Fälle abgebildet, die die erhobenen Befunde sehr gut erkennen lassen. Im ganzen wurden 20 Stenosenfälle photographiert. Die meisten Fälle betrafen junge Kinder mit Stenosen nach Diphtherie, bei denen die Knorpel im Bild sich kaum abzeichneten. Aber man erkennt doch bei Kindern sehr deutlich die Luftröhre als lufthaltigen, auf der Platte dunkel erscheinenden Kanal. Siehe Tafel II Bild 1.

Ist nun die Luftröhre verengert, so erscheint der gleichmäßige helle Streifen an der betreffenden Stelle plötzlich oder allmählich dünner, enger, wie sehr schön in Tafel II Bild 1 zu erkennen ist. Das Röntgenbild ermöglicht es also gerade bei Kindern, den Sitz und den Grad der Verengung in aller Präzision darzustellen, das leistet keine andere Untersuchungsmethode. Bei den Kindern und Erwachsenen mit Stenosen war aber auch am Knorpel operiert worden, es war Tracheotomie gemacht, Laryngofissuren, zum Teil wiederholte Laryngofissuren. Knorpel heilt, ganz seltene Fälle ausgenommen, nicht wieder zusammen, sondern wird durch Bindegewebe ersetzt. Wo sich daher auf der Platte die Knorpel abzeichnen, kann man auch die Lücken im Knorpel erkennen; der Tracheotomiekanal, namentlich in den Stenosefällen, in denen die Kanülen Wochen, Monate, oft Jahre gelegen hatten, zeichnet sich immer als heller Streifen in dem Knorpel ab, bei Kindern mit zartem Knorpel leicht angedeutet, bei Erwachsenen mit kalkreicherem Knorpel sehr scharf im Kontrast (siehe Tafel I Bild 6).

Nun bildet sich in der Nähe von Knorpelgewebe, wenn ein pathologischer Reiz einwirkt, im Bindegewebe leicht neuer Knorpel, ja selbst Knochen. Bei Operation von Stenosen findet man oft mitten im Bindegewebe einen Knorpel oder Knochenkern. Solche Kerne sind entweder abgesprengte, bei der Tracheotomie und Laryngofissur verlagerte Knorpel und Knochenteilchen, oder auch neugebildeter Knorpel und Knochen.

So fand ich fast regelmäßig da, wo der Reiz und Druck der Kanüle eingewirkt hatte, selbst bei jungen Kindern, bei denen der Knorpel sich noch nicht abzeichnete, kalkhaltigen Knorpel oder Knochen, oder Bindegewebe, das mit Kalk imprägniert war. Dieser Befund ist deshalb so wichtig, weil er den natürlichen Heilungsvorgang bei Stenosen ins richtige Licht stellt. Die Natur, die Magna sanatrix, sucht dadurch das zu ersetzen, was bei der Erkrankung und bei der Operation verloren ging und fallen mußte. Die erweichte, durch Granulationen zerstörte Trachea an der Tracheotomiestelle wurde durch Deposition von Kalk wieder fest und widerstandsfähig, besonders da, wo die Kanüle gedrückt hatte, wo eine Öffnung war. Und so erwies sich die Idee als richtig, die Leopold v. Schrötter und andere vor mir gehabt, und die ich bei meiner Dilatationsmethode zur Heilung chronischer Stenosen hauptsächlich mit bestem Erfolge mitbenützte, durch Druck solider Bolzen die

erweichte und zerstörte Trachealstelle zur Bindegewebsbildung und Kalkablagerung anzuregen und so dem neugebildeten Kanal auch die nötige Festigkeit zu geben. Allerdings braucht das Zeit und von seiten des Patienten und Arztes Geduld, aber es führt zum Ziel.

Das Röntgenbild ist nun auch für diese Vorgänge fast die einzige Methode, die zum richtigen Erkennen führt, denn diese Dinge spielen sich in der Tiefe ab und sind nicht zu erkennen, wenn man mit Spiegel oder Bronchoskop beleuchtet, sondern wenn man die Gewebe mit Strahlen durchleuchtet, und das Bild auf der Platte fixiert.

Das Bild eines 67jährigen Mannes, der infolge eines vor 19 Jahren überstandenen Typhus mit ausgedehnten Knochen- und Knorpelnekrosen eine Stenose erworben, der 10 $\frac{1}{2}$ Monate Kanüle getragen und 7 Monate lang mit Bolzen und Schrötterschen Röhren dilatiert und geheilt wurde, zeigt alle diese Knorpel- und Knochenveränderungen in der klarsten Weise. Man kann gewissermaßen aus dem Röntgenbild die ganze Krankengeschichte ablesen und kontrollieren. Der Fall ist als Fall 6 in meinen „Verengerungen der oberen Luftwege“ ausführlich mitgeteilt und hier als Fall Bild 6 Tafel I abgebildet.

Ich komme bei der Besprechung der Veränderungen an der Halswirbelsäule noch darauf zurück. Wenn man alle Details auf der photographischen Platte sehen will, muß man dieselbe bei ganz scharfer Beleuchtung, am besten bei hellem Sonnenlicht betrachten, man sieht dann doppelt so viel.

9. Die Gicht des Larynx im Röntgenbild.

Seitdem man weiß, daß Stoffwechselkrankheiten auch auf den Schleimhäuten häufiger Erscheinungen machen, als man früher glaubte, hat man die Gicht mit ihren Depots in fast allen Gelenken auch mit Röntgenstrahlen untersucht und an Knochen und Gelenken nachweisen können.

Es war in den Ländern, wo Gicht häufig und exzessiv vorkommt, schon längst bekannt, daß auch die kleinen Gelenke am Kehlkopf von Gicht befallen werden und einzelne seltene von Gicht des Cricoarytänoidgelenkes sind schon aus der Zeit vor der Röntgenära bekannt gewesen. Ich habe auf die Gicht in den oberen Luftwegen seit Jahren besonders geachtet und meine Beobachtungen 1912 in Fränkels Archiv, Band 26, veröffentlicht.

Bei der geringen Ausdehnung der Prozesse, die meist im höheren Alter, wo die Larynxknorpel so wie so stärker verkalkt sind, auftreten, ist der Befund auf der Röntgenplatte allerdings nicht immer eindeutig, aber in den Fällen, wo ich Gicht klinisch und mit dem Spiegel sicher nachgewiesen hatte, ist es mir gelungen, auch im Röntgenbild die stärkere einseitige Kalkinfiltration des einen Cricoarytänoidgelenkes auf der Platte darzustellen (siehe meinen Atlas, Tafel VIII, Abb. 2 und 4).

In allen Fällen ausgeprägter Gicht vermißte ich nie eine stark ausgeprägte Verkalkung des Bandapparates und der Zwischenwirbelscheiben der Halswirbelsäule.

Da es bei einseitiger Erkrankung des Gelenks zwischen Ring- und Aryknorpel darauf ankommt, beide Seiten zu vergleichen, ist hier die von Aurelius Rethi (Deutsche med. Wochenschr. 1912. Nr. 41) angegebene Methode, Röntgenaufnahmen vom Kehlkopf zu machen, vielleicht zu verwenden. Rethi führt Films, in wasserdichtes Papier verpackt, hinter den Kehlkopf in den Ösophaguseingang und durchstrahlt von vorne. Auf diesen Films lassen sich die beiden Aryknorpel nebeneinander gut darstellen.

10. Der chronische Schleimhautpemphigus im Röntgenbild.

Um bei selteneren Larynxerkrankungen, die sich auf der Schleimhaut abspielen, zu entscheiden, ob der Prozeß auch auf den Knorpel übergeht, kann das Röntgenbild schon am Lebenden gelegentlich einen wichtigen Aufschluß und Beitrag zum Verständnis des pathologischen Prozesses geben. Ein seltener Fall von chronischem Schleimhautpemphigus des Larynx bei einem 75jährigen Patienten, den ich auf dem III. Internationalen Laryngorhinologenkongreß in Berlin vorgestellt und in Fränkels Archiv, Band 25, veröffentlicht habe, kann als Beispiel dienen. Ich habe ihn deshalb in Tafel II Bild 2 abgebildet.

Der eigentümliche und seltene Krankheitsprozeß hat die Conjunctivae beider Augen befallen, das eine Auge fast völlig zerstört und auch auf der Schleimhaut der oberen Luftwege vielfach zu Verwachsungen und narbigen Verkürzungen der Schleimhaut geführt. Die Epiglottis findet sich in einen kurzen Stummel verwandelt, wie das bei dem alten Patienten mit zahlosem, atrophischem Unterkiefer sehr schön zu sehen ist.

Durch das Röntgenbild konnte ich hier beweisen, daß der Prozeß sich nicht auf die Schleimhaut beschränkt, sondern auch den Knorpel zur Atrophie gebracht hat (siehe Tafel II Bild 2).

11. Die Halswirbelsäule im Röntgenbild.

Wenn die Röntgenaufnahmen des Halses und des Kehlkopfes weiter nichts ergeben hätten, als eine genaue Darstellung der Verhältnisse der Halswirbelsäule zu ermöglichen, würde sich die Mühe schon reichlich lohnen. Ja, ich schätze diese Möglichkeit so hoch für die Diagnose der Erkrankungen der Halswirbelsäule ein, daß ich sie mit für die wichtigste Errungenschaft der neuen Methode halte.

Es handelt sich ja hier um einen Teil des Halses, den wir mit dem Spiegel fast gar nicht sehen, und der auch mit dem tastenden Finger wegen der tiefen Lage zwischen fest angehefteten starken Sehnen, Muskeln und Bändern kaum erreichbar ist.

Und doch finden sich an der Halswirbelsäule so häufig Veränderungen, die auch „Halsbeschwerden“ machen, für die nur das Röntgenbild eine volle und befriedigende Aufklärung gibt. Ich konnte zu meiner Freude in einigen Fällen von unaufgeklärten Halsbeschwerden, wo die Diagnose über den vagen Ausdruck „nervöse Beschwerden“ nicht hinauskommen wollte, mit aller Klarheit feststellen, daß es sich hier um feinere oder gröbere Veränderungen an der Halswirbelsäule und deren Bandapparat handelte. Für die Therapie ergab sich dabei allerdings nur wenig, am meisten noch bei der Wahrscheinlichkeitsdiagnose, Gicht der Halswirbelsäule, von der ich schon oben sprach. Die schweren Veränderungen am Knochen, Karies der Wirbelkörper, Geschwülste der Wirbelsäule mit den folgenschweren Kompressionserscheinungen, tuberkulöse Prozesse, Metastasen maligner Geschwülste (siehe die Metastase von Karzinom auf der Tafel II Bild 5 dieser Arbeit), tiefgreifende Luesprozesse mit Sequesterbildung zeichnen sich mit aller Schärfe ab. Sie sind von Chirurgen häufig abgebildet und in den Fortschritten in zahlreichen Fällen publiziert. Dr. Oehlecker hat solche Fälle und auch gute Bilder von Frakturen der Wirbelsäule in den Fortschritten, Band XIX, beschrieben und dabei die großen Vorteile der Eppendorfer Silhouettenaufnahmen besprochen. Solche Fälle kommen seltener zum Halsarzt.

Aber auch feinere Veränderungen, die man bisher nicht beachtete, und die häufiger in die Sprechstunde der Spezialisten kommen, lassen sich im

Röntgenbild darstellen. Auf Tafel II Bild 6 bringe ich das Larynxbild einer 30jährigen Dame, welche ständig über Hals- und Schluckschmerzen klagte, die nur ganz selten kurze Zeit verschwanden. Es wurde von einem Magenspezialisten ein krankhafter Zustand des Ösophaguseingangs angenommen, von den meisten behandelnden Ärzten jedoch bei der abgemagerten, in drückenden Verhältnissen lebenden Patientin, die Klavier- und Gesangsunterricht gab, die Diagnose auf Nervosität gestellt. Das Röntgenbild ergab nun einen fast völlig normalen Larynx mit gutem hellen Sinus Morgagni. Der hintere Rand und das untere Horn des Schildknorpels, wo die Verknöcherung bei Frauen beginnt, war vielleicht etwas stark ausgeprägt verknöchert. Aber an der Halswirbelsäule fand sich genau gegenüber dem verknöcherten Rand des Schildknorpels am IV. Wirbelkörper ein zackenförmiger Randwulst, der wie eine Spina vorsprang. Der betreffende Halswirbelkörper war sonst wie alle übrigen scharf konturiert auf der Platte gezeichnet, ebenso klar und deutlich die Zwischenwirbelscheiben. Der spinaähnliche Vorsprung des Wirbelkörpers war ebenfalls deutlich in der Kontur. Die übrigen Wirbelkörper darüber und darunter waren normal. Zwischen diesem Vorsprung des vierten Wirbelkörpers und dem daran beim Schluckakt vorbeigleitenden Schildknorpelrand fand sich ein kleiner versprengter Knochenkern, der bei guter Beleuchtung auf der Tafel II Bild 6 klar zu sehen ist. Wurde diese Stelle vom Mund aus mit der Sonde berührt, so wurde sie als der Sitz der geklagten Schmerzen mit aller Bestimmtheit angegeben.

Es handelte sich also hier um einen chronischen oder besser abgeheilten Wirbelprozeß, der vielleicht schon in der Kindheit bestand. Man könnte an die Residuen eines Retropharyngealabszesses denken, vielleicht an eine Arthritis oder auch an Gicht. Jedenfalls hat sich hier ein Kalkdepot gebildet. Als nun der Larynx, dem Alter entsprechend, verknöcherte, kam es zu einem ständigen Druck an jener vorspringenden Wirbelkante und an dem Knochenkern an dem vorderen Bandapparat der Wirbelsäule, und der Druck erzeugt den ständigen Schmerz beim Schlucken und längeren Sprechen. Der Grund der nervösen Beschwerden wurde in diesem Fall durch das Röntgenbild aufgedeckt.

Einen ganz ähnlichen Fall, auch bei einer Frau, fand ich bald nach diesem ersten. Ähnliche Veränderungen an der Wirbelsäule bei gleichzeitiger starker Verknöcherung des Larynx bei einem 44jährigen Mann, der seit Jahren wegen Karzinomphobie zu mir kam. Alte Patienten kommen oft wegen Karzinomfurcht, das Röntgenbild zeigt dann häufig ähnliche Randwülste der Wirbelsäule, wie sie sich isoliert an dem einen Wirbelkörper der 30jährigen Gesangslehrerin fanden. Billroth hat diese Form der Arthritis im Alter beschrieben und gibt die interessante Tatsache an, daß solche Wirbelprozesse sich bei Frauen in monartikulärer Form auch schon im jugendlichen Alter finden.

Man sieht daraus wieder, ähnlich wie bei der Tuberkulose, daß es der Röntgenologie vorbehalten war, schon im Leben diejenigen pathologischen Prozesse zu erkennen, die bisher makroskopisch nur an der Leiche und mit dem Mikroskop erkannt werden konnten.

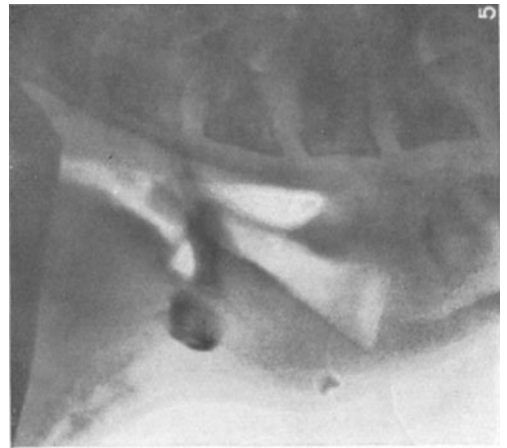
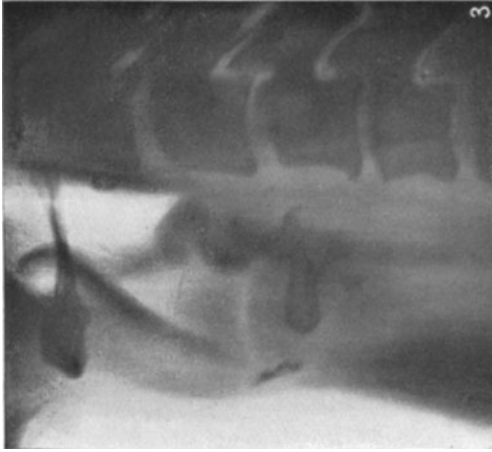
Da Sänger meist stärkere Verkalkungen zeigen als Ausdruck der stärkeren Muskelaktion und des stärkeren Gebrauches des Organs, erklärt es sich, daß dieselben häufig Halsbeschwerden haben. In ausgesprochenen Fällen findet sich dann auch die Halswirbelsäule und der Bandapparat stärker und frühzeitiger verkalkt. Als Beispiel diene Tafel I Bild 1, wo ein bekannter Schauspieler, der auffallend häufig Unbequemlichkeiten im Hals klagt, an der Wirbelsäule und am Larynx Veränderungen zeigt.

Der Fall Tafel I Bild 6 mit Stenose nach Typhus, der während des Typhus am harten Gaumen, am Larynx und anderen Stellen des Skeletts Nekrosen der Knorpel und Knochen hatte, zeigt exquisite Veränderungen der Halswirbelsäule. Ob hier die Veränderungen an den Wirbelkörpern, die brücken- oder spangenförmigen Kalkschatten, welche die einzelnen Wirbelkörper verbinden, Alterserscheinungen sind oder durch den überstandenen Typhusprozeß verursacht wurden, ist nicht zu entscheiden.

Es finden sich diese brückenartigen Spangen vorn an den Wirbelkörpern häufig bei alten Leuten, besonders ausgeprägt auch bei dem 79jährigen Pemphiguspatienten, Tafel II Bild 2 und sind offenbar den meisten Formen von Arthritis gemeinsam.

Jedenfalls findet sich hier an der Halswirbelsäule noch ein reiches Feld für die Untersuchung mit Röntgenstrahlen, die berufen zu sein scheint, auch gerade für den Halsarzt noch eine Fülle von interessanten Befunden und manche wichtige Aufklärung für die Diagnose ans Tageslicht zu bringen.

Tafel I.



Erklärung zu Tafel I.

Die Röntgenbilder müssen bei sehr heller Beleuchtung, am besten bei Sonnenlicht, betrachtet werden, dann geben sie alle Einzelheiten wieder.

Bild 1. Schauspieler, 47 Jahre. Sonores, schönes Organ. Leidet viel an Katarrhen und Beschwerden. Zungenbeinkörper sehr kompakt. Verknöcherung sehr hochgradig. Am Pomum Adami solider Knochenkern. Vorderer Schildknorpelkante scharf gezeichnet. Untere Schildknorpelkante und Ringknorpel stark verkalkt, fast ebenso hochgradig die hintere Schildknorpelkante. An der Halswirbelsäule zeigen die Basis des 5. und obere Platte und Basis des 6. Halswirbels starke Prominenzen, da wo der Larynx beim Heben und Senken an der Wirbelsäule sich reibt.

Bild 2. Frau, 24 Jahre. Kehlkopf tuberkulose im hinteren Kehlkopfabschnitt. Vorderer Abschnitt war frei. Sinus Morgagni noch erkennbar. Die Konturen des infiltrierten Aryknorpels zeichnen sich scharf ab, in dieser mehr diffus getrübbten Partie die dunkleren verknöcherten Unterhörner und der hintere Schildknorpelrand.

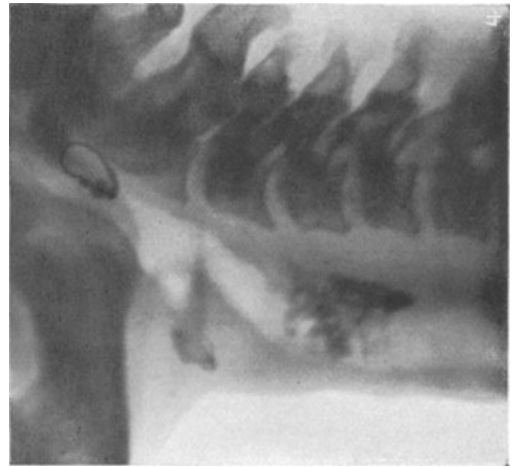
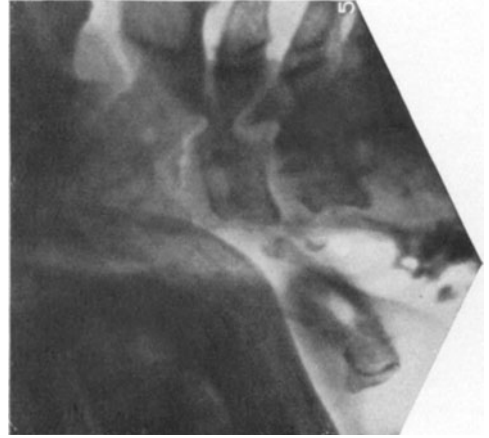
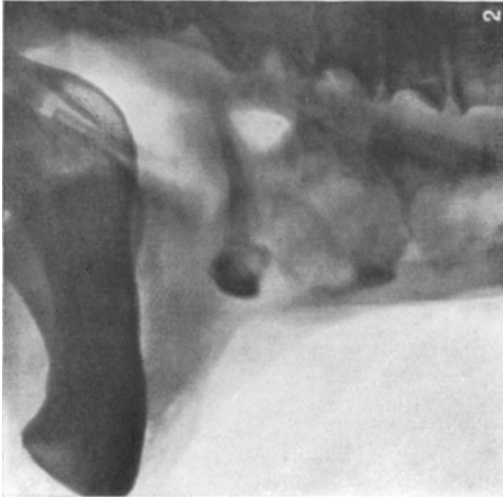
Bild 3. Frau, 38 Jahre. Kehlkopftuberkulose. Hinterer Larynxabschnitt, besonders aber die aryepiglottische Falte infiltriert, als diffuser matter Schatten zu sehen. Verknöcherung für das Alter sehr hochgradig. Vorderer Abschnitt frei. Zungenbein, schön geschwungene Epiglottitis, Sinus Morgagni scharf gezeichnet.

Bild 4. Mann, 39 Jahre. Lupus an der Spitze des Kehledeckels. Im Bild: Breite Infiltration des Kehledeckels bis herab zum Pediolus. Verknöcherung für das Alter sehr ausgeprägt, fester Knochenkern am vorderen Rand des Ringknorpels. Vorderer Abschnitt des Larynx mehr diffuse und matte Trübung. Im Gegensatz dazu Arygegend hell und durchsichtig. Klinisch fast gar keine Beschwerden.

Bild 5. Mann, 18 Jahre. Perichondritis nach Trauma durch Fremdkörper. Patient hatte beim Zahnreinigen einen langen Holzspan verschluckt. Entfernung desselben vom Mund aus. Danach Husten, Heiserkeit, Atemnot. Im Spiegel Ödem des Aryknorpels. Perichondritis. Röntgenbild: Zungenbein und Epiglottitis verschwommen. (Ödem.) Die (Gegend des Aryknorpels nimmt ein rundlicher Tumor ein, der sich weit gegen das Lumen von Larynx und Trachea vorwölbt, auch den Ösophagus komprimiert und gegen die aryepiglottische Falte nach oben spitz ausläuft. Fremdkörper nicht zu sehen (Holz!). Ein später angefertigtes Röntgenbild zeigt den Tumor wesentlich kleiner.

Bild 6. Mann, 67 Jahre. Perichondritis und Stenose nach Ileotyphus mit ausgedehnten Knorpel- und Knochennekrosen. An der Halswirbelsäule zwischen 4. und 5. Halswirbel eine Knochenverwachsung und Spange, vielleicht Reste des Dekubitus während des Typhus und Ursache der gleichzeitigen Ösophagusstenose. Epiglottitis und Aryknorpel fehlen zum Teil. Die starke Stenose wurde monatelang dilatiert. (Siehe Thost: Verengerungen der oberen Luftwege, Fall 6.) Über der Trachealöffnung, die Kanüle lag 11 Monate, ein neugebildeter Knochenkern. Alter Tracheotomiekanal erscheint hell, da Knorpel nicht wieder zusammenwächst, sondern durch Bindegewebe ersetzt wird.

Tafel II.



Erklärung zu Tafel II.

Die Röntgenbilder müssen bei sehr heller Beleuchtung, am besten bei Sonnenlicht, betrachtet werden, dann geben sie alle Einzelheiten wieder.

Bild 1. 12jähriger Knabe. Larynxstenose nach Diphtherie. Tracheotomie vor acht Jahren. Dilatationsbehandlung neun Monate. Dekanulment. Röntgenbild. Vom Zungenbein nur der Körper verknöchert, die Hörner nur schwach angedeutet. Sehr schön ist die Verengerung des Tracheallumens zu sehen. Kleine zackige Verkalkungsfigur über dem alten Tracheotomiekanal, da wo die Kanüle drückte. Tracheotomiekanal (bindegewebig) als helle Stelle zu sehen. Sinus Morgagni fehlt. Die feste Hautnarbe (mehrfache Plastik) markiert sich als dunklerer Schatten.

Bild 2. 75jähriger Mann. Chronischer Schleimhautempyem des Kehlkopfingangs. Seltener Fall, beschrieben in Fränkels Archiv für Laryngologie Bd. 25, Heft 3. Eigentümlicher Schrumpfsprozeß an den Augen und der Schleimhaut der oberen Luftwege. Die Epiglottis ist dadurch in einen kurzen Stummel verwandelt. Ob der Prozeß auch den Knorpel befallt, wurde erst durch das Röntgenbild im bejahenden Sinne entschieden. Das Halsskelett zeigt im Röntgenbild die Zeichen des hohen Alters: Zahnloser atrophischer Unterkiefer. Starke Verknöcherung des ganzen Schildknorpels. Flache Wirbelkörper mit starken Randwulsten und brückenartigen Verwachsungen der einzelnen Wirbelkörper.

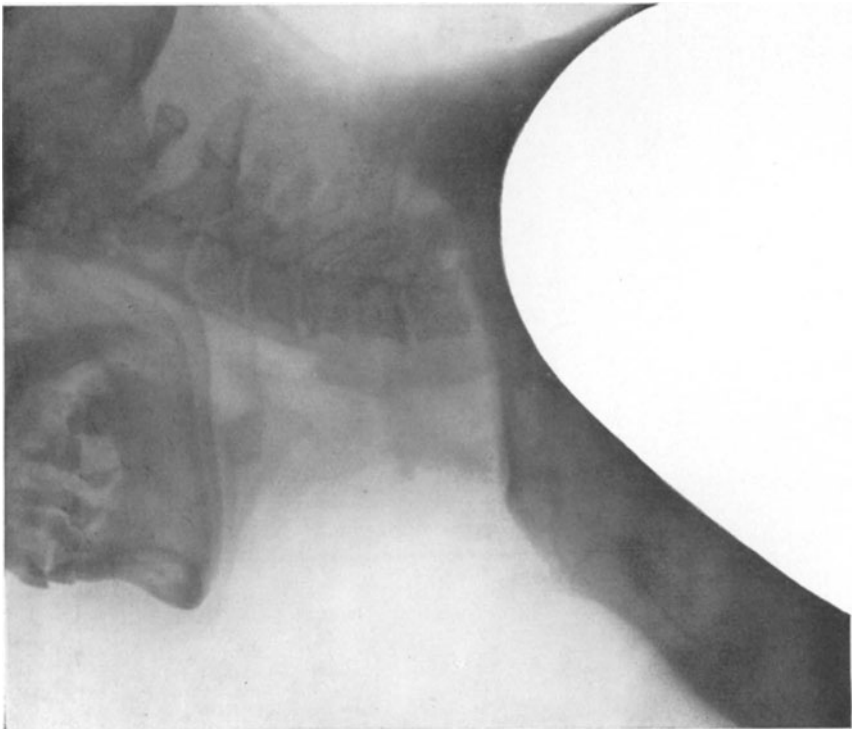
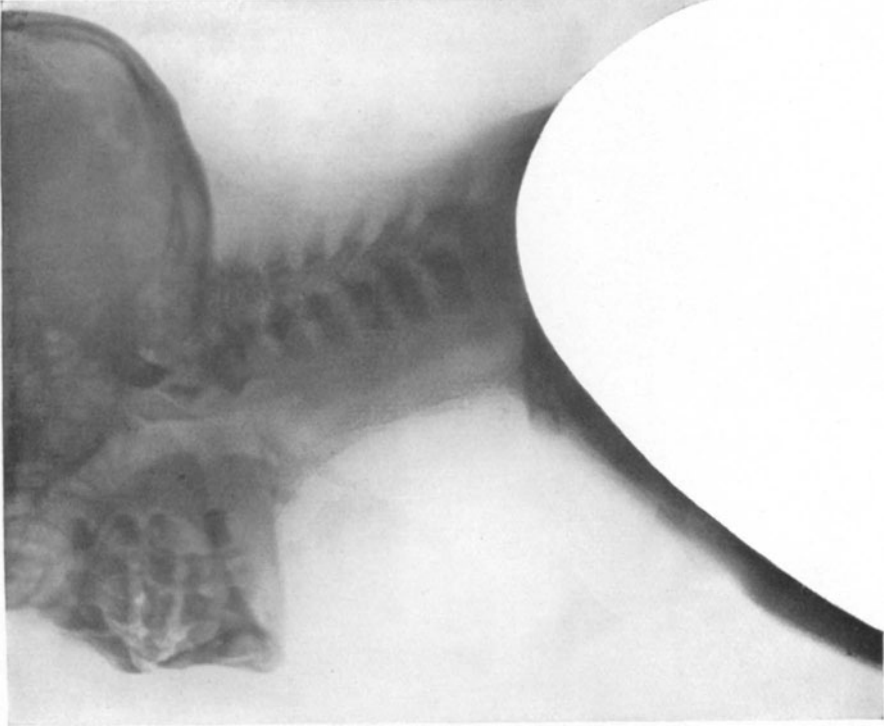
Bild 3. 34jährige Frau. Karzinom des Larynx. Sinus pyriformis-Krebs. Atemnot, Schluckbeschwerden. Im Spiegel Epiglottis frei. Einblick in den Larynx durch walnußgroßen Tumor verhindert. Eine zweite größere Geschwulstmasse wölbt sich aus dem Ösophagus hervor. Der Prozeß besteht seit fast einem Jahr. Röntgenbild: Die für Sinus pyriformis-Krebs charakteristische gekörnte Verknöcherungsfigur. Oberhalb dieser Figur der große Tumor als Schatten, in dem Epiglottis, Zungengrund, Aryknorpel und Teile der Zungenbeinkörner aufgegangen sind, erkennbar. Hinter dem Aryknorpel sieht man den Schatten des tiefer im Ösophagus liegenden Tumors, bis an die Wirbelsäule heranreichend.

Bild 4. 37jährige Frau. Karzinom des Sinus pyriformis. Am Larynx nur starkes Ödem des Aryknorpels. Sehr charakteristische Verknöcherungsfigur des karzinomatösen Prozesses, der in die Schildknorpelplatte eindringt, den Knochen und Knorpel zum Teil auflöst. Dicht daneben kommt es zur Neubildung von Knorpel und Knochen. So entsteht der gekörnte Schatten.

Bild 5. Metastatisches Karzinom des Larynx mit Übergang auf die Wirbelsäule. Ursprüngliches Karzinom in der Mamma. Zungenbein und Larynxeingang ausgedehnt zerstört. Rest des Schildknorpels als gekörnter Schatten. Kalkablagerung im Bandapparat an der Vorderseite der Wirbelsäule. Teilweise Zerstörung der Wirbelkörper.

Bild 6. 30jährige Dame. Ständige Schluckschmerzen bei arthritischen Veränderungen der Halswirbelsäule. Lange Jahre als nervös und magenkrank behandelt. Mit dem Spiegel ziemlich normaler Befund. Das Röntgenbild zeigt am oberen Rand des vierten Halswirbels einen starken isolierten Vorsprung. Zwischen diesem Vorsprung und der ausgeprägten Verknöcherung der hinteren Schildknorpelkante findet sich ein abgesprengter Knochenkern, der auf der Platte ganz scharf, aber auch auf dem Bild deutlich erkennbar ist. Vielleicht handelt es sich um Residuen einer früheren Entzündung. Tuberkulose? Retropharyngealabszeß? Zirkumskripte Arthritis? Als der Schildknorpel mit den Jahren verknöcherte, entstanden die Beschwerden, die bei dem negativen Spiegelbefund für nervös erklärt wurden. Das Röntgenbild ermöglichte die Diagnose.

Tafel III.



Erklärung zu Tafel III.

Die Röntgenbilder müssen bei sehr heller Beleuchtung, am besten bei Sonnenlicht, betrachtet werden, dann geben sie alle Einzelheiten wieder.

Bild 1. Normale Halsaufnahme eines jungen Mannes mit der Eppendorfer Kasette (Oehlecker: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. 19, Heft 4). Man sieht den größten Teil des Gesichtsskeletts, Larynx mit Epiglottis, Sinus Morgagni, sehr schön die ganze Trachea, die ganze Halswirbelsäule und den ersten Brustwirbel, das Sternum und das Klavikulargelenk. An der untersten Partie sieht man den schräg verlaufenden Schatten des Sternokleidomastoideus.

Bild 2. Halsaufnahme eines ca. 40 Jahre alten Larynxphtisikers. Epiglottis, aryepiglottische Falten, Gegend der Aryknorpel sind infiltriert und zeigen Schatten mit dem für Tuberkulose charakteristischen matten Ton. Sinus Morgagni fehlt, weil auch die Taschenbänder infiltriert sind. Vom Sternum sieht man sehr schön die einzelnen Teile.

Die Röntgenuntersuchung der Atmungsorgane.

Mit einem Anhang: Das Mediastinum im Röntgenbild.

Von

C. Kaestle-München.

Mit 87 Abbildungen.

Röntgenbilder sind Bilder von Absorptionsunterschieden der Röntgenstrahlen in Körpern. Menschliche Weichteile absorbieren Röntgenstrahlen nach Maßgabe ihrer Dichte und Dicke. Kalksalze im Knochen oder als Niederschläge in Körpergebilden erhöhen mit dem höheren Atomgewicht des Calciums die Strahlenabsorption.

Im Brustraum schafft die Luft der Atemorgane auf dem Leuchtschirm oder der Röntgenplatte einen leuchtenden oder dunklen Hintergrund, von dem sich die dichten, blutgefüllten Organe des Kreislaufes als kräftige Silhouetten und das weitmaschige Geflecht des knöchernen Rippenkorbes mit Wirbelsäule, Brustbein und absorbierenden Mediastinalorganen abheben. Strahlenabsorbierende Lungenteile erscheinen auf dem Leuchtschirm, deutlicher noch auf der photographischen Platte, als Lungenskelett in Form von wurzelwerkartig verzweigten Strängen und Punkten.

So hat sich mit der Entwicklung der medizinischen Röntgenologie zu unseren anderen physikalisch-diagnostischen Untersuchungsmethoden der Brustorgane, der Oberflächeninspektion, der Palpation, der Perkussion und Auskultation die Röntgentiefeninspektion gesellt, deren wir uns mit hervorragendem Erfolg bedienen. Aus der Tatsache eben dieses, durch die Röntgenmethode ermöglichten, Tiefeneinblickes in den Brustraum ergibt sich ihr hoher, einzigartiger Wert.

Die müßige Diskussion, welche die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsarten in ihrem Wert gegeneinander ausspielen möchte, sei mit dem Hinweis übergangen, daß der Besitz neuer wertvoller Untersuchungsmethoden nicht zur Vernachlässigung bewährter alter führen soll. Auf die Röntgenuntersuchung aber sei nie verzichtet, wenn sie uns zu Gebote steht bei vollkommener Technik und genügender Erfahrung des Untersuchers:

Eine Lungenuntersuchung ist heute nur bei Anwendung auch der Röntgenmethode vollständig.

Zur Röntgenuntersuchung der Brustorgane verwendet man sowohl die Durchleuchtung als die Röntgenographie. Der besondere Wert jeder der

beiden Methoden hat im röntgentechnischen Teil des vorliegenden Werkes eingehende Würdigung erfahren.

Die Durchleuchtung als die umfassendere Methode hat der Röntgenographie stets voranzugehen, diese der ersteren nicht notwendigerweise immer zu folgen.

Zur Untersuchung des Herzgefäßstammes und seiner Veränderungen, zum Studium von Tumoren des Mediastinums, mag die Durchleuchtung vielfach abschließende Methode bleiben. Die meist scharf begrenzten Silhouetten, als welche diese Gebilde auf dem Leuchtschirm erscheinen, bieten dem diagnostisch einwandfreien Erfassen vielfach keine Schwierigkeiten. Schattenbilder, Schattenspiele, gegenseitige Lagebeziehungen der Schatten zueinander und den Lungen in den verschiedenen Durchleuchtungsrichtungen sind es, die hier für unser Urteil in erster Linie von Belang sind; nicht Strukturen, Einzelheiten des inneren Aufbaues der genannten Körpergebilde, die nach Lage der Verhältnisse der Röntgenuntersuchung vielfach nur in bescheidenem Umfang zugänglich sind. Der Wunsch nach streng objektiver Festlegung von Befunden mag freilich auch hier zur Aufnahme von Röntgenogrammen veranlassen, die zudem spätere Einblicke in Einzelheiten ermöglichen, die bei der Durchleuchtung — etwa wegen zunächst anders gerichteten diagnostischen Verdachtes — nicht berücksichtigt wurden.

Anderen Anforderungen hat die Röntgenuntersuchung bei Erkrankungen — besonders beginnenden — der Atemorgane gerecht zu werden. Hier handelt es sich nicht um die Abgrenzung kontrastreich gegeneinanderstehender Flächen in normal oder abnorm verlaufenden, deutlich kenntlichen Linien; hier gilt es, geringgradige Dichteveränderungen festzustellen, leichteste schleierige Trübungen, kleine Infiltrate oder Aufhellungen zu erkennen, Einzelheiten des inneren Aufbaues der Lunge und deren Abweichung von der Norm. Solchen Aufgaben gegenüber sind Schirmbilder zu stumpfe diagnostische Behelfe.

Zur Untersuchung der Lungenstruktur ist die röntgenographische Aufnahme nötig, als „Präzisions“aufnahme ohne Verstärkungsschirm. In der Lungenröntgenologie gehen heute unsere Bedürfnisse über Durchleuchtungsergebnisse hinaus; — und auch unsere Anforderungen, weil uns die Leistungen der Röntgenographie hiezu berechtigen.

Die röntgenkinematographische Methode, die unsere Erkenntnis der Bewegungsvorgänge des gesunden und kranken Magendarmkanals so wesentlich gefördert hat, ist praktisch-diagnostisch bei Untersuchung der Atemwege entbehrlich. Sie der Wissenschaft und dem Unterricht auch auf diesem Gebiet nutzbar zu machen, sind Ansätze vorhanden.

Dem körperlichen Sehen von Röntgenbildern dient die röntgenologische Stereoskopaufnahme. Nach meiner Ansicht vermittelt uns diese Methode allerdings kaum diagnostisch Neues, Befunde, die uns nicht schon die kunstgerechte Durchleuchtung und das Röntgenogramm ergeben hätten. Die unmittlere räumliche Auffassung von Befunden kann freilich durch stereoskopische Bilder gefördert, die Fremdkörperlokalisierung erleichtert werden.

Die röntgenologische Untersuchung der Brustorgane nimmt man, wenn möglich, am stehenden Kranken vor. Im Stehen entfaltet sich auf der Höhe der Einatmung die Lunge am übersichtlichsten, während im Liegen die nach oben drängenden Zwerchfellhälften untere Teile der Lungen verdecken. Etwaige im Brustraum vorhandene bewegliche Flüssigkeitsansammlungen behindern den Einblick in die Brusthöhle im Stehen weniger als im Liegen. Die Durchleuchtung ist die Methode der Vielseitigkeit und Übersicht. Im Stehen kann der Kranke am leichtesten vor der Röhre gedreht, der Brustraum am besten allseitig abgesucht werden.

Der Durchleuchtung im Stehen dient eines der im technischen Teil dieses Werkes beschriebenen Durchleuchtungsstative. Die leicht bewegliche vertikale und horizontale Schlitzblende erweist sich auch bei der Thoraxdurchleuchtung als unersetzlich.

Das Fluoreszenzlicht der Röhre ist sorgsam abgeblendet, der Untersuchungsraum vollständig dunkel, das Auge adaptiert.

Der Leuchtschirm (40 mal 50) ist von hoher Leuchtkraft und möglichst feinem Korn. Auf die Bleiglasplatte, welche den Schirm deckt, werden Durchleuchtungsbefunde mit dem Fettstift aufgezeichnet, dann auf durchscheinendes Papier übertragen.

Die Durchleuchtungsröhre ist mittelhart, je nach der Körperfülle des Untersuchten, 6 bis 8 Benoist, immer weicher als eine etwa der Abdominaluntersuchung des gleichen Kranken dienende Röhre, immer härter als eine zur Röntgenographie der Brustorgane bestimmte. Während des Betriebes in weiten Grenzen regulierbare Röhren haben für die Durchleuchtung Vorzüge.

Die Drehungen des Kranken in die verschiedenen Durchleuchtungsrichtungen vollzieht man bei nicht schwerfälligen Kranken leicht mit der Hand, indem man den Kranken am Gürtel anfaßt. Besondere, auch maschinell dreh- und einstellbare Fußschemel und Stühle bzw. Sitze machen die Bewegungen des Kranken von diesem selbst unabhängig.

Zur Thoraxröntgenographie des stehenden Kranken benützt man eines der aus dem röntgentechnischen Teil dieses Werkes bekannten oder wesentlich ähnliche Aufnahme- und Röhrenstative. Bei Thoraxübersichtsaufnahmen beträgt der Fokusplattenabstand 50 bis 60 cm. Der Normalstrahl durchdringt den Körper des Kranken in der Höhe des fünften bis sechsten Brustwirbels — in der Mittellinie — bei sagittalen, frontalen und schrägen Aufnahmerichtungen.

Die Lungenstrukturaufnahme macht man kurzzeitig in etwa 4 bis 8 Sekunden, in Atemstillstand, auf der Höhe des Inspiriums. Verstärkungsschirme werden nicht angewandt. Als photographische Negative benützt man möglichst lichtempfindliche Platten, weniger gut Films.

Daß geringere Ansprüche an Strukturschärfe von „Moment“ — oder „Blitzaufnahmen“ — unter Verwendung von Verstärkungsschirmen — befriedigt werden können, wurde im technischen Teil hervorgehoben; ebenso daß diese Aufnahmen für bloße Umrißdarstellungen bewegter Organe die Methode der Wahl sind.

Unruhige Kranke und Kinder zwingen uns auch bei Lungenuntersuchungen zu Moment- und Blitzaufnahmen als Ersatz für die schärferen Strukturbilder, die im übrigen allein unseren diagnostischen Ansprüchen genügen.

Manchmal kommen wir in die Lage, eine röntgenologische Untersuchung der Brustorgane — bei völliger Unmöglichkeit der Untersuchung im Stehen — an liegenden Kranken vornehmen zu müssen. Als Apparatur zu solchen Untersuchungen dienen uns die Trochoskope oder die im röntgentechnischen Teil dieses Werkes beschriebenen Untersuchungstische und Röhrenstative.

Die Durchleuchtungsrichtung, mit der man die Untersuchung beginnt, ist die dorsoventrale: Der Kranke steht mit dem Rücken gegen das Durchleuchtungsstativ. Bei eingeschalteter Röhre beginnt das Spiel der Blenden. Mit jeweils veränderter Höhenstellung der Röhre ändert sich bei gleicher Durchstrahlungsrichtung das Bild.

Im Verlaufe der Untersuchung dreht man den Kranken, der die Arme über dem Kopf gekreuzt hat, langsam um sich selbst. Man durchmustert so den Thorax allseitig; besondere Beobachtungen veranlassen uns im Laufe der Untersuchung zu wiederholtem Wechsel in der Höhenstellung der Röhre.

Bestimmte Durchleuchtungsrichtungen sind wegen der charakteristischen Bilder und der Übersichtlichkeit bestimmter Organe in ihnen von besonderer Bedeutung.

Das Ergebnis der Durchleuchtung ist für die Wahl des Strahlengangs einer etwa folgenden röntgenographischen Aufnahme maßgebend.

Das normale Thoraxbild.

Das dorsoventrale Schirmbild läßt unsern Blick von vornher in den Brustraum des uns gegenüber stehenden Kranken eindringen; das Gleiche ist der Fall bei Betrachtung einer kunstgerecht hergestellten Kopie eines richtig aufgenommenen Röntgenogrammes, während das Negativ von der Glasseite her gegen eine hellbeleuchtete Mattscheibe betrachtet werden muß, um seitengerecht zu erscheinen. Der Beschreibung des dorsoventralen Thoraxbildes legen wir ein Präzisions-Röntgenogramm zugrunde; es ist aufgenommen auf der Höhe eines tiefen Inspiriums in Atemstillstand. Das Röntgenogramm allein gibt morphologisch Erschöpfendes, während am Leuchtschirm die Bewegungsvorgänge am Thorax und den in ihm liegenden Organen beobachtet werden.

Die Lungen erscheinen auf dem Bilde in Form zweier heller spitzbogenartiger Felder, die durch den unregelmäßig geformten, in sich ungleich tiefen Mittelschatten voneinander getrennt sind.

Der Mittelschatten hat von Weinberger im Jahre 1902 — und später von anderen wiederholt — eingehende Bearbeitung gefunden. Im wesentlichen setzen ihn die Bilder der Wirbelsäule, des Herzgefäßstammes und des Brustbeines zusammen. In ihm versteckt liegen andere mediastinale Gebilde.

Über dem oberen Teil des Mittelschattens verläuft als Bild der Trachea oder besser deren Luftsäule, die Trachealaufhellung. Die Trachealaufhellung ist unmittelbar unter dem Kehlkopf leicht verengt, zeigt sonst aber bis zur Bifurkation überall ziemlich gleiche Breite. Die Bifurkation und einen Teil der Stammbronchien erkennt man als helle Streifen auf guten Negativen deutlich. Die seitlichen Teile des Mittelschattens grenzen sich mit logenförmigen Linien gegen die Lungenfelder ab. Links sind mehr oder weniger deutlich drei bis vier, rechts zwei, manchmal drei Bogen sichtbar. Diese Linien sind Profilbilder des Herzens und der großen Gefäße; sie finden im entsprechenden Kapitel des vorliegenden Werkes Bearbeitung.

Die Lungenfelder werden unten von den durch die Zwerchfellhälften ungleichmäßig bogenförmig begrenzten Schatten der Abdominalorgane, seitlich von den Umbiegstellen der Rippen und oben von den unteren hinteren Rändern der zweiten Rippen begrenzt, unter denen man die Lungenkuppen nicht selten als „Begleitschatten“ erkennt.

Über die Lungenfelder legt sich das Gitterwerk der Rippen, die in ihrem ganzen Verlauf von hinten nach vorne zu verfolgen sind. Ihre hinteren schattentiefen Anteile verlaufen in nach oben leicht konvexen ihre vorderen nach oben konkaven Bogen. Die Rippen enden — wenigstens bei gesunden jungen Menschen — vorne anscheinend frei im Lungenfeld mit der sich meist deutlich darstellenden Knochenknorpelgrenze; Rippenknorpel verschwinden im Röntgenbild des weichteilbedeckten Thorax, werden durchstrahlt. Im Alter und ausnahmsweise in der Jugend bilden sich um die Knorpel einzelner oder aller Rippen Knochenscheiden, im Innern der Knorpel Kalkinseln. Auf dem dorso-ventralen Röntgenogramm stellen sich die — tangential getroffenen — Knochenscheiden als schmale Schattenstreifen dar, die von den oberen und unteren Rippenkanten einander parallel zum Brustbein verlaufen; die Kalkinseln erscheinen als strahlenabsorbierende Flecke im durchstrahlten Knorpel. Auf scharfen

Röntgenogrammen schlanker Menschen erkennt man die Rippenstruktur deutlich; sieht man die Gelenkverbindungen der hinteren Rippenenden mit der Wirbelsäule mindestens z. T. dargestellt. Die unteren Begrenzungen der hinteren Rippenteile zeigen häufig an einzelnen oder der Mehrzahl der Rippen beiderseits bogenförmige Ausbuchtungen von mehreren Zentimetern Länge; es sind dies den Sulcus costalis führende Knochenvorsprünge (Köhler). Den oberen

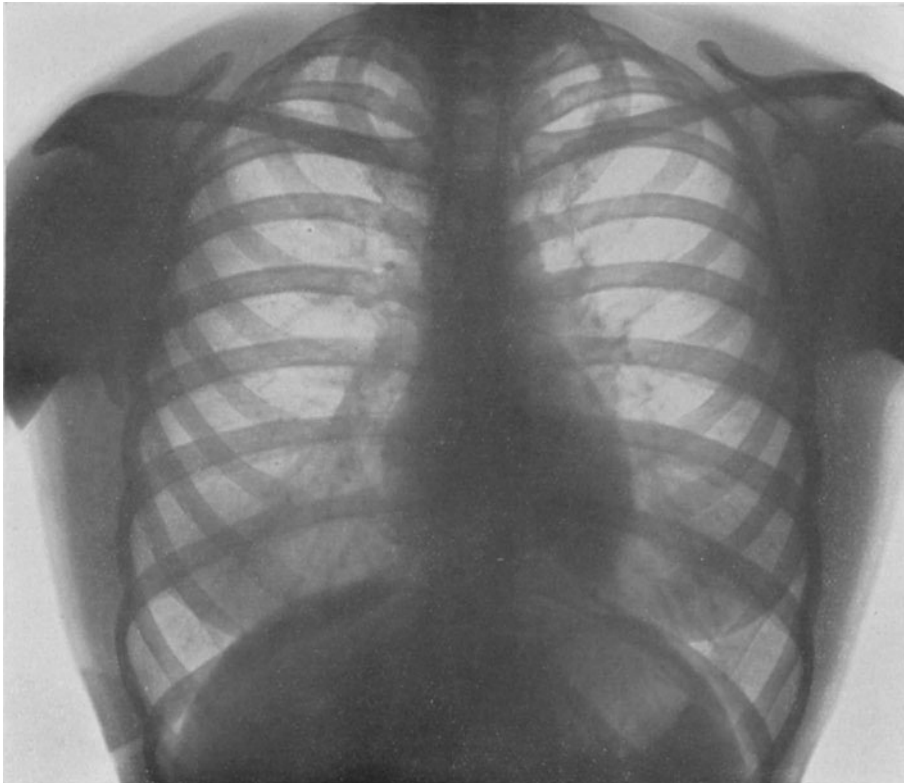


Abb. 1. Abgesehen von den meist gesehenen kleinen Verdichtungen im Hilus zeigt dieses dorso-ventrale Röntgenogramm einer 37jährigen Frau normale Verhältnisse. Die Brustorgane sind derart dargestellt, wie sie beim Einblick von vorne her in dem Brustraum der uns gegenüberstehenden Frau erscheinen würden: die rechte Seite der Untersuchten steht der linken des Beschauers gegenüber. Man erkennt deutlich die supraklavikulären Hautfalten als Begleitschatten der Schlüsselbeine und die nach unten konvexen Mammascatten, im übrigen alle beschriebenen röntgenologischen Erscheinungsformen darstellbarer Thoraxgebilde.

Teil der Lungenfelder durchziehen als geschwungene Schatten — bei hängenden Armen horizontal — die Schlüsselbeine.

Die Schulterblätter sind als Ganzes, besonders aber in ihren Gelenkteilen, den verdickten Randleisten des blattförmigen Knochens und der Crista zu erkennen.

Das Brustbein ist auf dorso-ventralen Röntgenogrammen nur mit Teilen des Manubriums, welche den Mittelschatten seitlich überragen, zu sehen.

Die Wirbelsäule erkennt man bis in den Herzschatten herab als parallel begrenztes, durch die strahlendurchlässigen Intervertebralscheiben hellsegmentiertes Schattenband.

Um die Bilder der Knochen gruppieren sich die der Weichteile. Die Umrisse des Halses, die Schulterlinien, die Weichteile der Achsel sind deutlich zu erkennen. Kräftig entwickelte Muskeln beschatten entsprechend ihrem Verlauf die Lungenfelder. Starke Mammae bei Frauen beeinträchtigen das dorsoventrale Bild. Dicke Weichteile schädigen die Schönheit und den diagnostischen Wert der Lungenbilder. Bei ihrem Verlauf über vorspringende Schlüsselbeine bei mageren Personen wird eine Hautfalte von Röntgenstrahlen tangential getroffen; sie bildet sich als lichter der Clavicula parallel über und oft auch unter ihr verlaufender Schattenstreifen ab. Weitere Schatten als Bilder des röntgenologischen Lungenskelettes finden besondere Besprechung.

Das ventrodorsale Thoraxbild unterscheidet sich von dem beschriebenen dorsoventralen sinnfällig durch die deutlichere Zeichnung der Schulterblätter und der Wirbelsäule, durch die geringere Breite, größere Schärfe und den seitwärts steil abfallenden Verlauf der hinteren Rippenteile, die enger aneinander liegen und schmalere Zwischenrippenräume begrenzen. Die vorderen Rippenteile verschwinden fast ganz, der Herzschatten erscheint bedeutend vergrößert. Die Verschiedenheiten beider Bilder verstehen sich von selbst, wenn man sich an die Eigenart der Röntgenbilder als Zentralprojektionen erinnert: plattennahe Körperteile erscheinen scharf und wenig verzeichnet; je plattenferner Gebilde liegen, um so unschärfer und um so mehr verzeichnet, vergrößert, erscheinen sie.

Um die Durchforschung der Thoraxorgane in den schrägen Durchmessern haben sich besonders von Criegern, Holzkecht und Rieder angenommen.

Hohe Bedeutung kommt der Untersuchung der Brustorgane im ersten schrägen Durchmesser — in Fechterstellung des Untersuchten — zu, bei senistrodorsal-dextro ventralem Strahlengang.

Zur röntgenographischen Aufnahme in dieser Richtung umfaßt der Kranke nach einer Drehung von 45° nach links aus der Grundstellung mit dem rechten

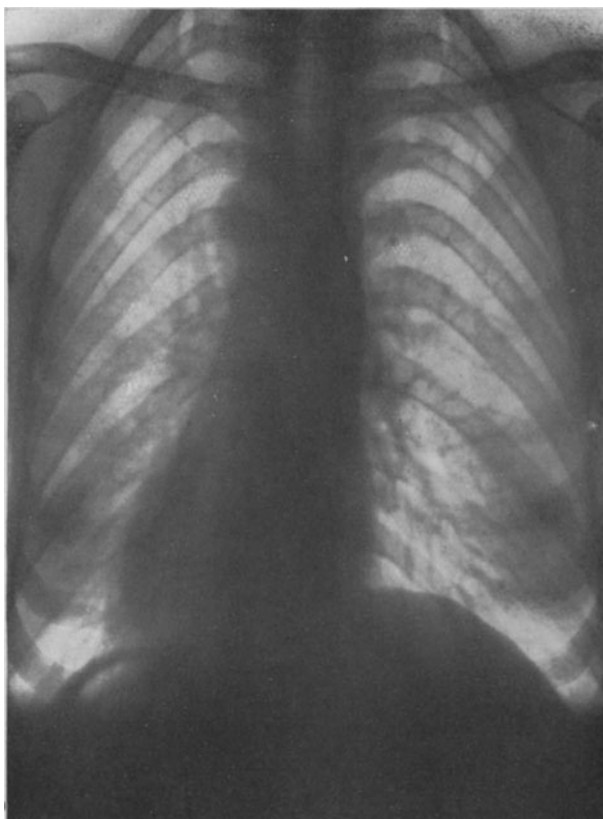


Abb. 2. Sog. paralytischer Thorax einer klinisch und röntgenologisch gesunden Frau. Man sieht von der Rückseite der Untersuchten in die Brustorgane hinein: rechte Seite der Untersuchten der rechten Seite des Beschauers gegenüber (ventrodorsales Bild).

Arm den Plattenhalter, lehnt mit der rechts seitlich vorderen Brustwand der Platte an; den linken Arm hat er über den Kopf geschlagen oder hält sich an einem entsprechend angebrachten Wandarm über seinem Kopfe fest.

Auf dem Röntgenbild dieser Richtung kommen drei Lungenfelder und zwei in ihnen verlaufende Schattenbänder zur Darstellung.

Der Mittelschatten des dorsoventralen Schirmbildes ist auseinandergezogen, zerlegt, in die Schattenbänder der Wirbelsäule und des — im Bilde oben blind endenden — Herzgefäßstammes. Die rechten vorderen Rippenteile sind plattennahe, deshalb schmal, scharf strukturiert, die Interkostalräume zwischen ihnen eng. Die Rippen der schirmfernen Seite sind breit, undeutlich die Interkostalräume weit.

Zwischen Wirbelsäule links und Herzgefäßstamm rechts — denn nichts anderes stellt der unten breite und dichte, nach oben heller werdende sich

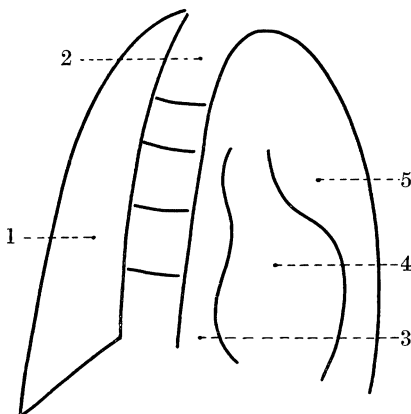


Abb. 3. Übersichtsskizze eines Schirmbildes im ersten schrägen Durchmesser. Man erkennt drei Lungenfelder, die Wirbelsäule und den Herzgefäßstamm. 1 erstes Lungenfeld, 2 Wirbelsäule, 3 mittleres Lungenfeld, 4 Herzgefäßstamm, 5 drittes Lungenfeld.

verjüngende Schatten dar — liegt das mittlere, retrokardiale Lungenfeld. Seine Helligkeit ist bedingt durch den Luftgehalt im wesentlichen linker hinterer und rechts seitlich vorderer sowie zentraler Lungenteile. Dieses Lungenfeld hat die Form eines hohen schmalen Rechteckes. In ihm sind die Trachea und der kontrastreich gefüllte Ösophagus der röntgenologischen Darstellung zugänglich. Teile der Lungenwurzeln fallen in das Mittelfeld. Der Herzschatten nähert sich rechts unten sehr der rechten Seitenbegrenzung, das rechte Lungenfeld unten einengend. Im oberen Teil gehen rechtes und mittleres Lungenfeld ineinander über. Das Brustbein ist plattennahe als lichter Schatten darstellbar. Die untere Begrenzung aller Lungenfelder bildet das bogenförmig in dem Brustraum emporragende Zwerchfell. Rechts und links außen, da wo das Zwerchfell Anschluß an die Brustwand findet, sind keilförmige Teile der den

Pleurarezessus beiderseits in tiefem Inspirium fast füllenden Lungenteile dargestellt.

Die Durchleuchtung oder das Röntgenogramm im ersten schrägen Durchmesser ist zur Untersuchung des Herzens und der Gefäße, des Ösophagus, der Trachea, des rechten Hauptbronchens, eines Teils der Lungenwurzel, von bestimmten anomalen mediastinalen Gebilden und rechts seitlich vorne gelegenen Lungenteilen von besonderer Bedeutung.

Das Spiegelbild des oben beschriebenen ergibt eine Aufnahme im gleichen Durchmesser aber ventrodorsal. Das retrokardiale Feld ist in diesem Durchmesser gut zu überschauen. Diese Durchleuchtungsrichtung ist für die Untersuchung der Speiseröhre besonders geeignet. Die Eigenarten des Bildes verstehen sich aus der Besonderheit des Strahlenganges nach allem bisher Gesagten von selbst. Ebenso die der beiden schrägen Aufnahmen rechts hinten-links vorne — zweiter schräger Durchmesser — und links vorne-rechts hinten. Abgesehen von Besonderheiten kommt der Untersuchung thorakaler Organe in den letztgenannten Durchmessern geringere diagnostische Bedeutung zu als der im ersten schrägen Durchmesser.

Die Aufnahme diagnostisch brauchbarer frontaler (seitlicher) Thoraxbilder ist bei mageren und nicht zu breitbrüstigen Personen in diagnostisch verwertbarer Weise möglich. Die praktisch bedeutsamere der beiden möglichen Aufnahmerichtungen ist die mit Röhrenstellung in der rechten Seite des Untersuchten. Wesentliche Teile des Herzens und Gefäßstammes liegen in diesem Strahlengang mehr in Plattennähe, bilden sich schärfer ab als im umgekehrten Strahlengang. Abgesehen von der Untersuchung der Kreislauforgane benützt man den dextrosinistralen Strahlengang zur Lokalisierung von Körpern oder Gebilden in ihrer Tiefenlage — ob vorne oder hinten — und zur Untersuchung des Mediastinums.

Zur Aufnahme lehnt der Kranke mit der linken Seite an die Platte, die Arme hat er über den Kopf geschlagen; oder er greift nach einem entsprechend angebrachten Hebelarm über sich.

Das dextro-sinistrale Thoraxbild zeigt das helle Lungenbild vorne, oben und hinten von Knochenschatten, unten, von der Zwerchfellkuppel begrenzt. Das helle Feld wird durch den Schatten des Herzgefäßstammes ungleich geteilt. Vor dem „kardiovaskulären“ Streifen und hinter der Brustwand sieht man das retrosternale Feld (vorderes Mediastinum); zwischen Herzgefäßschatten und Wirbelsäulenbild liegt der helle Retrokardialraum, der seine größte Ausdehnung unmittelbar über dem Zwerchfell hat, nach oben nicht scharf abzugrenzen ist (hinteres Mediastinum).

Die Deutung des Herzgefäßbildes auch in diesem Strahlengang bleibt dem entsprechenden Kapitel vorbehalten.

Das Schirmbild der Brustorgane in all den beschriebenen Strahlengängen steht an Reichhaltigkeit im einzelnen hinter den Röntgenogrammen zurück. Daß die Schirmuntersuchung uns in die Lage setzt, die Stellung des Untersuchten leicht und rasch zu wechseln, wurde als besonderer Vorzug der Durchleuchtung hervorgehoben. Sie setzt uns in die Lage Bewegungsvorgänge der Brustorgane während der Atmung und die Pulsation des Herzens und der Gefäße, wenigstens in großen — diagnostisch ausreichenden — Zügen zu beobachten. Wir verfolgen die Bewegungsvorgänge des Zwerchfells während der Atmung, zeichnen sie etwa orthodiagraphisch auf. Wir beobachten die Erweiterung der Brusthöhle durch Hebung des Thorax mit Drehung (Schmalwerden der Rippen Schatten) und Hebung der Rippen, die Weitung der Interkostalräume. Vergleichende Untersuchungen über die mögliche Größe der Atemexkursionen bei verschiedenen Menschen ergeben bekanntlich deren große Verschiedenheit. Bei oberflächlicher Atmung aber sind die Rippenbewegungen bei Mann und Frau im ganzen gering, ebenso die Unterschiede der Atmung bei beiden. Bei verstärkter Atmung treten zwischen beiden Geschlechtern Verschiedenheiten auf, die in den ausgiebigeren Atembewegungen des männlichen Thorax ihren Ausdruck finden. Geringe Verschiedenheiten der Rippenstellung beiderseits bei einem und demselben Menschen und geringe Verschiedenheiten der Rippenbewegungen sind bei der sehr häufigen leichten Asymmetrie des menschlichen

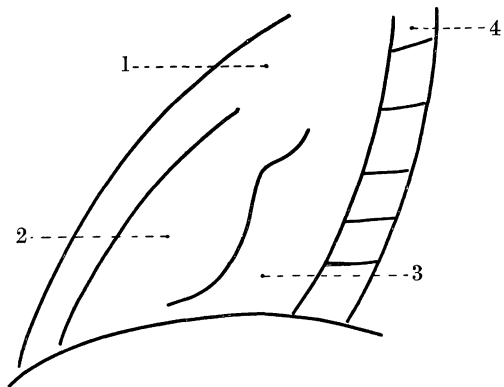


Abb. 4. Schema eines Frontalbildes. 1 vorderes Mediastinum (hinter der vorderen Brustwand, 2 Herz, 3 hinteres Mediastinum oder Retrokardialfeld, 4 Wirbelsäule.

Thorax belanglos. Versuche zahlenmäßiger Normierungen der respiratorischen Rippenbewegungen, wie sie durch Guilleminots Funktionswinkel, d. h. Ver-

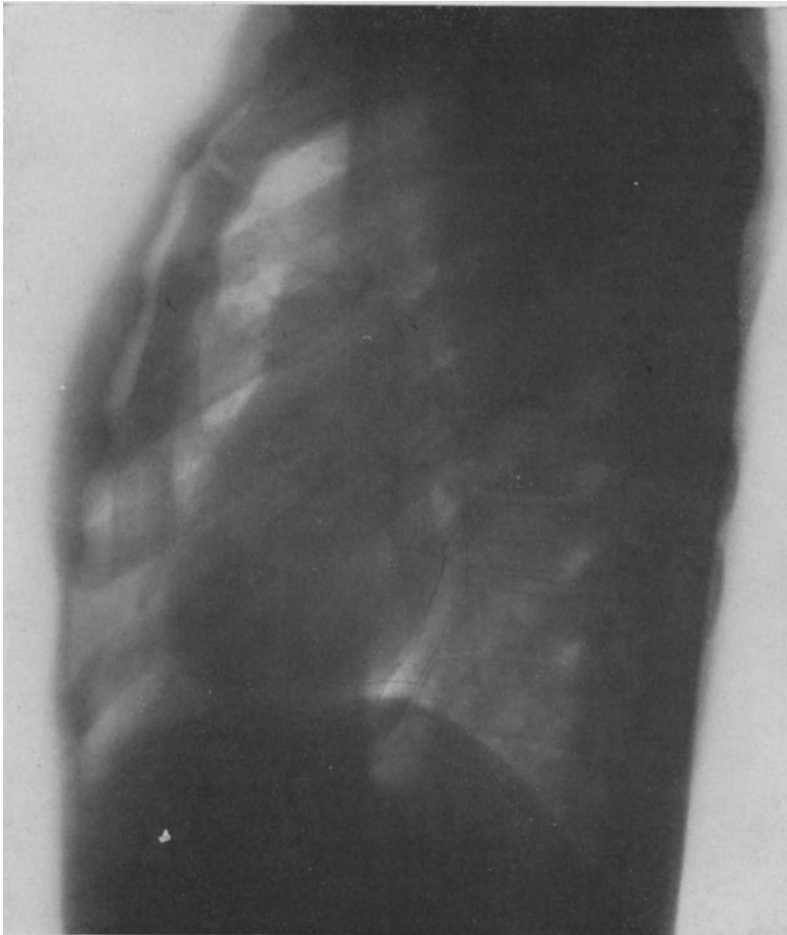


Abb. 5. Normales dextrosinistrales (frontales) Thoraxröntgenogramm.

änderung der Rippenstellung im In- und Expirium zur Horizontalen, versucht wurden, müssen mit äußerster Kritik vorgenommen werden.

Normales Röntgenbild der zuführenden Luftwege und der Lungen.

Über dem oberen Teil des Mittelschattens im dorsoventralen Röntgenogramm haben wir als Bild der Luftsäule der Trachea ein helles Band, die Trachealaufhellung, kennen gelernt. In dieser Helle erscheinen Wirbelkörper und Zwischenwirbelräume besonders deutlich. Sie ist meist bis in die Höhe des ersten linken Gefäßbogens, unter günstigen Verhältnissen noch etwas tiefer, zu verfolgen. Die Gabelung der Trachea ist auf guten Röntgenogrammen schlanker Personen nicht selten zu sehen, ein Beweis für die Tatsache, daß die Aufhellung die Trachea und nicht etwa, wie früher verschiedentlich angenommen wurde, den Wirbelkanal darstellt. Die Bronchialaufhellungen verliert man im

Hilusschatten, von dem das charakteristische Wurzelwerk der Lungenstruktur, das röntgenologische Lungenskelett, ausgeht.

Die Hilusschatten liegen zu beiden Seiten des Herzgefäßstammes — bei unserer Aufnahmetechnik mit Einstellung des Normalstrahls auf den 5. bis 6. Brustwirbel bei 60 cm Fokus- — Plattenabstand — etwa in der Höhe des 2. linken Gefäßbogens, vom Herzgefäßstamm rechts durch einen hellen schmalen Streifen getrennt; links verschwindet der Hilusschatten hinter dem Schatten des Herzgefäßstammes, durch den hindurch man nicht selten Hilusgebilde erkennen kann.

Über die normale Größe und Gestalt des Hilusschattens lassen sich maßgebende zahlenmäßige Angaben nicht machen; er ist bald mehr rundlich, bald mehr langoval. Man wird mit Schut der Ansicht sein können, daß ein normaler Hilusschatten nicht mehr als 2 bis 3 cm seitlich des Herzgefäßschattens reicht. Der äußerst selten zu findende ganz normale Hilusschatten ist im allgemeinen diffus, strukturlos. Überstandene oder bestehende Anomalien führen zur Sichtbarkeit von Einzelheiten im Hilusbilde, die später zu besprechen sein werden.

Die Hilusschatten sind die Summationswirkung aller Strahlen absorbierenden Gebilde der Lungenwurzeln: in erster Linie der Blutgefäße, dann Bronchialwände, Lymphdrüsen und mehr oder weniger fetthaltigen Bindegewebes. Die Abgrenzung dieser Gebilde gegeneinander ist, wie gesagt, in der Norm meist unmöglich; normale Hilusdrüsen werfen keinen distinkten Schatten.

Der Hilus der Leichenlunge ist weniger deutlich als der Lebender: Die Blutgefäße sind leer, absorbieren weniger Strahlen. Nach Assmanns Auffassung stellt der Hilusschatten das Bild der Lungenarterie dar, der zu beiden Seiten Hilusdrüsen angelagert sind, während der Bronchus median von der Arterie verlaufe.

Die Hilusschatten entwirren sich peripher zur Lungenzeichnung, von der besonders die dem Herzschatten beiderseits parallel verlaufenden „Begleitschatten“ und nahe dem Mittelschatten spitzenwärts ziehenden Stränge durch ihre Deutlichkeit auffallen.

Welche Gebilde liegen der auf Röntgenogrammen Lungengesunder bis in die Peripherie überall in den Lungenfeldern, selbst durch Herz- und Rippen-schatten hindurch in erstaunlichem Reichtum sichtbaren Strängen, Fasern und Punkten zugrunde?

Zahlreiche Forscher suchten durch experimentelle Untersuchungen an Tier- und Leichenlungen und unter kritischer Würdigung klinischer und aut-optischer Befunde die Verhältnisse zu klären. Gleiche Versuchsanordnung führte vielfach zu verschiedenen Auffassungen; ähnliche Befunde wurden voneinander abweichend gedeutet.

Kontrastreiche Füllung des Bronchialbaumes sowohl als des Gefäßsystems in geblähten oder nicht geblähten Leichenlungen erzeugt auf Röntgenogrammen wurzelwerkartige, einander ähnliche Bilder. Neben dem jeweils kontrastreich gefüllten Schlauchsystem, sei dieses der Bronchialbaum oder seien es die Gefäße, und anscheinend ohne Zusammenhang mit ihm, bleiben — mehr oder weniger deutlich — strangförmige Gebilde sichtbar, die nur dem nichtinjizierten System angehören können: ein Beweis für die Tatsache, daß in Leichenlungen Gefäße wie Bronchien darstellbar sein können.

Röntgenogramme von Leichenlungen sind weniger kontrastreich als die Lebender, das Lungenskelett ist weniger deutlich zu sehen. Diese Tatsache findet ihre Erklärung teils in dem geringeren Luftgehalt der Leichenlungen, teils in der Blutarmut oder Blutleere der Lungengefäße.

Bei Stauungszuständen und Sklerose der Lungengefäße ist die Lungenzeichnung am Lebenden — in der auch hier übrigens kontrastarmen Lunge — auffallend dicht.

Bei gewissen Herzfehlern zeigen Hilusschatten und Hilustränge bis weit in die Lungenperipherie dilatatorische Pulsation (G. Schwarz).

Auf scharfen und kontrastreichen Röntgenogrammen schlanker Menschen sieht man nicht selten größere oder kleinere punktförmige Schatten im Lungenfelde, von denen — unmittelbar oder von einem mit ihnen zusammenhängenden Schattenstrang — Äste abgehen. Das punktförmige Bild entstammt einem tangential, orthoröntgenograd getroffenen Gefäße, von dem Äste abgehen.

Arterien und Venen sind im Röntgenbilde nicht voneinander zu unterscheiden.

Die Ansicht, welche in den beschriebenen Tatsachen einen Beweis für die mögliche Gefäßnatur des anatomischen Substrates der Hiluszeichnung sieht, kann nicht widerlegt werden.

Neben den beschriebenen, Gefäße darstellenden, gleichförmig dichten Schattenpunkten und Schattenstreifen findet man auf scharfen Negativen im Lungenfelde durch parallel verlaufende helle Streifen gesäumte Schattenbänder, doppelt hellgesäumte Schatten, ähnlich Bildern der Trachea im frontalen Durchmesser, die gelegentlich von einem meist zentral gelegenen ringförmigen Gebilde abgehen können. Daß es sich bei diesen Befunden um nichts anderes als Röntgenbilder von Bronchien handeln kann — die tangential getroffene Wand als heller Ring, das Lumen dunkel, die hellen Streifen das Bild der tangential getroffenen Teile der Bronchialwand, das dunkle Band die Luftsäule des Bronchus —, ist ohne weiteres einleuchtend.

Die Gruppierung der Bronchien, Arterien und Venen hauptsächlich in frontalen Ebenen erklärt — worauf Rieder hinweist — die möglichen vielfachen Überdeckungen der Schatten der einzelnen Gebilde und die relative Seltenheit ringförmiger Bronchialbilder, die man besonders im 2. bis 4. Interkostalraum findet (Köhler). Das homogene Schattenbild aber ist nicht immer ein Beweis für die Gefäßnatur seines Substrates; von bildzeichnenden Strahlen schräg getroffene Bronchien können auch einen homogenen Schatten liefern. Nicht selten sah ich solche homogene, schräg verlaufende Bänder deutlich von einem Ringbild als Ausdruck eines orthoröntgenograd getroffenen Bronchus abgehen.

Die Lungenzeichnung ist deutlicher als normal bei Knorpelverkalkung im Bronchialbaum, bei Peribronchitiden und mit Sekret gefüllten Bronchien.

Diese Tatsachen beweisen den Anteil auch der Bronchien an der Lungenstruktur, auf den neuerdings besonders wieder Mühlmann und Schäfer auf Grund von kontrastreicher Füllung von Bronchien am Lebenden — durch Einlauf von Kontrastspeisen aus perforiertem Ösophagus-Karzinom — hinwiesen.

Das kritisch bewertete Arbeitsergebnis zur Beantwortung der Frage nach dem anatomischen Substrat des röntgenologischen Lungenskelettes ist in der Festlegung der Tatsache gegeben, daß sowohl Gefäße als Bronchien am Zustandekommen der Lungenzeichnung beteiligt sein können und wohl auch immer beteiligt sind. Dabei überwiegt der Einfluß der Blutgefäße den der Bronchien im Röntgenbilde der normalen Lunge, deren Hilusschatten wesentlich von den Pulmonalarterien gebildet wird. Wenn es auch gelingt, gelegentlich da und dort in Röntgenogrammen Gefäße und Bronchien als solche zu erkennen, so wird es doch vielfach im gegebenen Falle unmöglich sein, von einem vorliegenden Strange im Röntgenbild anzugeben, ob er ein Gefäß oder einen Bronchus darstellt. Hier wird uns kein mögliches

Experiment zur Klärung helfen können und ob dies mit weiterer Vervollkommnung der Aufnahmetechnik je möglich sein wird, bleibt offene Frage. Die innige Nachbarschaft der Gefäße und Bronchien erschwert topographisch jede Deutung.

Die Helligkeit des Lungenfeldes auf Platte oder Leuchtschirm ist abhängig von Röhrenhärte und Belastung, vom Körperbau des Untersuchten, der Atemphase, dem Luft-, Blut- und Saftgehalt der Lunge. Daß zwischen Röhre, Lunge und Leuchtschirm oder Platte gelegene Körpergewebe ihre Schatten in die Lungenfelder werfen, wurde schon hervorgehoben; daß platten-nahe Körperteile dies in störender Weise tun, ebenso. Bei dorsoventralem Strahlengang störende Gebilde hören bei ventrodorsalem Strahlengang auf, das Bild zu beeinträchtigen.

Obere Lungenteile erscheinen ihres geringeren Volumens wegen dunkler als mittlere und untere Lungenabschnitte. Der inspiratorisch zunehmende Luftgehalt läßt die mittleren und unteren Lungenteile heller werden. Der Einfluß des verschiedenen Blutgehaltes der Gefäße in den verschiedenen Atemphasen auf das Lungenstrukturbild ist schwer zu bestimmen.

Eine Abgrenzung der Lungenlappen gegeneinander ist unter normalen Verhältnissen im Röntgenbild nicht möglich; lobärpneumonische Infiltrate und interlobäre pleuritische Produkte können eine Lappenabgrenzung ermöglichen.

Die — bei hängenden Armen — horizontal vom Mittelschatten nach außen ziehenden Schlüsselbeine führen zur Abgrenzung oberer Lungenteile als Spitzenfelder. Diese werden nach oben und außen von erster und zweiter Rippe, nach innen vom Mittelschatten begrenzt. Die Lungenstruktur ist nur im medianen Teile — besonders der rechten Spitze — deutlicher ausgeprägt. Die Helligkeit normaler Spitzenfelder eines symmetrisch gebauten Körpers ist ohne nennenswerte Differenz und durch die normale Atmung wenig beeinflussbar. Die Größe der Spitzenfelder ist individuell verschieden, in besonderem Grade vom Körperbau abhängig. Asymmetrie der Wirbelsäule und des Thoraxbaues machen die Spitzenfelder ungleich groß und hell. Durch stark entwickelte Halsmuskeln kann ein medianer Spitzenteil dunkler erscheinen. Strumen, supraclaviculare Lipome, Drüsen und Hautverdichtungen verdunkeln die Spitzen, bei Einseitigkeit natürlich einseitig. Assmann weist darauf hin, daß man auf Lungenspitzenplatten nach Albers-Schönberg die oberen Lungengrenzen meist im 2. Interkostalraum als „Begleitschatten der 2. Rippe“ entlang deren unterem Rand in geschweiftem Bogen verlaufen sehen kann. Er belegt seine Annahme durch eine autoptisch kontrollierte Beobachtung. Links häufiger als rechts erkennt man unterhalb der oberen Lungengrenzen einen leichten homogenen Schatten, der sich — lateral konkav — gegen das Lungenfeld absetzt und links deutlich in Begleitung des Mittelschattens bis zum Bild des Aortenbogens zu verfolgen ist. Rechts ist dieses Herabsteigen des Schattenbogens zur Aorta nicht zu sehen. Dieser Schatten ist — nach Albers-Schönbergs und Assmanns autoptischen Befunden — auf den schattengebenden Einfluß der Arteria subclavia zurückzuführen, die links bekanntlich aus der Aorta direkt entspringt. Rechts läuft die Arteria anonyma — von der die Subclavia abzweigt — im Gebiet des Mittelschattens vor der Trachea, weshalb rechts das der Arteria subclavia entsprechende Schattenband nicht bis zum Aortenschatten zu verfolgen ist. Die Größe der Spitzenfelder ist übrigens auch von der Röhrenstellung abhängig. Hochstand der Röhre ist der Untersuchung der Spitze im ventrodorsalen, Tiefstand im dorsoventralen Strahlengange günstiger; unter den genannten Bedingungen erscheinen die Spitzen jeweils am übersichtlichsten.

Die bogenförmige Begrenzung des Abdominalschattens gegen den Brustraum durch das Zwerchfell zwingt zur Untersuchung der hinteren unteren Lungenränder bei dorsoventralem Strahlengange mit tiefstehender Röhre und hochstehendem oder großem Leuchtschirm; bei ventrodorsalem mit hochstehender Röhre und tiefstehendem Schirm. Die unteren Lungenteile werden auf diese Weise aus dem Abdominalschatten herausprojiziert. Zur Untersuchung vorderer unterer Lungenränder bei dorsoventralem Strahlengang braucht die Röhre kaum höher gestellt zu werden; der von vorderer Thoraxwand und Zwerchfell gebildete Pleurarecessus ist seichter als der hintere und in tiefstem Inspirium meist der gewöhnlichen sagittalen Durchleuchtung zugänglich.

Das pathologische Thoraxbild.

Dichteveränderungen der äußeren Thoraxweichteile werden sich auf dem Röntgenogramm oder Schirmbild verraten. Differentialdiagnostisch wird ihr Vorhandensein selten zu Schwierigkeiten führen, sobald man sich nur an die Möglichkeit dieses Vorhandenseins erinnert. Durchleuchtung in verschiedenen Richtungen, Beiseitedrängen in den Thoraxweichteilen vermuteter Ursachen anormaler Schatten klärt die Sachlage.

Veränderungen knöcherner Thoraxbestandteile sind der Röntgenuntersuchung weitgehend zugänglich; sie interessieren uns hier nur so weit sie Ursachen oder Folgen der Erkrankung intrathoracischer Organe sind, oder zu differentiell-diagnostischen Erwägungen Veranlassung geben.

Lage, Form- und Funktionsveränderungen des Zwerchfelles lassen sich mit Hilfe der Röntgenuntersuchung so gut wie mit keiner anderen Methode feststellen.

Auf Erkrankungen der Atemorgane weisen dem Lungenfelde selbst eigene Veränderungen der Form und Helligkeit hin, denen Dichteveränderungen in den Lungen zugrunde liegen. Lage, Form und Dichte der Schatten — oder Aufhellungen — ist für das anatomische Substrat der sie verursachenden Krankheit vielfach charakteristisch und deshalb zu beachten.

Kalkherde, derbe Bindegewebsstränge, Käseherde und Flüssigkeitsansammlungen absorbieren Röntgenstrahlen stark, während frisch entzündliche Herde — vergleichsweise — lichtere, schleierige Schatten werfen.

Maßgebend für die Größe der Strahlenabsorption ist — wie bei allen menschlichen Weichteilen auch hier — die Dichte und Schichtdicke der Gewebe.

Über die Lage und Ausdehnung der Krankheitsherde unterrichtet eine vollständig durchgeführte Schirmuntersuchung unter Berücksichtigung der aus der Eigenart der Röntgenstrahlen sich ergebenden Besonderheit der Schirmbilder. Das scharfe Röntgenogramm — in der bei der Durchleuchtung als beste erkannten Richtung — hält den Befund fest und erweitert ihn im einzelnen. Zahlenmäßige Lagebeziehungen ergibt das Orthodiagramm oder die Fernaufnahme. Stereoaufnahmen mögen die räumliche Vorstellung des Bildes vervollkommen.

Erkrankungen der Trachea im Röntgenbild.

Im ersten schrägen Durchmesser stellt sich die Trachea als doppelt konturierte Aufhellung im mittleren Lungenfeld dar.

Den schrägen Verlauf der Trachea von vorne oben nach hinten unten zeigt die Frontalaufnahme des kürzeren Halsteiles der Trachea.

Wie wir sahen, stellt sich die Luftsäule der Trachea im dorsoventralen Röntgennegativ — Normalstrahl auf VII. Halswirbel bei 50 cm Abstand —

als helles Band dar, das sich gegen den Kehlkopf leicht zuspitzt und in Höhe der Schilddrüse schon normalerweise geringfügig enger erscheinen kann. Die Aufhellung ist in den Thorax zu verfolgen. Die Bifurkation und großen Hauptbronchien sieht man auf guten Negativen als gegabelte Aufhellung. Die Trachealwand selbst wird in schrägen und frontalen Röntgenbildern als lineare Begrenzung der Bilder der Luftsäule darstellbar.

Verkalkung oder Verknöcherung der Trachealringe — die man am isolierten Präparat deutlich erkennt — kommen an Lebenden selten zur Beobachtung. Das dorsoventrale Bild der Trachea kann dann quer gestreift erscheinen. Trachealekchonosen und Exostosen im Präparate veröffentlichte Moltrecht. Die astartig von den Trachealringen abgehenden Exostosenschatten zeichneten ein netzartiges Bild der Trachea. Dichte Infiltrate, Geschwülste innerhalb der Trachea aus derbem Gewebe (Fibrome und verkalkte Tumoren) dürften bei geeigneter Technik unter günstigen Bedingungen im hellen Luftraum der Trachea ebensowohl nachweisbar sein wie im Kehlkopf, wo Thost den röntgenologischen Nachweis selbst kleiner Tumoren führte. Meist freilich erkennt man nur eine Deformation der Luftsäule im Röntgenbilde.

Formveränderungen der Trachea durch narbige Prozesse in ihrem Inneren — nach Tracheotomie — sind der Röntgenuntersuchung zugänglich, die praktisch von größter Bedeutung ist zur Feststellung von Lage- und Formveränderungen der Luftröhre aus Einflüssen umgebender Organe. Bei alten Leuten beobachtet man eine säbelscheidenförmige Abplattung der Trachea als senile Erscheinung (Simmonds).

Die häufigste Ursache der Trachealverschiebung und Einengung ist die Struma sowohl im Halsteil als substernal. C. Pfeiffer hat hierfür in grundlegender Arbeit zahlreiche Belege erbracht.

Man findet bei Strumen die Trachealaufhellung im Röntgenbild häufig einseitig verschoben, oder sie zeigt gewundenen Verlauf. Die Breite der Aufhellung ist dabei meist verändert: an der Stelle der Ausbiegung mehr oder weniger weitgehende Verschmälerung der Helle, darüber nicht selten Verbreiterung als Folge ampullenartiger Erweiterung der Luftröhre.



Abb. 6. Normale Trachealaufhellung.

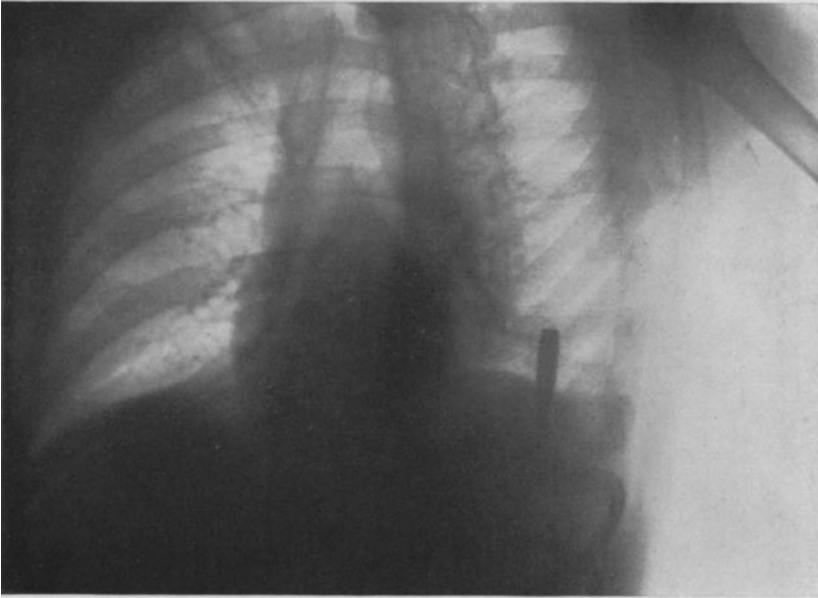


Abb. 7. Zeigt in besonders schöner Weise den Verlauf und die Aufgabelung der Trachea in die beiden Hauptbronchien. Rechts unten im Bild ein aufrechtstehendes französisches Infanteriegeschoss. (Die Aufnahme erfolgte im zweiten schrägen Durchmesser, d. h. von rechts hinten nach links vorne.)

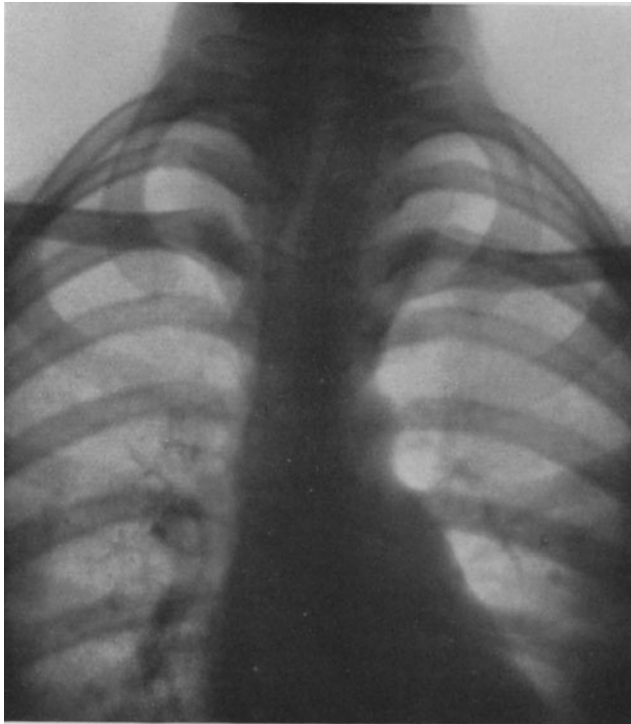


Abb. 8. Einbuchtung und Verdrängung der Trachea von rechts nach links im unteren Halssteil, kennlich an der Einengung und Verlagerung der Trachealaufhellung.

Retrotracheale und retrosternale Tumoren mit deren Folgezuständen an der Trachea wird man im frontalen Strahlengang nachzuweisen suchen.

Scharf begrenzte Verschmälerung der Trachealhelle ist für Lumenenge beweisend.

Vor beabsichtigter Operation einer Struma sollte die Röntgenuntersuchung nicht unterlassen werden. Der Chirurg beabsichtigt z. B. den großen rechten Schilddrüsenlappen bei vorhandener Atemnot zu beseitigen; anscheinend selbstverständlich, denn der linke Lappen ist kaum zu fühlen. Ein dorsoventrales

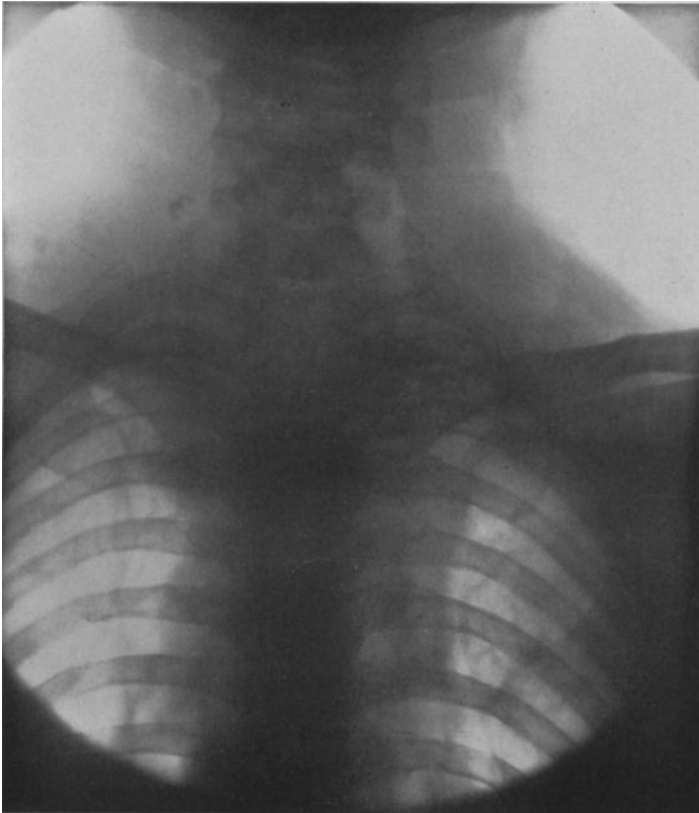


Abb. 9. Durch rechtsseitige Struma nach links verlagerte und von rechts etwas eingebuchtete Trachealaufhellung.

Röntgenogramm zeigt die Luftröhre von links her komprimiert nur auf eine kurze Strecke, aber nicht unbedeutend. Operationsbefund: Kleiner, harter, stenosierender Drüsenknoten links.

Mögen auch Kehlkopfspiegel und Bronchoskopie Einengungen der Trachea aufdecken; die Größe eines von außen komprimierenden Tumors, die topographischen Verhältnisse, die Folgezustände an Lungen, Pleura, Zwerchfell und Herzgefäßstamm und damit wertvolle therapeutische Anhalte ergibt in unersetzlicher Klarheit die Röntgenuntersuchung.

Auf die Verlagerung der Luftröhre und des Kehlkopfes infolge gewisser Veränderungen der Brustorgane, insonderheit der diffusen oder

umschriebenen Erweiterung der Brustaorta im Bogen und aufsteigendem Teil lenkte Curschmann (im Jahre 1905) die Aufmerksamkeit. Veränderung des Gefäßes sowohl als der Lage der Trachea sind der Röntgenuntersuchung zugänglich.

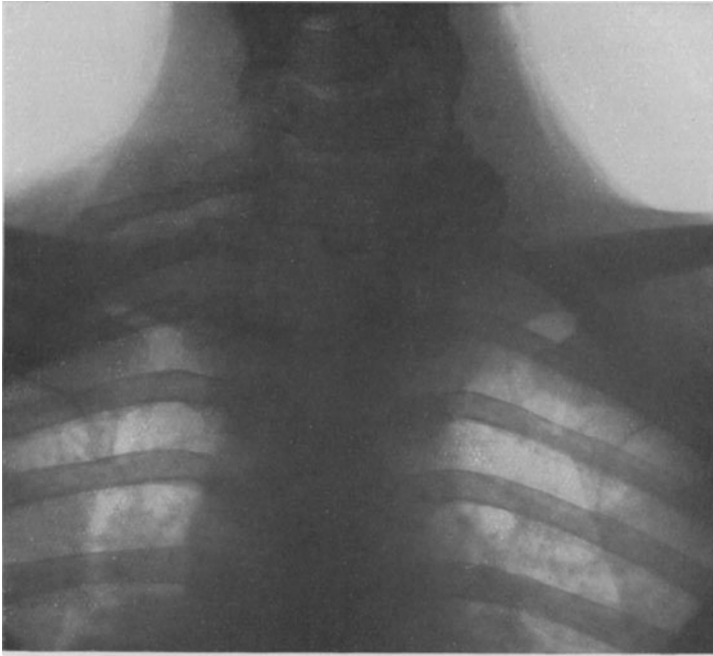


Abb. 10. Halsrippe rechts, Struma calculosa links; leichte Verschiebung der Trachealaufhellung rechts, der linken Seite des Beschauers gegenüber.

Ähnlich der erweiterten Aorta können Mediastinaltumoren verschiedener Art, pleuritische Exsudate und Pneumothorax zu Trachealverschiebungen führen.

Verlagerung der Luftröhre durch Verwachsungen mit der Nachbarschaft wird man dann annehmen, wenn bei Verziehung der Trachealaufhellung die

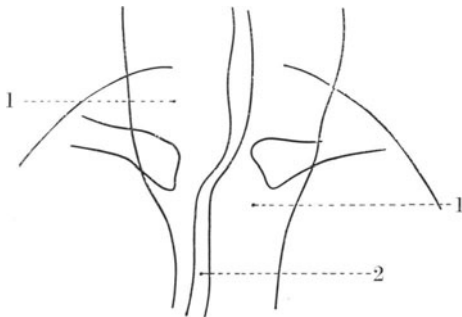


Abb. 11. Trachealverdrängung bei Struma. 1 Struma, 2 Trachealaufhellung.

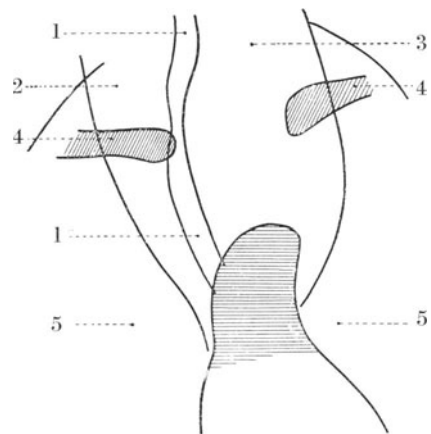


Abb. 12. Trachealverdrängung und Einengung durch Struma. 1 Trachealaufhellung, 2, 3 Struma, 4 Clavicula, 5 Lungenfeld zu beiden Seiten der Aorta.

genannten Ursachen der Lageveränderung auszuschließen sind. Zu Trachealverziehungen kommt es häufig bei schrumpfenden Phthisen.

Metallische Fremdkörper gewisser Größe sind in der Trachea nachzuweisen und wiederholt nachgewiesen worden. Körper, zusammengesetzt aus Stoffen niedrigen Atomgewichtes, von geringer Dichte und Dicke werden sich dem Strahlennachweis auch in der Trachea leicht entziehen. Knochenstückchen, Steinobstkerne sind unter Umständen noch, kleine Knorpelstücke, Linsen, Bohnen usw. kaum mehr nachweisbar.

Zur Entscheidung, ob in einem bestimmten Fall ein Fremdkörper bestimmter Art und Größe in der Trachea liegen kann, verfährt man — mit Grashy — so, daß man auf ein Pappstückchen Fremdkörper der vermuteten Art und Größe aufklebt und dieses Pappstück zwischen den Thorax des Kranken und den Leuchtschirm hält. Ist der aufgeklebte Körper in dieser Lage sichtbar, in der Trachea aber nichts nachzuweisen, dann ist die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins eines ähnlichen Körpers in ihr äußerst gering.

Trotzdem man in der Tracheobronchoskopie zum Nachweis sowohl als auch zur Entfernung von Fremdkörpern in der Hand des Geübten eine wertvolle und zuverlässige Methode besitzt, wird man zur ersten Entscheidung über Vorhandensein und Lage eines Fremdkörpers zunächst die schonende Röntgenuntersuchung heranziehen.

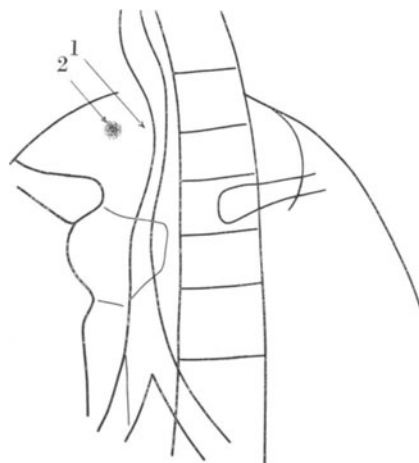


Abb. 13. Verdrängung und Kompression der Trachea durch eine Struma calcuosa von links vorne. 1 Einbuchtung der Trachea durch die Struma, 2 Kalkniederschlag in der Struma.

Erkrankungen der Bronchien im Röntgenbilde.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß bestimmte autoptisch sichergestellte, während des Lebens einwandfrei dargestellte und erkannte Erkrankungen der Bronchien zum Nachweis der Beteiligung des Bronchialbaumes an der Lungenzeichnung herangezogen werden konnten.

Bronchialerkrankungen, welche die Strahlenabsorption in den Bronchien der Norm gegenüber ändern, sind der Röntgenuntersuchung zugänglich; dies sei mit der Zurückhaltung gesagt, die früher als bei Deutung der Lungenzeichnung nötig, hervorgehoben wurde. Verdickung und Verdichtung der Bronchialwand und Sekretfüllung der Lumina führt zum Auftreten der Bronchien als mehr oder weniger breiter und dichter Stränge im Röntgenbilde; Erweiterung der Lumina zu Aufhellungen an entsprechender Stelle.

Sekretgefüllte und wandverdickte Bronchien können an Dichte der Verästelung ähnliche Bilder zeigen wie das Gefäßsystem. Den Unterschied zwischen beiden Erscheinungen im Röntgenbilde findet man im allgemeinen darin, daß die Bronchien in diesen Fällen plumper und weniger reich verästelt erscheinen. Die von ihnen dargestellten Schattenbilder bleiben bis zur nächsten Teilung fast gleichweit. Die Verzweigungen setzen sich an Weite ohne Übergänge ab im Gegensatz zur allmählichen Weiterveränderung der Gefäße. Nach

Entleerung des Sekretes aus den gefüllten Bronchien treten an Stelle der Schattenstränge Aufhellungen (Holzknecht).

Die einfache akute Bronchitis kann röntgenologisch nicht nachgewiesen werden. Kommt es zu stärkerer Bronchiolitis oder Sekretstauung in den Bronchien, dann kann eine diffuse Verdunkelung der Lungenfelder die Folge sein. Rieder betont, daß Bronchiolitis aber auch — durch vermehrte Residualluft — zu Lungenblähung und damit zu stellenweiser Aufhellung des Lungenfeldes führen kann. Dies ist dann der Fall, wenn die Lumina der Bronchiolen durch

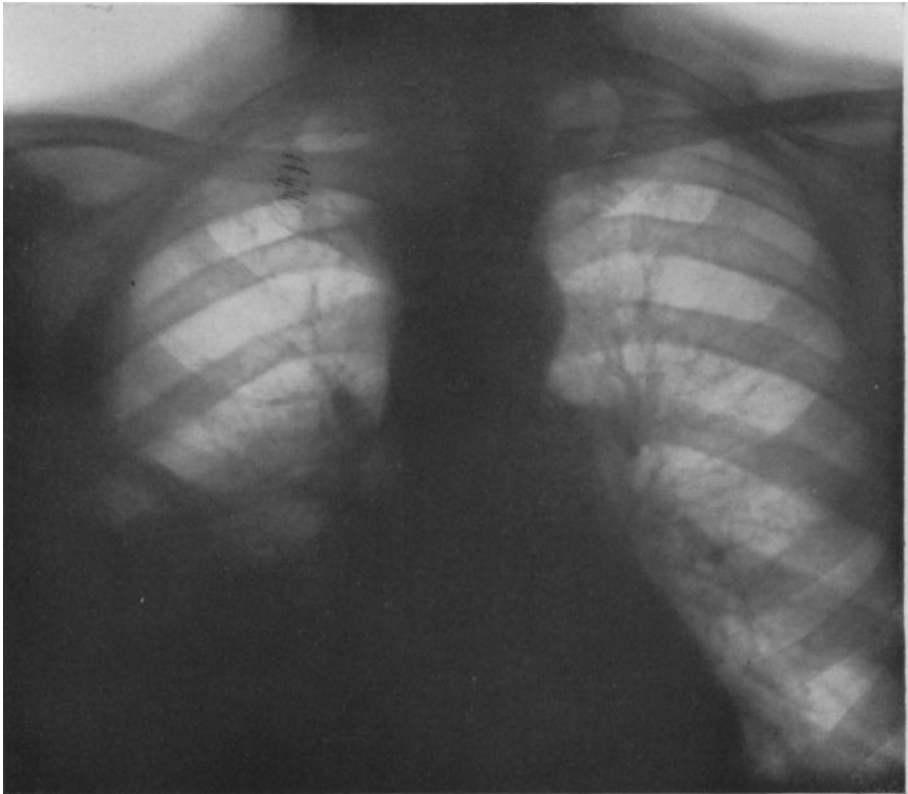


Abb. 14. Rechtsseitige Mittellappenpneumonie bei einem an chronischer Bronchitis und Bronchiektasen leidenden Manne von 47 Jahren. Pleuritis rechts unten.

Schleimhautschwellung und Sekret nicht völlig verlegt sind; es vollzieht sich die inspiratorische Luftfüllung der Alveolen leichter als die expiratorische Entleerung.

Bei umschriebener Bronchiolitis mit völliger Verlegung des Lumens können Herdschatten im Lungenfelde entstehen, die an bestimmte Bilder bei Tuberkulose erinnern.

Bei langem Bestehen einer chronischen Bronchitis findet man infolge des mit ihr vergesellschafteten Lungenemphysems ungewöhnlich große Helligkeit unterer Lungenteile bei tiefstehendem Zwerchfell. Die Lungenzeichnung und meist auch der Hilus erscheinen mehr als gewöhnlich dicht und breit; teilweise eine Folge erhöhter Kontrastwirkung gegen das helle Lungenfeld. Dann

aber spielen sich an der Bronchialwand Veränderungen ab, wie wir sie in höherem Grade bei der Bronchiektasie kennen lernen werden.

Die bei Staubinhalationen vorkommenden Bronchitiden werden mit den Pneumonokoniosen Besprechung finden.

Die Bronchitis fibrinosa macht lediglich die Erscheinungen einer kürzer oder länger bestehenden Bronchitis. Wenn sie — wie häufig — mit Lungentuberkulose zusammen vorkommt, beherrschen deren Erscheinungen das Röntgenbild; bei ihrem gelegentlichen Vorkommen mit einem Lungenneoplasma gilt das gleiche vom Neoplasma.

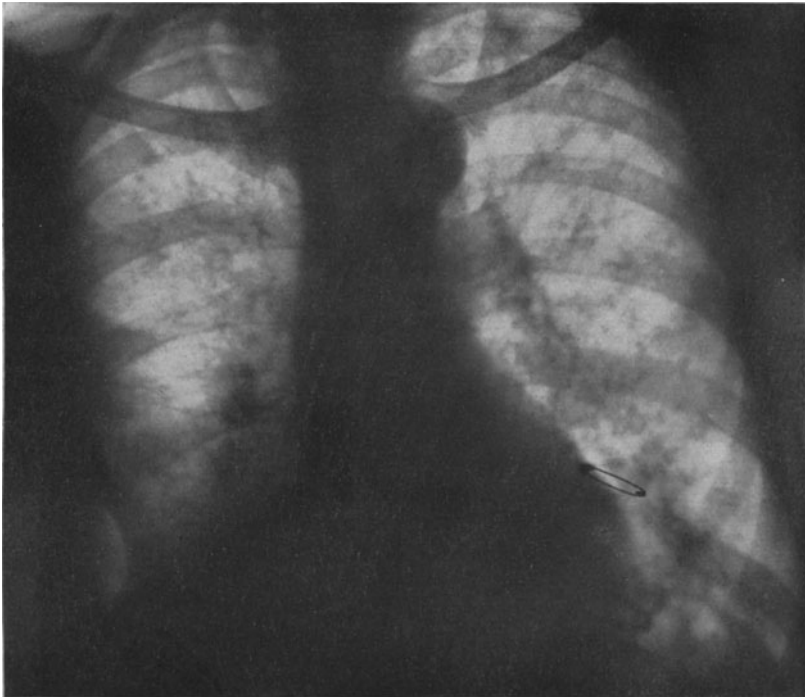


Abb. 15. Über beide Lungen ausgebreitete Bronchiektasien erscheinen im Röntgenogramm als fleckige und streifige Verdichtungen. Stellenweise sind erweiterte Bronchien orthoröntgenograd als helle Flecke mit dunkler ringförmiger Umgebung dargestellt. Mittlere und untere Lungenteile sind am stärksten erkrankt. Eine eitrige Pleuritis hatte zur Rippenresektion rechts unten gezwungen. Gefäßstamm verbreitert, Herz nach links vergrößert (autoptische Kontrolle).

Die Bronchiektasien lassen sich in diffuse und umschriebene unterscheiden. Beginnende diffuse Bronchiektasien werden der röntgenologischen Diagnose — wie der klinischen — Schwierigkeiten machen, insofern die Dichte der Lungenzeichnung und die Breite von deren Strängen individuellen Schwankungen unterliegt. In höheren Graden zeigt die Lungenzeichnung Verdichtung und Verbreiterung der Strangzeichnung mehr oder weniger weit in die Lungenperipherie, besonders in den unteren Lungenteilen, wo breite, stellenweise deutlich doppelt konturierte Schatten bis zum Zwerchfell sichtbar sind. Tangential getroffene ektatische Bronchien zeigen weites Lumen und abnorm dicke Wand. Die Schatten der Lungenwurzel sind dicht und umfangreich infolge Erweiterung der Stammbronchien und Verdickung von

deren Wand, so daß sie an Tumoren oder Infiltrate der Hilusgegend erinnern können.

Zylindrische und sackförmige Bronchiektasien sind, wenn sekretgefüllt, als mehr oder weniger lange und breite oder mehr rundliche Schatten, wenn leer, als breitgesäumte, im Negativ doppelt hell konturierte Schattenbänder oder dunkle Flecke mit mehr oder weniger breiter Randzone zu sehen, die mit dem



Abb. 16. Isolierte leere bronchiektatische Kaverne im rechtsseitigen unteren Lungenfeld. Die Kaverne hat das Aussehen eines liegenden Ovals; die Kavernenwand ist deutlich dargestellt. Unterhalb der Kaverne knotige und median nach unten strangförmige Verdichtungen. Auch im linken Lungenfeld erkennt man auf Bronchiektasien zurückzuführende breite und dichte Stränge. Im rechten Hilus liegen eine Anzahl schattentiefer und ziemlich scharf begrenzter Verdichtungen. Linkes Spitzenfeld deutlich, rechtes etwas weniger beschattet. Das rechte Zwerchfell hinkte im inneren Drittel im Inspirium deutlich nach.

Hilus durch breite Stränge in Verbindung stehen. Besonders derbe Wandverdickungen (hypertrophische Bronchiektasien) werden Veranlassung zu besonderer Dichte der Stränge, während atrophische Bronchialwände im Röntgenbilde verschwinden können. Sind aus solchen ektatischen Bronchien entstandene Kavernen zum Teil mit Sekret gefüllt, dann grenzt sich die Sekretschicht gegen den Luftraum der Kaverne durch einen horizontalen Spiegel ab. Selten kommen bronchiektatische Kavernen isoliert vor, die im Röntgenbild als runde Schatten

oder Aufhellungen erscheinen mit oder ohne Flüssigkeitsspiegel. Die Kavernenwand kann — wie bei Destruktionskavernen der Phthise — mehr oder weniger dick, im Röntgenbilde also mehr oder weniger deutlich sein.

Zylindrische Bronchiektasien treten vielfach bei schrumpfenden Phthisen auf und Rieder hat einen klassischen Fall dieser Art bereits im Jahre 1902 in Ziemßen-Rieder, „Die Röntgenographie in der inneren Medizin“, Bergmann-Wiesbaden, abgebildet.

Ein von C. Pfeiffer als erstes, — später autoptisch kontrolliertes — veröffentlichtes Röntgenogramm multipler Bronchiektasien bei chronisch indurativer Pneumonie zeigt die linke Lunge in ein grobmaschiges, schwammartiges Gewebe umgewandelt. Diese Zeichnung ist bedingt durch zahlreiche, verschieden große und verschieden gestaltete Hohlräume, welche durch dichte Gewebsstränge — Bronchien mit verdickter Wand, und induriertes nicht mehr lufthaltiges Lungengewebe — voneinander getrennt werden.

Daß sich Bronchiektasien unter Umständen, besonders bei nur einmaliger Untersuchung, dem röntgenologischen Nachweis entziehen können — bei positiven oder negativen klinischem Befund — wurde bereits betont. Wiederholte Untersuchungen führen an Hand guter Platten meist zur diagnostischen Klarheit. Bronchiektasien bei Tuberkulose können differentiell-diagnostische Schwierigkeiten machen gegenüber Destruktionskavernen, die sich nach Ribberts Ansicht nicht allzu selten aus Bronchiektasien entwickeln. Die Lokalisation der Hohlräume, das verschiedene Bild bronchiektatischer Höhlen vor und nach der Sekretentleerung und die Berücksichtigung des Gesamtbefundes lösen differentiell-diagnostische Schwierigkeiten.

Zur genauen Lokalisation von Bronchiektasien ist die Röntgenuntersuchung unersetzlich. Meist genügen der diagnostischen Beurteilung die Lagebeziehungen, welche eine vollständige Durchleuchtung in Verbindung mit einem dorsoventralen oder ventrodorsalen Präzisionsröntgenogramm ergeben. Auch Orthodiagramme, Teleröntgenogramme oder eine andere der im allgemeinen Teil beschriebenen lokalisatorischen Methoden ergeben zahlenmäßige Angaben von Lagebeziehungen.

Komplikationen der Bronchiektasien mit Indurationen der Lungen, Pleuritiden, Schrumpfungsvorgängen können das Röntgenbild und seine Deutung komplizieren. **Bronchostenosen** kommen zustande als Folge der Verlegung des Bronchiallumens durch Sekret, aspirierte Fremdkörper und Wandschwellung; oder sekundär durch Druck infiltrierter Lungen, eines Tumors der Nachbarschaft oder eines Aneurysmas von außen auf die Bronchialwand. Die Röntgenuntersuchung deckt Erscheinungsformen der Bronchostenosen und meist auch ihre Ursache auf. Gewisse Beschränkungen dieser diagnostischen Möglichkeiten werden bei Besprechung der Fremdkörper in den Bronchien zu erwähnen sein.

Als Symptom der Bronchostenose auf dem Leuchtschirm sehen wir eine Verdunkelung — auf dem Negativ natürlich eine Helle — der befallenen Lungen-seite mehr oder weniger hohen Grades. Bei dauerndem Verschuß eines großen Bronchus kann Atelektase mit Lungenschrumpfung und Einengung der befallenen Thoraxhälfte mit Verziehung mediastinaler Organe in die kranke Seite die Folge sein.

Auf dem Schirm beobachtet man Nachschleppen und ungenügende Entfaltung der kranken Seite bei der Einatmung. Dem klinisch festzustellenden inspiratorischen Einsinken der Interkostalräume entspricht eine mehr oder weniger hochgradige Verziehung des Mediastinums mit Herz- und Gefäßstamm in die kranke Seite (Jacobson, Holzknicht). Die Ursache der Verziehung wird in einer Differenz des negativen Druckes in beiden Pleurahöhlen gesucht. Infolge verminderter Luftzufuhr in die Lunge der erkrankten Seite bei gleichem Inspirationszug entsteht in der kranken Pleurahöhle ein stärkerer negativer

Druck; das bewegliche Mediastinum wird aspiriert, vielleicht zudem noch durch die sich stärker dehnende gesunde Lunge in die kranke Seite gedrängt. Am Zwerchfell ist die Erscheinungsweise der Bronchostenose weniger einheitlich als am Mediastinum, weil das Zwerchfell sich aktiv an den Bewegungen beteiligt neben den passiven Vorgängen an ihm. Bei nicht hochgradiger Stenose

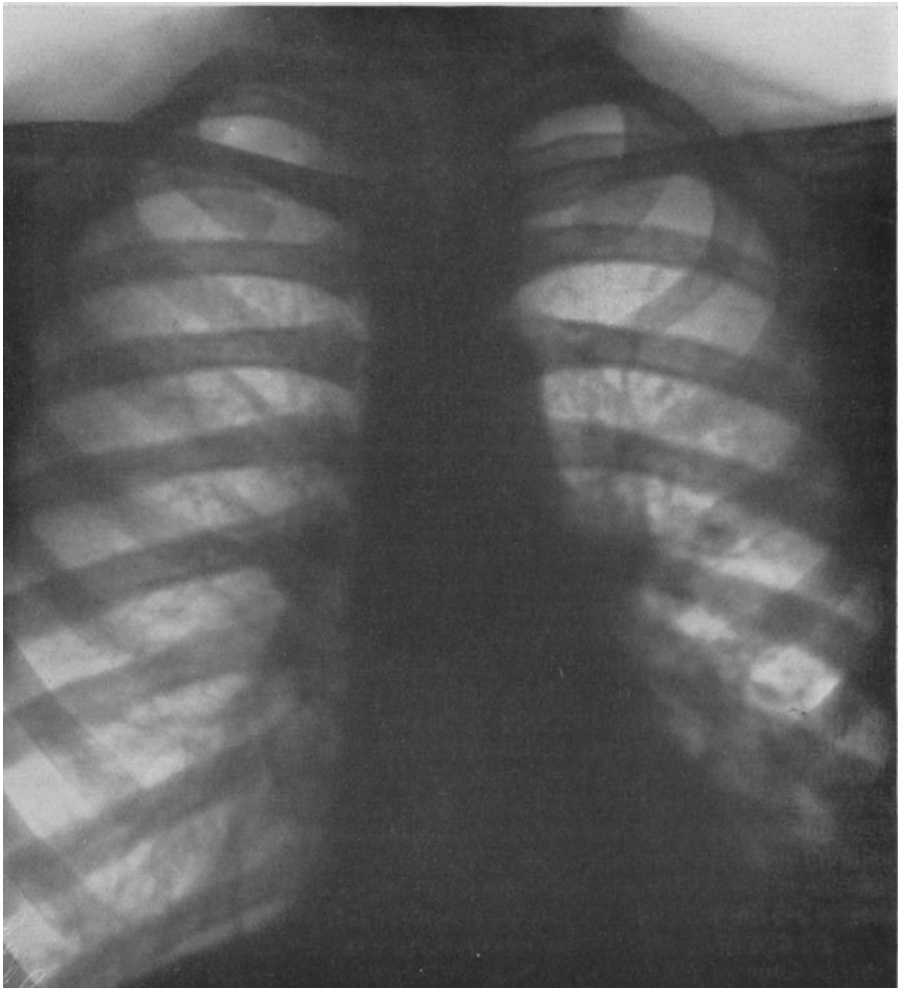


Abb. 17. Röntgenogramm eines chronischen Bronchitikers mit stellenweisen Bronchiektasen und auf interstitiell-pneumonische Verdichtungen zurückzuführender Beschattung medialer unterer Lungenteile, besonders links.

tritt es — wenigstens sein muskulärer Teil — inspiratorisch nach unten. Sein Muskelzug vermag sich zur Geltung zu bringen. Manchmal entsteht am Übergang des muskulären in den tendinösen Teil ein Knick: der tendinöse Teil wird gehoben, folgt zum mindesten nicht dem sich kontrahierenden und senkenden muskulären.

Mit Nachlassen der Inspiration kann das Zwerchfell ruckartig nach oben gezogen werden; mit Nachlassen seiner Muskelkontraktion folgt es dem Zug

des stärkeren negativen Druckes in der Pleurahöhle der erkrankten Seite, gleich dem Mediastinum. Bei unvollständiger Bronchostenose kann — als Folge der Ventilwirkung unvollkommenen Bronchialverschlusses — mindestens im Anfang die erkrankte Seite das Bild relativen Emphysems zeigen: Inspiratorische Luftfüllung ist noch möglich, nicht aber normale expiratorische Entleerung (Arnsperger und Ziegler). Auch inspiratorisches Höherentreten des Zwerchfelles der erkrankten Seite kann bei zunehmender Bronchostenose beobachtet werden. Expiratorisch rückt das Mediastinum bei nicht zu alten Stenosen meist in seine Lage zurück.

Die Aspiration des Mediastinums ist kein der Bronchostenose allein charakteristisches Symptom; es wurde auch bei anderen, die Luftzufuhr zu einer Lunge

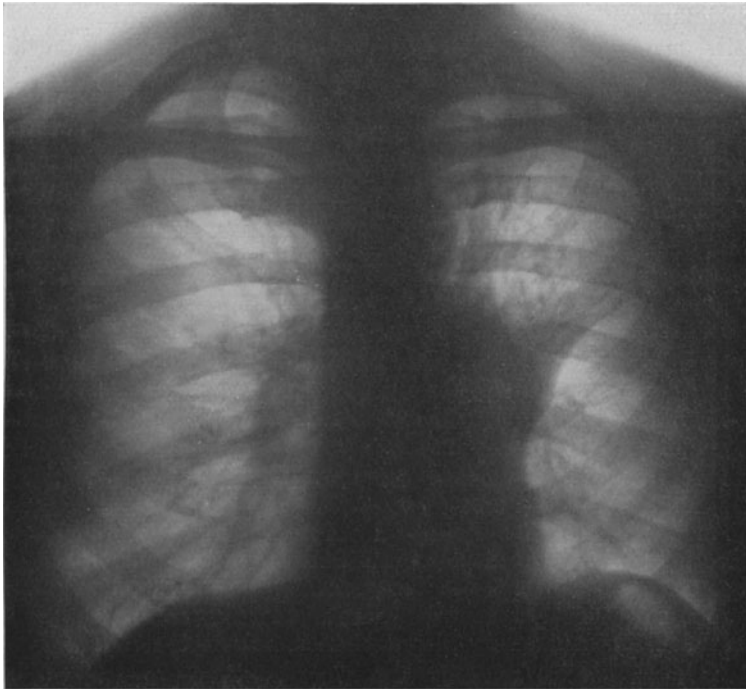


Abb. 18. Vom linken Hilus ausgehendes Bronchialkarzinom mit Entwicklung gegen linksseitliche und obere Lungenteile, der rechten Seite des Beschauers gegenüber (später autoptisch erhärtet).

behindernden Prozessen gefunden, z. B. bei einseitigem Pyopneumothorax (Beclère), einseitiger Tuberkulose, kruppöser Pneumonie und exsudativer Pleuritis (Holzknecht).

Über die Fremdkörper in den Bronchien gilt im wesentlichen das über Fremdkörper in der Trachea Gesagte. Nicht metallische Fremdkörper (Zähne, Obstkerne, Beinknöpfe) werden außerhalb des Mittelschattens, d. h. wenn sie in kleineren Bronchien liegen, auch bei weniger intensiver Schattenbildung und geringer Größe gefunden. Sie machen die respiratorischen Bewegungen benachbarter Schattenstränge mit. Sie verursachen meist eitrige Bronchitis, Lungeninfiltrate, Abszesse oder Gangrän. In Infiltraten sind nicht metallische Fremdkörper nicht darzustellen. Bei atypischen Infiltraten ist an das mögliche Vorhandensein von Fremdkörpern zu denken. Genauere Lokalisations-

methoden, die nötigenfalls auch hier Anwendung finden, wurden verschiedentlich geschildert.

Von Tumoren des Bronchialbaumes hat nur das Bronchialkarzinom praktisch-diagnostische Bedeutung. Man bekommt diese an sich nicht häufige Neubildung äußerst selten in frühen Stadien ihrer Entwicklung zu sehen; ihr Ausgangspunkt gerade von einem Bronchus ist röntgenologisch auch dann kaum zu beweisen; das Bronchialkarzinom erscheint als Lungenkarzinom. Klinisch verläuft das Bronchialkarzinom zunächst bekanntlich unter dem Bilde einer mehr oder weniger diffusen Bronchitis mit interkurrenten asthmatischen Anfällen. Die Sputumuntersuchung kann charakteristische Befunde ergeben, die auftretende Kachexie den Verdacht auf die richtige Spur lenken.

Im Röntgenbild sieht man eine der Gewebsverdichtung entsprechende Schattenbildung.

Meist entwickeln sich Bronchialkarzinome in größeren Bronchien nahe dem Hilus, bilden dort solide Tumoren wechselnder Größe und verlieren sich im angrenzenden Lungengewebe. Das Wachstum dieser Geschwülste erfolgt gleichmäßig oder strahlig in den Lymphbahnen der Umgebung der Bronchien.

Dementsprechend findet man röntgenanatomisch einen wechselnd großen, dichten, zentralen Schatten; von ihm können der Hilusauffaserung folgend, diese von der Wurzel her verstärkend, bald feinästig, bald plumper in der Zeichnung, Schattenstränge über Teile der Lungenfelder ausstrahlen. Mit fortschreitendem Wachstum greifen die Tumoren auf die Pleura über. Die Erscheinungen der Pleuritis komplizieren das Bild. Damit wachsen die differentiell-diagnostischen Schwierigkeiten, besonders gegenüber der Tuberkulose.

Tuberkulöse Hilusinfiltrate mit den Hilussträngen folgenden produktiven Entzündungen machen dem infiltrierend wachsenden Bronchialkarzinom nicht unähnliche Bilder. Wiederholte Untersuchungen werden diagnostische Zweifel indessen kaum lange bestehen lassen.

Von mediastinalen Tumoren unterscheidet sich das Bronchialkarzinom im Röntgenbild durch sein wenigstens anfangs einseitiges und strahlenförmig in eine Lunge vordringendes Wachstum. Mag ein zentrales Bronchialkarzinom das Mediastinum nach der Gegenseite hinüberdrängen, buckelförmig in diese vorspringend, das weit in beide Lungenfelder vordringende Wachstum des Mediastinaltumors zeigt es zunächst nicht. Metastasen in den Mediastinaldrüsen erhöhen die differentiell-diagnostischen Schwierigkeiten.

Mit zunehmender Erkenntnis vom Wert der Röntgenuntersuchung unter den Ärzten werden — mit der frühzeitig vorgenommenen Röntgenuntersuchung — die röntgen-diagnostischen Schwierigkeiten abnehmen. Gerade bei dem anfangs zentralen Sitz des Bronchialkarzinoms leisten die Röntgenstrahlen diagnostisch unersetzliche Dienste.

„Bronchial“- bzw. „Lungensteine“ findet man bei Pneumonokoniosen oder als Folge tuberkulöser Veränderungen in den Lungen und dem tracheo-broncho-pulmonalen Drüsensystem. Im Röntgenbild erscheinen „Steine“ oder Kalkherde als scharf umrissene dichte, innerlich strukturlose Schatten. Krümelige Kalkmassen zeigen röntgenologisch unter günstigen Untersuchungsbedingungen innere Struktur, in sich ungleiche Schattentiefe. Bickel und Grunmach beobachteten und beschrieben einen Kranken mit Steinhusten; er entleerte zahlreiche Steine.

Die röntgenologische Untersuchung von Kranken mit Asthma bronchiale während des Anfalles brachte eine Anzahl voneinander abweichender Einzelbeobachtungen. Die Einheitlichkeit der Auffassung über die Grundlagen des Asthmaanfalles wurden dadurch röntgenologisch nicht gefördert.

Allgemein sind während des Anfalles die Lungenfelder hell, die Interkostalräume weit; die Rippen verlaufen mehr horizontal. Das Verhalten des Zwerchfelles wird verschieden geschildert. Man fand das Zwerchfell im Anfall tief stehend und abgeflacht mit äußerst geringen respiratorischen Bewegungen. Das Herzbild erschien langgestreckt, wurde inspiratorisch größer, expiratorisch kleiner (Dietlen). Andere beobachteten einseitigen respiratorischen Stillstand des Zwerchfelles, den sie auf einen Zwerchfellkrampf bezogen (Rumpf, Krause). Levy-Dorn sah die linke Zwerchfellhälfte ruckartig in Inspira-



Abb. 19. Thoraxröntgenogramm eines an Bronchialkarzinom leidenden 35jährigen Mannes. Das Karzinom entstand am linken Hilus, verbreitete sich den Bronchien folgend über beide Lungen, stärker links als rechts. Der Kranke wurde im Felde lange als Bronchitiker und Asthmatiker behandelt. Die Röntgendiagnose ist autoptisch erhärtet.

tionsstellung übergehen und sich in der Folge expiratorisch nur mühsam heben; die rechte Zwerchfellhälfte stand in mittlerer Höhe still. Rieder bezeichnet als häufigsten Befund ruckartig auftretende, wellenförmige, meist geringgradige Exkursionen des Zwerchfelles bei Inspiration und fast aufgehobene Expiration.

Daß Krampfzustände des Zwerchfells am Zustandekommen des Asthma bronchiale beteiligt seien, ist durch die geschilderten am Zwerchfell beobachteten Erscheinungen nicht bewiesen, die klinische Annahme eines Krampfes der Bronchialwandungen nicht widerlegt.

Assmann erklärt den fast ständigen inspiratorischen Zwerchfelltiefstand mit der Tatsache, daß der angenommene Verschuß der Bronchiolen durch die

stärkeren inspiratorischen Kräfte überwunden wird und Luft in die Alveolen eindringen kann, während die schwächere Expiration die Bronchiolenkrämpfe nicht zu überwinden vermag. Die Folge wäre stärkste Lungenblähung und ständiger Zwerchfelltiefstand bei geringen Exkursionen. Aber auch die Inspiration kann bei schwerem Anfall zu nur ungenügendem Luftzutritt führen: es kommt zu Zuständen am Zwerchfell und zu Druckverhältnissen im Thorax, wie sie bei Bronchostenose geschildert werden. Es lassen sich also alle während der Asthmaanfalle beobachteten Zwerchfellerscheinungen aus der Theorie des Asthmas als Krampfzustände des Bronchialbaumes erklären. Freilich; solche Krampfzustände im Bronchialbaum — etwa in Form von Verschmälerung der Hilustränge im Asthmaanfall — sind röntgenologisch nicht festgestellt und einwandfrei nicht festzustellen.

Die Häufung asthmatischer Anfälle führt zu Lungenemphysem.

Bei sekundären Asthmaformen kommt es — neben den Erscheinungen der Primärkrankheit z. B. des Lungen- oder Mediastinaltumors — zu den gleichen röntgenologischen Symptomen, wie beim Asthma bronchiale; ebenso beim Asthma uraemic. und dem Asthma sexuelle der Frauen.

Auf den Zusammenhang von Asthma bronchiale mit den Erscheinungen der Asthenie im Röntgenbild weist Rieder hin. Schwellungen der Hilusdrüsen sind bei Asthmatikern nicht selten. (Friedrich Müller.)

Veränderungen des tracheo-broncho-pulmonalen Drüsensystems.

Bei den nahen Beziehungen des lymphatischen Apparates zu seinem Wurzelgebiet sind Veränderungen des tracheobronchopulmonalen Lymphsystems für unsere Kenntnis und Auffassung der Erkrankungen intrathoracischer Organe von großer Bedeutung.

Die topographischen Beziehungen der Tracheo-Bronchialdrüsen erläutert das bekannte Schema von Sukiennikow. Die Lymphdrüsen begleiten die zuführenden Atemwege und gehören mit diesen teils dem Mediastinum, teils dem beiderseitigen Lungenhilus, teils den Lungen selbst an. Die Lymphoglandulae tracheobronchiales superiores et inferiores liegen in ihrer Hauptmasse rechtsseitig. Rechts werden überhaupt weit mehr Lymphdrüsen angetroffen als links. Die Drüsen sind gruppenweise verteilt beiderseits der Luftröhre, im Bifurkationswinkel, den tracheobronchialen Winkeln und den Gabelungen der Bronchien, die sie ihrem Verlauf entlang in spärlicher Zahl begleiten. Die Tracheobronchialdrüsen liegen hauptsächlich antero-lateral, die Bronchopulmonaldrüsen besonders postero-lateral, worauf Sukiennikow hinweist.

Pulmonaldrüsen werden bis dicht unter die Pleura der Lungenkonvexität gefunden.

Nach Köhler sind die hilusnahen Drüsen bei Erwachsenen durchschnittlich erbsen- bis bohnen groß, die hilusfernen haben etwa Linsengröße. Diese Angaben dürften den Verhältnissen meist entsprechen.

Bei Schilderung der Hiluszeichnung wurde betont, daß die Hilusdrüsen wahrscheinlich an ihr beteiligt sind, daß es aber unmöglich sei, die Größe ihres Anteiles am Schatten festzustellen, normale Drüsen im Hilusschatten zu differenzieren. Ihre Dichte und Dicke ist zu gering zu einer differenten Absorption der durch die umgebenden Thoraxorgane gefilterten Röntgenstrahlen. Das gleiche gilt für die Pulmonaldrüsen, für deren Nachweis schon bei geringgradigeren Veränderungen die Lage im hellen Lungenfeld günstig ist. Die Drüsen der Hilusgegend stehen in naher räumlicher Beziehung zur Arteria pulmonalis, liegen ihr oben und unten direkt an. Arterie und Drüsen wieder liegen lateral vom Bronchus.

Die Schwierigkeit der Untersuchung mediastinaler und linksseitiger Hilusdrüsen wird — abgesehen von der Ungunst der Absorption — erhöht durch die Ungunst ihrer Lage. Herz-, Gefäß- und Wirbelsäulenschatten überdecken sie im sagittalen Strahlengange mindestens teilweise.

Bei Durchleuchtung des Mediastinums in schrägen Durchmessern werden Teile eines oder beider Lungenwurzeln ins Mittelfeld projiziert. Man sieht die



Abb. 20. Vergrößerung und Verdichtung der Hiluszeichnung rechts mit unscharfer Begrenzung des Hilus gegen das Lungenfeld. Schattenbildung rechts basal neben dem Herzschatten. Noch teilweise im rechtsseitigen Schattenrand des Mittelschattens, oberhalb des Hilus, ein länglicher schattentiefer Herd als Ausdruck einer verkalkten Drüse; oberhalb dieses Gebildes eine lateral scharf begrenzte Schattenbildung als Ausdruck vergrößerter, teilweise verkäster Trachealdrüsen. Links oben, den Mittelschatten überragend — der linken Seite des Beschauers gegenüber — bis gegen das Schlüsselbein inhomogene Schattenbildung als Ausdruck einer Pleuromediastinitis und vergrößerter und teilweise verkäster Paratrachealdrüsen. Die Schattenbildung vom rechten Hilus nach unten, nahe dem Mittelschatten, ist der Ausdruck teils intrapulmonaler, teils pleuritischer tuberkulöser Veränderungen (Sektionsbefund).

Trachea, ihre Bifurkation und die großen Bronchien mehr oder weniger deutlich; aber auch hier sind normale Drüsen mit Sicherheit nicht zu differenzieren. Hyperplasie (entzündliche oder maligne), käsige Degeneration und Kalkinkrustation führen zur röntgenologischen Darstellbarkeit der tracheobronchialen Lymphdrüsen und Lymphwege.

Umschriebene Abgrenzung der Schatten ist nötig, wenn man von pathologisch veränderten geschwollenen Drüsen sprechen will. Weil die umschriebene Abgrenzbarkeit der Drüsen im Röntgenbilde bereits einen gewissen

Grad der Dichteveränderung und Schwellung voraussetzt, ist es leicht einzusehen, daß der röntgenologischen Untersuchung besonders unter wenig günstigen Verhältnissen geringere Grade der Drüsenveränderung entgehen werden. Über das Maß der zur röntgenologischen Darstellbarkeit nötigen Veränderungen der Drüsen lassen sich allgemein geltende Angaben nicht machen. Entzündliche und hyperplastische Vorgänge bewirken durch Zunahme der Schichtdicke und Dichte erhöhte Strahlenabsorptionen; Verkäsung — nach Köhlers Auffassung unter Hinweis auf Untersuchungen Schmolls — durch Zunahme der Chlormetalle und phosphorsauren Kalk. Kalkinkrustation läßt Drüsen manchmal so undurchgängig wie Metallkörper erscheinen. Verkalkte Drüsen



Abb. 21. Die linksseitige Hiluszeichnung — der linken Seite des Beschauers gegenüber — ist beträchtlich vergrößert und verdichtet; die Begrenzung des Schattens ist scharfrandig. Bedingt ist dieses Hilusbild durch vergrößerte tuberkulöse Drüsen. Ein paratracheales Drüsenpaket rechts gegenüber dem Aortenbogen. Hiluszeichnung rechts vergrößert und Verdichtungen enthaltend. Deutliche wurzelwerkartige Auffaserung der rechtsseitigen Hiluszeichnung gegen die Basis als Ausdruck tuberkulöser Lymphangitis.

sind scharf umschrieben; Kalkherde von Stecknadelkopfgröße sind unter günstigen Untersuchungsbedingungen im Lungenfeld zu erkennen. Weniger scharf in der Begrenzung und weniger tief im Schatten bilden sich Käseherde ab. Infolge ungleichmäßiger Verkäsung oder Verkalkung findet man in entzündlich geschwollenen Drüsen fleckige und streifige dunkle Herde. Besonders in Hilusnähe sind die Drüsen im allgemeinen gruppenweise erkrankt. Sie zeigen bei Verkalkung im Röntgenbild Trauben- oder Maulbeerform. Nicht selten erkennt man bei markiger Schwellung die Zusammensetzung des schattenwerfenden Gebildes aus einer Mehrzahl von Drüsen an der buckligen, bogenförmigen Rändzeichnung des Schattens. Immer aber muß man, wenn von Drüsenanschwellung nach dem Röntgenbild gesprochen werden soll, die Drüsen als umschriebene Schatten im Lungenfelde — wo auch immer — differenzieren können, sonst entbehrt die Diagnose der Grundlage.

Anthrakotische und andere staubinkrustierte Drüsen können röntgenologisch darstellbar sein. Zur Entstehungsgeschichte der Staubinkrustation erinnert Rieder an Ausführungen Ribberts, nach denen sich krankhaft veränderte Drüsen besonders gerne mit Staub inkrustieren. Daß hyperplastische und tuberkulöse Veränderungen von Drüsen der Anthrakose den Boden bereiten, dürfe aus den in solchen Drüsen nachgewiesenen Käseherden erschlossen werden. Chronisch indurierte, schieferige, anthrakotische Drüsen sind deshalb auf röntgenologischem Wege von echten tuberkulösen Drüsen nicht zu unterscheiden (Rieder).

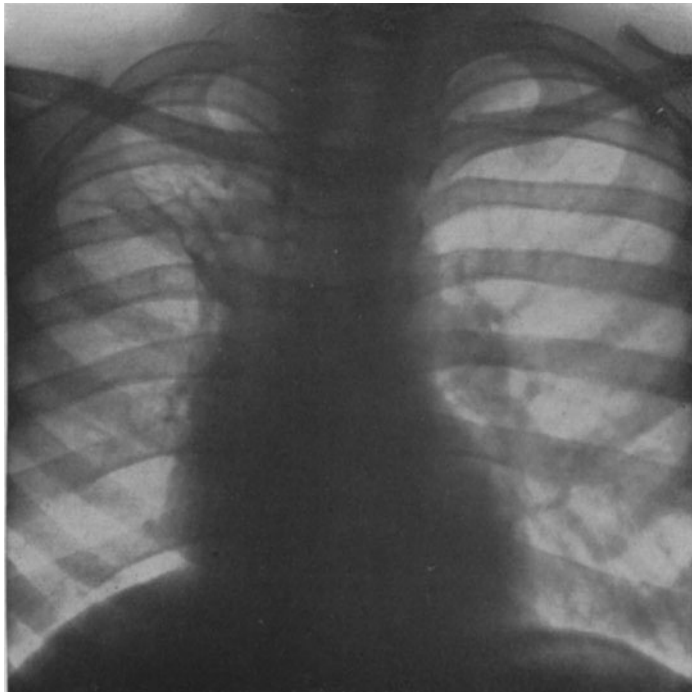


Abb. 22. Röntgenogramm der Brustorgane eines 13jährigen Mädchens. Rechterseits im oberen Teil des Lungenfeldes nahe dem Mittelschatten ein Primärherd; außerdem aber, offenbar vom rechten Hilus ausgehende, sich gegen die Infraklavikulargrube rechts ausbreitende Tuberkulose. Rechts unten, den Mittelschatten bzw. den rechten Herzrand überragend, ein lichter Schatten als Ausdruck einer Mediastinopleuritis. Die linke Hiluszeichnung ist bei scharfer Begrenzung des Hilusbildes vergrößert und verdichtet. Die Stränge gegen die linke Basis erscheinen auffallend breit.

Drüenschwellungen im Hilus findet man bei akuten Infektionskrankheiten mit Beteiligung der Atemwege, bei Bronchopneumonien, besonders deutlich oft bei Influenza. Bei Lymphomatosen, Leukämie, Sarkomatose und karzinomatöser Schwellung (als Metastasen) können Drüsen bedeutender Größe mit bogigen Konturen weit ins Lungenfeld reichen. Ich habe unter anderen längere Zeit einen Kranken mit aleukämischer Lymphadenose beobachtet, von dessen einwandfrei nachgewiesener Hilusdrüenschwellung rechts eine interlobäre exsudative Pleuritis ausging.

Von größter Bedeutung ist die erstmals durch Untersuchungen von de la Camp und Köhler bekannt gewordene Röntgendiagnose der Bronchialdrüsentuberkulose.

Sie stützt sich auf die geschilderten Tatsachen, aus deren Würdigung auch die Grenzen der röntgendiagnostischen Möglichkeiten erkannt werden.

Wertvolle Beiträge zu diesem Kapitel verdanken wir Assmann, Cerdeiras, Engel, Keiner und anderen.

Die Technik der Drüsenuntersuchung bedarf keiner besonderen Besprechung; sie ist die der Thoraxuntersuchung überhaupt. Einer allseitigen Durchmusterung des Brustinnern unter suchendem Blendenspiel folgt allemal die röntgenographische Aufnahme in optimaler Richtung; weil es sich um möglichst frühzeitige Darstellung leichter Schattenunterschiede handelt.

Bei der Schwierigkeit des röntgenologischen Nachweises einfach entzündlicher Drüsenschwellung wird man natürlich Aussicht versprechende klinische Methoden zur Untersuchung heranziehen: etwa die Spinalauskultation d'Espines und die Spinalperkussion von Koranyis, — deren isolierte Ergebnisse allerdings äußerst kritisch verwertet werden müssen.

Das Lymphgefäßsystem entzieht sich in der Norm der röntgenologischen Darstellbarkeit.

Bei Pneumokoniose kommt es zur Füllung, Verstopfung und Entzündung der Lymphgefäße wie der Drüsen; im weiteren Verlauf kann es zu Bindegewebswucherung und Narbenbildung kommen. So trifft man bei Pneumonokoniosen im Röntgenbilde Verdichtung der Zeichnung des Lungenskelettes als Folge der peribronchialen und perivaskulären Lymphgefäßveränderung.

Ähnliches geschieht bei karzinomatöser Infiltration.

Die größte Bedeutung aber kommt der Lungentuberkulose zu für die Veränderung des tracheo-broncho-pulmonalen Lymphdrüsen- und Lymphgefäßsystems.

Erkrankungen der Lunge im Röntgenbild.

Die häufigste Ursache — oder Folge — der Veränderungen des tracheo-broncho-pulmonalen Drüsensystems ist die Tuberkulose.

Parrot bezeichnet die Lungenwurzeldrüsen als den Spiegel der Lunge.

Ranke findet in den Hilusdrüsen jeder Person geradezu ein Archiv ihrer tuberkulösen Vergangenheit.

Die Lungentuberkulose.

Wenn wir mit der von Körpergebilden nur Absorptionsunterschiede, Hell-Dunkelbilder, auf eine Fläche zeichnende Röntgenmethode an die Untersuchung der Lungentuberkulose herangehen, rechtfertigt sich die Frage: Ist die pathologisch-anatomische Eigenart der Tuberkulose in den Lungen derart, daß für ihre Erfassung mit unserer Methode Wertvolles zu leisten ist.

Was ist Lungentuberkulose?

Sie ist keine morphologische, keine pathologisch-anatomische Einheit. Sie gilt uns heute nicht mehr nur als die „Knötchenkrankheit“; wir bezeichnen alles als Tuberkulose, was durch den Tuberkelbazillus, der auch das tuberkulöse Granulationsknötchen verursacht, erzeugt wird. Das pathologisch-anatomische Bild der Lungentuberkulose ist vielgestaltig. Bald sieht man umschriebene knötchenartige, bald diffuse als spezifisch tuberkulös erkennbare oder auch nicht erkennbare Zellwucherungen; bald exsudative Entzündungen im respiratorischen Parenchym oder im Interstitium. Man unterscheidet Neubildungs- und Exsudationsprozesse, die in verschiedenster Mischung gleichzeitig oder nacheinander in derselben Lunge vorkommen können und tatsächlich auch vorkommen. Durch Neubildung entsteht in der Hauptsache der miliare,

submiliare und Konglomerattuberkel und das diffuse Granulationsgewebe. Exsudative Vorgänge beherrschen das Bild der miliaren und ausgedehnten käsigen Pneumonie, der käsigen Bronchitis und Peribronchitis, der gallertigen Hepatisation. Die Ausgänge dieser Prozesse können ganz verschieden oder aber auch gleich sein, wie sie sich selbst auch pathologisch-anatomisch nicht selten in einer Weise ähneln können, daß erst das Mikroskop die Entscheidung trifft, ob vorhandene Knötchen entstanden sind aus einer miliaren käsigen Bronchopneumonie oder einer miliaren Knötchenbildung. Das Bild der spezifischen Wirkungs- und Reaktionsprodukte wird durch das der unspezifischen Veränderungen kompliziert. Veränderungen, die zu gleicher Dichte, also Strahlenabsorptionsänderung der gesunden Lunge führen, werden wir röntgenologisch nicht voneinander unterscheiden können, wenn nicht charakteristische Formen oder Entwicklungsarten der Veränderung Handhaben für ihr Verständnis geben. Nach der Eigenart der Röntgenbilder wird unter Umständen ein unscharf begrenzter und weniger dichter und großer Absorptionsherd nahe der Platte ein ähnliches Bild geben können, wie ein dichter kleinerer, aber der Platte ferner gelegener. So wird man im gegebenen Falle häufig nicht in der Lage sein, zum Beispiel von einem einzelnen kleinknotigen Herd in der Lunge mit Sicherheit zu sagen, ob er einen pneumonischen Herd oder einen Proliferationstuberkel zur Grundlage hat. Häufig wird sich röntgenologisch nicht unterscheiden lassen, in welchem augenblicklichen Zustand das dem Knötchenschatten zugrunde liegende Substrat sich befindet; zum Beispiel, ob im Beginn der Verkäsung oder bindegewebiger Schrumpfung. Dazu kommen die Schwierigkeiten infolge der Überdeckungen von Schatten, die bedingt sind durch die Körperprojektion in eine Ebene. Die kritische Würdigung der physikalischen Eigenart der Röntgenbilder und der Untersuchungstechnik; des anatomischen Aufbaues der Lunge und endlich der pathologisch-anatomischen Eigenart der verschiedenen Lungenleiden, hier zunächst der Tuberkulose, wird uns vor einseitiger Bewertung des Ergebnisses unserer Methode bewahren und die Notwendigkeit erweisen, alle Aussicht auf Erfolg versprechenden Untersuchungsmethoden jeweils zur Anwendung zu bringen.

Die Erscheinungsformen der Lungentuberkulose im Röntgenbilde sind derart, daß gewisse Bilder ohne weiteres auf Grund vergleichender pathologisch-anatomischer und Röntgenuntersuchungen — nicht selten mit großer Wahrscheinlichkeit selbst in ihrem histologischen Charakter — erkannt werden können, während andere Bilder durch die Röntgenmethode allein nie mit Bestimmtheit als Tuberkulose von anderen Krankheiten abzugrenzen sind. Hierauf wird noch einzugehen sein.

Der Entwicklungsgang der Infektionskrankheit Tuberkulose mit ihren teilweisen Parallelen zur Lues wurde Veranlassung, auch bei der Tuberkulose ein primäres, sekundäres und tertiäres Stadium zu unterscheiden (Petruschky, Behring, Römer, Hamburger, Pirquet, Ranke). Ranke legt bei seiner Einteilung der Lungentuberkuloseformen das Hauptgewicht auf das Gesamtbild der tuberkulösen Erkrankung, von der die Lungentuberkulose nur einen Teil bilde. Er unterscheidet:

1. Die isolierte primäre Tuberkulose der Lunge.
2. Lungentuberkulosen bei generalisierter Tuberkulose.
3. Die „isolierte Phthise“.

Als primäre Lungentuberkulosen werden diejenigen Krankheitsformen betrachtet, „die den unmittelbaren Folgen einer experimentellen Primärfektion so nahe analog sind, daß nach unserem heutigen Wissen die Annahme einer Erstansiedelung des Tuberkelbazillus in den Lungen und dem Bronchialbaum allein berechtigt erscheint. Als generalisierte Tuberkulose alle diejenigen

Erkrankungen, bei denen neben einer Beteiligung der Lungen noch anderweitige hämatogen oder lymphogen entstandene, oder als extrapulmonaler Primäraffekt aufzufassende tuberkulöse Herde im Bereich des großen Kreislaufs vorhanden sind, abgesehen von den zur primären Tuberkulose gehörigen Veränderungen der regionären Lymphknoten“.

Als isolierte Phthise werden von Ranke die tuberkulösen Lungenerkrankungen bezeichnet, die ausschließlich dieses Organ zuzüglich der Ausscheidungswege für den Auswurf befallen, „ohne zu selbständigen, hämatogen oder lymphogen entstandenen Metastasen im Gebiete des großen Kreislaufes zu führen“.

Mag man nicht mit allen Auffassungen Rankes in der Tuberkulosefrage übereinstimmen: es bleibt sein Verdienst, die verschiedenen pathologisch-anatomischen Veränderungen der Tuberkulosestadien herausgearbeitet und in Beziehung zu Reaktionszuständen des Körpers gesetzt zu haben.

Die „isolierte Phthise“ Rankes ist die Krankheitsform, die man bisher schlechtweg als Lungentuberkulose bezeichnete, der die verschiedenen klinischen und röntgenologischen Versuche der Stadieneinteilung galten. Der Begriff der Stadien in diesem letzteren Sinn wäre also etwas anderes als der bei Betrachtung der Lungentuberkulose als Teilerscheinung der Infektionskrankheit Tuberkulose im Sinne Petruschkys und Rankes gemeinte. Wohl jede Tuberkuloseerkrankung der Lunge hinterläßt in ihr pathologisch-anatomische Spuren.

Bei langer Dauer der Krankheit und verschiedenen Schüben oder Neuerkrankungen trägt die Lunge und ihr Hilusgebiet Spuren aus verschiedenen Perioden, die sich pathologisch-anatomisch, vielfach auch klinisch (Ranke) und röntgenologisch voneinander trennen lassen. Von Leuchtschirm und Platte können wir nicht selten eine ganze Krankengeschichte mit den wechselnden gesundheitlichen Schicksalen der Kranken lesen, eine Krankengeschichte, die uns vielfach Anamnese, Klinik, Immunbiologie und pathologische Anatomie bestätigen.

Die erste Berührung der überwiegenden Mehrzahl der Kulturmenschen mit dem Tuberkelbazillus fällt in die Jugendzeit. Die Tuberkulose ist vielfach eine Kindheitsinfektion (Petruschky, Behring, Römer, Hamburger, Pirquet, Ranke). Der Ort des ersten Eindringens ist meist die Lunge (Küß, Ghon u. a.). Der „Primärherd“ kommt durch Inhalation zustande. Er ist bei Lokalisation im respiratorischen Parenchym der Lunge eine verkäsende Pneumonie, die von typischem tuberkulösem Granulationsgewebe umgeben, von gewucherten fixen Bindegewebszellen umwallt wird. Dieser Bindegewebswall ist nach Ranke besonders bei ausheilenden Formen für den Primärherd charakteristisch. Mit zunehmender Heilung wird der Wall zur festen Kapsel, die käsigen und nekrotischen Innenteile des Herdes fallen der Verschwelung oder Verkalkung anheim. Primärherde in der Schleimhaut der Trachea und Bronchien hat Ranke beschrieben. Die Infektion der Hilusdrüsen erfolgt — entsprechend dem Cornetschen Lokalisationsgesetz — nach den Untersuchungen von Küß, Ghon und anderen zentripetal von einem Lungenherd aus. Dieser entsteht nicht retrograd, wie früher vielfach angenommen wurde. Häufig vermochten bei pathologisch-anatomisch schwer auffindbaren Primärherden die regionären und Hilusdrüsen Wegweiser zum Primärherd zu sein. Der Primärherd kann selbst pathologisch-anatomisch kaum mehr auffindbar, restlos verheilt sein, während regionäre und Tracheo-Bronchialdrüsen oder nur diese noch aktive Zeichen oder Petrefakte stattgehabter Infektion dauernd in sich tragen. Die intensive Mitbeteiligung der Hilusdrüsen und des drüsen-nahen Lungengewebes gehört nach Rankes Untersuchungen in ausgesprochener Eigenart der Primärperiode an.

Ranke wies auf Grund klinischer und pathologischer Untersuchungen, auf die Bedeutung der spezifischen und nichtspezifischen Entzündung hin, auf die Mitbeteiligung des Gewebes zwischen Primärherd und Hilus. Er zeigte, wie es hier zu intensiver spezifischer und unspezifischer Perivaskulitis, Peribronchitis und Bronchitis kommen kann mit deren Folgen, den nahen und fernen Atelektasen, zu Stauungszuständen und Kollapsindurationen. Im Hilusgebiet ist intensive Bindegewebsneubildung um die Drüsen charakteristisch für die Primärperiode. In späterer Zeit komme es nicht mehr zur Bildung solcher Drüsenveränderungen; nicht mehr zur charakteristischen Perifokalreaktion im Hilus. Primärherd, Hilusdrüsen und Gewebsveränderungen zwischen Primärherd und Drüsen bilden den „Primärkomplex“. Nach den Untersuchungen Ghons an Kindern waren die Primärherde hanfkorn- bis walnußgroß und befanden sich im Stadium teils der Verkäsung, teils des kavernenösen Zerfalls oder der Vernarbung und Verkalkung. Die rechte Lunge führt überwiegend mehr Primärherde als die linke. Küß fand sie mehr in unteren, Ghon und andere mehr in mittleren und oberen Teilen der rechten Lunge; dann folgt nach Ghon der linke Unterlappen und endlich der rechte Mittellappen. Im allgemeinen wurden mehr Primärherde peripher, nahe der Pleura, als zentral gefunden. Dies erklärt das Auftreten von Pleurakomplikationen, zentral, peripher, interlobär und basal. Entsprechend dem häufigeren Sitz der Primärherde rechts findet man die rechtsseitigen Hilusdrüsen häufiger ergriffen von der Tuberkulose als die linken. Küß findet die rechtsseitigen Hilusdrüsen soviel häufiger ergriffen als die linksseitigen, daß ihm das Lokalisationsgesetz allein dafür keine genügende Erklärung bietet. Ebenso seien die rechtsseitigen unteren Tracheobronchialdrüsen sehr häufig infiziert bei Lokalisation des Primärherdes im rechten oberen und Mittellappen.

Ghon findet die unteren Tracheobronchialdrüsen auch miterkrankt bei Lokalisation des Primärherdes in oberen Lungenteilen rechts. Primärkomplexe können multipel auftreten. Mit der Infektion der Drüsen an der Lungenwurzel, den tracheobronchialen Drüsenketten, ist die Primärperiode abgeschlossen. Schon Küß betonte, daß die Tuberkulose zunächst Halt mache, wenn die mediastinalen Drüsen infiziert seien. Die Kontaktinfektion schreitet vielfach zunächst nicht weiter, die Barriere des Lymphsystems wird in stärkerem Maße nicht überschritten. Selbstverständlich kann es anders sein bei massiver Infektion und widerstandslosem Organismus. Dann kann die Propagation durch Infektion der Umgebung, durch Einbruch in die Blutbahn — direkt oder auf dem Lymphweg — und den Bronchialbaum erfolgen. Bei Säuglingen und Kleinkindern sind durch Kontaktinfektion vom Primärherd und Hilus aus wachsende bösartige Tuberkulosen beobachtet worden, ganz abgesehen von der Generalisation durch Einbruch tuberkulöser Herde in die Blutbahn. Die Primärinfektion kann dem Infizierten und seiner Umgebung unbemerkt, symptomlos, ablaufen. Das Individuum kann dauernd gesund bleiben oder aber — in reiferem Alter — an endogener oder exogener Reinfektion erneut erkranken.

Die Lungenprimärinfektion verhält sich klinisch und pathologisch-anatomisch bei Erwachsenen im allgemeinen nicht anders als beim Kinde (Ranke und andere).

Weil aber der „Primärkomplex“ meist eine Kinderkrankheit ist, findet man bei erwachsenen Kranken neben den Petrefakten der Primärzeit die Spätformen der Lungentuberkulose, die Ergebnisse der endogenen und exogenen Reinfektion.

Auf die klinische Diagnose des Primärkomplexes kann nicht näher eingegangen werden; sie ist bei aktiven Formen möglich für den ganzen Primär-

komplex oder nur für Teile. Neben Herderscheinungen findet sich eine mehr oder weniger diffuse Bronchitis, manchmal beschränkt auf die Seite der Infektion. Die Symptome der Hiluserkrankung können das Krankheitsbild beherrschen. Die Tuberkulinprobe ist dabei positiv. Es gibt aber auch aktive Primärtuberkulosen, die sich der klinischen Untersuchung entziehen, bei denen lediglich die Anamnese, Allgemeinsymptome und positiver Pirquet den Verdacht auf den rechten Weg weisen. Hier sieht die Röntgenmethode, wie so oft, tiefer; der Röntgenbefund wird ausschlaggebend, ebenso wie für den Nachweis obsoleter Herde aus der Primärzeit, die man vielfach als Zufallsbefund bei Thoraxdurchleuchtungen völlig Gesunder oder an anderen Krankheiten Leidender findet.

Die beschriebenen pathologisch-anatomischen Veränderungen des Primärkomplexes schließen die Möglichkeit ihrer röntgenologischen Darstellung in sich.

Die Röntgenbilder des Primärkomplexes sind verschieden, je nach Stärke, Lokalisation und Entwicklungsphase der Krankheit. Da es sich bei der röntgenologischen Suche nach dem Primärkomplex vielfach um Jugendliche und Kleinkinder handelt, müssen die zur Strukturdarstellung nötigen Thoraxplatten häufig mit Verstärkungsschirmen als Momentaufnahmen hergestellt werden. Daß Verstärkungsschirme röntgentechnisch bei Strukturdarstellung — hier nicht zu umgehende — Notbehelfe sind, wurde andernorts betont.

Der Aufnahme geht die vollständige Durchleuchtung voran. Sie gibt Übersichtsbilder und Aufschluß über Bewegungsvorgänge der Brustorgane. Bewegungsstörungen sind vielfach Folge von Pleurakomplikationen, die in bestimmter Art zum Primärkomplex der Lungentuberkulose gehören. Ghon fand sie pathologisch anatomisch bei $\frac{2}{3}$ seiner Beobachtungen.

Die kritische Durchsicht zahlreicher röntgenologischer Thoraxuntersuchungen ließ mir häufig eine Bewegungsstörung des rechtsseitigen inneren Zwerchfellanteils als auf die Primärzeit der Tuberkulose zurückzuführende Störung erscheinen, die ich kurz beschreiben und zu erklären versuchen will.

Die Befunde wurden erhoben an Kindern und Erwachsenen beiderlei Geschlechts ohne Auswahl, wie sie zur Untersuchung kamen; darunter ein kleiner Teil des großen Untersuchungsmaterials der Münchener Fürsorgestelle für Lungenkranke, das während 10 Jahren an meiner Röntgenröhre vorüberzog. Neben klinisch Gesunden befanden sich unter den Untersuchten Kranke mit den verschiedensten Leiden der Brustorgane.

Durchleuchtet man menschliche Brustorgane allseitig, dann beobachtet man häufig ein inspiratorisches Nachhinken des medianen rechtsseitigen Zwerchfellanteils, meist des inneren Drittels. Die Bewegungsbehinderung kann ein schon in Ruhestellung gebuckeltes Zwerchfell betreffen oder sich erst im Inspirium bemerkbar machen. Der Schirmbefund bildet entweder die Bestätigung eines klinisch erhobenen Befundes oder fällt — vielfach — als unerwartet auf. Bei allen Untersuchten, die das Symptom aufwiesen — ob sonst gesund oder krank —, war die Hiluszeichnung mehr oder weniger deutlich krankhaft verändert, besonders rechts. Die Untersuchten, die pirquetisiert worden waren, hatten positiv reagiert. Röntgenogramme als oberste Instanz bei Beurteilung von Lungenstrukturen waren vielfach aufgenommen worden. Bei stark positivem Ausfall des Symptoms war die rechtsseitige Hiluszeichnung in kranio-kaudaler, frontaler und sagittaler Richtung meist vergrößert und verdichtet, ließ mehr oder weniger scharf begrenzte bogige Konturen von Drüsen und wechselnd dichte Schattenherde im Hilus erkennen, Drüsen oder Einlagerungen in ihnen. Bei einem Teil der Untersuchten waren da oder dort im Lungenfeld als Primärherd zu deutende Veränderungen zu erkennen, überwiegend in mittleren und unteren Lungenteilen rechts, weniger links, selten in den Spitzen. Manchmal stunden Primärherde in den Lungen

durch Strangverdichtungen mit den regionären Drüsen und dem Hilus in Verbindung. Häufig fehlten Verbindungen zwischen Primärherd und Hilus im Röntgenbild, besonders bei Erwachsenen, bei denen die Entstehung der Veränderung offenbar weit zurücklag. Vom Hilus zogen nicht selten zum rechten inneren Zwerchfelldrittel verdichtete Stränge, in deren Verlauf oder zwischen denen man unter allseitiger Durchleuchtung bisweilen schattentiefe Herde erkannte. Das rechte Zwerchfell hinkte im inneren Teil bei der Atmung mehr oder weniger nach, ohne daß immer thorakalwärts gerichtete zipfelförmige Verwachsungen zu erkennen waren. Daß die Deutung der „Stränge“ und „Strangverdichtungen“ besonderer Vorsicht bedarf, sei betont.

Während ausgesprochene Befunde deutlich krankhafter Veränderungen im Röntgenbild der Lungenwurzel unschwer zu erkennen sind, bleiben Grenzbefunde auch dem Erfahrenen problematisch. Gerade hier ist mir das Zwerchfellsymptom in seiner Eigenart von besonderem Werte geworden; es zeigte, wenn es bei wenig verändertem Hilus ausgesprochen vorhanden war, daß mit Wahrscheinlichkeit doch krankhafte Veränderungen vorlagen.

Verschiedene Möglichkeiten können zur Erklärung des Symptoms führen. Die nächstliegende Annahme wäre die, daß pleuritische Verwachsungen zwischen medianen Lungenteilen und innerer Zwerchfellpleura — eventuell unter Beteiligung des Perikards — vorliegen, etwa als eine der häufigen pleuritischen Komplikationen der Primärzeit. Die Pleuritis könnte ausgegangen sein von einem rechts unten in den Lungen lokalisierten Primärherd. Für einen Teil der Beobachtungen ist mit dieser Möglichkeit zu rechnen. Dann könnte die Pleuritis ausgegangen sein von einer Infektion der Pleura mediastinalis vom rechtsseitigen Hilus aus mit Ausbreitung gegen die rechte Basis im inneren Drittel. Pleuritis mediastinalis als Komplikation aus der Primärzeit ist bekannt (Küß, Ghon, eigene Beobachtungen). Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wäre im Übergreifen der Tuberkuloseinfektion auf drüsennahes Lungengewebe ohne direkte Pleurakomplikation zu finden. Das infiltrierte und komprimierte Lungengewebe mit seiner mangelhaften Entfaltbarkeit und gestörten Elastizität würde das Zwerchfell gegenüber dem erkrankten Lungenteil zurückhalten.

Endlich könnte eine Phrenikusschädigung im Mediastinum — durch Pleuritis mediastinalis — die Innervation des Zwerchfells stören.

Die Häufigkeit des Symptoms rechts im Gegensatz zur Seltenheit links ist nur zum geringsten Teil durch röntgentechnische Dinge, die allerdings zugunsten der linken Seite liegen, bedingt. Die Hauptursache ist wohl das häufigere Vorkommen von Primärinfektionen rechts. Dann sind die rechtsseitigen Tracheobronchialdrüsen größer und zahlreicher als die linksseitigen; sie sind die Hauptfilterstationen der Lungenlymphe. Man erinnere sich an das Schema der Drüsenverteilung in den Lungen nach Sukiennikow. Durch die Anastomosen der linken und rechten Hilusdrüsen können wohl, bei linksseitiger Lage des Primärkomplexes, Krankheitserreger aus dem linken in die rechtsseitigen Drüsen verschleppt und hier festgehalten, zu Veränderungen führen.

Unregelmäßigkeiten der Zwerchfellbewegung infolge individueller Eigenart des Zwerchfellbaues, die bekannten Bewegungsstörungen des Zwerchfells bei bestimmten Lungenkrankheiten sind mit dem Syndrom nicht zu verwechseln.

Auf pleuritische Adhäsionen zwischen Perikard und Pleura mediastinalis — ausgehend von Hilustuberkulose — sind die von Krauß geschilderten zipfelförmigen Perikardialverziehungen gegen den rechten Hilus zurückzuführen. Zu den auch für die Primärzeit bekannten pleuritischen Erscheinungen gehören interlobäre Veränderungen, besonders rechterseits zwischen Ober- und Mittel-

lappen, die im Röntgenbild als mehr oder weniger horizontal oder schräg vom rechten Hilus lateral verlaufende strichförmige Schatten erscheinen können.

Kommt es im Verlauf der später zu besprechenden „tertiären Phthise“ zu pleuritischen Basalkomplikationen, so betreffen diese nicht in der charakteristischen Art der Primärzeit innere Zwerchfellteile; es kommt dann vielmehr zu den bekannten Rezessustrübungen mit Zwerchfelladhäsionen in äußeren und mittleren Teilen der Lungenbasis.

Die Darstellbarkeit des Primärherdes setzt — wie überhaupt die Darstellbarkeit jeder Veränderung in den Lungen — gewisse Dichteveränderungen voraus. Hat die Infektion noch nicht direkt oder indirekt zu solchen geführt, dann ist die Krankheit röntgenologisch nicht zu fassen, während sie sich unter Umständen — etwa als Katarrh — der Auskultation schon verraten kann. Freilich sind solche Katarrhe — wenn charakteristische Erreger nicht ausgeschieden werden — in ihrer Eigenart nicht zu erkennen.

Chronische, also suspekta Katarrhe führen zu relativen Atelektasen der den ergriffenen Bronchien regionären Lungenteile. So kann z. B. ein tuberkulöser Hiluskatarrh ohne tuberkulöse Erkrankung der Lungenspitzen zu einer Spitzenbeschattung im Röntgenbild führen. Hier wäre die Spitzentrübung indirektes Symptom einer Hilustuberkulose.

Viel häufiger geschieht aber das umgekehrte. Lungenherde sind klinisch nicht nachweisbar, kommen aber röntgenologisch auf Leuchtschirm oder Platte unschwer zur Darstellung. Dies gilt nicht nur für in der Lungentiefe gelegene Herde.

Frisch entzündliche Herde erscheinen wenig dicht im Schatten und wenig scharf begrenzt. Proliferative, zu Induration neigende Veränderungen, erscheinen — *ceteris paribus* — meist dichter und vor allen Dingen schärfer begrenzt als etwa gleich große exsudative Herde. Verkäsende Herde werfen unter sonst gleichen Verhältnissen tiefere Schatten als rein exsudative, können auch proliferative an Schattentiefe übertreffen. Derbe Bindegewebsschwielen erscheinen schattentief und scharf begrenzt. Sie sind vielfach der Ausdruck abgeklungener Entzündung, bedeuten also stabile Zustände. Kalkinkrustationen führen zu beträchtlicher Schattentiefe; solche Herde können die Dichte von metallischen Fremdkörpern im Bilde erreichen. Das Fehlen exsudativer entzündlicher Reaktionen um den Herd fördert die scharfe Begrenzung des Herdschattens. Wenn man aus den auf der Platte sichtbaren Schatten vergleichsweise Schlüsse auf die ihnen zugrunde liegenden anatomischen Substrate ziehen will, dann müssen diese Substrate in möglichst gleichmäßiger Plattennähe und ähnlich um den Normalstrahl gruppiert sein.

Vergleiche von Schattenbildern, deren Substrate diesen Anforderungen nicht genügen, deren Lage wir nicht kennen, müssen zu Irrtümern führen.

Kavernenbildung macht sich bemerkbar durch das Auftreten strukturloser Aufhellungen innerhalb der Schattenbildungen des infiltrierten Gewebes. Über- oder unterlagerndes Lungengewebe projiziert sich allerdings mit seinen Strukturen in das Kavernenbild, das dann nicht völlig strukturlos erscheint.

Ähnlich wie die im Lungenherde auftretenden Dichteveränderungen sind auch die der Lymphwege röntgenologisch darstellbar.

Das Gesamtvolumen kranken Gewebes des Primärkomplexes nimmt mit zentral gerichteter Propagation zu. Die Veränderungen des Gewebes zwischen Primärherd und Hilus befinden sich nicht gleichzeitig überall in der gleichen Phase der Dichteveränderung. Deshalb sind die Schattentiefen und Schattenformen zwischen Lungenherd und Hilus meist mannigfacher als im Primärherd selbst. Die den Röntgenbildern der Primärtuberkulose zugrunde liegenden anatomischen Substrate haben uns Rankes Untersuchungen kennen gelehrt.

Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die Form und Anordnung der Herde und der Ablauf der Krankheit sind bei Lungentuberkulose vielfach von besonderer Eigenart. Deshalb ist die Röntgenmethode, trotzdem sie uns nur Silhouetten, Hell-Dunkelbilder liefert, in der Lage, vielfach doch für Tuberkulose charakteristische Befunde darzustellen.

Röntgenologische Beobachtungen über Primärherde bezogen sich meist auf isoliert in der Lunge liegende Flecke, als deren Substrat Assmann bei seinen Beobachtungen autoptisch Käseherde erkannte.

Der Primärherd ist vielfach röntgenologisch nicht darstellbar. Die Gründe für diese Tatsache wurden oben besprochen. Die Veränderungen der Gewebe zwischen Primärherd und Hilus können sich so weit zurückbilden, daß sie längere Zeit nach der Infektion röntgenologisch nicht mehr darstellbar sind.

Fast ubiquitär bleiben Veränderungen der Lungenwurzeln und ihrer Drüsen aus der Primärzeit auch bei Erwachsenen noch nachweisbar, selbst wenn die Infektion, wie meist, in der frühen Jugend erfolgte.

Die Bewertung der Hilusbefunde wird immer Kritik erfordern; es werden leicht zu viel „Hilusdrüsentuberkulosen“ diagnostiziert. Andererseits können aber auch Drüsentuberkulosen im Hilus bestehen, ohne selbst der Röntgenuntersuchung zugänglich zu sein. Die durch den Tuberkelbazillus gesetzten Dichteveränderungen reichen dann nicht aus, um die Drüsen aus der Schattensummatation, welche den Hilus darstellt, herauszuheben.

Jede Untersuchungsmethode hat die Grenzen ihres Erfolges; sie wird dadurch in ihrem unter Umständen hohen Wert nicht beeinträchtigt. Der Primärherd kann pathologisch-anatomisch in einer tertiär phthisischen Lunge nachweisbar sein.

Eisler beschrieb als röntgenologische Erscheinungen frischer Infektion Lungenherde dichter Struktur in einer lichterem Schattenwolke. Die Hilusdrüsen stellten sich dabei als massige Schatten dar. Später erschienen Lungenherde scharf konturiert und endlich seien Lungenherd und Hilusdrüsen als scharf hervortretende Schatten kenntlich. Eine interlobäre Pleuraschwarte zwischen Ober- und Mittellappen identifiziert Eisler mit der Primärinfektion.

Rach kennzeichnet den Primärherd als scharf begrenzten, bis bohnen großen Schatten, frei im Lungenfeld liegend, begleitet von Veränderungen der Hiluszeichnung, bei sonst negativem Röntgenbefund und positiver Tuberkulinreaktion.

G. Simon schildert den Primärkomplex ähnlich und bezeichnet die röntgenologische Erscheinungsform als typisch. Der tiefe, scharf begrenzte Kernschatten des Primärherdes kann sich dann aus dem Röntgenbilde der tertiär-phthisischen Lunge herausheben.

Gelegentlich beobachteter Steinhusten kann dadurch zustande kommen, daß eine ulceröse Phthise den inaktiv gewordenen Kalkherd löst und zur Ausstoßung bringt; auch verkalkte Drüsen können ausgehustet werden.

Primärherde können in den Lungen multipel auftreten. Ghon errechnet 83,5% einfache, 8,8 doppelte, 4,8 mehrfache Herde aus seinem Sektionsmaterial. Die von Ghon betonten Schwierigkeiten für die Unterscheidung mehrfacher Primärherde von einfachen mit sekundären Metastasen gilt in erhöhtem Maße für die Feststellung während des Lebens mit Hilfe der Röntgenstrahlen.

Kommt die primäre Lungentuberkulose nicht zur Ausheilung, dann kann jeder Teil des Komplexes zur Quelle weiterer Ausbreitung werden.

Beim Kinde gehen vom Primärherd direkt Kontaktinfektionen schlechter Prognose aus. Bei Jugendlichen und Erwachsenen wird der Hilus zum Ausgangspunkt durch Kontaktinfektion um sich greifender Tuberkulosen.

Der klinische Nachweis dieser Infektionsart kann möglich sein; oft aber wird die Krankheit erst durch die röntgenologische Untersuchung entdeckt. Das Röntgenbild zeigt dann gegen die Lungenfelder mit wechselnden Konturen vordringende, meist inhomogene Schatten.

Sluka beschreibt als Äußerungen tuberkulöser, vom Hilus ausgehender Kontaktinfektionen bei Kindern dem Hilus breitbasig aufsitzende Schatten, die in Dreieckform mit lateral gerichteter Spitze ins seitliche Lungenfeld ragen,



Abb. 23. Im rechtsseitigen Hilus erkennt man als Ausdruck orthoröntgenograd getroffener Bronchien mehrere runde Aufhellungen. Median von der größten liegt ein rundlicher, ziemlich scharf begrenzter schattentiefer Herd, offenbar der Ausdruck einer verkalkten oder käsigen Drüse. Nach außen oben vom Hilusgebiet sieht man gekörnte Stränge verlaufen, offenbar der Ausdruck unregelmäßig lymphangitischer Verdichtungen. Außen oben im Klavikularschatten erkennt man einen schattentiefen Herd: wohl als Ausdruck eines alten Primärherdes. Ein ähnliches Gebilde liegt etwas höher.

meist ins Gebiet des unteren Teils des rechten Oberlappens. Die Begrenzung sei nach unten gegen den Interlobärspace scharf, nach oben unregelmäßig, unscharf. Der dreieckige Schatten ist in sich inhomogen. Kavernen bilden darin mehr oder weniger deutliche Aufhellungen. Die Spezifität dieser Bilder in ihrem ganzen Umfang für Tuberkulose ist dann kritisch zu beurteilen, wenn die Schatten raschen Rückbildungen unterliegen; wenn auch Resorption tuberkulöser Veränderungen in relativ kurzen Zeiträumen einwandfrei beobachtet ist (Fr. v. Müller, Hansemann, eigene Beobachtungen). Bei Jugendlichen

kommen auf Grund akuter Infektionskrankheiten pneumonische Infiltrate ähnlicher Konfiguration vor. Daß vom Hilus gegen alle Lungenlappen gerichtete Propagationen tuberkulöser Prozesse bei Kindern, Jugendlichen und — wenn auch weniger häufig — bei Erwachsenen in ausgesprochener Eigenart vorkommen, ist zweifellos.

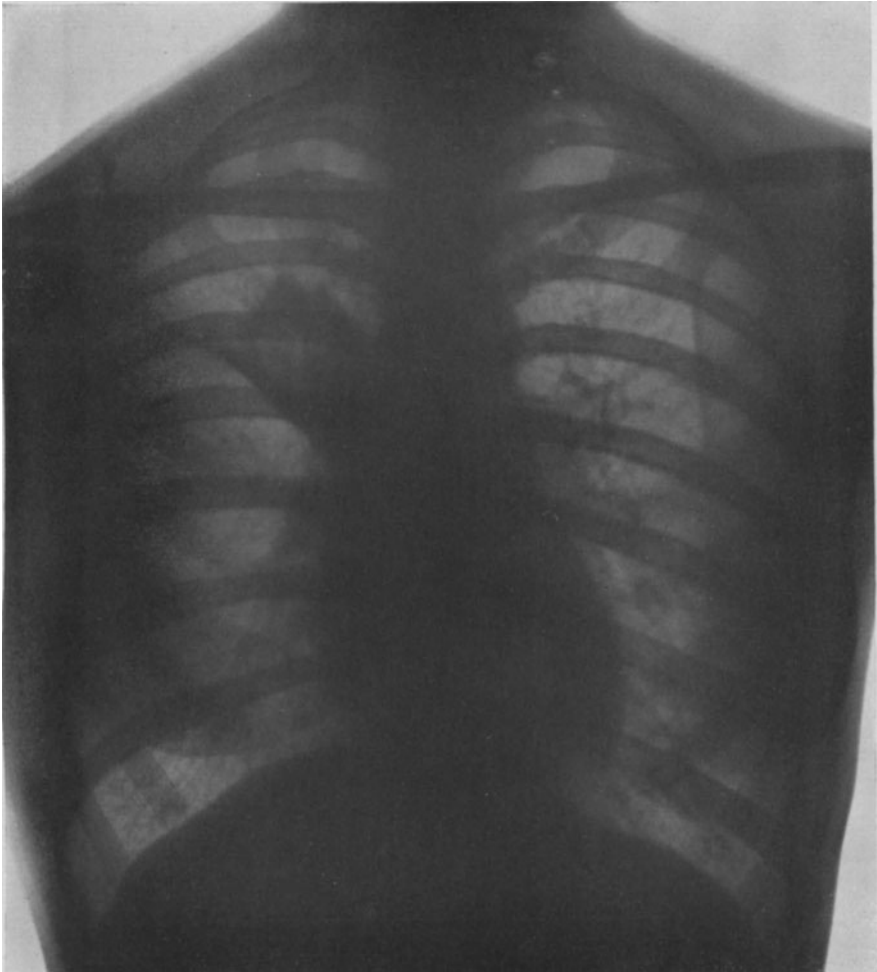


Abb. 24. Vom rechten Hilus ausgehende Tuberkulose mit beginnender Kavernenbildung im infiltrierten Gebiet. Scharfe Begrenzung des Schattens nach unten. Auch links Hilus vergrößert und verdichtet und umschriebene Herde führend. Rechte Spitze schleierig getrübt; Strangauffaserung basal beiderseits und auch links gegen seitlich obere Lungenteile breit und dicht. Im Sputum Tuberkelbazillen.

Straub und Otten haben über einseitige, vom Hilus ausgehende Lungentuberkulosen berichtet, die in besonderer Weise die Oberlappen bevorzugen, aber auch den rechten Mittel- und Unterlappen nicht verschonen. Diese Formen machten vom Lungentuberkulosematerial der Rombergschen Klinik in Tübingen 30% aus. Die Bilder dieser Tuberkuloseformen, deren auch ich im Laufe der Jahre eine nicht geringe Anzahl beobachtete, sind charakteristisch,

besonders wenn Kavernen — ein nicht seltenes Vorkommnis bei diesen Krankheitsformen — im infraklavikularen Dreieck lokalisiert sind. Sich nach mittleren und unteren Lungenteilen entwickelnde Tuberkulosen beobachtete Assmann bei Kriegsteilnehmern.

Röntgenologisch können diese Tuberkulosen differentialdiagnostisch zu Schwierigkeiten führen gegenüber vom Hilus ausgehenden Tumoren und entzündlichen Infiltrationen nicht tuberkulöser Natur.

Karzinome sind (im allgemeinen) an bestimmte Alter gebunden. Die als Tumoren in einheitlicher Entwicklung im Lungenfeld wachsenden Karzinome



Abb. 25. Doppelseitige Hilustuberkulose, rechts ausgesprochen, links weniger. Hiluszeichnung rechts gegen das Lungenfeld unscharf begrenzt.

sind gleichmäßiger in der lateralen Begrenzung, erscheinen mehr als abgegrenzte Gebilde. Die entlang den Gefäßen und Bronchien wachsenden Tumoren treiben plumpere Zapfen ins Lungenfeld als die Tuberkulose mit ihren feineren dünneren Ausläufern. Tumorschatten sind in sich homogener als die auf Tuberkulose zurückzuführenden mit der Vielgestaltigkeit der den Schatten bei Tuberkulose zugrunde liegenden anatomischen Veränderungen. Tuberkulosen führen zu Gewebismetamorphosen in Form von Kavernen, zur Entstehung konfluierender Herde, oder durch Vernarbung zu Schrumpfung, unter Umständen zu Kalkinkrustation; Vorgänge, die im Röntgenbild zur Darstellung kommen. Daß es Erscheinungsformen beider Krankheiten gibt, die röntgenologisch allein nicht voneinander zu trennen sind, ist Tatsache. Hier hat man sich daran

zu erinnern, daß eben die Röntgenmethode nur ein Stück unseres diagnostischen Rüstzeuges ist. Ähnlich liegen die Dinge differentiell-diagnostisch gegenüber akut entzündlichen Infiltraten, die bei Betrachtung eines einzigen Röntgenbefundes von tuberkulösen Veränderungen nicht unterscheidbar zu sein brauchen (Grippe).

Gegen isolierte Drüsentuberkulose im Hilus ohne Ergriffensein des

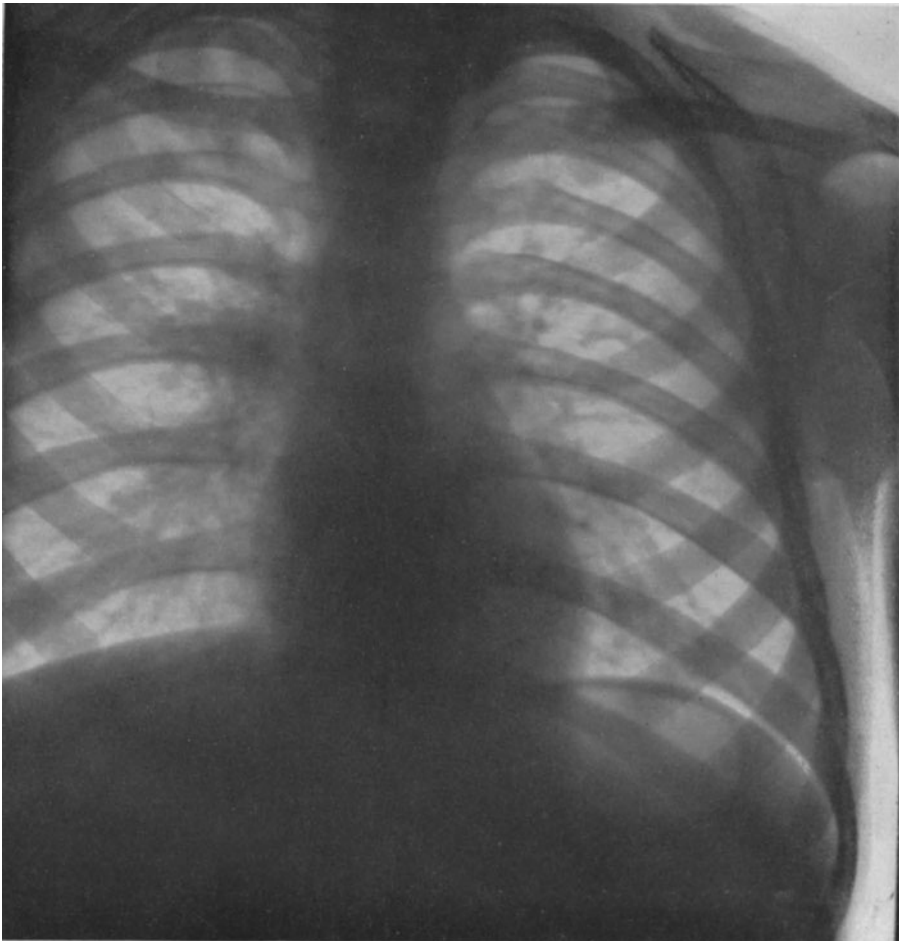


Abb. 26. Beiderseitige Hilustuberkulose, rechts ausgesprochen, links wenig. Seitliche Begrenzung der Hiluszeichnung rechts — der linken Seite des Beschauers gegenüber — unscharf. Strangauffaserung vom Hilus besonders gegen die Basis beiderseits breit und dicht.

Lungengewebes spricht im Röntgenbild die relativ scharfe Begrenzung der Drüenschwellungen im Gegensatz zu den verlaufenden Konturen zentraler Lungeninfiltrate mit ihren vielfachen Ausstrahlungen in das noch freie Lungenfeld.

Gerade die Kenntnis dieser zentralen Tuberkuloseformen hat durch die Röntgenmethode ungeahnte Bereicherung erfahren, ist durch sie in zuverlässiger und umfassender Weise erst möglich geworden.

Häufig versagen gerade diesen Krankheitsformen gegenüber die physikalisch-klinischen Methoden ganz oder reichen in ihrer diagnostischen Ausbeute bei weitem nicht an die Ergebnisse der Röntgenmethode heran.

Haben die beschriebenen vom Hilus auf dem Lymphwege und durch Kontaktinfektion die Lungen ergreifenden Tuberkuloseformen besonders in der Nachkriegszeit auch bei Erwachsenen einen, wie mir scheinen will, früher nicht bekannten Umfang erreicht — offenbar als Folge der feindlichen Hunger-

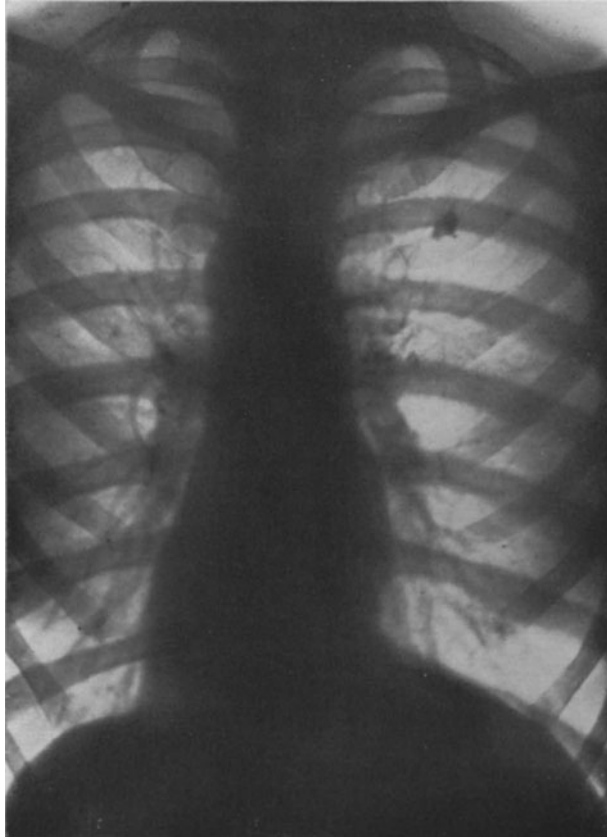


Abb. 27. Verkalkter Primärherd im oberen Teil des rechten Lungenfeldes, der rechten Seite des Beschauers gegenüber. Hiluszeichnung erscheint beiderseits etwas groß und dicht und führt umschriebene Schattenherde.

Der Untersuchte ist klinisch gesund und fühlt sich wohl.

blockade und anderer Kriegsschäden —, so kann man diese Tuberkuloseform doch eigentlich als die Lungentuberkulose der Jugendlichen bezeichnen. Damit soll freilich nicht gesagt sein, daß nicht auch bei Jugendlichen typische, die Lunge von oben nach unten zerstörende Phthisen vorkommen. Auch bei diesen zentralen Tuberkuloseformen richtet sich die Prognose, immer unter Berücksichtigung des Allgemeinzustandes, der Ausdehnung der Erkrankung und anderem nach dem anatomischen Charakter des Prozesses, das heißt danach, ob die Krankheitsäußerungen vorwiegend proliferativ-indurativen oder exsudativen Charakter mit Neigung zu Zerfall haben. Im anatomischen Krankheits-

bild wiederum wird man den morphologischen Ausdruck der Aussichten im Kampf zwischen Körper und Bazillen sehen dürfen, der in anderer Richtung sich in immunbiologischen Vorgängen und im allgemeinen Verhalten des erkrankten Organismus äußern kann.

Propagation der Tuberkulose in den Lungen auf orthogradem Lymph- und Blutwege beobachteten Ghon und Potoschnik. Sie sind der Ansicht, daß aus tuberkulösen Drüsen einer früheren Infektionszeit mobilisierte Tuberkel-



Abb. 28. Massive Beschattung des rechtsseitigen oberen Lungenfeldes, der linken Seite des Beschauers gegenüber. Kavernöser Zerfall. Die Schattenbildung geht kontinuierlich in den Mittelschatten über und ist der Ausdruck einer Tuberkulose des rechten Oberlappens, die aller Wahrscheinlichkeit nach vom rechten Hilus ihren Ausgang nahm. Im noch hellen Teile des rechten Lungenfeldes mehrfach knotige Herde.

bazillen mit dem Lymphstrom in die Blutbahn und die Lunge gelangen, um dort wieder eine verschieden lokalisierte und ausgedehnte endogene Reinfektion zu verursachen. Es ist zweifellos, daß auf diese Weise echte Spitzentuberkulose — mit ihren Folgen — entstehen kann. Marchand mißt — bei vorhandenen alten Lungen- oder Hilusdrüsenherden — der hämatogenen Reinfektion der Lungen, besonders der Spitzen, große Bedeutung bei, hält in einer Minderzahl die spätere exogene Reinfektion aber für nicht unmöglich. Auch Hübschmann hält die hämatogene endogene Reinfektionstuberkulose mit

ihrem Verlauf von der Spitze zur Basis für wahrscheinlich und verweist auf Liebermeisters Befunde, nach denen Tuberkelbazillen viel häufiger im Blute kreisen, als man annahm; für die mögliche hämatogene Spitzentuberkulose tritt auch Ribbert ein.

Für die Spitzenentstehung der tertiären Phthise hat man nach besonderen für diese Lokalisation disponierenden Ursachen gesucht. Man wollte sie in der Verschiedenheit der Atemexkursion in den verschiedenen Lungenteilen und den damit zusammenhängenden Eigenarten der Blut- und Lymphbewegungen in ihnen gefunden haben (Tendeloo), während man der Enge der oberen Apertur mit der durch diese angeblich bedingten Kompressions-

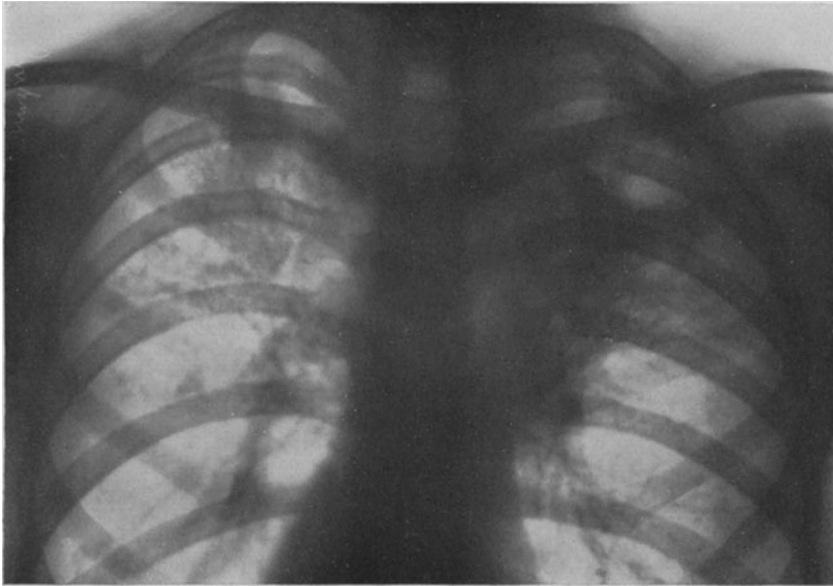


Abb. 29. Massive Beschattung rechtsseitig oberer, besonders medianer Teile des Lungenfeldes, der rechten Seite des Beschauers gegenüber. Im Spitzenfeld und infraklavikular rechts oben kavernöse Aufhellung. Schattenbegrenzung nach unten unscharf. In oberen Teilen des linken Lungenfeldes, besonders infraklavikular, erkennt man zahlreiche fleckige Herde, die in ihrem Aussehen stellenweise an die Beschreibung azinös-nodöser Herde erinnern. Auch strangförmige Herde sind zu sehen. Der Ausgangspunkt der Tuberkulose — ob vom Hilus peripher oder umgekehrt — läßt sich mit Sicherheit nicht angeben.

disposition (H. Freund, Hart und Bacmeister) heute keine nennenswerte Rolle mehr zuschreibt, besonders seit Wenckebach an einem großen Beobachtungsmaterial die relative Bedeutungslosigkeit einer Enge der oberen Brustapertur und der Verknöcherung der ersten Rippen für eine Lokalisation der Tuberkulose an der jeweils eingengten Spitze nachgewiesen hat. Auch die Tierversuche Bacmeisters konnten durch Iwasaki, der unter Kaufmanns Leitung arbeitete, nicht bestätigt werden. Wenckebachs Ansichten werden von Kretz, Marchand, Friedrich Müller, Schultze u. a. geteilt. Ich habe mich seit Jahren auf Grund der Durchmusterung des großen Untersuchungsmaterials der Münchener Fürsorgestelle für Lungenkranke von der verhältnismäßigen Bedeutungslosigkeit der Beschaffenheit der knöchernen oberen Brustapertur für die Spitzenlokalisation der Tuberkulose überzeugt. Ich habe auch heute keinen Grund, meine Auffassung zu ändern.

Die Spitzendisposition für die Tuberkuloselokalisierung nach hämatogener Reinfektion zeigt sich nach Hübschmann besonders bei der hämatogenen Miliartuberkulose, bei der die Tuberkel in den Spitzenteilen bekanntlich rascher wachsen als in den tieferen Lungenteilen. Bei der aerogenen tuberkulösen



Abb. 30. Rechtsseitige kavernöse Oberlappenphthise. In mittleren und unteren rechtsseitigen Lungenteilen knotige und strangförmige Verdichtungen; letztere besonders gegen innere Zwerchfellteile ziehend. Im linken Lungenfeld zahlreiche weichere, wenig scharf umschriebene Schattenherde. Links oben außen — vom Schlüsselbeinschatten teilweise verdeckt — eine Zerfallshöhle.

Primärinfektion werden die Spitzen als Ort der Bazillensiedlung nicht bevorzugt. Die intrakanalikuläre Entwicklung der Tuberkel, die sehr bald in den Spitzenteilen der Lunge beobachtet wird, läßt sich nach Hübschmann nicht als Beweis gegen eine etwaige hämatogene Entstehung der Lungenspitzen-tuberkulose verwenden, da man auch bei Miliartuberkulose Einbrüche nicht

nur in die Alveolen, sondern auch in die Bronchiolen — neben interstitiellen Tuberkeln — feststellen kann. Außer der hämatogenen Reinfektionstuberkulose der Lungenspitzen ist mit einer wahrscheinlich häufigen aerogenen, exogenen Reinfektion der Lungen mit Tuberkulose zu rechnen (Orth und Aschoff).

H. Beitzke hält die Heilung der Primärtuberkulose in der Jugend — ausgenommen die Säuglingstuberkulose — für häufig und deshalb auch die exogene Reinfektion.

Der Begriff der Spitzendisposition der Lunge für Tuberkulose ist trotz Tendeloos Erklärungsversuchen noch nicht befriedigend geklärt.

Die pathologische Anatomie vertritt den Standpunkt, daß in der Hauptsache jedenfalls die chronische Lungentuberkulose der Erwachsenen überwiegend apikal oder subapikal beginne (Aschoff, v. Hanse mann, Kaufmann, Orth, Ribbert, Tendeloo u. a.). Die Möglichkeit anderer Ausgangsorte wird nicht geleugnet, aber für den Erwachsenen als relativ selten erklärt.

In Gegensatz zu dieser Auffassung stellten sich Stürtz und Rieder auf Grund ihrer röntgenologischen Beobachtungen. Gleich den oben geschilderten vom Hilus ausgehenden Tuberkulosen sollte auch die Tuberkulose der Lungenspitzen lymphogen, retrograd von erkrankten Hilusdrüsen aus, erfolgen. Der retrograden Verschleppung des Tuberkelbazillus auf dem Lymphwege bereite eine Stase der Lymphe auf entzündlichem Boden den Weg. Stürtz und Rieder fanden den Infektionsweg, die Etappenstraße zu den Lungenspitzen, im Röntgenbild in Form von vom Hilus spitzwärts ziehender dichter Strangschatten gekennzeichnet. Als anatomische Grundlagen nehmen sie „lymphangitische Stränge“ an in Begleitung von Gefäßen oder Bronchien. Sie haben diese von ihnen so gedeuteten verdichteten Stränge vom Hilus zur erkrankten Lungenspitze als so gut wie regelmäßiges Kennzeichen der Lungenspitzentuberkulose beobachtet.

Die Angaben von Stürtz und Rieder fanden zunächst fast allgemein Annahme; erfuhren dann zurückhaltende, jetzt meist ablehnende Kritik (Assmann, Grau, Gräff und Küberle, Stähelin, Ulrici u. a.).

Assmann leugnet das regelmäßige Vorkommen von Strangverdichtungen bei Spitzentuberkulosen. Dann aber kann auch ein zentripetaler Bazillentransport in den peribronchialen und perivaskulären Lymphbahnen zum Hilus erfolgen und so unter Umständen peribronchiale und perivaskuläre Entzündung mit Tuberkelbildung entstehen, abgesehen von der tuberkulösen Bronchitis und Endobronchitis als Ausdruck der Infektion durch im Lumen der Bronchien transportierte Bazillen. Daß „Stränge“ und „Strangverdichtungen“ nur mit besonderer Vorsicht als pathologisch gedeutet werden dürfen, muß immer wieder betont werden bei der Eigenart der den Strangbildern zugrunde liegenden Substraten; daß dies in der Norm wesentlich Gefäße sind, wurde betont.

Unter pathologischen Bedingungen aber können verdickte und sekretgefüllte Bronchien und veränderte Lymphwege Wesentliches zur Bildzeichnung der Stränge beitragen.

Eindeutig liegen die Verhältnisse dann, wenn man mit Hilfe einer Anzahl von in gewissen Zeiträumen aufgenommenen Röntgenogrammen ein und derselben Lunge das allmähliche Emporwachsen der Krankheitsherde vom Hilus zu den Infraklavikulargruben und Lungenspitzen verfolgen kann. Solche Bilder sind bekannt. Deshalb bin ich der Ansicht, daß mit der Auffassung von Stürtz und Rieder für einen Teil der Lungenspitzentuberkulosen zu rechnen ist; wenn auch nicht für einen Großteil, wie Stürtz und Rieder annahmen; dafür fehlen ausreichende — auch autoptisch erhärtete — Beweise.

Harbitz kommt auf Grund eigener eingehender Untersuchungen zu der Annahme, daß die Lunge durch Einbrüche tuberkulöser Drüsen in den Bronchialbaum infiziert werden könne, schließt aber die Möglichkeit retrograder Infektion der Lunge aus den Drüsen auf dem Lymphwege nicht aus.

Die Hilusdrüsentuberkulose hat für die Diagnostik der Lungenspitzen-tuberkulose für eine Weile eine unklare Rolle gespielt, indem man in diesen Drüsen die häufig retrograd infizierenden Quellen sah. Heute wissen wir, daß selbst einwandfrei nachgewiesene Hilusdrüsenveränderungen mit einer Spitzentuberkulose als Ausgangspunkt lymphogener retrograder Infektion nicht notwendig etwas zu tun haben. Die Drüsenveränderungen entstammen meist der Erstinfektionszeit bzw. der Sekundärperiode. Die endogene Reinfektion bzw. die exogene Superinfektion befällt einen allergisch gewordenen Organismus.

Es wird immer ein Verdienst der Röntgenmethode bleiben, der einseitigen Betrachtung der Lungenspitzen bei Suche nach der Tuberkulose der Lunge ein Ende bereitet und systematisch auf die Wichtigkeit des infraklavikulären Dreiecks, des Raumes zwischen Spitzen und Hilus, hingewiesen zu haben; ganz abgesehen von der bereits früher hervorgehobenen Bedeutung der Röntgenmethode für die Erkenntnis der in der Lungentiefe und dem Hilus sich abspielenden Prozesse überhaupt.

Das weitere Umsichgreifen der chronischen in den Spitzen beginnenden Tuberkulosen kann auf verschiedenen Wegen erfolgen: durch kontinuierliches Wachstum, auf dem Bronchial-Lymph- und Blutweg. Ranke betont die Wichtigkeit der intrakanalikulären Ausbreitung der tertiären Phthise.

Nach Hübschmann gewinnt, je weiter der Prozeß fortschreitet, der Bronchialweg um so mehr an Bedeutung; wesentlich sei auch die hämatogene Propagation. Eine einmal in der Lunge eingestete Tuberkulose läßt nach Hübschmanns Ansicht immer wieder auf dem Wege der Lymphbahnen, des Ductus thoracicus und der venösen Blutbahn Tuberkelbazillen in die Lunge hineingelangen.

Marchand hat nicht nur bei Kindern, sondern auch bei Erwachsenen massive käsige Tuberkulosen der Lymphdrüsen und Lymphwege, verkäsende tuberkulöse Phthisen und hämatogen entstandene Tuberkel in Milz und Leber nebeneinander angetroffen. Ich verfüge über ähnliche Beobachtungen.

Nach Überwindung der Virchowschen dualistischen Auffassung vom Wesen tuberkulöser Lungenprozesse, nach der die Knötchenform als besondere Art einer Neubildung dem entzündlich exsudativen Prozeß gegenübergestellt wurde, ist unter dem Einfluß der Kochschen Entdeckung die Bezeichnung „Tuberkulose“ zu einem ätiologischen Begriff geworden.

Marchand sagt von den tuberkulösen Lungenveränderungen: „die sämtlichen, das komplizierte Bild der Lungentuberkulose zusammensetzenden Prozesse sind teils degenerativer, teils entzündlicher Natur; und diese gehören im wesentlichen der chronischen Entzündung an, wenn auch akut entzündliche Vorgänge in keinem Stadium fehlen. Eine bestimmte Reihenfolge läßt sich dabei nicht aufstellen, wenn auch selbstverständlich die akuten Prozesse mehr dem Anfangsstadium, die chronischen mit stärkerer Beteiligung der Bindegewebswucherung den späteren angehören, die sich von Heilungsvorgängen nicht unterscheiden lassen.“ An der entzündlichen Natur sowohl der vorwiegend proliferativen, „tuberkulösen“ Prozesse, als auch der vorwiegend exsudativen Vorgänge zweifelt heute niemand mehr. Die prognostische Verschiedenheit der vorwiegend proliferativen gegenüber den vorwiegend exsudativen Lungentuberkuloseformen ist unbestreitbar und wird von Marchand, sonst einem Gegner der Trennung der Formen, anerkannt. Die proliferativen Veränderungen können unmittelbar in Heilung übergehen durch Transformation

und Ersatz des tuberkulösen Granulationsgewebes durch Narbengewebe; die vorwiegend exsudativen verfallen meist der Nekrose und Zerstörung, wenn auch bei ihnen — besonders in den Anfangsstadien — Restitution durch Resorption vorkommen kann.

Rein proliferierende und rein exsudative Formen gibt es im Ablauf der gewöhnlichen Lungentuberkulose nicht. Über die Möglichkeit und die Berechtigung, die beiden wesentlichen Veränderungen pathologisch-anatomisch und besonders diagnostisch-prognostisch im Einzelfall auseinander zu halten, bestehen zur Zeit zwischen Klinikern und pathologischen Anatomen Meinungsverschiedenheiten; ebenso wie über die feineren pathologisch-anatomischen Vorgänge und den Zusammenhang bestimmter pathologisch-anatomischer Befunde mit dem jeweiligen immunbiologischen Zustand des tuberkulosekranken Individuums — dem Stand der Körperabwehr gegenüber dem Bazillenangriff. Diese Zusammenhänge beginnen erst in allerletzter Zeit in den Vordergrund des Interesses zu treten.

Freilich und glücklicherweise sind die Unterschiede der vertretenen Auffassungen vielfach für den kritischen Beurteiler der vorgetragenen Ansichten weniger weittragend als für die Vertreter der jeweiligen Auffassung selbst.

Marchand betont die prognostische Verschiedenheit der vorwiegend exsudativen und vorwiegend proliferativen Tuberkuloseformen, hält aber ihre Trennung im jeweils gegebenen Falle für unmöglich. Benda betont die Seltenheit reiner Formen und F. Klempner fand in seinem Beobachtungsmaterial $\frac{3}{4}$ aller Lungentuberkuloseformen gemischt und nur etwa $\frac{1}{4}$ als überwiegende Formen in der oder jener Richtung unterschieden. Klempner lehnt deshalb den Versuch der Unterscheidung der Formen, besonders in Frühfällen, als unmöglich ab; ebenso Assmann. Strümpell leugnet den — klinischen und didaktischen — Wert der Unterscheidung der Lungentuberkulosen in produktive und exsudative Formen.

Von anderer klinischer und pathologisch-anatomischer Seite wird erklärt, daß der prognostische Gegensatz: „Produktive Form — Heilung, exsudative-fortschreitender Zerfall“ zu einer praktischen Scheidung der Lungentuberkuloseformen führen müsse; daß diese Scheidung *intra vitam* durch Heranziehung aller uns zur Verfügung stehenden diagnostischen Behelfe auch möglich sei, wird betont; besonders der Röntgenmethode — der scharfen Präzisionsplatte — wird hierbei eine überragende Bedeutung zuerkannt.

Gräff und Küpferle haben in vergleichenden röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen — fußend auf den Arbeiten Nicols — die Ansicht vertreten, daß es mit Hilfe der Röntgenplatte gelinge, die produktiven, von Nicol als „acinös-nodös“ bezeichneten Herde mit ihren gut begrenzten Schatten mittlerer Dichte — vielfach von Kleeblattform — von den exsudativen, lobulär käsigen Herden ziemlicher Schattentiefe von unscharfer Begrenzung mit Neigung zu Konfluenz zu unterscheiden.

Die Aschoff-Nicolsche Nomenklatur und die pathologisch-anatomische Auffassung dieser Forscher über die Lungentuberkulose wird auch von einem Teil derjenigen Autoren abgelehnt, die sonst für die diagnostisch-prognostische Scheidung der Lungentuberkulose in vorwiegend produktive und exsudative Formen eintreten.

Es muß bei der Wichtigkeit dieser Dinge auch für die Röntgendiagnostik auf die modernen pathologisch-anatomischen Anschauungen über den tuberkulösen Herd in der Lunge bei der chronischen Tuberkulose Erwachsener in einer kurzen Betrachtung eingegangen werden. Das Bild der tuberkulösen verkäsigen Bronchopneumonie wird seine morphologische Klärung finden in weiterer Verfolgung der Untersuchungen von Fr. E. Schultze, Rindfleisch,

Laguesse, Aschoff, Nicol, Husten, Loeschke u. a. über den normalen Lungenbau.

Aschoff fand, daß mit dem üblichen Begriff der „Peribronchitis tuberculosa“ und seinen zahlreichen Variationen für bestimmte Formen der Lungentuberkulose immer von neuem wieder von ihm erhobene Befunde im Widerspruch standen, welche nicht auf die Bronchien, sondern auf die Bronchioli respirat. und die ihnen entsprechenden Acini als ursprünglichen Sitz der Erkrankung hinwiesen. Den Begriff des Acinus übernahm Aschoff von Rindfleisch und formulierte ihn nach dem Modell von Laguesse. Unabhängig und fast gleichzeitig mit Aschoff war auch Baumgarten auf die lokalisisatorische Bezeichnung „acinös“ gekommen, die er wegen des häufigen Übergreifens auf das ascendierende Bronchialsystem dann zur acinös-tubulären Form erweiterte.

Unter Acinus verstehen Aschoff-Nicol „das Gebiet eines Bronchiolus respiratorius mit seinen zugehörigen Alveolargängen“. Diese baumförmig verzweigten Alveolargänge bilden in ihrer Zusammensetzung das Äquivalent des Acinus einer acinösen Drüse; deswegen ist von Rindfleisch der Ausdruck „Lungenacinus“ gewählt worden.

Der Lungenacinus ist — wie schon Rindfleisch betont — was Größenverhältnisse betrifft, eine konstantere Einheit der Lungenstruktur als der Lobulus, der in verschiedenen Lungenteilen verschieden groß sein, dessen intralobärer Bronchus sich in eine verschieden große Zahl von Endbronchien und Bronchiol. respirat. aufteilen kann. Ein Lungenläppchen ist reich an Acini, deren Zahl im Lobulus von verschiedenen Autoren verschieden groß angegeben wird. Sie schwankt mit der Größe des Lobulus. Die ersten tuberkulösen bronchopneumonischen Herdbildungen vollziehen sich nun nach Aschoff-Nicol in der Hauptsache intraacinös, im Lumen der Acini. Der Prozeß stellt gleichsam einen Ausguß des Acinus mit tuberkulösem Gewebe dar, dessen älteste Partien verkäsen. Der acinöse Herd ist nur scheinbar ein Knötchen, in Wirklichkeit ein kompliziertes Gebilde.

Nach Nicols — nicht unwidersprochen gebliebener — Ansicht greifen benachbarte Acini mit ihren Ästen ineinander, so daß im mikroskopischen Bilde tuberkulöse und nicht tuberkulöse Alveolen und Alveolargänge nahe beieinander liegen. Diese anliegenden Alveolargänge und Alveolen eines anderen Bronchiolargebietes können durch die Wand hindurch tuberkulös infiziert oder anderweitig — z. B. durch Kollapsinduration und Hepatisation — in den Prozeß einbezogen werden. Eine wesentliche Bedeutung kommt auch den entzündlichen Veränderungen im Interstitium zwischen den Alveolen zu, der „interstitiellen Pneumonie“ nach Orth. Auf die Histologie dieser Veränderungen kann hier nicht eingegangen werden. Daß sie bei den später auftretenden Indurationsvorgängen eine wesentliche Rolle spielen, sei betont. So wird die endgültige Gestaltung des acinösen Herdes durch die Gesamtheit der tuberkulösen primären und der sekundären Veränderungen im Bronchiolar-Alveolarsystem und dem Interstitium bedingt.

Werden eine Anzahl solcher kleinerer Herdbildungen zu einem größeren Herde konglomeriert, so entstehen knotenartige Gebilde, die Nicol als acinös-nodöse Herde bezeichnet, wobei der Ausdruck nodös der Nomenklatur von Fraenkel-Albrecht entnommen ist. Histologisch liegen den von Aschoff-Nicol als acinös-nodöse Herde bezeichneten Gebilden vorwiegend proliferierende Prozesse zugrunde mit zurücktretender Exsudation. Sehr bald kommen zu diesen proliferierenden Veränderungen in den acinös-nodösen Herden bindegewebige Umbildungen hinzu, die zu mehr oder weniger weitgehender Vernarbung führen. Diese Vorgänge liegen den chronisch oder subakut verlaufenden Tuberkuloseformen zugrunde.

Im Gegensatz zu diesen Formen stellen Aschoff - Nicol die vorwiegend exsudativen Herdbildungen, die unter der Bezeichnung der käsigen Bronchopneumonie hinreichend bekannt sind.

Auch diese Form entwickelt sich — vom Bronchiolus respiratorius aus — kontinuierlich ins Lumen der einzelnen Teile des Acinus. Bei der Art der Entstehung und Ausbreitung solcher herdförmiger käsiger Bronchopneumonien entwickelt sich die Schwierigkeit, die genauere Topographie der Herde zu erkennen, alsbald zur Unmöglichkeit. Die Herde wachsen — weit ausgesprochen — rasch bei den überwiegend proliferierenden Formen der Fall ist — rasch über die anatomischen Bauelemente der Lunge kontinuierlich hinaus. Die ursprünglich ebenfalls bronchiolär-acinöse Anlage ist anatomisch bald nicht mehr zu erkennen. Das in die Lumina und das Interstitium deponierte, bestimmt charakterisierte Exsudat verkäst schnell. Granulierende, proliferierende Prozesse treten im allgemeinen zurück; ebenso die Indurationsvorgänge, die nur langsam in größerem Umfange zustande kommen können, gelegentlich aber doch vorkommen. Die käsig-bronchopneumonischen Herdbildungen wachsen oder konglomerieren rasch zu knotigen (nodös) bronchopneumonisch-käsigen Herden, von ursprünglich „acinösen“ zu „lobulären“ und noch ausgedehnteren („lobären“) Herden. Die käsige Bronchiolitis und Bronchitis entsteht nach Nicol — durch Zurückkriechen des Prozesses aus dem Acinus in den Bronchiolus und den Bronchus.

Gegenüber der Auffassung von Nicol von der sekundären Natur der käsigen Bronchiolitis und Bronchitis ist Abrikosoff der Ansicht, daß der käsige Prozeß gewöhnlich in einem intralobulären Bronchus beginne und die „acinösen“ Herde durch Aspiration entstehen. Die käsige Bronchitis kann zu weiteren Aspirationen überallhin in die Lungen Veranlassung geben.

Gegenüber diesen bronchialen Ausbreitungen von der Spitze zur Basis und dem Wachstum der Herde per continuitatem bei der fortschreitenden Lungenphthise läßt Nicol auf Grund seiner Befunde die lymphangitischen zurücktreten im Gegensatz zu anderen Pathologen (wie z. B. Tendeloo), die der lymphangitischen Ausbreitung die Hauptrolle zuschreiben. Neben diesen Veränderungen findet man die miliaren Tuberkel, die als hämatogene Miliartuberkel im Interstitium oder besonders als „Ausscheidungstuberkel“ (Orth) im Lumen der Alveolen sitzen. Beide bestehen in der Hauptsache aus proliferierendem Gewebe. Die Ausbreitung durch miliare Tuberkelaussaat tritt nach Nicols Ansicht — gegenüber den früher geschilderten Vorgängen — an Bedeutung bei der chronischen Lungentuberkulose zurück.

Für die Stellung, die man gegenüber der Frage der klinischen bzw. röntgenologischen Erkennbarkeit der Art der einzelnen tuberkulösen Herde in den Lungen einnimmt, sind die Angaben von Nicol wesentlich, daß besonders bei kleinen Herden selbst pathologisch-anatomisch makroskopisch eine Differenzierung der Herde — ob überwiegend proliferativ oder exsudativ — nicht möglich sei. Das gleiche gelte für die makroskopische Lokalisation der Miliartuberkel, d. h. ob sie im Interstitium oder intraalveolar entstanden seien.

Die Differenzierung könne — auch nach Nicol — nur die Hauptveränderungen betreffen, nie für die feinen Einzelheiten, die fließenden Übergänge bestehen. Dies gilt schon pathologisch-anatomisch vom Lungenpräparat.

Ribbert bekämpft die Auffassungen von Aschoff - Nicol, daß die Tuberkulose acinös lokalisiert sei. Die käsigen Züge im Bilde der „acinösen Phthise“ seien nicht Alveolargänge, sondern Bronchiol. respirator. bzw. letzte Bronchien. Die Knötchen seien nicht acinöser, sondern alveolärer Entstehung. Außerdem bestreitet Ribbert, daß sich die Acini verschiedener Bronchiolen ineinanderschoben.

Auch bei anderen Infektionskrankheiten der Lunge siedeln sich nach Ribbert die Bakterien in den letzten Bronchiolen und um sie an.

Der Begriff der nodösen Phthise sei nicht an den Begriff des Acinus gebunden. Ribbert lehnt die Neubenennungen der Aschoffschen Schule ab.

Marchand sagt: „In gewissen Fällen geht der tuberkulöse Prozeß von der Wand des engen Bronchiol. terminalis aus, in vielen anderen von größeren Bronchien.“ Ähnliche Beobachtungen sind auch von anderen Forschern gemacht worden. Marchand weist auf die Befunde von Birch-Hirschfeld und Schmorl hin von aerogen entstandenen tuberkulösen Knoten in einem hinteren apikalen Bronchus: sie stellen feste käsige Knoten dar, die auf dem Durchschnitt ein Bronchiallumen einschließen; dann auf die — wie er sagt — allgemein bekannten Befunde bei sog. „Lungenspitzenkatarrh“, wobei tuberkulöse Herde sich an einen kleinen oder mittleren Bronchus anschließen in Form kleiner, meist peripher gelagerter Knötchen in seiner Umgebung. Der Bronchus sei dabei in seiner Innenfläche ulceriert, käsig, sein Lumen zuweilen verlegt, das umgebende Gewebe geschrumpft.

Schminke unterscheidet die Lungentuberkulose in miliare Formen, in knotig-proliferative und knotig-exsudative pneumonische Tuberkulosen. Die knotigen Tuberkulosen seien nach ihrer Entstehung — wie sie Nicol schilderte — in ihrer hauptsächlichlichen Ausbreitung intracaniculäre Prozesse. Während die knotig-proliferativen Veränderungen infolge alsbald einsetzender Bindegewebsentwicklung scharf begrenzt seien, gelte dies nicht für die exsudativen Formen wegen fehlender stärkerer bindegewebiger Abkapselung bei gleichzeitigem Auftreten unscharf begrenzter flüssiger Ausschwitzungen.

Nicht selten sei pathologisch-anatomisch eine Trennung unmöglich. Im peribronchialen und perivaskulären Geweben können — besonders bei den mehr proliferativen Formen — zahlreiche Tuberkel- und Schwielenbildungen auftreten (Resorptionstuberkel). Als konfluierende Tuberkulosen unterscheidet Schminke die beiden in ihrem Endausgang gegensätzlichen Formen: die zirrhotischen, im allgemeinen aus den proliferativen entstehenden, und die konfluierend käsig-pneumonischen Formen, die „galoppierenden Phthisen“, mit schlechtem Ausgang. Kavernen können alle Tuberkuloseformen komplizieren.

Aus den geschilderten Auffassungen maßgebender Pathologen über die Anatomie der Lungentuberkulose erkennt man, daß die Lungentuberkulose sich verschieden lokalisieren kann, daß der tuberkulöse Prozeß in seiner ersten Lokalisation — und dem weiteren Verlauf — nicht an den „Acinus“ gebunden zu sein braucht. Schon aus diesem Grund würde die Bezeichnung „acinös“ nur einem Teil der Erscheinungen gerecht werden können, selbst wenn man von den Einwänden Ribberts gegen den Begriff der acinösen Tuberkulose überhaupt absieht.

Als acinös-nodöse Herde wären in der Hauptsache die deutlich figurierten Gebilde von Maulbeer-, Kleeblatt- und ähnlichen Formen zu bezeichnen, während ebenfalls produktive, im Ursprung nicht acinöse Herde an ihrer Konfiguration — abgesehen etwa von der relativen Schärfe der Begrenzung und der nicht immer deutlichen Verschiedenheit der Dichte — nicht von den mehr exsudativen Herden abzugrenzen wären. So erscheinen die Einwände von Pathologen wie Marchand und Ribbert, von Klinikern wie Strümpell, Schultze, Friedr. Müller, Assmann u. a. gegen die Einteilung und Nomenklatur von Aschoff-Nicol gerechtfertigt. Gegen die — wie mir scheint — etwas weitgehenden röntgenologischen Differenzierungsversuche von Gräff und Küberle in ihrer Verallgemeinerung sprechen außer den geschilderten Einwänden noch Dinge, die durch die Eigenart der Röntgenbilder als Zentral-

projektionen von Körpern in die Ebene des Leuchtschirms oder der photographischen Platte gegeben sind.

In kritisch-experimentellen Arbeiten suchte man die röntgenologische Darstellbarkeit lungentuberkulöser Veränderungen zu klären (Assmann, Cohn). Besonders die Untersuchungen von W. Knoll und M. E. Baumann (Brauers Beiträge Bd. 44, Heft 1/2) verdienen hier Berücksichtigung. Konnten diese Untersuchungen auch nicht unter völlig natürlichen Verhältnissen durchgeführt werden, mag man sie nicht in jeder Beziehung als maßgebend gelten lassen: sie erinnern an die Grenzen der Röntgenmethode und geben für bestimmte — uns immer wieder begegnende — Röntgenbefunde Erklärungsmöglichkeiten. Einige ihrer Hinweise verdienen besondere Beachtung; so der, daß der lebende Thorax mit seinen normalerweise schattengebenden Gebilden uns unter Umständen die Möglichkeit nimmt, frische disseminierte tuberkulöse Herde darzustellen. Tuberkulöses Gewebe, selbst tuberkulöser Käse, von Bindegewebe umwallt, ist erst von einer bestimmten Masse ab als „körperlicher“ Schatten in seiner Ganzheit zu sehen. Unter dieser Größe erkennt man beide Male nur die bindegewebige Kapsel als Ringschatten. Dieser Hinweis ist deshalb besonders wichtig, weil er uns eine Erklärung gibt für den Befund der sogenannten „Initialkavernen“, die in einem vielfach wenig veränderten Lungenfeld als Ringbildungen erscheinen. Es brauchen diese Ringbilder nicht immer eigentliche Kavernen, d. h. lufthaltige Räume darzustellen: sie können Bilder von Demarkationsmembranen um tuberkulöses Gewebe sein.

Ähnlich kann auch von tuberkulösen Drüsen nur der derbe Bindegewebsmantel zur Darstellung kommen, orthograd getroffene, stärker absorbierende Randpartien, während der tuberkulöse Kern bei größerem Abstand von der Platte unsichtbar bleiben kann. Die Röntgenstrahlen üben biologische Gewebsauslese. Derbes Bindegewebe absorbiert stark. Absolute Größenangaben noch darstellbarer tuberkulöser Gewebstücke sind von geringerer Bedeutung, weil die Verhältnisse von Fall zu Fall zu verschieden sind. Auf Schattensummutation beruht die Verdunkelung der Lungenfelder bei bestimmten Formen der Miliartuberkulose, bei denen die Knötchen zu klein sind oder zu dicht stehen, um einzeln zur Darstellung zu kommen. An Schattensummutation ist immer dann zu denken, wenn sich in diffuser Grundsubstanz schärfer umschriebene Gebilde deutlich abheben: so brauchen im dorso-ventralen Röntgenogramm ineinanderliegende verschieden dichte Schattenherde nicht auch in Wirklichkeit zusammen zu gehören: sie können ineinander projiziert sein.

Die kritische Sichtung vorgetragener pathologisch-anatomischer Auffassungen, deren Aufzählung übrigens nicht vollständig sein kann und auch nicht sein will, und der Ergebnisse der Röntgenhistologie dieser Krankheit — soweit man in bescheidenster Weise von einer solchen sprechen kann und darf — zeigt, daß kaum eine andere Lungenkrankheit ähnlich abwechslungsreiche Bilder zeigt, wie die Tuberkulose. Der Versuch der Darstellung einer solchen Krankheit pathologisch und röntgenologisch zwingt zur Schematisierung. Schematisieren heißt, das Wesentliche, Überwiegende betonen, sich nicht ins einzelne verlieren. Mir will die Schminkesche pathologisch-anatomische Einteilung oder eine ähnliche Auffassung zweckmäßig erscheinen. Wie wir oben sahen, unterscheidet Schminke außer den miliaren Tuberkuloseformen der Lunge — der akuten hämatogenen disseminierten Miliartuberkulose und der miliaren käsigen Pneumonie — die knotig proliferativen und knotig exsudativen Formen. Dabei wird man sich stets bewußt bleiben, daß in jeder Form beide Komponenten der Entzündung — nur verschieden stark — enthalten sind, daß ihre röntgenologische Differenzierung nicht selten — ein unerfüllter Wunsch für den einzelnen Herd bleiben wird.

Die Bezeichnung „knotig“ drückt in dem hier gebrauchten Sinne nur einen Raumbegriff aus, nicht etwa eine pathologisch-anatomische Eigenart, wie bei Nicol, der die Bezeichnung acinös-nodös für den proliferativen Herd anwendet. Daß röntgentechnisch günstig in der Lunge gelagerte Herde als „acinös-nodös“ in ihrer Form und Begrenzung unter Umständen auf der Platte erkannt werden können, wurde betont.

Im Gegensatz zu den knotigen Herden stehen die konfluierenden, unter die — wie wir sahen — Schminke die pathologisch-anatomischen und prognostisch heterogenen Formen, die cirrhotischen, gutartigen und die käsigen lobären — die sogenannten galoppierenden Phthisen — zusammenfaßt.



Abb. 31. Massive Beschattung des rechtsseitig oberen Lungenfeldes, der linken Seite des Beschauers gegenüber. Trotz der Tiefe der Beschattung erkennt man ringförmige und fleckige Herde in ihr. Untere Schattengrenze scharf. Die Autopsie ergab eine verkäsende Pneumonie des rechten Oberlappens.

Die letzteren Formen erscheinen im Röntgenbilde — vielfach ähnlich den lobären Pneumonien — z. B. bei dorso-ventralem Strahlengang als große Teile des Lungenfeldes einnehmende flächenhafte Schatten meist beträchtlicher — aber inhomogener — Schattentiefe, neben anderen für Tuberkulose mehr oder weniger charakteristischen Bildungen auf Leuchtschirm oder Platte. Sie halten sich meist nicht an Lappengrenzen.

Für die cirrhotische Lungentuberkulose ist die Bindegewebs- und Narbenbildung mit den ihr eigenen Schrumpfungsvorgängen charakteristisch, die sich nach einiger Zeit des Bestehens dieser Veränderungen bemerkbar machen. Die Schrumpfungsvorgänge erkennt man im Röntgenbilde am deutlichsten an den Verlagerungen beweglicher intrathoracischer Organe, des Herzens, Mediastinums, der Trachea, an veränderter Zwerchfellstellung und Bewegung, an der auch klinisch sinnfälligen Einziehung der Thoraxwand. Im Gebiete der

Lungenfelder selbst stellen sich die Bindegewebs- und Narbenzüge, welche das tuberkulöse Gewebe umwallen oder ersetzen, röntgenologisch vielfach neben rundlichen als streifige und strangförmige Schatten dar, die gegen die Hilusgegenden konvergieren oder das Lungenfeld netzförmig durchziehen.

Bei den cirrhotischen Tuberkuloseformen werden nicht nur die ursprünglich kranken Lungenteile, sondern auch das gesunde Gewebe zwischen tuberkulösen Herden in verschiedener Weise verändert. Das pathologisch-ana-

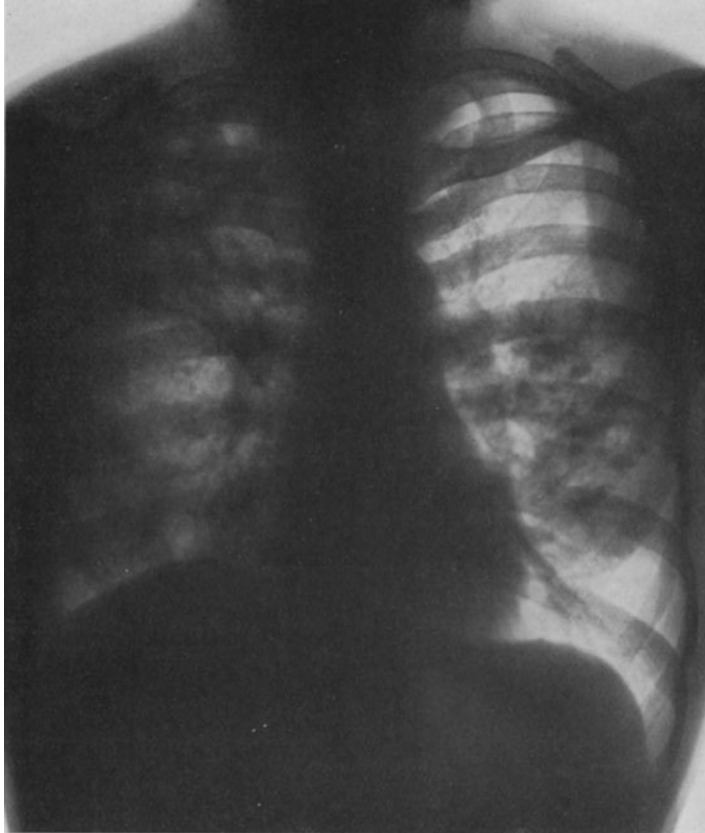


Abb. 32. Bronchopneumonisch käsige Tuberkulose der rechten Lunge mit besonderem Ergriffensein des rechten Oberlappens. Die Aufhellung der rechten Spitze ist bedingt durch eine Kaverne. In der Mitte des linken Lungenfeldes — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — zahlreiche verschieden schattentiefe Krankheitsherde.
Im Sputum zahlreiche Tuberkelbazillen.

tomische und Röntgenbild wird außerordentlich vielgestaltig. Die hochgradige Steigerung spontaner Heilungsvorgänge findet man in der Lunge nach erfolgreicher Thorakoplastik, die Sauerbruchs Schüler Jehn treffend schildert, wenn er schreibt:

„Von den einzelnen Herden sowie vom perivaskulären und subpleuralen Gewebe aus setzt die Vermehrung und Sprossung des Bindegewebes ein. Bald ziehen schmale junge, bald wieder breite ältere Stränge durch das Parenchym hindurch. Sie umschließen die tuberkulösen Herde und kapseln sie von der Umgebung ab. Wo der Prozeß noch nicht sehr stark entwickelt ist, dringen

sie in die Tuberkel hinein und durchsetzen sie teils vollständig, teils nur in den Randpartien. Sie schließen somit die Krankheitsherde wie einen Fremdkörper gegen das nicht erkrankte Gewebe ab.

Indessen steht mit dieser Abgrenzung der Prozeß der Bindegewebsentwicklung keineswegs still. Vielmehr wuchert es in den Septen der Alveolen weiter. Die Wucherung greift von den Septen schließlich auf die Alveolen selbst über und bringt die kleinen Luftbläschen zum Schwinden. Später kommt es zu einer Schrumpfung des neugebildeten Bindegewebes mit den bereits oben beschriebenen Veränderungen für das ganze Organ. In diesen Bindegewebschwielen finden wir neben vereinzelt lymphozytären Infiltraten eine reichliche Ablagerung von Kohlepigment, die wir wohl so erklären können,

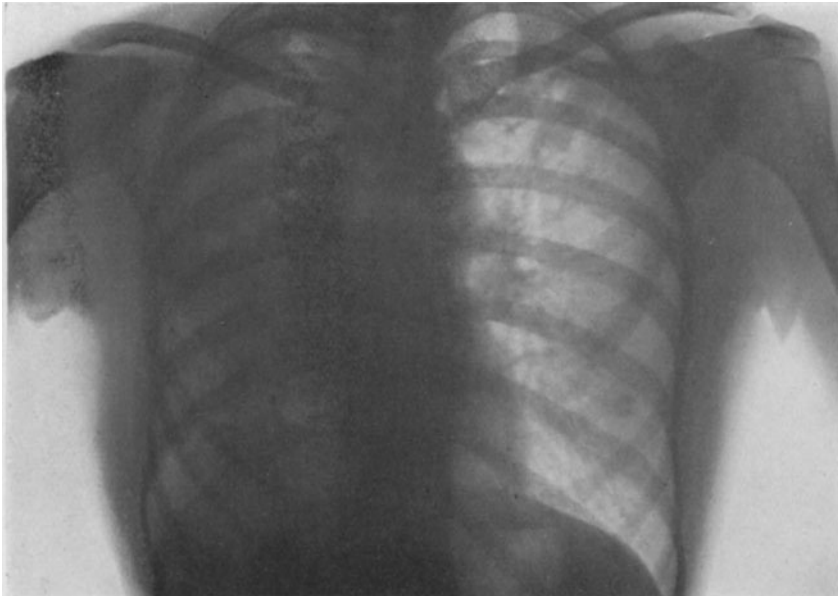


Abb. 33. Verkäsende Tuberkulose der ganzen rechten Lunge, der linken Seite des Beschauers gegenüber, kavernöser Zerfall in oberen Lungenteilen links. (Autopsie).

daß durch die Lymphstauung die Pigmentmassen in das Schwielengewebe abgelagert werden.

So wird allmählich aus einer tuberkulösen Lunge ein derber fester Gewebsklumpen, der nur noch an wenigen Stellen seinen anatomischen Aufbau und die Reste der ehemaligen Tuberkulose aufweist: trockene gut abgekapselte oder total fibrös gewordene Tuberkuloseherde.

An dem Verhalten des Parenchyms beteiligt sich das Bronchialsystem nicht. Nur die kleinsten Bronchien mit noch nachgiebiger Wand können kollabieren, während die großen, vor allem aber die knorpelhaltigen, zwar dicht aneinanderrücken, aber weite, klaffende Lumina aufweisen. Ja, nicht selten kommt es sogar zu bronchiektatischen Erweiterungen, die eine direkte Folge des fortgesetzten Zuges der schrumpfenden Bindegewebsmassen darstellen.

In gleicher Weise wären wohl auch die wabenartig erweiterten Alveolen, die wir in einem Teil der Fälle beobachten konnten, zu erklären.“

Cirrhose oder Verkäsung und Zerfall sind die Endausgänge tuberkulöser Veränderungen. Sie finden sich im allgemeinen bei den typischen, die Lungen

von oben nach unten abgrasenden Reinfektionstuberkulosen — als die ältesten Veränderungen — in den Spitzen- und oberen Lungenteilen, während sich weiter basal Veränderungen jüngeren Datums anschließen.

Die Röntgen-Untersuchung der sog. „tertiär“ phthisischen Lunge und der „inzipienten“ Spitzentuberkulose beginnt natürlich mit der Erhebung des Lungenübersichtsbefundes vor dem Leuchtschirm, mit Beobachtung der Bewegungsvorgänge an knöchernem Thorax, Zwerchfell, Rippen und Herz. Nach dem Hilusgebiet durchleuchtet man — unter suchendem



Abb. 34. In linksseitig oberen Lungenteilen — der linken Seite des Beschauers gegenüber — auf Gewebszerfall zurückzuführende Aufhellungen. Abwärts davon fächerähnlich erscheinender inhomogener Schatten als Ausdruck konfluierender knotiger, teilweise verkäster tuberkulöser Herde. Im rechten Hilusgebiet sieht man zahlreiche, verschieden große und verschieden geformte schattentiefe Flecke als Ausdruck teils verkalkter, teils verkäster Drüsen. Alter Kalkherd in der rechten Spitze (autoptische Kontrolle).

Blendenspiel nach oben aufsteigend — die Infraclaviculargruben und die Lungenspitzen. Die erkrankten Lungenspitzen erscheinen im Schirmbild weniger hell als die gesunden.

Helligkeits- und Größenunterschiede der Spitzenfelder sind dann am eindeutigsten differenzierbar, wenn sie einseitig auftreten, eine gesunde Lungenspitze als Vergleichsobjekt dienen kann.

Wenn die Helligkeitsminderung der Spitzenfelder zweifelhaft ist, kann unter Umständen das von Kreuzfuchs beschriebene „Hustenphänomen“ diagnostisch fördernd wirken: die gesunde — oder bei differenten die weniger kranke — Lungenspitze hellt sich bei Husten auf, die kranke nicht oder weniger als die gesunde.

Bittorf machte darauf aufmerksam, daß langsames Einschleichen des Röhrenstromes zunächst die gesunde Seite aufleuchten lasse; die kranke folge bei stärkerer Röhrenbelastung. Bei langsamem Ausschalten des Röhrenstromes erlösche zuerst die kranke, dann — bei weiterer Intensitätsabnahme des Röhrenlichtes — die gesunde. Die Tatsache, daß eine kranke Lungenspitze sich inspiratorisch verdunkeln kann, erklärt Arnsberger mit der Annahme, daß durch Krankheit in seiner Entfaltbarkeit geschädigtes Lungengewebe von

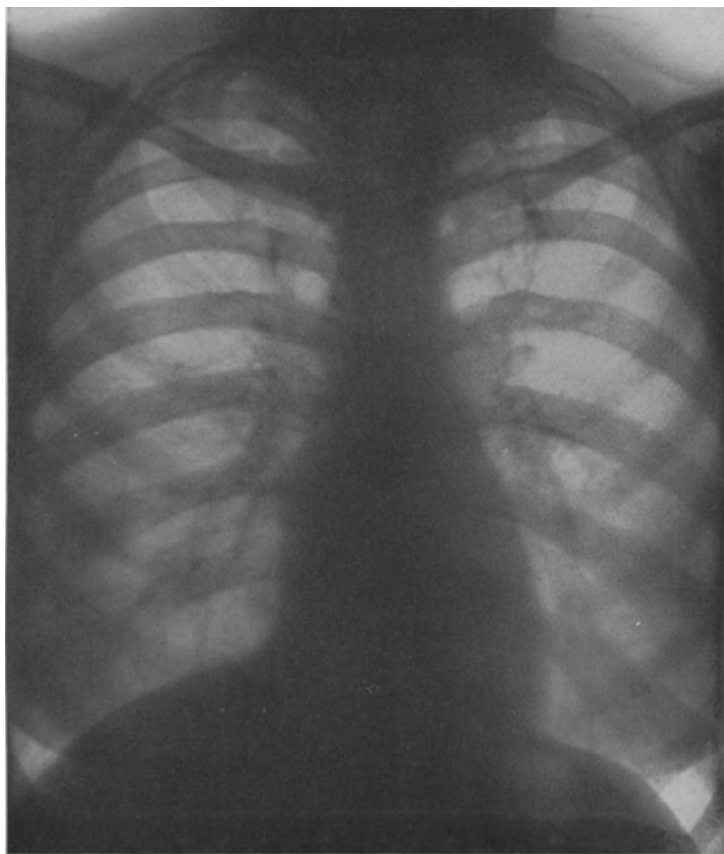


Abb. 35. Fleckige Trübung von verschiedener Schattentiefe in beiden Spitzen. Strangverdichtung zum Hilus. Wir haben das Bild einer gutartig proliferativ-indurativen Tuberkulose mit Spitzenlokalisation vor uns. Dem entsprach auch der klinische Befund und der weitere Verlauf.

ausdehnungsfähigem, gesundem zusammengedrückt, noch luftleerer würde. Alle diese Atemeinflüsse auf die Helligkeit der Lungenspitze wird man im Interesse der Diagnosenverbesserung bzw. Sicherung heranziehen, ohne aber ihre Bedeutung zu überschätzen.

Wie bei der klinischen Untersuchung geringgradige einseitige Abweichungen einer Lungenspitze von der Norm diagnostisch mit Kritik verwertet werden, so sind auch geringgradige Helligkeitsunterschiede der Spitzenbilder ohne anderweitige Symptome röntgenologisch mit Vorsicht zu deuten. Zwar erscheinen im allgemeinen gesunde Lungenspitzen im normalen Thorax röntgenologisch

gleich, gelegentlich aber kommen auch ohne Krankheit Helligkeitsunterschiede vor. Dann hat man neben anderem an eine mögliche Heterotopie oder Heteromorphie zu denken, kongenitale Anomalien, auf die Krönig aufmerksam machte.

Als röntgenoskopische Frühzeichen frischer Lungenspitzentuberkulose schilderte Williams das inspiratorische Zurückbleiben des Zwerchfells der erkrankten Seite. Ein Kapazitätsverlust der in ihren Spitzenanteilen erkrankten Lunge sei Ursache der verminderten inspiratorischen Zwerchfellbewegung. Holz-knecht suchte die Ursache des Williamsschen Phänomens in einer geschädigten Retraktionskraft der erkrankten Lunge, infolge deren das Zwerch-

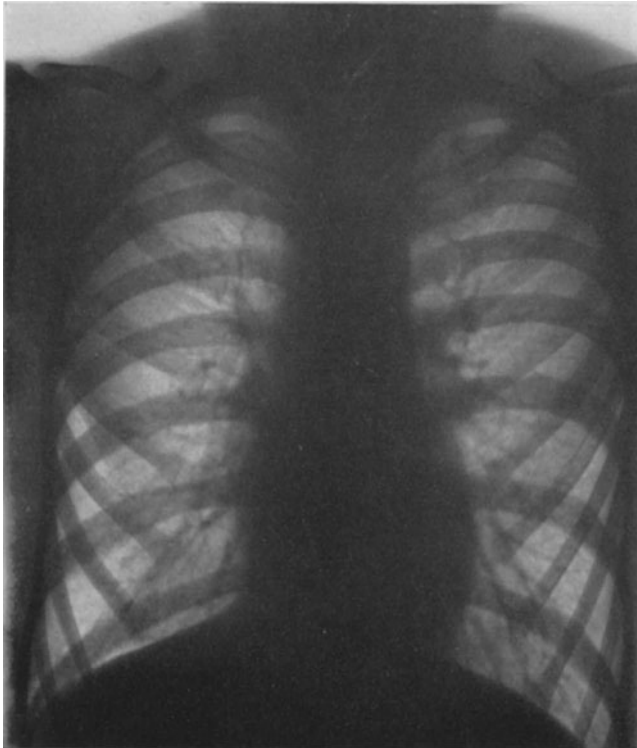


Abb. 36. In der linken Spitze — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — einige kleine schattentiefe Herdchen. Klinisch war der Befund negativ. Die Untersuchte fühlte sich gesund. Die Herdchen in der linken Spitze des Röntgenbildes sind der Ausdruck eines abgelaufenen Prozesses, der vor Jahren auch klinisch Erscheinungen gemacht hatte.

fell expiratorisch weniger emporgehoben werde. Diese Deutung wird dem Williamsschen Phänomen nicht gerecht; eher schon die Annahme Holz-knechts, daß eine die Apizitis begleitende Pleuritis sicca am Zwerchfell sich besonders deutlich auspräge.

De la Camp und Mohr widersprechen Holz-knecht und führen ihrerseits das Williamsche Zeichen zurück auf eine Kompression des Nervus phrenicus an der Stelle, wo er über die Pleurakuppe ziehe. Diese Auffassung wurde von Eppinger gewichtig angegriffen mit dem Hinweis, daß der Nervus phrenicus von der menschlichen Lungenspitze räumlich getrennt sei.

Arnsperger sieht in größeren, die Spitzentuberkulose begleitenden flächenhaften Pleuraadhäsionen — auch ohne Erkrankung der Pleura dia-

phragmatica — mit Beschränkung der Beweglichkeit der Pleurablätter den Grund für die mangelhafte Inspirationsbewegung des Zwerchfells.

Colechi und Wilhelm Neumann beobachteten das Williamsche Symptom nur bei Pleuritis diaphragmatica.

Gegen den Erklärungsversuch, daß tuberkulotoxische Neuritis den Phrenikus schädige, läßt sich die Einseitigkeit der Phrenikusschädigung anführen.

Arnsperger fand das Williamsche Symptom als Frühzeichen der Lungenspitzentuberkulose bei 6% der Erkrankten, Dohan bei 18%, De la

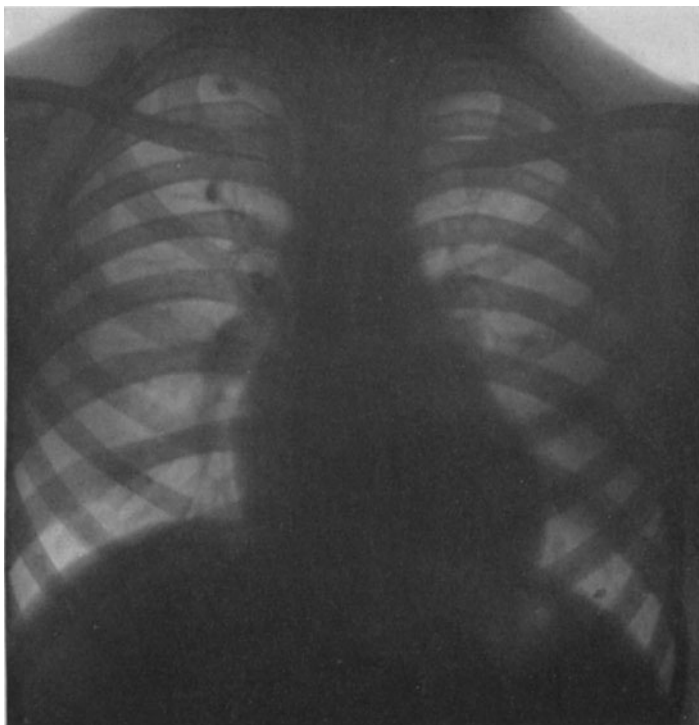


Abb. 37. In der rechten Spitze figurierter scharf begrenzter schattentiefer Herd; ein ähnlicher im Bild nahe dem vorderen Ende der ersten Rippe. Unter diesem median zwei weitere kleine Herdchen. Im oberen Teil des rechten Hilus eine auf Drüsenverkalkung zurückzuführende Verdichtung. Die geschilderten Veränderungen sind der Ausdruck einer abgelaufenen Tuberkulose. Die beschriebenen Herde sind Kalkherde. Der klinische Befund war negativ. Der Untersuchte fühlte sich auch subjektiv vollständig gesund.

Camp bei 35%; Jamin betont die Seltenheit des Williamschen Zeichens als Frühsymptom der Lungenspitzentuberkulose. Assmann lehnt das Williamsche Zeichen als diagnostisch bedeutsames Symptom beginnender Lungenspitzentuberkulose ab.

Wenn ich den diagnostischen Wert der Williamschen Beobachtung — im Sinne und der Deutung ihres Entdeckers und seiner Kritiker — als Frühzeichen einer Lungenspitzenkrankung an meinen Erfahrungen messe, komme ich zu ihrer Ablehnung.

Daß mit zunehmender Verödung des atmenden Gewebes, mit Auftreten pleuritischer Komplikationen Störungen der Zwerchfelltätigkeit auftreten, ist

eine — andernorts behandelte — bekannte Tatsache, auf die hier nur hingewiesen werden soll.

Zur Sicherung der Diagnose hat gerade bei Verdacht auf beginnende Lungenspitzentuberkulose der Durchleuchtung die Röntgenographie zu folgen. Nicht selten bringt dann die Platte einen Befund, wo die Röntgenoskopie versagte. Im Schirmbild diffuse Trübungen können sich auf der Platte in einzelne Herde auflösen. Pleuritische Veränderungen über den Spitzen führen als sog. „Spitzenkappe“ zu diffusen Spitzenverdunkelungen.

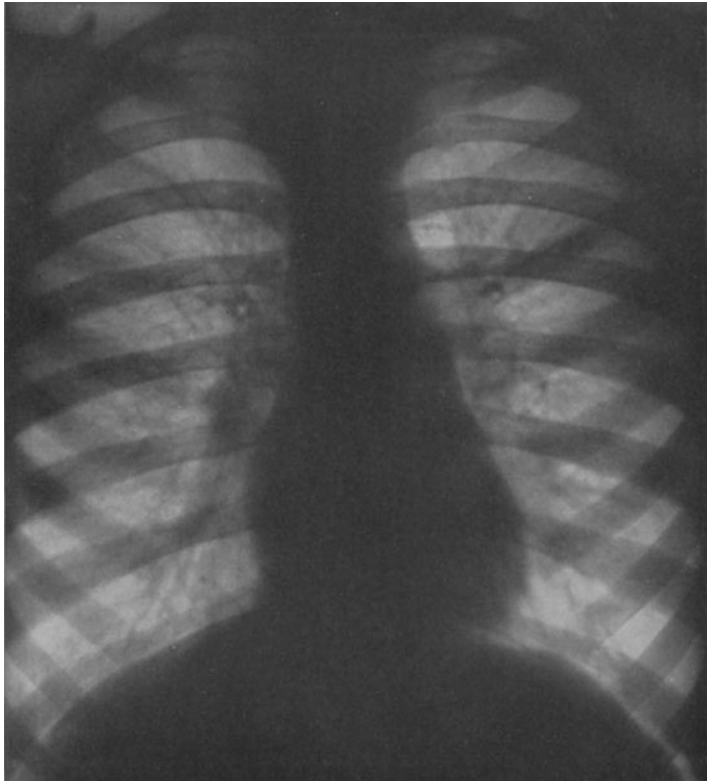


Abb. 38. Im Gebiet der vergrößerten Hiluszeichnung beiderseits erkennt man orthoröntgenograd getroffene Bronchien mit verdickter Wand. Verdichtung der Strangauffaserung gegen beiderseitige obere Lungenteile. Beschattete Spitzen. Das Bild ist der Ausdruck einer gutartigen doppelseitigen Spitzentuberkulose mit tuberkulöser Bronchitis bzw. Peribronchitis.]

Nicht selten erkennt man auf guten Platten figurierte, „acinös-nodöse“ Bildungen in den Spitzen oder infraclavicularen Lungenteilen. Eigene Spitzenaufnahmen können aus besonderen Gründen wünschenswert erscheinen. Daß sie als alleinige Bilder zur Sicherung der Frühdiagnose der Lungentuberkulose unzureichend sind, wurde bereits betont. Isolierte Spitzenaufnahmen werden nach Albers - Schönbergs Technik in Rückenlage des Kranken bei leicht erhöhtem Oberkörper mit wenig kephal- oder kaudalwärts gerichtetem Blendenzylinder, der dem Thorax in tiefer Inspiration nicht aufsitzen darf, aufgenommen. Die Aufnahme erfolgt möglichst in Atemstillstand auf empfindliche Platten ohne Verstärkungsschirm mit weicher Röhre. Bei Deutung der Spitzenplatte —

auch hier sei wiederum daran erinnert — vergesse man nicht an die möglichen Fehlerquellen zu denken, die sich aus dem Wesen der Methode, dem Bau und der Beschaffenheit aller Gewebe über den Lungen, der Anatomie der Lunge selbst und schließlich des pathologisch-anatomischen Prozesses ergeben. Man vergesse zum Beispiel nicht, daß der Begleitschatten der zweiten Rippe auf die

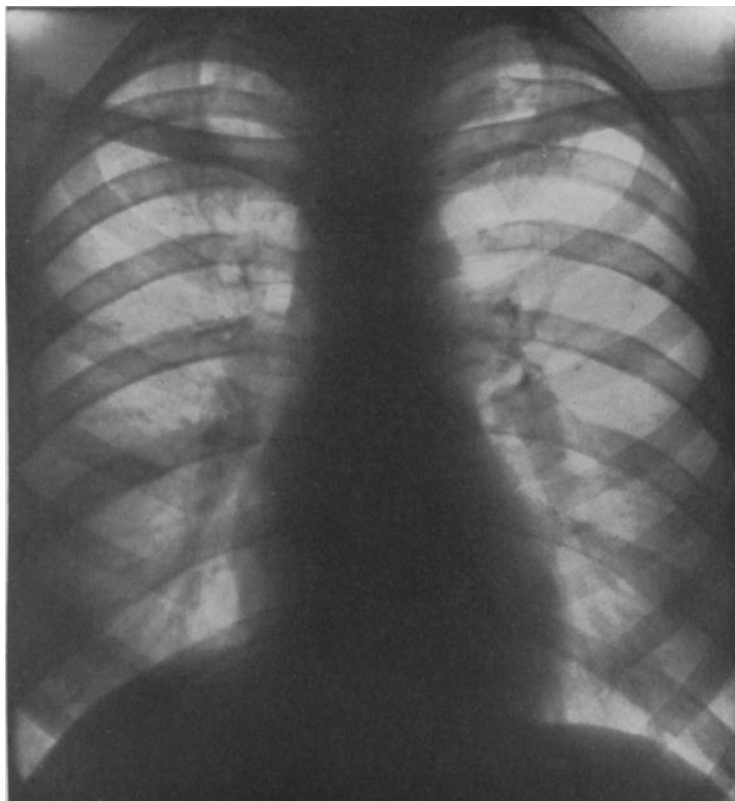


Abb. 39. Beiderseits Vergrößerung und Verdichtung der Hiluszeichnung mit figurierten Einlagerungen im Hilus links — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — als Ausdruck wahrscheinlich verkalkter Drüsen. Im Bild zwischen zweiter und dritter Rippe links außen ein schattentiefer Verdichtungsherd, möglicherweise Primärherd. In der linken Spitze kleinknotige, mehr oder weniger schattentiefe und mehr oder weniger scharf begrenzte Herdchen. Rechterseits ist die Spitze etwas stärker verändert durch strangförmige und fleckige Verdichtungen. Verdichtete Stränge in größerer Zahl ziehen von ihr zum rechten Hilus, in dessen oberen Teil man einen orthoröntgenograd getroffenen Bronchus erkennt. Bei der Durchleuchtung hinkte das innere Zwerchfelddrittel rechts deutlich nach. Abgesehen von den Erscheinungen der Primärinfektion links stellt das Bild Veränderungen dar, die etwas weite gehend sind als die auf Abb. 38 festgehaltenen. Der Prozeß erwies sich als gutartig. Klinisch war die rechte Spitze leicht gedämpft, das Atemgeräusch — rechts deutlicher, links weniger — scharf vesikulär, das Expirium verlängert; Rasselgeräusche fehlten.

normale Weichteilbegrenzung der Lungenspitzen zurückzuführen ist (Albers-Schönberg, Assmann). Meine Erfahrungen über den diagnostischen Wert der Röntgenmethode gegenüber der Lungen-, speziell der Spitzentuberkulose lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Was an Abweichungen perkutorisch feststellbar ist, ist röntgenologisch ohne weiteres zu erkennen.

Wegen geringen Umfangs, geringer Dichte oder größerer Tiefenlage nicht mehr perkutierbare Lungeninfiltrate lassen sich noch — bis auf individuell wechselnde Mindestgrößen herab — röntgenologisch feststellen. Der Perkussion ist die Röntgenmethode überlegen, abgesehen vielleicht von der Möglichkeit des Nachweises dünner pleuritischer Auflagerungen.



Abb. 40. Beträchtliche Veränderung des linken Lungenfeldes, der rechten Seite des Beschauers gegenüber. Runde Kaverne in der Infraclaviculargrube links. Von ihr ziehen strangförmige Verdichtungen zum linken Hilus. In der linken Spitze, in mittleren und unteren linksseitigen Lungenteilen zahlreiche kleinknotige Herde. In der rechten Spitze und rechtsseitigen unteren Lungenteilen, weniger im mittleren Teil des rechten Lungenfeldes, fleckige und streifige Verdichtungen. Der Röntgenbefund stand in gewissem Gegensatz zum klinischen insoferne, als, abgesehen von klinisch wenig ausgesprochenen Kavernensymptomen, infraclavicular links über der linken Lunge nur wenig verschärftes Atemgeräusch ohne Rasseln zu hören war. Der Röntgenbefund deckte unerwarteterweise weitgehende Veränderungen auf, in der Hauptsache produktiver Natur.

Lungenspitzen mit auskultatorischen persistenten Veränderungen erweisen sich auch auf der Platte meist als krank. Nur selten findet man suspekten Spitzenkatarrh für einige Zeit ohne Plattenbefund.

Häufig aber sieht man röntgenologisch deutlich krankhafte Veränderungen bei völlig negativem klinischen Lokalbefund.

Ohne die klinischen Methoden zu unterschätzen, komme ich bei einem allgemeinen Vergleich zu einer hohen Bewertung der Röntgenmethode für den Nachweis von Lungenveränderungen. Was dem positiven Röntgenbefund

zugrunde liegt, darüber muß uns die Röntgenmethode allein nicht selten die Auskunft schuldig bleiben. Zur Deutung des Röntgenbefundes sind dann alle denkbaren diagnostischen Behelfe heranzuziehen.

Mit fortschreitender Erkrankung mehren sich die Herde im Röntgenbilde, wachsen die einzelnen Herde kontinuierlich oder durch Konfluenz. Die Mannigfaltigkeit geweblicher Veränderungen wird groß und damit die Deutungsschwierigkeit der Bilder. Vielfach überdecken sich die Krankheitsherde benachbarter Lungenteile im Röntgenbilde.

Die mehrfach besprochenen Ähnlichkeiten von Herden verschiedener geweblicher Zusammensetzung an Schattentiefe und nicht selten auch Schatten-

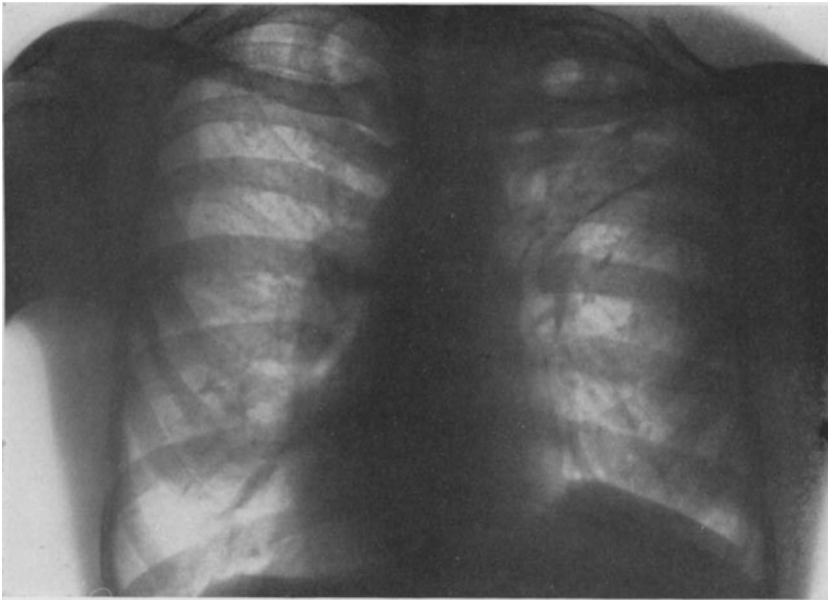


Abb. 41. Kavernöse Phthise des rechten Oberlappens, der rechten Seite des Beschauers gegenüber. Untere Lappengrenze scharf gezeichnet. In mittleren und unteren rechtsseitigen Lungenteilen fleckige und strangförmige Verdichtungen. Hiluszeichnung verdichtet. Stränge zur rechten Basis breit und dicht, rechtes Zwerchfell im inneren Teil adhärent, ebenso das linke Zwerchfell. Linksseitiger Hilus durch tuberkulöse Drüsen vergrößert und verdichtet. Kleinfleckige Herde neben strangförmigen Verdichtungen im linken Lungenfeld.

begrenzung können der Deutung unlösbare Schwierigkeiten bereiten. Gewebsveränderungen und damit ihre Röntgenbilder befinden sich vielfach in fließenden Übergängen. Die Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufes der Veränderungen kann hier zur Lösung von Rätseln führen. Die Verbreitungswege der Tuberkulose werden mit der Dauer des Bestehens der Krankheit unübersichtlicher; noch weniger als sonst ist den Herden jetzt vielfach mehr anzusehen, ob sie lymphogen, hämatogen oder bronchogen, das heißt durch Aspiration entstanden sind. Zu den knotigen Herden in den Lungen gesellen sich vielfach schon frühzeitig strangförmige Verdichtungen. Die Zeichnung dieser Stränge ist häufig nicht einheitlich, strich- oder bandförmig, sondern vielfach gekörnt. Diese Verdichtung der Strangzeichnung ist die Folge einer Perivaskulitis — Peribronchitis — oder Bronchitis, die Inhomogenität der Stränge bedingt durch gewebliche Ungleichheit der Veränderungen und durch Tuberkelbildung im Verlauf der Stränge.

Daß es sich bei diesen Befunden vielfach um eine Bronchitis und Peribronchitis handelt, erkennt man nicht selten an den dickwandigen engen Ringen, als welche orthoröntgenograd getroffene veränderte Bronchien erscheinen. Dabei sind käsige Degenerationen der Entzündungsherde in den Strängen nicht immer von bindegewebiger Umwandlung zu unterscheiden. Schwierige Veränderungen — als Ausdruck abgelaufener Vorgänge, noch deutlicher Kalk-

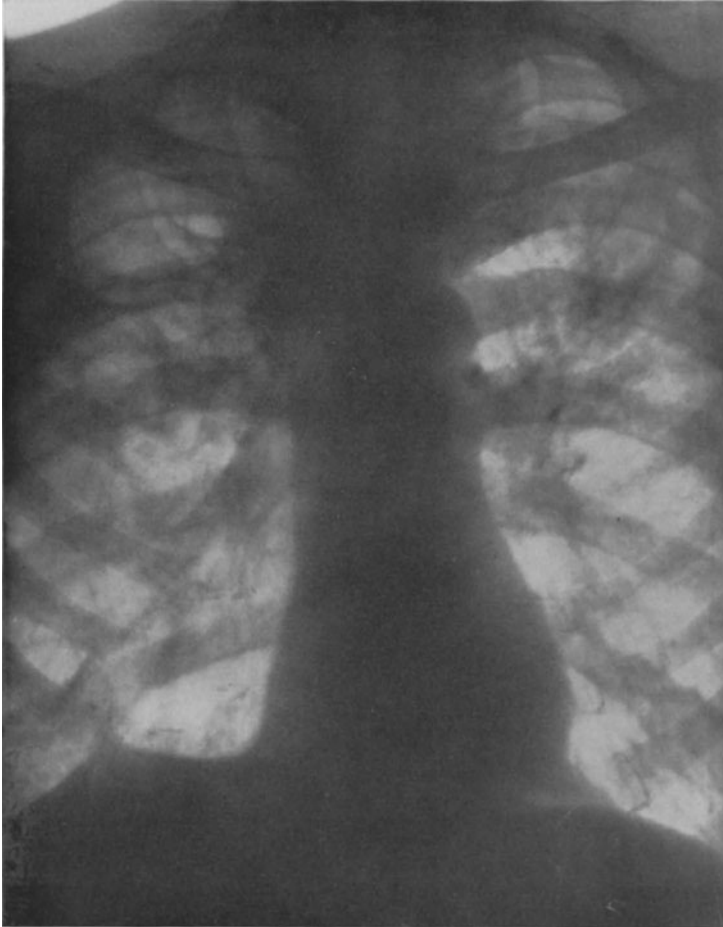


Abb. 42. Seit vielen Jahren bestehende zirrhotische Tuberkulose mit Kavernen, besonders in rechtsseitig und linksseitig infraclavicularen Lungenteilen. In mittleren und unteren Lungenteilen zahlreiche strangförmige und fleckige Herde. Verziehung des rechten Zwerchfelles etwa in der Mitte — der linken Seite des Beschauers gegenüber — thorakalwärts durch Pleuraadhäsion.

inkrustationen mit fehlenden Entzündungserscheinungen und Exsudationen — zeigen klare, scharfe Konturen; man überschätze aber den Wert solcher allgemeiner Erfahrungen nicht bei Beurteilung des Einzelfalles. Vor Verwechslung von Bronchialquerschnitten mit kleinen zentralen Kavernen hat man sich zu hüten.

Die mögliche Verschiedenheit der röntgenologischen Erscheinungsformen proliferativer und exsudativer Tuberkulosen wurde geschildert.

Bei der chronischen, apikal-basal verlaufenden Lungentuberkulose finden sich auch in oberen Lungenteilen die ersten, späterhin größten Zerfallshöhlen.

E. Albrecht hat darauf hingewiesen, daß Kavernen ebensowohl in wenig als in weitgehend veränderten Lungen vorkommen können. Kavernen komplizieren sowohl in der Hauptsache proliferative als exsudative Tuberkulosen und



Abb. 43. Röntgenogramm der Brustorgane eines an sehr langsam verlaufender proliferativ-indurativer Tuberkulose leidenden Mannes. In der oberen Hälfte des rechten Lungenfeldes erkennt man — als Bild von Kavernenwänden — ringförmige Verdichtungen. In beiden Lungenfeldern sieht man knotige und strangförmige Verdichtungen, die teilweise ziemlich scharf begrenzt sind. Im rechten Lungenfeld liegen einige schattentiefe Herde von scharfer Begrenzung, die vielleicht als Ghonsche Primärherde angesprochen werden dürfen. Die Hiluszeichnung beiderseits ist verbreitert und verdichtet und stellenweise ziemlich scharf begrenzt.

verschlechtern die jeder dieser Formen sonst eigene Prognose. Nach Röntgenogrammen beschrieb Rieder als erster in sonst wenig veränderten Lungen die sog. „Initialkavernen“, die nicht selten zu mehreren in einer Lunge auftreten. Was über diese Initialkavernen zu sagen ist, wurde bereits auseinandergesetzt; ich verweise darauf. Der auskultatorisch-perkutorischen Untersuchung vertragen diese Gebilde häufig keine Kavernensymptome.

Der klinische Kavernennachweis setzt bekanntlich oberflächliche Lage der Höhle im infiltrierten Lungengewebe und eine gewisse — nicht unbeträchtliche — Größe der Kaverne voraus. Die klinischen Kavernensymptome zu behandeln ist hier nicht der Ort. Die röntgenologischen Höhlensymptome

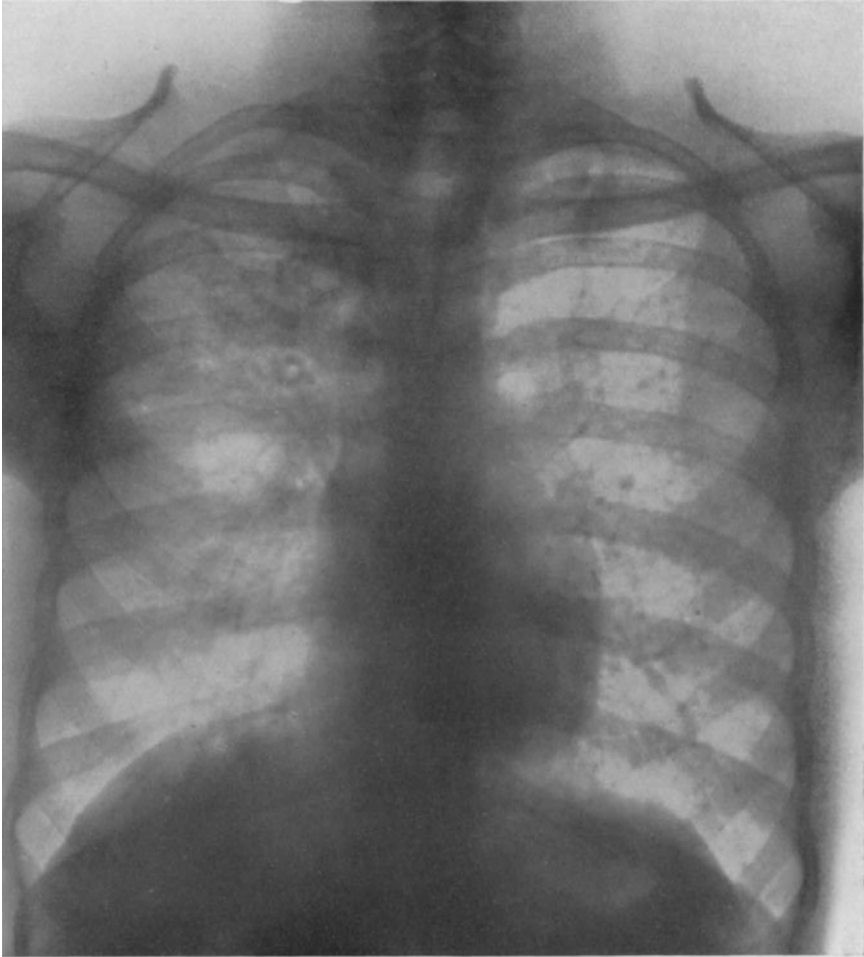


Abb. 44. Tuberkulose beider Lungen mit überwiegender Erkrankung rechts, wo ursprünglich knotige Herde konfluieren. Kaverne rechts oben. Nahe dem Mittelschatten rechts eine kleine Aufhellung, begrenzt von einem schattentiefen Ring; ein orthoröntgenograd getroffener Bronchus mit verdichteter Wand. Im unteren Teil des rechten Lungenfeldes strangförmige Verdichtungen, vom Hilus ausgehend. Im linken Lungenfeld zahlreiche disseminierte schattentiefe Herde bei klinisch linksseitig fast fehlenden Erscheinungen. Die Herde erwiesen sich später autoptisch mindestens teilweise als alte Kalk- und fibröse Herde. Beide Zwerchfellhälften in inneren Teilen adhärent.

wurden früher geschildert; es kann deshalb hier darauf hingewiesen werden. Im allgemeinen unterscheiden sich tuberkulöse Kavernen von Höhlenbildungen anderer Herkunft in den Lungen durch fehlendes Sekret und fehlenden Flüssigkeitsspiegel. Gelegentlich aber findet man ein „Niveau“ doch auch in tuberkulösen Kavernen. In stark infiltrierten Lungen können sekrethaltige Kavernen

dem Nachweis entgehen. Sehr große Kavernen können zu Verwechslungen mit einem umschriebenen Pneumothorax Veranlassung geben.

Wie Kavernen jederzeit im Verlaufe der Tuberkulose auftreten können, so können sie auch jederzeit mit Schrumpfung und Verkreidung ausheilen oder jahrelang unverändert bestehen bleiben. Das Vorhandensein von Kavernen weist auf Neigung des tuberkulösen Prozesses zu Destruktion hin. Die Aspi-



Abb. 45. Röntgenogramm einer 27 jährigen lungenleidenden Frau. Neben knotigen, wahrscheinlich verkalkten, Herden durchziehen zahlreiche dichte Stränge das Lungenfeld, besonders beiderseits gegen die Basis. In der Mitte des rechten Lungenfeldes — der linken Seite des Beschauers gegenüber — ein ringförmiger Schatten als Ausdruck einer Demarkationsmembran. Perikard rechts lateralwärts zipfelförmig verzogen, das rechte Zwerchfell thorakalwärts. Die klinischen Erscheinungen bestanden lediglich in vesicobronchiale, stellenweise bronchovesikulärem Atmen bei meist fehlenden Rasselgeräuschen. Das Bild ist der Ausdruck einer alten produktiv-zirrhatischen doppelseitigen Lungentuberkulose.

ration von Kaverneninhalt kann zu gefahrdrohender plötzlicher Ausbreitung der Krankheit über größere Lungenteile führen, in Form der tuberkulösen käsigen Bronchopneumonie. In Kavernen arrodierete Gefäße können zu letalen Blutungen Veranlassung geben. Durchbruch tuberkulöser Massen in die Gefäße führt bekanntlich zu allgemeiner oder lokalisierter Miliartuberkulose.

Bei der käsigen Pneumonie überwiegt im Gegensatz zu den knötchenbildenden Prozessen, die rasch vor sich gehende meist fibrinöse Exsudation mit bald eintretender Verkäsung (Phthisis florida). Sie erscheint im Röntgenbild

einer meist schon die Zeichen der Tuberkulose tragenden Lunge, entsprechend dem anatomischen Substrat als wechselnd groß und wechselnd geformter Verdichtungsherd, als Schatten, in sich wechselnd an Dichte — infolge ungleicher Verkäsung und Infiltration —, Form und Größe. Mittlere Lungenteile werden mit Vorliebe befallen. An die Lappengrenzen hält sich die käsige Pneumonie nicht, wenn auch ganze Lappen (z. B. die Unterlappen) von ihr



Abb. 46. Schrumpfende kavernöse Phthise links, der rechten Seite des Beschauers gegenüber. Trachealaufhellung nach links gegen die Kaverne verzogen. Seitlicher Teil des linken Lungenfeldes durch Pleuraschwarte beschattet. Linkes Zwerchfell im inneren Teil adhärent, Thoraxwand eingezogen.

ergriffen werden können. An den möglichen Übergang lobärer genuiner Pneumonie in käsige sei erinnert.

Der tuberkulöse Käse entsteht durch Koagulationsnekrose; seine Strahlenabsorption kann die fibrinöser Ausschwitzungen übertreffen oder ihnen nachstehen. Dichte der absorbierenden Masse, Schichtdicke und Lage zur Platte sind auch hier für die Bildwirkung maßgebend.

Multiple tuberkulöse bronchopneumonische Herde — den miliären Formen Schminkes zugehörend — zeichnen im Röntgenogramm —

gleich anderen Bronchopneumonien — Herdschatten, deren tuberkulösen Charakter man aus der Verkäsung, d. h. röntgenologisch aus der zunehmenden Dichte der Schatten, vermuten kann.

Bei der durch Überschwemmung des Körpers mit großen Massen von Tuberkelbazillen hervorgerufenen hämatogenen Miliartuberkulose können sich in den Lungen überall da Knötchen bilden, wo sich Bazillen festgesetzt haben. Die Pathologie der Miliartuberkulose ist bekannt. Im Röntgenogramm ist die Miliartuberkulose wiederholt — von Klieneberger als erstem — dargestellt worden.

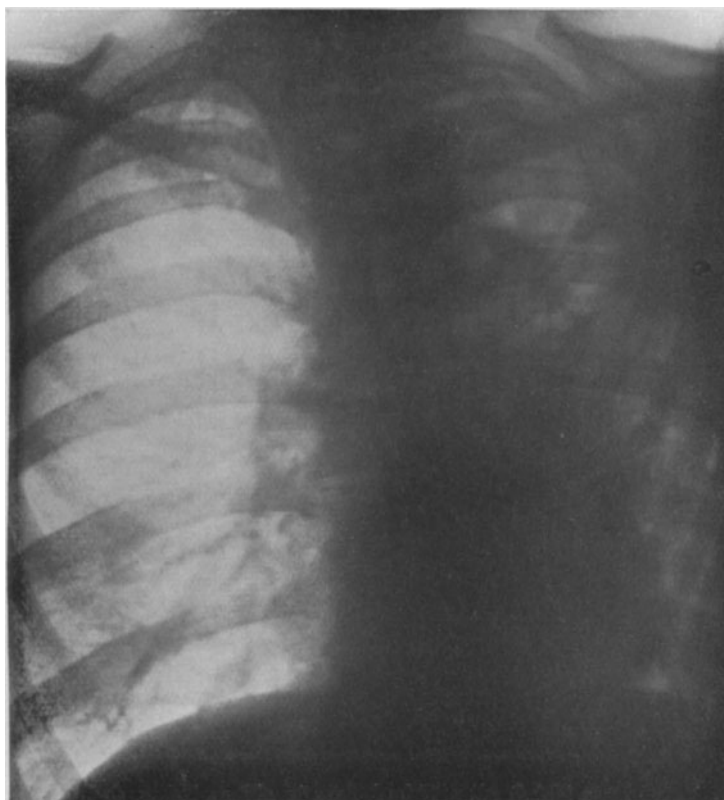


Abb. 47. Kavernöse zirrhotische Phthise mit schwieriger Pleuritis links — der rechten Seite des Beschauers gegenüber. Herz nach links verzogen. Thoraxwand nach innen. In der rechten Spitze einige kleinknotige Herde.

Klieneberger beschrieb das Röntgenbild der Miliartuberkulose als feinste Marmorierung, die er sich entstanden dachte durch Summationswirkung der zahlreichen in verschiedenen Ebenen hintereinanderliegenden Knötchen. Bei der Durchleuchtung bilden eine diffuse Verdunklung der Lungenfelder und mangelhafte Zwerchfellbewegung (Stierlin und Chaoul) die Symptome, die uns an die Krankheit denken lassen.

Das Präzisionsröntgenogramm zeigt die wenig hellen Lungenfelder mit feinsten Flecken übersät, die in ziemlich regelmäßigen Abständen angeordnet sind.

Die Flecke sind in den Lungenspitzen am größten, nehmen nach unten an Umfang ab, sind an der Lungenbasis am kleinsten. Das Aussehen und die

beschriebene Anordnung der Schattenflecke in den Lungen ist röntgenologisch für die Miliartuberkulose charakteristisch und ermöglicht die Diagnose zu einer Zeit, zu der die Klinik noch in der Irre geht.

Mit Haudek und Assmann halte ich die Schattenflecke für die Bilder plattennaher miliarer Tuberkel.

Bei weniger reichlicher Bazillenaussaat und deren Beschränkung auf bestimmte Lungenbezirke kommt es zu gruppenweiser Anhäufung von Knötchen, die später ausheilen oder verkäsen und konfluieren können.

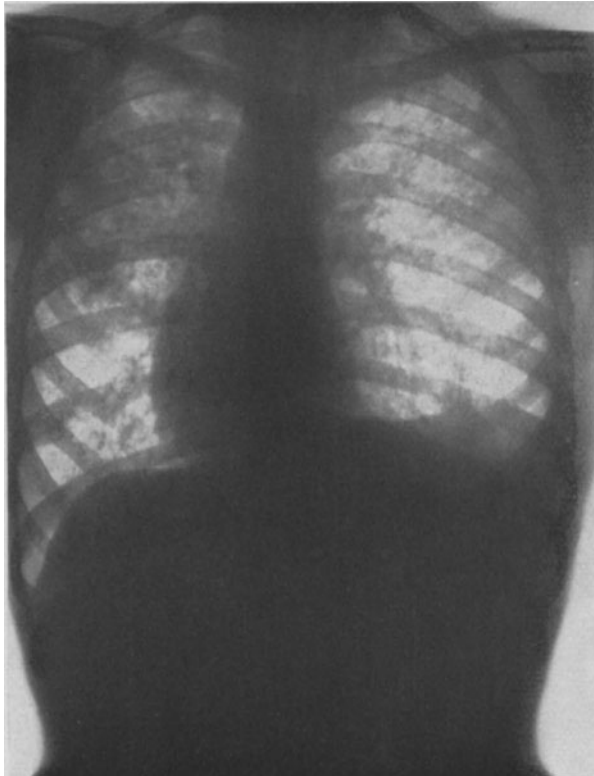


Abb. 48. Disseminierte kleinknotige Tuberkulose in oberen Teilen des rechten Lungenfeldes. Vergrößerte Hiluszeichnung rechts. Adhäsion des rechten Zwerchfelles mit thorakalwärts gerichteter zipfelförmiger Verziehung. Rechter Rezessus nicht entfaltbar. Inhomogene Beschattung der oberen Hälfte des linken Lungenfeldes, der linken Seite des Beschauers gegenüber. Diese Beschattung ist teils bedingt durch Ineinanderprojektion, teils durch Konfluenz isolierter knotiger Herde. Die klinischen Erscheinungen entsprechen den schwerwiegenden röntgenologischen Erscheinungen nicht. Nur über linksseitigen oberen und mittleren Lungenteilen bestanden bei bronchovesikulärem Atmen klingende mittel- und kleinblasige Rasselgeräusche.

Mit zunehmender Konfluenz der Herde und deren fortschreitender geweblicher Veränderung kann man die Entstehungsart der Herde schließlich röntgenologisch ebensowenig wie histologisch mehr erkennen.

Zwischen der letal verlaufenden diffusen hämatogenen Miliartuberkulose der Lungen und der zuletzt beschriebenen, auf kleine Lungenbezirke beschränkten Dissemination liegt eine Form, bei der über beide Lungen oder größere Teile davon zerstreut miliare Knötchen im Röntgenogramm zu sehen sind. Wiederholt

seit dem Jahre 1913 habe ich solche Bilder in Fortbildungsvorträgen für Ärzte und im Münchener ärztlichen Verein gezeigt.

Grau und sein Schüler Offrem, Assmann, Heineke, Bolle schilderten ähnliche Befunde. Die Aussaaten von Tuberkelbazillen über die Lungen, um die es sich in all diesen Beobachtungen handelt, können ohne Krankheitsgefühl oder unter mehr oder weniger schweren subjektiven und objektiven (klinischen) Krankheitserscheinungen erfolgen. Auffallend ist oft die Disso-

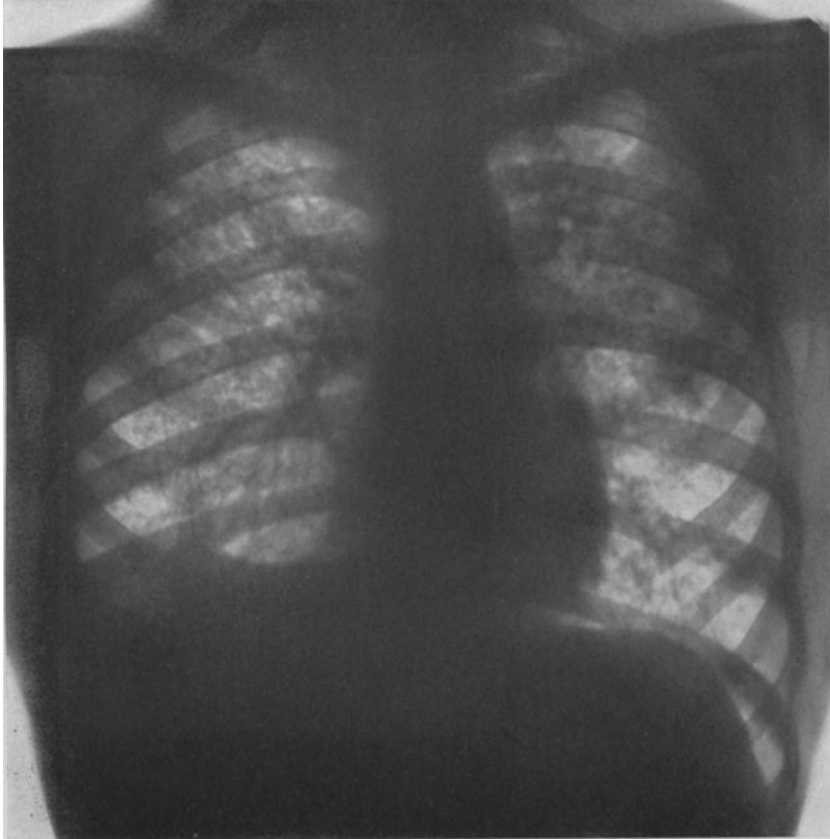


Abb. 49. Über beide Lungen ausgedehnte Tuberkulose. Links oben Herde mehr konfluierend, rechts mehr isoliert liegend. Links im Bild unterhalb des Schlüsselbeines kavernöser Zerfall. Den umschriebenen Herden der rechten Lunge ist im Röntgenbild ihre Entstehungsart nicht anzusehen. Das rechte Zwerchfell ist durch Adhäsion zipfelförmig thorakalwärts verzogen, der rechte Pleurarezessus — der linken Seite des Beschauers gegenüber — beschattet und nicht entfaltbar.

nanz zwischen geringfügigem klinischen und weitgehendem röntgenologischen Befund.

Auch Ribbert beschrieb obsolete miliare Herde im anatomischen Präparat.

Die Prognose richtet sich nach der Größe des Disseminationsschubes und der Möglichkeit seiner Wiederholung.

Grau stellt den an dieser Tuberkuloseform Erkrankten im allgemeinen eine gute Prognose, sieht in diesen hämatogenen Disseminationen sekundäre

Manifestationen im Sinne Rankes, wie Grau meint unter Umständen Immunitätsbringer gegenüber der tertiären progredienten Phthise.

Grau sah solche sekundären Disseminationen auch vergesellschaftet mit den gewöhnlichen Spitzentuberkulosen.

Ich möchte die Prognose auf Grund meiner Beobachtungen weniger günstig stellen. Meine Kranken zeigten zum Teil die Prognose verschlechternde Kehlkopfscheinungen und erlagen meist nach wechselnd langer Zeit doch ihrer Dissemination.

Von den geschilderten hämatogenen Disseminationen können lymphogene unter Umständen schwer oder gar nicht zu trennen sein.

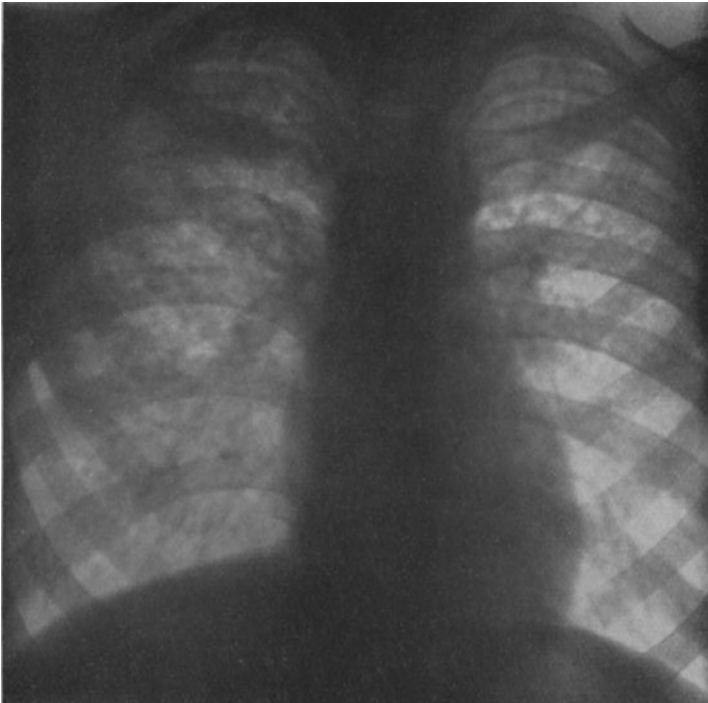


Abb. 50. Über beide Lungenfelder verteilt kleinfleckige Herde, mehr rechts, bei mäßiger Verdunkelung der Lungenfelder im ganzen. Obduktionsbefund: Miliartuberkulose.

Assmann hat darauf hingewiesen; auf Grund ähnlicher Beobachtungen kann ich mich ihm anschließen.

Differentialdiagnostisch können hier disseminierte bronchopneumonische Herde und Aspirationstuberkulosen, Pneumonokoniosen, Miliarkarzinosen und Sarkomatosen, miliare septische Herde, Bronchiolitis obliterans, schließlich auch Leukämie und Lues im Röntgenbilde Schwierigkeiten machen. Diese Schwierigkeiten schwinden zum Teil schon mit dem Augenblick, in dem an die Möglichkeit der anderen in Betracht kommenden Leiden mit ähnlichem Lokalbefund gedacht wird; die weitere Entwicklung der Veränderungen beseitigt den Rest der Unklarheiten.

Im Verlauf der Lungentuberkulose kommt es zu Komplikationen von seiten der Pleuren und unter Umständen intrathoracischer Organe, dem

knöchernen Thorax und der Wirbelsäule. Pleuritische Ergüsse engen das Lungenfeld ein; sie zeigen meist charakteristische Begrenzung.

Abgesackte und interlobäre Exsudate sind unter Umständen mit Lungenherden zu verwechseln.

Kavernendurchbruch in die Pleurahöhle verursacht Pneumo- und Pyopneumothorax.

Pleuritische Schwielen können zu Lungenfeldverdunklungen führen, zu Bewegungsbehinderungen des Zwerchfells und des knöchernen Thorax. Durch intrapulmonale Narben- und Schwielenbildung, meist in Verbindung mit schwieriger Pleuritis, kommt es zu Verziehung der Trachea, des Herz-Gefäßstammes oder Perikards, zu Thoraxschrumpfungen, Zwerchfellverunstaltung

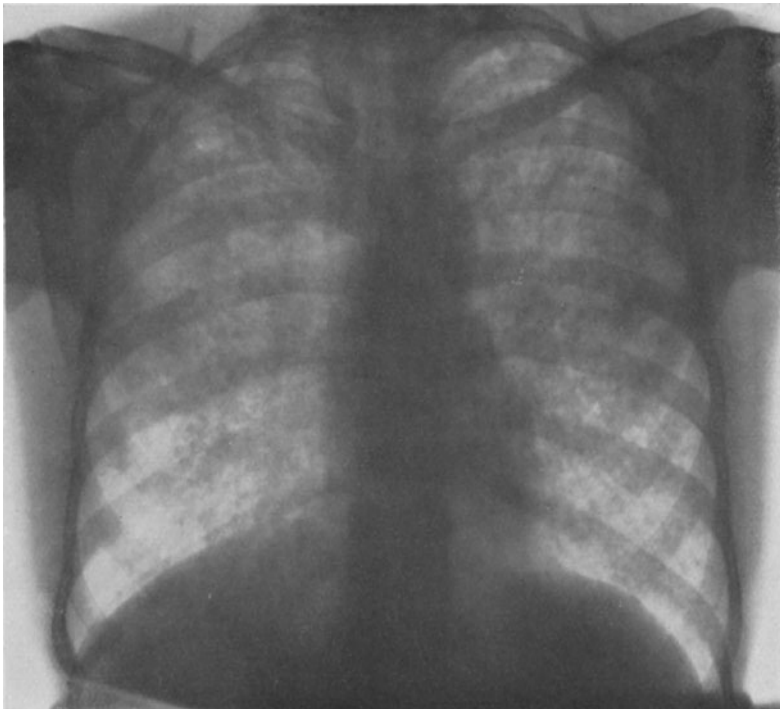


Abb. 51. Vier Wochen alte Miliartuberkulose. Deutlich nur in untersten Teilen des Lungenfeldes disseminierte Herdchen zu erkennen. In mittleren und oberen Lungenteilen stehen die Herde so dicht, daß es fast zu einer diffusen Beschattung gekommen ist.
Obduktionsbefund: Miliartuberkulose.

und Hemmungen, selbst zu Wirbelsäulenverkrümmungen. Verwachsungen des Ösophagus mit intrathoracischen tuberkulösen Drüsen oder Pleurablättern können zu Schlingbeschwerden Veranlassung geben.

Intrapulmonal entwickelt sich vicariierendes Emphysem gesunden Lungengewebes; unter dem Zug narbig schrumpfenden Gewebes entstehen Bronchiektasien, selbst bronchiektatische Kavernen.

Alle diese Komplikationen werden wir richtig erfassen bei entsprechendem pathologisch-anatomischem Wissen um die Krankheitsbilder, völliger Beherrschung unserer Untersuchungsmethode und steter Erinnerung an deren Grenzen. Freilich gerade bei alten schrumpfenden Phthisen kann die intrapulmonale

Narbenbildung, können pleuritische Komplikationen einen Vorhang vor alle Einzelheiten ziehen.

Die Lokalisation der Lungenherde erfolgt wie die von Fremdkörpern nach geschilderten Methoden.

Auf die besonderen Schwierigkeiten des klinischen Tuberkulosenachweises im altersstarrten Thorax bei emphysematöser Lunge hat Stähelin hingewiesen.



Abb. 52. Im mittleren und unteren Teil des rechten Lungenfeldes der Kranken — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — kleinknotige Verdichtungen von wechselnder Größe und Schärfe in größerer Zahl. Hiluszeichnung vergrößert und verdichtet, nach oben und unten in verdichtete Stränge auslaufend. In mehrwöchigen Abständen wiederholten sich Disseminationsschübe. Der Kranke ging an Miliartuberkulose zugrunde (Autopsie).

Die Altersphthisen sind meist schrumpfende, lange bestehende Tuberkulosen bieten sonst an sich kaum wesentliche Eigenart, abgesehen vielleicht von häufigeren atypischen Lokalisationen in unteren Lungenteilen.

Die Lungentuberkulose ist eine Allgemeinerkrankung auf dem Boden konstitutioneller Bereitschaft.

Für die Lokalisation der Tuberkulose in den Lungen suchte man Lokaldispositionen. Ein bestimmter „Habitus phthisicus“ soll zur Lungenschwindsucht disponieren. Rokitansky definierte diesen Habitus phthisicus näher; er ist wesentlich gleich dem Habitus asthenicus Stillers und dem Status

hyperplasticus Bauers. Das Wesentliche dieser Konstitutionsanomalie anatomisch sei die mangelhafte Ausbildung des Thorax. Es bestehe ein Mißverhältnis zwischen Körpergröße und Brustumfang; der Hals sei lang und dünn, die Schulterblätter abstehend, das Herz lang und schmal, die Aorta dünn und eng.

Alle Versuche mathematischer Festlegung dieser Typen sind gescheitert. Hier ist nicht der Ort, auf diese Dinge, über die eine umfangreiche Literatur besteht, einzugehen.

Einigkeit über das Verhältnis der asthenischen Konstitution zur Tuber-

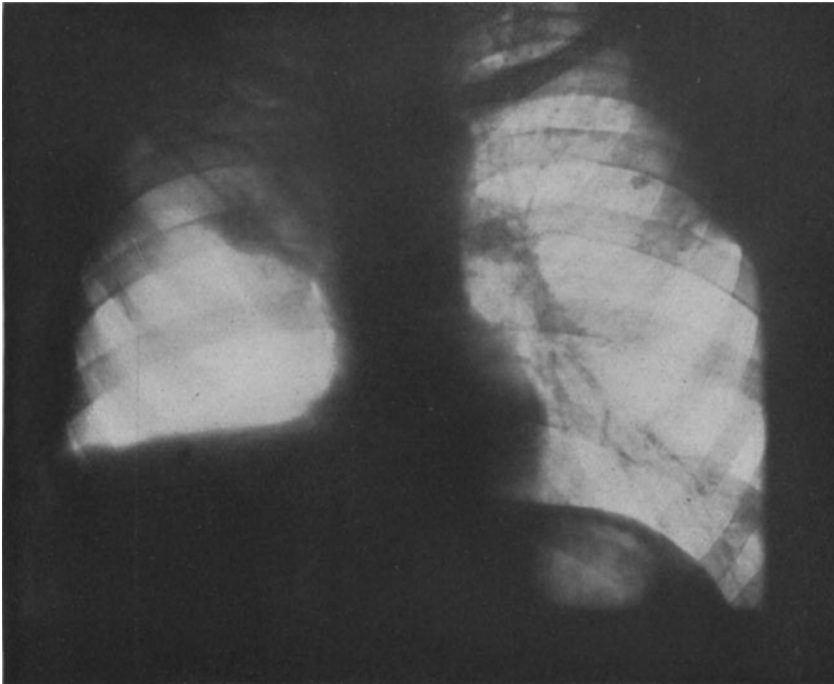


Abb. 53. Rechtsseitiger Spontan-Pyopneumothorax bei schwerer Tuberkulose der rechten Lunge. Die strukturlose Helle im rechtsseitigen Lungenfeld ist der Ausdruck der Luftblase im Thorax. Die Lunge ist nach oben verdrängt, oben seitlich aber adhärent. Rechts unten stellt der tiefe Schatten mit horizontaler oberer Begrenzung einen eitrigen Erguß dar. Links ist die Hiluszeichnung verdichtet und verbreitert, teilweise als Ausdruck starker Füllung linksseitiger Lungengefäße. Links seitlich und links oben erkennt man kleine knotige Herde.

kulose der Lungen besteht nicht. Zum mindesten wird man mit Friedr. Müller und Fr. Kraus sagen müssen, daß die Antwort auf die Frage, ob Lungentuberkulose in überwiegender Häufigkeit mit dem Habitus asthenicus zusammen angetroffen werde, keineswegs überzeugend ausfalle. Die grobmechanische Auffassung von der Lokaldisposition einer durch enge obere Thoraxapertur eingeschnürten Lungenspitze für Tuberkulose, wie sie von H. Freund, Hart und Bacmeister vertreten wurde, wird man fallen lassen müssen. Auch die gegenteilige Annahme fand ihre Vertreter: die Enge der oberen Brustöffnung sei eine Folge bereits bestehender tuberkulöser Veränderung. Man findet die Verknöcherung der ersten Rippenknorpel auch bei jüngeren Individuen nicht selten ohne Spizentuberkulose und diese wieder ohne Knorpel-

verknöcherung oder auffallenden Enge der oberen Apertur. Ablehnen wird man den therapeutischen Vorschlag Freunds der Resektion der ersten Rippe zur Vorbeugung bzw. Heilung von Lungenspitzentuberkulose. Gerade in der Immobilisation tuberkulöser Lungen sieht man heute bekanntlich ein wertvolles Heilmittel für die kranke Lunge. Das häufige Vorkommen der Tuberkulose in den infraclavicularen Teilen der Lungenfelder ohne Spitzenbeteiligung dient Freunds Theorie nicht als Stütze. Daß sich im übrigen Anomalien des knöchernen Thorax ebensowohl im Röntgenbilde nachweisen lassen, wie



Abb. 54. Im linksseitigen Hilus erkennt man verkäste bzw. verkalkte Drüsen. Der eigenartig fleckige Schatten nahe der linksseitigen Thoraxwand ist der Ausdruck einer abgekapselten Pleuritis mit Kalkniederschlägen im pleuritischen Produkt.

Entwicklungsstörungen des Herzgefäßstammes, bedarf wohl kaum noch der Betonung.

Jedem, der Lungenkranke in größerer Zahl längere Zeit beobachtet, muß der verschiedenartige Verlauf der Tuberkulosen auffallen. Neben Erkrankungen von solcher Gutartigkeit, daß sie ohne jede Behandlung selbst unter ungünstigen Lebensverhältnissen ausheilen, beobachtet man andere, die trotz aller Heilbemühungen in kürzester Zeit letal verlaufen. Dazwischen liegen alle denkbaren Übergänge. Das ärztliche und wissenschaftliche Bedürfnis nach rechtzeitiger und prognostisch klarer Beurteilung führte zu den vielfachen Versuchen der Charakterisierung, der sog. Stadieneinteilung der Lungen-

tuberkulose. Daß der Begriff der Stadien Verschiedenes bedeuten kann, habe ich früher hervorgehoben. Wovon hier die Rede sein soll, ist der Versuch der Charakterisierung der „isolierten tertiären Phthise“, der Spät- bzw. Reinfektionsform der chronischen Lungentuberkulose. Man kann die Differenzierung der Krankheitsfälle von verschiedenen Gesichtspunkten aus versuchen; z. B. von serologischen oder klinisch- und pathologisch-anatomischen. Am besten ist eine Kombination der möglichen Methoden. Aber hier steht man noch in den ersten Versuchen.



Abb. 55. Die eigenartige Marmorierung und fleckigen Bildungen in beiden unteren Lungenteilen sind der Ausdruck einer in den unteren Lungenteilen lokalisierten bronchopneumonisch-käsigen Tuberkulose bei einer 63jährigen, an Kehlkopfphthise leidenden Frau mit verhältnismäßig geringfügigen Veränderungen oberer Lungenteile. Klinisch bestund über beiden unteren Lungenteilen vorn und hinten neben Dämpfung bronchiales Atmen und zahlreiche mittel- und kleinblasige Rasselgeräusche. Die Kranke erlag ihrer Tuberkulose. (Befund autoptisch erhärtet.)

E. Albrecht suchte zuerst die klinische Beobachtung an Phthisikern in nähere Beziehung zu der pathologisch-anatomischen Erscheinungsform im jeweiligen Falle zu bringen. Er erkannte die prognostische Verschiedenheit der vorwiegend proliferativen und der vorwiegend exsudativen Erkrankungsformen. Er betonte die Bedeutung der Kavernen bei allen Erkrankungsformen; er würdigte die prognostische Bedeutung der Ausdehnung der jeweiligen Erkrankung.

So schob sich seit E. Albrecht die Stadieneinteilung der Tuberkulose nach pathologisch-anatomischen Gesichtspunkten mehr und mehr in den Vordergrund des Interesses.

Wenn sich nun auch neuerdings wieder in der Rombergschen Münchener Klinik die Brauchbarkeit physikalischer Untersuchungsmethoden für die Feststellung der Art und Ausdehnung des Prozesses in den Lungen ergeben habe; diagnostisch unersetzlich bleibt doch die Röntgenuntersuchung, diese Autopsia in vivo. Es ergab sich eine weitgehende Übereinstimmung der Untersuchungsbefunde dieser Methode und der Autopsia in mortuo, so oft ein Vergleich am Ende vorgeschrittener Phthisen oder bei interkurrent Gestorbenen erhoben wurde, was Lage, Form und Größe und nicht selten auch was histologischen Charakter der Krankheitsherde anbelangt.

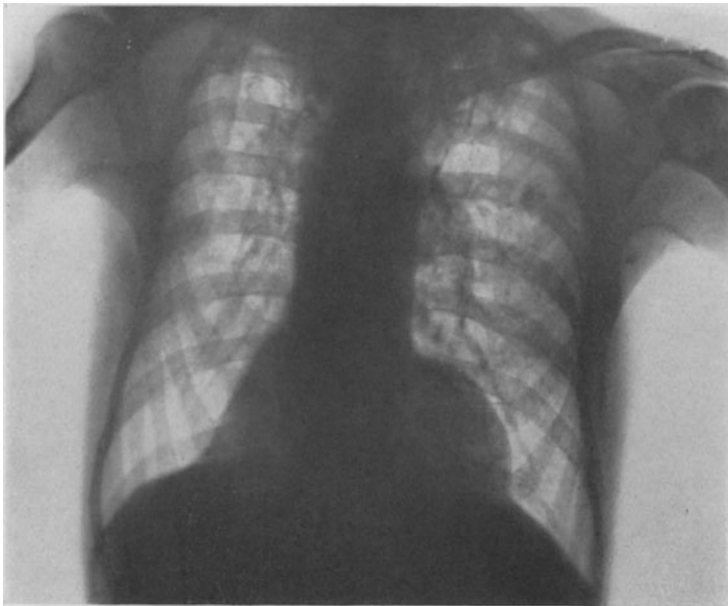


Abb. 56. Zirrhatische Altersphthise. Der dreieckige Schatten im Winkel zwischen rechtem Zwerchfell und Herzgefäßstamm ist der Ausdruck einer pleuromediastinalen derben Schwiele.

Die optische Methode ist zuverlässiger und objektiver, ihre Ergebnisse denen der pathologischen Anatomie wesensverwandter als die der klinischen akustischen und palpatorischen Methoden, die einer weitergehenden Umdeutung bedürfen. Die Röntgenuntersuchung deckt weitergehende Veränderung auf, als die klinische Untersuchung erwarten läßt.

Je mehr es in der Tiefe zu forschen gilt, um so größer ist die Überlegenheit der Röntgenmethode. Darauf wurde verschiedentlich hingewiesen; aber auch darauf, daß die klinischen Methoden trotz allem nie zu entbehren sind; daß uns beide Methoden verschiedene Seiten derselben Krankheit zeigen und ähnliches mehr. Daß die Röntgenmethode bei allen Versuchen der Stadieneinteilung am Lebenden nach pathologisch-anatomischen Grundsätzen wesentliche Bedeutung gewinnen mußte, ist nach allem Gesagten selbstverständlich. Die alte Gerhardt-Turbansche Einteilung genügt aus verschiedenen Gründen modernen diagnostisch-prognostischen Bedürfnissen nicht mehr. Sie berücksichtigt die pathologisch-anatomische Eigenart des Prozesses nicht. Die

Einteilung nach Lappen ist bei Tuberkulose unmöglich und anderes mehr. Auf alle die neueren Stadieneinteilungen einzugehen würde zu weit führen; noch besteht keine Einigkeit. Manche der Charakterisierungen ähneln sich im Wesen, unterscheiden sich nur in den Ausdrücken.

Albrecht unterschied in der Hauptsache knotige (produktive), pneumonische (exsudative) und zirrhotische Prozesse.



Abb. 57 ist ein interessantes Beispiel dafür, daß disseminierte — früher offenbar schwere — Tuberkulosen latent werden und unter Hinterlassung von Petrefakten ausheilen können. Die Kranke war in jungen Jahren schwer tuberkulös. Ist jetzt klinisch anscheinend gesund und fühlt sich, abgesehen von gelegentlichen „asthmatischen“ Anfällen bei feuchtkaltem Wetter, wohl.

Bei Aschoff-Nicol wurde die knotige Form zur „azinös-nodösen“. Damit sollte die histogenetische Herkunft des produktiven Prozesses aus dem Lungenazinus betont und gesagt werden, daß der nodöse Herd sich nicht bronchial oder peribronchial entwickle, sondern aus azinösen Konglomeraten erwachse. Die pneumonischen Prozesse von Albrecht sind bei Aschoff-Nicol die lobulär- und lobär-käsigen Formen.

Daß außer der histologischen Eigenart die Ausbreitung des Prozesses, die Komplikationen, die Allgemeinäußerungen der Krankheit, die konstitutionellen

Momente, das „Offen-“ oder „Geschlossensein“ der Tuberkulose von wesentlicher Bedeutung für die Prognose und im Schema der Stadieneinteilung aufzunehmen sind, sei besonders betont. Alle anderen Stadieneinteilungen lassen sich — soweit die pathologisch-anatomischen Elemente in Betracht kommen — in der Hauptsache auf die Grundbegriffe der Schemen von Albrecht-Fränkell und Aschoff-Nicol zurückführen.

Wie Fränkell und Gräff, Bacmeister und andere halte ich es für nötig, daß zuerst die räumliche Ausdehnung des Prozesses angegeben wird; er sei

- a) einseitig, doppelseitig; ergreife
- b) Spitze, oberes, mittleres oder unteres Lungenfeld.

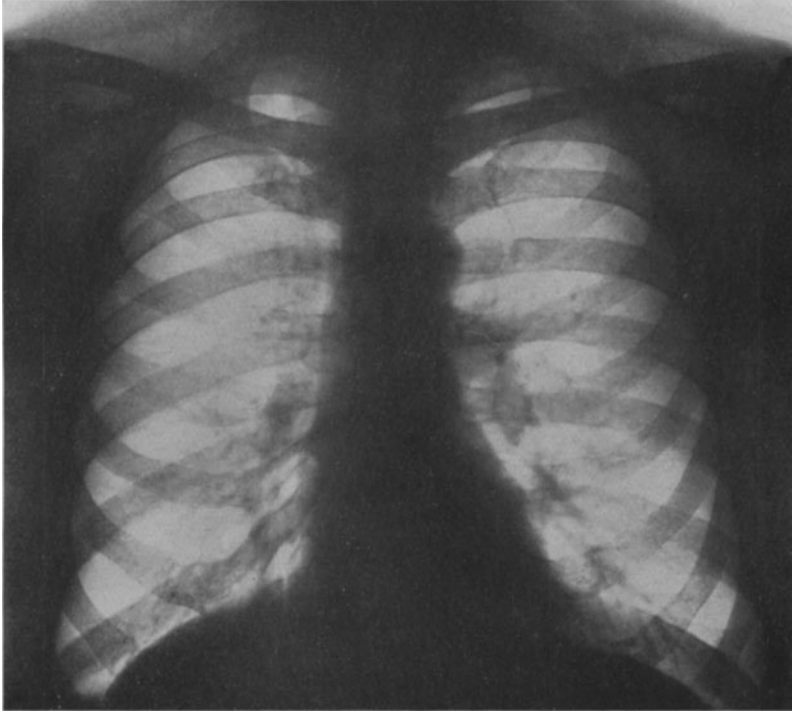


Abb. 58. Auffallend weitgehende Verknöcherung fast sämtlicher Rippenknorpel, insbesondere der beiden ersten, ohne Lungentuberkulose bei einem 27jährigen Mann.

Lappengrenzen sind nur ausnahmsweise intra vitam zu erkennen. Die Tuberkulose hält sich nicht an Lappengrenzen.

Es folgt

2. Angabe der pathologisch-anatomischen Eigenart, so annähernd als möglich; ob

- a) proliferativ bzw. produktiv (knotig oder strangförmig),
- b) exsudativ (lobulär, knotig, lobär),
- c) zirrhotisch.

Die Zirrhose entsteht meist aus vorwiegend proliferativen Veränderungen; kann sich aber auch aus exsudativen entwickeln.

3. Dann folgt Angabe der Komplikationen (Kavernen).

Außerdem wären der Allgemeinzustand, die Temperatur, der Bazillengehalt des Sputums, die Komplikationen, das immunbiologische Verhalten anzugeben.

Die Beschäftigung mit der „Stadieneinteilung“ der Lungentuberkulose ist unter Klinikern, Lungenärzten und Röntgenologen fast allgemein. Mit ihr haben sich besonders befaßt Albrecht-Fränkcl, Aschoff-Nicol, Ribbert, sich besonders beschäftigt Albrecht-Fränkcl, Aschoff-Nicol, Ribbert, Lubarsch, Herxheimer, Gräff und K pferle, Gruber, Schminke, Marchand, Orth, A. Fränkcl und Gräff, Schut, Romberg, Gerhartz, B ttner-Wobst, Bacmeister, Fr. M ller, Hübschmann, Strümpell, Assmann, Hayek, Grau.

Gegenüber einer starren Beurteilung der Tuberkulose mit Lungenlokalisierung nach dem augenblicklichen pathologisch-anatomischen Stand des Lungenprozesses macht F. v. M ller auf die Wichtigkeit der Beurteilung des Krankheitsverlaufes aufmerksam. Es komme darauf an, „ob die heilenden abschließenden, vernarbenden Prozesse überwiegen, oder ob die Krankheit alle neugebildeten Entz ndungsw lle und Immunitätsreaktionen immer wieder durchbricht und immer neue Gebiete ergreift und abtötet“.

Man hat nicht einen Zustand, sondern ein fortwährendes Geschehen zu beurteilen; das darf nicht vergessen werden, mag man auch glauben, das pathologisch-anatomische Momentbild erfaßt zu haben.

Von besonderer Bedeutung ist die subtile Diagnostik der Lungentuberkulose auch bei fortgeschrittener Erkrankung geworden durch die Einführung der Pneumothoraxbehandlung nach Forlanini-Brauer und der in der Hauptsache durch Sauerbruch geschaffenen modernen operativen Lungentherapie. Beide Methoden verfolgen den Zweck, durch Kollaps und funktionelle Ausschaltung der erkrankten Lunge günstigere Ausheilungsbedingungen zu schaffen. Durch Kollaps der kranken Lunge wird eine starke Bindegewebsproliferation im Lungengewebe mit Abkapselung von Erkrankungsherden angeregt. Die Immobilisierung ist hier ein so wichtiger und anstrebenswerter therapeutischer Faktor wie etwa bei Behandlung entzündlicher Gelenkserkrankungen. Keine Pneumothoraxanlage, nach Sauerbruch, keine Phrenikotomie zur Ausschaltung der Zwerchfellatmung einer Seite, keine Plombierung oder Thorakoplastik ohne erschöpfende Röntgenuntersuchung. Ohne sie ist richtige Indikationsstellung für den operativen Eingriff nach Sauerbruchs maßgebender Auffassung ebensowenig möglich, wie ohne Berücksichtigung des Allgemeinzustandes. Ausdrücklich sei der Indikationsstellung und operativen Technik wegen auf Sauerbruchs „Chirurgie der Brustorgane“ verwiesen. Bei der operativen Indikationsstellung sind F nzlichkeiten zu beachten, die eben nur die Röntgenmethode zu geben in der Lage ist, wie die Frage nach Größe und Wandstärke der Kaverne. Dünne, nachgiebige Kavernenwand führt leichter zum Kavernenkollaps, als eine starre rigide.

So ist die Röntgenmethode wesentlich an der Beantwortung der Frage, ob Plombierung, Tamponade, Plastik oder Kombinationen nötig sind, beteiligt.

Und ähnlicher Entscheidungen mehr ermöglicht die Röntgenmethode; — und hilft nach vollzogenen Eingriffen deren Erfolge kontrollieren.

Die Pneumonokoniosen.

Bestimmten Erscheinungsformen der Tuberkulose ähnliche Röntgenbilder können Staubinhalationskrankheiten, Pneumonokoniosen, machen. Die differentiell diagnostische Scheidung der Pneumonokoniosen und dieser besonderen Tuberkuloseformen im Röntgenbild können besonders schwierig sein auch deshalb, weil Wechselbeziehungen beider bestehen, sei es, daß etwa eine Chalikosis der Tuberkulose oder, wie Ribbert annimmt, eine vorhandene Tuberkulose der Lungenanthrakose den Boden bereite. Die klinische Diagnostik der reinen Staubinhalationskrankheiten ist schwierig, ihre

Ergebnisse bleiben unvollkommen. Die Röntgenmethode leistet zur Feststellung dieser Veränderungen Wesentliches; ihre Ergebnisse sind denen klinischer Methoden überlegen in der Wiedergabe der Größe, Form, Dichte und räumlichen Verteilung der Veränderungen in den Lungen. Trotzdem wird man die Anwendung der klinischen Methoden nicht vernachlässigen, aus dem vereinten Gebrauch der klinischen und röntgenologischen Untersuchung besonderen Vorteil ziehen.

Man unterscheidet bekanntlich nach der Art des inhalierten Staubes verschiedene Pneumonokoniosen. Erreicht der Staub die Lungen, dann lagern



Abb. 59. Porzellanverstaubung der Lunge; Vergrößerung und Verdichtung der Hiluszeichnung beiderseits, strangförmige und fleckige Herde in beiden Lungengefeldern. In der rechten Lunge — im Bilde der rechten Seite des Beschauers gegenüber — ist die Hilusgegend stärker betroffen als links, während im Lungengefeld selbst die Verstaubung links beträchtlicher ist als rechts.

sich die Partikel zunächst nicht gleichmäßig ab, sondern fleckig, nach Arnolds Untersuchungen im Bereich der kleinen lymphatischen Herde in den Lungen.

Bei reichlicher Staubaufnahme führen auch die Lymphstränge Staubteilchen. Bei dichter Anhäufung kommt es zur luftleeren Induration ganzer Lungenlappen und zur massiven Vergrößerung der Tracheobronchialdrüsen.

Kohle- und Rußpartikel führen zur Anthrakose, Steinstaub zur Chalikosis, Metallstaub zur Siderosis. Außerdem kennt man Pneumonokoniosen durch Tabak-, Holz-, Haar-, Porzellanstaub u. a.

Bei den zahlreichen von mir untersuchten bayerischen Porzellanarbeitern fand ich vielfach ausgesprochene pneumonokoniotische Veränderungen unter

Zurücktreten wenigstens manifester Tuberkulosen. Daß Porzellanarbeiter unter den Pneumonokoniotikern mit einer verhältnismäßig geringen Prozentzahl an Lungentuberkulose erkranken, hat auf Grund pathologisch-anatomischer Untersuchungen Rößle betont. Die Röntgenbilder der Chalikosis und Siderosis sind besonders durch die Untersuchungen von Staub — Ötiker und Weil bekannt.



Abb. 60. Pneumonokoniose bei einem Porzellanarbeiter, gekennzeichnet durch zahlreiche kleine fleckige, mäßig dichte Herde besonders im rechten Lungenfeld. Vom rechten Hilus ausgehend — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — eine schattentiefe, lateralwärts fast linear werdende scharf begrenzte Verdichtung. Um diese im Hilus bzw. nahe ihm Verdichtungsherde. Die vom Hilus lateral verlaufende intensive Schattenbildung ist mindestens teilweise der Ausdruck eines interlobär pleuritischen Produktes. Das rechte Zwerchfell durch Adhäsionen im inneren Teil thorakalwärts zipfelförmig verzogen.

Das Röntgenbild ausgesprochener Pneumonokoniose zeigt Herd-, Strang- und flächenhafte Schatten. Es können unter Umständen der Miliartuberkulose ähnelnde Bilder entstehen. Die Stellung der Knötchen bei Pneumonokoniosen ist indessen weniger regelmäßig, die einzelnen Knötchen sind ungleich groß, die Schatten häufig besonders dicht. Die Zeichnung des sichtbaren Längenskelettes ist bei Pneumonokoniosen auffallend dicht, die Zeichnung der Lungenwurzel verbreitert, verdichtet und vielfach unregelmäßig begrenzt.

Die verstaubten Lymphbahnen erscheinen als wechselnd dichte Netze mit verstärkten Knoten. Vielfach sind die unteren Lungenteile stärker befallen als die oberen.

Der Grad der Veränderungen im Röntgenbilde richtet sich natürlich nach der Intensität der Verstaubung; die Dichte der Narben und Stränge — *ceteris paribus* — nach dem spez. bzw. Atomgewicht der inkrustierenden Elemente.

Wie für die Anthrakosis der Bronchialdrüsen nimmt Ribbert eine die Staubinkrustation der Lungen begünstigende Ursache an: Meist ist diese Ursache Tuberkulose. Das häufige Zusammenvorkommen noch aktiver Tuber-

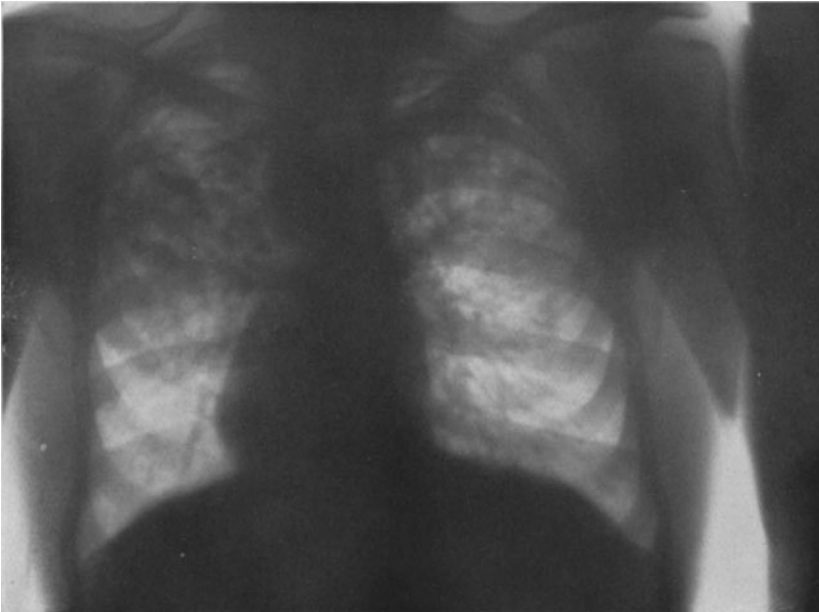


Abb. 61. Die Veränderung beider oberen Lungenteile ist bedingt durch Pneumonokoniose (Steinhauerlung) und verkäsende Tuberkulose. Links oben — der linken Seite des Beschauers gegenüber — Kaverne. Die pneumokoniotischen Herde sind im vorliegenden Falle röntgenologisch von den Käseherden nicht zu unterscheiden (Obduktion).

kulose bei an bestimmten Pneumonokoniosen Gestorbenen weist jedenfalls auf einen Zusammenhang hin. Die Symbiose beider Krankheiten erschwert die Deutung des Röntgenbildes.

Die lobäre fibrinöse Pneumonie im Röntgenbilde.

Während es bei den proliferativen Entzündungen der Tuberkulose im wesentlichen dadurch zu Lungenverdichtungen kommt — im Röntgenbild zu Schattenbildungen —, daß Alveolar- und Bronchialwände sich verbreitern und Wucherungen in deren Lumina stattfinden, setzen die exsudativen Entzündungen ihre gerinnenden Entzündungsprodukte in den Lungenluftraum ab, diesen verdichtend, aufhebend. Das Lungengewebe selbst wird dabei zunächst vergleichsweise wenig verändert.

Nach ihrer Ausdehnung unterscheidet man lobäre und herdförmige oder lobuläre Pneumonien.

Die lobäre fibrinöse Pneumonie befällt meist den Unterlappen, relativ selten den Oberlappen allein, öfter Unter- und Oberlappen, die rechte Lunge häufiger als die linke.

Bekanntlich braucht eine Lobärpneumonie trotz ihrer Bezeichnung als Lappenpneumonie nicht einen ganzen Lungenlappen zu befallen, oder es kann ein Lungenlappen ganz erkrankt, ein angrenzender nur herdförmig verdichtet sein. Dieser Verschiedenheit anatomischer Lokalisation entspricht eine Verschiedenheit einzelner Formen der Krankheit im Röntgenbild, das als erster

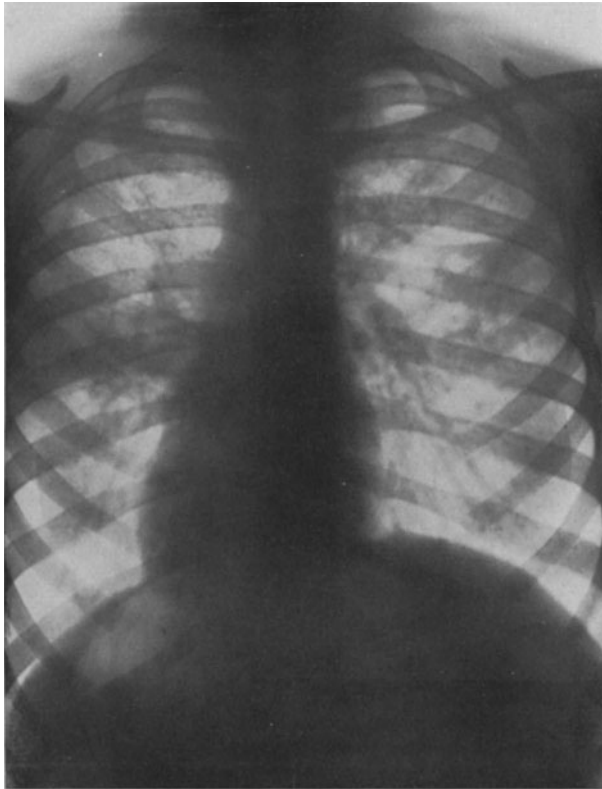


Abb. 62. Pneumonokoniotische Herde im Hilus und beiden Lungen bei einem Porzellanarbeiter. Keilförmiger Schatten mit der Basis lateral, der Spitze zum Hilus gerichtet, im linken Lungenfeld, der linken Seite des Beschauers gegenüber: pleuropneumonische Komplikation (akut). Nie Tuberkelbazillen im Sputum.

in heute noch zutreffender Weise Holzknacht beschrieb. Der Herdschatten ist selten homogen, zeigt auf der Platte meist Schattenunterschiede in sich, entsprechend dem Nebeneinanderbestehen verschiedener Infiltrationsdichten (Hepatisation neben Anschoppung oder Beginn der Lösung). Rote und graue Hepatisation sind im Röntgenbild nicht voneinander zu unterscheiden. Die Diagnose einer fibrinösen Pneumonie als einer „lobären“ ist im Röntgenbild nur dann möglich, wenn sich das Infiltrat an die Grenzen der Lungenlappen hält, ein Vorgang, dessen vergleichsweise Häufigkeit bei der fibrinösen genuine Pneumonie dieser die Bezeichnung der lobären verschaffte. Abgesehen von dieser Eigenart der Lokalisation in Schulfällen kommen dem pneumonischen Schattenbild keine spezifischen Eigenschaften zu.

Zur Lokalisation des Prozesses hat man sich an den Verlauf der Lungenlappengrenzen zu erinnern. Linkerseits zieht bekanntlich die Grenze zwischen Ober- und Unterlappen schräg von hinten oben nach vorne unten; sie beginnt hinten etwa am Übergang des oberen ins mittlere Lungendrittel und endet vorne unten mit dem Lungenrand, etwa in der Mitte des Rippenbogens. Der linken vorderen Thoraxwand liegt also nur Oberlappen an, abgesehen von einem kleinen dreieckigen Feld, links seitlich unten, das dem unteren Lungenlappen angehört. Rechts hinten verlaufen die Grenzen zwischen Oberlappen und Unterlappen wie links. Etwa in der Höhe des sechsten Brustwirbels zweigt dann, von der Grenzfläche zwischen Ober- und Unterlappen fast horizontal nach vorne

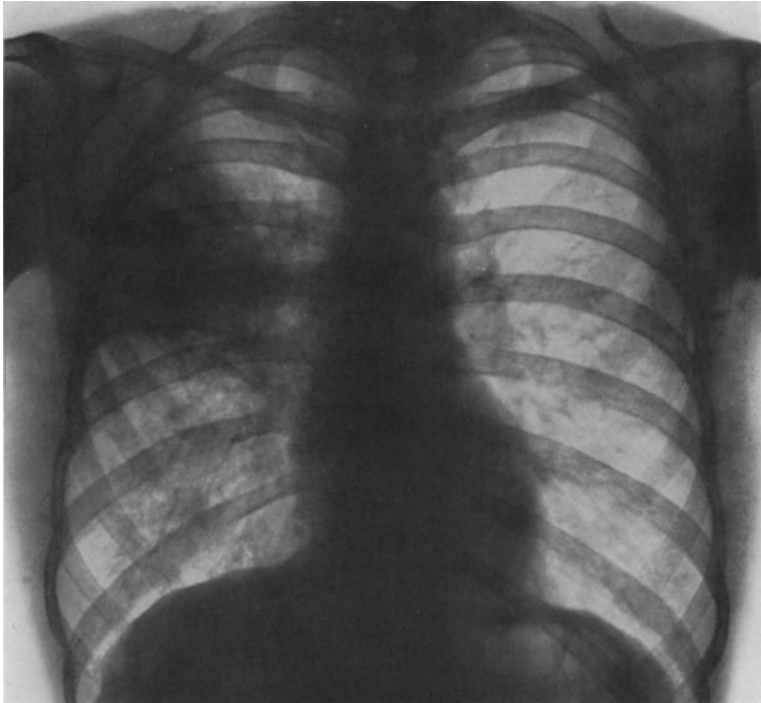


Abb. 63. Genuine Pneumonie im rechten Oberlappen. Schattenbildung im rechten oberen Lungenfeld — der linken Seite des Beschauers gegenüber — unscharf begrenzt.

laufend, die Grenze zwischen Ober- und Mittellappen ab, das rechte Lungenfeld vorne etwa in der Mitte teilend. Rechts liegt der vorderen Brustwand also in der oberen Hälfte Oberlappen, in der unteren Mittellappen an. Die rechte Seitenwand berührt oben der Oberlappen, in der Mitte der Mittellappen, auf eine kleine Strecke und unten der Unterlappen. Die lobäre Begrenzung von Infiltraten ergibt sich mit Schärfe bei Einstellung der Infiltrat- (Lappen-) Grenze in den Normalstrahl (de la Camp). Aus der Lage der Lungenlappen im Thorax lassen sich die Röntgenbilder von Lungeninfiltraten in verschiedenen Durchleuchtungsrichtungen von selbst verstehen. Allseitige Durchleuchtungen unter Drehung des Kranken und Röhrenverschiebung in der Höhe und nach den Seiten zur Lokalisation der Infiltrate nach Lappen sind nötig. Erfolgreiche Durchleuchtungen werden häufig durch den schweren Zustand des Kranken unmöglich gemacht.

Man findet:

Bei Hepatisation des linken Oberlappens und dorsoventralem Strahlengang die ganze Seite verdunkelt; bei frontalem Strahlengang das Retrokardialfeld hell, Retrosternalfeld dunkel.

Bei Hepatisation des rechten Oberlappens und dorso-ventralem Strahlengang ist das obere Lungenfeld dunkel, das untere hell; frontal: Retrosternalfeld oben dunkel, unten hell; Retrokardialfeld hell.

Hepatisation des rechten Ober- und Mittellappens liefern der Hepatisation des linken Oberlappens ähnliche Bilder.

Hepatisation der Unterlappen dorsoventral: bei mittlerem Röhrenstand erkrankte Seite dunkel; bei höherem Röhrenstand oben ein helles, unten ein



Abb. 64. Zentral beginnende linksseitige genuine Pneumonie, gekennzeichnet durch eine vom Hilus lateral gerichtete Schattenbildung (der linken Seite des Beschauers gegenüber).

dunkles Feld. Bei Hepatisation der Unterlappen frontal: Retrosternalfeld hell, Retrokardialfeld dunkel.

Die frontale Durchleuchtung ist, wie schon früher hervorgehoben wurde, nur unter günstigen Umständen, bei mageren Menschen erfolgreich. Lappengrenze und Grenze des beschatteten Bezirkes entsprechen sich, wenn überhaupt, erst in den späteren Stadien der Entzündung. Übergreifen der Entzündung auf benachbarte Lappen erschwert die Lokalisation der Herde ebenso wie die Tatsache, daß die Pneumonie häufig vorwiegend zentrale Lungenteile befällt, worauf Rieder hinwies.

Der pneumonische Prozeß läßt sich röntgenologisch in der Regel bald nach dem initialen Schüttelfrost nachweisen. Bei Hiluspneumonien — bei Eintagspneumonien handelt es sich nach Rieder's Beobachtungen meist um solche — ist die Röntgenuntersuchung häufig allein in der Lage, den Krankheitsherd mit Sicherheit nachzuweisen.

Im Beginn der Krankheit, im Stadium der Anschoppung, beobachtet man mannigfach gestaltete Schattenherde zwischen Lungenwurzel und Lungenaußenfläche, rundliche, band- oder keilförmige mit der Spitze hiluswärts gerichtete Verdunkelungen. Die Begrenzung der Herde ist noch nach keiner, zum mindesten noch nicht nach allen Richtungen, „lobär“. Mit zunehmender Verdichtung wird auch die lobäre Anordnung des Infiltrates bei richtig gewähltem Strahlengang

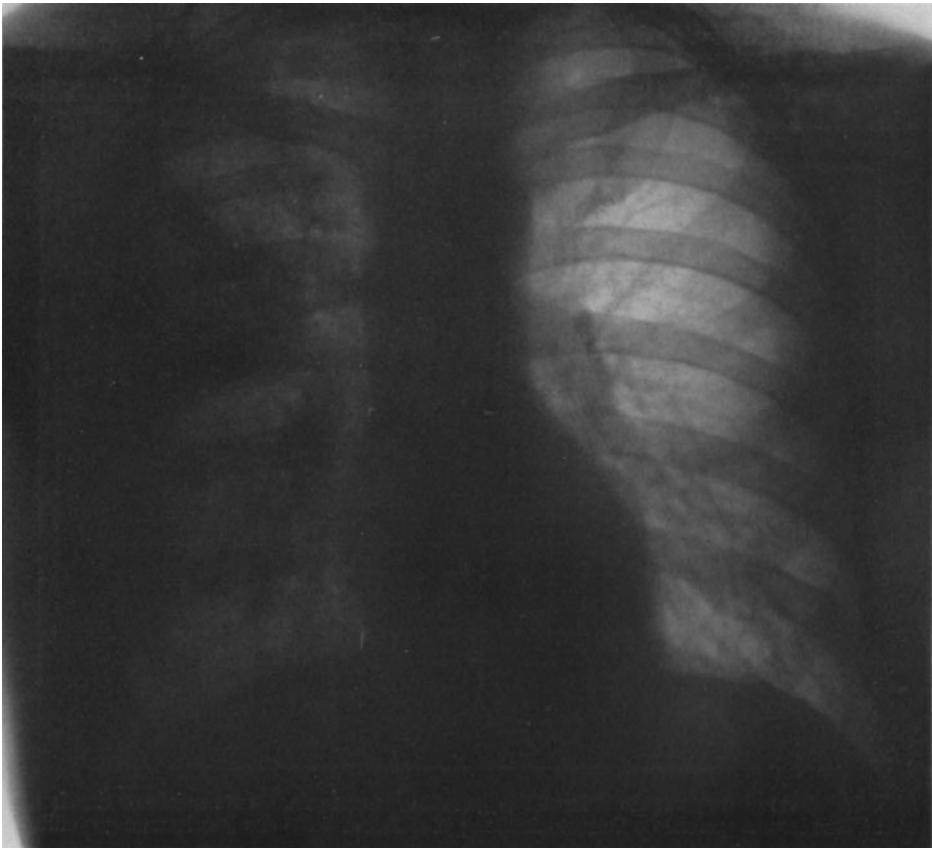


Abb. 65. In sich inhomogene Beschattung des ganzen rechten Lungenfeldes — der linken Seite des Beschauers gegenüber. In der diffusen Beschattung erkennt man zahlreiche fleckige Herde, die vergrößerte und verdichtete Hiluszeichnung rechts und einen — besonders unten — scharf begrenzten keilförmigen Schatten mit lateral gerichteter Basis. Bei im Gang befindlicher Lösung der Pneumonie im übrigen ist der keilförmige Schatten der Ausdruck solider Hepatisation im Gebiet des rechten Oberlappens und einer Pleurakomplikation.

charakteristischer. Das Röntgenbild der klassischen Lobärpneumonie auf der Höhe der Infiltration — dem Stadium der grauen Hepatisation — zeigt bei sagittalem Strahlengang einen herdförmigen oder flächenhaften, auch jetzt noch inhomogenen Schatten, der an Dichte hinter dem Schatten eines Pleuraergusses, einer käsigen Pneumonie oder eines Tumors zurücksteht. Für Begrenzung des Schattens und seine Dichte ist neben der anatomischen Veränderung und deren Anordnung die Röhrenstellung wesentlich. Mit Zunahme der Infiltration geht eine Herabsetzung der Zwerchfellbeweglichkeit der erkrankten

Seite Hand in Hand, die bei vorhandener Pleuritis nie fehlt. Pleuritis kann auftreten, noch ehe der pneumonische Herd die Lungenperipherie erreicht hat.

Die beginnende Lösung des Prozesses läßt sich unter Umständen röntgenologisch früher als mit anderen Untersuchungsmethoden erkennen. Nach der Krisis hellt sich der Schatten rasch auf, und zwar vom Hilus her, in dessen Nähe die Infiltration auch begann (Rieder, v. Jaksch und Rotky, Dietlen u. a.).

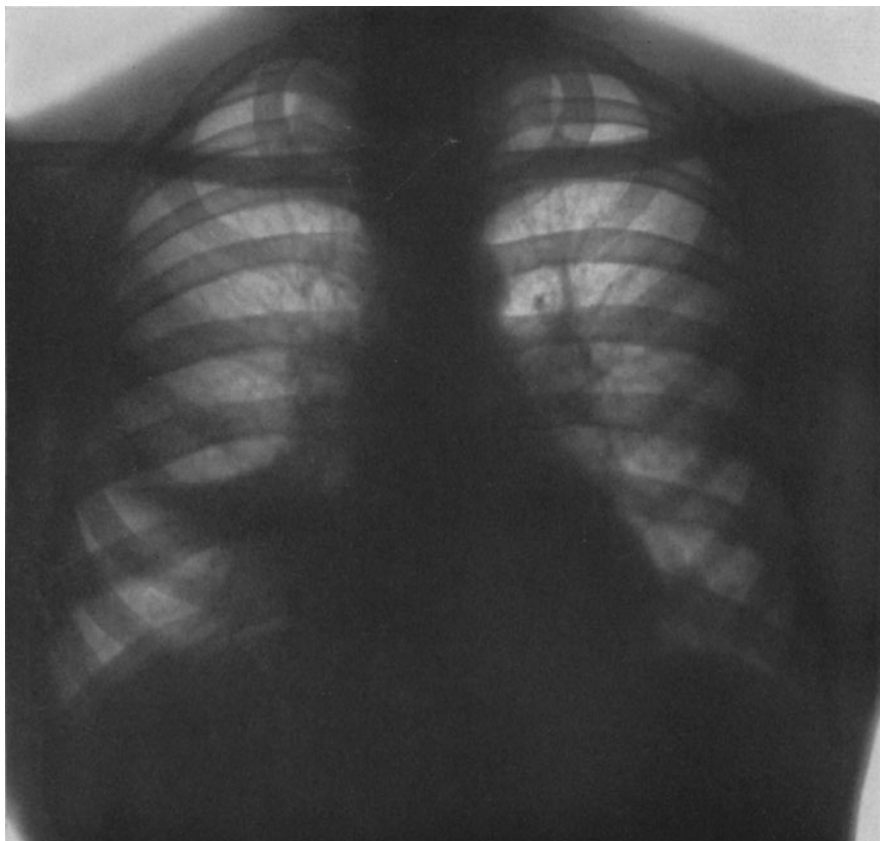


Abb. 66. Schattenbildung im rechten unteren Lungenfeld nahe dem Mittelschatten — der linken Seite des Beschauers gegenüber — auf bronchopneumonische Infiltration bei Grippe zurückzuführen.

Residuen pneumonischer Infiltrate in Form mehr oder weniger großer Schatten bleiben nach Ablauf der Pneumonie kürzere oder längere Zeit nachweisbar.

Auch bei voll entwickelter Pneumonie bleiben vielfach Lappenteile frei, so bei Oberlappenpneumonien die Spitzenteile (Assmann, Chaoul und Stierlin, Dietlen), bei Unterlappenpneumonie die zwerchfellnahen Partien, im Gegensatz zu den hypostatischen Pneumonien (Rieder).

Das Auftreten eines komplizierenden Pleuraexsudates läßt sich im Röntgenbild, besonders bei Vorhandensein von charakteristischer Begrenzung des Exsudates in der Damoisaischen Linie, meist unschwer feststellen. Selbst bei Pneumonie des Unterlappens erkennt man das Auftreten von Exsudaten an

Zunahme der Schattentiefe. Interlobäre Exsudate sind nicht selten nur röntgenologisch nachweisbar.

Pneumoniekomplicationen in der Lunge selbst sind bekanntlich die herdwweise eitrige Einschmelzung der Lunge, der Lungenabszeß, der nach Durchbruch in die Pleura zum Empyem führt. Eine zweite Komplikation — so selten wie die erste — ist die umschriebene Lungengangrän. Die dritte Komplikation ist das Ausbleiben von Lösung und Resorption des Infiltrates: es wird organisiert oder geht in Tuberkulose über. Nach vielwöchiger Dauer der Organisation



Abb. 67. Links nahe dem Herzschatte diffuse inhomogene, lateral unscharf begrenzte Schattenbildung als Ausdruck einer Grippe-Bronchopneumonie bei alten tuberkulösen Veränderungen in den Spitzen und im Hilus beiderseits.

finden sich in den Lufträumen der Lunge anatomisch nur noch bindegewebige Pfröpfe, es entsteht ein verdichtetes, schrumpfendes Gewebe: Karnifikation der Lunge. Bronchiektasien und Schrumpfungsvorgänge an Lunge und Thorax sind die Folge dieses Vorganges.

Die Karnifikation verursacht im Röntgenbild intensive Schatten. Die Folgen der Schrumpfungsvorgänge erkennt man unschwer. Die nicht pneumonisch gewesene Lunge ist vielfach emphysematös.

Lungengangrän und Lungenabszeß finden gesonderte Besprechung.

Auf die käsige Pneumonie als möglichen Ausgang einer croupösen Pneumonie wurde hingewiesen.

Der diagnostische, besonders lokalisatorische, Wert der Röntgenuntersuchung bei Pneumonikern ist unzweifelhaft; der schwere Allgemeinzustand der Erkrankten zwingt indessen häufig zu einem Verzicht auf die Methode.

Die lobuläre Pneumonie.

Die lobulären oder herdförmigen Pneumonien entstehen meist bronchogen im Anschluß an Entzündungsprozesse in Bronchien und Bronchiolen.

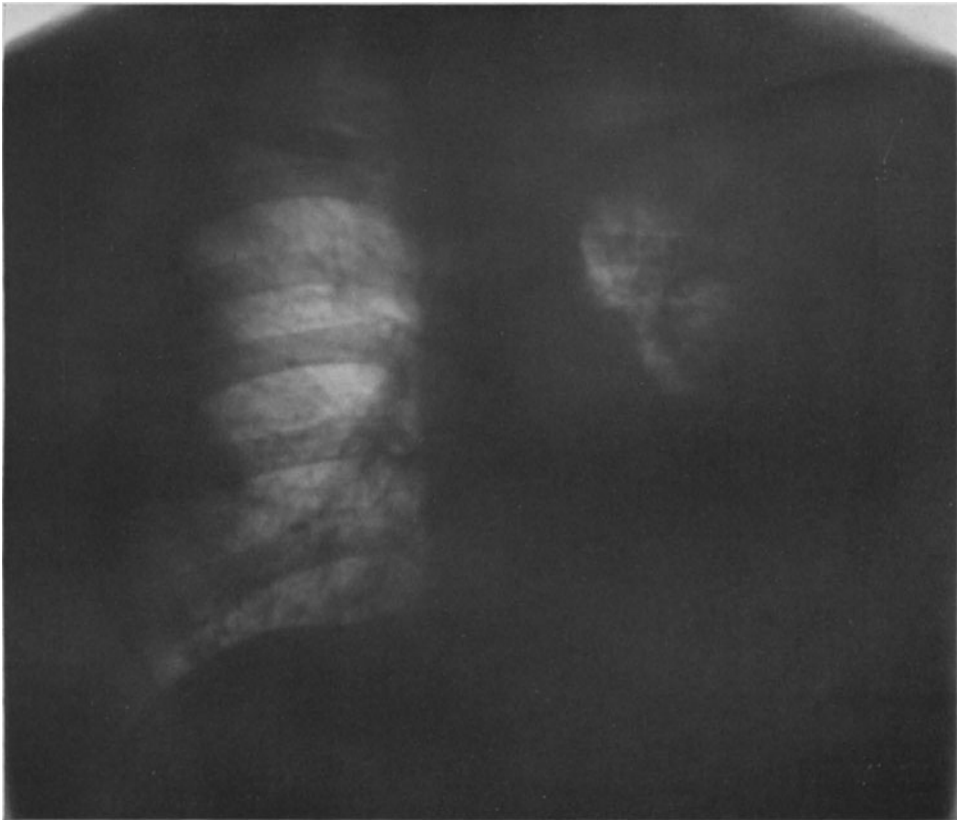


Abb. 68. Bronchopneumonie mit pleuritischen Erguß links — der rechten Seite des Beschäuers gegenüber — bei einem chronischen Bronchitiker.

Ätiologisch steht in ihrem Anfang gewöhnlich eine körperschwächende Krankheit, die zu einer Störung der Expektoration des Schleimes aus den Bronchien führte, wie z. B. Masern, Scharlach, Keuchhusten, Diphtherie, Influenza. Kinder und alte Leute sind meist die Opfer dieser Krankheit.

Aspiration fremder Massen führt zu Aspirations- oder Fremdkörper-Pneumonien, besonders bei gelähmten oder somnolenten Individuen.

Kleinste broncho-pneumonische Herde können der Röntgenuntersuchung entgehen. Die Konfluenz kleiner Herde führt zu ihrer röntgenologischen Darstellbarkeit als mehr oder weniger deutliche, verschieden geformte Schatten mit scharfen oder verlaufenden Rändern.

Broncho-pneumonischen Lungenherden sieht man ihre Ätiologie im Röntgenbilde nicht an. Daß die Keuchhustenpneumonien häufig paravertebral lokalisiert sind, ist eine bekannte Tatsache.

Die Röntgenbefunde bei Bronchopneumonien wechseln nach Zahl, Größe, Form und Lokalisation der Herde sehr.

Pleuritis, Induration, Abszeß, Gangrän, können auch die Folgen und Ausgänge von Lobulärpneumonien sein, Gangrän und Abszeß besonders bei Aspirationspneumonien. An Fremdkörperaspiration ist bei atypischen Pneumonien immer zu denken.

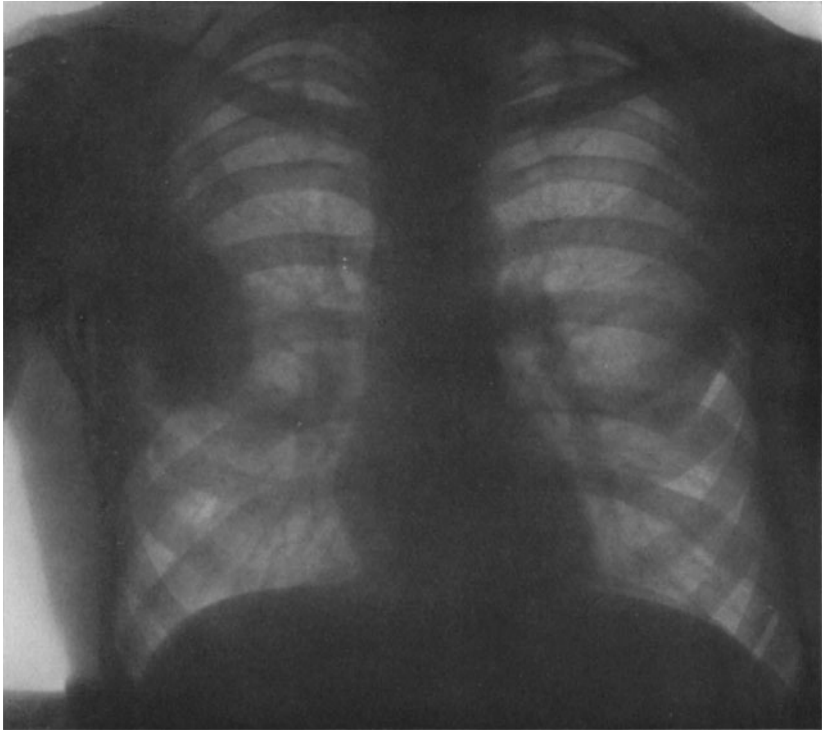


Abb. 69. Nahe dem rechten Hilus — der linken Seite des Beschauers gegenüber — eine wenig schattentiefe und wenig scharf begrenzte rundliche Verdichtung, über der man einen dunkleren, median und unten ziemlich scharf begrenzten Herd erkennt, der sich gegen die seitliche Brustwand verliert. Der letztere Schatten ist der Ausdruck eines interlobären pleuritischen Produktes.

Der lichtere Schatten ist auf den Rest einer Grippepneumonie zurückzuführen.

Hypostatische Pneumonien alter und kachektischer Personen mit der Anschoppung des Blutes in den unteren Lungenteilen machen im Röntgenbild mehr oder weniger umfangreiche diffuse oder fleckige Trübungen, können aber im Bilde der gestauten Lunge schwer darstellbar sein.

Hämatogen entstandene metastatische Pneumonien sind röntgenologisch von Bronchopneumonien nicht zu unterscheiden.

Lungenabszeß und Lungengangrän.

Bei Lungenabszeß- und Gangränherden ist das Charakteristische dieser Prozesse im Röntgenbilde, die eigentliche Zerfallshöhle, auch wenn sie bereits

entwickelt ist, nicht immer festzustellen, wohl aber der Sitz, die Ausdehnung und die etwaige Multiplizität der Krankheitsherde.

Abszesse und Gangränherde gehen aus Infiltraten hervor, haben die Charakteristika solcher und sind in diesem Stadium ihres Bestehens von pneumonischen Infiltraten nicht zu unterscheiden, die mit mehr oder weniger unregelmäßiger Begrenzung ins helle Lungenfeld übergehen.

Trotz gangränösen Zerfalls des Lungengewebes fehlt nicht selten eine röntgenologisch nachweisbare Zerfallshöhle. Den Lungenabszeß aber erkennt

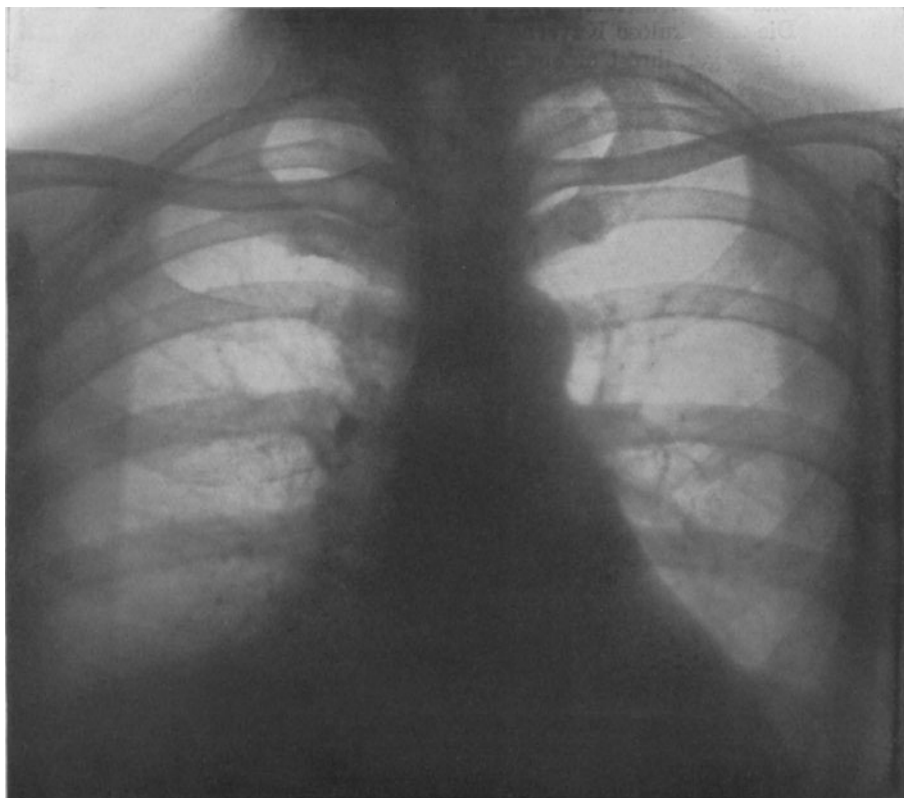


Abb. 70. Faßförmiger Thorax (Emphysematiker). Beträchtlich vergrößertes Herz. Schattenbildung rechts unten — der linken Seite des Beschauers gegenüber — auf eine hypostatische Pneumonie zurückzuführen.

man nach eingetretenem Lungenzerfall auf dem Leuchtschirm oder der Platte meist als eine verschiedengestaltete Schattenaussparung, in der sich das vorhandene Sekret mit einem Flüssigkeitsspiegel gegen den Luftraum der Höhle abgrenzt. Kleine sekretgefüllte Höhlen in massiven Infiltraten entziehen sich dem röntgenologischen Nachweis.

Die Lokalisation des Gangränherdes oder der Abszeßhöhle vollzieht man nach wiederholt geschilderten Regeln mittels allseitiger Durchleuchtung des Thorax unter Drehung des Kranken vor der Röhre und Berücksichtigung der Schärfe und Größe des Krankheitsherdes und der Art seiner Verschiebung mit der Bewegung des Patienten. Selbstverständlich sind alle im physikalischen

Teile dieses Werkes geschilderten Lokalisationsmethoden auch zur Lagebestimmung von Abszessen und Gangränherden brauchbar.

Abszeß und Gangränherde können nach Durchbruch in die Bronchien spontan heilen. Trübungen an der erkrankt gewesenen Stelle beträchtlicherer Art persistieren ebenso selten, als es nach Abszeß und Gangrän zur Thoraxschrumpfung kommt.

Durchbruch der Herde in den Pleuraraum führt zu Pyo- oder Pyopneumothorax.

Differentiell-diagnostisch kann die Unterscheidung von Lungengangrän und Lungenabszeß einerseits von Tuberkulose andererseits Schwierigkeiten machen. Die tuberkulöse Kaverne zeigt nur ausnahmsweise einen Flüssigkeitsspiegel; sie ist gegen ihre Umgebung gleichmäßig scharf abgegrenzt, eine Eigen-



Abb. 71a. Die im oberen Teil des linken Lungenfeldes — der linken Seite des Beschauers gegenüber — sichtbare, nach oben scharf horizontal begrenzte Schattenbildung mit Luftblase darüber ist der Ausdruck eines metapneumonischen Lungenabszesses.

art, die dem Lungenabszeß, der meist eine breite Infiltrationszone um sich hat, vielfach fehlt.

Gewöhnlichen Bronchiektasien fehlt diese breite, massige Infiltrationszone.

Tumorschatten können mit dem Röntgenbild eines Abszesses verwechselt werden, wenn die Tumoren teilweise zerfallen und Höhlen in ihnen entstehen.

Bilder des Pneumo- und Pyopneumothorax und des abgesackten Exsudates können gegenüber denen der Lungengangrän und des Lungenabszesses differentiell diagnostisch Schwierigkeiten machen.

Die Diagnose „Lungenabszeß“ wird bei vorhandener Zerfallshöhle auch ohne deutlichen klinischen Befund röntgenologisch gesichert. Ohne Zerfallshöhle sagt der Röntgenbefund über das Wesen des den Schatten bildenden Prozesses nichts aus. Das letztere gilt besonders für die Lungengangrän, deren Erscheinungen klinisch meist charakteristisch sind. Diese ergeben die Art der Krankheit, das Röntgenbild die Lage des Herdes in der Brusthöhle. Freilich kann auch

der klinische Befund wechselnd sein; die Röntgenmethode lokalisiert dann nur einen Infiltrationsherd unklarer Herkunft.

Die spontane oder operative Entleerung des Abszesses oder Gangränherdes können zur Heilung führen. Infiltrate und Zerfallshöhlen verschwinden spurlos. Manchmal folgen sich Zerfallsvorgänge in verschiedenen Lungenteilen; es treten multiple Abszesse und Gangränherde auf. Auch diesen Verlauf der Krankheit illustriert das Röntgenbild.

Ein embolischer Lungenabszeß kann sich an Infarktbildung anschließen. Gewöhnliche Infarkte werden selten Gegenstand röntgenologischer Unter-



Abb. 71b stellt den gleichen Prozeß bei frontalem Strahlengang dar.

suchung. Die Stauungslunge — auch die bei Embolie der Lungenarterie — macht die Lunge strahlenundurchgängig, wenig geeignet zum Nachweis von Infarktierungen.

Multiple miliare Lungenabszesse können im Röntgenbilde mit Miliartuberkulose, Miliarkarzinose und Pneumonokoniose für kürzere oder längere Zeit verwechselt werden.

Die Lungenlues

fand in den letzten Jahren erhöhtes klinisches Interesse. Die Röntgenuntersuchung wird von Schröder als das wertvollste Mittel zur Klärung der Diagnose Lungenlues bezeichnet. Er fand bei 5 von 68 Lungenkranken, die als Tuberkulose seiner Anstalt überwiesen waren, Lues der Lungen.

Rößle fand im tertiären Stadium der Lues in den Lungen ebenso häufig Manifestationen als in Knochen und Leber.

Bei Erwachsenen ist die häufigste Form die Lungenlues pathologisch-anatomisch die interstitiell-pneumonische, mit Verdickung der Alveolarwände und Septen und schwieriger Bindegewebsentwicklung entlang die Bronchien und Gefäße, meist mit stärkerem Befallensein des Hilus — auch der Drüsen — und mittlerer und unterer Lungenteile, besonders der rechten Seite. Die

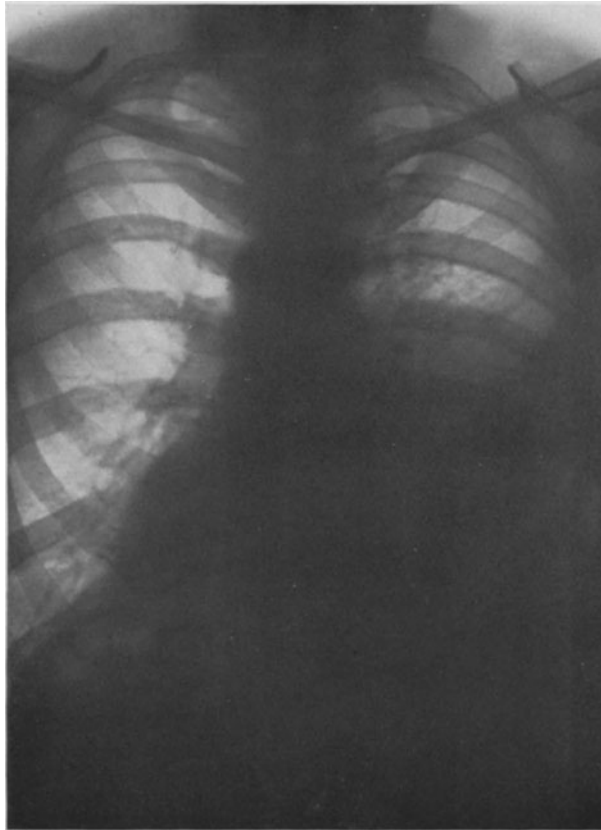


Abb. 72. Tiefe Beschattung des rechtsseitigen unteren Lungensfeldes des Kranken — der rechten Seite des Beschauers gegenüber. Man erkennt auch in der vorliegenden Reproduktion in der diffusen Beschattung einen dunkleren Fleck, der auf dem Negativ wesentlich deutlicher sichtbar ist. Die Veränderungen sind der Ausdruck eines metapneumonischen Gangränherdes mit Pleurakomplikation (Operationsbefund).

Abgrenzung dieser Bilder gegenüber der Tuberkulose ist dann einigermaßen möglich, wenn die bei tertiärer Phthise stets vorhandenen, wechselnd großen, weicheren Schattenherde fehlen und die oberen Lungenteile — im Gegensatz zu „tertiärer Phthise“ — frei sind. Ist dies nicht der Fall, dann kann eine Abgrenzung gegenüber der Tuberkulose ebenso unmöglich sein wie gegenüber anderen chronischen Pneumonieförmigen. Auch gegenüber multiplen Bronchiektasien mit begleitenden Infiltrationen kann eine differentielle Diagnose im Röntgenbilde unmöglich werden, zumal bei schrumpfenden Luesinfiltraten Bronchiektasien entstehen können.

Die selteneren gummösen grobknotigen Lungenluesformen sind vorwiegend im rechten Hilus lokalisiert und wachsen nach Art von Hilustumoren, von Karzinomen und von Tuberkuloseformen mit Ausgang vom Hilus, mit mehr oder weniger groben, derben Ausläufern in die Peripherie.

Gummen in der Peripherie sollen mehr oder weniger scharf begrenzte knotige Schattenherde machen.

Bei der differentiellen Diagnose aller Lungenleiden im Röntgenbilde hat man sich immer wieder daran zu erinnern, daß die Röntgenmethode keine Methode spezifischer Diagnosen sein kann, daß sie nur Dichtedifferenzierungen

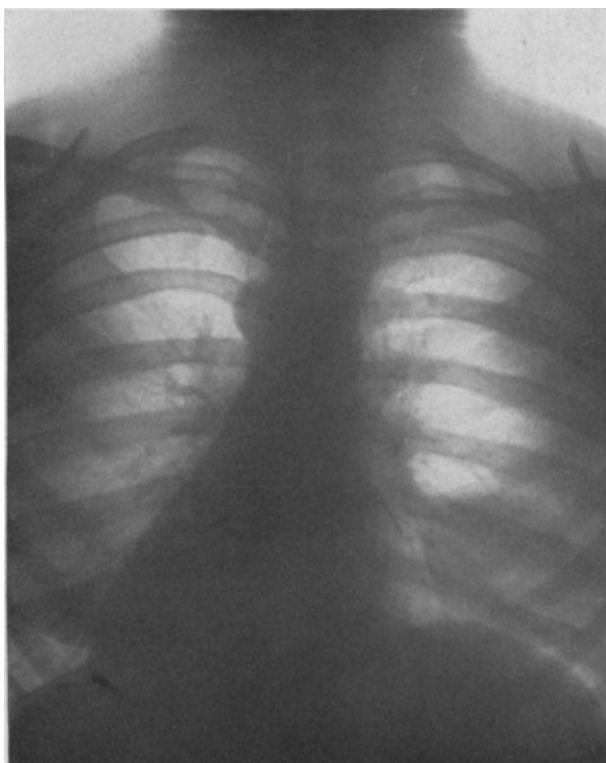


Abb. 73. Die im unteren Teil des rechten Lungenfeldes sichtbare runde Schattenbildung — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — ist der röntgenologische Ausdruck eines klinisch durch das charakteristische Expektorat nachgewiesenen Echinokokkus der Lunge.

gibt; daß Krankheiten, die zu gleichen Dichteveränderungen und gleichen räumlichen Anordnungen dieser Dichteveränderungen führen, sich im Röntgenbilde nicht unterscheiden lassen. Die Diagnose der Lungenlues wird also nicht selten eine Diagnose ex juvantibus werden.

Für die Lokalisationsdiagnose ist die Röntgenmethode von keiner anderen erreichbar.

Die Lungenatelektase,

deren Ursachen in Vorgängen und Zuständen verschiedenster Art, die zur Herabsetzung des Lungenluftgehaltes führen, zu suchen sind, erscheint im Röntgenbild als Trübung und Verdunklung des sonst hellen Lungenfeldes.

Die Verdunkelung kann zu tiefer Beschattung des befallenen Lungenteils führen, die schwindet mit Beseitigung der Ursache.

Die Verdunkelung bei pneumonischen Infiltraten ist stärker als bei Atelektasen; die Übergänge sind indessen fließend.

Echinokokkus der Lungen,

über den Behrenrodt eine zusammenfassende Darstellung gab, scheint nicht so selten zu sein, wie man früher annahm, seine Kenntnis durch die Röntgenuntersuchung — wie die aller Lungenleiden — wesentlich gewonnen zu haben.

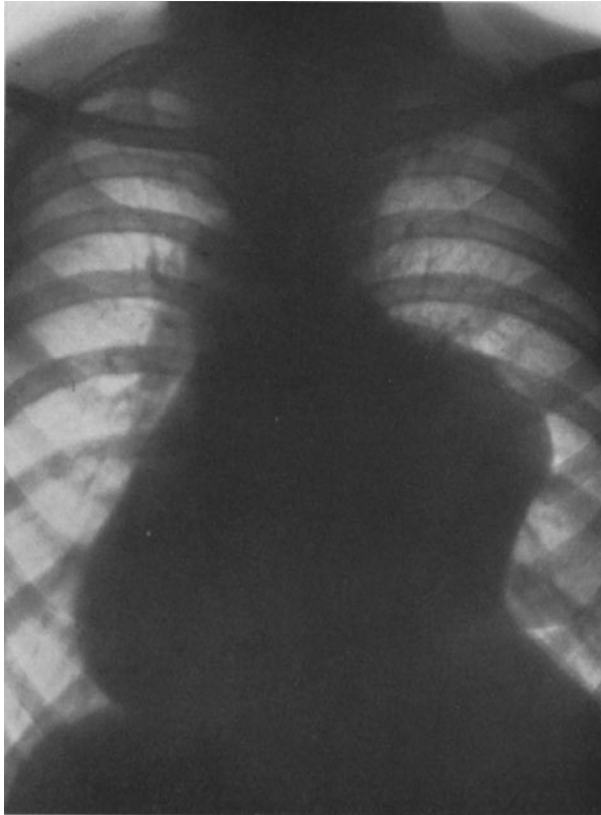


Abb. 74. Man sieht einen höckerigen, das rechte Lungenfeld des Kranken — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — vom Mittelschatten her einengenden Tumor. Die Autopsie ergab ein Lymphosarkom, ausgehend von rechten Hilusdrüsen.

Interessante Mitteilungen über den Lungenechinokokkus machten Levy-Dorn und Zadek und Wadsack. In seiner reinen — nicht durch umgebende Pneumonie u. a. komplizierten — Form erscheint der Echinokokkus als runder oder ovaler, scharf abgesetzter, verschieden großer gleichmäßiger Schatten oder als Ring mit hellem Zentrum im Lungenfelde. Der gleichmäßige Schatten entspricht der vollen Echinokokkusblase, der Ring mit hellem Zentrum dem leeren Sack nach Expektoration des Blaseninhaltes. Differentiell diagnostische Schwierigkeiten können auftreten gegenüber anderen cystischen Gebilden, z. B. Dermoidcysten oder abgesackten interlobären Ergüssen. Bei sehr großen

Echinokokken, die etwa im Röntgenbilde ein Lungenfeld ganz oder größtenteils ausfüllen, bestehen — nach dem Röntgenbilde allein — Schwierigkeiten in der Abgrenzung gegenüber Tumoren (Assmann). Komplikationen können das Besondere der Röntgenbilder völlig verwischen.

Lungenaktinomykose.

Die stets letal endende Lungenaktinomykose gelangt von prävertebralen primären Herden, von Herden der oberen Luftwege durch Aspiration — unter Umständen an Fremdkörpern, z. B. Getreidegrannen oder Zähnen haftend — oder auf embolischem Wege in die Lunge. Die Entzündungen sind herdförmig oder ähneln — nach Schlagenhauer — Bronchitiden und Bronchiektasien.

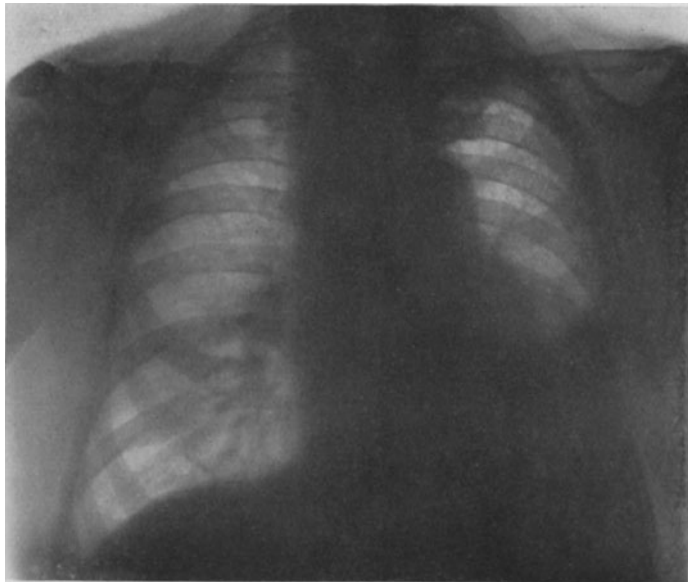


Abb. 75a zeigt vom linken Hilus des Kranken — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — ausgehende, lateral scharf begrenzte Schattenbildung bei tiefer Beschattung des linksseitigen unteren Lungenfeldes. Das Bild ist der Ausdruck eines vom linken Hilus aus wuchernden Lymphosarkoms mit Pleurakomplikation.

Es kann zu Kavernenbildungen kommen. Die Herdschatten im Röntgenbild (von Schrötter und Weinberger u. a.) nehmen größere oder kleinere Lungenteile ein; sie sind uncharakteristisch.

Weber wies auf die Ähnlichkeit von Aktinomykosebildern mit denen von Bronchialkarzinomen hin und Otten betonte die Tumorähnlichkeit der Aktinomykosebilder bei Hiluslokalisation.

Fremdkörper in den Brustorganen

haben als Folge von Kriegsverletzungen erhöhte Bedeutung erfahren. Häufig sind es nicht die röntgenologisch darstellbaren metallischen Fremdkörper, die zu therapeutischem Handeln zwingen, sondern die von Geschossen mit in das Lungennere gerissenen Kleider- und Lederfetzen, Schmutzpartikel und dergleichen.

Zu Eingriffen geben Blutungen oder entzündliche Komplikationen von Fremdkörpern, Gangrän, Abszeß, Veranlassung. Die metallischen Fremdkörper

liegen häufig reaktionslos im Lungengewebe, ohne irgendwelche Beschwerden zu machen. Schrapnellkugeln und Granatsplitter sind häufiger Träger von Verunreinigungen in den Lungentiefen; häufiger als Infanteriegeschosse werden deshalb sie Veranlassung zu Eingriffen. Zum Nachweis und zur genauen Lokalisation sind die Röntgenmethoden allen übrigen Versuchen des Fremdkörpernachweises überlegen. Zur allgemeinen Orientierung über Vorhandensein und ungefähren Sitz eines Fremdkörpers dient die allseitige Durchleuchtung unter Röhrenverschiebung und Drehung des Verletzten vor dem Leuchtschirm. Das Verhalten des Fremdkörperbildes auf dem Schirm bei diesen Durchleuchtungen ist aus den entsprechenden Ausführungen im physikalischen Teil dieses Werkes zu entnehmen; es sei darauf verwiesen. Zur Organlokalisierung des Fremdkörpers beobachtet man den Zusammenhang der Fremdkörperbewegung mit der physiologischen Organbewegung (Herz, Zwerchfell, Lunge,

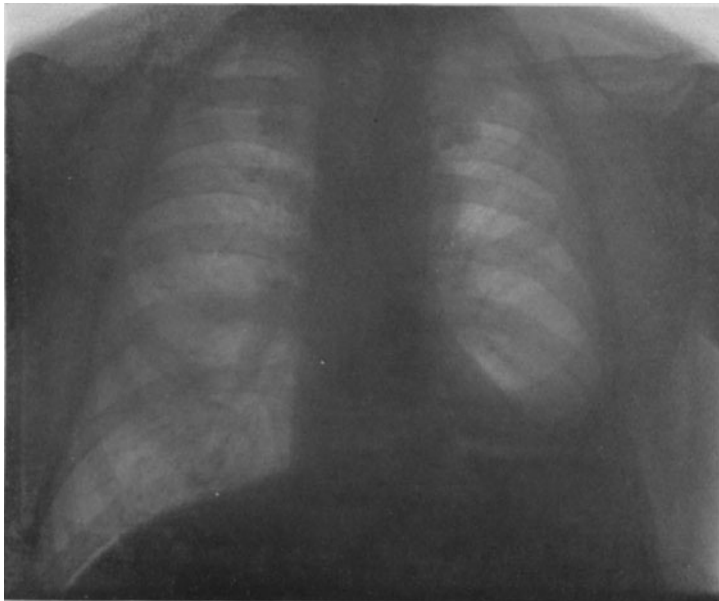


Abb. 75 b. Bild des gleichen Kranken nach intensiver Röntgentiefentherapie.

Mediastin). Die respiratorischen Bewegungen der Fremdkörper sind um so sinnfälliger, je näher die Fremdkörper dem Zwerchfell innerhalb der Lunge liegen; sie bewegen sich um so deutlicher mit der Brustwand, je näher sie ihr sind.

Bei Fremdkörperlage in oberen Lungenteilen kann die Fremdkörperbewegung sehr gering sein; ebenso bei Lage nahe dem Hilus. Hier findet man — vom Herzen oder den großen Gefäßen — mitgeteilte pulsatorische Bewegung. Frei im Pleuraraum liegende Geschosse nehmen die tiefste Lage in der Pleurahöhle ein, also meist im Rippenzwerchfellwinkel nahe der Wirbelsäule. Bei sagittalen Strahlengängen ohne besondere Maßnahmen fallen die Projektbilder hier unter die Zwerchfellkuppe, anscheinend in den Abdominalschatten. Zur richtigen Erkenntnis der Sachlage ist besonders sorgsame Durchleuchtung in verschiedenen Atemphasen unter Röhren- und Schirmverschiebung und Drehung des Verletzten nötig.

Zur genauen Lokalisation verwendet man Durchleuchtungs- oder graphische Methoden. Als Durchleuchtungsmethoden kommen als einfachste und

zuverlässigste die Blendenrandmethoden und die Orthodiagraphie in zwei Richtungen in Betracht. Zur graphischen Festlegung benützt man die gute Methode nach Fürstenau-Wesky oder eine der stereo-photogrammetrischen Methoden, die im physikalischen Teil besprochen wurden. Alle Lokalisationsmethoden verlieren den unbedingten Wert absoluter Zahlenangaben mit Anlage des Hautschnittes oder Eröffnung des Thorax. Man hat deshalb Methoden zur Operation unter Röntgenstrahlen — ohne Verdunkelung des Operationsraumes unter Anwendung der Kryptoskopie nach Grashey — vorgeschlagen. Über diese und alle komplizierten Methoden sagt Chaoul auf Grund der großen



Abb. 76. Die im linken Lungenfeld des Kranken sichtbare Schattenbildung — der linken Seite des Beschauers gegenüber — ist der Ausdruck eines primären, kontinuierlich wachsenden Bronchialkarzinoms.

Erfahrungen der Sauerbruchschen Klinik: „Auf Grund zahlreicher Fremdkörperextraktionen, die an unserer Klinik ausgeführt worden sind, halten wir alle diese Methoden für überflüssig. Die einfache Lokalisation des Fremdkörpers reicht vollständig aus.

Von einem Interkostalschnitt aus wird die Brusthöhle eröffnet und durch das Tastgefühl findet der Chirurg in kurzer Zeit den Fremdkörper.“

Geschwülste der Lunge.

Von den gutartigen Geschwülsten der Lunge sind — weil äußerst selten — praktisch und damit auch röntgenologisch so gut wie belanglos die Lipome, Fibrome, Osteome und Adenome. Die Chondrome sind etwas häufiger. Es genügt, sich an ihr gelegentliches Vorkommen zu erinnern, um sie gegebenenfalls differentiell diagnostisch in Erwägung zu ziehen. Von Interesse sind die malignen

Geschwülste der Lunge, die Sarkome und besonders die Karzinome. Das Lungenkarzinom soll 1—3% sämtlicher Krebserkrankungen betragen. Seine klinische Diagnose gelingt äußerst selten frühzeitig, weil es erst relativ spät klinische Erscheinungen macht. Nach Sauerbruch ist gerade die Röntgendiagnose maligner Lungentumoren äußerst wichtig. Besonders die Lokalisationsdiagnose der Karzinome gelingt mit Hilfe der Röntgenstrahlen mit großer, von den klinischen Methoden in keiner Weise zu erreichenden Sicherheit. Als Ursprungsort der Lungenkarzinome kommen in Betracht die Bronchialschleimhaut, das Drüsen- und Alveolarepithel. Die häufigste Form ist das von der Bronchialschleimhaut ausgehende Karzinom. Es entwickelt sich meist in der Schleimhaut eines der großen Bronchien der Hilusgegend, dessen Wand durch das Tumorgewebe verdickt, dessen Lumen schließlich verengt und verlegt

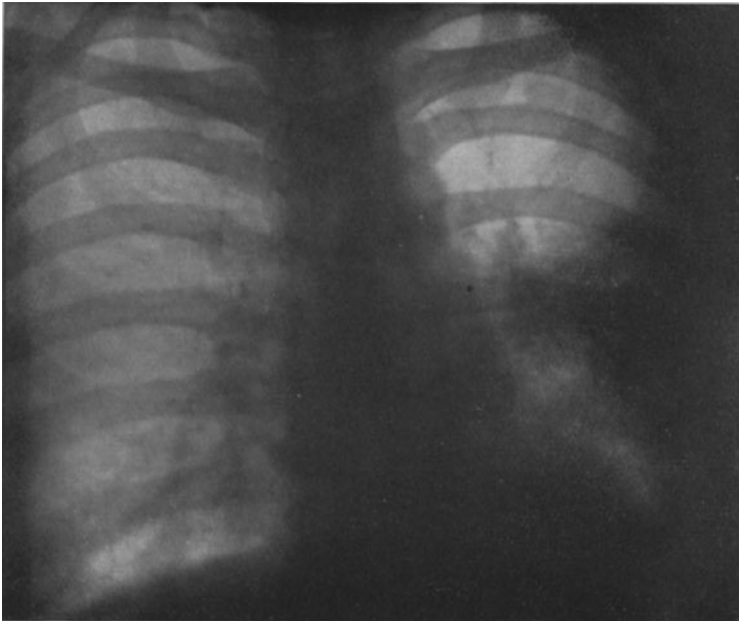


Abb. 77. Die Schattenbildung im linken Lungenfeld der Kranken — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — ist der Ausdruck eines Alveolarkarzinoms, wie die Autopsie ergab.

wird. Das Wachstum erfolgt kontinuierlich oder in den Lymphbahnen um die Bronchien in vorgetriebenen Strängen und Zapfen. Schließlich kommt es zu pneumonieähnlicher Infiltration ganzer Lappen, zu metastatischen isolierten Knoten in den Lungen und zu krebsiger Entartung und Vergrößerung pulmonaler, bronchialer und mediastinaler, selbst supraclavicularer Lymphdrüsen.

Das Röntgenbild der zentralen, von Bronchien der Hilusgegend ausgehenden Karzinome kann in zwei Formen erscheinen: einmal als massive zentrale Schatten, die sich peripher wurzelwerkartig auflösen und in zahlreichen Ästen gleichmäßig nach allen Richtungen der Lungenfelder oder nur nach einzelnen Richtungen, nach oben, seitlich oder unten streben.

Die zweite Wuchsform liefert solide Knoten, die sich in stetem Wachstum mehr gleichmäßig ins Lungenfeld vorschieben. Diese Form ähnelt der von Sarkomen, die von den lymphatischen Elementen des Hilus oder Mediastinums ausgehen. Beide Wuchsformen, die übrigens vielfach ineinander übergehen,

können gegenüber den zentralen und Hilusdrüsentuberkulose erhebliche differentiell diagnostische Schwierigkeiten machen.

Metastatische Tumoren können — worauf Steyrer hinwies — Einschlüsse enthalten, ähnlich kalkhaltigen Tuberkuloseherden. Tuberkulöse Hilusdrüsen erreichen kaum je die Größe zentraler Karzinomknoten und zeigen meist Inhomogenität des Schattens infolge ungleichen Auftretens der geweblichen Metamorphosen. Große Karzinome machen Verdrängungs-, länger bestehende Tuberkulosen Schrumpfungerscheinungen am Thorax und intrathoracischen Organen. Freilich können auch bei Tumoren Schrumpfungerscheinungen vorkommen. Die Schattendichte bei Tumoren ist gleichmäßiger, die Skala der Schattentiefe bei Tuberkulose reichhaltiger. Zerfallshöhlen können sich bei beiden Vorgängen finden. Bei Tumoren, die den Oberlappen

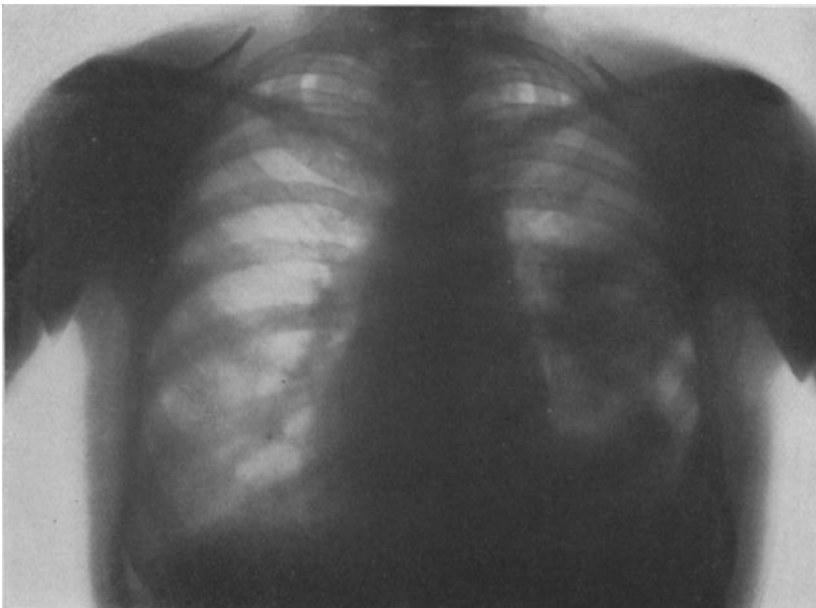


Abb. 78. In der Mitte des rechten Lungenfeldes der Kranken — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — schattentiefe knotige Herde. Rechter Pleurarezessus verstrichen, rechtes Zwerchfell nach oben verzogen. Die Autopsie ergab Karzinometastasen. Amputation der rechten Mamma wegen Karzinom drei Jahre früher.

infiltrieren, bleiben die Spitzenteile im Gegensatz zu tertiärer Phthise oft lange frei (Chaoul); bei Unterlappentumoren die Rezessusteile der Lunge, die infolge Atelektase beschattet erscheinen, aber nicht so tief wie die tumorinfiltrierten Teile. Freilich können auch Karzinome schon in frühen Erkrankungsstadien doppelseitig auftreten.

Gleichmäßig, nicht infiltrierend, wachsende einseitig zentral gelegene Karzinome oder Sarkome zeigen im Röntgenbild dichte Schatten, die gegen das Lungenfeld mit bogenförmigen Linien scharf abgegrenzt sind. Zentral gehen sie in den Mittelschatten über. Differentiell diagnostisch können bei diesen Formen Schwierigkeiten gegenüber Mediastinaltumoren und Aortenaneurysmen entstehen.

Mediastinaltumoren wachsen aus dem Mediastinum nach beiden Seiten in die Lungenfelder. Die Schatten erscheinen beiderseits des Mittelschattens, wenn auch meist ungleich groß. In den ersten Anfängen kann die Differential-

diagnose unmöglich sein, auch in den schrägen Durchmessern, weil Hilustumoren sich bei Durchleuchtung in den schrägen Durchmessern ins mittlere Lungenfeld projizieren und so nahe dem Mediastinum liegen können, daß sich in den verschiedenen schrägen Durchmessern kaum Größen- und Dichteunterschiede ergeben.

Aneurysmen, auch kleine, werden in den schrägen Durchmessern als solche meist unschwer erkannt. Sie folgen dem Gefäßverlauf und pulsieren meist deutlich. Auch Verschiedenheiten der Schattentiefen zwischen Gefäß und Tumor können differentiell-diagnostische Handhaben bieten.



Abb. 79. Karzinomknoten in beiden Lungenfeldern. Nach dem Autopsiebefund scheint der vom rechten Hilus ausgehende Knoten — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — der primäre gewesen zu sein.

Mit fortschreitendem Wachstum der Tumoren kommt es zur Beteiligung der Pleura am Krankheitsprozeß. Pleuritische Ergüsse erschweren die Diagnose, ebenso komplizierende Atelektasen u. a.

Metastasen in den regionären Drüsen mit den sie verratenden Schatten im Röntgenbild komplizieren die Sachlage. Übergreifen von Tumoren auf die Brustwand, Anlagerung an die Wirbelsäule zwingen zur Erwägung über das Verhältnis des Schattens im Lungenfeld zum Röntgenbild der Wirbelsäule oder der Rippen.

Wirbeltumoren werden das Wirbelbild verändern — abgesehen von etwa vorhandenen verwertbaren klinischen Erscheinungen.

Schließlich kann es zur völligen Verdunkelung eines Lungenfeldes kommen, in dem keinerlei Einzelheiten mehr zu erkennen sind.

Die Durchleuchtung ergibt als Symptom von Lungentumoren, unter Umständen schon in früheren Stadien ihres Bestehens, paradoxe Zwerchfellbewegung der befallenen Brustseite als Ausdruck der Luftraumverarmung der erkrankten Lunge.

Das sogenannte zentrale hilusferne Lungenkarzinom ist ein Alveolar-
karzinom. Es ist als solches im Röntgenbilde nur dann zu diagnostizieren, wenn es zum Hilus keine Beziehungen hat, zwischen dem Tumor und Hilus

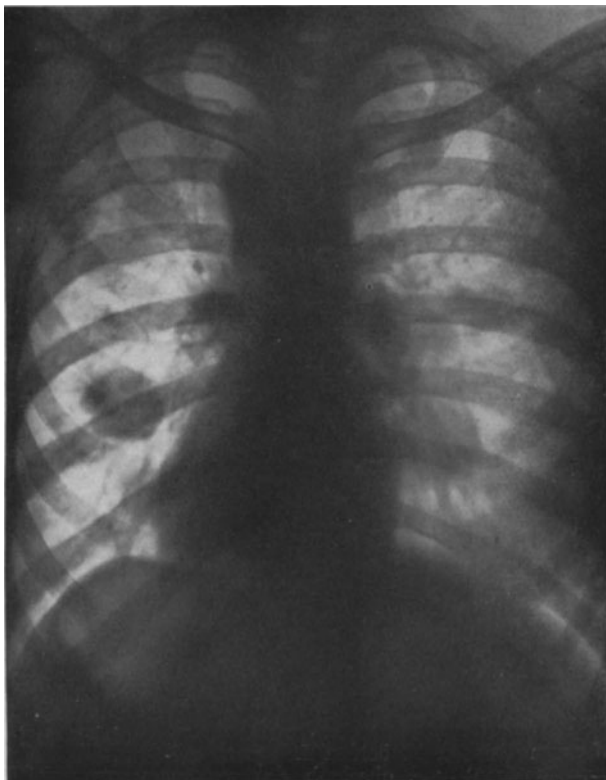


Abb. 80. Multiple metastatische Karzinomknoten in beiden Lungen. Im rechten Lungewurzelgebiet — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — anscheinend auch Drüsenmetastasen, während linkerseits die Knoten frei und scharf abgegrenzt in der Lunge liegen.

gesundes Gewebe liegt. Diese Form entwirft im Röntgenbilde isolierte knotige Schatten irgendwo im Lungenfelde.

Bei primären Karzinomen anderer Organe kann es in den Lungen zu Metastasen in Form einzeln oder meist multipel auftretender Knoten kommen, die im Röntgenbild als verschieden große, scharf umschriebene, meist dichte Schattenherde deutlich zu erkennen sind. Die disseminierte Karzinomform mit ihren im Röntgenbild multipel auftretenden kleinen Schattenherden kann an sich von der reinen disseminierten Tuberkulose schwer zu unterscheiden sein; das gleiche gilt von der Sarkomatose. Im weiteren Verlauf klären sich die diagnostischen Unklarheiten.

Sekundäre Karzinome können auch vom Hilus in die Lunge wuchern: Metastasen in den Hiluslymphdrüsen wachsen, auf dem Lymphwege dem Bronchialbau folgend, in die Lungen und sind dann von primären Hiluskarzinomen an sich nicht zu unterscheiden.

Karzinom- und Sarkometastasen in den Lungen machen nicht selten erst spät auskultatorisch - perkutorische Erscheinungen und subjektive Krankheitssymptome. Auf ihr Vorhandensein ist bei primären Karzinomen anderer Organe zu fahnden. Es ist bekannt, daß gewisse Karzinome und Sarkome im Gebiete des großen Kreislaufes gerne Lungenmetastasen machen, wie das Hypernephrom, die maligne Struma, das Chorionepitheliom. Melanome meta-

stasieren gerne in den Lungen. Metastatische Lymphsarkome und Karzinome folgen in ihrer weiteren Entwicklung dem Verlaufe der Lymphbahnen. Lungenmetastasen schließen etwa beabsichtigte Radikalooperation des Primärtumors aus.

Auch die primären Lungentumoren werden bei zentralem Sitz röntgenologisch früher entdeckt als mittels der Perkussion und Auskultation. Immer gibt eine erschöpfende röntgenologische Untersuchung über topographische Verhältnisse intrathoracischer Tumoren sonst in gleicher Vollkommenheit nicht erreichbare Aufschlüsse. Daß mit Rücksicht auf die Röntgenuntersuchung andere diagnostische Behelfe nicht vernachlässigt werden sollen, sei auch an dieser Stelle wieder betont.

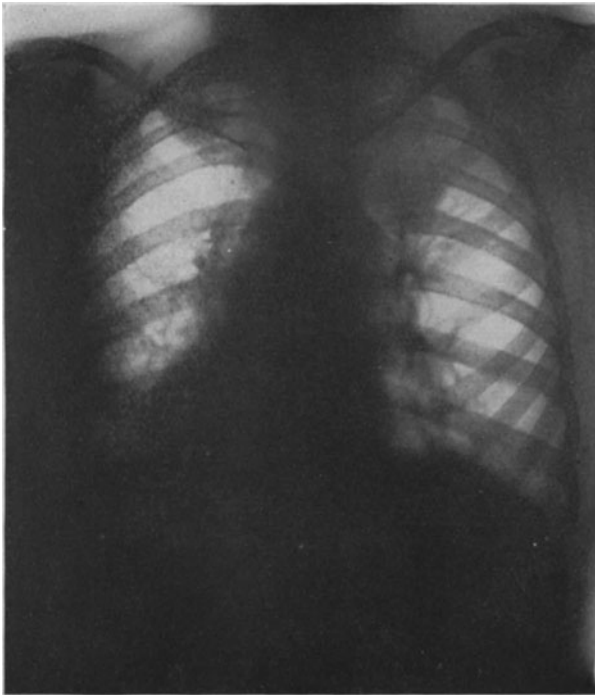


Abb. 81. Karzinommetastasen in beiden Lungenwurzelgebieten (Drüsenmetastasen) und oberhalb des rechten Hilus — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — Knoten im Lungenfeld. Vor Jahren rechtsseitige Mammaamputation wegen Karzinom.

Sputumkontrollen sind unerlässlich; sie erwecken oft den ersten Verdacht.

Als Folgezustände von Lungentumoren findet man Bronchostenosen mit Lungenatelektasen, pneumonische Komplikationen, pleuritische Exsudate und — an nicht komprimierten Lungenteilen — kompensatorisches Emphysem.

Das vikariierende Emphysem bestimmter Lungenteile als Folge des Ausfalls anderer ist ein auf größere oder kleinere Lungenteile beschränktes substantielles Emphysem mit den diesem eigenen Erscheinungen.

Das interstitielle Emphysem, entstanden durch Luftaustritt aus zerrissenen Alveolen in die bindegewebigen Septen der Lobuli, ist im allgemeinen nicht Gegenstand röntgenologischen Nachweises.

Das Lungenemphysem.

Die anatomische Eigenart des alveolären substantiellen Emphysems ist bekannt. Der Luftgehalt einer emphysematösen Lunge ist infolge des Lungenelastizitätsverlustes und Zugrundegehens der Alveolarsepten vergrößert. Die Lunge erscheint im ganzen vergrößert, ihre respiratorische Fähigkeit ist vermindert. Die vergrößerte, geblähte Lunge ist von einem faßförmig erweiterten Thorax mit horizontal verlaufenden Rippen und breiten Interkostalräumen umschlossen. Das Zwerchfell steht tief, seine Kuppen sind abgeflacht und ragen beiderseits meist gleich hoch in den Brustraum, im Gegensatz zur Norm, mit dem rechts höheren Zwerchfellstand. Der Tiefstand des Zwerchfells ist vielfach nur relativ, auf die Interkostalräume bezogen. Absolut, d. h. in ihrer Stellung zu bestimmten Wirbeln, kann der in stete Inspirationsstellung gehobene Thorax die Zwerchfellansätze, speziell die vorderen, mitheben, so daß die Zwerchfellkuppen, trotz der relativen Senkung, absolut höher stehen als in der Norm. Die Vergrößerung des Thoraxbinnenraumes betrifft besonders die untersten Lungenteile.

Infolge des Zugrundegehens zahlreicher kleiner Gefäße mit den Alveolarsepten kommt es mit der Zeit zur Zirkulationserschwerung und Stauung in den größeren Gefäßen, zur Vergrößerung des rechten Herzabschnittes. Die klinische Diagnose des

substantiellen Emphysems stößt auf keine Schwierigkeiten, und doch ist auch hier die Röntgenuntersuchung mit ihrem Tiefeneinblick wertvoll wie immer; wenn auch nicht so unentbehrlich wie sonst bei Lungenleiden. Beim Emphysem ist die Lungenventilation gestört. Das Hauptinteresse der Untersuchung richtet sich auf den gestörten Atmungsvorgang. So ist die Röntgendurchleuchtung beim Emphysem von größerer Wichtigkeit als das Röntgenogramm im Gegensatz zu Lungenleiden, bei denen Infiltrationszustände zur Darstellung zu bringen sind.

Im Röntgenbild bedingt der größere Luftgehalt der Lunge eine größere Helligkeit der Lungfelder, in denen das Lungen skelett in seinen gröberen



Abb. 82. Multiple kleinknotige Tumormetastasen, über beide Lungen verteilt, bei Vergrößerung und Verdichtung der Hiluszeichnung infolge tumoröser Drüsenentartung bei Hypernephrom der rechten Niere. (Autoptische Kontrolle.)

erhaltenen Teilen mit besonderer Deutlichkeit zu sehen ist. Der horizontale Verlauf der Rippen und die abnorme Weite der Interkostalräume sind im Röntgenbild ebenso deutlich zu sehen, wie der Tiefstand des Zwerchfells, dessen kostaler Winkel in schweren Fällen ein rechter sein kann. Bei der Inspiration hebt sich der Thorax, bei geringen Atembewegungen des Zwerchfells. Die inspiratorische Aufhellung der Lungen ist besonders in den kaudalen Teilen gering. Das Herz des Emphysematikers erscheint medial gestellt, lang und schmal; seine Randkonturen lassen die bogenförmigen Begrenzungen vielfach vermessen, sonst Eigenarten des asthenischen Tropfenherzens. Das Herzbild erklärt sich aus der Herzstellung im emphysematösen Thorax. Das Herz rückt mit dem Zwerchfell, seiner Unterlage, tiefer. Gleichzeitig vollführt das Herz eine Drehung um eine Vertikale mit der Spitze nach vorne. Dadurch kann der Pulmonalisbogen manchmal deutlicher als sonst zur Darstellung kommen, zumal wenn sich eine gewisse Stauung im Pulmonaliskreislauf entwickelt hat. Die Druckzunahme im kleinen Kreislauf infolge Verödung von Alveolarkapillaren führt zur Hypertrophie des rechten Herzens, die sich im Röntgenbild durch eine Verbreiterung des Herzschattens nach rechts zu erkennen gibt.

Die Hiluszeichnung tritt im emphysematösen Thorax — infolge der allgemeinen Aufhellung der Lungenfelder, dann wegen der erhöhten Gefäßfüllung — als groß und dicht besonders deutlich in Erscheinung. Von besonderem Interesse sind die Bewegungsvorgänge des Zwerchfells bei der Atmung.

Infolge der verringerten expiratorischen Ansaugung der Lungen (der geschädigten Elastizität des Lungengewebes) tritt das Zwerchfell expiratorisch nur wenig oder gar nicht höher.

Dietlen beschrieb eine „auffallend ruckweise Zwerchfellbewegung, ein kurzes, wenig ausgiebiges inspiratorisches Sinken und Flacherwerden der Kuppen, dem sofort ein Zurückschnellen in die expiratorische Lage und Form folgt“.

Wellenförmige Konturen des Zwerchfells — bei fehlenden Verwachsungen — sind Ausdruck verstärkter Kontraktion, wobei sich tendinöser und muskulärer Zwerchfellteil gegeneinander absetzen können. Der Befund ist für Emphysem nicht charakteristisch.

Eine befriedigende Erklärung für die Entstehung des Emphysems gibt es bekanntlich nicht. Histologisch sind Befunde, die eine Elastizitätsabnahme erklären können, nicht hinreichend gesichert (Ribbert). Chronische Bronchitis, Staubinhalation, Pneumonien, senile Vorgänge sollen eine Widerstandsherabsetzung des Lungengewebes bewirken. Auf dieser also geschaffenen Disposition verursachen normaler oder erhöhter Inspirationsdruck oder erschwerte Expiration ein Emphysem.

Freund, Hart, Hansemann u. a. machen bekanntlich für die Entstehung des Lungenemphysems den starr dilatierten Thorax verantwortlich. Die starre Dilatation werde hervorgerufen durch eine primäre Volumenzunahme und Verlängerung der Rippenknorpel, wodurch die Rippen in Inspirationsstellung gedrängt und verhindert würden, eine Expirationsstellung einzunehmen; daraus ergebe sich eine Volumenzunahme des Brustraumes, der das Lungenvolumen sich anpasse. Die Folge der dauernd stärkeren Ausdehnung der Lunge seien die bekannten atrophischen Vorgänge in den Lungen bei Emphysem. In der Resektion der zu langen Rippenknorpel wollte man ein Heilmittel der Krankheit sehen.

Den starr dilatierten Thorax zeigt uns das Röntgenbild in allen Einzelheiten. Man findet an allem oder einem Teil der Rippen bei alten Leuten — nicht selten indessen auch bei jüngeren — die Rippenknorpel mehr oder weniger weitgehend verknöchert.

Damit ist aber die Richtigkeit der Freund-Hartschen Anschauungen und der auf diesen Anschauungen aufgebauten therapeutischen Versuche noch nicht bewiesen.

Das Mediastinum im Röntgenbild.

Nach Entfernung beider Lungen aus den Pleurahöhlen sieht man von rechts und links auf den Mittelfellraum, das Mediastinum. Die Grenzen des Mediastinums werden gebildet seitlich von den Pleurae mediastinales, vorne vom Brustbein, hinten von der Wirbelsäule, unten vom Zwerchfell und oben von der oberen Thoraxapertur. Eine durch die hintere Wand der Trachea und der Stammbronchien gelegt gedachte frontale Ebene teilt das Mediastinum in ein vorderes und ein hinteres; beide gehen oberhalb des Herzens ineinander über.

Im vorderen Mediastinum liegen Thymus, der größte Teil des Herzens, aufsteigende Aorta, ein Teil des Aortenbogens, die Pulmonalarterien, die obere Hohlvene, die Nervi phrenici, die Luftröhre und die Stammbronchien; im hinteren Mediastinum ein Teil des Aortenbogens, die absteigende Aorta, die Speiseröhre, die Vena azygos und hemiazygos, die Nervi vagi, der Sympathicus und der Ductus thoracicus. Lymphdrüsen liegen im vorderen und im hinteren Mediastinum, ihre Hauptmasse an der Grenze beider. Die Organe und Organteile des Mediastinums werden durch lockeres Bindegewebe miteinander verbunden, voneinander getrennt.

Von normalen Mediastinalgebilden sind ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel röntgenologisch darstellbar der Herzgefäßstamm, die Luftröhre und ein Teil der großen Bronchien bzw. deren Luftsäulen. Bei Kindern kann der Thymus als Schatten im vorderen oberen Mediastinum zu erkennen sein.

In den sagittalen Strahlengängen überlagern sich die Bilder darstellbarer Mediastinalorgane teilweise, fallen sie in den „Mittelschatten“. Der Mittelfellraum bleibt verborgen.

Die Untersuchung in den schrägen und frontalen Strahlengängen zerlegt den Mittelschatten in die ihn zusammensetzenden Einzelbilder, das Mediastinum wird übersichtlich. Deshalb sind die schrägen Durchleuchtungsrichtungen für die Untersuchung normaler und abnormer Gebilde im Mediastinum von besonderer Bedeutung.

Die Untersuchungstechnik der Brustorgane in sagittalen, frontalen und schrägen Strahlengängen ist früher beschrieben worden. Durchleuchtung und Röntgenographie ergänzen sich. Die Röntgenographie wird auch hier, wie stets, zur scharfen Darstellung von Einzelheiten und zur objektiven Festlegung von Befunden angewandt, während die Durchleuchtung Lagebeziehungen aufdeckt, Übersichten verschafft, über Bewegungsvorgänge unterrichtet. Richtiges Blendenspiel während der Durchleuchtung vervollkommnet die Durchleuchtungsergebnisse.

Zur Lokalisation von Gebilden im Thorax hat man sich folgende wiederholt hervorgehobene Tatsachen vor Augen zu halten: je näher dem Leuchtschirm oder der photographischen Platte ein Gebilde liegt, um so schärfer erscheint es, um so weniger verzeichnet. Auch die Untersuchung in den beiden sagittalen Strahlenrichtungen (dorso-ventral und ventro-dorsal) kann Aufklärung darüber bringen, ob ein Gebilde dem vorderen oder hinteren Mediastinum angehört; im vorderen Mediastinum gelegene Gebilde erscheinen bei dorso-ventralem Strahlengang am schärfsten bei ventro-dorsalem Gebilde des hinteren Mediastinums. Bei Drehungen des Untersuchten hinter dem Leuchtschirm werden etwa beobachtete krankhafte Gebilde sich gleichsinnig der Aorta

ascendens bewegen, wenn sie dem vorderen Mediastinum angehören, gleichsinnig der Bewegung der Wirbelsäule bei Sitz des Gebildes im hinteren Mediastinum. Frontale Strahlengänge decken die Lage darstellbarer Gebilde im vorderen oder hinteren Mediastinum direkt auf. Das vordere Mediastinum erscheint z. B. im dextrosinistralen Strahlengang als Retrosternal-, das hintere



Abb. 83. Der obere Teil des Mittelschattens wird beiderseits überragt durch einen dreieckigen, mit der Spitze nach unten gerichteten Schatten: das Bild einer retrosternalen Struma.

als Retrokardialraum. Trotz Berücksichtigung der geschilderten Verhältnisse stößt die genaue Lokalisation von Geschwülsten bei bereits vorgeschrittener Entwicklung unter Umständen auf unlösbare Schwierigkeiten.

Herzgefäßstamm und Speiseröhre und deren Abweichungen von der Norm finden im eigenen Kapitel vorliegenden Werkes Besprechung.

Da andere mediastinale Gebilde in der Norm nicht darstellbar sind, bleiben hier nur primäre und sekundäre Tumoren, Cysten, entzündliche

Veränderungen im Mediastinum, substernale Strumen und was röntgen-diagnostisch von dem Thymus zu sagen ist, zu besprechen.

Mediastinaltumoren machen sich dem Kranken durch Dyspnoe, Stauungserscheinungen, Schluckbeschwerden und Schmerzen bemerkbar, Störungen, für die eine objektive klinische Untersuchung vielfach lange Zeit keine Erklärung findet. Die Röntgenuntersuchung deckt dann nicht selten schon Tumoren auf, deren Größe zu dem klinisch unklaren Befund in auffallendem Gegensatz steht. Die Frühdiagnose nichtmaligner Affektionen ist, bei den Sauerbruch



Abb. 84. Weit substernal herabreichende Struma. Die beiderseitigen Schattenränder sind scharf; im Schirmbild zeigten sie keine Pulsation und keine nennenswerte Schluckhebung.

zu verdankenden Möglichkeiten moderner Thoraxchirurgie, unter Umständen praktisch wichtig. Gewisse Mediastinalsarkome reagieren auf Strahlenbehandlung besonders günstig.

Intrathoracische Strumen bestehen weit seltener allein, als sie in Schwellungen des Halsteils der Schilddrüse übergehen. Im Röntgenbilde durch substernale Strumen bedingte Schatten nehmen den oberen Teil des vorderen Mediastinums ein. Bei dorso-ventralem Strahlengang überragt der Strumashatten den Mittelschatten ein- oder doppelseitig mit mehr oder weniger deutlich bogenförmigen Grenzlinien. Die Wölbung der Bogen kann beiderseits gleich oder verschieden sein, ebenso die Schärfe der Grenzlinien und die Schattentiefe,

welche der des Aortenschattens meist nachsteht. Der Strumaschatten kann bis an den der Aorta reichen, diesen selbst von vorne überlagern, in welchem Falle der Aortenschatten sich aus dem der Struma dunkler abhebt. Nicht selten wird der Aortenbogen durch eine Struma nach unten und links seitlich verdrängt. In frontalen und schrägen Strahlengängen ist der Strumaschatten

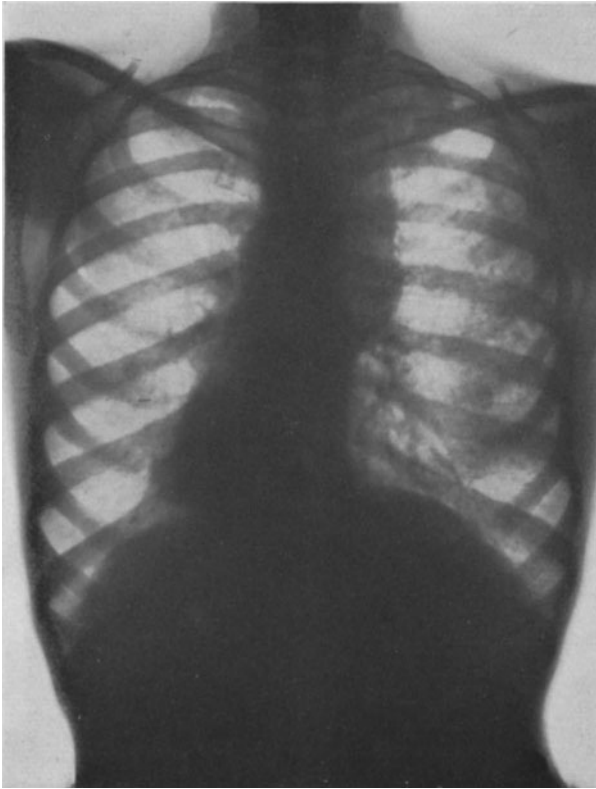


Abb. 85. Den oberen Teil des Mittelschattens nach rechts beträchtlich überragend — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — ein tiefer lateral wellig aber scharf begrenzter Schatten, der in einen tiefen Schatten über der rechten Lungenspitze übergeht. Im rechten Lungenfeld von oben bis unten verteilt zahlreiche kleinfleckige Herde. Die Autopsie klärte den massiven Schatten auf als Bild vergrößerter, verkäster Drüsen im vorderen Mediastinum. Außerdem bestand schwierige Mediastinitis. Aussaat von Tuberkelknötchen, besonders über die rechte Lunge.

wenig dicht, heller als bei dorso-ventralem Strahlengang. Substernale Strumen machen Schluckbewegungen der Trachea mit — wie man am Leuchtschirm sieht —, können bei Hustenstößen aus dem Thorax gehoben werden, falls sie nicht zu tief herabreichen oder eingeklemmt sind. Ebenso wie Strumen des Hals teils können substernale Strumen zu röntgenologisch darstellbaren Verengerungen und Verdrängungen der Trachea führen. Durch Strumen bedingte Stauung in den Venen der oberen Thoraxapertur verursacht kaum fleckige Zeichnung der Umgebung des Strumaschattens im Röntgenbild. Die Art der einer Struma zugrunde liegenden anatomischen Veränderung ist aus dem Röntgenschatte nbild nicht ablesbar. Rasche Größenzunahme eines Strumaschattens mit zunehmender Einengung der Trachealaufhellung weckt Verdacht auf maligne Entartung der Drüse. Die Struma maligna verliert die Beweglichkeit der gutartigen Struma.

Sarkome und Karzinome entwickeln sich bekanntlich mit Vorliebe in strumös vergrößerten Drüsen. Auf umschriebene Verdichtungen der normalen oder vergrößerten Schilddrüse, bedingt durch Kalkablagerung in sie, sei hingewiesen als auf einen unter Umständen differentialdiagnostisch wesentlichen Befund. Durch Strumen bedingte Schatten zeigen im allgemeinen keine dilatatorische, wohl aber mitgeteilte Pulsation im Gegensatz zu Gefäßschatten, etwa Aneurysma der Aorta oder Arteria anonyma; Ausnahmen machen sehr gefäßreiche Kröpfe.

Der Thymus — im oberen vorderen Mediastinum liegend — wächst im ersten Lebensjahre, nimmt dann an Größe ab, persistiert mehr oder weniger lange Zeit. Beide, symmetrisch die Mittellinie — nicht aber in der Norm den Mittelschatten im Röntgenbilde — überragenden Thymuslappen enden nach oben in Hörner. Über Breiten- und Tiefenausmaße des vergrößerten Thymus unterrichten sagittale und frontale Röntgenogramme, bei Kindern als Momentaufnahmen. Auf inspiratorisches Hinabtauchen in den Thorax, expiratorisches Höherentreten des Thymusschattens hat Rehm hingewiesen. Thymushyperplasie — gekennzeichnet durch stärkeres Übergreifen des Thymusschattens

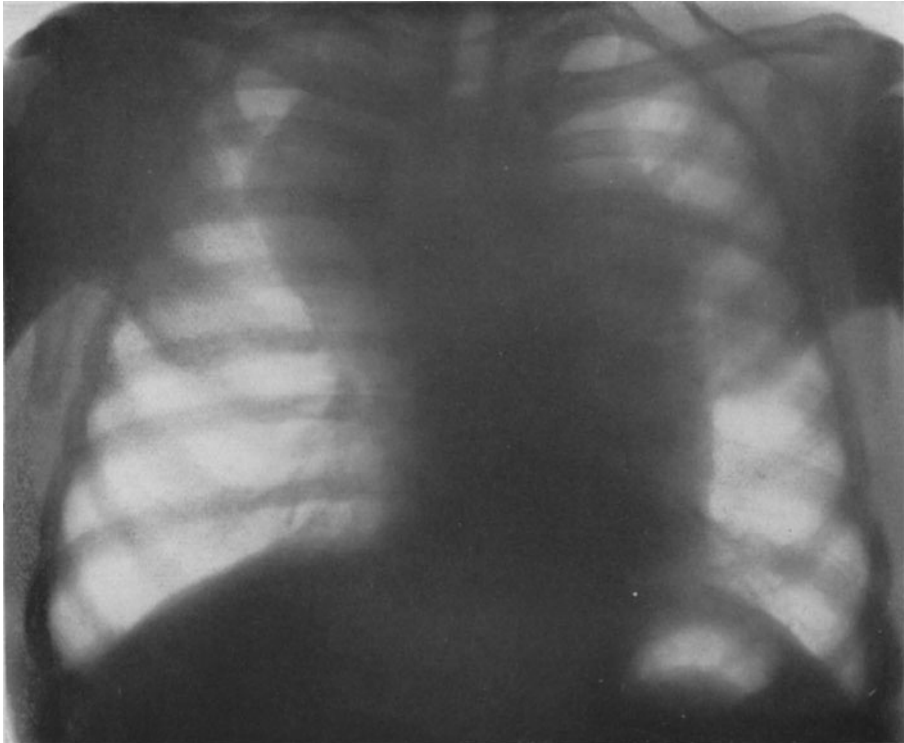


Abb. 86. Lymphosarkom im vorderen Mediastinum, den Mittelschatten beiderseits, mehr nach rechts, überragend. Die Begrenzung des Schattens ist scharfrandig, rechts etwas höckerig. Auf Tiefenbestrahlung mehrfach Rückbildung bis der Kranke im dritten Jahre seines Leidens erlag.

über den Mittelschatten — wurde von Hochsinger und Kienböck u. a. bei Stridor laryngis congenitus nachgewiesen. Andere konnten diese Befunde nicht bestätigen. In der Norm bildet rechts oben — wie bekannt ist — die Vena cava superior den Rand des Mittelschattens. Die Diagnose auf Thymushyperplasie aus dem Röntgenbefunde allein zu stellen, ist gewagt. Es fehlt noch an dem nötigen normalen und pathologischen Vergleichsmaterial.

Tuberkulöse Mediastinaldrüsen können klinisch ähnliche Erscheinungen machen wie ein hyperplastischer Thymus und auch röntgenologisch schwer von ihm differenzierbar sein.

Tiefer im Mediastinum gelegene Tumoren sind: Lymphocytome, Granulome, Sarkome und Karzinome, die ihren Ausgang von den Lymphdrüsen

und dem mediastinalen Bindegewebe nehmen, Karzinome als Metastasen, Sarkome auch als primäre Geschwülste. Entsprechend dem Vorkommen der Lymphdrüsen in allen Teilen des Mediastinums findet man die genannten Tumoren im vorderen und hinteren, oberen und unteren Mediastinum.

In sagittalen Strahlengängen erscheinen Mediastinaltumoren als mehr oder weniger dichte Schatten, welche den Mittelschatten beiderseits — meist verschieden weit — überragen. Je näher dem Leuchtschirm oder der photographischen Platte sie liegen, desto schärfer stellen sie sich unter sonst gleichen

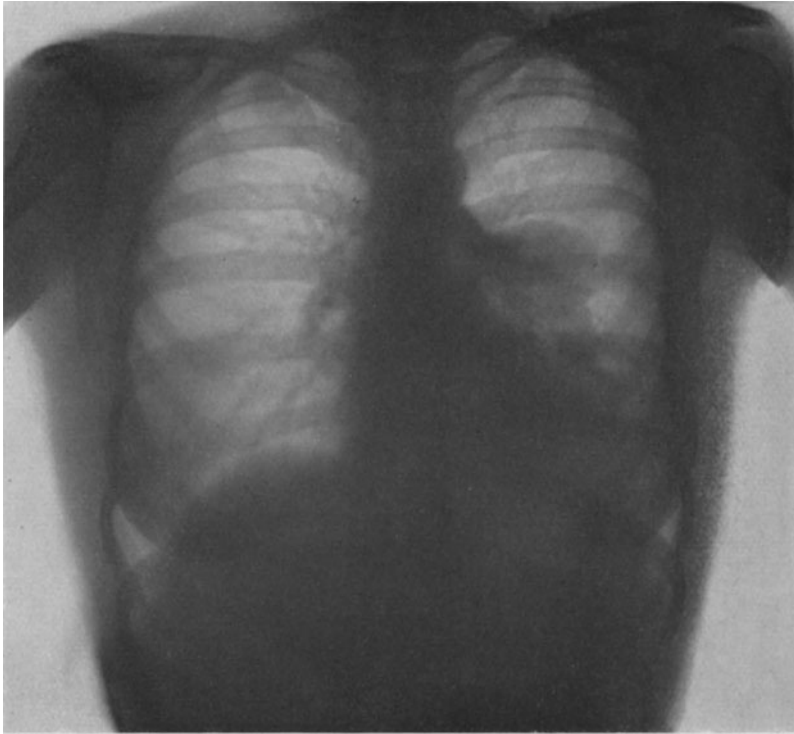


Abb. 87a. Aus dem vorderen Mittelfellraum in das linke Lungenfeld — der rechten Seite des Beschauers gegenüber — hervorragender kugeliger Schatten; das Bild eines Dermoids im vorderen Mediastinum. Das Dermoid perforierte in einen Bronchus: es wurden Haare und Hauttalg expektoriert.

Umständen dar. Am wenigsten dicht, am wenigsten scharf begrenzt erscheinen deshalb zentral gelegene Geschwülste, welche der vorderen und hinteren Thoraxwand ferner liegen.

Die Entstehung eines Tumors aus einer Anzahl verschmolzener Drüsen erkennt man im Röntgenbild unter Umständen an einer Kerbung der Schattengrenzlinien, an der ungleichen Krümmung der Randzeichnung.

Von großen Mediastinalsarkomen herrührende Schatten — Karzinometastasen erreichen nicht die Größe sarkomatöser Tumoren — lassen Herz und Gefäße hinter sich wie hinter einem Vorhang verschwinden.

Die Schärfe der Begrenzung des Tumorschattens verschwindet mit auftretender Lungeninfiltration und pleuritischen Exsudat als Komplikation

der Mediastinalgeschwulst. Die Übersichtlichkeit der Verhältnisse auch in den schrägen Strahlengängen nimmt mit wachsender Größe des Tumors ab.

Schattenbilder von Mediastinaltumoren zeigen keine respiratorische Verschiebung im Gegensatz zu den Bildern von Lungengeschwülsten; dilatatorische Pulsation fehlt ihnen, während sie unter Umständen vom Herzen, den großen Gefäßen fortgeleitete Pulsationen wahrnehmen lassen.

Lungenfeldverdunkelungen durch Druck von Mediastinalgeschwülsten auf Gefäße oder Bronchien werden häufig beobachtet, nicht selten auch mehr oder weniger weitgehende — meist einseitige — Zwerchfellähmung. Druck der Tumoren auf die Trachea und Verwachsungen mit ihr führen zu Lage- und

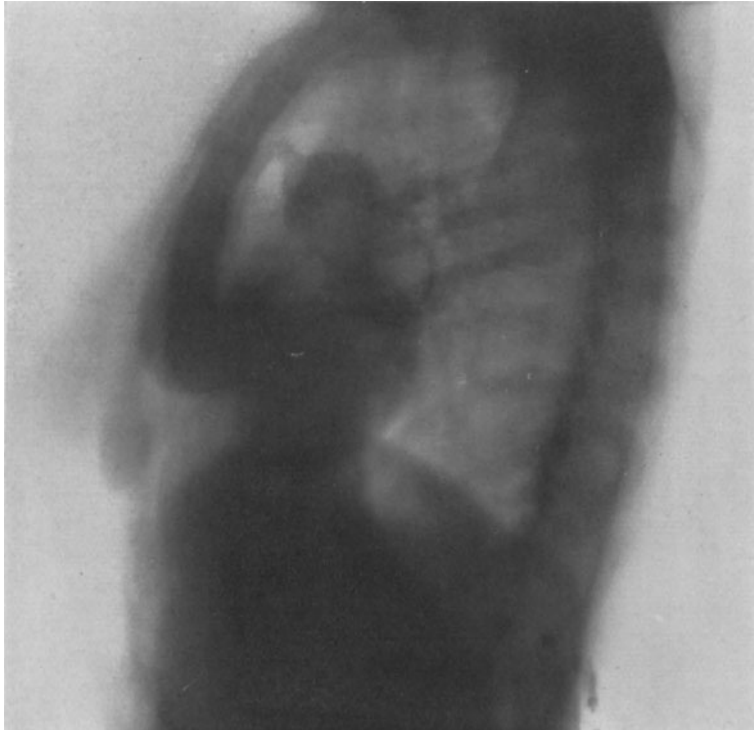


Abb. 87b. Frontalbild derselben Kranken. Man erkennt deutlich eine Strangverbindung zwischen dem kugeligen Dermoid und der vorderen Thoraxwand.

Formveränderung der Trachealaufhellung im Röntgenbild; zu erheblichen Herzverlagerungen führen Mediastinaltumoren meist nicht.

Die röntgenologische Differentialdiagnose zwischen Mediastinalgeschwülsten und Aortenaneurysmen kann bei erheblicher Ausdehnung der Schattenbildung in allen Strahlengängen auf unüberwindliche Schwierigkeiten stoßen. Ausgangspunkt und nähere Lagebeziehungen solcher ausgedehnter Schatten sind nicht mehr festzustellen; auch die Schattendichte, die im allgemeinen bei Aneurysmen größer sein mag, verliert bei größeren und dickeren Tumoren ihre differentiell diagnostische Bedeutung. Aneurysmenshatten können jede Pulsation vermissen lassen, bei dicker Wand und Gerinnselbildung im Aneurysmensack. Von kleineren Tumoren — maligne Tumoren im Beginn ihres Wachstums, Lymphocyto- und Granulome — lassen sich, wenn nicht in

sagittalen Strahlengängen, so doch in schrägen Aneurysmen unterscheiden durch die Lagebeziehungen aneurysmatischer Schatten zu anderen sichtbaren Teilen des auch bei umschriebenem Aneurysma meist allgemein verbreiterten Gefäßrohrs.

Schluckbewegungen eines Aneurysmaschattens sind bedingt durch die Schluckhebungen der Trachea. Mit der Trachea verwachsene Tumoren können auch Schluckhebung zeigen.

Aneurysmen der Arteria anonyma sind vermöge ihrer Lage und Ausdehnung und ihrer Beziehung zur Aorta kaum mit Strumen oder Mediastinaltumoren zu verwechseln.

Vom Hilus ausgehende Karzinome können mit besonderer Stärke nach dem Mediastinum zu wachsen und Mediastinaltumoren vortäuschen. Vom Brustbein oder der Wirbelsäule ausgehende Geschwülste können sich ins vordere oder hintere Mediastinum entwickeln.

Von cystischen Tumoren findet man im Mediastinum als seltene Anomalien Echinokokken und Dermoidcysten.

Die Dermoidcyste, deren bevorzugter Sitz in mittleren und oberen Teilen des vorderen Mediastinums bekannt ist, stellt bei charakteristischem Verhalten im Röntgenbild ein manchmal gestieltes, scharfbegrenztes kugeliges Gebilde dar, in dem unter Umständen Schattenungleichheiten auf verschiedenen dichten Cysteninhalt hinweisen können.

Exsudative Mediastinitis entwirft im Röntgenbild uncharakteristische Schattenbilder; sie reichen vielfach vom Halse ins vordere Mediastinum herab, überragen den Mittelschatten lateral scharf begrenzt und sind von Bildern von Senkungsabszessen und unter Umständen von Tumoren nicht zu unterscheiden. Klinische Erscheinungen, der Temperaturverlauf, die Ergebnisse von Probepunktionen führen zur diagnostischen Entscheidung.

Schrumpfungsvorgänge im mediastinalen Bindegewebe können Verlagerung und Entstellung der Bilder mediastinaler Organe verursachen.

Senkungsabszesse, meist von kariösen Prozessen der Wirbelsäule ausgehend, liefern im Röntgenbilde ein- oder doppelseitige Verbreiterungen des Mittelschattens bei sagittalem Strahlengang; die schräge Durchleuchtung zeigt den Abszeßschatten im hinteren Mediastinum. Er ist vom Bilde der Wirbelsäule — je nach seinem Ausgang — schwer oder nicht abzugrenzen. Klinische Erscheinungen und der Temperaturverlauf, die Probepunktion des angenommenen Abszesses und die röntgenographische Aufnahme der Wirbelsäule klären die Diagnose.

Mediastinales Emphysem nach Lungenruptur oder von Tracheotomie- wunden ausgehend hellt den Mittelschatten auf oder säumt ihn hell ein. Verzierungen und Verlagerungen mediastinaler Organe sind meist Folgezustände der Erkrankungen anderer intrathoracischer Organe und werden mit diesen gemeinsam besprochen.

Literatur.

- Altschul und Spitz: Zur Differentialdiagnose der Lungentuberkulose im Röntgenbilde. F. 1923. Kongreßheft. — Aschoff, L.: Über die natürlichen Ausheilungsvorgänge der Lungenphthise. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin. Wiesbaden 18.—21. April 1921. — Zur Nomenklatur der Phthise. M. m. W. 1922. Nr. 6. — Aßmann, H.: Die Röntgendiagnostik der inneren Krankheiten. 1922. — Balcerak: Multiple intrathoracische Metastasen nach maligner Degeneration eines Naevus pigment. B. kl. W. 1921. Nr. 45. — Barjon, F.: Klinisch-röntgenologische Studie des Lungen-Pleura-Mediastinalkrebses. Journ. de Radiol. et d'Electrol. 1921. Nr. 6. — Beitzke: Über das Verhältnis der kindlichen tuberkulösen Infektion zur Schwindsucht der Erwachsenen. B. kl. W. 1921. Nr. 32. — Böhme: Das Röntgenbild der Pneumonokoniose der Bergarbeiter. —

Böhme, A.: Zur Kenntnis des Röntgenbildes der Lungenanthrakose. Bd. 29. H. 3. — Camrda: Wert der Röntgenuntersuchung der Lungen. F. Bd. 28. H. 6. — Chaoul: Die Röntgenuntersuchung im Dienste der chirurgischen Behandlung der Lungentuberkulose. F. 1923. Kongreßheft. — Chaoul und Lange: Intrathorakale Senkungabszesse im Röntgenbilde. Ebenda. — Chaoul und Stierlin: Klinische Röntgendiagnostik der Erkrankungen der Brustorgane in Sauerbruchs Chirurgie der Brustorgane. — Christie, A. O.: Die Diagnose primärer Lungentumoren. F. XXVIII, Heft 3. — Czepa, A.: Zur Differentialdiagnose von Lungentumor und Aneurysma. F. Bd. 29. H. 3. — Darcourt und Garcin: Differentialdiagnose von Kalkkonkrementen in der Lunge. Journ. de Radiol. et d'Électrol. 1921. Nr. 6. — Deist: Zur Differentialdiagnose Lungentumor und chronische Pneumonie. Klin. Wochenschr. 1923. Nr. 12. — Dunham und Norton: Röntgenologische Studien über Aufsaugung von tuberkulösen Exsudaten in der Lunge. Am. Journ. of Roentgen. X. 2. — Dunham und Scarlem: Erkrankung der Schädelhöhlen und Lungenerkrankungen. Journ. of Radiol. Febr. 1923. — Emerson und Beeler: Ein ungewöhnlicher Fall von doppelseitigem spontanem Pneumothorax. Am. Journ. of Roentgen. X. 2. — Engel: Über paratuberkulöse Lungenerkrankungen. B. kl. W. 1921. Nr. 31. — Evans, W. A.: Seiten- und Schrägaufnahmen der Brustorgane. F. XXVIII, 3, S. 283. — Falkenhäusen, v.: Das Röntgenbild der akuten und chronischen Bronchitis. F. Bd. 29. H. 5. — Fleischner: Drei Fälle von Überblähung des Mediastinums. F. Bd. 28. H. 6. — Zur Differentialdiagnose der Lungentuberkulose im Röntgenbilde. F. 1923. Kongreßheft. — Fleischner, F.: Lobäre und interlobäre Lungenprozesse. F. XXX. Heft 3/4. — Fraenkel, A. und S. Gräff: Ein Schema zur prognostischen Einteilung der bronchogenen Lungentuberkulose. M. m. W. 1921. Nr. 15. — Freund, Leo: Zur Methodik der Lungenspitzendurchleuchtung. F. Bd. 27. H. 5. — Frick, K.: Zur Deutung des Röntgenbildes im schrägen Durchmesser. F. Bd. 29. H. 6. — Friesz: Die Bedeutung der Röntgenuntersuchung für Diagnose und Prognose der beginnenden Lungentuberkulose. M. m. W. 1922. Nr. 7. — Garcin, J.: Die Röntgenanatomie der Lungen. Journ. de Radiol. et d'Électrol. März 1922. — Gerhartz, H.: Über die Beziehungen der Bronchialdrüsenzur Halsdrüsentuberkulose. M. Kl. 1921. Nr. 27. — Sammelreferate. M. Kl. 1921. Nr. 10; 1922. Nr. 4. — Gocht: Die Röntgenliteratur. — Groedel, Franz M.: Lungensyphilis im Röntgenbild. Vh. d. d. R. G. Bd. 12. — Die Konstitution des Menschen im Röntgenbild. Vh. d. d. R. G. Bd. 13. — Grundriß und Atlas der Röntgendiagnostik. 1921. — Grünberger: Pneumomediastinum. W. m. W. 1922. S. 1042. — Gutzeit, K.: Über einen Fall von primärem Bronchialdrüsenkrebs. Z. f. Krebsforschung. Bd. 9, 1. Heft. 1922. — Harms: Die Entwicklungsstadien der Lungentuberkulose im Röntgenbilde. Ref. in B. z. Klin. d. Tub. 52, Bd. 3/4. 1922. — Zur Einteilung der Tuberkulose. B. z. Klin. d. Tub. Bd. 50. S. 271. — Hart, C.: Über die Heilbarkeit und Heilung tuberkulöser Lungenkavernen. Z. f. T. Bd. 35. H. 4. S. 253. — Haudek: Nachweis eines mediastinalen Abszesses usw. Vh. d. d. R. G. Bd. 12. — Hensen, X.: Kontrastspise im Bronchialbaum. F. Bd. 29. H. 5. — Herrnhaiser: Hintere kostomediastinale Schwarte. Vh. d. d. R. G. Bd. 13. — Die räumliche Analyse des Thoraxröntgenbildes. D. m. W. 1923/15. — Hirsch, J. Seth: Foreign body in the bronchus etc. The Americ. Journ. of Roentgen Bd. 8. Nr. 2. 1921. — Horak: Lues pulmonum. Zeitschr. tschech. Ärzte 1921. Nr. 49. S. 809. — Huebschmann: Zur Pathologie der Lungentuberkulose. M. m. W. 1921. Nr. 43. — Jaensch: Über das Röntgenbild von Pneumonokoniosen, insbesondere ihre grobknotige Form. F. XXVIII. S. 209. — Jarvis, D. C.: „Dunhamsche Fächer“ im Röntgenbild bei Granitstaubinhalation. The Americ. Journ. of Roentgen Bd. 3. H. 10. Oktober 1921. — Röntgenbeobachtungen über Staubinhalation in der Granitindustrie. The Americ. Journ. of Roentgen April 1922. — Jehn: Die Bedeutung des Röntgenverfahrens für Entwicklung und Diagnostik der Thoraxchirurgie. F. 1923. Kongreßheft. F. XXXI. — Jessen-Davos: Die Bedeutung der Röntgenuntersuchung für die Diagnose und Behandlung der Lungentuberkulose. Z. f. T. Bd. 35. H. 2. — Joerdens, G.: Ungewöhnlicher Fall von nichttuberkulösen Lungenkavernen. F. Bd. 27. H. 3. — Käding: Über den Wert der Hustenaufhellung bei der Lungendurchleuchtung. Bonner Röntgenvereinigung. 6. XI. 22. — Kaestle: Röntgenologische Beiträge zur Kenntnis der Tuberkulose in den Lungen. M. m. W. 1921. Nr. 50. 1922. Nr. 14. — Kautz: Streptotrichose der Lungen im Röntgenbild. Vh. d. d. R. G. 1922. — Klare-Scheidegg: Die kindliche Lungentuberkulose im Röntgenbild. — Köffler: Beitrag zur Säuglings- und Kleinkindertuberkulose. M. m. W. 1922. Nr. 6. — Köster: Verhalten der Lungenspitzen bei Pleuritis und Pneumonie. D. m. W. 1921. Nr. 36. — Kohlmann: Zur Frage der Lungeninfarkte. R. K. 1922. — Kretschmer, D.: Die Röntgendiagnose der kindlichen Bronchialdrüsentuberkulose. F. XXVIII. 5. — Asthma bronchiale und Bronchialdrüsentuberkulose der Kinder. M. m. W. 1921. Nr. 36. — Kूपferle: Die anatomische Analyse des Röntgenbildes bei der Lungentuberkulose. F. XXXI. 1923. Kongreßheft. — Langer, H.: Die Spezifität rückbildungsfähiger Lungeninfiltrate bei kindlicher Tuberkulose. Zeitschr. f. Kinderheilk. 34, 1-4. S. 142. — Lebon: Einseitige Verminderung der Zwerchfellexkursionen usw. Journ.

de Radiol. et d'Électrol. Bd. 5. Nr. 11. 1921. — Lenk, R.: Aortenaneurysma vor-täuschender Fall von Lungenechinokokkus, röntgenologisch-diagnostisch. W. kl. W. 1922. Nr. 15. — Levy-Dorn: Vortäuschung krankhafter Veränderungen der Lungen durch das Röntgenbild. Vh. d. d. R. G. Bd. 12. — Liebermeister: Zur Beurteilung der Heilungsvorgänge bei Lungentuberkulose im Röntgenbilde. D. m. W. 1921. Nr. 38. — Liebmann und Schinz: Über das Röntgenbild der Influenzapneumonie. Z. f. kl. Med. Bd. 90. H. 5. — Lorenz: Lymphogene Lungenkarzinome. Vh. d. d. R. G. Bd. 12. — Lorey, A.: Die abgesackte Pleuritis im Röntgenbild. F. Bd. 29. H. 6. — Über einen Fall geheilter Miliartuberkulose. Vh. d. d. R. G. Bd. 13. — Lobäre und interlobäre Lungenprozesse. F. XXXI, Heft 1. — Lorey: Über Lungengeschwülste. F. XXXI. Kongreßheft. — Lynah, H. L. und W. H. Stewart: Röntgenstudien an Bronchiektasien nach Lungenabszeß-Injektionen von Bi-Aufschwemmung mittels Bronchoskopes. Americ. Journ. of Roentg. 1921. Jan. — Marchand, F.: Zur pathologischen Anatomie und Nomenklatur der Lungentuberkulose. M. m. W. 1922. Nr. 1. — Marchand und Huebschmann: Pathologie der Lungentuberkulose. M. m. W. 1922. Nr. 10 (Refer.). — Marchand, F.: Tuberkulös oder phthisisch? M. m. W. 1922. Nr. 11. — Maragliano: Pseudokavernen in den Lungen. Ref. F. Bd. 29. H. 5. — Müller, Fr.: Tuberkulose und Konstitution. M. m. W. 1922. Nr. 11. — Nagy, A.: Die Röntgen-Frühdiagnose der Lungentuberkulose. Roentgenologia. 1922. Heft 2. — Orth, J.: Einige Bemerkungen zur Frage der Heilbarkeit tuberkulöser Lungenkavernen. Z. f. T. Bd. 35. H. 4. — Otten: Zur Diagnose der Lungengeschwülste. Vh. d. d. R. G. Bd. 13. — Peltason, F.: Compression der Lungenspitzen, ein Hilfsmittel zur Verbesserung der Durchleuchtungs- und Aufnahme-technik. F. XXX. Heft 3/4. — Pillsbury, H. C.: Lungenerkrankung durch Kampfgase. Ref. F. Bd. 28. H. 6. — Piltz: Beitrag zur Kenntnis der Bronchiektasie im Kindesalter. M. f. K. Bd. 21. H. 4. — Polgar: Eine seltene Fehlerquelle der Lungen-spitzendurchleuchtung (seltene Rippenvarietät). F. XXX, Heft 5/6, S. 526. — Rahnen-führer: Beitrag zur Klinik umschriebener Lungeneriterungen. F. XXVIII. Heft 2. — Rieder in Rieder-Rosenthal: Röntgenkunde. — Rüppel, W.: Über Hilusdrüsen-tuberkulose bei Erwachsenen. M. Kl. 1921. Nr. 20. — Rüscher: Asthma bronchiale und Bronchialdrüsentuberkulose. M. m. W. 1921. Nr. 36. — Salomon: Ein Beitrag zur Lungen-zeichnung. F. Bd. 28. H. 6. — Saupe: Röntgenologischer Lungenbefund bei der sog. Bergkrankheit der Erzbergleute in Schneeberg. F. XXXI. Kongreßheft. — Scherer: Die Bedeutung der Hiluszeichnung im Röntgenbild für die Diagnose der Tuberkulose im Kindesalter. A. f. K. Bd. 71. H. 1. — Über Lungensteine. B. z. Klin. d. Tub. Bd. 49. H. 1. — Schinz, H. K.: Die Begutachtung der Lungentuberkulose auf Grund der Röntgenuntersuchung. F. XXVIII. Heft 5. — Schöller, K.: Einiges über die Röntgen-untersuchung des hinteren Mediastinums. Roentgenologia 1922. Heft 2. — Schütze: Röntgenbeobachtungen bei extrapulmonalen Verwachsungen (Mediastino-Pleuritis). B. kl. W. 1921. Nr. 36. — Sorge: Beiträge zur Kenntnis der Mediastinaltumoren. A. f. klin. Chir. Bd. 120. H. 1. — Stahl: Über den diagnostischen Pneumothorax. F. Bd. 29. H. 2. — Strauß, Otto: Die röntgenologischen Feststellungen der Staublung. Vh. d. d. R. G. Bd. 13. 1922. — Thomas: Röntgenologische Beiträge zur Kenntnis der Tuberkulose in den Lungen. M. m. W. 1922. Nr. 5. — Thomson, Z. C. und N. Barlow: Vergleich klinischer und röntgenologischer Beobachtungen normaler Lungen an Kindern. Americ. Journ. of Roentg. April 1922. — Ulrici: Über die anatomischen und klinischen Formen der Lungentuberkulose. Verein für innere Medizin und Kinderheilkunde zu Berlin 23. Mai 1921. — Vogt: Begründung der Gefäßtheorie der Lungenzeichnungen. F. Bd. 29. H. 4. — Weil, Ed. und André Dufourt: Die Röntgendarstellung pleuro-pulmonaler Affektionen der Kindheit. Journ. de Radiol. et d'Électrol. Jan. 1922. — Wels, P., Kiel: Über die Stellung des Röntgenverfahrens in der klinischen Diagnostik und Prognostik der Lungentuberkulose. Z. f. kl. Med. 96, 4–6. — Winkler: 15 Jahre lang unerkannt bestehende Lungensyphilis. M. m. W. 1922. Nr. 19. — Winterfeld, v. H. Kö.: Beitrag zur Röntgenologie der Lungengänge. F. XXX. Heft 3/4. — Ver-gleichende klinische und röntgenologische Beobachtungen normaler Lungen an Kindern im Alter von 6–10 Jahren. The Americ. Journ. of Roentg. Sept. 1922. Kommissions-bericht. — Ziegler: Methodisches zur Röntgenuntersuchung der Lungenspitzen. F. Bd. 29. H. 3. — Bericht über den Deutschen Tuberkulosekongreß in Bad Elster 19.–21. Mai 1921. M. m. W. 1921. Nr. 23. — Bericht über die Tagung der Lungenheilstaltsärzte in Wies-baden 18.–23. September 1921. M. m. W. 1921. Nr. 45.

Von Anführung der Literatur vor 1921 im einzelnen wird abgesehen.

Einzelne versehentlich seitenverkehrt reproduzierte Bilder habe ich geglaubt — mit Rücksicht auf die wirtschaftlichen Zeitverhältnisse — nicht beanstanden zu sollen, zumal alle diagnostisch wesentlichen Einzelheiten so gut als möglich wiedergegeben sind und Mißverständnisse nicht entstehen können.

Die Röntgenuntersuchung des Pneumothorax, der Pleura und des Zwerchfells.

Von

H. Rieder-München.

Mit 103 Abbildungen.

I. Der Pneumothorax.

Natürlicher Pneumothorax.

Ein Luffterguß in den Pleurasack erfolgt entweder von außen durch ein Trauma, d. h. durch Stich- oder Schußverletzung oder operative Entleerung eines Empyems (traumatischer Pneumothorax) oder von den Lungen aus. In letzterem Falle durch Lungenzerreißen bzw. durch Einreißen der Pleura pulmonalis bei starkem Husten oder Perforation eines Lungenabszesses oder eines Lungeninfarktes in die Pleurahöhle, besonders aber im Verlauf einer chronischen Lungentuberkulose (Spontan-Pneumothorax). Man ist indessen zu der Überzeugung gekommen, daß körperliche Überanstrengung sowie Hustenstöße und Pressen durch Steigerung des pulmonalen Druckes eine Zerreißen der Lunge und Pleura im allgemeinen nur dann herbeiführen, wenn pathologische Veränderungen dieser Organe vorliegen. Und zwar unter der Voraussetzung, daß Adhäsionen der Lunge an der Thoraxwand und umschriebene Emphysembildung in der nächsten Umgebung derselben bestehen. Hier erfolgt Durchbruch einer subpleuralen Kaverne oder eines wandständigen, peribronchitischen, mit dem benachbarten Bronchus in direkter Verbindung stehenden Käseherdes in den Pleuraraum. Zu der genannten Luftansammlung gesellt sich häufig, besonders wenn gleichzeitig mit der Luft Infektionserreger in die Pleurahöhle eintreten, ein entzündlicher Flüssigkeitserguß (Sero- oder Pyopneumothorax).

Die bei Pneumothorax in Betracht kommenden pathologisch-anatomischen Veränderungen sind mit Hilfe des Röntgenverfahrens in erschöpfender Weise klarzustellen.

Der rein klinische sowie der röntgenologische Befund bei Pneumothorax ist abhängig von Charakter und Ausdehnung der Rißstelle und der sonstigen Beschaffenheit der Lunge und somit von der Menge und Spannung der in den Pleuraraum eingedrungenen Luft; ferner von der Lage der

kollabierten Lungen und der Verlagerung der benachbarten Organe. Diese Faktoren werden in sehr verschiedenem Grade sich geltend machen, je nachdem ein offener, geschlossener oder ein Ventil-Pneumothorax besteht.

In röntgenologischer Beziehung ist der trockene d. h. exsudatfreie Pneumothorax durch eine starke, auf eine Thoraxseite beschränkte Aufhellung des Lungenfeldes charakterisiert. Dieselbe entspricht einem umschriebenen Bezirke, in dem die luft- und bluthaltige Lunge durch Gas ersetzt ist. Man unterscheidet entsprechend dem Grade der Lungenretraktion einen vollständigen und einen unvollständigen Pneumothorax.

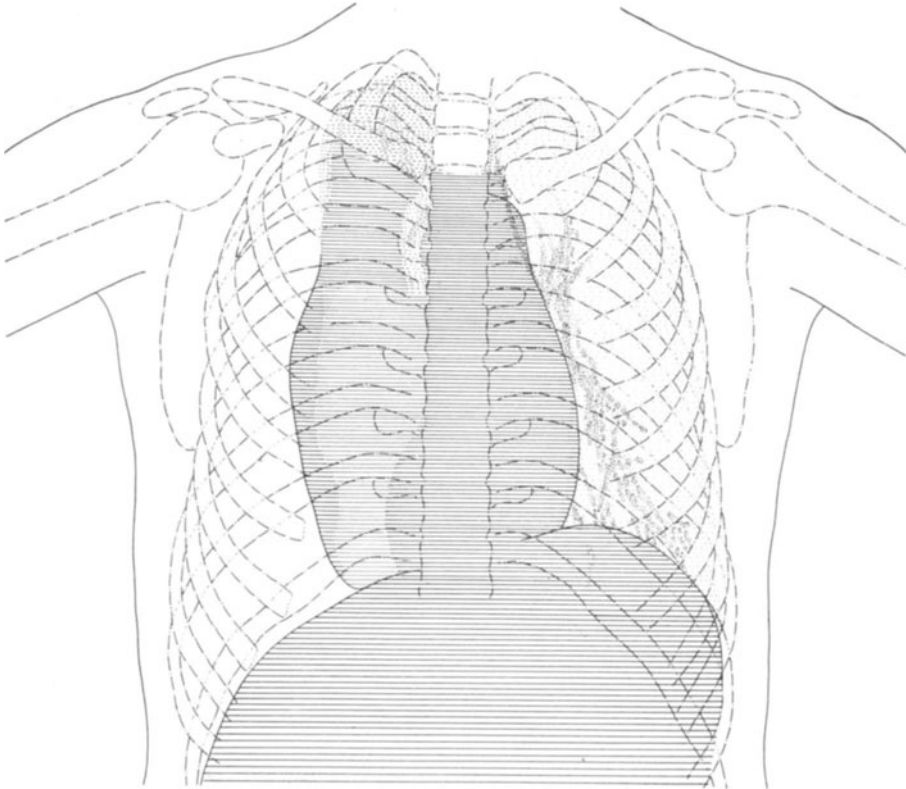


Abb. 1. Rechtsseitiger Pneumothorax.

Rechtes Zwerchfell tiefstehend, rechte Lunge medianwärts retrahiert, oben und unten adhären, mit konvexer äußerer Begrenzung.

Große Pneumothorax-Gasblasen sind bei unvollständigem bzw. geringgradigem Pneumothorax infolge ihrer großen Helligkeit röntgenologisch leicht nachzuweisen, schwieriger kleinere Blasen, sei es nun, daß sie atypisch liegen oder daß sie einem Exsudat aufliegen. In letzterem Falle sind sie allerdings auch auf indirektem Wege, d. h. an der oberen horizontalen Begrenzung des Exsudates und an der bestehenden Succusio, erkennbar. Auch bei Rückbildung des Pneumothorax sind restierende, gewöhnlich an der lateralen Thoraxgrenze befindliche Gasblasen nicht immer gut ersichtlich.

Im Bereich des pathologischen Aufhellungsbezirkes fehlt natürlich die dem Lungengewebe eigene Zeichnung. Je nach Größe und Spannung des pneumothoracischen Raumes erfolgt eine mehr minder starke Erweiterung des

Thorax und speziell der Interkostalräume auf der betroffenen Seite. Die Struktur der Rippen erscheint auffallend deutlich innerhalb der Pneumothoraxblase und ihre Knochenknorpelgrenze ist außerordentlich scharf ausgesprochen. Ja manchmal treten sogar die Umrisse der Rippenknorpel, wenigstens auf dem Röntgenogramme, deutlich hervor.

Infolge des negativen Druckes auf der gesunden Seite und der Aufhebung der Adhäsionskraft zwischen den beiden Pleurablättern auf der kranken Seite (Tendeloo) fällt auf letzterer die Lunge vermöge ihrer Elastizität zusammen. Dazu kommt noch, daß durch die mehr minder große Spannung

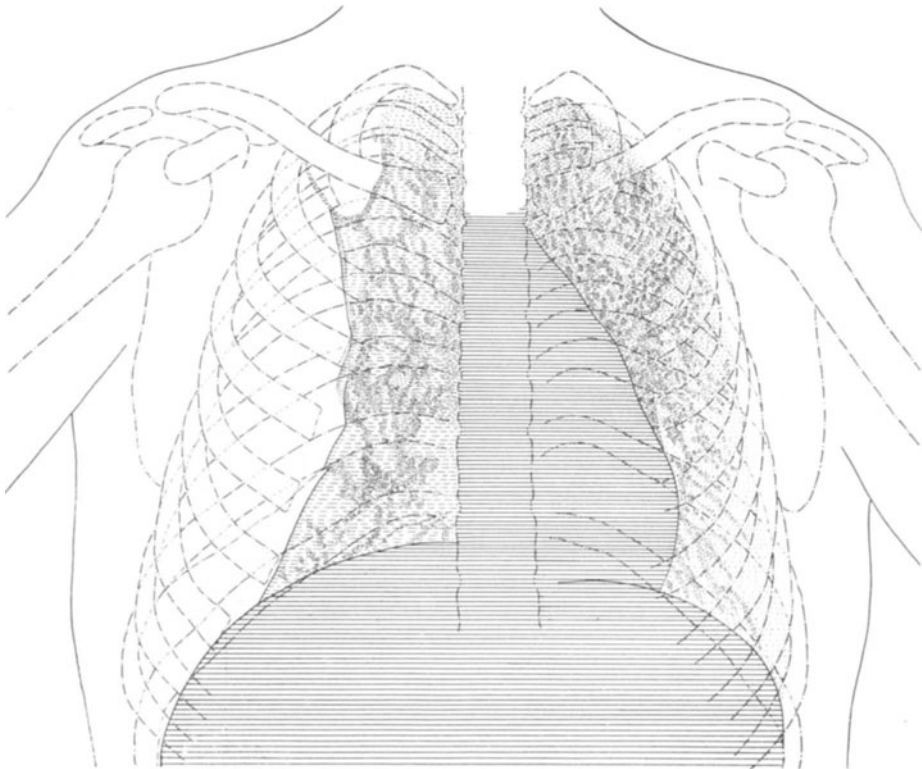


Abb. 2. Rechtsseitiger Pneumothorax.

Retrahierte rechte Lunge oben und unten adhären, oben außerdem mit spangenartigen Fortsätzen (Adhäsionssträngen) versehen, enthält zahlreiche tuberkulöse Infiltrationsherde, ebenso die linke Lunge. Herz nach links verdrängt.

der intrathoracischen Luftblase ein entsprechender Druck auf die gleichseitige Lunge ausgeübt wird.

Beim traumatischen Pneumothorax (infolge von Stich- oder Schußverletzung) ist die komprimierte luftleere Lunge, vorausgesetzt, daß sie vor dem Trauma gesund war, in Form eines etwa faustgroßen Schattens um den Hilus herumgelagert. In diesem Falle beobachtet man häufig Mitbewegung des genannten zentralen Schattens bei der Respiration sowie Hebung und Verschiebung kephalwärts und Erweiterung der kollabierten Lunge bei stärkerer Inspiration. Andernfalls, d. h. wenn vor dem Trauma schon eine erhebliche Pleuraadhäsion bestanden hat, so daß eine Verlötung der Lunge mit der Thorax

wand in größerer Ausdehnung eingetreten ist, gleicht die Form der Lunge derjenigen beim tuberkulösen Pneumothorax.

Nach Rippenresektion bei Pleura-Empyem besteht meist ein dreieckiger, lateral gelegener, offener Pneumothorax, der seitlich von der Thoraxwand, median von der kollabierten Lunge und unten vom Zwerchfell oder von Exsudat begrenzt ist.

Bei chronischer Lungentuberkulose bildet die durch das ausgetretene Gas medianwärts verdrängte Lunge („Lungenstumpf“), da sie gewöhnlich an einzelnen Stellen — namentlich im Gebiete des Oberlappens — adhären

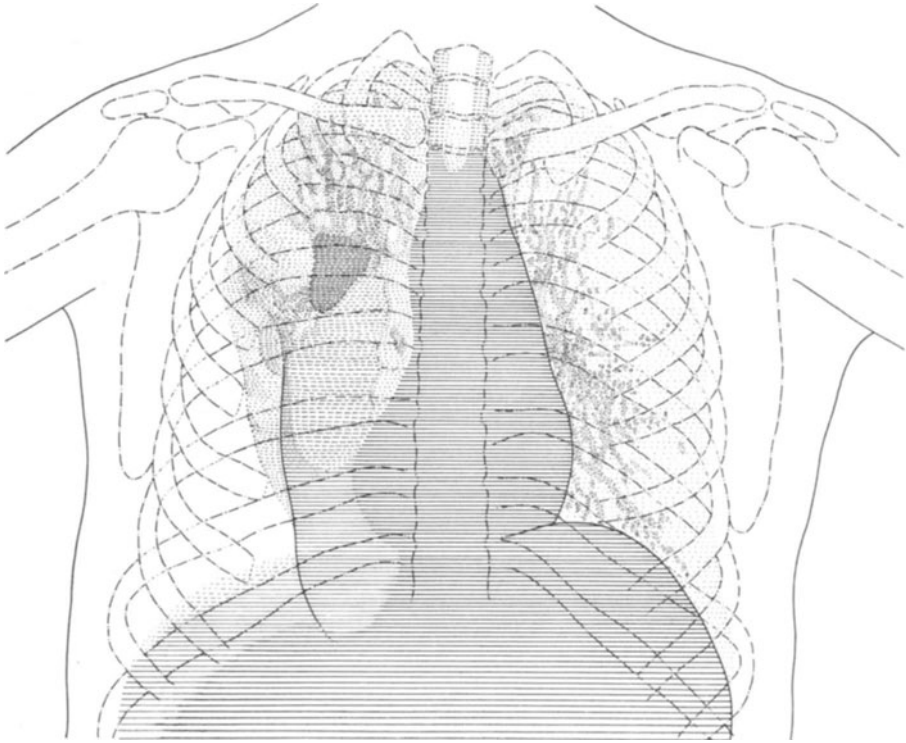


Abb. 3. Rechtsseitiger Pneumothorax,

der sich nur auf die lateralen und unteren Thoraxpartien beschränkt. Innerhalb der nur wenig retrahierten, oben und unten adhärenen Lunge ein großer tuberkulöser Infiltrationsherd. Rechtsseitiger Zwerchfellschatten tiefstehend, unscharf. Herz kegelförmig, Gefäßbögen nur wenig ausgesprochen.

ist, einen dunklen, median d. h. längs der Wirbelsäule gelagerten, mehr minder breiten, bandartigen Schatten und nur selten einen klumpigen, zentral gelagerten Schatten, ähnlich wie bei traumatischem Pneumothorax. Ausdehnung, Schattendichte und Form der kollabierten Lunge sind außerordentlich verschieden und abhängig sowohl von Zahl und Größe der tuberkulösen Infiltrationsherde als auch der jeweiligen pleuritischen, besonders oft auf den Oberlappen beschränkten Verwachsungen. Im letztgenannten Falle beobachtet man, da die mit der Pleura costalis verwachsene Lunge dem im Pleuraraume sich geltend machenden Gasdrucke nicht in dem Grade ausweichen kann wie die intakte Lunge, nur einen Kollaps der unteren Lungenabschnitte (Abb. 5, 10). Dabei nimmt der kollabierte Unterlappen beim

Bestehen stärkerer Infiltrationen die Form eines im Pneumothoraxraum flotierenden Klumpens oder Zapfens an (Abb. 6). Auch kann die kollabierte Lunge infolge von Verwachsungen ihrer ganzen Länge nach medianwärts verlagert sein, so daß sich der pathologische Luftraum nur auf die lateralen Thoraxpartien beschränkt (Abb. 1—4, 7, 11). Oder man sieht schmale, band- oder strangförmige Adhäsionen von der Brustwand oder dem Zwerchfell zur kollabierten Lunge ziehen, und letztere ist dann an einzelnen Stellen zipfelartig oder keilförmig ausgezogen (Abb. 2, 5, 9).

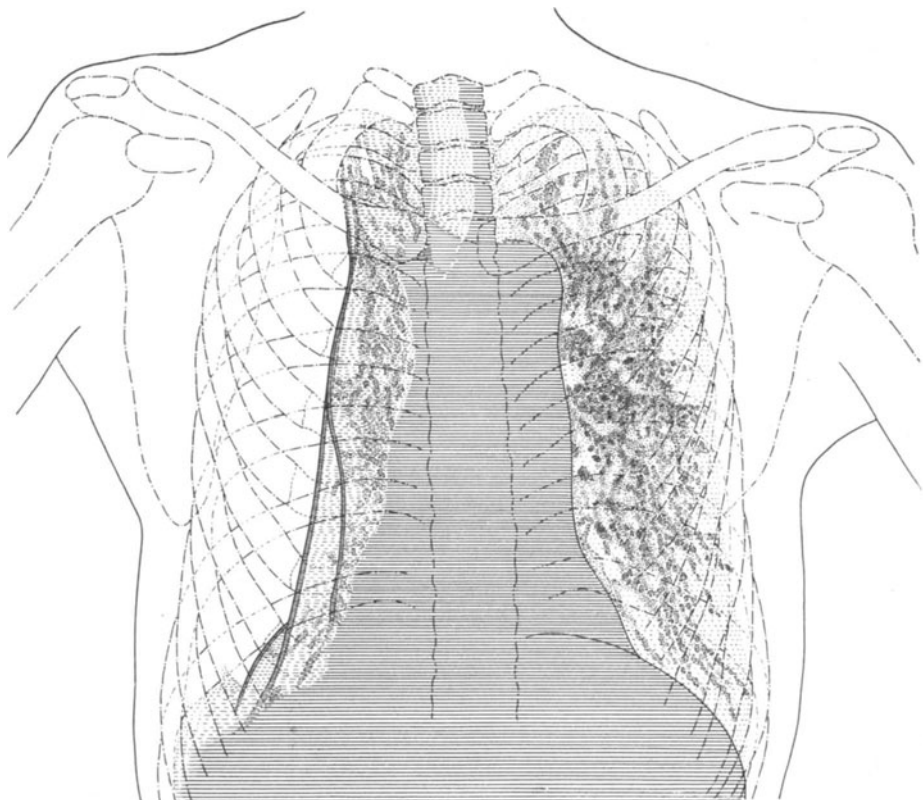


Abb. 4. Rechtsseitiger Pneumothorax.

Rechte Lunge medianwärts verdrängt. Lappen teilweise abgrenzbar, äußere Ränder derselben schwartig verdickt. Zwerchfellschatten unscharf. In beiden Lungen zahlreiche zerstreute, scharf begrenzte produktive Herde.

Denecke hat beobachtet, daß Form und Schattenintensität des kompakten Schattens der komprimierten Lunge verschieden ist bei sitzender und bei liegender Stellung, insofern derselbe im Liegen weit größer und heller ist.

Bei der Atmung zeigt die kollabierte (tuberkulös infiltrierte) Lunge nur selten stärkere Aufhellung oder Bewegung, außer wenn die Kompression geringgradig und der Pneumothorax sehr ausgedehnt bzw. vollständig ist. In letzterem Falle aber sieht man gute Entfaltung des Lungenstumpfes bei der Inspiration, während das nach der gesunden Seite verdrängte Herz und Mediastinum wieder in ihre normale Lage einrücken und das Zwerchfell nach aufwärts tritt, also in paradoxer Weise sich bewegt, oder — bei stärkeren Verwachsungen — nahezu unbeweglich ist. Manchmal sind an der komprimierten Lunge auch die

Lappengrenzen sowie die oftmals durch Pleuraschwarten verdickten Lungenränder ersichtlich (Abb. 4), zuweilen auch die interlobären Spalten als Schattenstreifen erkennbar.

Häufig sieht man einen länglichen, bandförmigen, der komprimierten Lunge entsprechenden Schattenstreifen entlang dem Mittelschatten verlaufen (Abb. 1, 4, 7, 11). Er enthält die zugehörigen Gefäße und Bronchien. Bisweilen ist aber vom Lungenschatten auf der erkrankten Seite fast gar nichts zu sehen, nämlich wenn Mediastinum und Herz nach der anderen (gesunden) Seite verlagert und die retrahierte Lunge in den Mediastinalraum hineingezogen ist (Abb. 13).

Die im Pneumothoraxraum hängende, den älteren Untersuchungsmethoden nicht mehr zugängliche retrahierte Lunge ist röntgenologisch meist gut, und

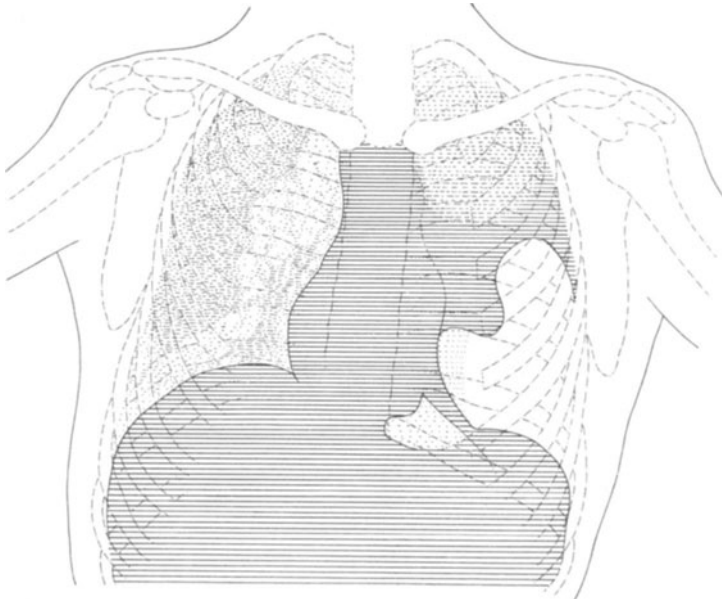


Abb. 5. Linksseitiger Pneumothorax.

Der Luftraum beschränkt sich auf die unteren Thoraxpartien, da die Lunge in ihren oberen Teilen adhärenzhaft ist. Die komprimierte infiltrierte Lunge ragt als klumpiger Zapfen in den Pneumothorax-Raum. Linkes Zwerchfell tiefstehend. Herz median gestellt. Von der Mitte der Zwerchfellkuppel verläuft eine derbe pleuritische Adhäsionsspanne gegen die Herzspitze.

zwar in ihrem ganzen Umfange, auf Grad und Ausdehnung ihrer Infiltration zu beurteilen, insofern infiltrierte und normale Lungenpartien durch ihre verschiedene Schattendichte gut voneinander zu unterscheiden sind (Abb. 3, 5, 6, 10).

Somit lassen sich die morphologischen Verhältnisse der retrahierten Lunge, z. B. tuberkulöse Herde (Abb. 2, 3, 4, 8) und Pleuraverdickungen (Abb. 2, 3, 4, 14) an der Hand von Röntgenbildern gut studieren.

Auch an der anderen, vor Ausführung der Röntgenuntersuchung häufig für ganz gesund gehaltenen Lunge finden sich sehr häufig peribronchitische Tuberkelherdchen oder pleuritische Veränderungen (Abb. 2, 4, 8, 10, 13).

Stets ist das Lungenfeld der nicht betroffenen Seite (infolge von Kompression und Hyperämie) etwas verdunkelt. Bei der Inspiration erfolgt auf der gesunden Seite eine Aufhellung des Lungenfeldes, während an der komprimierten Lunge oft keine erhebliche Helligkeitsänderung bei der Atmung auftritt.

Neben der starken Aufhellung des Lungenfeldes durch den intrathorakalen Lufterguß und der Lungenverdrängung auf der betroffenen Seite finden sich im Röntgenbilde auch erhebliche Verdrängungserscheinungen der Nachbarorgane, und zwar Tiefstand des Zwerchfelles unter stärkerer Eröffnung der Komplementärräume auf der betroffenen Seite (Abb. 1, 3, 4, 5) sowie Verlagerung des Herzens, der Trachea und der übrigen

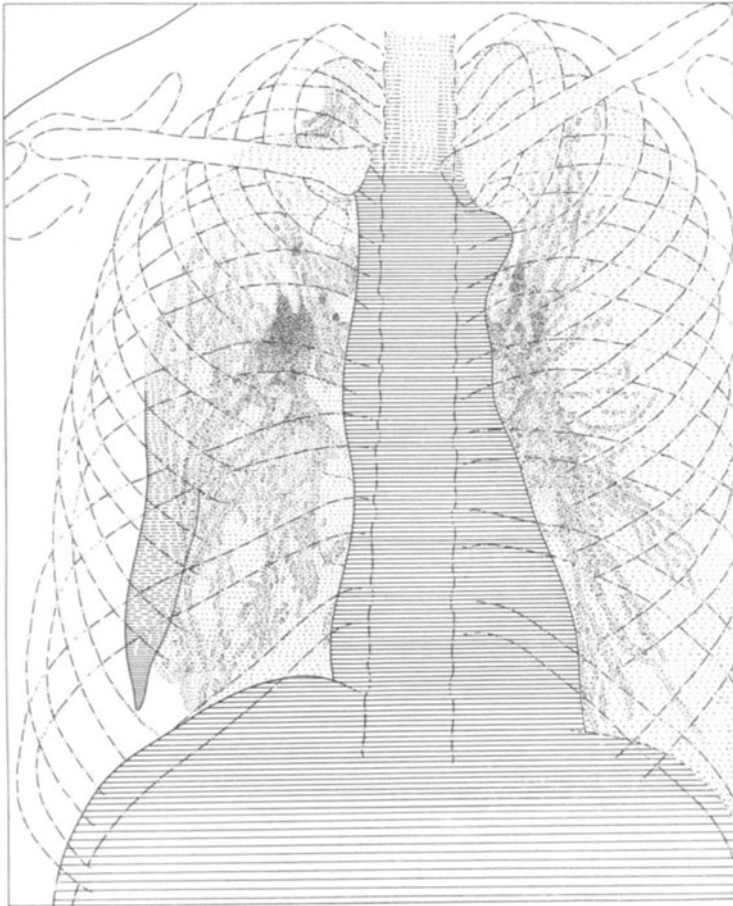


Abb. 6. Rechtsseitiger Pneumothorax.

Lunge ungleichmäßig retrahiert, von zahlreichen teils kleineren teils größeren Infiltrationsherden durchsetzt. Ein stärker infiltrierter zungenförmiger Abschnitt des Unterlappens mit schwartig verdickten Rändern ragt frei in den pneumothoracischen Raum (er wird bei der Atmung hin- und herbewegt). Keine Verdrängung der Nachbarorgane. Aorta etwas erweitert.

Mediastinalorgane nach der gesunden Seite hin (Abb. 2, 5, 11, 12, 13). Diese Verlagerung, welche übrigens beim offenen Pneumothorax lange nicht so bedeutend ist wie beim geschlossenen, kann dann, wenn der Pneumothorax unter positivem Druck steht, so erheblich sein, daß der durch die großen Gefäße, Trachea, Ösophagus usw. gebildete Mediastinalschatten in das Lungenfeld der „gesunden“ bzw. nicht betroffenen Seite hineinragt, ja er kann dort von dem Schatten der Wirbelsäule noch durch eine helle, lufthaltige Zone

getrennt sein. Ist ein pneumothoracisches Exsudat vorhanden, so ist diese Verdrängung des Mediastinums besonders gut nachzuweisen, insofern das Exsudat bei hohem Druck noch über den Wirbelsäulenschatten hinaus bis in das Lungenfeld der gesunden Seite hinüber zu verfolgen ist (Abb. 7).

Eine eigenartige Bewegung des Mediastinums tritt bei der Atmung zuweilen auf in der Weise, daß dasselbe bei der Expiration nach der gesunden Seite hinübergezogen wird und dort einen schmalen, dunklen, bandartigen Schattenstreifen bildet, während es bei der Inspiration seine frühere Stellung wieder einnimmt. Mit dem Mediastinum

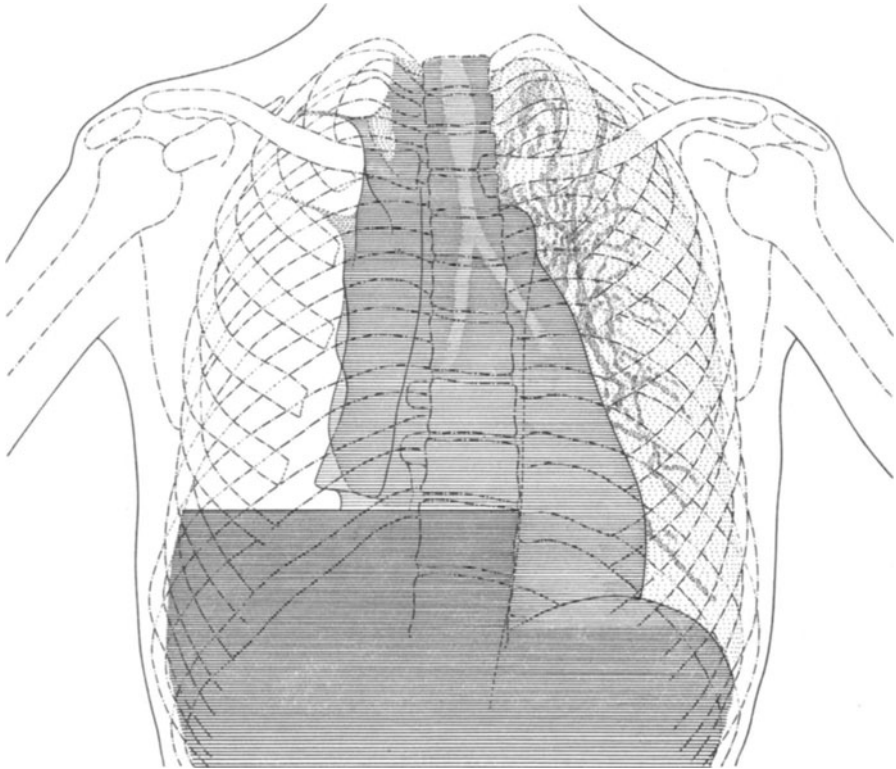


Abb. 7. Rechtsseitiger Seropneumothorax.

Rechte komprimierte Lunge nimmt die medianen, der pneumothoracische Raum die lateralen Partien der rechten Thoraxhälfte ein. Ober- und unterhalb der rechten Clavicula eine pleuritische Spange. Trachea und große Bronchien gut ersichtlich, rechter Hauptbronchus nach links verdrängt, ebenso Herz und Mediastinum. Flüssigkeitserguß reicht weit nach links, d. h. bis zur linksseitigen Grenzlinie der Wirbelsäule.

wird auch das Herz, unter gleichzeitiger Drehung um seine Längsachse, nach der kranken Seite verschoben. Diese respiratorische Verlagerung des Mediastinums ist natürlich nur bei der Leuchtschirmuntersuchung, welche leicht während der verschiedenen Atmungsphasen ausgeführt werden kann, genauer zu studieren.

Einer besonderen Besprechung muß noch das Verhalten des Zwerchfelles auf der betroffenen Seite unterzogen werden.

Bei geschlossenem Pneumothorax, wenn starker Überdruck im Thoraxraum besteht, findet man dasselbe zuweilen sogar nach unten vorgewölbt. Es steht aber oftmals gar nicht abnorm tief, d. h. wenn seine erschlaffte Muskulatur dem Druck der Baueingeweide nachgibt.

Gewöhnlich beobachtet man mäßigen Tiefstand des Zwerchfelles, und zwar sowohl infolge seiner Kontraktionskraft als auch infolge von Verdrängung. Dabei zeigt es schrägen Verlauf (Abb. 1, 6), insofern die Zwerchfellwölbung, welche hauptsächlich durch den Zug der elastischen Lunge bedingt ist, wegen des Fehlens der normalen Lungenspannung ausgeglichen wird.

Sobald bei Heilungsvorgängen des Pneumothorax, auf die unten noch näher eingegangen wird, der negative Druck mit der Wiederentfaltung der Lunge sich wieder stärker geltend macht, steigt das Zwerchfell allmählich höher und nimmt seine normale kuppelartige Form wieder an.

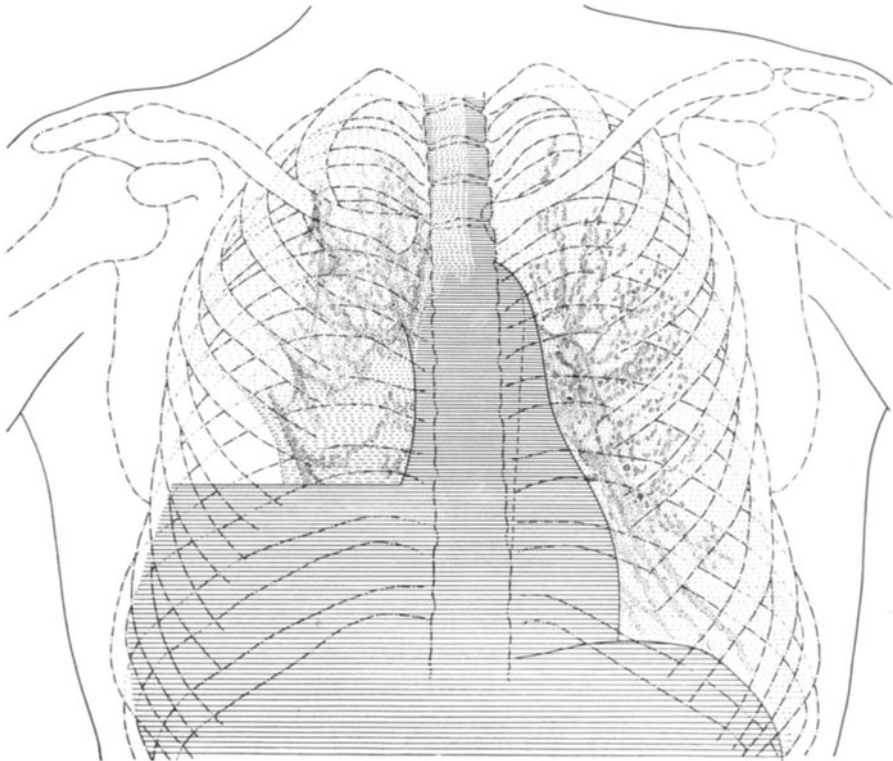


Abb. 8. Rechtsseitiger Seropneumothorax.

Rechte zum Teil infiltrierte Lunge nur wenig durch die lateral unten gelegene Luftblase verdrängt. Basalwärts ein pleuritisches Exsudat mit haarscharfer oberer Begrenzung. Herz an normaler Stelle. In der linken Lunge nur zerstreute peribronchitische Herdchen.

Besteht ein vollständiger Pneumothorax, so ist bei der Atmung meist nur schwache Bewegung des Zwerchfelles in normaler Richtung oder gar keine Bewegung zu sehen oder dieselbe erfolgt in paradoxer Weise, wie später noch näher ausgeführt werden soll. Bei Vorhandensein eines größeren pleuritischen Ergusses (Abb. 7 mit 13) ist das Zwerchfell gar nicht sichtbar.

Gesellt sich, wie dies meistens der Fall ist, zu dem „trockenen“ tuberkulösen Pneumothorax ein Exsudat, so gibt sich dasselbe — vorausgesetzt, daß es nicht die ganze Thoraxseite ausfüllt — schon beim ersten Blick auf den Leuchtschirm als solches zu erkennen; denn der durch dasselbe hervorgerufene Schatten zeigt, gleichgültig welche Körperlage der Patient einnimmt, eine absolut lineare obere Begrenzung, welche besonders dann deutlich in die

Erscheinung tritt, wenn der Patient aufrechte Stellung einnimmt und die Antikathode der oberen Grenze des Ergusses genau gegenübersteht. Der Erguß kann hier — im Gegensatz zum gewöhnlichen Pleura-Exsudat. — dem Gesetz der Schwere folgen und bildet deshalb stets einen vollkommen horizontalen Flüssigkeitsspiegel, indem die obere Grenze der Flüssigkeit ähnlich wie bei einer teilweise mit Flüssigkeit gefüllten Flasche sich immer horizontal einstellt. Diese rein horizontale obere Grenze der Flüssigkeitsschichte (Abb. 8—13) kommt auf Röntgenogrammen mitunter nur undeutlich zum Ausdruck, insofern

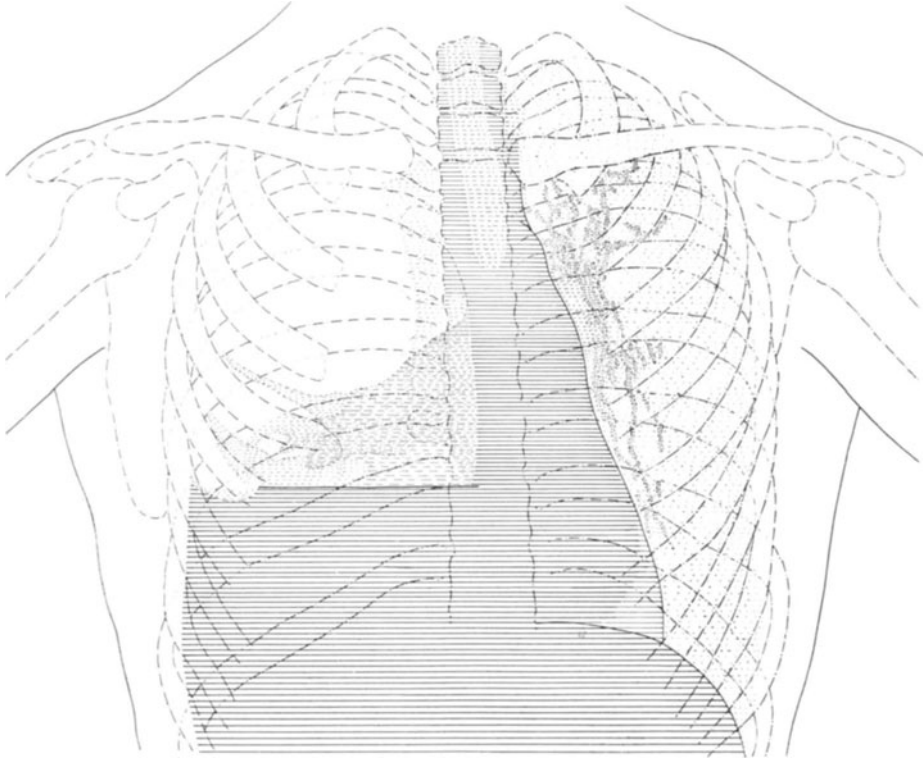


Abb. 9. Rechtsseitiger Seropneumothorax.

Kleines Pneumothorax-Exsudat mit scharf horizontaler oberer Begrenzung. Rechte Lunge vielseitig verwachsen, ungleichmäßig retrahiert. Rechtes Zwerchfell nicht sichtbar, linkes tiefstehend. Herz und Mediastinum nach links verdrängt. Zahlreiche fleckförmige Herdchen in der linken Lunge.

körperliche Unruhe, Respirationsbewegung, benachbarte Pulsation eine gewisse Unschärfe dieser Grenzlinie zur Folge hat.

Die Verlagerung der Nachbarorgane, besonders des Mediastinums, der Trachea, der großen Gefäße und des Herzens nach der gesunden Seite hin ist übrigens bei dem durch Exsudat komplizierten Pneumothorax nicht bloß durch direkten Druck der Pneumothoraxblase und des pleuritischen Ergusses bedingt, sondern auch — wie bei gewöhnlichen Pleura-Exsudaten — durch den elastischen Zug der anderen Lunge. Die Verdrängung ist aber auch abhängig von der jeweiligen Beschaffenheit des Pleurasackes (einschließlich des Mediastinums) und seinem verschiedengradigen Widerstande.

Aus der Intensität des Exsudatschattens kann kein bestimmter Schluß auf seröse, hämorrhagische oder eitrige Beschaffenheit des Exsudates gezogen werden.

Aber zur Feststellung, ob ein Exsudat an Ausdehnung zunimmt oder nicht, ist die Röntgenuntersuchung von großer Wichtigkeit.

Selbst sehr kleine (auf perkutorisch-auskultatorischem Wege noch nicht nachweisbare) Exsudatmengen geben sich auf dem Leuchtschirme als solche zu erkennen, sogar wenn sie nur den phrenikokostalen Sinus betreffen, und

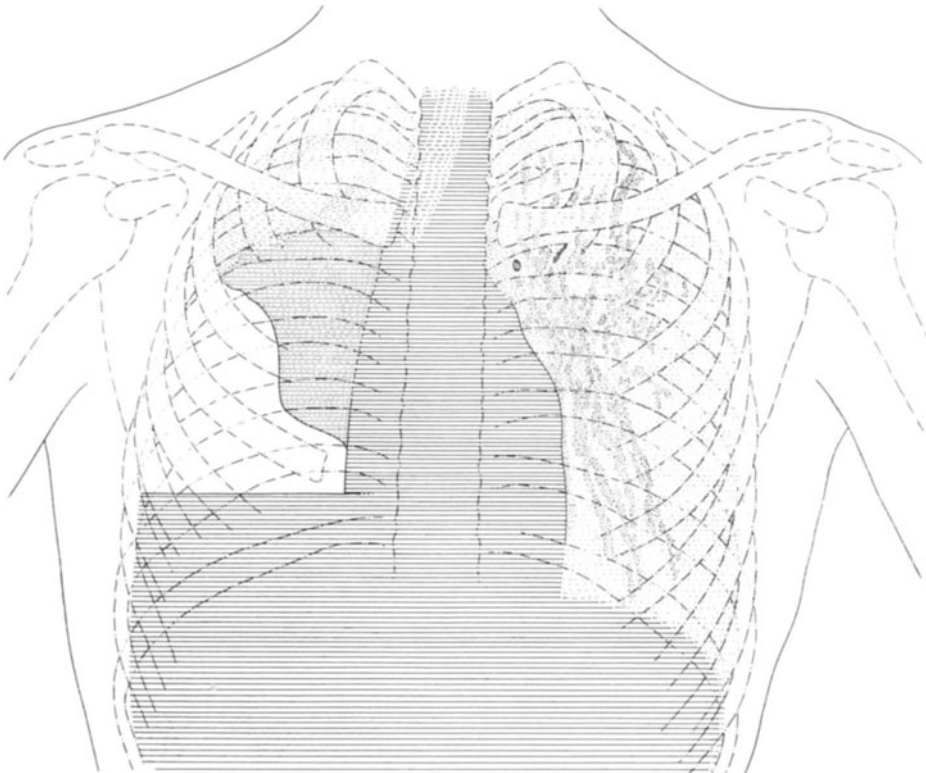


Abb. 10. Rechtsseitiger Seropneumothorax.

Kleiner Flüssigkeitserguß. Der pneumothoracische Raum unregelmäßig begrenzt. Die retrahierte Lunge bildet medianwärts einen klumpigen abgerundeten Schatten, der sich lateralwärts und gegen die Lungenspitze zu aufhellt. Herz nicht verdrängt. Linkerseits tuberkulöse Lymphdrüsen am Hilus sowie proliferative Herde in den medianen Bezirken des Oberlappens; Zwerchfellgrenze unscharf (Pleuritis chronica).

zwar sowohl durch ihre scharfe, obere, horizontal verlaufende Grenzlinie, die entsprechend der Zunahme des Exsudates weiter nach aufwärts rückt, als auch durch die leichte Verschiebbarkeit dieser oberen Exsudatgrenze, namentlich bei Lagewechsel.

Bei stärkerer Atmung, besonders aber bei Bewegung des Patienten, namentlich bei aktiven oder passiven Schüttelbewegungen des Thorax, werden oszillatorische Wellen- (und Spritz-) Bewegungen an der oberen Exsudatgrenze ersichtlich. Nach einer solchen Schüttelbewegung stellt sich der horizontale Flüssigkeitsspiegel rasch wieder ein. Diese Bewegungen entsprechen

der allbekannten Succusio Hippocratis, welche auf dem Leuchtschirme stets gut ersichtlich ist.

Eine andere Art von Wellenbewegung auf der Oberfläche der Pneumothoraxflüssigkeit, und zwar eine pulsatorische, kommt durch Fortpflanzung des Herzstoßes auf die Flüssigkeitssäule zustande; und zwar besonders bei linksseitigen Ergüssen.

Außer der beschriebenen oszillatorischen und kardiogenen Bewegung beobachtet man bei Pneumothorax noch eine dritte pathologische Bewegungsart, nämlich die zuerst von Kienböck (W. kl. W. 1898) ge-

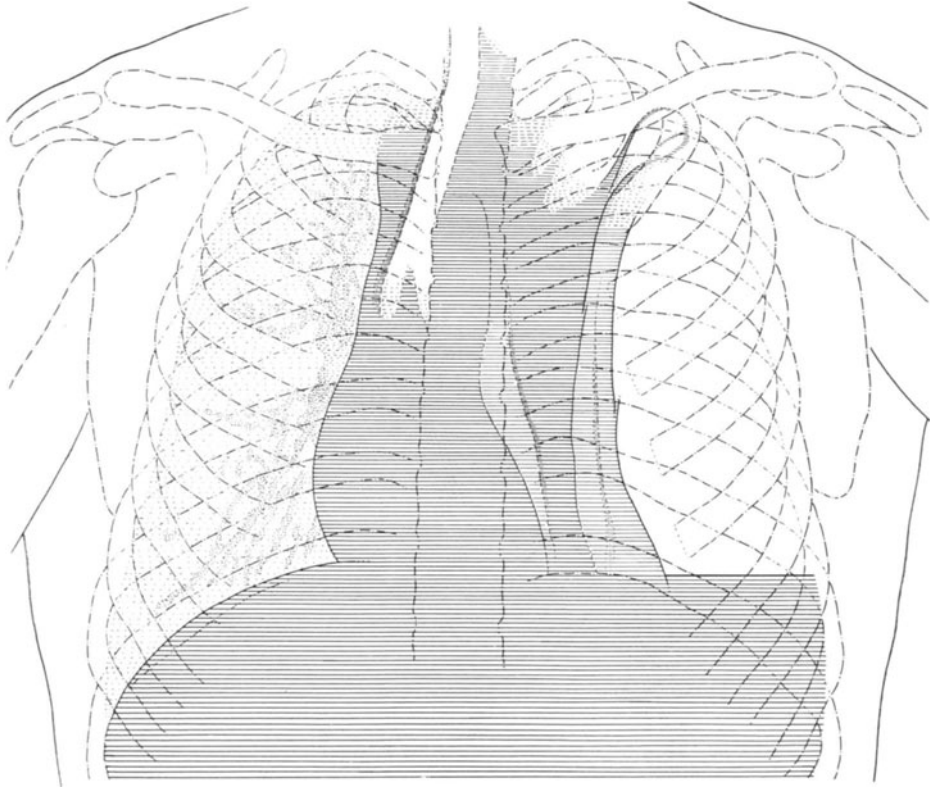


Abb. 11. Linksseitiger Seropneumothorax.

Kleines Exsudat. Komprimierte linke Lunge oben und unten adhärent. Herz und Mediastinum mit Trachea und den beiden Stammbronchien stark nach rechts verdrängt. (Der Pneumothorax steht hier unter hohem Druck.)

nauer studierte alternierende Bewegung (Schaukelbewegung). Während nämlich auf der nicht befallenen Thoraxseite das Zwerchfell der Norm entsprechend bei der Inspiration herabsteigt, bei der Expiration ansteigt, zeigt sich beim Sero- und Pyopneumothorax auf der kranken Seite eine anormale Zwerchfellbewegung, d. h. der Flüssigkeitsspiegel des Exsudates steigt bei der Inspiration und fällt bei der Expiration.

Diese in umgekehrtem Sinne, also „paradox“ erfolgenden respiratorischen Flüssigkeits- bzw. Zwerchfellbewegungen kommen dadurch zustande, daß die Baucheingeweide durch die inspiratorische abdominale Drucksteigerung auf der gesunden Seite dahin ausweichen, wo der Druck am geringsten ist — bei

bestehendem Pneumothorax also gegen das des Lungenzuges beraubte, entspannte (aber nicht gelähmte) Zwerchfell der erkrankten Seite. Dadurch wird das letztere hochgedrängt und bei der Expiration, d. h. beim Nachlassen des intraabdominalen Druckes, tritt es wieder nach abwärts.

Die von anderer Seite vertretene Annahme einer Phrenikuslähmung für die Erklärung der paradoxen Atmung bei Pneumothorax ist, wie Bittorf und Wellmann experimentell nachgewiesen haben, nicht zutreffend.

Brauer (Verhandl. d. 25. Kongr. f. inn. Med. 1908) hat übrigens gezeigt, daß eine Erhebung des Pleura-Ergusses auch künstlich, d. h. durch aktives Anspannen der Bauchdecken oder durch passiven Druck auf das Abdomen, hervorgerufen werden kann.

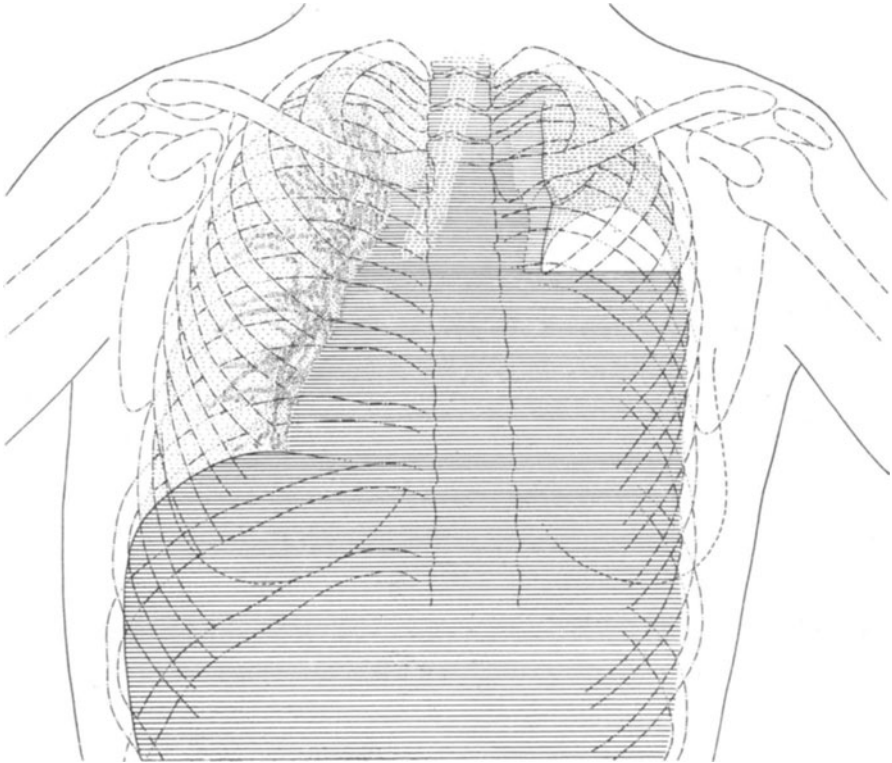


Abb. 12. Linksseitiger Seropneumothorax.

Großes Exsudat mit kleiner überstehender Luftblase. Linke Lunge im Gebiet des Oberlappens adhärent. Herz und Mediastinum nach rechts verdrängt. Im Gebiet des rechten Oberlappens zahlreiche kleine Infiltrationsherde.

Außer den genannten respiratorischen Schwankungen des intraabdominellen Druckes, welche sich bei Pneumothorax gut auf den Pleuraraum fort-pflanzen, kann — bei der gesteigerten Arbeit der gesunden Brustkorbseite — auch durch stärkere Saugwirkung auf Thoraxwand, Mediastinum und Zwerchfell eine paradoxe Zwerchfellbewegung ausgelöst werden. Und zwar ist diese Saugwirkung wohl in erster Linie maßgebend für die Entstehung dieser abnormen Bewegungsform. Dabei erfolgt eine inspiratorische Einziehung der Interkostalräume und das Mediastinum wird nach der Pneumothoraxseite zu verschoben. Auch wird infolge der Zunahme des negativen Druckes im Thorax bei der Inspiration das seines Tonus beraubte Zwerchfell

bei dieser Atmungsphase nach oben disloziert. Hat doch Bittorf (M. m. W. 1910) experimentell (an Kaninchen und Hunden) nachgewiesen, daß die paradoxe Bewegung erst nach Eintritt eines stärkeren negativen Druckes im Pleuraraum sich einstellt.

Das bei Bronchostenose zu beobachtende Pendeln des Mediastinums und die bei Pneumothorax so häufig vorkommende paradoxe Zwerchfellbewegung sind von Aßmann als gleichartige Erscheinungen, d. h. als Störungen des Druckausgleiches während der Atmung, bezeichnet worden.

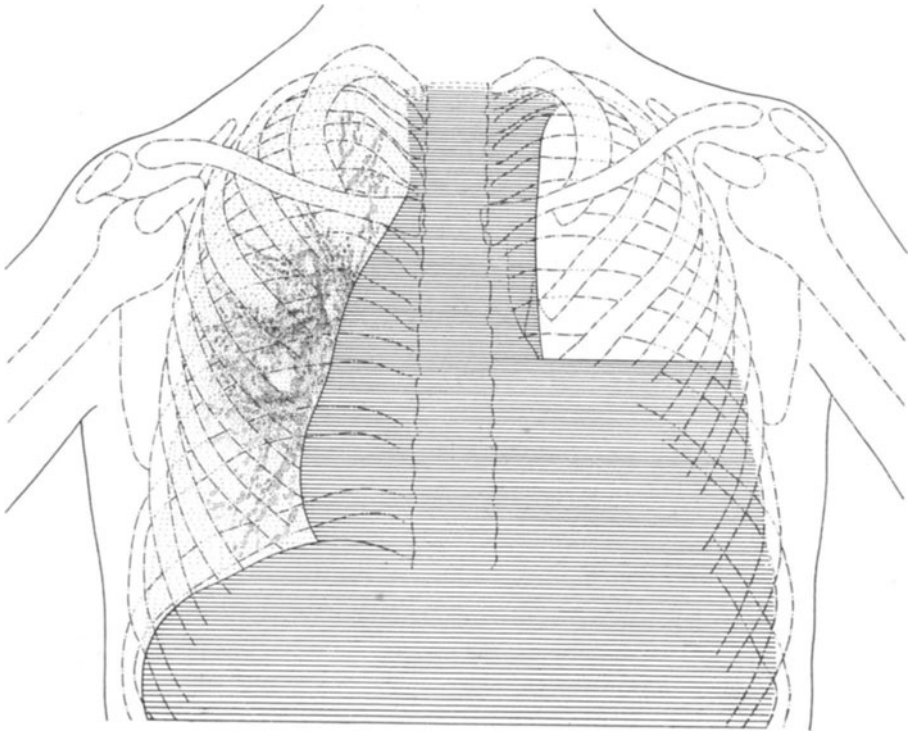


Abb. 13. Linksseitiger Seropneumothorax.

Ziemlich große Luftblase. Die komprimierte Lunge bildet medianwärts ein der Wirbelsäule anliegendes Schattenband. Die Flüssigkeitsschicht mit ihrer horizontalen oberen Begrenzung reicht bis in halbe Höhe des linken Lungefeldes, Herz und Mediastinum sind nach rechts verdrängt. In der Umgebung des rechten Hilus und im Gebiet der rechten Lunge zahlreiche tuberkulöse Herdchen.

Die paradoxe Zwerchfellbewegung — man hat sie auch Schaukelbewegung benannt — findet sich seltener bei offenem Pneumothorax als bei geschlossenem und bei Ventilpneumothorax. Sie fehlt, wenn der vorhandene Gasdruck eine stärkere Spannung der entsprechenden Zwerchfellhälfte zur Folge hat, welche dem abdominellen Drucke stärkeren Widerstand zu leisten vermag; in diesem Falle ist lediglich Zwerchfellstillstand bzw. verminderte Beweglichkeit der Atmung zu beobachten. Namentlich bei dem nach Empyemoperation entstehenden offenen Pneumothorax, wo der in der kranken Pleurahöhle herrschende Druck gleich ist dem Atmosphärendruck, beobachtet man gewöhnlich normalen Atmungsstypus. Übrigens stehen diesbezügliche systematisch durchgeführte Röntgenuntersuchungen bei den verschiedenen Arten des Pneumio-

thorax, d. h. bei geschlossenem, offenem und Ventilpneumothorax immer noch aus.

Auch wenn eine Pleuritis diaphragmatica mit Adhäsionen dem Pneumothorax vorangegangen ist, besonders wenn infolge von stärkeren pleuritischen Verwachsungen nur ein partieller, das Zwerchfell gar nicht erreichender Pneumothorax zustande kommt, fehlt stets die paradoxe Zwerchfellbewegung. Die letztere kommt außer bei Pneumothorax auch bei verschiedenen anderen

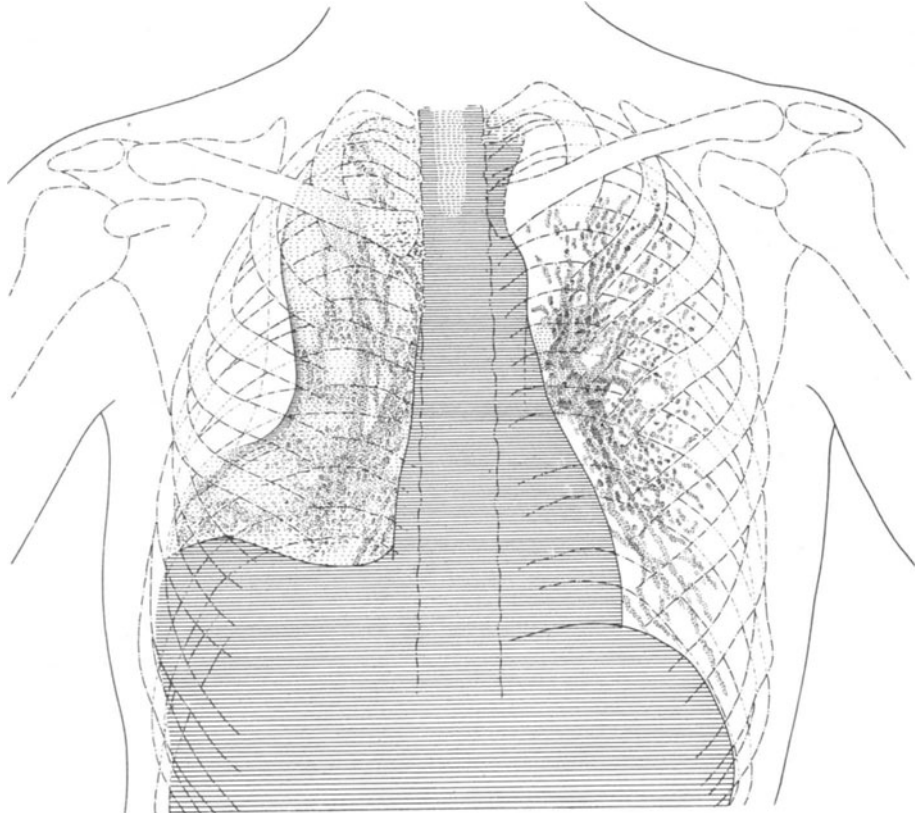


Abb. 14. Abgesackter rechtsseitiger Pneumothorax.

Lateralwärts gelegene, nach oben und unten sich verschmälernde Luftblase. Lunge nur wenig retrahiert, mit verdicktem lateralem Rande, von zahlreichen Infiltrationsherden durchsetzt. Rechtes Zwerchfell wellenförmig verlaufend, lateralwärts adhären. Linkerseits zahlreiche peribronchitische Herdchen vom Hilus gewissermaßen nach der Peripherie ausstrahlend.

Krankheitszuständen, z. B. bei einseitiger Zwerchfellähmung, bei Enteroptose, bei Pleuritis gelegentlich zur Beobachtung.

Durch mechanische Beeinflussung der Atmung bei geschlossener Glottis kann übrigens, wie bekannt, auch bei normalen Menschen manchmal paradoxe Zwerchfellbewegung hervorgerufen werden.

Außer paradoxer und normaler beobachtet man zuweilen auch eine eigenartige wellenförmige Zwerchfellbewegung bei Pneumothorax, infolge von partieller Ansaugung des Zwerchfelles. Dahin gehört die von Brauer und Schlippe (in Groedels Grundriß der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin) beschriebene, als Ausdruck des intraabdominellen Druckverlaufes aufzufassende Vierphasenbewegung, wobei das

Zwerchfell sich inspiratorisch etwas hebt und dann wieder senkt und expiratorisch abermals steigt und dann wieder sinkt.

Sind ausgedehntere Pleuraverwachsungen vorhanden und betreffen dieselben vorwiegend die unteren Partien der Lunge, so kann es zur Bildung eines nur partiellen, auf einen kleinen Bezirk beschränkten Pneumothorax, eines sog. Pneumothorax saccatus, kommen. Man findet dann gewöhnlich eine nicht sehr große, lateralwärts gelegene Luftblase, d. h. der pathologische Luftraum ist auf einen kleinen, wandständigen Bezirk der mittleren oder unteren Lungenpartien beschränkt, so daß nur ein mehr oder weniger breiter, nach oben und unten sich verschmälernder Spalt zwischen Lunge und Thoraxwand ersichtlich ist (Abb. 14). Auch in diesem durch Adhäsionen fast vollständig abgeschlossenem Raume kann sich — wie beim diffusen Pneumothorax — ein pleuritisches Exsudat entwickeln. Diese zirkumskripte abgeseckte Form des unvollständigen Pneumothorax ist, wenn keine typischen perkutorisch-auskultatorischen Erscheinungen nachzuweisen sind, nur der röntgenologischen Diagnose zugänglich.

Auch kleinste Luftansammlungen über Exsudaten im Pleuraraume sind oft nur auf röntgenologischem Wege nachzuweisen. Solche kleine abgekapselte Flüssigkeitsansammlungen im Pleuraraume können nach der Lunge durchbrechen und dann spontan ausheilen. Sie geben sich durch eine engbegrenzte Flüssigkeitsansammlung mit horizontaler oberer Begrenzung innerhalb des Lungenfeldes zu erkennen.

Nach teilweiser oder vollständiger Resorption der überstehenden Gasblase kann ein großes pneumothoracisches Exsudat den Pleuraraum zum größten Teile oder ganz ausfüllen und L. Spengler spricht in solchen Fällen von einem Rest- oder Ersatz-Exsudat bei überstandenen Pneumothorax. Nach teilweiser Entleerung eines solchen Exsudates wird das neuerliche Eindringen von Luftblasen in den Pleuraraum auf dem Leuchtschirme sofort ersichtlich durch die Bildung eines Flüssigkeitsspiegels mit horizontaler oberer Begrenzung, der bei Tiefatmung und namentlich bei Schüttelbewegungen des Rumpfes deutliche Succusio zeigt. In therapeutischer Hinsicht ist natürlich die Differentialdiagnose zwischen einfachem pleuritischem Exsudat und Pneumothorax-Ersatzexsudat wichtig, da bei Vorhandensein des letzteren eine Aspiration zu unterlassen ist, um die Heilung der Lungenrißstelle nicht zu gefährden.

Schließlich sei noch auf einige seltener vorkommende Arten des Pneumothorax, namentlich des abgeseckten Pneumothorax, hingewiesen:

Doppelseitiger Pneumothorax kann als künstlicher Pneumothorax (s. dort!) bei doppelseitigem operiertem Empyem vorkommen, aber auch als Spontan-Pneumothorax nach Traumen sowie bei substantiellem Emphysem (Bach, Massini und Schönberg, Faschingbauer), d. h. durch Platzen von Emphysembblasen. Hier sieht man im Röntgenbilde, wie beiderseits ein mantelförmiger Luftraum die nach dem Hilus zurückgezogene Lunge umgibt. Ein solcher Pneumothorax führt wegen des Kollapses beider Lungen meist rasch zum Tode, außer wenn er langsam entsteht und langsam sich ausbreitet. Viel besser wird der operative Pneumothorax bei doppelseitigem Empyem ertragen.

Auch bei bullösem Spitzenempysem ist bisweilen Pneumothorax beobachtet worden.

Selten ist der Pneumothorax im Gebiet der Pleuraspalten. So hat Wachtel einen Fall von Pyopneumothorax interlobaris beschrieben. Es handelte sich um die Folgen eines rechtsseitigen Lungenschusses. Die untere Grenze des Schattenbezirkes entsprach dem Verlaufe des horizontalen Interlobärspaltes. Nach operativer Entfernung des Eiters erfolgte Heilung. Auch bei gashaltigem interlobärem Empyem (s. auch Pleuritis interlobaris,

S. 468) und nach künstlicher Entleerung desselben ist von Fleischner isolierte Luftansammlung in Interlobärspalten festgestellt worden.

Linksseitiger Chylopneumothorax wurde von Frohman nach Verletzung des Milchbrustganges (in seinem Halsteile) durch Infanterieschuß beobachtet.

Ein mediastinaler Pneumothorax kommt dadurch zustande, daß ein Luftraum zwischen Pleura pulmonalis einerseits und Pleura mediastinalis und diaphragmatica andererseits sich entwickelt, indem ein heller, etwa fingerbreiter Streifen dem Mittelschatten anliegt. Hierher gehört eine Beobachtung v. Bergmanns, welcher ein helles lufthaltiges Dreieck zwischen Zwerchfell, Mittellinie des Wirbelsäulenschattens bzw. Pleura mediastinalis und der unterhalb des Hilus zur Seite gedrängten Lunge feststellte.

(Im Gegensatz zum Pneumothorax mediastinalis ist das Emphysem des Mediastinums durch Aufhellung des Mittelfeldes selbst charakterisiert.)

In differentialdiagnostischer Hinsicht sei noch kurz folgendes bemerkt: Die röntgenologischen Kennzeichen sowohl des abgesakkten als auch des diffusen Pneumothorax sind, wie aus obigen Darlegungen und Illustrationen ersichtlich ist, so deutlich, daß eine Verknennung derselben bei sorgfältiger Untersuchung nicht zu befürchten ist. Eine Verwechslung des Sero- oder Pyopneumothorax mit einem gashaltigen Lungenabszeß ist zu vermeiden, da der letztere nur selten wandständig ist, während man bei schräger Durchleuchtung sieht, daß das Empyem bis dicht an die Brustwand heranreicht. Und auch der trockene Pneumothorax kann von einer großen Kaverne des Oberlappens oder einer mit Vorfall des Magens einhergehenden Zwerchfellhernie in der Regel gut unterschieden werden.

Künstlicher (therapeutischer) Pneumothorax.

Von besonders großer praktischer Bedeutung ist die Röntgenuntersuchung beim künstlichen Pneumothorax, der zum Zwecke der Ruhigstellung und Kompression der tuberkulös erkrankten Lunge angelegt wird. Wir streben hierbei zur Erzielung eines möglichst guten therapeutischen Erfolges die Herstellung eines ausgedehnten d. h. möglichst vollständigen Pneumothorax an, der die Lunge vollkommen oder wenigstens nahezu luftleer macht. Man hat deshalb nicht mit Unrecht von einer Kollapstherapie gesprochen. Allerdings tritt beim Bestehen größerer Adhäsionen nur ein unvollständiger Pneumothorax ein, so daß der Erfolg einer Gaseinblasung in die Pleurahöhle nur ungenügend ist.

Die künstliche Anlegung eines Pneumothorax wurde von dem Italiener Forlanini und dem Amerikaner Murphy begründet, aber erst von Brauer praktisch erprobt und weiter ausgebildet. Der von letzterem empfohlenen „Schnitt-Methode“ wird allerdings fast allgemein die „Stich-Methode“ vorgezogen.

M. Wolff und Ehrlich brachten schon 1915 (Fortschritte Band 22) Serien instruktiver Röntgenogramme, an denen der Erfolg des Eingriffes gut ersichtlich ist.

Der künstliche Pneumothorax gehört zur Kategorie des geschlossenen Pneumothorax.

Für die Indikation zur Vornahme des therapeutischen Pneumothorax (Einblasung von 500—1000 ccm Stickstoff in den Pleuraraum der kranken Seite, unter Darnachachtung, daß das zuzuführende Gas stets unter Beibehaltung eines bestimmten negativen Druckes in den Thorax einströmt, und für die Weiterbehandlung (Nachfüllung von Stickstoff bei stärkerer Resorption desselben, gewöhnlich in mehrwöchentlichen Abständen) ist die Röntgenkontrolle unerlässlich.

Besonders aber vor Anlegung eines Pneumothorax ist eine röntgenoskopische und womöglich auch eine röntgenographische Untersuchung der Brustorgane zur Klarstellung der pathologisch-anatomischen Verhältnisse absolut erforderlich. Namentlich hat man sich von dem Fehlen ausgedehnter Pleuraverwachsungen vor der Ausführung des operativen Eingriffes zu überzeugen. Für das Gelingen der Operation ist deshalb die genaue Kenntnis des Röntgenverfahrens und seiner Ergebnisse eine notwendige Vorbedingung.

Die Vornahme des künstlichen Pneumothorax eignet sich in erster Linie für Heilanstalten und Kliniken, sie kann aber auch bei ambulanten Kranken vorgenommen werden.

Man hat behufs Ausführung der Punktion unter Berücksichtigung des Röntgenbildes einen freien Pleuraspalt an einer herdfreien Stelle, fern von Herz und Zwerchfell, aufzusuchen, muß aber, wenn größere flächenhafte Verwachsungen vorhanden sind, von der Anlegung des Pneumothorax Abstand nehmen, weil sonst die Ausführung desselben zu sehr erschwert wäre und außerdem die zugeführte Luftmenge nicht genügen würde, um die Lunge genügend zu komprimieren. Wenn auch der röntgenologische Nachweis von Adhäsionen nicht immer ermöglicht ist, so vermag man sich doch im allgemeinen über feste, ausgedehnte Verwachsungen mit Hilfe des Röntgenverfahrens gut zu orientieren.

Vor der Stickstoffzufuhr muß man sich also stets davon überzeugen, daß die Punktionsnadel sich in einem offenen Pleuraspalt befindet. Nur wenn nach Einführung der offenen Kanüle zuerst ein negativer Druck am Wasser-Manometer und bei weiteren Beobachtungen desselben regelmäßige, mit den Inspirationsbewegungen synchron verlaufende, negative Schwankungen auftreten, soll die Einblasung des Stickstoffes erfolgen. Treten keine manometrischen Schwankungen auf, so muß man annehmen, daß Verwachsungen der Pleurablätter vorhanden sind und deshalb an einer anderen Stelle punktieren.

Während der Einblasung des Gases in die Pleurahöhle zieht sich die gleichseitige Lunge vermöge ihrer elastischen Spannkraft zusammen und lagert sich median, soweit nicht die beiden Pleurablätter, d. h. parietale und pulmonale Pleura, unter sich oder mit ihrer Umgebung verwachsen sind. In letzterem Falle zeigen sich mannigfache Schattenbildungen in Form von Spangen, Strängen und Bändern innerhalb des künstlich geschaffenen pneumothoracischen Raumes, ähnlich wie dies bereits beim natürlichen d. h. spontanen Pneumothorax beschrieben wurde (s. Abb. 2, 5, 7, 9, 11, 14).

Operiert man unter geringem pleuralem Druck, so kommt es nicht zu den gefürchteten künstlichen Ausbuchtungen (Überblähungen) der Pleura mediastinalis an den sogenannten schwachen Stellen des Mediastinums.

Diese zuerst von Nitsch und Brauer beschriebenen „schwachen Stellen“ des Mediastinums kommen wohl nur bei stärkerem Überdruck zum Vorschein, indem sie demselben mehr als die übrigen Wandungen des Mediastinums nachgeben und zur Bildung eines mediastinalen Pneumothorax führen.

Eine solche schwache Stelle findet sich im vorderen Mediastinum in Höhe der 1.—3. Rippe, woselbst sich zwischen den beiden mediastinalen Pleurablättern nur lockeres fettreiches Bindegewebe und etwaige Thymusreste befinden. Auf dem Röntgenbilde sieht man hier einen schmalen gebogenen, von der beiderseitigen Pleura mediastinalis begrenzten Schattenstreifen, der gegen das normale Lungenfeld ausgebuchtet wird und medialwärts sich von dem durch den Pneumothorax aufgehellten Mittelfelde deutlich abhebt. Hier kann man auch zuweilen bei Anlegung des Pneumothorax ein eigenartiges Flattern des Mediastinums beobachten. Es kann sogar zu hernienartiger, rundlicher

Vorstülpung des Mediastinums („Mediastinalhernie“) nach der gesunden Seite hin kommen. Besteht ein Seropneumothorax, so kann Flüssigkeit bei entsprechendem Lagewechsel des Patienten in diese hernienartige Ausstülpung übertreten und hier einen horizontalen Flüssigkeitsspiegel bilden.

Schon lange vor Anwendung des Röntgenverfahrens hat übrigens Weil darauf hingewiesen, daß bei großen, das Mediastinum verdrängenden pleuritischen Ergüssen die Dämpfung den Sternalrand der anderen Seite um 1—2 cm überschreiten kann.

Eine zweite solche „schwache Stelle“ findet sich im hinteren unteren Mediastinum zwischen Herz und Wirbelsäule, etwa 2 Querfinger oberhalb des

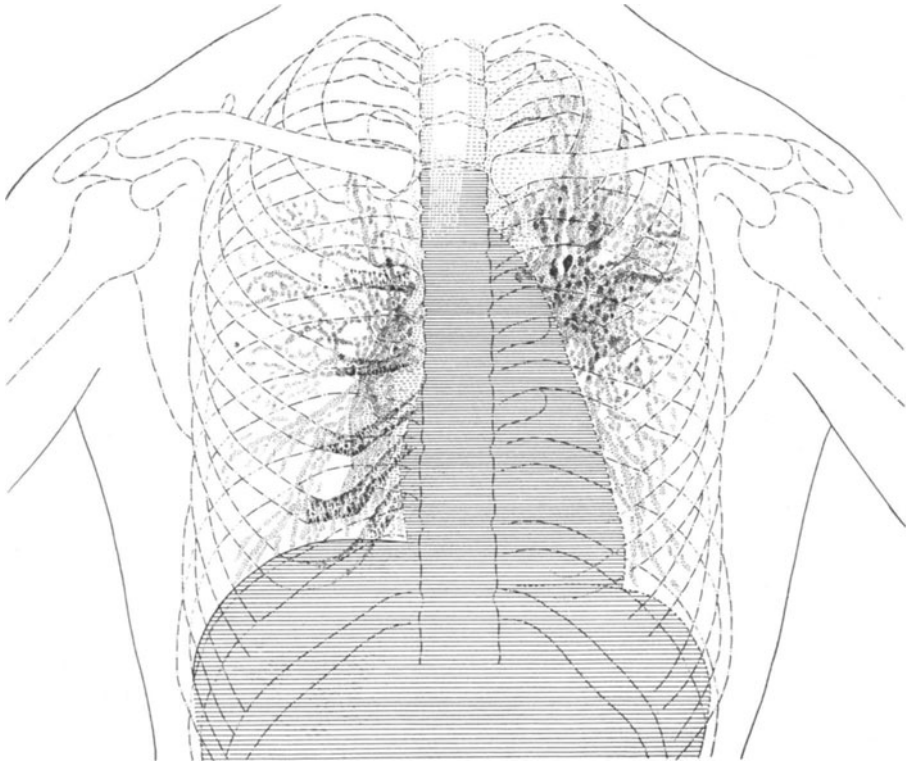


Abb. 15. Chronische Lungentuberkulose.

Zahlreiche zerstreute produktive tuberkulöse Herde vorwiegend in den zentralen linksseitigen Lungenpartien, vereinzelte auch rechterseits. In den medianen Partien des linken Oberlappens sowie im Gebiet der linken Lungenspitze fast diffuse Infiltration. Osteophyten der einzelnen Rippenknorpel nur rechterseits sichtbar, links sind dieselben durch Herz- und Gefäßschatten verdeckt. Herz kegelförmig, Gefäßbögen nicht ausgesprochen.

Zwerchfelles. Eine Überblähung daselbst ist im Gegensatz zur vorderen oberen Überblähung belanglos. Neben Herzverdrängung sieht man hier besonders bei schräger Durchleuchtung Verbreiterung des hellen pneumothoracischen Mittelfelds.

Daß das Herz bei Anlegung eines künstlichen Pneumothorax in Mitleidenschaft gezogen wird, lehren uns, abgesehen von den schon wiederholt erwähnten Verdrängungserscheinungen, Beobachtungen von Fleischner (Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 30 (1923), der auf lebhafte, eigenartige Bewegungsvorgänge am Herzen aufmerksam machte.

Namentlich sind auch stärkere Zerrungen der Lunge zu vermeiden, da sonst Zerreißen derselben, namentlich bei Kavernen und Pyopneumothorax, eintreten können.

Nach der Einbringung von Stickstoff in die eine Pleurahöhle sieht man weiters, daß das Zwerchfell auf dieser Seite erheblich tiefer steht und schräge Verlaufsrichtung zeigt, sowie gar nicht oder nur in geringem Grade in seiner Beweglichkeit gestört ist, aber oftmals in paradoxem Sinne sich bewegt. In letzterem Falle erfolgt eine Ansaugung desselben durch den Thorax während seiner inspiratorischen Erweiterung. Auf diese Weise wird der pneumothoracische Raum temporär, d. h. während der Phase der Inspiration eingeengt, während der Expiration hingegen erweitert. Die paradoxe Bewegung kommt nicht zustande, wenn das Zwerchfell durch pleuritische Adhäsionen fixiert ist.

Im Gegensatz zur paradoxen Bewegung bei Bronchostenose, wo besonders eine respiratorische Verschiebung des Mediastinums nach der gleichen Seite durch inspiratorische Ansaugung zustande kommt und paradoxe Zwerchfellbewegung nur selten beobachtet wird, ist bei Pneumothorax die Verschiebung des Mediastinums nur wenig, die paradoxe Bewegung des Zwerchfelles aber stark ausgesprochen.

Nach Ausführung des operativen Eingriffes hat man für langzeitige Erhaltung der Gasblase Sorge zu tragen. Deshalb ist nicht bloß bei der Wahl des einzublasenden Gases dem Stickstoff der Vorzug zu geben, welcher von allen Gasen am langsamsten resorbiert wird, sondern auch rechtzeitige Nachfüllung vorzunehmen. Eine solche ist in erster Zeit etwa alle 4 Wochen, in späterer Zeit aber nur in größeren Zwischenräumen benötigt, weil die Resorptionsfähigkeit der Pleura für Gase allmählich abnimmt. Die nie zu versäumende Kontrolle durch Röntgenuntersuchung ist auch wichtig, um die Wirkung der Einblasung, die Art und Weise der Lungenretraktion, die Verdrängung von Herz und Mediastinum sowie die Lösung von Adhäsionssträngen beobachten zu können. Die Zeitdauer, während deren unter zeitweiliger Nachfüllung von Stickstoff die Lunge unter der Einwirkung des Pneumothorax stehen soll, beträgt ungefähr ein Jahr. Sie kann sich aber auch unter Umständen noch auf längere Zeit erstrecken. Die Heilung des Pneumothorax ist erst dann zuzulassen, wenn die klinische Kontrolle des Krankheitsprozesses dies rätlich erscheinen läßt, d. h. wenn Fieber und Sputum verschwunden sind, das Körpergewicht eine Zunahme erfahren hat und das Allgemeinbefinden eine erhebliche Besserung zeigt.

Die Indikationen des operativen Pneumothorax, der an sich ein unbedeutender Eingriff ist und bei streng durchgeführter Asepsis keine Gefahr für den Kranken bedingt, sind immer noch nicht genau festgelegt und in jüngster Zeit auf Grund der gesammelten Erfahrungen sogar etwas eingeengt worden. Und zwar deshalb, weil nicht bloß die tuberkulösen Lungenveränderungen der anderen Thoraxseite vom Pneumothorax oftmals ungünstig beeinflußt wurden, sondern auch die Zirkulation beeinträchtigt wird, insofern mitunter eine dilatative Hypertrophie des rechten Herzens nach längerem Bestehen eines künstlichen Pneumothorax beobachtet wurde.

Nur bei vorwiegend einseitiger vorgeschrittener Lungentuberkulose (besonders destruktiv-kavernösen bzw. käsig-pneumonischen Prozessen), wenn sie nicht mit stärkeren pleuritischen Verwachsungen einhergeht, da diese eine künstliche Kompression der Lunge verhindern würden, und besonders dann, wenn die Erkrankung mehr die zentralen Partien der Lunge betrifft, sowie bei mangelhafter Resorption eines tuberkulösen pleuritischen Exsudates hat sich der therapeutische Pneumothorax bewährt. Er ist aber auch angezeigt, wenn der tuberkulöse Krankheitsprozeß trotz längerer

sorgfältiger Behandlung sich ständig verschlechtert und zur respiratorischen Ruhigstellung der Lunge die Bettruhe nicht ausreicht, sowie bei lebensgefährlichen Lungenblutungen, vorausgesetzt daß feststeht, von welcher Seite die Blutung kommt. Wenn auch oftmals nur eine Verzögerung des Weiterschreitens des tuberkulösen Prozesses von dem operativen einen einseitigen Lungenkollaps erzielenden Eingriff erreicht werden kann, so ist derselbe doch in manchen Fällen direkt angezeigt. Sehr wichtig ist endlich

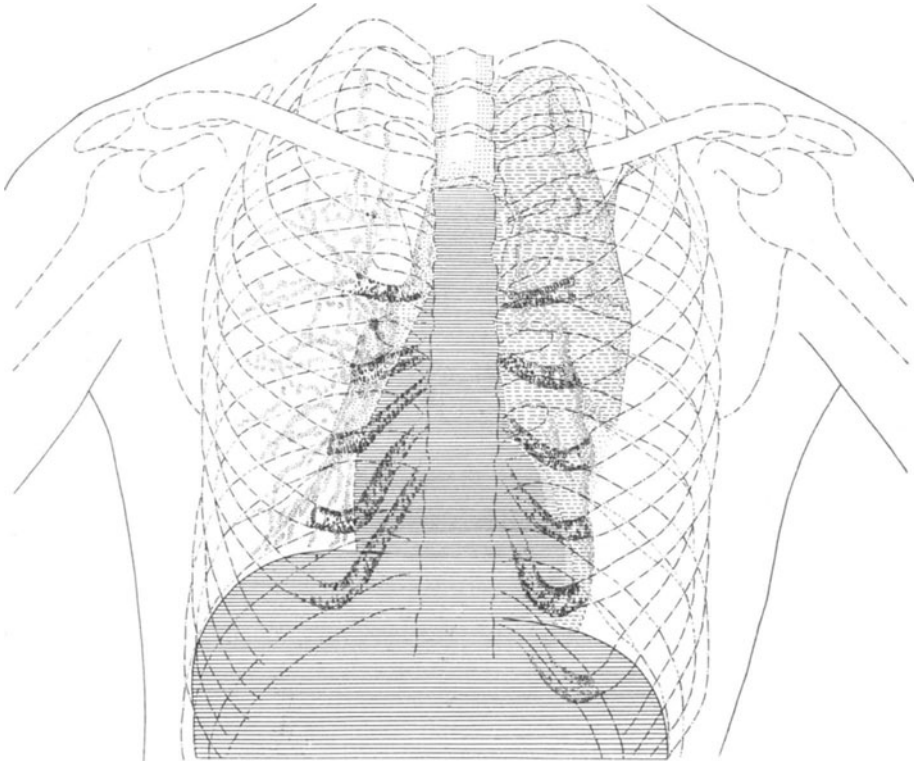


Abb. 16.

Derselbe Fall wie in Abb. 15, nach Anlegung eines künstlichen Pneumothorax. Linke Lunge oben und unten adhären und wegen starker Verwachsungen in ungleichmäßiger Weise medianwärts retrahiert. Eine Pleuraspanne unterhalb der linken Clavicula. Linkes Zwerchfell tiefstehend, Herz nach rechts verdrängt. Beiderseitige Verknöcherung der einzelnen Rippenknorpel.

auch, daß wie bei Lungenabszeß so auch bei Lungengangrän gute Erfolge bzw. Heilung durch künstlichen Pneumothorax erzielt werden können.

Zur Behandlung adhärenter kaverner Lungentuberkulose, wenn der künstliche aseptische intrapleurale Pneumothorax nicht am Platze ist bzw. ein vollständiger Pneumothorax infolge von Pleura-Verwachsungen nicht angelegt werden kann, ist die extrapleurale Thorakoplastik (sog. große Plastik) oder die Plombierung am Platze oder die Rippenresektion mit künstlicher Bildung einer Wundhöhle, die man nach Ausschälung der Lunge wieder schließt.

Röntgenologischer Befund nach Anlegung eines künstlichen Pneumothorax: Entsprechend dem im Pleuraraume verteilten Stickstoff und den kollabierten normalen und pathologischen Lungenabschnitten sowie den jeweiligen pleuritischen Veränderungen wechseln Aufhellungen und Schattenbildungen miteinander ab. Die verschiedenartigsten Bilder kommen dadurch zustande

— nicht mit Unrecht hat man von einer proteusartigen Gestalt des Pneumothorax gesprochen — und die Deutung und anatomische Beurteilung ihrer Einzelheiten stellt manchmal große Anforderungen an die Urteilskraft des Untersuchers.

Ein künstlicher, bei Lungentuberkulose ausgeführter Pneumothorax ist fast stets, wenigstens direkt nach der Stickstoffeinblasung, unvollkommen. Bei ihm überwiegen in den oberen Lungenpartien mehr die Infiltrationen, die Verwachsungen und Strangbildungen, in den unteren mehr die Kollapserscheinungen. (Vergleiche in dieser Hinsicht die Abb. 15 und 16!)

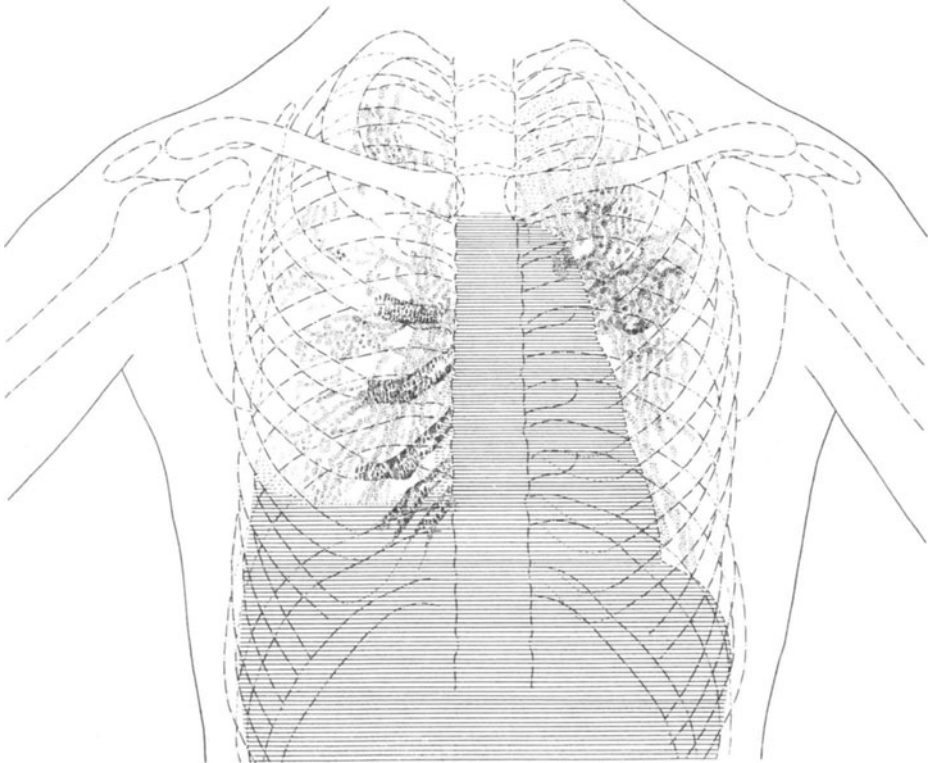


Abb. 17.

Derselbe Fall wie in Abb. 15 und 16, nach Resorption des eingeblasenen Gases, mehrere Wochen nach der Anlegung des künstlichen Pneumothorax. Linkerseits nahezu derselbe Befund wie vor dem operativen Eingriffe, rechterseits Residuen eines kleinen pleuritischen Exsudates, auch haben sich in der rechten Lungenspitze zahlreiche Herde entwickelt.

Weil gewöhnlich doch schon Pleuraadhäsionen (Spangen und diffuse Verwachsungen) bei einer tuberkulös erkrankten Lunge bestehen, retrahiert sich dieselbe, wie in Abb. 16 zu ersehen ist, nicht gleichmäßig nach dem Lungenhilus zu. Direkt nach dem operativen Eingriffe sind die bestehenden Adhäsionen der Pleura parietalis (costalis, mediastinalis, diaphragmatica) und visceralis im Thoraxraume deutlich sichtbar und erst nach längerem Bestande des Pneumothorax erkennt man, daß einzelne Adhäsionen sich gelöst haben.

Bei freier Pleurahöhle sieht man allerdings nach der Einblasung von Gas, wie dasselbe schalenartig die hiluswärts zurückgezogene Lunge umschließt. Doch kann es bei gleichmäßiger Verteilung des eingeblasenen Gases im Umkreise der Lunge vorkommen, daß röntgenologisch ein Pneumothorax nur schwer genau abzugrenzen ist. Auch weist Brauer auf die Schwierigkeiten der Unter-

scheidung zwischen Schalen-Pneumothorax und Schwarten-Emphysem hin. Zuweilen ist an der kollabierten Lunge der eine oder andere Lappen ersichtlich, entsprechend den jeweiligen infiltrativen Lungen- und adhäsiven Pleuraprozessen. Ein zusammenhängender ovaler oder rundlicher, zentral gelegener Lungenschatten wie bei traumatischem Pneumothorax und gesunder Lunge ist aber nur höchst selten zu beobachten. In solchen Fällen kann man besonders gut auf dem Leuchtschirme erkennen, wie Herz und Mediastinum bei der Inspiration nach der kranken Seite verlagert werden, bei der Expiration nach der gesunden Seite zurücktreten. Eine Pneumothorax-Blase kann, namentlich wenn sie vorne der Lungenfläche aufliegt und hier in Form eines schmalen, bandförmigen, engen Spaltes zwischen Lunge und Brustwand auftritt, der röntgenologischen Feststellung entgehen, doch weist oft schon die undeutliche Begrenzung der Lunge auf den Sitz der Blase hin. Die röntgenologische Beurteilung einer kollabierten (luftarmen oder nahezu luftleeren) Lunge in bezug auf die Ausdehnung und den pathologisch-anatomischen Charakter ihrer Infiltrationen ist natürlich schwieriger als bei einer entfalteten Lunge. Adhäsionsstränge, die von der mehr minder kollabierten Lunge zur Brustwand und zum Zwerchfell ziehen, sind in Form von schmalen oder auch breiteren Schattenbändern oder dunklen, spangenartigen Schattenstreifen ersichtlich.

Ein stärkeres Zusammenfallen der Lunge wird verhindert durch ausgedehnte infiltrative Prozesse der Lunge und schwartige Verdickungen der Pleura (wie solche in Abb. 4, 6, 14 ersichtlich sind). Die Grenzlinie zwischen kollabiertem Lungenschatten und freiem Luftraum ist in solchen Fällen viel stärker ausgeprägt und dunkler als bei fehlenden oder geringgradigen pathologischen Prozessen. Man sieht oftmals, daß auch nach allmählicher Lösung von Verwachsungen durch das eingeblasene Gas einzelne Verwachsungsstränge bestehen bleiben, doch sind dieselben für den Heilungsprozeß meistens ohne besondere Bedeutung.

Manchmal, d. h. wenn das eingeblasene Gas zwischen Pleura pulmonalis und mediastinalis vordringt, findet sich ein abgesackter mediastinaler Pneumothorax, indem ein heller, schmaler, dem Mittelschatten anliegender Gasstreifen in größerer Ausdehnung oder sogar in der ganzen Höhenausdehnung der Pleurahöhle sich findet. Diese paravertebralen Luftstreifen kommen viel häufiger als Begleiterscheinung eines unvollständigen Pneumothorax (Abb. 19), besonders bei mehrkammeriger Luftverteilung im Pleuraraum, wie als isolierter mediastinaler Pneumothorax zur Beobachtung.

Ein abgesackter künstlicher Pneumothorax kann auch in der Art auftreten, daß Luft sich über der Zwerchfellkuppel lagert, wobei nur eine stärkere Helligkeit der basalen Lungenabschnitte auffällig wird.

Die Analysierung des Pneumothorax bzw. die Abgrenzung lufthaltiger und luftleerer Partien stößt manchmal auf Schwierigkeiten, wenn nur geringe Luftmengen eingeblasen wurden oder schon erhebliche Gasresorption eingetreten ist oder infolge von Verwachsungen stärkere Absackungen vorhanden sind, so daß das eingeblasene Gas sich in den Maschenräumen zwischen den Adhäsionen verteilt. In solchen Fällen muß man sich einer engen Blende, verschieden starken Röntgenlichtes und tangentialer Einstellung des Normalstrahles auf das zu untersuchende Lungenfeld bedienen, um zu klaren Untersuchungsergebnissen zu gelangen. Für besonders schwierige derartige Untersuchungen empfiehlt Wenckebach die Anfertigung stereoskopischer Bilder.

Die drei Abbildungen 15, 16 und 17 illustrieren die topographischen Verhältnisse vor und nach Anlegung sowie nach Heilung eines künstlichen Pneumothorax. Das Endergebnis des operativen Eingriffes kann allerdings in diesem Falle nicht als befriedigend bezeichnet werden.

Wirkung des künstlichen Pneumothorax auf den primären Krankheitsprozeß.

Durch Anlegung eines künstlichen Pneumothorax wird Ruhigstellung der erkrankten Lunge und Entspannung derselben erzielt. In der Folge kommt es zu Blut- und Lymphstauung, auch wird Beschaffenheit und Menge des Sputums günstig beeinflußt; schließlich erfolgt Schrumpfung der erkrankten Lungenpartien. Außerdem tritt eine auffallende, durch Hyperämie verursachte Verdunkelung der anderen Lunge auf. Hofbauer führt dieselbe auf Luftleerheit zurück, die durch Retraktion der „gesunden“ Lunge veranlaßt werde,

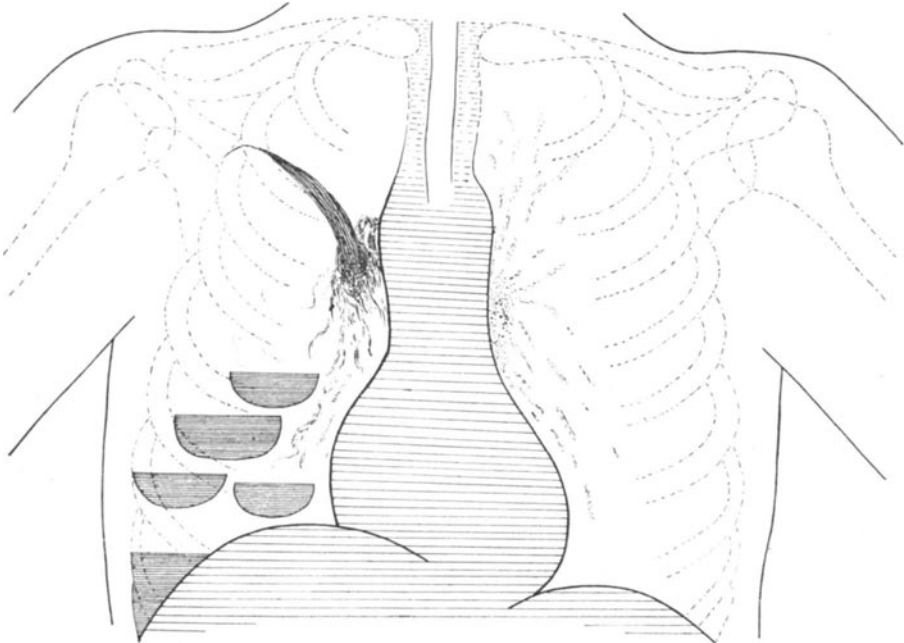


Abb. 18.

Künstlicher unvollständiger Pneumothorax mit vielkammeriger Exsudatbildung. Sichelförmiger, einer interlobären Schwarte entsprechender dichter Schattenstreifen rechterseits. Kleines Exsudat im rechten Sinus phrenico-costalis. Außerdem im rechten unteren Lungenfeld 4 in verschiedener Höhe befindliche abgesackte halbkreisförmige, der vorderen Brustwand anliegende Flüssigkeits-Ergüsse mit oberer wagrechter Begrenzung. (Nach H. Kraus).

indem das Mediastinum dem Zuge dieser Lunge folge. Dieser Hyperämie entsprechend hat Aßmann starke Zeichnung bzw. übermäßige Füllung der Blutgefäße auf der gesunden (d. h. der dem Pneumothorax entgegengesetzten) Seite beobachtet und als Folge kompensatorischer Überlastung der Lungengefäße gedeutet. Diese Blutgefäßveränderung verschwindet übrigens rasch nach Rückbildung des Pneumothorax.

Nicht bloß die erstmalige Punktion, sondern auch die Weiterbehandlung (bzw. die periodische Nachfüllung von Stickstoff, entsprechend seiner Resorption) ist, wie bereits oben erwähnt, nur unter Kontrolle der Röntgenuntersuchung statthaft. Dabei darf natürlich der physikalische Befund und der Allgemeinzustand des Patienten nie außer Acht gelassen werden.

Wie zum natürlichen so gesellt sich auch zum künstlichen Pneumothorax oftmals ein pleuritisches Exsudat. Seröse Ergüsse, welche durch Schädigung der Pleura oder entzündliche Vorgänge an derselben bedingt sind und selbst bei regelrechtem Eingriff und bester Asepsis sich einstellen können, sind meist ohne besondere Bedeutung und verzögern im allgemeinen nicht oder nur wenig die Heilung.

Bei längerem Bestehen eines Seropneumothorax kann sich aber das Exsudat in den durch teilweise Verklebung der Pleurablätter entstehenden verschiedenen Taschen ansammeln und so zur Bildung von vielkammerigen Pleura-

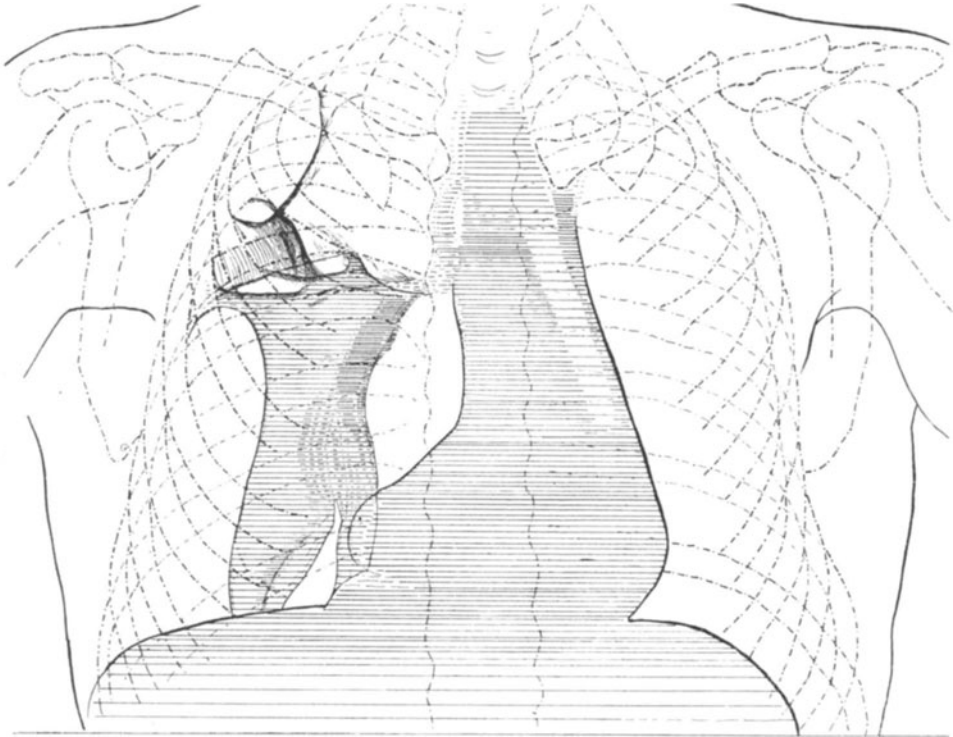


Abb. 19.

Unvollständiger mehrkammeriger künstlicher Pneumothorax rechterseits mit ungleichmäßiger Retraction der Lunge und zahlreichen Pleuraspangen.

Exsudaten Veranlassung geben. Auf diese Weise können nach Beobachtungen von Hugo Kraus (W. kl. W. 1918, Nr. 18) mehrere übereinander gelagerte Flüssigkeitsspiegel bzw. Flüssigkeitssäckchen von verschiedener Form und Größe (Abb. 18) entstehen, welche im Röntgenbilde nach oben wagrechte, nach unten halbkreisförmige, scharf begrenzte Schattenfiguren mit sichtbarer Succusio bilden.

Differentialdiagnostisch können bei solchen abgesackten multi-lokulären Pleura-Exsudaten Gasabszesse, aber wohl kaum multiple halbgefüllte Kavernen in Betracht kommen.

Übrigens auch trockener d. h. exsudatfreier vielkammeriger Pneumothorax (Abb. 19) kommt öfters zur Beobachtung nach Anlegung eines künstlichen Pneumothorax.

Ein unbeabsichtigter aber harmloser, auf einen kleinen Raum beschränkter, künstlicher Pneumothorax wird zuweilen nach Probepunktion oder nach Aspiration von Pleura-Exsudaten — gewöhnlich ohne Eintritt jeglicher Dyspnoe — beobachtet. Namentlich wenn eine Pleura-Punktion von ungeübter Hand ausgeführt wird, kann eine solche umschriebene Verletzung der Pleura pulmonalis zustande kommen. Wenn in solchem Falle eine geringe Menge Luft in die Pleurahöhle austritt, nimmt die obere Exsudatgrenze sofort eine horizontale Lage ein und die ausgetretene Luft bildet eine halbmondförmige Schichte über dem Flüssigkeitsspiegel, die nach wenigen Tagen verschwindet, ohne Folgeerscheinungen zu hinterlassen.

Künstlicher (sog. diagnostischer) Pneumothorax.

In neuerer Zeit hat der künstliche Pneumothorax auch zu diagnostischen Zwecken, d. h. wenn Durchleuchtung und Aufnahme nicht zum Ziele führen, Anwendung gefunden, namentlich seit der Empfehlung von Stahl (aus der Rostocker mediz. Klinik). Derselbe hat (in den Fortschritten, Bd. 22, Heft 2) darauf hingewiesen, daß durch einmalige oder öfters wiederholte Einblasungen von 100 ccm Luft (insgesamt bis zu 1000 ccm) Lokalisation und Menge eines abgesackten Pleura-Exsudates sowie die Feststellung und Ausdehnung von Lungentumoren, Adhäsionen, Pleuraschwarten ermöglicht ist. Für den diagnostischen Pneumothorax dürfte übrigens die Einblasung von leicht resorbierbarem Sauerstoff der Lufteinblasung vorzuziehen sein.

Der durch die eingeführte Luft ausgeübte Reiz wird fast stets gut ertragen; auch läßt sich die eingeblasene Luft hier, im Gegensatz zum Pneumoperitoneum, größtenteils wieder ablassen.

Ist durch Probepunktion Eiter festgestellt worden, so hat man die Anlegung eines Pneumothorax zu unterlassen.

Wegen der unleugbaren Gefährlichkeit der Methode ist dieselbe auf vereinzelte, schwer zu beurteilende Fälle von Lungen- und Brustwandtumoren zu beschränken.

Heilungs- bzw. Rückbildungsvorgänge beim natürlichen und künstlichen Pneumothorax.

Die Röntgenuntersuchung spielt nicht bloß bei der Diagnose sondern auch bei der Therapie des spontanen Pneumothorax eine bedeutende Rolle. Sie gibt uns Aufschluß über die Zu- oder Abnahme der im Thoraxraume befindlichen Luftmenge und die damit einhergehende Zu- oder Abnahme der Verdrängungserscheinungen, sowie über das Ansteigen bzw. den Rückgang des etwa vorhandenen Pleura-Ergusses. Die zur Heilung führenden Rückbildungsvorgänge können sowohl beim spontanen wie beim künstlichen Pneumothorax durch die Röntgenuntersuchung kontrolliert werden, und zwar ist durch dieselbe das Fortschreiten der Heilung weit deutlicher als durch die übrige klinische Untersuchung zu erkennen. Während man früher d. h. vor der methodischen Anlegung des künstlichen Pneumothorax nur relativ selten Gelegenheit hatte, derartige Heilungsvorgänge zu betrachten, ist das röntgenologische Studium dieser Vorgänge bei der Kontrolle und Weiterbehandlung des künstlichen Pneumothorax gang und gebe.

Beim spontanen Pneumothorax kommen Heilungsvorgänge nur nach Vernarbung der Perforationsöffnung und zwar seltener beim diffusen als beim abgesackten Pneumothorax zur röntgenologischen Beobachtung.

Bei trockenem diffusum Pneumothorax, bei dem die Lunge gewöhnlich nur in ihrem oberen Teile durch pleuritische Adhäsionen fixiert ist, läßt sich nach einiger Zeit nach seinem Auftreten feststellen, wie die retrahierte Lunge der

Resorption der ausgetretenen Luft entsprechend sich bei der Inspiration wieder ausdehnt. Man erkennt, wie ihr Volumen sich allmählich vom Zentrum nach der Peripherie d. h. lateralwärts mehr und mehr vergrößert, wobei gleichzeitig der Lungenschatten sich allmählich aufhellt und die Zeichnung der Gefäße und Bronchien deutlicher wird. Schließlich ist der pathologische Luftraum selbst in den lateralen Thoraxpartien verschwunden und die Lunge, wenn sie wieder vollständig an die Thoraxwand sich angelegt hat, füllt die ganze Thoraxseite wieder aus. Auch das Zwerchfell nimmt an dem Rückbildungsprozesse entsprechenden Anteil, indem es allmählich höher und höher tritt. Dem Heilungsvorgang entsprechend rückt das Herz unter Drehung um seine Längsachse wieder ein und auch die normale Zwerchfellbewegung auf der kranken Seite stellt sich allmählich wieder her. Nach Resorption der Luft des Pneumothorax und vollständiger Wiederentfaltung der Lunge sind die Zeichen der ursprünglichen Lungenerkrankung (Tuberkulose) noch deutlich ersichtlich. Bei traumatischem Pneumothorax ist der geschilderte Heilungsvorgang besonders gut zu beobachten.

Das Röntgenbild eines ausgeheilten unkomplizierten (namentlich eines traumatischen) Pneumothorax entspricht schließlich wieder vollkommen demjenigen vor dem Luftaustritt in den Pleuraraum. Näheres hierüber findet sich in diesbezüglichen Aufsätzen, namentlich von L. Spengler, aber auch von H. Curschmann (Physikalisch-medizinische Monatshefte. Jahrgang I, 1904) sowie des Verfassers (Münchener medizinische Wochenschrift. 1914).

Ein Spontan-Pneumothorax verschwindet nicht immer rasch, er kann sogar jahrelang bestehen bleiben. In diesem Falle läßt sich die Heilung eines solchen spontanen unkomplizierten, d. h. nicht mit Erguß einhergehenden Pneumothorax künstlich, und zwar durch Aspiration, beschleunigen, wie dies verschiedentlich durchgeführt wurde.

So bediente sich v. Schrötter (Münch. med. Wochenschr. 1904, Ref.) der „biparietalen Druckwirkung“, um in einem Falle von tuberkulösem exsudatfreiem Pneumothorax die kollabierte Lunge zur Ausdehnung zu bringen. Er entfernte einerseits die Pneumothoraxluft durch Aspiration und blies anderseits durch einen in die Trachea eingeführten Katheter Sauerstoff in die kollabierte Lunge ein. Auf diese Weise gelang es ihm, in zwei Sitzungen den Pneumothorax zu heilen. Das ziemlich eingreifende Verfahren kann zur Nachahmung wohl nicht empfohlen werden, zumal durch eine Sauerstoffeinblasung in die Lunge die kaum verklebte Perforationsstelle wieder einreißen könnte. Es erscheint räthlicher, die Heilung in derartigen Fällen der Natur zu überlassen oder sich der von Fawcett (Brit. med. Journ. 1907) und Denecke (Berl. klin. Wochenschr. 1908 Ref.) empfohlenen einfachen Aspiration unter Leuchtschirmkontrolle zu bedienen.

Man aspiriert unter Kontrolle des Leuchtschirmes mit einem Troikart, der mit einer luftleer gepumpten Flasche verbunden ist, langsam die Luft aus dem Thorax und überzeugt sich hierbei, wie die Lunge sich langsam wieder ausdehnt und ausgedehnt bleibt. Voraussetzung für das Gelingen des letztgenannten Eingriffes ist aber, daß ein geschlossener Pneumothorax vorliegt, d. h. daß die Öffnung der Pleura schon vor der Punktion sich wieder geschlossen hat. Andernfalls, wenn also die Kommunikation mit dem Bronchialsystem der Lunge noch fortbesteht, dehnt die Lunge sich natürlich nicht aus und die expirirte Pneumothoraxluft wird sofort wieder ersetzt.

Heutigen Tages wird man wohl stets die zur Anlegung eines künstlichen Pneumothorax gebräuchliche Apparatur auch zur Aspiration eines natürlichen Pneumothorax benützen.

Durch den Hinzutritt eines entzündlichen Exsudates zum einfachen unkomplizierten Pneumothorax wird der Heilungsprozeß im allgemeinen beeinträchtigt d. h. etwas verzögert. Aber auch beim Seropneumothorax kann sich die komprimierte Lunge spontan, d. h. entsprechend der fortschreitenden Resorption des Exsudates und der ausgetretenen Luft, wieder allseitig entfalten. Das Zwerchfell rückt höher und die Nachbarorgane,

besonders das Herz, nehmen wieder ihre normale Lage ein, wenn sie nicht dauernd an der Stelle fixiert sind, an welche sie bei der Entstehung des Pneumothorax angedrängt wurden. Die Ausheilung erfolgt hier also ähnlich wie bei einer gewöhnlichen exsudativen Pleuritis, so daß ein ausgeheilter Seropneumothorax vollständig dem Bilde entspricht, das man nach Resorption eines einfachen größeren Pleura-Exsudates zu sehen gewohnt ist.

Schließlich sei noch auf die Notwendigkeit eines operativen Eingriffes bei spontanem Pneumothorax zu therapeutischen Zwecken hingewiesen.

Wenn ein unter hohem Druck stehender, geschlossener Pneumothorax starke Dyspnoe oder gar Lebensgefahr mit sich bringt, so muß in solchem Falle zur künstlichen Entleerung (Aspiration) desselben geschritten werden. Hier ist die Röntgenuntersuchung besonders wichtig, weil sie uns nicht bloß über die Verdrängungserscheinungen und die Lage der einzelnen Organe vor der Aspiration, sondern auch über das Resultat der Aspiration Aufschluß gibt.

Auch die künstliche Entleerung eines pneumothoracischen Exsudates ist nur auf Notfälle zu beschränken.

II. Pleura.

Die Erkrankungen der Pleura.

Die beiden Pleurahöhlen sind seröse Säcke, die von ihrem medialen Umfange aus durch Eingeweide bzw. durch die Lungen eingestülpt werden. Auf diese Weise entsteht die die innere Thoraxwand auskleidende Pleura thoracalis (parietalis), welche sich am Lungenhilus auf diesen überschlägt, um zur Bedeckung der Lungenoberfläche die Pleura visceralis (pulmonalis) zu bilden. An der Pleura parietalis (Brustkorbfell) unterscheidet man eine Facies sternocostalis und insofern sich die Pleura in entsprechenden Falten auf das Mediastinum und Diaphragma hinüberschlägt, auch eine Facies mediastinalis und diaphragmatica (Abb. 20).

Als Komplementäräume oder Reserveräume der Pleurahöhle bezeichnet man diejenigen Abschnitte der Pleura parietalis, wo zwei aneinander stoßende Flächen derselben unmittelbar aneinander liegen, also nicht durch zwischengelagerte Lunge voneinander getrennt sind. In diese Sinus pleurae schiebt sich die Lunge bei der Inspiration vor, während sie bei der Expiration sich aus ihnen zurückzieht.

Man unterscheidet zwei solche Sinus pleurae nämlich:

1. Den Sinus phrenicocostalis zwischen Facies sternocostalis und Facies diaphragmatica, der vorne in der Mittellinie schmal beginnt, sich allmählich verbreitert und bis zur Wirbelsäule verläuft. Er tritt auf Leuchtschirmbildern bei sagittaler Durchleuchtung und namentlich bei leichter Drehung des Patienten außerordentlich deutlich an der Umschlagstelle der genannten Pleura-Abschnitte zutage und entfaltet sich gut bei der Inspiration gesunder Menschen. Insofern er nur während der Inspiration durch die Lungen ausgefüllt wird, spielt er eine wichtige Rolle als Reserveraum der Lunge.

2. Den Sinus mediastinalis zwischen Facies sternocostalis bzw. Facies diaphragmatica und Facies mediastinalis. Er ist auf Röntgenbildern häufig ersichtlich, wenn auch lange nicht so deutlich wie der Sinus phrenicocostalis.

Die Sinus pleurae, d. h. der Sinus phrenicocostalis und der Sinus phrenicocardialis (mediastinalis) bilden die Grenze zwischen den drei oben genannten Abschnitten der Pleura parietalis.

Eine entzündliche Erkrankung der Pleura kann primär oder sekundär auftreten. In letzterem Falle ist sie am häufigsten durch chronische Lungentuberkulose bedingt, insofern die Pleura fast stets infiziert wird, sobald ein tuberkulöser Prozeß an die Lungenoberfläche heranreicht. Auch kann eine Erkrankung der subpleuralen kleinen Lymphdrüsen der Entstehung einer tuberkulösen Pleuritis vorangehen.

Einerseits liegt einer Pleuritis außerordentlich oft eine Tuberkulose zugrunde und andererseits gibt es nach dem Ausspruche von Rindfleisch keine

Lungentuberkulose, die nicht von Pleuritis begleitet ist. Die tuberkulöse Natur einer Pleuritis kann oft noch sicherer als durch verschiedene andere Untersuchungsmethoden (Sputumuntersuchung, Tuberkulinreaktion, Nachweis des hämorrhagischen Charakters eines Exsudates, Lymphocytose, Tierversuch usw.) durch das Röntgenverfahren bzw. durch Aufdeckung tuberkulöser Herde entschieden werden.

Trockene Pleuritis. Infolge von Verklebung der Pleurablätter durch Fibrinauflagerung entstehen neben dem bekannten Pleurareiben respiratorische Bewegungsstörungen des Thorax, welche durch verminderte Beweglichkeit

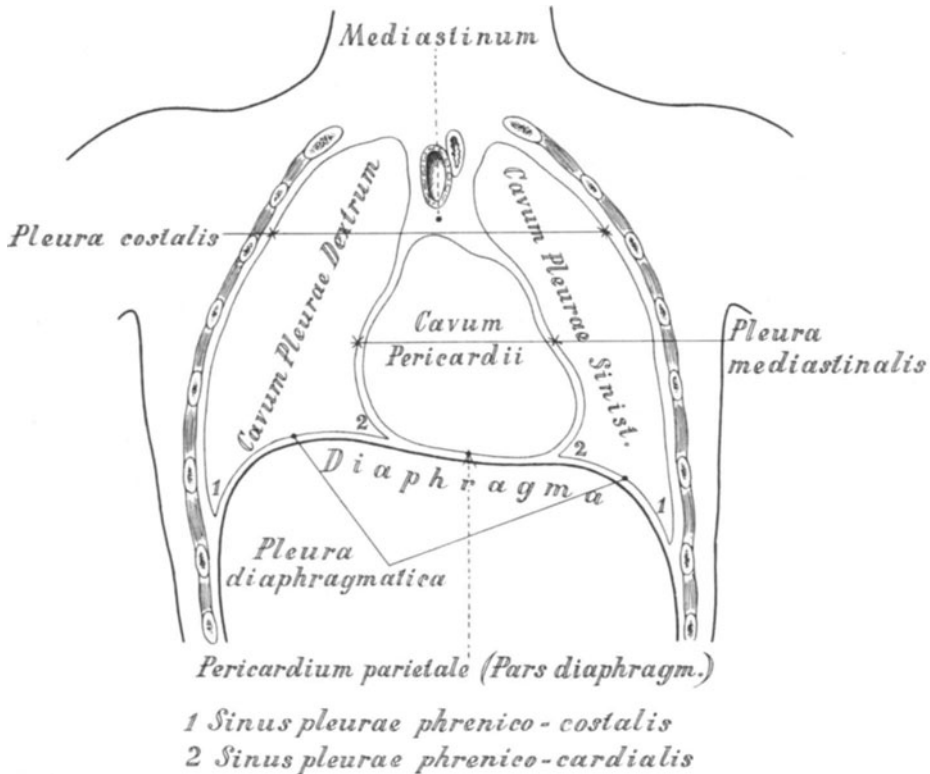


Abb. 20. Frontalschnitt durch den Thorax (nach Corning).

der Rippen und des Zwerchfelles bei der Inspiration gekennzeichnet sind. Die genannten Bewegungsstörungen treten besonders deutlich in die Erscheinung, wenn der entzündliche Vorgang mit stärkeren Schmerzen einhergeht, der Kranke also instinktiv eine stärkere Ausdehnung des Thorax zu vermeiden sucht, das Zwerchfel. gewissermaßen „schont“. In diesem Falle gibt sich bei der Leuchtschirmuntersuchung die mangelhafte Rippen- und Zwerchfellbewegung der betreffenden Thoraxseite besonders deutlich zu erkennen.

Längerdauernde trockene Pleuritis kann zu chronischer Adhäsivpleuritis und zu schleierartiger Trübung des Lungensfeldes führen. Solche Trübungen und Verdunklungen des Lungensfeldes finden sich als Überbleibsel der trockenen Pleuritis sowohl an der Lungenspitze als auch an den übrigen Lungenpartien, besonders an der unteren Lungengrenze. Hingegen führt; wie

später noch näher ausgeführt werden soll, eine exsudative Pleuritis, namentlich wenn sie von längerer Dauer war, nach ihrer Ausheilung meistens zu tiefergreifenden Veränderungen der Lunge, der Pleura und des Zwerchfells.

Eine Ausnahmestellung hinsichtlich ihrer Folgeerscheinungen kommt der Pleuritis diaphragmatica zu. Bei ihr ist das Zwerchfell paretisch, und nach Ablauf der entzündlichen Erscheinungen bleiben gewöhnlich stärkere oder geringere Lähmungserscheinungen zurück. Bei Lähmung des einen

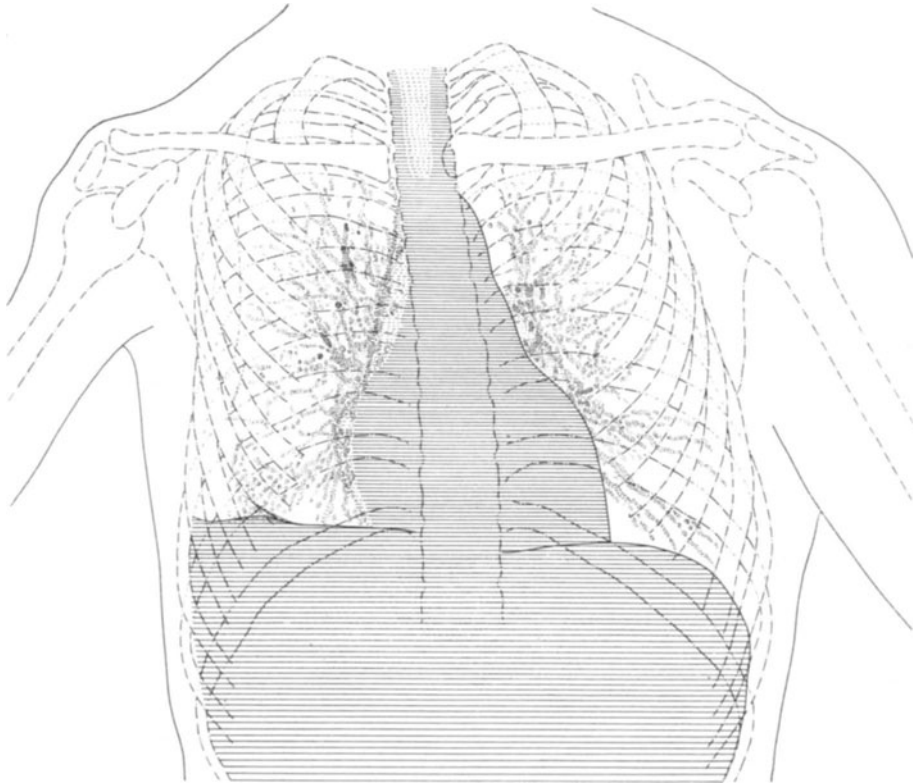


Abb. 21. Sehr kleines, den rechten phrenikokostalen Winkel ausfüllendes Pleura-Exsudat (durch Probepunktion kontrolliert). Zwerchfellschatten rechts horizontal verlaufend. Der phrenikokostale Winkel ist verstrichen. Einzelne fibrinös-bindegebewige Spangen in den mittleren Partien der rechten Zwerchfellhälfte.

Zwerchfelles infolge von pleuritischen Verwachsungen fällt nicht selten bei der Inspiration ein eigenartiger Atmungstypus auf, indem auf der kranken Seite nur thorakale Atmung mit Hebung der Rippen, auf der gesunden vorwiegend diaphragmaler Atmungstypus besteht.

Die Bezeichnung „Williamsches Symptom“ ist der Ausdruck für das Überbleibsel einer basalen trockenen Pleuritis, welche nicht selten bei Anfangstuberkulose nachzuweisen ist und sich charakterisiert durch einseitige Zwerchfellparese, d. h. durch leichten Hochstand und verminderte inspiratorische Senkung der gleichseitigen (gewöhnlich der rechten) Zwerchfellhälfte, bei normalem expiratorischem Zwerchfellstand.

Eine Behinderung der expiratorischen Bewegung des Zwerchfelles findet sich hingegen bei Lungeninfiltration (Pneumonie, Tuberkulose usw.), da hier durch den Ausfall der Lungenelastizität die Retraktionskraft der Lunge herabgesetzt wird.

Außerdem findet man öfters, wenn die Pleuritis längst abgelaufen ist, den Zwerrhellschatten verbreitert und sehr dicht — Veränderungen, die sowohl durch die Abflachung der Zwerrhellskuppe als auch durch schwartige Auflagerungen, eventuell auch durch Mitbeteiligung der muskulären Teile des Zwerrhfelles am entzündlichen Prozesse, bedingt sein können. Bei Rückbildung einer Pleuritis diaphragmatica kann es auch zu stärkeren Formveränderungen des Zwerrhellschattens bzw. zur Bildung von Zwerrhellsadhäsionen kommen (siehe diese, S. 452).

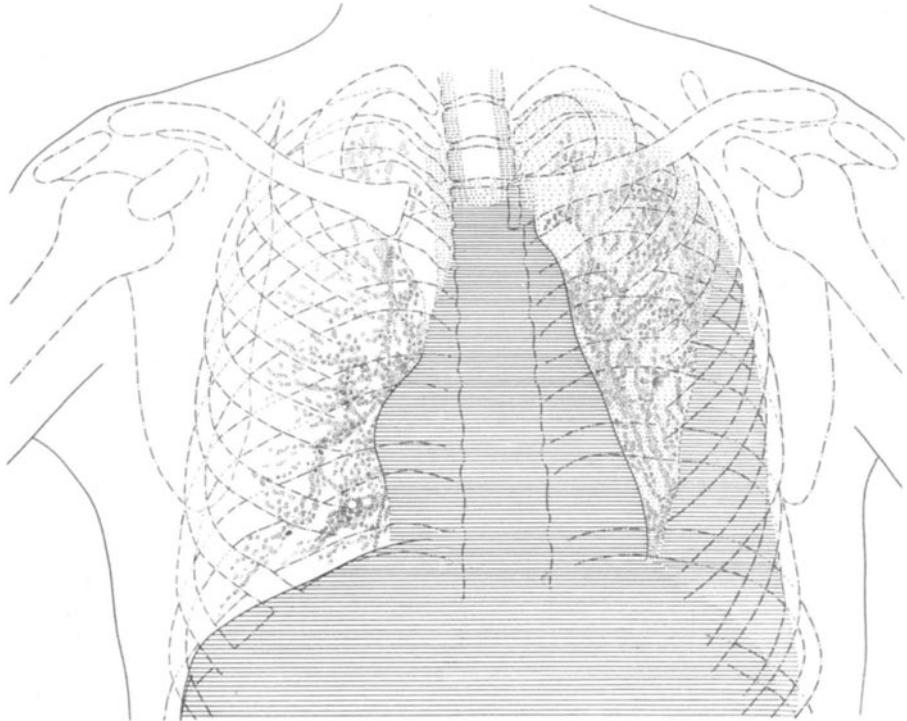


Abb. 22. Kleines linksseitiges Pleura-Exsudat, lateralwärts emporsteigend; das ganze linke Lungenfeld trüb und verdunkelt. Herz nach rechts verlagert.

Ferner entwickeln sich, namentlich bei vorgeschrittener Lungentuberkulose, nicht selten strangförmige Verwachsungen des Zwerrhfelles mit der Pleura pulmonalis, als Residuen meist unbemerkt verlaufener, pleuritischer Erkrankungen.

Auch nach Pleura-Verletzungen beobachtet man sehr häufig Anheftung des Zwerrhfelles an der lateralen Thoraxwand unter völligem Verschwinden des zugehörigen phrenikokostalen Winkels. Solche Zwerrhellsverwachsungen führen bei Dehnung und Zerrung infolge von körperlicher Bewegung, Seitenlage usw. oft zu starken Beschwerden und zu „Laterophobie“.

In diesem zwischen Zwerrhells und Brustwand befindlichen Winkel fanden sich während des Krieges oftmals Schrapnellkugeln fixiert, die bei tiefster Einatmung und schräger Strahlenrichtung ersichtlich wurden und sich nach genauer Lokalisation aseptisch gut entfernen ließen. Auf diese große Verschiebbarkeit des genannten Winkels hat schon Jamin aufmerksam gemacht, der bei

Frontal-Untersuchungen im Liegen eine Verschiebung des Winkels bis zu 7 cm nachweisen konnte.

Exsudative Pleuritis. Die exsudativen Prozesse spielen sich in dem feinen schon in der Norm von einer sehr dünnen Schichte seröser Flüssigkeit erfüllten Raume zwischen parietalem und pulmonalem Pleurablatt ab. Man beobachtet sehr wechselvolle Bilder, d. h. je nach Größe und Sitz des Exsudates und nach der durch die Exsudatbildung bedingten Verdrängung

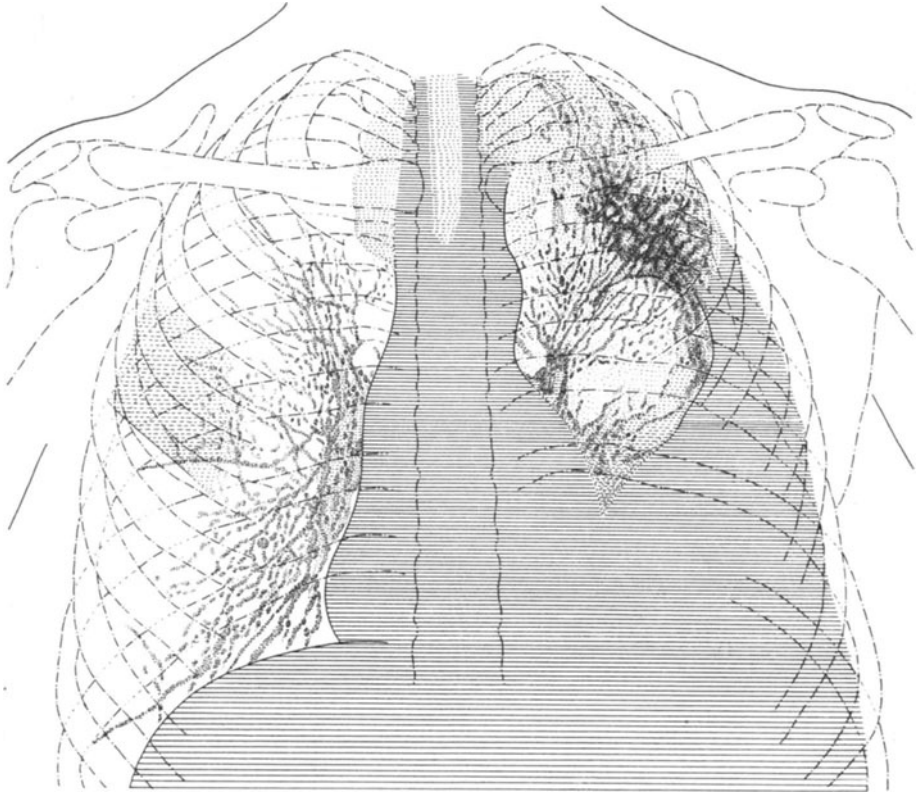


Abb. 23. Linksseitiges mittelgroßes Pleura-Exsudat mit typischer oberer muldenförmiger Begrenzung. An der oberen Grenze des Exsudates starke Fibrinauflagerungen. Herz groß, etwas nach rechts verdrängt, Aorta etwas dilatiert. Linkes Zwerchfell nicht sichtbar, rechtes tiefstehend. Residuen einer interlobären Pleuritis rechterseits.

der Lunge und ihrer Nachbarorgane sowie der sekundären Retraktion der Lunge infolge von Verwachsungen der Pleura.

Bei regulärem Sitz des Pleura-Exsudates hängt die Schattenbildung in erster Linie von der Größe des Flüssigkeitsergusses ab. Man hat demgemäß zu unterscheiden zwischen kleinen, mittelgroßen und sehr großen Exsudaten.

Kleine und kleinste Exsudate. Kleinste, nur den hinteren komplementären Pleurasinus ausfüllende Exsudate lassen sich bei der gewöhnlichen sagittalen Durchleuchtungsrichtung (dorsoventrale Strahlenrichtung und mittlere Röhrenstellung) auf dem Leuchtschirme nicht erkennen, weil ihr Schatten sich in diesem Falle von dem des Zwerchfells nicht abgrenzen läßt. Da die Flüssigkeit (Exsudat oder Transsudat) den hinteren, tiefer herabreichenden

Komplementärraum zuerst ausfüllt — worauf Arnsperger (Die Röntgenuntersuchung der Brustorgane 1909) besonders aufmerksam gemacht hat — so ist eine geringe Flüssigkeitsansammlung im Pleuraraume bei ventrodorsaler Durchleuchtung deutlicher zu erkennen als bei dorsoventraler. Man muß also hier ventrodorsale Strahlenrichtung wählen und die Röhre kaudalwärts so einstellen, daß die hintere Zwerchfellwölbung tangential getroffen wird und der Verlauf der unteren Lungengrenze in seiner Beziehung zur hinteren Zwerchfellwölbung deutlich zu ersehen ist. Während man bei der Durchleuchtung den Patienten

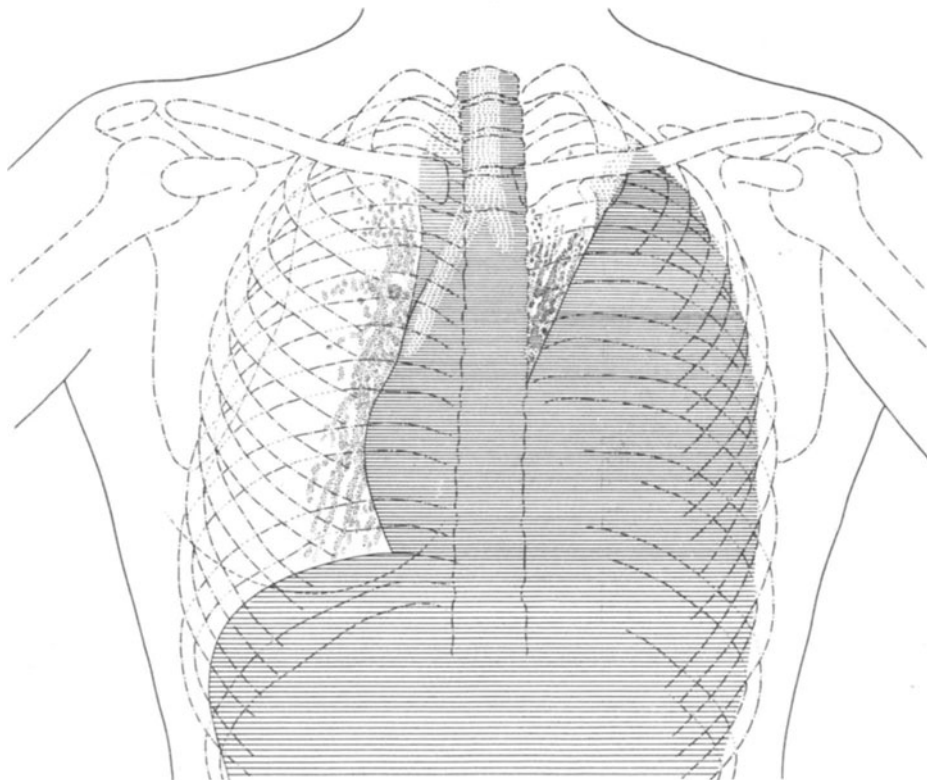


Abb. 24. Großes frisches, linksseitiges Pleura-Exsudat mit scharfer, typisch verlaufender oberer Grenzlinie. Herz und Mediastinum nach rechts verdrängt.

Atembewegungen ausführen läßt, kann man bei langsamer Drehung des Patienten vor dem Schirm und Vergleich mit der gesunden Seite den ganzen hinteren Pleurasinus auf seinen Füllungszustand untersuchen und an der Verdunklung des unteren Lungenrandes auf die Ausdehnung des Exsudates einen Schluß ziehen. Schließt man an diese Durchleuchtung im Stehen eine solche im Liegen an und lagert den Patienten hierbei auf die kranke Seite, so läßt sich auch eine Füllung des seitlichen Sinus phrenicocostalis und eine Verdunklung desselben nachweisen. Hat das Exsudat schon etwas zugenommen, so läßt sich dasselbe auch bei Untersuchung im Stehen und entsprechender Röhrenverschiebung im seitlichen Sinus phrenico-costalis nachweisen, und zwar durch die Feststellung eines mit dem Zwerchfell zusammenfließenden Schattens, der nach oben auch bei der Inspiration horizontal begrenzt ist (Abb. 21).

Hingegen sieht man nach Resorption des Exsudates oder bei älteren Pleura-verwachsungen auf der Höhe der Inspiration lateralwärts von der Zwerchfellkuppe gegen die Thoraxwand einen schräg nach außen und oben ziehenden Schatten verlaufen, indem der laterale Zwerchfellansatz in umgekehrter Richtung wie in der Norm verläuft (Abb. 36, 37).

Die Pleura-Exsudate sammeln sich aber nicht immer am tiefsten Punkte des Brustfellraumes an, sondern bilden manchmal zunächst dünne Zwischenschichten, welche erst später bei zunehmender Flüssigkeitsschichte nach abwärts sich ausbreiten.

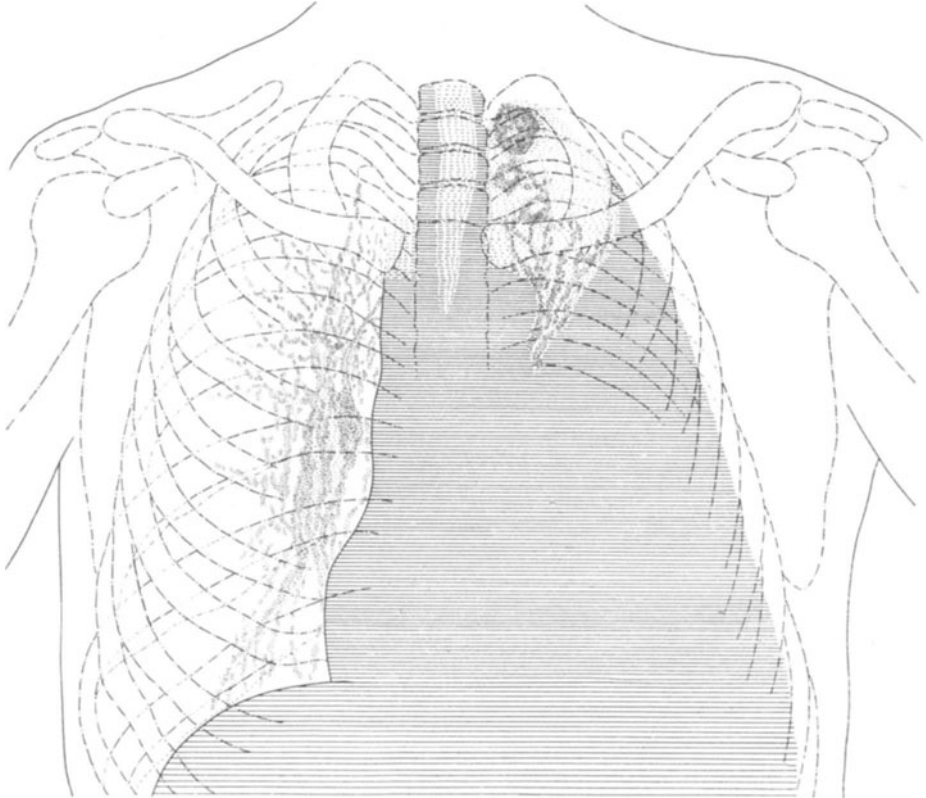


Abb. 25. Großes linksseitiges Pleura-Exsudat mit schräg abfallender oberer Grenzlinie. Herz und Mediastinum etwas nach rechts verdrängt. In der linken Lungenspitze mehrere größere rundliche Kalkherde.

Auch läßt sich bei Anwesenheit eines selbst sehr kleinen Exsudates Verminderung oder Fehlen der Zwerchfellbewegung auf der kranken Seite nachweisen. Besteht bei einem Flüssigkeitserguß in die Pleurahöhle ungehinderte Zwerchfellbewegung, so spricht dieser Befund, namentlich wenn der Erguß doppelseitig ist, für das Bestehen eines Transsudates, also eines Hydrothorax.

Bei geringer Schichtdicke des Exsudates kommt man mit der sagittalen Durchleuchtungsrichtung nicht immer aus, da durch den schwachen Exsudat-schatten Zwerchfell, Rippen, Herzschatten hindurchscheinen. Hier kann zur Unterstützung der sagittalen die frontale (seitliche) Durchleuchtung, bei welcher in den untersten Partien des Retrokardialraumes der kleine Exsudat-

schatten nachzuweisen ist, herangezogen werden. Aber auch diese Durchleuchtungsrichtung führt nicht immer zum Ziele, wie man bei Zuhilfenahme der Probepunktion gelegentlich erfahren kann.

Andererseits lassen sich doch öfters Ergüsse, die so klein sind, daß sie dem perkutorischen Nachweis noch nicht zugänglich sind, röntgenologisch nachweisen.

Wie groß die Exsudate sein müssen, um einen deutlichen Schatten zu liefern, ist nicht bestimmt festzustellen. Auch ist es nicht möglich, kleinste Ergüsse von pleuritischen Residuen immer mit Sicherheit zu unterscheiden.

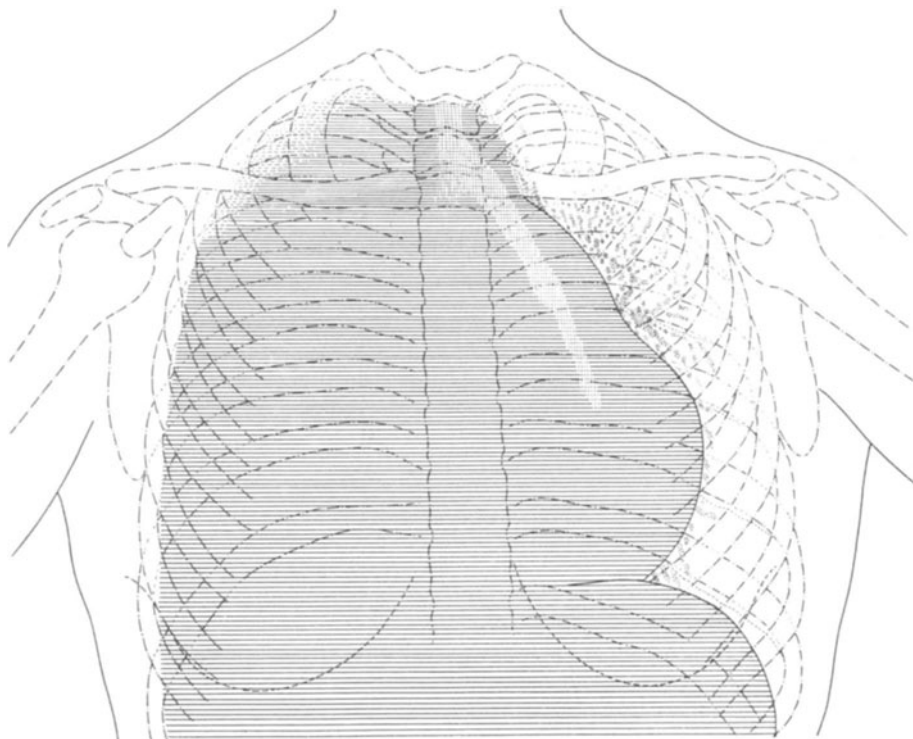


Abb. 26. Sehr großes, fast den ganzen rechten Thoraxraum ausfüllendes Exsudat, sog. Ersatz-Exsudat.

Nur in der Gegend der rechten Lungenspitze lateralwärts befinden sich noch kleine exsudatfreie Partien. Herz und Mediastinum sowie linker Hauptbronchus stark nach links verdrängt. Linkes Zwerchfell tiefstehend, rechtes nicht sichtbar.

Tiefstand des Zwerchfelles auf der erkrankten Seite spricht mehr für Exsudat wie für Schwarte; Hochstand bzw. expiratorische Stellung des Zwerchfelles weist, namentlich bei Mitbeteiligung des knöchernen Thorax, auf Schrumpfungsvorgänge hin.

Beim Ansteigen des Exsudates, welches entsprechend den vorhandenen Druckverhältnissen vorwiegend an der seitlichen Thoraxwand erfolgt (Abb. 22, 23), tritt infolge von Verdrängung und Kompression der Lunge eine gleichmäßige Verdunklung der entsprechenden Partien des gleichseitigen Lungenfeldes ein. Dabei besteht eine eigenartige, d. h. von außen oben nach unten innen verlaufende Abgrenzung des Exsudatschattens gegen die atelektatische Lunge (Abb. 23—25). Das heißt eine mehr minder scharfe, öfters nach

Art einer parabolischen Kurve verlaufende Linie kennzeichnet im Röntgenbilde die obere Begrenzung des Ergusses; wenigstens dann, wenn derselbe akut aufgetreten ist. Dieser eigentümliche Verlauf der oberen Exsudatgrenze in Form der besagten, schräg verlaufenden, nach oben meist konkaven Bogenlinie, so daß eine Art Muldenform entsteht, kommt dadurch zustande, daß das Exsudat infolge der elastischen Zugkraft der Lunge nicht seiner eigenen Schwere folgen kann. Es steigt vielmehr, den bestehenden

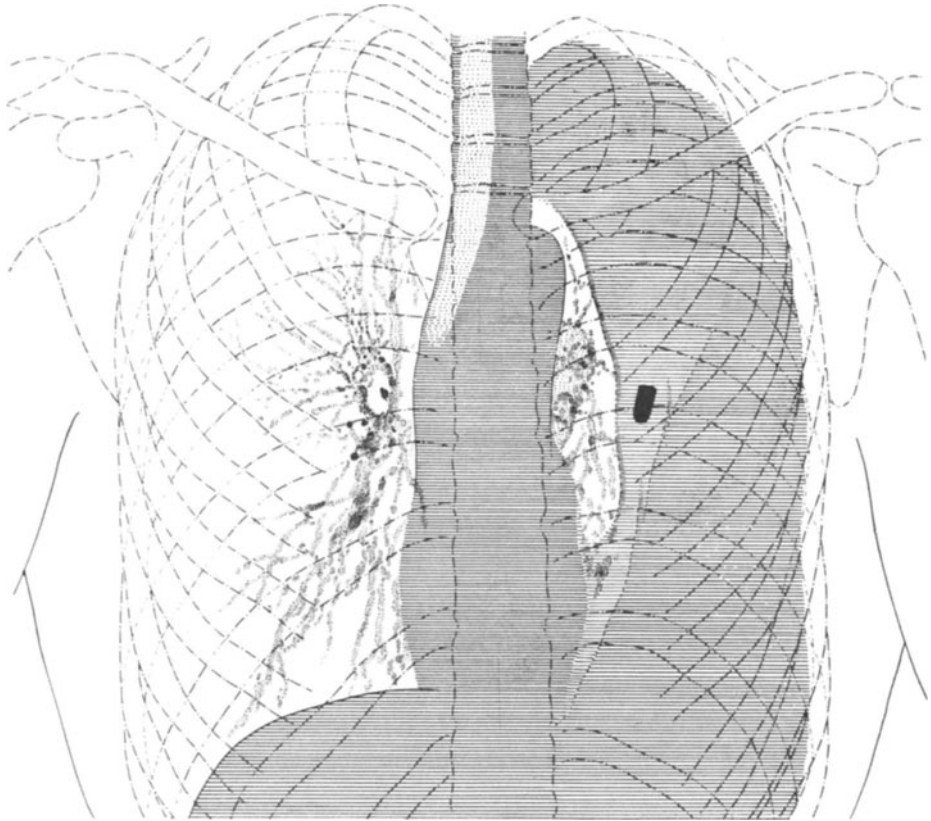


Abb. 27. Sehr großes linksseitiges mäntelförmiges Pleura-Exsudat nach Trauma (Schußverletzung). Der Exsudatschatten, innerhalb dessen ein großes Projektil ersichtlich ist, umschließt mantelartig die retrahierte Lunge. Linkes Zwerchfell nicht sichtbar. Herz nach rechts verdrängt und um seine Längsachse gedreht.

Spannungsverhältnissen in den Lungen entsprechend, insofern die Retraktionskraft der Lunge an den der Lungenwurzel entfernter gelegenen Lungenpartien am größten ist, lateralwärts in die Höhe, während die Lunge sich hiluswärts zurückzieht. Dadurch daß die Lunge in der Folge lateralwärts durch das Exsudat von der Thoraxwand mehr und mehr abgedrängt wird, muß daselbst ein ausgedehnterer Schattenbezirk entstehen als medianwärts. Man findet die obere Exsudatgrenze aber durchaus nicht immer gesetzmäßig, d. h. in schräger Richtung verlaufen, da die Form des Exsudates durch die verschiedensten topographischen Verhältnisse beeinflusst werden kann. Namentlich Lungenverdrängung sowie pleuritische Verwachsungen und Spangenbildungen

mit ihrer verschiedenartigen Lokalisation sowie fibrinöse Auflagerungen kommen hier in Betracht. Die Form des Exsudates kann hierbei erheblich verändert werden, es kann sogar wie bei Lungen-Tumoren eine nach oben konvexe oder eine unscharfe und unregelmäßige Begrenzungslinie sich zeigen.

Solche Abweichungen von der oben geschilderten typischen Exsudatform beobachtet man — abgesehen vom Sero- bzw. Pyopneumothorax mit seiner streng horizontalen scharfen oberen Exsudatgrenze — besonders

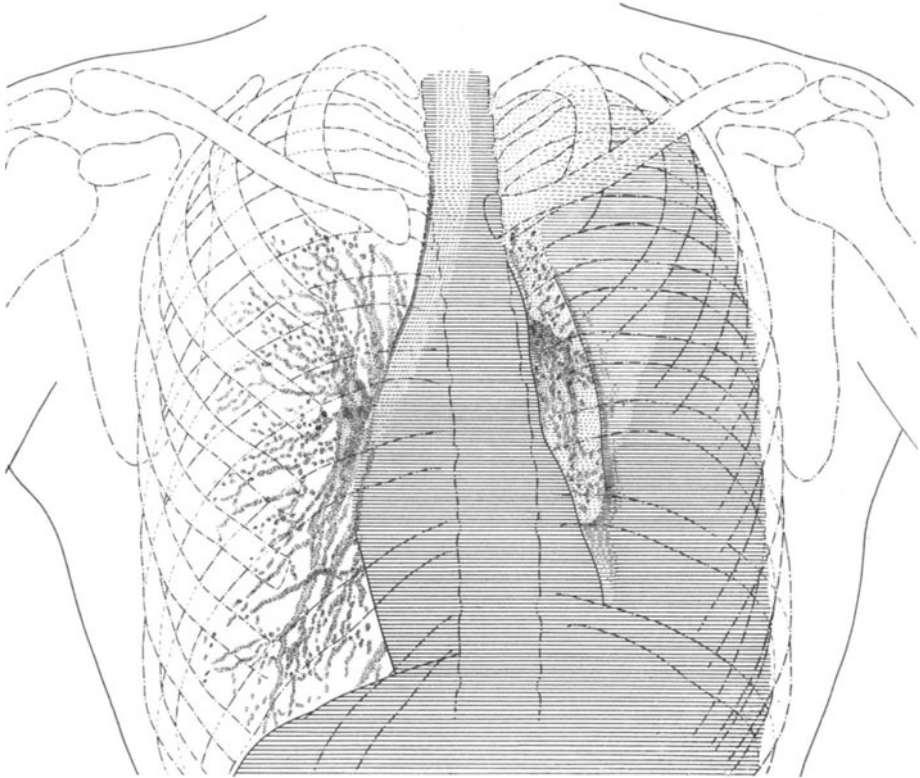


Abb. 28. Linksseitiges sehr großes, mantelartiges, in Resorption begriffenes Pleura-Exsudat. (Nach Grippe.)

Die unteren und lateralen Partien dichter als die oberen und medial gelegenen. Ziemlich scharfe mediane Grenzlinie gegen die retrahierte Lunge. Linkes Zwerchfell nicht sichtbar, rechtes tiefstehend. Herz schief gestellt und nebst dem Mediastinum nach rechts verschoben. Rechter Hauptbronchus in seinem ganzen Verlaufe sichtbar.

bei älteren Exsudaten mit Pleuraverwachsungen. Hier kommt es vor, daß der Exsudatschatten lateralwärts sehr viel höher steht als medianwärts, ja daß die medianen Partien des betreffenden Lungenfeldes vom Exsudate fast gar nicht erreicht, sondern mantelartig umschlossen werden (Abb. 27, 28, 29). Namentlich bei Empyem findet man öfters derartige Schattenformen des Exsudates (Abb. 29). Andererseits zeigt sich oft bei länger bestehendem serösen Erguß, wenn es bereits zu Verdickung und teilweiser Verwachsung der Pleurablätter (oberhalb des Exsudates) sowie zu Thoraxschrumpfung gekommen ist, eine horizontale und unscharfe obere Begrenzung. Die letztgenannte Art der Begrenzung und noch mehr eine solche, die von oben innen nach außen

unten, also in entgegengesetzter Richtung wie gewöhnlich verläuft, findet sich manchmal bei stärkeren pleuritischen Verwachsungen; sie muß aber stets den Verdacht auf das Bestehen eines Lungentumors erwecken.

Davon, daß die Gestaltung der oberen Exsudatgrenze von der Stellung bzw. der Lage, welche der Kranke während des Auftretens und des Ansteigens des Exsudates einzunehmen pflegte, so sehr abhängig ist, wie man vielfach annimmt, konnte ich mich nicht überzeugen. Die Röntgenuntersuchung ergibt vielmehr, daß auch bei ambu-

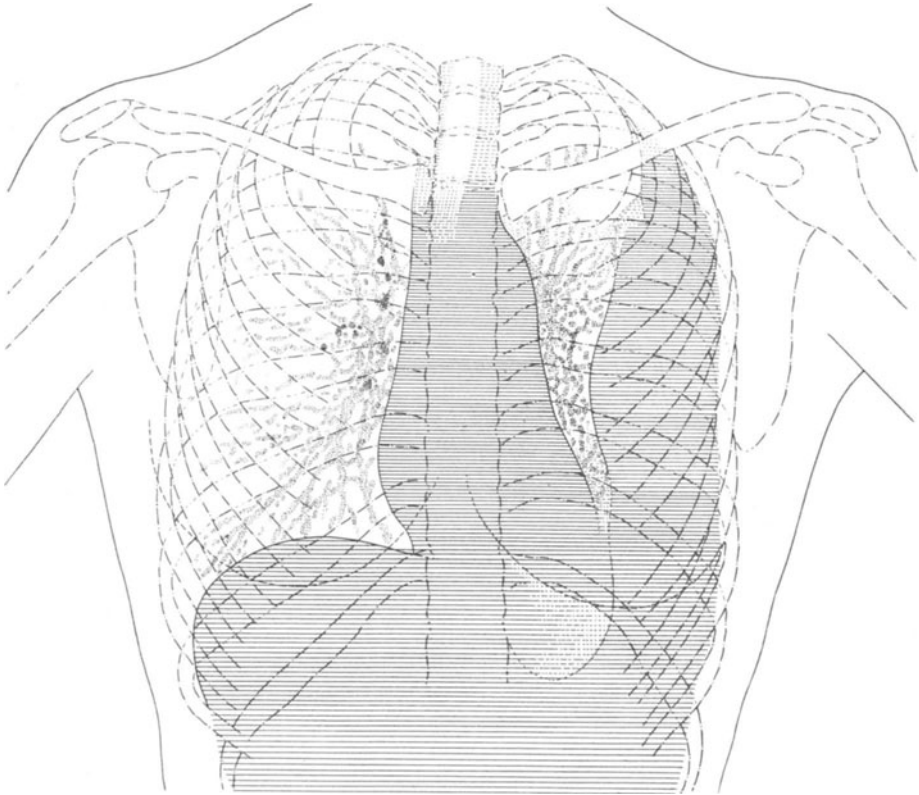


Abb. 29. Linksseitiges Emphyem (nach Influenza-Pneumonie, kurz vor Ausführung der Rippenresektion).

Dasselbe bildet lateralwärts einen breiten bandartigen Schatten, der medianwärts eine ziemlich scharfe Begrenzung zeigt. Herz ein wenig nach rechts verlagert. Linkes Zwerchfell nicht sichtbar, aber sein Stand ist durch die Magenblase gekennzeichnet.

lanten, an Pleura-Exsudat leidenden Kranken in gleicher Weise wie bei bettlägerigen Kranken die oben beschriebene typische Form des Exsudates bzw. seiner oberen Begrenzung zu finden ist.

Ein Pleura-Erguß steht regelmäßig hinten höher als vorne. Dies ersieht man nur deutlich bei frontaler Durchleuchtung, und deshalb sollte auch von dieser (die kranke Seite dem Leuchtschirm zugekehrt!) neben der sagittalen Durchleuchtungsrichtung öfters, als dies üblich ist, Gebrauch gemacht werden. Entsprechend der Perkussion — es sei hier nur an den Verlauf der bekannten Damoiseauschen Linie erinnert — findet man auch bei der Röntgenuntersuchung, daß die obere Exsudatgrenze in der hinteren Axillarlinie am höchsten

steht und daß sie von hier beiderseits, d. h. gegen das Sternum und gegen die Wirbelsäule zu, gegen die letztere allerdings in geringerem Grade, abfällt.

Eine passive Beweglichkeit der Flüssigkeit bzw. seiner oberen Grenze läßt sich röntgenologisch beim pleuritischen Exsudat ebensowenig wie beim Transsudat konstatieren, da ja hier — im Gegensatz zum Sero- oder Pyopneumothorax — die Flüssigkeit im Thoraxraume nicht frei beweglich ist.

Bei größeren Exsudaten findet man die Zwischenrippenräume der betroffenen Thoraxseite erweitert und die Rippen horizontal gestellt. Die

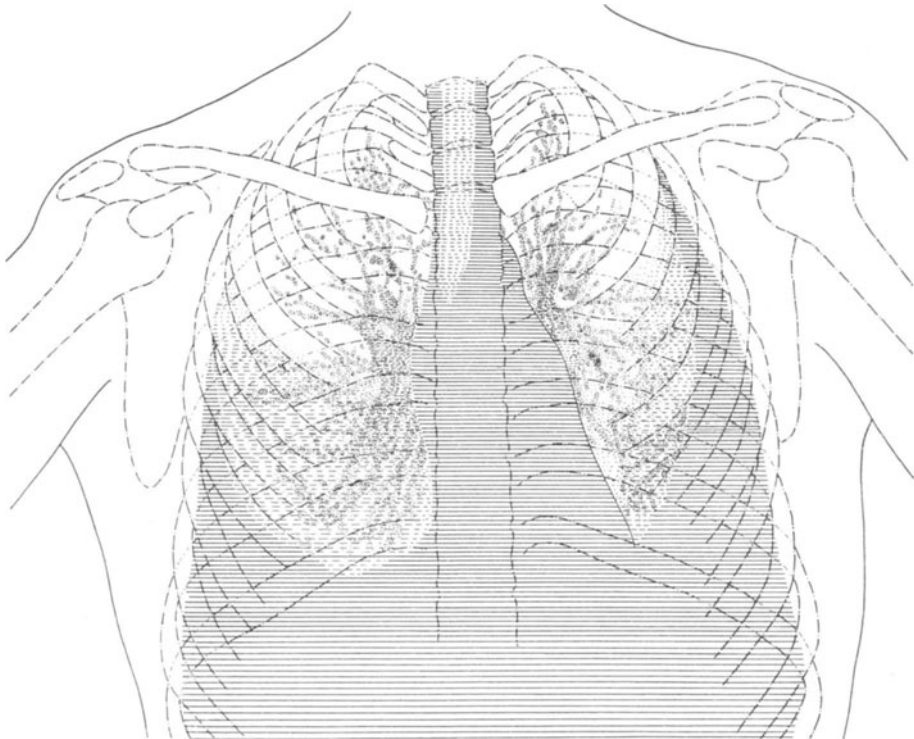


Abb. 30. Doppelseitiges Pleura-Exsudat, das linke höherstehend als das rechte. Beide in Rückbildung begriffen und nach oben unscharf begrenzt, offenbar infolge von fibrinösen und bindegewebigen Auflagerungen. Herz in normaler Lage.

erkrankte und abnorm ausgedehnte Brustseite bleibt bei der Atmung zurück. Auch ist die Zwerchfellbeweglichkeit vollständig aufgehoben.

Was die Beschaffenheit der Lunge auf der kranken und der gesunden Seite anlangt, so gibt die komprimierte, verdichtete, luftarme Lunge natürlich einen dichteren Schatten als die der gesunden Seite. Die durch das Pleura-Exsudat verdrängte und komprimierte Lunge ist nur dann nicht dunkler wie die andere, wenn die letztere in erheblichem Grade krankhaft verändert (tuberkulös) ist und Herdschatten sowie stärkere Trübungen aufweist. Selbst bei sehr großen Exsudaten ist die komprimierte Lunge mit ihrer verwaschenen Zeichnung über dem Exsudatschatten noch sichtbar. Die Frage, ob die Lunge auf der Seite, wo das Exsudat seinen Sitz hat, normal oder erkrankt (tuberkulös) ist, kann mitunter bei dem geringen Luftgehalte

des komprimierten Organes nur durch eine gute photographische Aufnahme entschieden werden und überhaupt nur dann, wenn das Pleura-Exsudat keine sehr große Ausdehnung besitzt.

Infolge ihrer vikariierenden Tätigkeit findet man die Lunge der gesunden Seite stets in stärkerer Inspirationsstellung; auch die Exkursionen des tiefer stehenden Zwerchfelles erfolgen rascher und ergiebiger als gewöhnlich.

Verdrängungserscheinungen der Nachbarorgane, die oft schon bei mittelgroßen Exsudaten in die Erscheinung treten, machen sich bei großen Exsudaten (Abb. 24—27) in erhöhtem Grade geltend. Durch solche größere Exsudate wird sowohl das Mediastinum mit Ösophagus, Trachea und Aorta als auch das Herz nach der gesunden Seite verdrängt. Dabei kann die Herzspitze nach vorne gedreht und deshalb verkürzt projiziert werden. Bei linksseitigen Exsudaten ist die Dislokation des Herzens im allgemeinen stärker als bei rechtsseitigen. Bei großem linksseitigem Exsudat ist in der Regel nur die rechtsseitige (Abb. 24, 25), bei großem rechtsseitigen nur die linksseitige Herzgrenze (Abb. 26) im Röntgenbilde ersichtlich. Bei ventrodorsaler Durchleuchtung sieht man gelegentlich, daß der Exsudatschatten noch über die durch die Dornfortsätze gekennzeichnete Mittellinie des Körpers hinausragt. Dieser röntgenologische Befund stimmt mit dem perkutorischen überein, insofern durch Verdrängung des hinteren Mediastinums nach der gesunden Seite auf dieser der bekannte Crocco-Rauchfußsche paravertebrale dreieckige Dämpfungsbereich zustande kommt. Die Verdrängung von Mediastinum und Herz erfolgt aber nicht bloß durch den direkten Druck des Exsudates sondern auch durch den elastischen Zug der anderen Lunge (Brauer), insofern die durch das Exsudat entspannte Lunge den normalen Gegenzug nicht mehr ausübt. So kann man manchmal eine Verlagerung des Herzens nach der gesunden Seite zu schon bei geringgradiger Exsudatbildung (Abb. 22, 23) oder bei Exsudaten, die an den Herzschaten nur wenig oder gar nicht heranreichen (Abb. 27—29), finden; und andererseits ist das Herz oft selbst bei großem Exsudat nur wenig verlagert. Bei doppelseitigem Pleura-Exsudat (Abb. 30) beobachtet man meist keine erheblichen Verdrängungserscheinungen der Nachbarorgane, es sei denn, daß das eine Exsudat das andere an Größe erheblich übertrifft. So findet man z. B. Medianstellung des Herzens bei Überwiegen des linksseitigen Exsudates.

Auch das Zwerchfell der kranken Seite wird herabgedrängt, wenn es nicht infolge von früher stattgehabten pleuritischen Verwachsungen fixiert ist. Doch wird fast nie eine Wölbung desselben nach unten beobachtet, da der intraabdominelle Druck das Gewicht der auf dem Zwerchfell lastenden Flüssigkeit überwiegt und das letztere kuppelförmig nach oben drängt. Nur bei sehr ausgedehnten Pleura-Ergüssen findet man das Zwerchfell nach unten vorgewölbt (Wenkebach).

Der Stand des Zwerchfelles und die eventuell eingetretene Senkung desselben ist aber selbst röntgenologisch oft schwer festzustellen, namentlich rechterseits, da hier der Schatten des Exsudates unvermittelt in den der Leber übergeht. Und auch bei linksseitigem Exsudat erhält man nur bei stärkerem Luftgehalt des Magens oder Kolons über die Lage des Zwerchfelles Aufschluß; eventuell kann man zur Klärung der Sachlage eine schwache Aufblähung des Magens vornehmen.

Beschaffenheit des Exsudates. Aus der Schattenintensität kann nicht auf die Beschaffenheit des Exsudates geschlossen werden. Ob dasselbe serös, blutig oder eitrig ist, wird durch die Röntgenuntersuchung nicht erkannt.

Wenngleich die Schattenintensität des Exsudates uns keinen sicheren Anhaltspunkt für das Bestehen eines Empyems liefert, so gibt uns manch-

mal der röntgenologische Befund doch wichtige diesbezügliche Fingerzeige. So fehlt bei Empyem gewöhnlich die typische Form der oberen Exsudatgrenze, indem dieselbe hier ungleichmäßig, oft sogar nahezu horizontal verläuft und unscharf ist. Auch beobachtet man nicht selten bei eitrigen Exsudaten infolge frühzeitiger Verwachsung der Pleurablätter die charakteristischen Erscheinungen von Exsudatabsackung (Abb. 29). Ferner kann durch bakterielle Zersetzung des eitrigen Exsudates Gasbildung an der oberen Exsudatgrenze auftreten, welche einen charakteristischen röntgenologischen Befund ergibt. Es zeigt sich nämlich bei passiven Schüttelbewegungen des Thorax während der Leuchtschirm-Untersuchung an der oberen, scharf horizontal verlaufenden Exsudatgrenze träge Wellenbewegung, ohne daß immer ein heller pneumothoracischer Raum nachzuweisen ist. Auch die Entscheidung, ob ein abgesacktes

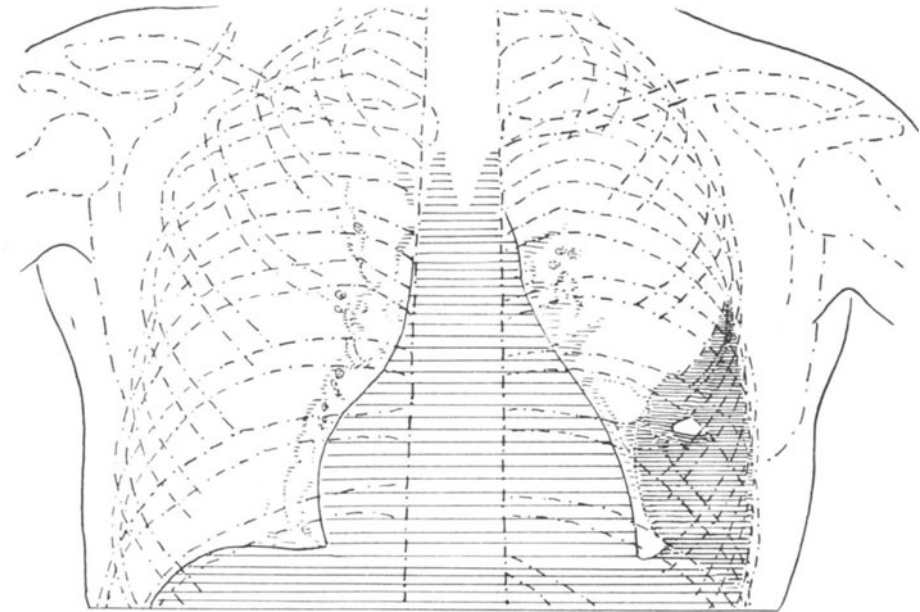


Abb. 31. Abgesacktes Empyem mit Gasbildung im linken unteren Lungenfeld (sagittale Durchleuchtung).

Empyem oder ein Lungenabszeß vorliegt, ist durch die Röntgenuntersuchung, namentlich bei Vergleich der sagittalen und der schrägen Durchleuchtung festzustellen, indem bei Empyem die Lage des Eiterherdes an der Thoraxwand (Abb. 31 und 32), bei Abszeß innerhalb des Lungenfeldes festzustellen ist.

Weiters erhält man durch die Röntgenuntersuchung gute Anhaltspunkte für die Entscheidung, in welchem Bezirke ein etwaiger operativer Eingriff vorzunehmen ist.

Lassen die vorhandenen Krankheitserscheinungen eine künstliche Entleerung des Exsudates, sei dasselbe nun eitrig oder serös, wünschenswert erscheinen, so überzeugt man sich vor der Aspiration durch die Probepunktion von der Beschaffenheit des Exsudates und durch die Leuchtschirmuntersuchung von der Größe, Form und Lage und namentlich auch von der Schichtdicke desselben in verschiedenen Höhen. Erst dann markiert man sich mit Farbstift die Stelle, welche für den Einstich am geeignetsten erscheint.

Nach Ausführung des operativen Eingriffes läßt sich in dem früheren Exsudatbezirk noch längere Zeit hindurch eine fleckige Schattentrübung nachweisen, die durch fibrinöse Auflagerungen, bindegewebige Stränge und ungenügende Wiederentfaltung der Lunge bedingt ist.

Endlich läßt sich auch der Heilungsprozeß und die Regeneration des Knochens nach erfolgter Rippenresektion mit Hilfe des Röntgenverfahrens gut verfolgen (Abb. 33). Die Röntgenuntersuchung ist selbst in späteren Stadien des Leidens noch wichtig, so z. B. wenn zu entscheiden ist, durch welchen Eingriff der Kranke von den Folgen einer ungeheilten Empyemoperation befreit werden kann.

Nebenbei sei bemerkt, daß zur gelegentlichen röntgenographischen Darstellung eines meist außerordentlich dichte Schatten liefernden Pleura-Exsudates sich Verstärkungsaufnahmen (Folienaufnahmen) im allgemeinen besser eignen als einfache Plattenaufnahmen.

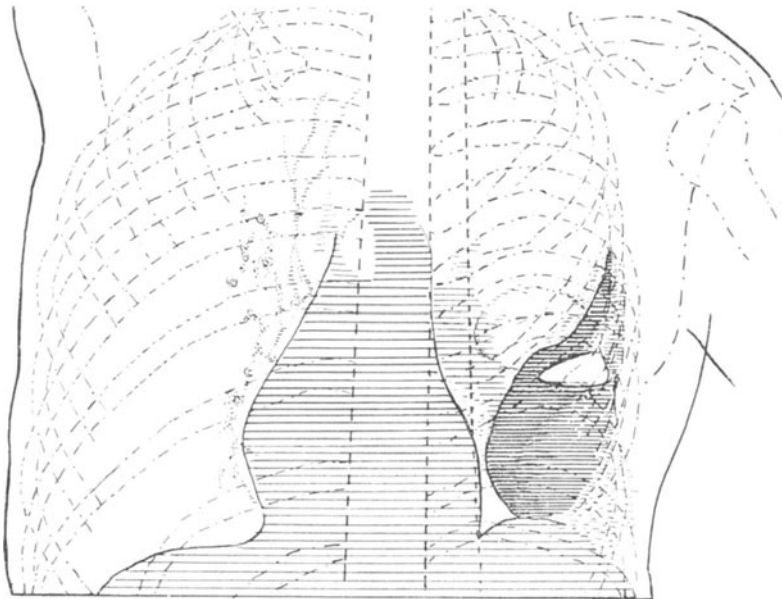


Abb. 32. Derselbe Fall wie in Abb. 31 bei Durchleuchtung in leichter Schrägstellung.

Sehr instruktiv ist die Röntgenuntersuchung zur Feststellung der topographisch-anatomischen Verhältnisse vor und nach der Aspiration eines Pleura-Exsudates. Nach der Entleerung des Exsudates sowie im Gefolge der eingeleiteten Resorption beobachtet man Entlastung der medianen Lungenpartien und Rückgang der Verdrängungserscheinungen sowie der Trübung der überstehenden Lungenpartien infolge von fibrinösen und fibrösen Auflagerungen. Dabei ist die laterale Konfiguration des Exsudatschattens oft nur wenig verändert (F. Kraus).

Auch die spontane Rückbildung des regulären Pleura-Exsudates erfolgt früher und nachhaltiger an seinen medianen wie an seinen lateralen Partien. Ja man sieht häufig nach Aufsaugung des Exsudates lateralwärts noch einen schmalen länglichen Schattenstreifen, der nur langsam unter Hinterlassung einer schleierartigen Trübung des entsprechenden Lungenbezirkes sich zurückbildet.

Nach Aspiration eines größeren Exsudates zeigen sich zuweilen die charakteristischen Erscheinungen eines Pneumothorax.

Entweder ist in einem solchen Falle bei dem thorakalen Eingriffe etwas Luft in den Pleuraraum aspiriert worden; dann wird die nach der Pleurapunktion ersichtliche kleine intrathoracische Luftblase rasch wieder resorbiert. Es kann aber auch vorkommen, daß der endothoracische, vielleicht schon lange bestehende Luftraum durch das starke Ansteigen des Exsudates (in solchem Falle als Rest- oder Ersatz-Exsudat bezeichnet) bis gegen die

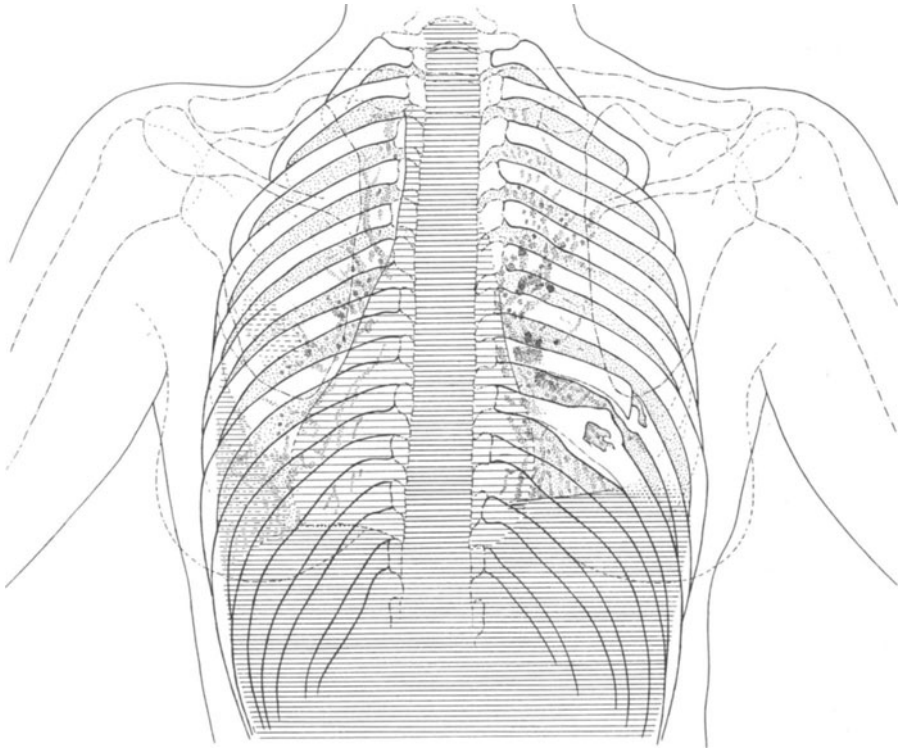


Abb. 33. Rechtsseitiges Empyem (geheilt).

Ventrodorsale Aufnahme. Resektion der 8. und 9. Rippe. In letzterer ein sog. Rippenfenster und starke Kallusbildung, während die Stümpfe der 8. Rippe ungleichmäßig sich vereinigt haben. Rechte Zwerchfellkuppel verzogen, schief nach oben und außen verlaufend. Linkerseits pleuritische Residuen (Schwarten und basale Adhäsionen).

Lungenspitze zu verdrängt und die Stelle der Lungenruptur hierbei komprimiert wird. In diesem Falle wird, vorausgesetzt daß die Durchbruchsstelle noch nicht vernarbt ist, bei der Aspiration des Exsudates der ursprüngliche Luftraum sich wieder herstellen, so daß die Merkmale des Pneumothorax wieder deutlich hervortreten.

Wenn das Exsudat so umfangreich ist, daß es fast die ganze Thoraxhälfte ausfüllt, indem die Luft darüber vollständig resorbiert ist, so gibt dasselbe einen über das ganze Lungenfeld der einen Thoraxseite sich erstreckenden, ziemlich gleichmäßigen Schatten, ähnlich wie bei großen, mit Exsudat einhergehenden Neoplasmen der Lunge, welche sich allerdings — im Gegensatz zu Exsudaten — meistens vom Herzrand deutlich differenzieren lassen.

Nur wenn noch eine Luftblase als Überbleibsel des Pneumothorax vorhanden ist, geben sich diese Flüssigkeitsergüsse als Pneumothorax-Exsudate mit scharfer, horizontaler oberer Grenze zu erkennen. Diese Exsudate, deren häufiges Vorkommen man erst durch das Röntgenverfahren festgestellt hat, wurden schon im Kapitel „Pneumothorax“ eingehend erörtert. Sie sind natürlich nur in Notfällen zu punktieren, um ein Wiederaufbrechen der Rupturstelle möglichst hintanzuhalten.

Bei größeren Pleura-Exsudaten beobachtet man oft eigentümliche geometrische Figuren, auf die im folgenden noch besonders hingewiesen werden soll. Eine typische

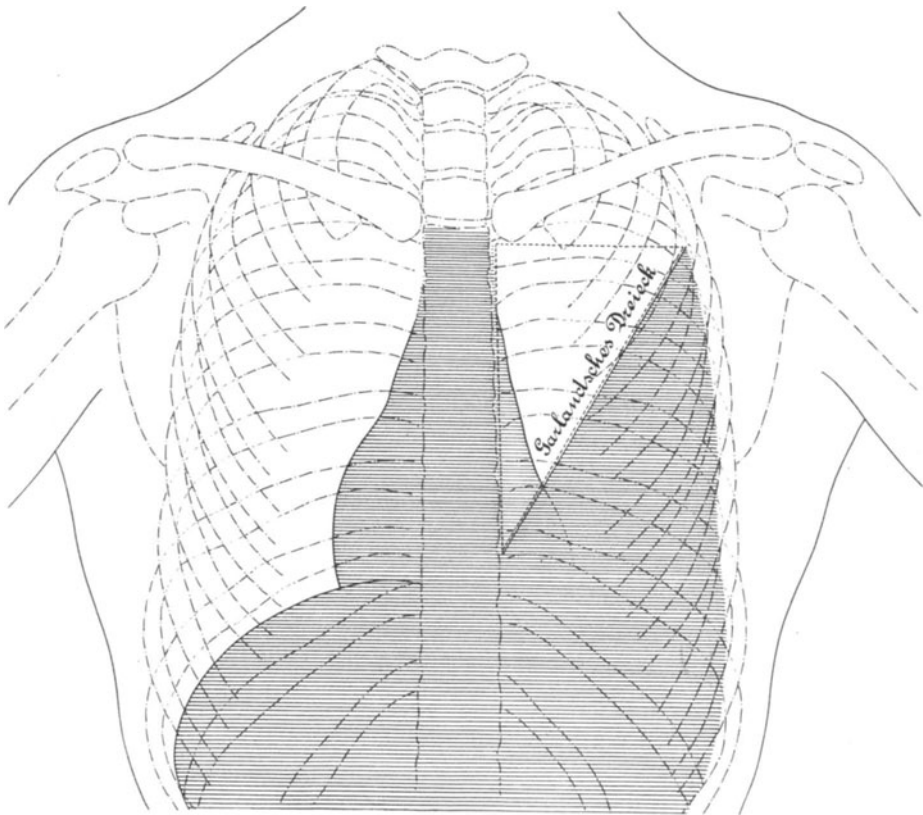


Abb. 34. Mittelgroßes linksseitiges Pleura-Exsudat mit typischer oberer Begrenzung. Die Garland-Scarpasche Dreiecksfigur punktiert gezeichnet. Herz nach rechts verdrängt.

Dreiecksfigur im Gebiete des pleuritischen Exsudates ist nach Garland und Scarpa benannt, von denen ersterer sich schon 1877 dahin aussprach, daß die obere Exsudatgrenze neben der Wirbelsäule erheblich tiefer steht als in den lateralen Thoraxpartien. (Auf diese Weise kommt nach Hamburger auf der kranken Seite eine paravertebrale Aufhellungszone zustande.) Das so gebildete Garland-Scarpasche rechtwinklige Dreieck (Abb. 34), dessen Ausdehnung auch durch die Röntgenuntersuchung bestimmt werden kann, ist nach oben begrenzt durch eine horizontale Linie, welche den höchsten (lateralen) Punkt des oberen Schattenrandes mit der Wirbelsäule verbindet und so die eine Kathete bildet, während die andere Kathete durch die Wirbelsäule und die Hypotenuse durch die schräg von der Wirbelsäule zur lateralen Thoraxwand verlaufende obere Exsudatgrenze gebildet wird. (Die letztere entspricht der perkutorischen Damoiseau-Ellisschen Grenzlinie.)

Bei größeren Pleura-Exsudaten ist rückwärts, wie bereits früher erwähnt, mitunter auch auf der gesunden Seite eine Schalldämpfung, und zwar in Form eines dreieckigen, an die Wirbelsäule angrenzenden (paravertebralen) Streifens zu finden. Man hat diesen Dämpfungsbezirk nach seinen Entdeckern Crocco-Rauchfußsches Dreieck benannt. Matthes gibt an, daß die Höhe dieses Dreieckes der Höhe des Exsudates entspricht, während nach Brugsch und Schittenhelm die Spitze des Dreieckes gewöhnlich noch über dem Niveau des Pleura-Ergusses liegt. Weniger gut als durch die Perkussion ist der Nachweis des Crocco-Rauchfußschen Dreieckes auf röntgenologischem Wege ermöglicht. Fr. Kraus (Lehrbuch der Röntgenkunde von Rieder und Rosenthal) gelang es indessen, bisweilen einen dreieckigen Schatten auf der gesunden Seite neben

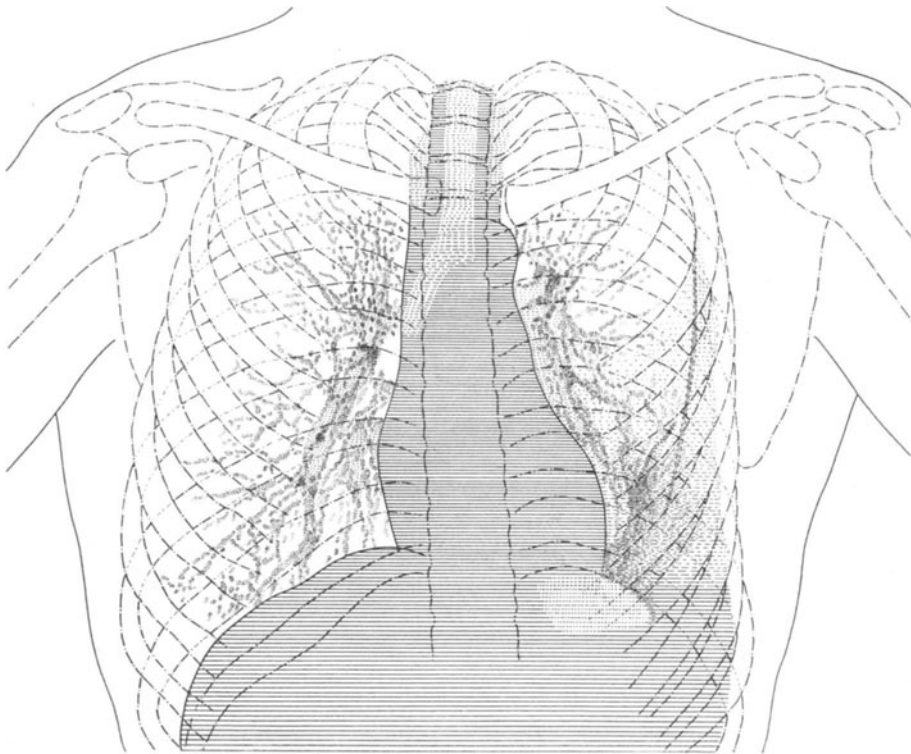


Abb. 35. Residuen einer linksseitigen basalen Pleuritis.

Schwartenbildung links unten und lateralwärts (Zwerchfell verdeckt) und Adhäsionen daselbst; außerdem lateralwärts eine lange nach oben verlaufende bindegewebige Spange, welche fast das ganze linke Lungenfeld durchzieht. Thoraxwölbung links geringer und untere Interkostalräume links enger als rechts.

der Wirbelsäule auf dem Leuchtschirme zu erkennen, den er auf Verdrängung des Mediastinums mit Einschluß des Herzens zurückführt. Hingegen glaubt Goldscheider (B. kl. W. 1910), daß dabei auch die Atelektase eines der hinteren Thoraxwand anliegenden Stücke der Lunge schattenbildend wirkt. Am besten ist die genannte Dreiecksfigur ersichtlich, wenn ein linksseitiges Exsudat vorliegt, wobei sie bei ventrodorsaler Durchleuchtung rechts neben der Wirbelsäule zu erkennen ist. Die Basis des Dreieckes befindet sich kaudalwärts, seine Spitze kephalwärts. Das genannte Dreieck bildet sich entsprechend der zunehmenden Resorption des Exsudates allmählich zurück und es verschwindet rasch nach Aspiration der Flüssigkeit.

Es sei noch besonders auf die Differentialdiagnose von croupöser Pneumonie und Exsudat hingewiesen. Dieselbe bedarf, namentlich bei unklaren Krankheitserscheinungen, oftmals einer sorgfältigen röntgenologischen

Beobachtung. Das Exsudat liefert gewöhnlich einen dichteren Schatten als eine pneumonische Infiltration. Man darf das erstere aber nur dann ausschließen; wenn man durch den pathologischen Schattenbezirk hindurch das Zwerchfell erblicken kann, und wenn an demselben annähernd normale Form und Lage sowie respiratorische Beweglichkeit zu konstatieren ist. Wenn auch an die Dichte des Exsudatschattens im allgemeinen nur die einer sog. massiven Pneumonie heranreicht, so genügt ein derartiges Unterscheidungsmerkmal doch nicht immer, zumal eine croupöse Pneumonie oft durch Exsudatbildung kom-

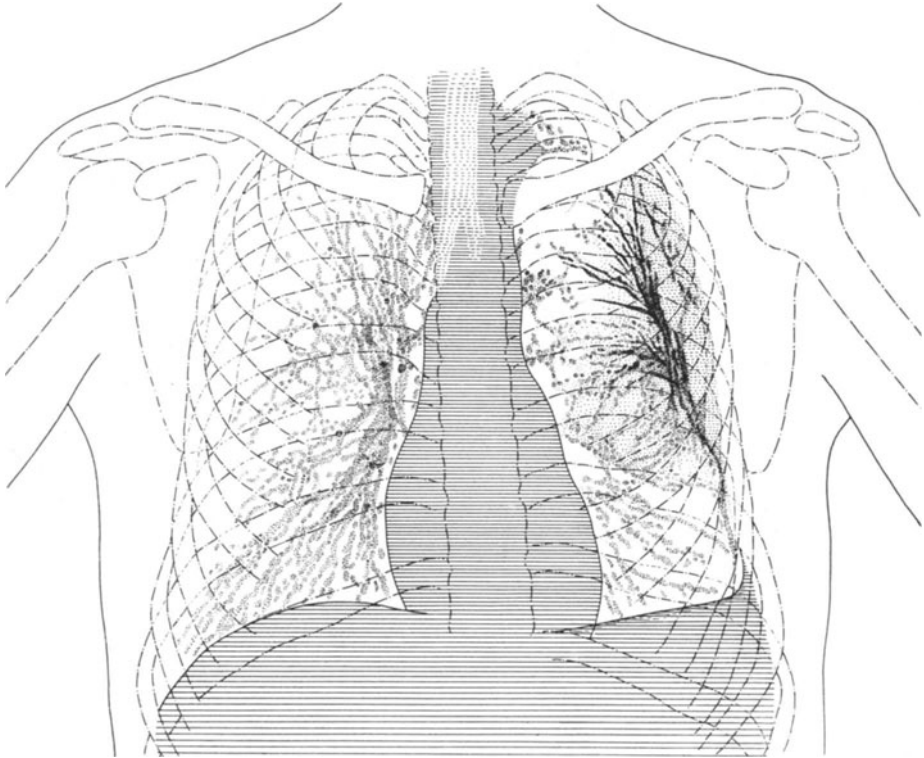


Abb. 36. Pleuritische Residuen (Adhäsionen und Spangenbildung). Linkes Zwerchfell schräg von innen unten nach außen oben verlaufend, lateralwärts adhärent. Von hier aus erstrecken sich aufwärts und medianwärts vielfach verzweigte strahlenförmig verlaufende offenbar kalkhaltige Pleuraspannen, die tiefdunkle Schattenstränge liefern. Herz median gestellt.

pliziert ist. Gerade in solchen Fällen ist die Kontrolle von Stand und Beweglichkeit des Zwerchfelles mittels des Leuchtschirmes von großer Wichtigkeit. Was schließlich das nur den Exsudaten eigene (allerdings nur sehr selten zu beobachtende) paravertebrale Dreieck anlangt, so kann das Fehlen dieses seltenen Kennzeichens nur neben anderen Befunden im Sinne des Bestehens einer reinen Pneumonie gedeutet werden.

Als Hämorthorax bezeichnet man einen Bluterguß in die Pleurahöhle mit anschließendem Pleura-Erguß. Er ist ein oftmals zu beobachtender Folgezustand von Pleura- und Lungenzerreibungen bei penetrierenden Brustverletzungen, besonders Brustschüssen. In allen mit Rippenbrüchen einhergehenden Verletzungen fanden Kaminer und Zondek Hämorthorax. Auf der

verletzten Seite ist die Beweglichkeit des Zwerchfelles vermindert oder aufgehoben; diese Bewegungsstörung kann lange oder sogar ständig bestehen bleiben und geht in letztgenannten Fällen gewöhnlich mit Zwerchfellohochstand einher. Verletzungen des Nervus phrenicus kommen hier als ursächliches Moment in Betracht.

Der Röntgenbefund weicht auch in anderer Beziehung von dem bei einfacher exsudativer Pleuritis ab, und zwar sowohl in frischen Fällen als auch in späteren Stadien. Das Röntgenverfahren ist wertvoll nicht bloß für die

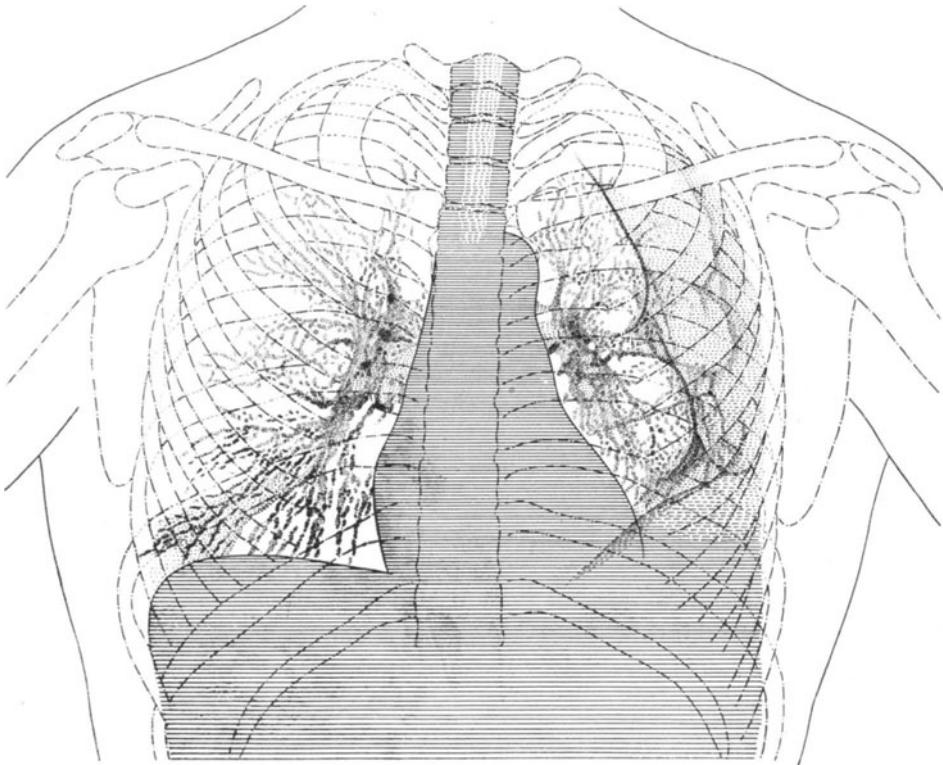


Abb. 37. Pleuritische Schwarten und Spangen links.

Links lateralwärts ausgedehnte Schwarten, die nach unten zu dichter werden und das linke Zwerchfell fast vollständig verdecken. Vielfach verzweigte, in verschiedenen Richtungen, z. T. kreisförmig verlaufende dichte Spangen im ganzen Gebiete des linken Lungenfeldes.

Beurteilung, welche der intrathoracischen Organe verletzt sind, sondern auch für den Nachweis der Resorption von Blut- und Pleura-Ergüssen; gewöhnlich erfolgt Spontanresorption. Die obere Grenze der blutigen Ergüsse ist meistens atypisch und unregelmäßig. Neben denselben können dichte unregelmäßige, von zertrümmerten Lungenpartien und Blutkoagulis herrührende Schattenbildungen ersichtlich werden. Aber auch für die Beurteilung von Spätfolgen, z. B. Lungenvereiterungen, Empyem, Pleuraschwarten, Verwachsung der Pleurablätter mit Fixation des Zwerchfelles am medialen oder lateralen Pleurasinus, sowie zum Nachweis von Fremdkörpern spielt die Röntgenuntersuchung eine wichtige Rolle.

Endlich kann bei Durchschuß von Brust- und Bauchhöhle ein Häm- oder Pneumohämorthorax mit Zwerchfelliß und Zwerchfellhernie kombiniert sein, und hier ist die Röntgenuntersuchung für die Diagnose ausschlaggebend.

Residuen entzündlicher Prozesse der Pleura, d. h. bindegewebige Verdickungen, schwartige Auflagerungen und Spangen, sowie zirkumskripte und flächenhafte Verwachsungen (Adhäsionen). Restrictio thoracis.

Nach dem Rückgang pleuritische Prozesse, besonders nach der Aufsaugung eines Exsudates, entwickeln sich bindegewebige Stränge und Verwachsungen zwischen Lunge und Brustwand, zwischen Lunge und Mittelfell oder zwischen Lunge und Zwerchfell, unter Umständen auch Schrumpfungsvorgänge, die schon in ihren Anfängen auf dem Röntgenbilde deutlich zu erkennen sind, während die älteren Untersuchungsmethoden uns bei derartigen Untersuchungen öfters im Stiche lassen.

Zunächst die pleuritischen Schwarten, die als flächenhafte organisierte Exsudatreste aufzufassen sind, sind in der Regel wandständig und liefern gewöhnlich nicht so charakteristische und nicht so dichte Schatten wie die Exsudate selbst. Ja, man ist oft erstaunt über die geringe Schattenintensität von Schwarten, bei denen Perkussion und Pektoralfremitus auf erhebliche Pleuraveränderungen hinweisen.

Wohlausgebildete Schwarten bilden gleichmäßige, auf mehr minder große Gebiete des Lungenfeldes sich erstreckende Schatten, welche in diesem Bezirke das Lungenstrukturbild trüben und verdunkeln und auch eine Unschärfe der Rippen Schatten bedingen (Abb. 33). Kephalwärts läßt sich, im Gegensatz zu Exsudaten, bei Schwarten eine allmähliche Aufhellung nachweisen; auch ist ihre obere Grenzlinie niemals so scharf wie bei Exsudaten. Nach unten zu lassen sie sich meistens vom Zwerchfell nicht scharf abgrenzen und verlieren sich allmählich in dessen Schattenbezirk.

Zur Unterscheidung der dem Pleurasinus und seiner Umgebung angehörenden Schwarten von kleinen Exsudaten kann man die frontale Durchleuchtung zu Hilfe nehmen. Bei letzteren erscheint das Retrokardialfeld dunkel, bei ersteren nicht, oder wenigstens ist die Verdunklung nicht auf dieses Gebiet beschränkt. In den lateralen Thoraxpartien, besonders an der Umbiegungsstelle der Pleuraschwarte, ist ihr Schatten dichter als in den mehr zentral gelegenen. Abgesehen von den eigenartigen Projektionsverhältnissen in den lateralen Thoraxpartien ist hier auch der Stand des Exsudates ein höherer und seine Resorption in diesem Bezirke eine im Vergleich zu den medianen Thoraxpartien verlangsamte, so daß lateralwärts die Gelegenheit zur Schwartenbildung in höherem Grade gegeben ist als medianwärts (Abb. 33, 35).

Zarte pleuritische Auflagerungen, welche nur wenig intensive Schatten liefern, zeigen sich im Gegensatz zu Exsudaten auf dem Leuchtschirme nur deutlich, wenn sie demselben nahe liegen, während sie bei der entgegengesetzten Durchleuchtungsrichtung der Beobachtung entgehen können. Weil die Schattenintensität pleuritische Auflagerungen von ihrer Entfernung vom Fluoreszenzschirm so sehr abhängig ist, sollte zur Lokalisation der Schwarten stets ventrodorsale und dorsoventrale Durchleuchtungsrichtung zur Anwendung kommen. Stärkere Pleuraschwarten können durch Narbenretraktion zu Verlagerung und Verziehung der Nachbarorgane führen.

Etwa vorhandene Verwachsungen (Adhäsionen) der Lunge mit der Thoraxwand, sofern sie nicht flächenhaft sind, lassen sich meistens leicht nachweisen, wenn man das Lungenfeld in sagittaler Durchleuchtungsrichtung während der Atmung, besonders während stärkerer Inspiration, betrachtet.

Solche zirkumskripte streifenförmige oder band- und strangartige Schatten finden sich nicht bloß als pleuritische Residuen bei vorgeschrittener Lungentuberkulose, sowie nach Ablauf größerer Exsudate, sondern auch nach okkulten pleuritischen Erkrankungen, z. B. nach Unfällen und sonstigen, oft mit Hämothorax einhergehenden Verletzungen, weshalb in derartigen Fällen eine Röntgenuntersuchung nie zu unterlassen ist. Manchmal sieht man auch derbe, vielfach verzweigte Spangen größere Teile des Lungenfeldes durchziehen (Abb. 35, 37). Kalkhaltige Pleuraschwarten markieren sich, wie schon P. Krause hervorgehoben hat, als scharf abgesetzte, kreisförmig oder strahlenförmig verlaufende Schatten (Abb. 36, 40). Auch können hier wirkliche Verknöcherungen zustande kommen (Aßmann).

Alle diese bindegewebigen Gebilde absorbieren die Röntgenstrahlen in hohem Grade, so daß sie meistens sehr dichte Schatten liefern. Trotzdem

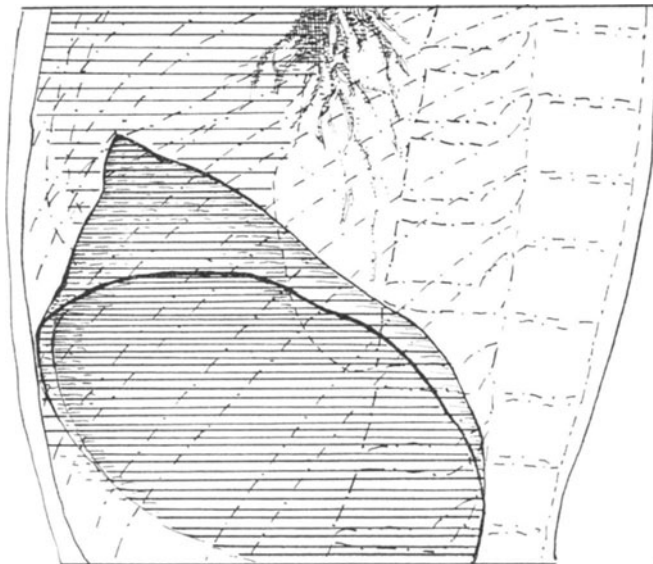


Abb. 38. Die eine Zwerchfellkuppel durch pleuritische Adhäsion zipfelig emporgezogen (frontaler Strahlengang).

können sie manchmal, namentlich in der Umgebung des Mittelschattens, dem Untersucher diagnostische Schwierigkeiten bereiten.

Vollständige oder teilweise Behinderungen der inspiratorischen Senkung des Zwerchfelles sprechen für das Bestehen von Adhäsionen zwischen Pleura pulmonalis und Pleura diaphragmatica, besonders wenn in der Umgebung des Zwerchfelles noch Trübungen oder Verdunklungen des Lungenfeldes nachzuweisen sind. Solche pleuritisch-diaphragmale Adhäsionen sind oft erst dann deutlich zu erkennen, wenn sie bei der Inspiration stärker angespannt werden. Man sieht dann Zacken und Stränge oder kephalwärts gerichtete, spitze oder zackige Fortsätze (Abb. 39) von der Zwerchfellkuppel nach dem Lungenfelde sich erstrecken. Unter Umständen zeigt sich auch eine ausgesprochene Formveränderung des Zwerchfelles, welche durch Abflachungen, Abknickungen und zipfelförmige Verziehungen seiner Kuppel infolge von basalen Pleurasynechien bedingt ist (Abb. 38, 47). Namentlich bei tiefer Einatmung beobachtet man öfters eine Art von „Zeltbildung“

(Abb. 38, 40, 47), welche besonders bei Leuchtschirmuntersuchungen deutlich in die Erscheinung tritt. Solche zeltförmige Adhäsionen finden sich auch dann, wenn ein Primäraffekt dicht über dem Zwerchfelle sich entwickelt hat.

Alle diese außerhalb des phrenico-costalen Pleurasinus gelegenen Zwerchfelladhäsionen, die oft erhebliche Krankheitsbeschwerden, besonders nach körperlichen Anstrengungen, verursachen, lassen sich nicht durch Perkussion und Auskultation nachweisen, da die unteren Lungenränder meist noch gute respiratorische Verschieblichkeit zeigen, wohl aber mit Hilfe der Röntgenstrahlen.

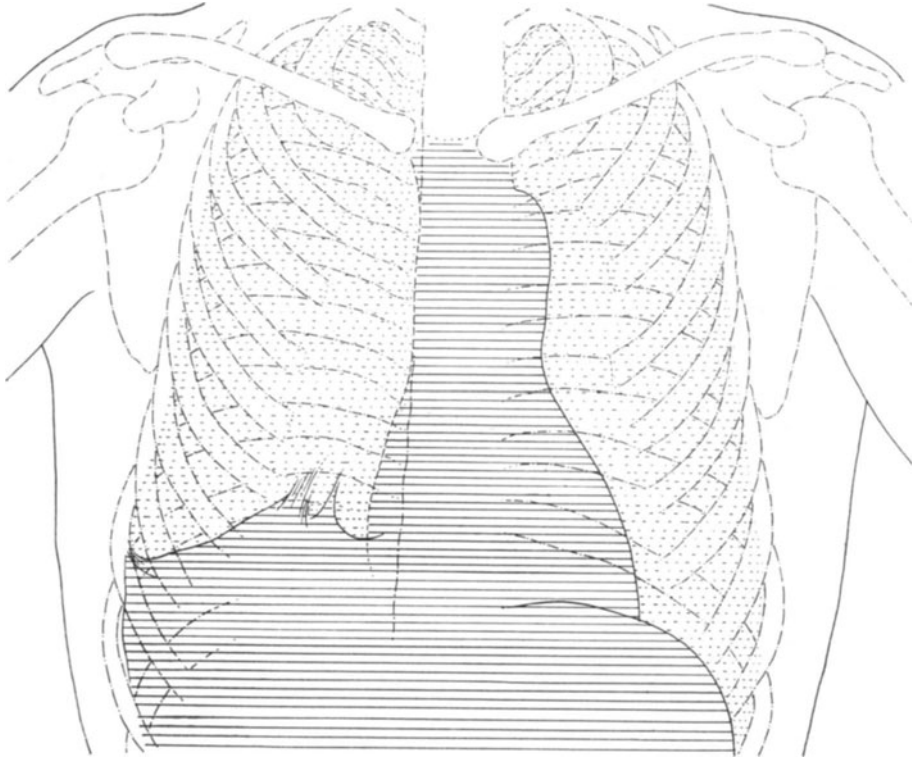


Abb. 39. Rechtsseitige spitze Zwerchfelladhäsionen.
Phrenico-costaler Winkel rechterseits ausgefüllt.

Adhäsionen am Zwerchfellrippenwinkel geben sich röntgenologisch dadurch zu erkennen, daß derselbe teilweise oder ganz ausgefüllt ist, sowie durch den Nachweis, daß bei der Inspiration infolge des Zurückbleibens der lateralen Lungenpartien eine horizontale Schattenfigur des Zwerchfelles (Abb. 44, 45) oder ein von letzterem schräg nach oben und außen verlaufender Schattenstreifen (Abb. 36, 37, 41, 42) zustande kommt.

Adhäsionen am phrenicokardialen Winkel bedingen Bewegungsstörungen des medialen und schräg nach abwärts gerichteten Verlauf des lateralen Zwerchfellgebietes, sowie Ansaugung des Herzens nach der gesunden Seite bei der Inspiration.

Bei ein- oder doppelseitiger Verwachsung des Zwerchfelles mit der Pleura mediastinalis zeigt dasselbe eine steil nach außen unten abfallende Richtung und läßt sich nur bis zum Herzschatten, mit dem es

in diesem Falle einen stumpfen Winkel bildet, verfolgen; selbst bei tiefer Inspiration hebt es sich nicht von letzterem ab.

Herzbeuteladhäsionen sind auch auf röntgenologischem Wege schwer als solche zu erkennen und totale Obliteration der Pleurablätter mit mediastinal-perikardialen Verwachsungen sind sogar viel sicherer an der systolischen Einziehung der Interkostalräume und dem Auftreten von Pulsus paradoxus wie mit Hilfe des Röntgenverfahrens festzustellen. Hingegen sind extern-perikarditische Adhäsionsstränge (zwischen Pleura mediastinalis und dia-

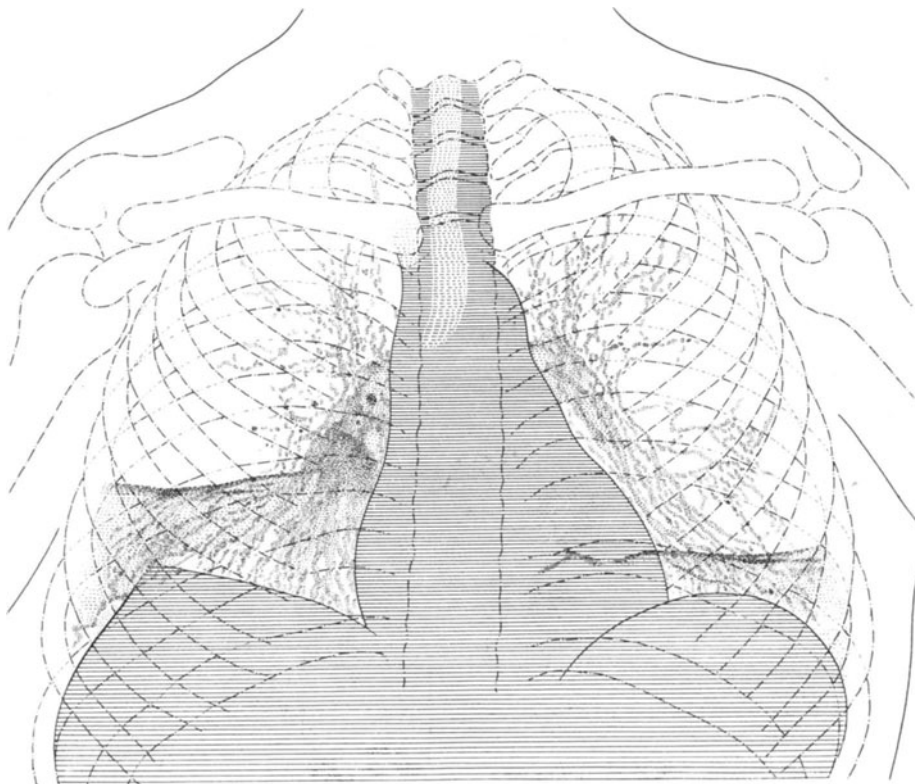


Abb. 40. Pleuraschwarten, Spangen und Adhäsionen.

Rechte Zwerchfellkuppel zeltartig ausgezogen. In den unteren Gebieten beider Lungenfelder horizontal verlaufende Schwarten und Spangen, deren dichte Schatten linkerseits sogar durch den Herzschatten hindurchscheinen.

phragmatica) bei der Durchleuchtung leicht nachzuweisen (Abb. 43) und gleich den flächenhaften pleuroperikarditischen Adhäsionen, besonders am Herzleberwinkel, wie Stuertz (Fortschritte a. d. Gebiete der Röntgenstrahlen, 1903, Bd. VII) nachgewiesen hat, oft nur durch die Röntgenuntersuchung zu erkennen.

Während bisher nur von partiellen und zirkumskripten Residuen entzündlicher Pleuraprozesse die Rede war, sei in folgendem noch in Kürze der diffusen Prozesse gedacht.

Allgemeine Adhäsivpleuritis (Concretio pleurarum diffusa) ist der Röntgenuntersuchung zugänglich, insofern sie geringgradige allgemeine Verdunklung des entsprechenden Lungenfeldes sowie Störungen in der Exkursionsfähigkeit des Thorax bedingt.

Frische fibrinöse Pleuritiden können aber, wie bei Besprechung der trockenen Pleuritis hervorgehoben wurde, denselben röntgenologischen Befund liefern wie diffuse Pleuraverwachsungen, wenn dieselben noch nicht zur Thoraxschumpfung geführt haben. Aber das Fehlen bzw. Vorhandensein von Pleurareiben und subjektiven Symptomen ermöglicht gewöhnlich leicht die Unterscheidung der beiden Krankheitsprozesse.

Übrigens trotz der genannten, bei Röntgenuntersuchungen fast regelmäßig zu erhebenden Befunde können manche Fälle von Pleuraverwachsung dem röntgenologischen Nachweis entgehen, wie man besonders gelegentlich der Anlegung eines künstlichen Pneumothorax erfahren mußte.

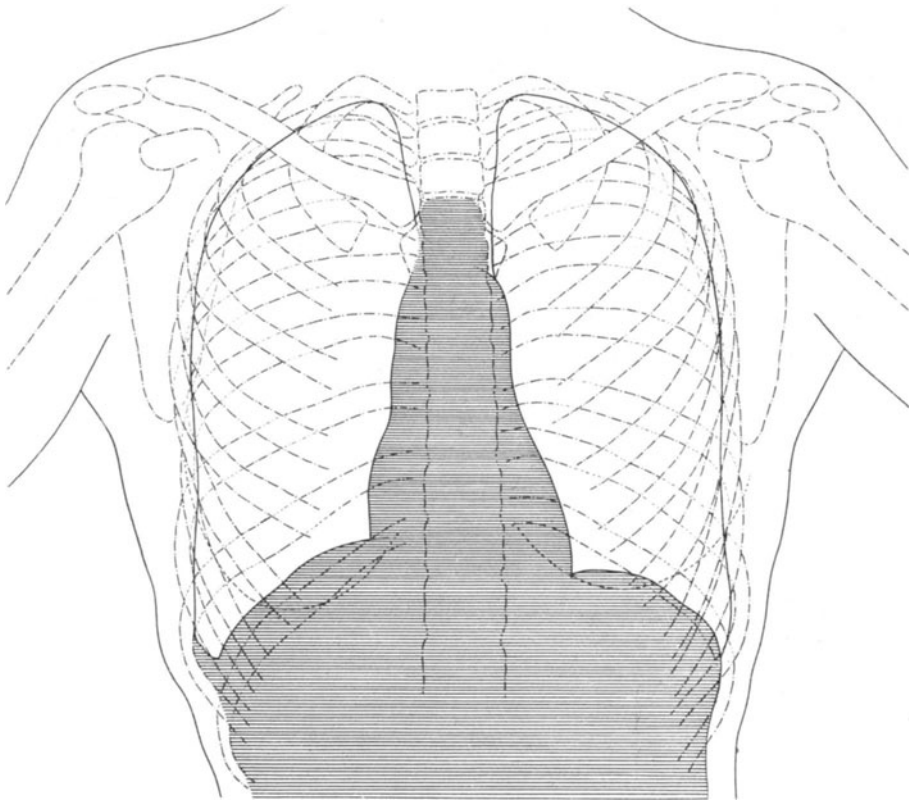


Abb. 41. Pleuritische Schwarte und Verwachsungen am rechten Sinus phrenico-costalis.

Herz median gestellt. Zwerchfellkuppel zeigt beiderseits leicht wellige Konturen.

Bei Schrumpfung ausgedehnter Schwarten und Verwachsungen, wie sie namentlich nach großen und langdauernden Exsudaten sich einstellen, kommt es allmählich zu Hochstand und horizontalem oder schrägem Verlauf (Abb. 42, 44) sowie zu stärkeren Bewegungsstörungen des Zwerchfelles auf der erkrankten Seite, während das Zwerchfell der gegenüberliegenden Seite vikariierend eintritt und starke Exkursionen bei der Respiration ausführt. Auch eine Verziehung des Mediastinums und des Herzens nach der kranken Seite (Abb. 42, 43, 45) erfolgt, wenn nicht etwa das Herz im Verlaufe des exsudativen Prozesses nach der gesunden Seite verdrängt und dort fixiert wurde. Das Herz erfährt hierbei eine leichte Schiefstellung und Drehung um seine Längsachse (Abb. 43, 45). Es ist von seiner

Umgebung, namentlich von benachbarten dichten Schwartenschatten, oft nicht mehr genau abzugrenzen. Infolge der genannten Dislokation wird der Hilus auf der kranken Seite verdeckt, hingegen derjenige auf der nicht betroffenen Seite entblößt (Abb. 42—44), so daß die Hilusverzweigungen (Gefäße und Bronchien) sich hier zentralwärts weit verfolgen lassen. Dadurch, daß das Zwerchfell nach oben gezogen wird, erfolgt bei linksseitigen Schrumpfungsprozessen auch eine Dislokation des lufthaltigen Magenfundus (Abb. 45), sowie der linken Kolonflexur nach aufwärts. Während bei starker linksseitiger Schwartenbildung der Stand der Luftblase im Magenfundus über den

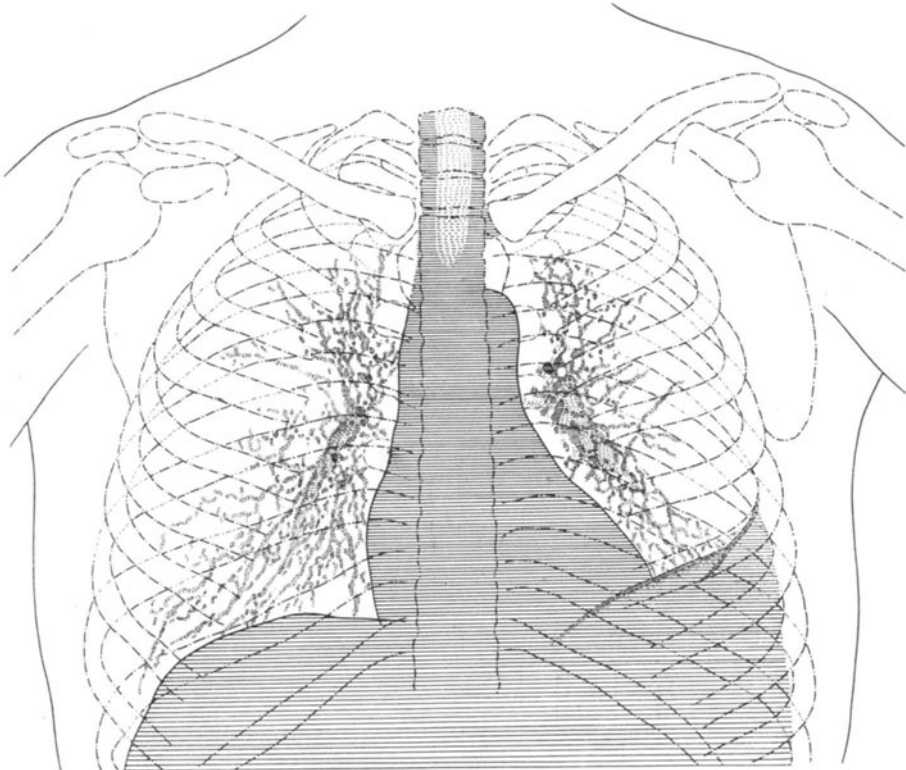


Abb. 42. Diffuse linksseitige Adhäsion des Zwerchfelles.

Dasselbe verläuft in schiefer Richtung nach außen oben. Rechte Zwerchfellkuppel zeigt geringgradige wellige Kontur.

Stand des Zwerchfelles jederzeit Aufschluß gibt, ist bei erheblicher Schwartenbildung rechterseits der Stand des Zwerchfelles nur dann zu bestimmen, wenn seine Atemexkursionen auf dem Leuchtschirme noch ersichtlich sind.

In späteren Stadien der Schrumpfung, wenn die allmählich entstandenen dicken Schwarten nach Art eines Narbenzuges auf Thoraxwand und Zwerchfell wirken, sowie nach lungenchirurgischen Eingriffen (Rippenresektion und besonders Thorakoplastik) stellen sich auch am knöchernen Thorax mancherlei Formveränderungen ein, die man unter der Bezeichnung „Restrictio thoracis“ zusammengefaßt hat. Die erste metapleuritische Veränderung desselben gibt sich ja schon frühzeitig durch Abflachung und leichte winklige Einziehung der unteren Thoraxpartien auf der

kranken Seite zu erkennen (Abb. 43—45). Später verengern sich die Zwischenrippenräume, namentlich die unteren, auf der befallenen Seite (Abb. 35, 36, 42, 45) und erweitern sich nur noch wenig bei der Inspiration. Die Rippen verlaufen schräg und liegen dachziegelartig übereinander. Die Wirbelsäule erfährt eine leicht konvexe Ausbiegung nach der kranken Seite (Abb. 44). Bei linksseitiger Thoraxschrumpfung wird, da das Herz nach der kranken Seite verzogen ist, die Wirbelsäule vom Herzen entblößt, weshalb die Wirbel-

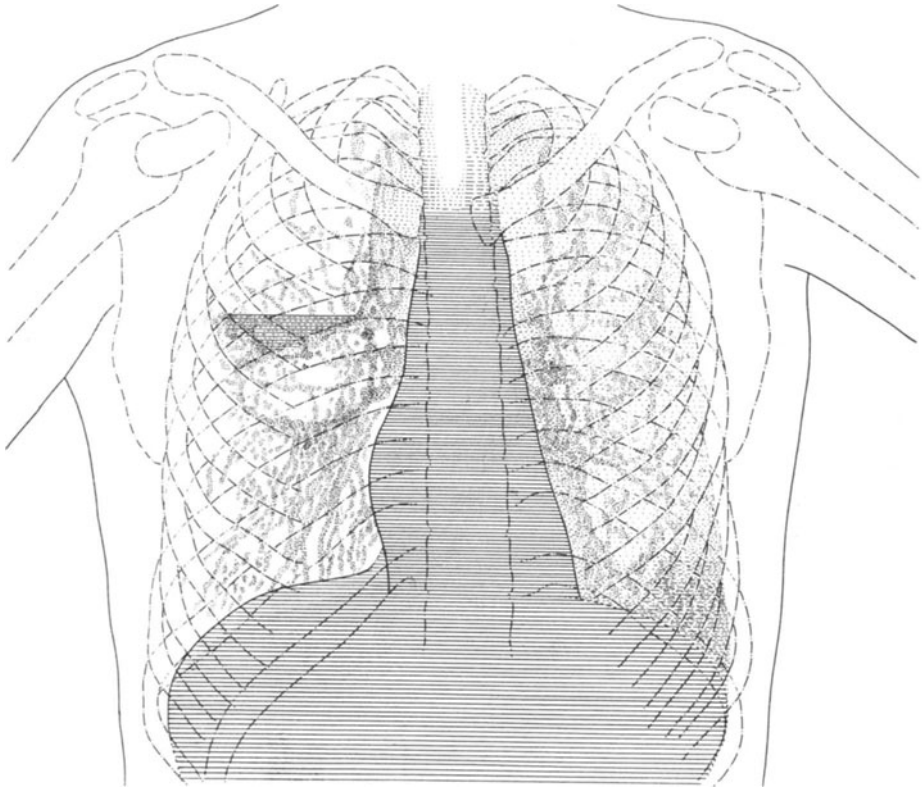


Abb. 43. Pleuritische Residuen

bzw. Adhäsionen und Schwarten linkerseits nach Ausheilung eines linksseitigen Seropneumothorax. Herz schief gestellt, nach rechts verlagert und dort fixiert. Rechterseits Sinus pleurae phrenico-cardialis durch einen extern-perikarditischen Adhäsionsstrang ausgefüllt. Zwischen Ober- und Mittellappen eine keilförmige (interlobäre) Schwarte. Zahlreiche tuberkulöse Herde, besonders in den medianen Partien des rechten Oberlappens, sowie in beiden Spitzen.

körper und Zwischenwirbelscheiben auf derartigen Röntgenbildern gut zu differenzieren sind (Abb. 44, 45). Die geschrumpfte Thoraxseite zeigt verminderte Exkursionsfähigkeit. Auch eine abnorme Schattenbildung (Trübung, Verdunklung) im Lungenfelde, namentlich lateralwärts, sowie eine erhebliche Funktionsstörung der Lunge stellt sich ein.

Die genannten Veränderungen finden sich in verschiedener Kombination und in mehr minder hohem Grade bei der Restrictio thoracis (Abb. 44 und 45) ausgebildet.

Ausgedehnte Schwartenbildung und Obliteration der Pleurahöhle kann schließlich zu erheblicher Schrumpfung und Verkleinerung der ganzen Thoraxseite führen.

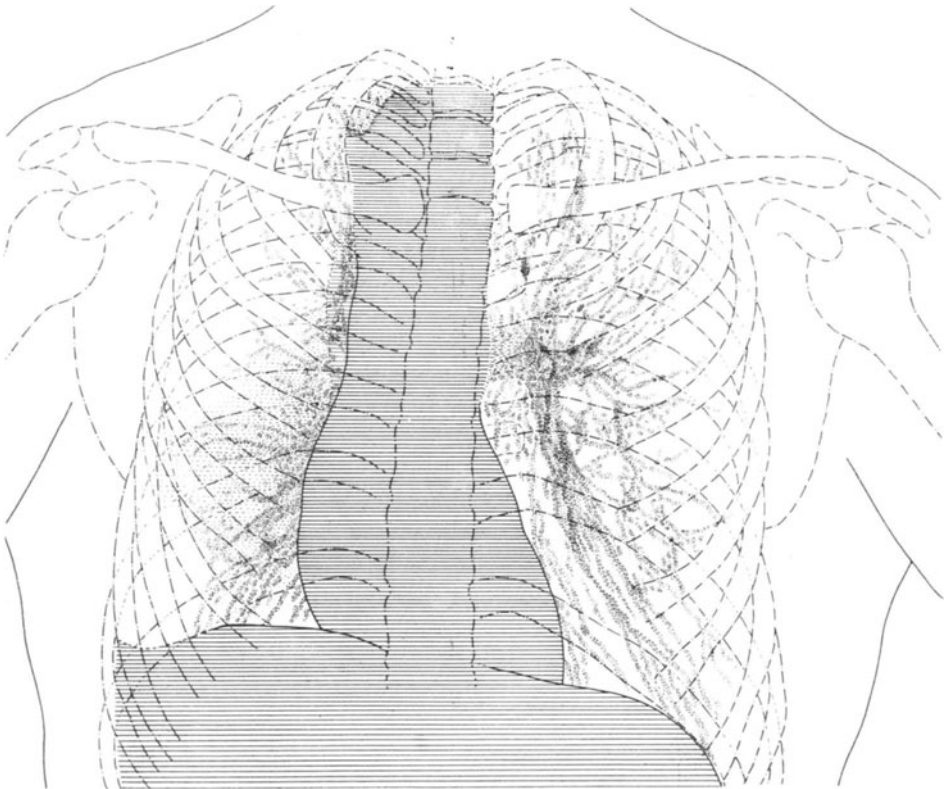


Abb. 44. Restrictio thoracis (rechterseits)

nach rechtsseitigem Pleura-Exsudat. Rechte Lungenspitze infiltriert. Untere Interkostalräume rechts etwas enger als links, die unteren Enden dieser Rippen zeigen etwas schrägen Verlauf. Herz und Mediastinum nach rechts verzogen, ersteres außerdem schiefgestellt und um seine Längsachse gedreht. Rechter Hilus verdeckt; linker entblößt, so daß der Vorsprung der Lungen, Gefäße und Bronchien (sowie der Querfortsätze der Brustwirbel, hier nicht dargestellt) sichtbar ist. Wirbelsäule nach der kranken Seite zu leicht konvex ausgebogen. Rechtes Zwerchfell zeigt horizontalen, welligen Verlauf, ist lateralwärts adhärent.

Atypische Pleuritiden mit und ohne Exsudatbildung.

Dahin gehört die abgesackte Pleuritis im großen Brustfellraum, die mehrkammerige, die mediastinale und interlobäre Pleuritis.

Abgesackte Pleuritis

findet sich im Gebiet der Pleura parietalis und mediastinalis, aber auch interlobär.

Am häufigsten ist nächst der interlobären die abgesackte parietale Pleuritis mit ihren durch Pleuraverwachsungen unregelmäßig fixierten, lateral gelegenen Ergüssen. Für den Nachweis derselben ist das Röntgenverfahren von besonders

großem Werte, da die übrigen physikalischen Untersuchungsmethoden hierfür unzureichend sind. Früher, d. h. vor der Ausgestaltung des Röntgenverfahrens, wurde die allgemeine Diagnose „abgesackte Pleuritis“ übrigens viel häufiger gestellt als jetzt, wo die röntgenologische Kontrolle gang und gebe ist.

Ein abgesacktes parietales Exsudat zeichnet sich durch eine eigenartige, von den gewöhnlichen Exsudaten erheblich abweichende Form aus. Dasselbe ist an einen kleineren oder größeren Bezirk gebunden, der durch früher

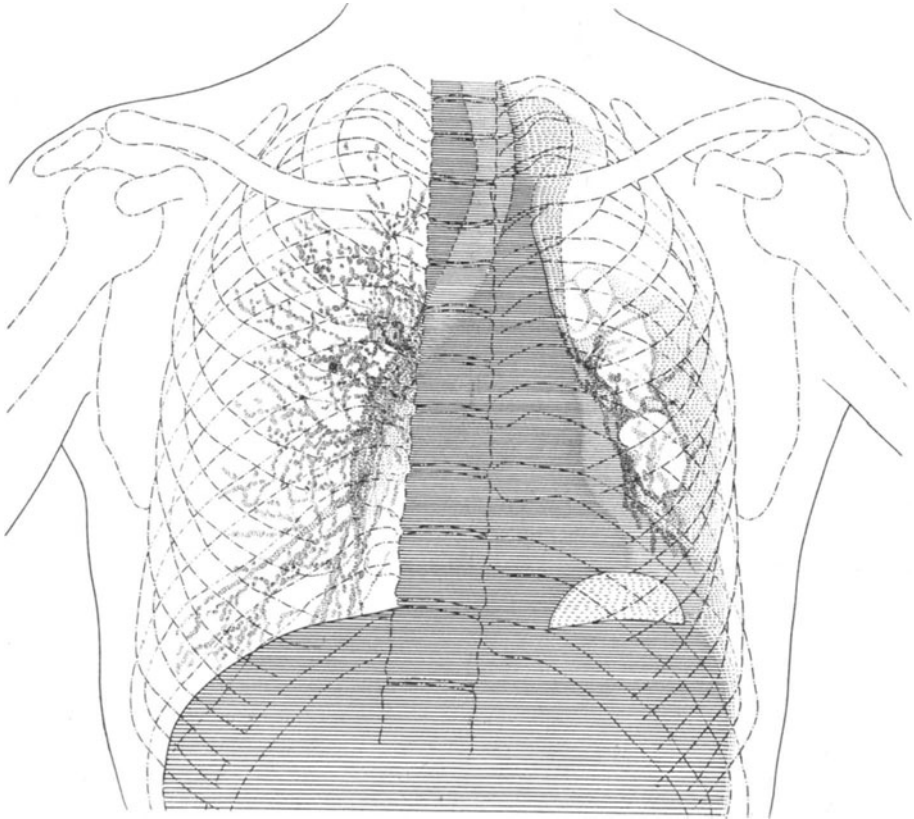


Abb. 45. Restrictio thoracis (linkerseits).

Herz und Trachea nach links verzogen. Zwerchfell linkerseits nicht sichtbar, offenbar hochstehend, wie aus dem Stand der Magenblase zu ersehen ist. Links auch pleuritische Adhäsionen (lateralwärts) und Kavernenbildung; untere Interkostalräume etwas verschmälert.

stattgehabte pleuritische Verwachsungen von der übrigen Pleurahöhle abgeschlossen ist. Es ist charakterisiert durch dichte, aber nicht ganz gleichmäßige Schattenbildung mit medianer, bogenförmiger Grenzlinie, die sich gewöhnlich von den benachbarten gesunden Lungenpartien gut abgrenzen läßt.

Ein solches Exsudat findet sich am häufigsten in den seitlichen Thoraxgegenden, und zwar öfters kaudalwärts als kephalwärts und kann hier bei längerem Bestehen zu Schrumpfungerscheinungen der benachbarten Pleura, der Lunge und der knöchernen Thoraxgebilde, besonders der Rippen führen (Abb. 46). Die Aspiration eines Exsudates zu therapeutischen Zwecken kommt hier weniger in Betracht als eine operative Eröffnung und Entleerung des

Ergusses bei Empyem. Eine röntgenologische Unterscheidung von Exsudat und Schwarte ist oft schwierig und unter Umständen nur ermöglicht durch den Nachweis von Verdrängungserscheinungen, die gegen Schwartenbildung sprechen. Fällt die Probepunktion negativ aus, so spricht dieser Befund für das Bestehen dichter kompakter Schwarten, die im Laufe längerer Zeit sich entwickelt haben. Häufig beobachtet man, daß ein derartiger Schatten allmählich, d. h. im Verlauf einiger Wochen oder Monate, dichter und kleiner wird.

Zu den abgesackten Exsudaten sind auch jene größeren Flüssigkeitsansammlungen in der Pleurahöhle zu rechnen, deren Schattenbezirk die retrahierte, medianwärts verlagerte Lunge mantelartig umgibt, wie z. B. nach

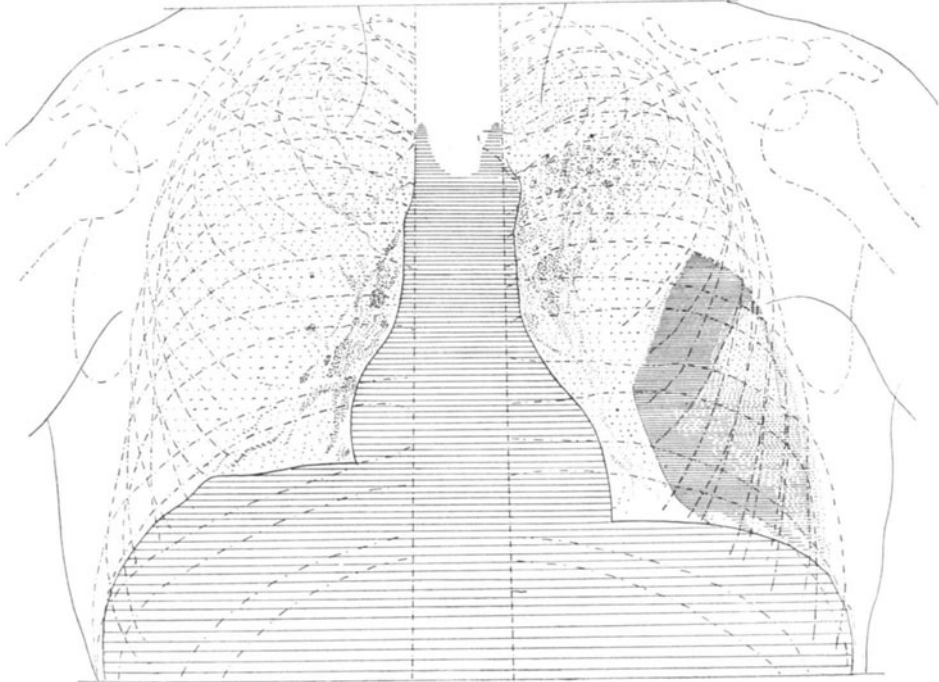


Abb. 46. Abgesacktes lateralwärts gelegenes linksseitiges Pleura-Exsudat in Heilung; mit ausgedehnter Schwartenbildung. Rechterseits Abflachung der medialen Zwerchfellpartie infolge von Adhäsion.

Schußverletzungen (Abb. 27) oder Grippeerkrankungen (Abb. 28) (mantelförmiges Exsudat).

Differentialdiagnostisch können gegenüber dem abgesackten Exsudat maligner Tumor und Abszeß in Betracht kommen, doch ist ein Tumorschatten meistens schärfer umschrieben und auch gewöhnlich nicht so dicht wie ein pleuritische Exsudatschatten, während ein Abszeßschatten nicht wandständig ist und außerdem fast regelmäßig mit Hilusveränderungen einhergeht.

Mehrkammerige abgesackte Pleura-Exsudate (Abb. 47 und 48)

entstehen nach Organisierung der Fibringerinnsel durch umschriebene Verlötung der Pleurablätter, indem sich Taschen und Säckchen der Pleura von verschiedener Form und Größe bilden, die mit Exsudat ausgefüllt sind. Diese

abgesackten mehrkammerigen Exsudate, welche besonders nach Grippeerkrankungen beobachtet werden, können vorn oder rückwärts liegen oder beiden Seiten angehören. Sie bilden sich nicht bloß spontan in Schwarten (Abb. 47), sowie in den Taschen pleuritischer Adhäsionen, sondern sind auch bei künstlichem Pneumothorax hin und wieder nach dem Auftreten eines Pneumothorax-Exsudates beobachtet worden, wobei sie das charakteristische Bild des freien Wasserspiegels zeigen (Abb. 48).

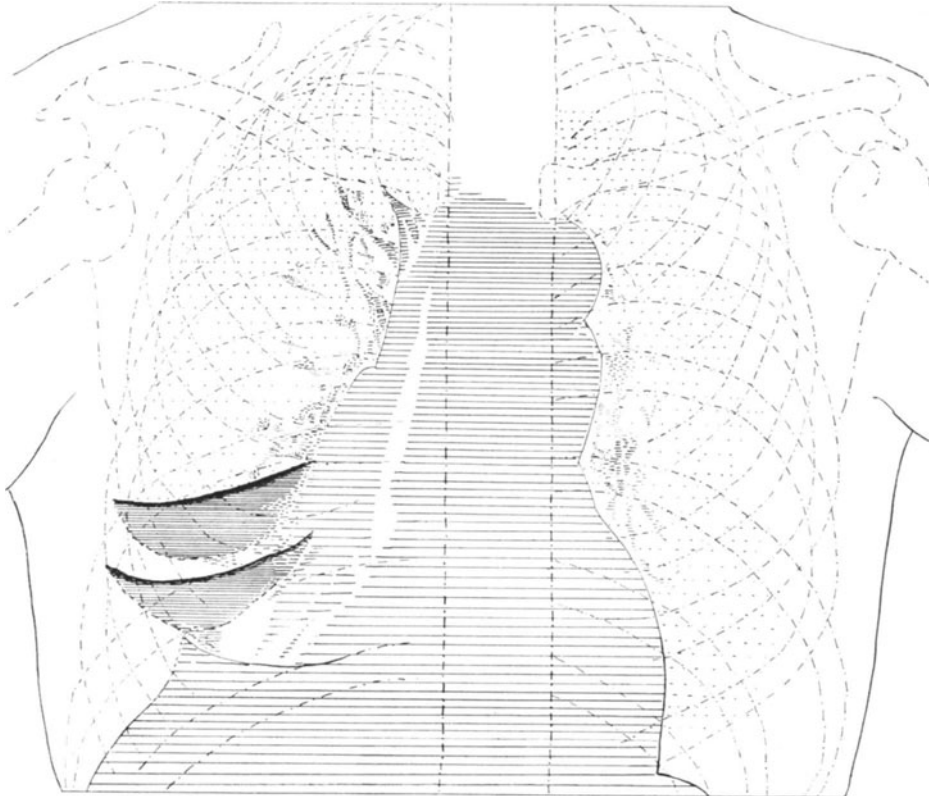


Abb. 47. Rechtsseitiges mehrkammeriges Pleura-Exsudat mit Adhäsion der Zwerchfellkuppel.

Pleuritis mediastinalis.?

Eine besondere Besprechung unter den abgesackten Exsudaten erheischt die bisher zu wenig beachtete und wegen ihrer Beziehung zum Mittelschatten oft verkannte Pleuritis mediastinalis. Einige kurze anatomische Bemerkungen, die teilweise der Abhandlung von Felix in Sauerbruchs „Chirurgie der Brustorgane“ entnommen sind, sollen derselben vorausgeschickt werden.

Die Pleura mediastinalis erstreckt sich rechts wie links in glatter Fläche von der Wirbelsäule bzw. den Articulationes costo-vertebrales der 10—11 oberen Brustwirbel bis zur Rückfläche des Brustbeines und umschließt hierbei in ihrem obersten Teile beiderseits den als „Mediastinum“ bezeichneten Raum, welcher außer den Mediastinalorganen fettreiches Bindegewebe und Thymusreste enthält. Und zwar bildet die Pleura zu diesem Zwecke in Höhe des Manubrium sterni beiderseits eine nach außen konvexe Halbkreislinie, welche das Mediastinum seitlich umgrenzt.

Bei ihrem weiteren Verlauf an der Vorderfläche des Thorax nähern sich ihre Grenzlinien und verlaufen eine Strecke weit parallel zueinander in gerader Richtung nach abwärts. In Höhe der 4. Rippe weichen sie wieder auseinander und verlaufen von da ab rechts und links in verschiedener Weise. Die rechtsseitige verläuft in Form einer in stumpfem Winkel abgeknickten Linie und bildet den rechten Sinus mediastinalis. Links verläuft die Grenzlinie in Höhe der 4. Rippe nicht gerade wie rechts, sondern in einer schwach konvexen Linie bis zum Sinus mediastinalis. Beide mediastinalen Brustfelle legen sich gewöhnlich dem parietalen Perikardium an, aber an der linken Pleura mediastinalis unterscheidet man noch einen besonderen Abschnitt, die Pleura pericardiaca. Allerdings ein Teil der vorderen Brustwand im Gebiete der Perikardialhöhle bleibt frei, so daß dort das Perikard direkt mit der Brustwand in Verbindung steht. Nach abwärts reicht die Pleura mediastinalis (bzw. der Sinus costo-mediastinalis) bis zum Zwerchfell, wo sie den Sinus diaphragmatico-mediastinalis (phrenico-cardialis) bildet. Die Grenzen der Pleura

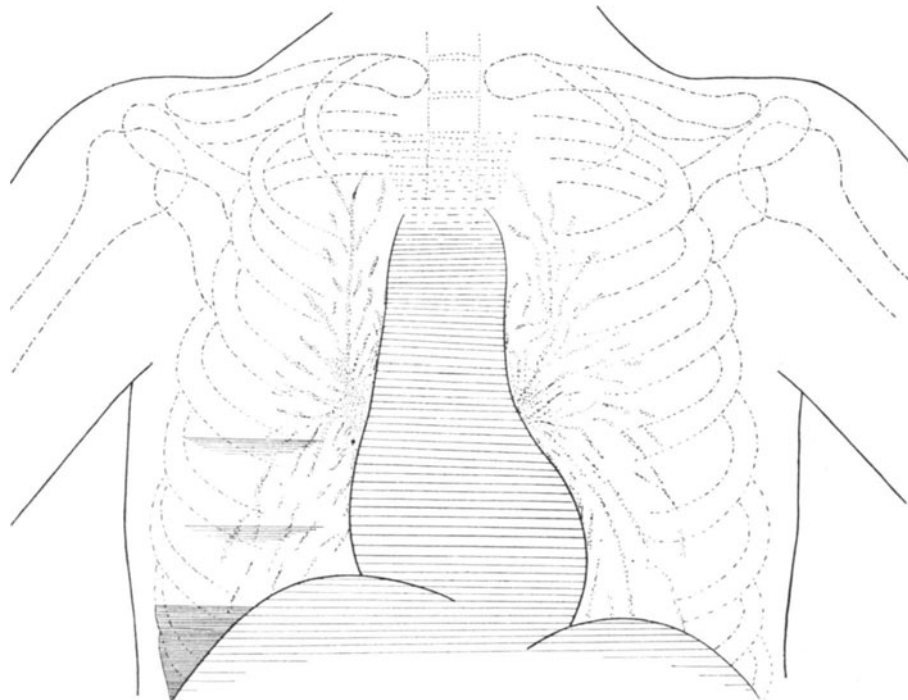


Abb. 48. Mehrkammerige Exsudatbildung nach künstlichem unvollständigem Pneumothorax. Zwei flache abgesackte Exsudate rechts an der hinteren Brustwand sowie ein kleiner Flüssigkeits-Erguß im phrenico-costalen Winkel (nach H. Kraus).

mediastinalis im Verlauf des vorderen Pleuraumschlages sind übrigens je nach Füllung der benachbarten Organe (Lunge, Herz, große Gefäße, Speiseröhre) sehr wechselnd und zeigen auch einen individuell sehr verschiedenen Verlauf.

An der Hinterfläche des Thorax zeigt die Verlaufsrichtung der Pleura mediastinalis ganz einfache Verhältnisse, indem sie hier gleichmäßig zu beiden Seiten der Wirbelsäule bis zum Zwerchfell verläuft.

Unter Pleuritis mediastinalis versteht man entzündliche Veränderungen, die sich zwischen Pleura mediastinalis und pulmonalis abspielen. Die Pleura mediastinalis geht am Hilus pulmonis in die Pleura visceralis (pulmonalis) über. Je nachdem die Erkrankung die vorderen oder hinteren, d. h. die vor oder hinter dem Hilus gelegenen Partien der Pleura betrifft, spricht man von vorderer oder hinterer mediastinaler Pleuritis.

Die mediastinale Form der Pleuritis ist unter allen Pleuritiden die klinisch und röntgenologisch bisher noch am wenigsten studierte. Es scheint,

daß besonders die Franzosen — es seien namentlich Andral, Bouveret, Grancher, Dieulafoy sowie Devic und Savy (Les pleurésies médiastines. Rev. de méd. 1910) genannt — sich eingehender mit ihrem Studium befaßt haben. Von deutschen Forschern ist nur v. Criegern und Aßmann zu erwähnen.

Die Erkrankung zeigt oft latenten, oft aber stürmischen Verlauf und wird vielfach als Pseudoperikarditis bezeichnet, kommt aber auch gemeinsam mit echter Perikarditis vor. Bei latentem Anfangsverlauf deuten manchmal die nach Ablauf einer gewöhnlichen Pleuritis auftretenden Brustschmerzen in den mittleren Partien des Brustkorbes bei mangelndem objektivem Befund auf mediastinale Pleuritis hin.

Kinder sollen häufiger von der Erkrankung befallen werden als Erwachsene. In ätiologischer Beziehung kommt wie bei andersartigen Pleuritiden besonders Tuberkulose in Betracht.

Die Erkrankung ist gewöhnlich einseitig, und zwar häufiger linksseitig, sie kommt aber auch doppelseitig vor; sie betrifft bald das vordere, bald das hintere Mediastinum.

Wie bei anderen Pleuritiden unterscheidet man auch hier eine trockene, der Röntgenuntersuchung allerdings meist nicht zugängliche Form sowie seröse und eitrig (und zwar abgekapselte) Exsudate und endlich Schwarten.

Die eitrigen Exsudate (Empyeme) entstehen meist nach Verletzungen, seltener im Anschlusse an Pneumonien. Sie haben ihren Sitz gewöhnlich im vorderen mediastinalen Brustfell, seltener im hinteren. Ihre röntgenologische Feststellung ist für einen etwaigen operativen Eingriff sehr wertvoll.

Für die Entstehung seröser Exsudate kann man namentlich die Tuberkulose verantwortlich machen. Die Entzündung ist hier gewöhnlich einseitig, und zwar häufiger linkerseits. Namentlich die linksseitigen Ergüsse sind nicht selten mit Perikarditis vergesellschaftet. Für die Ausbreitung der Ergüsse ist besonders die Flüssigkeitsmenge maßgebend. Man unterscheidet wie bei typischer Pleuritis kleine, mittelgroße und große Exsudate.

Bei vorderer, mit Exsudat einhergehender Pleuritis mediastinalis zieht ein schmaler, dunkler Streifen ein- oder doppelseitig (Abb. 49 u. 50) vom Mediastinum oder vom Hilus aus zum Herz-Zwerchfellwinkel. Die Streifen schließen sich an den rechten bzw. linken Herzrand oder an beide Herzränder an und umschließen in letzterem Falle mantelartig den Herzschatten. Auf diese Weise entsteht eine scheinbare Verdoppelung der Herzkontur auf einer Seite oder beiderseits (Abb. 49—52), so daß namentlich bei linksseitiger Lage und ventralem Sitz dieses Schattenbezirkes ein Erguß des Herzbeutels vorgetäuscht werden kann. Destot empfiehlt für solche Fälle, in denen die beiden Schatten nicht zu trennen sind, um Exsudatgröße und Herzform festzustellen, eine leichte Aufblähung des Magens zu diagnostischen Zwecken. Findet sich in solchem Falle eine Vorwölbung des Zwerchfelles nach unten, so gehört der Erguß dem Herzbeutel an, da die untere Herzfläche nicht vom Perikard und Brustfell, sondern nur vom Perikard umschlossen ist.

Bei hinterer mediastinaler Pleuritis finden sich die bandförmigen Exsudatstreifen neben und parallel der Wirbelsäule (Abb. 53).

Bei isolierter exsudativer Perikarditis sind nach Ansicht der obengenannten französischen Autoren Devic und Savy selbst bei großen Ergüssen deutliche Pulsationen ersichtlich, da sie durch die inkompressible Flüssigkeit fortgepflanzt werden. Findet sich keine Pulsation, so ist auf der Seite, wo sie fehlt, eine mediastinale Pleuritis (ohne oder neben Perikarditis) vorhanden, weil das kompressible Lungengewebe die Pulsation erstickt. (Eine Nachprüfung dieser Befunde wäre am Platze.)

Bei größeren Exsudaten zeigt sich nach Savy eine mit der Basis nach unten und mit der Spitze nach oben gerichtete dreieckige Figur, die eine

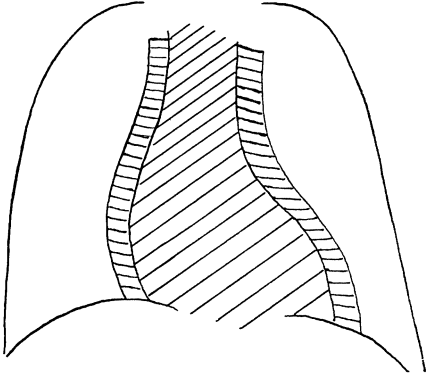


Abb. 49. Doppelseitige Pleuritis mediastinalis im Beginn. Beiderseitige Streifen, die Herzkontur verdoppelnd (nach Devic und Savy).

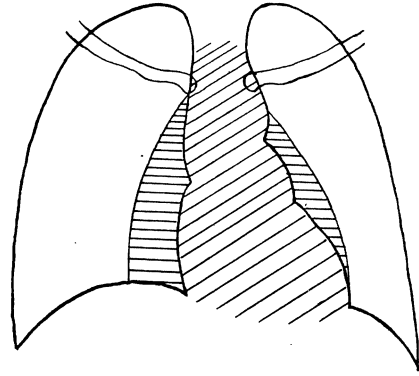


Abb. 50. Beiderseitige vordere Pleuritis mediastinalis. Scheinbare Verdoppelung der Herzkontur (nach Savy).

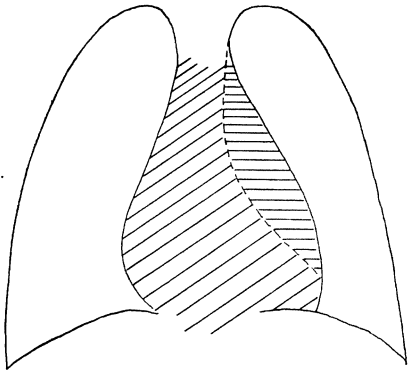


Abb. 51. Linksseitige mediastinale Pleuritis, ein dem Herzschatten anliegender Schatten (nach Devic und Savy).

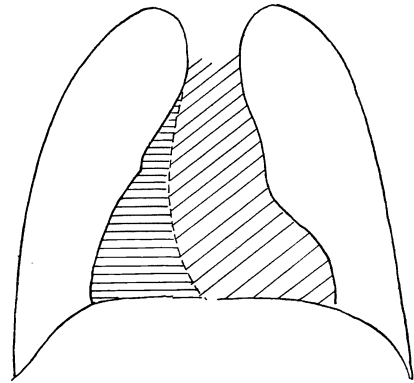


Abb. 52. Mediastinale Pleuritis R. Dem Herzschatten anliegender Schatten; der erstere infolgedessen bedeutend vergrößert, so daß Perikarditis vorgetäuscht wird (nach Devic und Savy).

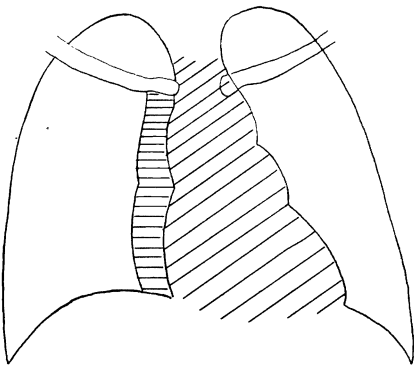


Abb. 53. Hintere rechtsseitige Pleuritis mediastinalis. Paravertebrales Schattenband (nach Aßmann).

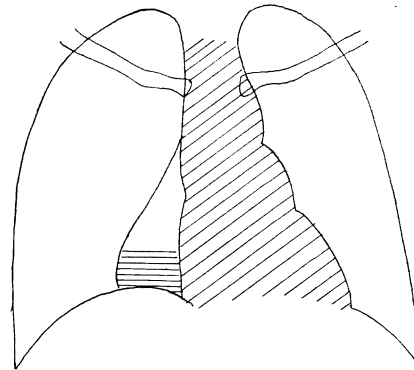


Abb. 54. Pyopneumothorax mediastinalis anterior dexter (nach Devic und Savy).

scheinbare Verdoppelung der Herzkontur erkennen läßt und bis zum Herz-Zwerchfellwinkel herabreicht (Abb. 49—53). Manchmal läßt sich auch eine Gasblase über der Exsudatschichte feststellen (Abb. 54). Besteht eine große dreieckige Schattenfigur, die nirgends pulsiert, so handelt es sich nach Savy um eine Perikarditis, die sich per contiguitatem auf die beiden mediastinalen Pleuren ausgedehnt hat. Nach der Abheilung zeigt sich im Gegensatz zur einfachen Perikarditis eine buckelartige Hervorwölbung des Herzschattens auf einer Seite oder beiderseits.

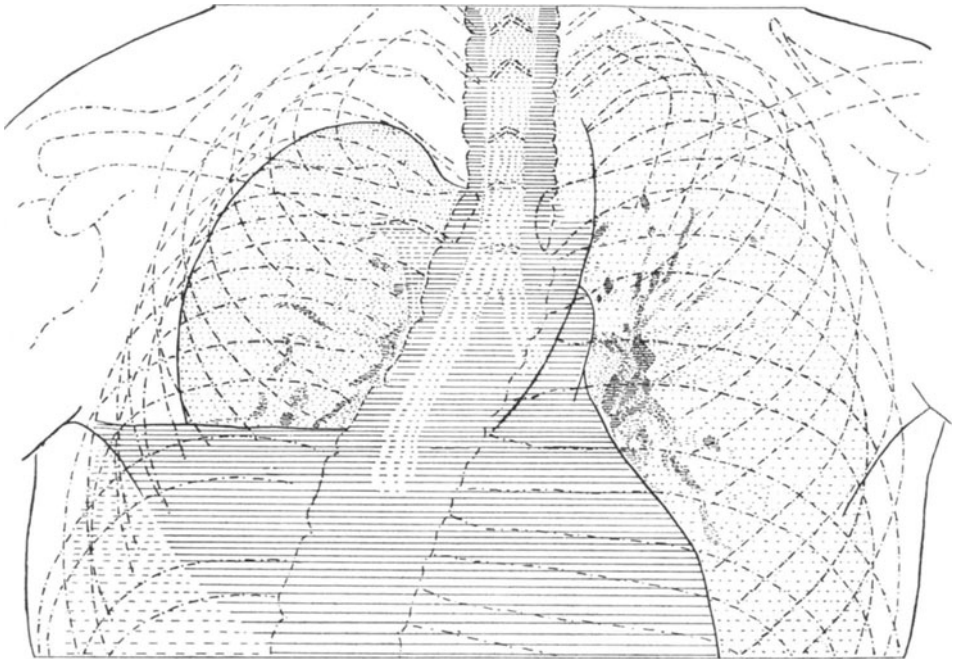


Abb. 55. Mediastinale Pleuraspanne linkerseits. Rechtsseitiger natürlicher Sero-Pneumothorax in Rückbildung. Die dem Lungenrand entsprechende Grenzlinie zwischen retrahierter, scheinbar normaler rechter Lunge und dem lateralwärts befindlichen Pneumothorax ist in ihrem ganzen Verlaufe gut ersichtlich. In den unteren Partien des rechten Lungenfeldes ein mäßig großes pleuritisches Exsudat mit scharf horizontaler oberer Begrenzung. Linkerseits eine vom Hilus bis zur Mitte der Lungenspitze sich erstreckende Pleuraspanne als Residuum einer abgelaufenen Pleuritis mediastinalis. Außerdem die Kontur des Aortenbogens und der absteigenden Aorta sowie die linke Herzgrenze gut ersichtlich. Auch die Bifurkation der Trachea deutlich hervortretend. Am linken Hilus stärkere Drüsenanschwellungen. Skoliose der mittleren Brustwirbelsäule.

Wenn die diaphragmale Pleura mitergriffen ist, findet sich außerdem ein horizontaler Streifen, der zu dem vertikalen in einem nahezu rechten Winkel steht. Es können übrigens auch größere Bezirke der Pleura parietalis mitbefallen sein.

Ein linksseitiges Exsudat (Abb. 51) kann durch Verbreiterung des Mediastinalschattens ein Aortenaneurysma vortäuschen, indem der Eindruck entsteht, als ob der Herzschatten von der erweiterten Aorta mantelartig überragt sei. Röntgenuntersuchungen in den sagittalen und schrägen Richtungen und Beobachtung der Herz pulsation (bei mediastinaler Pleuritis fehlt die arterielle Pulsation) wird aber meistens Aufklärung bringen sowohl über die Natur des Schattens als auch darüber, ob das Exsudat vorn oder rückwärts gelegen ist.

Differentialdiagnostisch ist noch bemerkenswert, daß Tumoren des Mediastinums zwar eine charakteristische Form und Lage zeigen, aber doch unter Umständen mit mediastinalen Ergüssen verwechselt werden können. Auch mit einem Lungentumor kann eine mediastinale Pleuritis verwechselt werden, während ein mediastinaler Pneumothorax einen Lungenabszeß vortäuschen kann. Dabei spricht ein akuter Verlauf mehr für Pleuritis und gegen Tumor.

Häufiger als Exsudate sind bisher Schwarten, und zwar meistens bei Tuberkulösen, beobachtet worden. Mediastinale Pleuraadhäsionen finden sich sogar häufig bei Tuberkulose, und zwar besonders beim sog. Status lymphaticus; sie können mit inspiratorischer Verlagerung des Mediastinums nach der gesunden Seite einhergehen. Solche Schwarten sind nicht so selten rechterseits am Zwerchfell-Vorhofswinkel, also dort, wo die Vena cava inferior verläuft, festzustellen. Infolge ihrer Intensität kann man dieselben an ihrer charakteristischen Dreiecksform und ihre Schattentiefe mitunter sogar durch den Herzschatten hindurch erkennen. In anderen Fällen kann die Schattenfigur der Schwarte wieder durch ihre geringere Intensität vom benachbarten Herzschatten unterschieden werden. Aber nicht immer lassen sich Herzschatten und pleuritische Schatten von einander trennen, namentlich dann nicht, wenn noch infiltrative Prozesse der Lungen das Röntgenbild in unregelmäßiger Weise verschatten. Hier können die anderen klinischen Untersuchungsmethoden neben der Probepunktion unter Umständen Aufklärung bringen.

Was die mediastinal-pleuritischen Residuen bzw. Spangen anlangt, so zeichnen sich dieselben durch dichte Schattenbildung und strichförmigen Verlauf parallel zum Mittelschatten aus. Die Möglichkeit einer Verwechslung derselben mit der lateralen Tracheagrenze muß im Auge behalten werden.

In beifolgender Abbildung 55: natürlicher Pneumothorax R bei Pleuritis exsud. ist eine derartige mediastinale Spange linkerseits in Form eines bogenförmigen, lateralwärts konvexen, vom Hilus bis zu der Lungenspitze ziehenden dichten Schattenstreifens ersichtlich.

Auf das Vorkommen und die Bedeutung der mediastinalen Pleuraadhäsionen, welche besonders bei abortiv verlaufender Tuberkulose, beim sog. Status lymphaticus, vorkommen und mit einer inspiratorischen Verlagerung des Mediastinums nach der gesunden Seite einhergehen, hat schon v. Criegern (M. m. W. 1902) aufmerksam gemacht.

Es sei schließlich noch darauf hingewiesen, daß auch vordere oder hintere Überblähung der mediastinalen Pleura — und zwar an ihren sog. schwachen Stellen — bei Anlegung eines künstlichen Pneumothorax (s. daselbst) auftreten und sogar zu hernienartiger Ausstülpung nach der gesunden Seite zu (Hernia mediastinalis) mit teilweiser Exsudatfüllung führen kann.

Interlobäre Pleuritis.

Die Teilung der Lungen in einzelne Lappen ist so vollständig, daß die letzteren untereinander nur durch die Bronchien zusammenhängen.

An rechter und linker Lunge sind die Lappengrenzen verschieden ausgebildet. Beiderseits ist eine Incisura interlobaris obliqua (schräger Spalt) vorhanden, die sich links zwischen Ober- und Unterlappen sowie rechts zwischen Ober-Mittel-Lappen und Unterlappen erstreckt, rechterseits findet sich außerdem noch eine Incisura interlobaris horizontalis (gerader Spalt) zwischen Ober- und Mittellappen.

Der Internist, der Chirurg, der Röntgenologe und der pathologische Anatom sind in gleicher Weise an der Kenntnis der Interlobärspalten und am Studium der diesbezüglichen Krankheitsprozesse interessiert.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend haben in letzter Zeit Kreuzfuchs und Schuhmacher (Die topographischen Verhältnisse der interlobären Spalten der Lunge, Acta roentgenologica. Bd. I, Nr. 3. 1922) es unternommen, die diesbezüglichen anatomischen Verhältnisse näher zu studieren. Sie unterscheiden eine bilaterale Spalte, die Fissura interlobaris princeps, die sog. Hauptspalte, welche die beiden Lungen in zwei Teile zerlegt. Statt der Bezeichnungen Ober- und Unterlappen schlagen sie vor, die beiden Lappen entsprechend ihrer wirklichen topographischen Lage als Vorder- und Hinterlappen zu benennen. Rechts wird der Vorderlappen durch eine Nebenspalte, die Fissura inter-

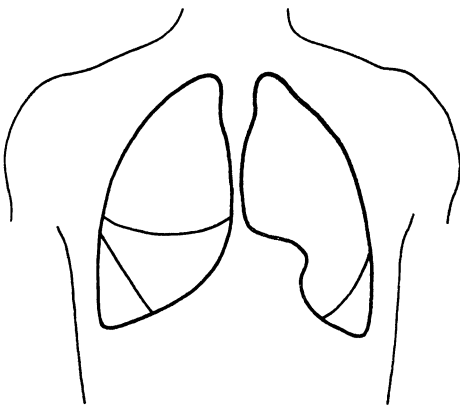


Abb. 56. Lungengrenzen von vorne gesehen.

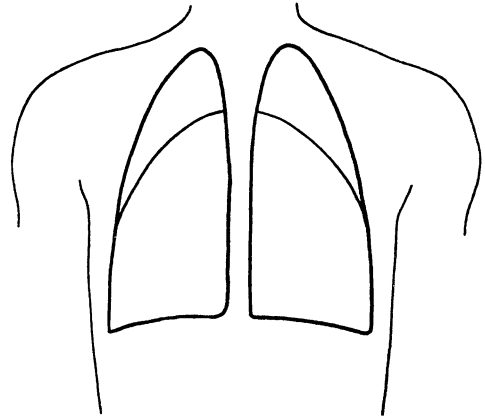


Abb. 57. Lungengrenzen von hinten gesehen.

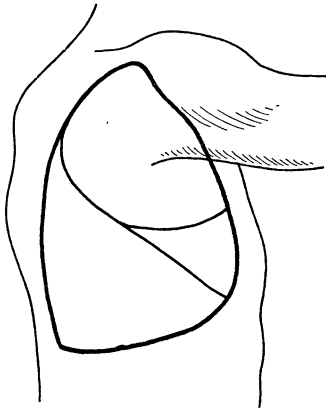


Abb. 58. Grenzen der rechten Lunge bei seitlicher Ansicht.

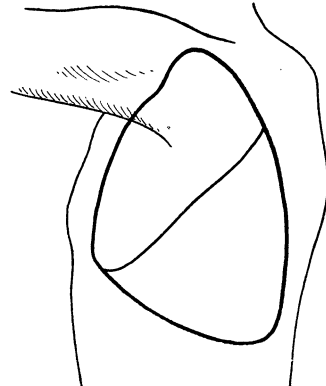


Abb. 59. Grenzen der linken Lunge bei seitlicher Ansicht.

Topographie der Lungenlappen und ihrer Grenzspalten. (Nach Corning.)

lobaris media (Mittelspalte) in einen Ober- und Mittellappen geschieden. Durch Einmündung dieser Nebenspalte in die Hauptspalte wird die letztere rechts noch in 2 Teile gesondert, in die Fissura interlobaris superior zwischen Ober- und Hinterlappen, und in die Fissura inferior zwischen Mittel- und Hinterlappen, während die Fissura interlobaris media (Mittelspalte) sich zwischen Ober- und Mittellappen befindet. Die Autoren empfehlen ferner im Gegensatz zur Pleuritis interlobaris die Bezeichnung Pleuritis peripulmonalis für die allgemeine Pleuritis zu gebrauchen.

Die interlobäre Pleuritis wurde zuerst von Bécélère röntgenologisch nachgewiesen und die bei derselben einzuschlagende radioskopische Technik von ihm ausgebildet. Später wurde das Krankheitsbild von Holzknecht und vielen anderen, namentlich von Dietlen (Ergebn. d. inn. Med.

u. Kinderheilk. Bd. 12. 1911) und Clairmont (Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 111. 1919) bei Erwachsenen, von Bach, Eisler, Hotz, Weihe auch bei Kindern genauer studiert.

Eine Pleuritis interlobaris ist mit Hilfe der älteren physikalisch-diagnostischen Methoden viel schwerer nachzuweisen als mit Hilfe des Röntgenverfahrens und deshalb muß bei klinischem Verdacht auf interlobäre Pleuritis sofort röntgenologisch untersucht werden.

Die Grenzflächen der einzelnen Lungenlappen sind normalerweise im Röntgenbilde nicht ersichtlich, wohl aber bei pathologischen Ausschwitzungen der sie überziehenden interlobären Pleura pulmonalis.

Interlobäre Exsudate bzw. Empyeme kommen in allen Ausbreitungsgebieten der Pleuraspalten zur Beobachtung, und zwar entspricht Sitz und Richtung des Schattens stets dem Verlauf der vom Krankheitsprozeß betroffenen interlobären Spalte.

Eine interlobäre Pleuritis findet sich (siehe Abb. 56 mit 59) links zwischen Ober- und Unterlappen, rechts zwischen Ober- und Mittellappen, aber auch zwischen Ober- und Unterlappen, zwischen Mittel- und Unterlappen, endlich auch zwischen Ober-Unterlappen und Mittel-Unterlappen.

Zuweilen hat man rechterseits auch einen doppelten Pleura-Erguß nachgewiesen (Clairmont), und zwar sowohl zwischen Ober- und Mittellappen als auch zwischen Mittel- und Unterlappen.

Die röntgenologischen Projektionsverhältnisse der interlobären Spalten sind mannigfaltig und durch die Verschiedenheit der Röhrenstellung und den eigenartigen Verlauf der Interlobärspalten bedingt. Der interlobäre Schatten ändert sich in bezug auf Größe und Form je nach dem Stand (Hochstand, Tiefstand) der Röntgenröhre, ja er kann bei einer bestimmten Röhrenstellung dem Auge des Untersuchers ganz entschwinden. Das Röntgenbild ist eben abhängig von dem wechselvollen Verlauf der interlobären Spalten, welche noch dazu oft nur ungleichmäßig oder unvollständig durch Exsudat ausgefüllt sind. Der Exsudatschatten kann in verschiedener Höhe sich befinden, je nachdem die Entzündung sich mehr gegen die Spitze oder mehr gegen die Basis zu abspielt. Dabei können Begleiterscheinungen (allgemeine Pleuritis und Lungenveränderungen) das typische Bild trüben und so die Deutung erschweren. Namentlich die scharfen Grenzen, wie sie für die reine Pleuritis interlobaris charakteristisch sind, werden durch die begleitenden Krankheitsprozesse verwischt.

Man muß bei der Röntgenuntersuchung, um Lage und Größe eines interlobären Exsudates festzustellen, sich von stereometrischen Vorstellungen leiten lassen (Chaoul) und sich verschiedener Durchleuchtungsrichtungen und verschiedener Röhrenstellungen bedienen und namentlich dafür Sorge tragen, daß die Strahlenrichtung der Verlaufsrichtung des befallenen Spaltes nach Möglichkeit entspricht, so daß die Strahlen die Ebene des bandförmigen Exsudates tangential treffen und somit einen dichten Schatten liefern.

Der Exsudatschatten ist um so schärfer, je näher das Exsudat der Platte und je tangentialer dasselbe von den Strahlen getroffen wird.

Deshalb ist rechterseits zur Darstellung der geraden Spalte zwischen Mittel- und Oberlappen bei dorsoventraler Strahlenrichtung mittlere Röhrenstellung, bei frontalem Strahlengang tiefe Röhrenstellung, zwischen Ober- und Unterlappen ventrodorsale Strahlenrichtung und tiefe Röhrenstellung, zwischen Mittel- und Unterlappen dorsoventrale Strahlenrichtung und hohe Röhrenstellung erforderlich.

Linkerseits ist zwischen Ober- und Unterlappen hohe Röhrenstellung bei sagittaler Strahlenrichtung, mittlere bei frontaler Einstellung erforderlich. Dabei ist unter hoher Röhrenstellung Einstellung in Höhe der Lungenspitzen

bis zu Kopfhöhe, unter mittlerer Röhrenstellung solche in Herzhöhe und unter tiefer Röhrenstellung solche in Beckenhöhe zu verstehen.

Bei frontaler Durchstrahlung und mittlerer Röhrenstellung (in Herzhöhe) läßt sich der Verlauf der Interlobärspalten am besten verfolgen; hier erhält man auch fast stets typische Schattenfiguren.

Zur röntgenologischen Darstellung der einzelnen Interlobärspalten (s. Abb. 56—59) sind also, wie aus folgender übersichtlicher Zusammenstellung

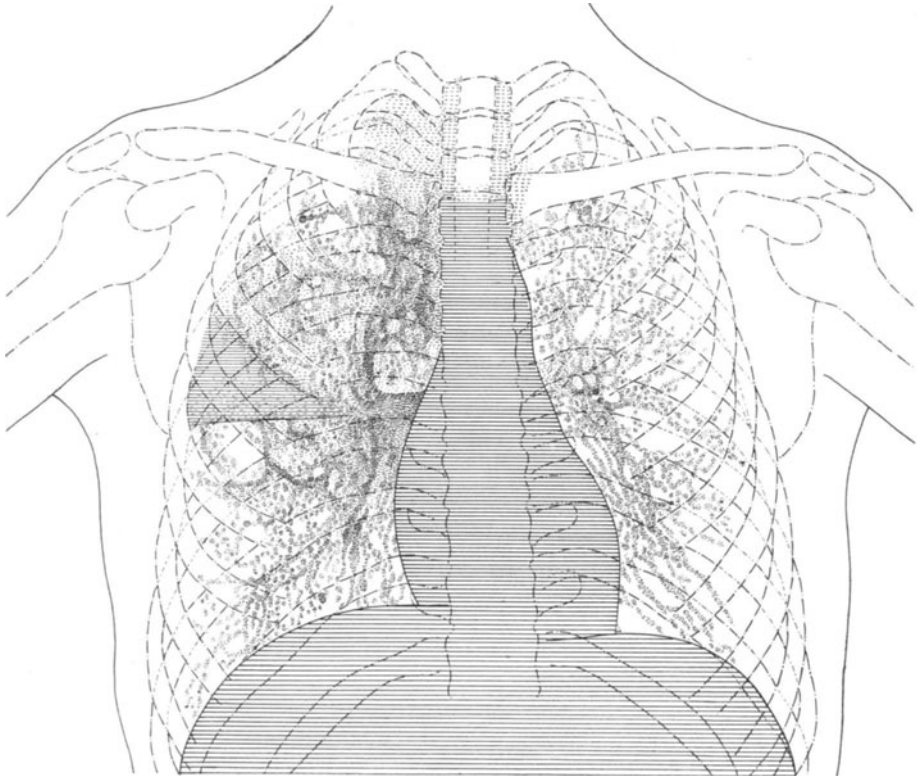


Abb. 60. Rechtsseitiges interlobäres Pleura-Exsudat zwischen Ober- und Mittellappen bei vorgeschrittener Lungentuberkulose.

hervorgeht, folgende Durchleuchtungsrichtungen und Röhrenstellungen erforderlich:

Ganzer schräger Spalt L zwischen Ober- und Unterlappen dorsoventral bei hoher Röhrenstellung, in Kopfhöhe;

ganzer schräger Spalt L zwischen Ober- und Unterlappen frontal (seitlich) bei mittlerer Röhrenstellung, in Herzhöhe;

gerader Spalt R zwischen Ober- und Mittellappen dorsoventral bei mittlerer Röhrenstellung, in Herzhöhe;

ganzer schräger Spalt R zwischen Ober-Unterlappen und Mittel-Unterlappen dorsoventral bei hoher Röhrenstellung, in Kopfhöhe;

schräger Spalt R zwischen Ober- und Unterlappen ventrodorsal bei tiefer Röhrenstellung, in Höhe des Darmbeinkammes;

schräger Spalt R zwischen Mittel- und Unterlappen dorsoventral bei mittelhoher Röhrenstellung, in Höhe der Lungenspitzen.

Die Lage der Interlobärspalten im Röntgenbilde entspricht übrigens nicht immer ihren anatomisch festgelegten Stellen, weil durch pleuritische Veränderungen (Verwachsungen und Verziehungen) der Lappengrenzen sowie Atelektase eines Lungenlappens ihre Lage nicht unerheblich beeinflußt werden kann.

Bei Exsudatbildung im schrägen Spalte, besonders rechterseits, d. h. zwischen Ober-Unterlappen und Mittel-Unterlappen, entstehen kompliziertere Schattenbilder als bei Exsudaten im geraden Spalte, d. h. zwischen Ober- und Mittellappen. Bei letztgenannten Exsudaten, welche sehr häufig mit lokalisierter Tuberkulose einhergehen, findet sich bei dorsoventraler Durchleuchtung ein dreieckiger, band- oder keilförmiger Schatten (Triangle der Franzosen), der mit seiner breiten Basis lateralwärts an der Thoraxgrenze liegt und sich medial gewöhnlich etwas senkt, normalerweise in Höhe des 4. Interkostalraumes sich befindet (Abb. 60). Es besteht eine nach unten konkave oder horizontale Grenzlinie, während dieselbe von den Anatomen (z. B. Cor-

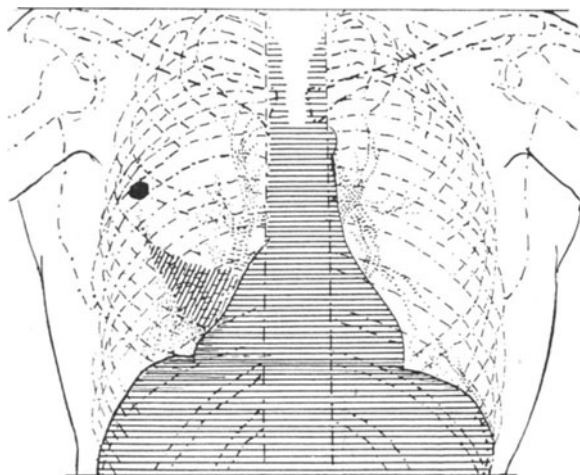


Abb. 61. Exsudation im rechten schrägen Pleuraspalt, ausgehend von einem Projektil. (Bei sagittaler Strahlenrichtung.)

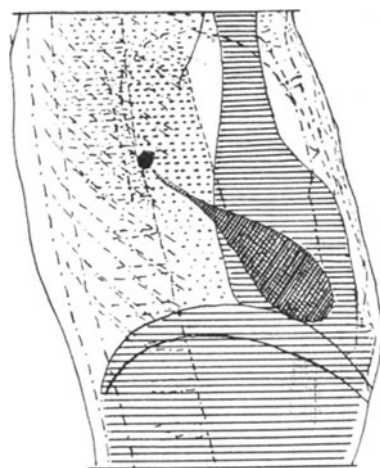


Abb. 62. Derselbe Fall wie in Abb. 61. (Bei frontaler Strahlenrichtung.)

ning, s. Abb. 56) wohl irrtümlich in Form einer nach unten konvexen Linie abgebildet wird. Seine Grenzlinien treten besonders bei Einstellung des Normalstrahles in gleicher Höhe scharf hervor. Er zieht medianwärts sich verschmälernd quer durch das ganze Lungenfeld, entsprechend dem Verlauf des geraden Interlobärspaltes, reicht aber mitunter nicht bis an den Mittelschatten heran. Seine Form ist übrigens, wie seine Lage, von pleuritischen Verwachsungen und Schrumpfungsprozessen der benachbarten Lungenpartien, besonders des Oberlappens, abhängig.

Fr. Kraus hebt mit Recht hervor, daß die eine Begrenzungslinie oft scharf, die andere, meist die untere, oft unscharf ist. Diese Unschärfe ist entweder bedingt durch die stattfindende Lungenkompression oder durch das Übergreifen des pneumonischen oder tuberkulösen Krankheitsprozesses auf den benachbarten Lungenlappen.

Ein spindelförmiger, meist dickbauchiger oder ovaler bis rundlicher oder dreieckiger Schatten ist charakteristisch für Pleuritis im schrägen Interlobärspalt (Abb. 61 und 62).

Ein großer Erguß kann die Interlobärspalten und damit auch die zugehörigen Lappen auseinander drängen (Abb. 63—65), ja der Erguß kann in seltenen Fällen nach den Beobachtungen von Clairmont sogar Kugelform annehmen.

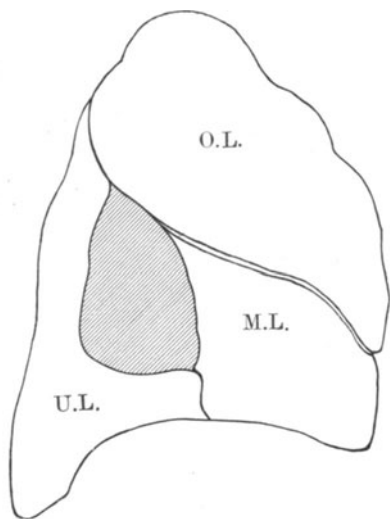


Abb. 63. Exsudat im rechten schrägen Pleuraspalt.

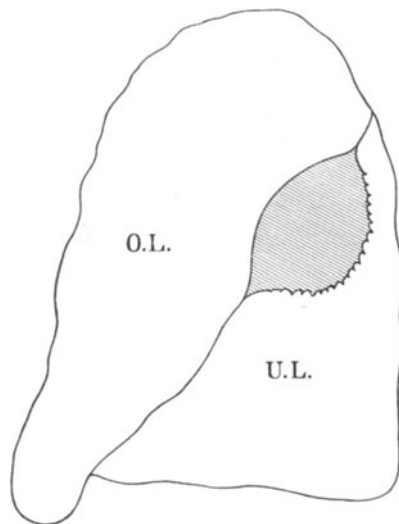


Abb. 64. Exsudat im linken schrägen Pleuraspalt (mit Beteiligung des Unterlappens am Krankheitsprozeß).

Projektion auf die vordere Flächenansicht der Lunge.

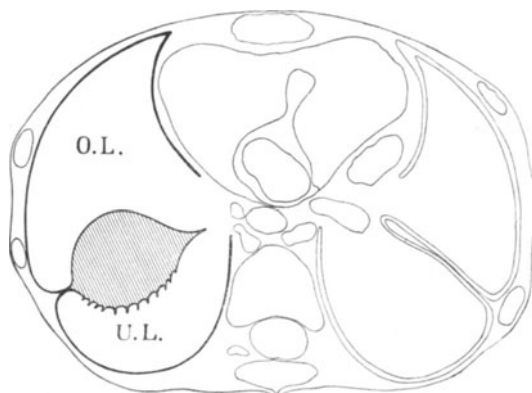


Abb. 65. Derselbe Fall wie in Abb. 64, Querschnitt. Pleurablätter und Interlobärspalt links verklebt. (Alle 3 Abbildungen nach Clairmont.)

Nach Resorption eines interlobären Exsudates bleibt häufig eine Schwarte oder Spange zurück, die zeitlebens nachweisbar ist. Interlobäre Schwarten und Spangen sind meist scharf, schmal, mitunter aber auch streifen- oder bandförmig. Sie können je nach der Röhrenstellung mehr oder weniger deutlich hervortreten und bald schmaler, bald breiter erscheinen. Wie bei Pleuritis im großen peripulmonalen Pleuraraume können sie auch hier verkalken und sogar verknöchern. In der Umgebung einer solchen pleuritischen Schwarte

finden sich oft größere, dichte, tuberkulöse Infiltrationsherde. Interlobäre Spangen und Schwarten (Abb. 66, 67, 68), diese so häufigen Begleiter der chronischen Lungentuberkulose, findet man oft auch direkt im Anschluß an überstandene Pleuritiden, und zwar besonders im geraden Spalt zwischen Ober- und Mittellappen. Hier sind sie wegen ihrer charakteristischen Lage, Form und Dichte als scharf gezeichneter, strichförmiger, in Höhe der 4. Rippe quer durch das Lungenfeld sich erstreckender Schattenstreifen (Abb. 18, 66, 67, 68) bei gewöhnlicher mittlerer Röhrenstellung leicht zu erkennen. Bestehen diagnostische Zweifel, so beherrige man, daß große Schärfe und Dichtigkeit des Schattens für ausgeheilten Prozeß bzw. Schwarte, Verwaschenheit und geringere Dichtigkeit der Konturen mehr für floriden Prozeß (mit frischen Gewebsveränderungen, d. h. tuberkulösen oder pneumonischen Herden) sowie für Exsudat spricht.

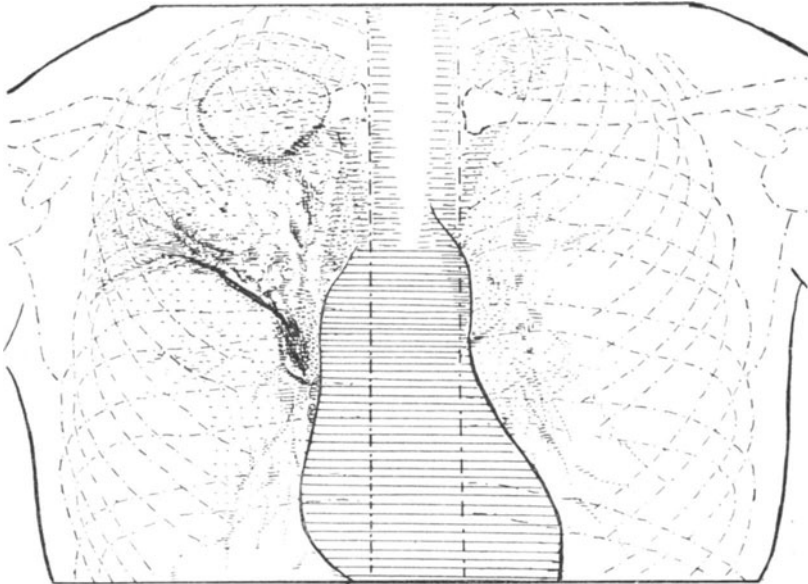


Abb. 66. Rechtsseitige interlobäre Pleuraschwarten im geraden Spalt bei vorgeschrittener Phthise mit Schrumpfung des rechten Oberlappens und Kavernenbildung.

Im Gegensatz zum Exsudatschatten gibt sich der Schwarten- oder Spangenschatten bei einer bestimmten Röhrenstellung, d. h. wenn Schwarte und Antikathode in der gleichen Ebene liegen, als scharfe, strichförmige Linie zu erkennen, wenn die Röhre am Rücken hoch (etwa in Kopfhöhe) und der Schirm vor der Brust tief steht, bei seitlicher Durchleuchtung hingegen in mittelhoher Röhrenstellung.

Interlobäre Exsudate und Schwarten sind aber doch mitunter schwer voneinander zu unterscheiden. Deshalb sollte man nie versäumen, zu ihrer Differenzierung eine sorgfältige Schirm-Durchleuchtung zu Hilfe zu nehmen.

Außer der Röntgenuntersuchung, besonders der Durchleuchtung, ist mitunter auch die Probepunktion für die Diagnose wichtig, namentlich zur Feststellung, ob ein seröses oder eitriges Exsudat vorliegt.

Bei seitlicher Durchleuchtung zeigt sich ventralwärts, daß einzelne Lappen, z. B. Ober- und Mittellappen, vorne durch das Exsudat oft ziemlich weit

auseinandergedrängt werden. In der vorderen Axillarlinie in Höhe des 4. Interkostalraumes hat eine Probepunktion am ehesten Erfolg. Dieselbe ist so wichtig, weil die operative Eröffnung durch den Interlobärspalt als „die ideale Therapie“ (Clairmont) zu bezeichnen ist. Das Röntgenverfahren liefert hier, wie allgemein anerkannt wird, bessere diagnostische Ergebnisse als Perkussion und Auskultation.

Der interlobäre Prozeß kann auf die benachbarte Pleura parietalis oder diaphragmatica übergreifen (Abb. 67) oder umgekehrt, und infolge dieser Kombination von abgesacktem interlobärem und freiem Exsudat in der großen Pleurahöhle können mancherlei Variationen der Schattenbildung entstehen. Ein interlobäres Empyem kann auch in den großen Pleuraraum durch-

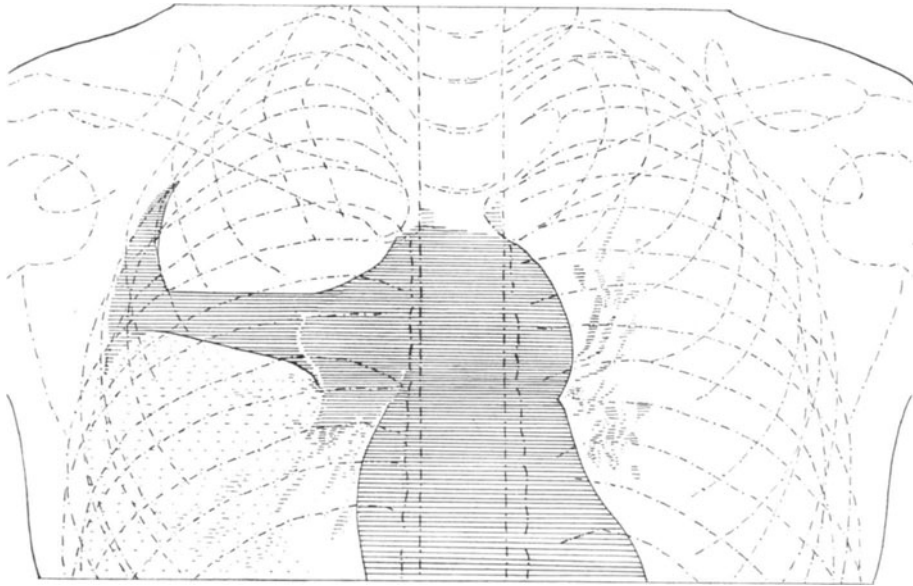


Abb. 67. Interlobäre Schwarte im rechten geraden Spalt. Ihre scharfe obere und untere Grenzlinie setzt sich medianwärts und lateralwärts in die benachbarten Gebiete des großen Pleuraraumes fort.

brechen, viel häufiger aber entleert es sich gleich dem im großen Pleuraraum befindlichen Exsudat in einen Bronchus.

Rechterseits, und zwar im kurzen geraden Spalt, d. h. zwischen Ober- und Mittellappen, finden sich merkwürdigerweise — offenbar wegen der Häufigkeit und typischen Ausbreitung der Tuberkulose — viel häufiger interlobäre Exsudate als linkerseits oder im rechten schrägen Spalt. Der gerade Spalt hat eben besondere Beziehungen zum Hilus, was für die Beurteilung der tuberkulösen Prozesse manchmal nicht unwichtig ist. Exsudate in diesem Spalt sind übrigens röntgenologisch viel leichter als solche zu erkennen wie in den beiden schrägen Interlobärspalten.

In ätiologischer Hinsicht werden besonders metapneumonische und tuberkulöse sowie traumatische Exsudate unterschieden. Und zwar erfolgt die metapneumonische Erkrankung am häufigsten durch die Blutbahn seitens eines entfernter liegenden infektiösen Herdes, während die tuberkulöse Infektion meist durch die Lymphwege von einem nachbarlichen Herd aus

erfolgt. Ob eine primäre interlobäre Pleuritis vorkommen kann, ist noch nicht entschieden. Für die traumatische Form scheint diese Entstehung allerdings sichergestellt zu sein.

In der Umgebung der Spalten sind oft Lungenherde ersichtlich; treten dieselben nicht deutlich hervor, so spricht ungleichmäßige Schattendichte und das Fehlen scharfer Begrenzungslinien mehr für herdförmige Tuberkulose als für ein interlobäres Exsudat. Bei gashaltigen interlobären Empyemen und nach künstlicher Entleerung solcher Ergüsse ist mitunter isolierte Luftansammlung

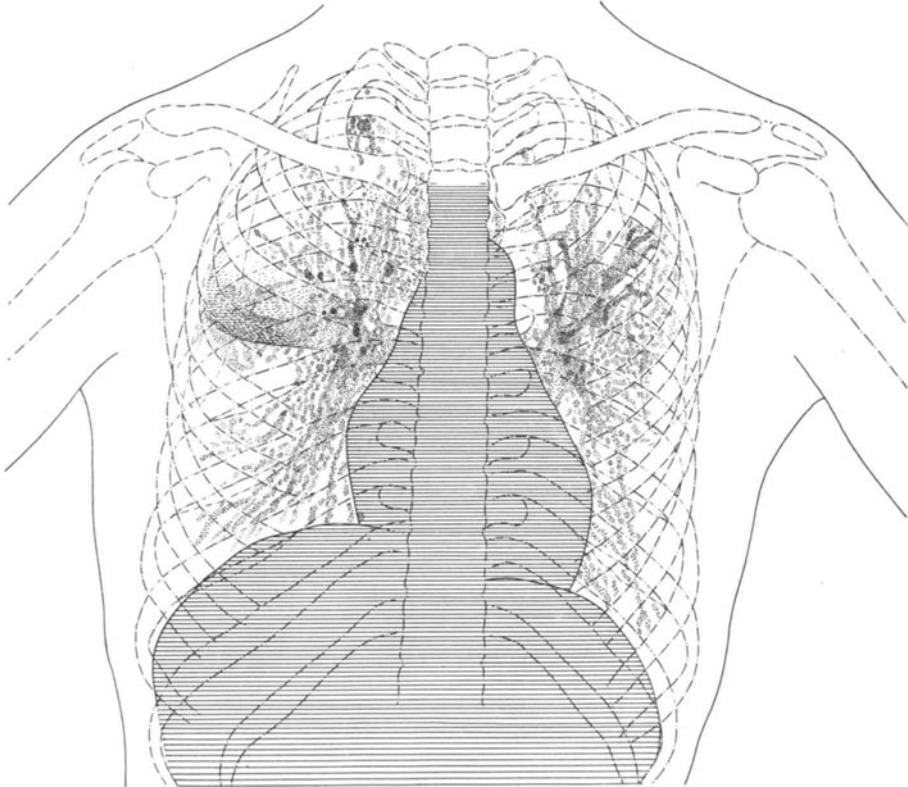


Abb. 68.

Rechtsseitige interlobäre Pleuraschwarte mit unscharfen Grenzlinien zwischen Ober- und Mittellappen. Zahlreiche tuberkulöse Infiltrationsherde und geschwellte Lymphdrüsen beiderseits, besonders in der Umgebung des geraden Spaltes. Herz groß, linkes Zwerchfell erheblich tiefer stehend wie das rechte.

in den Interlobärspalten, Pneumothorax interlobaris (s. hierüber bei Pneumothorax S. 420) festgestellt worden. Ein Pyopneumothorax interlobaris wurde von Clairmont, Wachtel u. a. beobachtet. Hier findet sich über der oberen horizontalen Grenzlinie eine mehr minder große Gasblase und eine dem Umfange derselben entsprechende Succusio vor.

Differentialdiagnostisch sind folgende Krankheiten in Betracht zu ziehen:

Mediastinaler Tumor, doch zeigt im Gegensatz zu diesem der interlobäre Erguß meistens einen bandförmigen Schatten. Schwieriger ist die Abgrenzung von tuberkulösen Infiltrationen bzw. Hilustuberkulose. Doch

fehlt in letzterem Falle die scharfe Begrenzung und die Homogenität der Schattenbildung sowie die typische Lokalisation, die den interlobären Exsudaten eigen ist. Besonders aber kommen lobäre Pneumonien des Mittellappens differentialdiagnostisch in Betracht gegenüber Exsudaten im R schrägen Spalt, worüber der Krankheitsverlauf und die entsprechenden Ergebnisse der fortlaufenden Röntgenuntersuchung entscheiden. Bei meta- und parapneumonischer Pleuritis ist allgemeine, d. h. solche im großen

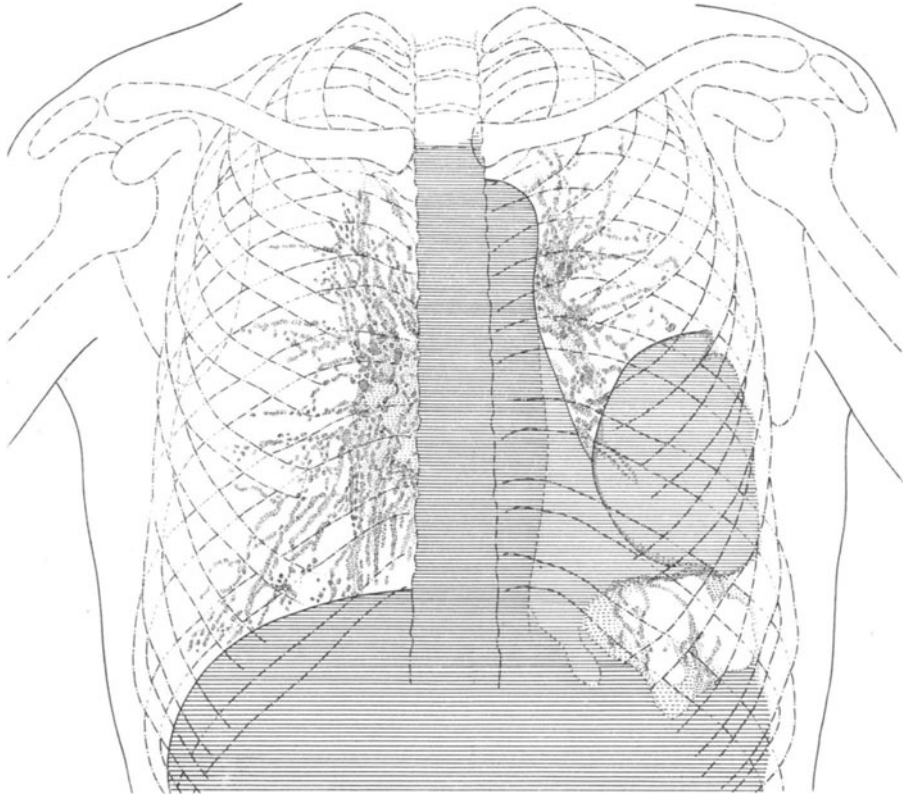


Abb. 69. Linksseitiger Pleura-Lungen-Tumor, welcher der vorderen Thoraxwand näher liegt als der hinteren, von der lateralen Thoraxgrenze bis zur linken Herzgrenze sich erstreckt. Derselbe ist medianwärts scharf, nach unten gegen das Zwerchfell zu unscharf begrenzt. Unterhalb des letzteren mehrere Gasblasen des Kolons sichtbar. Absteigende Aorta im Herzschatten gut zu verfolgen. Dorsoventrale Aufnahme.

Pleuraraum, von abgesackter d. h. im Interlobärspalt befindlicher wohl zu unterscheiden. Nicht so leicht ist unter Umständen Abszeß und Gangrän der Lunge vom interlobären Empyem mit sekundärer Erkrankung der Lunge zu trennen. Auch Tumor der Pleura oder Lunge kommt mitunter differentialdiagnostisch in Betracht. Endlich kann ein Aneurysma der Aorta thoracica descendens ein interlobäres Empyem vortäuschen.

Neoplasmen der Pleura.

Karzinome, Sarkome und Fibrome sowie Enchondrome kommen fast nur sekundär, d. h. im Anschluß an derartige Erkrankungen der Lunge, zustande.

Auch bei Neoplasmen des Mediastinums, der Mammae, des Abdomens wird ein direktes Übergreifen des Krankheitsprozesses auf die Pleura ohne Mitbeteiligung der Lungen nur höchst selten beobachtet. Deshalb sei bezüglich des röntgenologischen Befundes in derartigen Fällen auf das Kapitel „Lungentumoren“ verwiesen. Wenn die Pleuratumoren mit Flüssigkeitsansammlung im Pleuraraume einhergehen, so daß sie durch den Schatten des Ergusses (oder Schwarten) verdeckt werden, ist natürlich ihre genaue Differenzierung erheblich erschwert. Ein charakteristisches Aussehen zeigen nur die metasta-

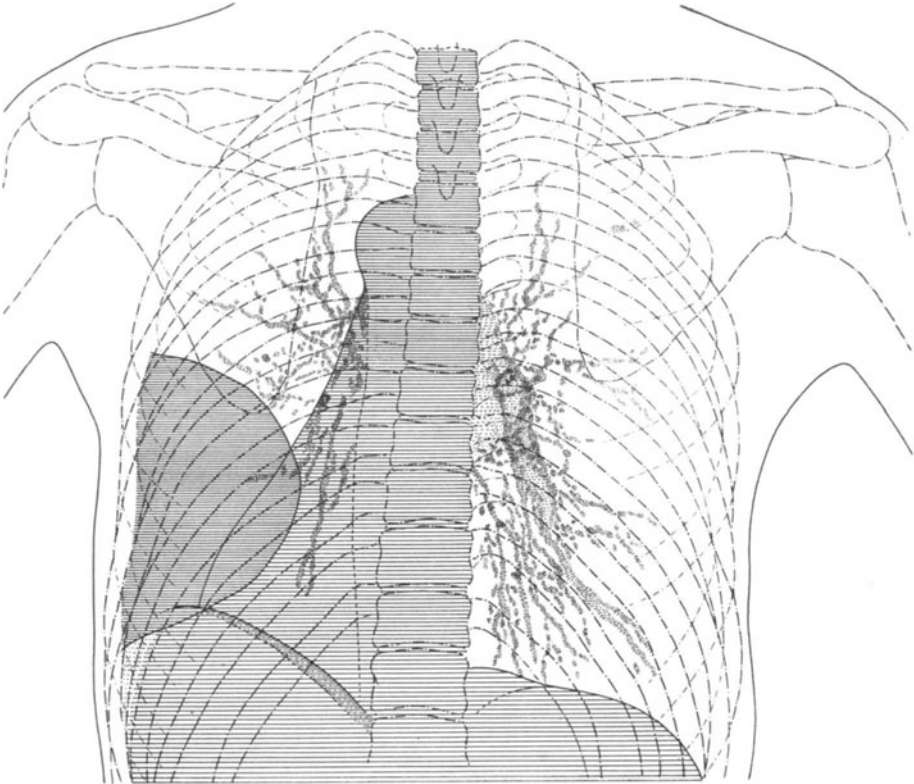


Abb. 70. Derselbe Fall wie in Abb. 69, aber ventrodorsale Aufnahme. Verlauf der linken Zwerchfellkuppel hier deutlicher sichtbar und der ventralwärts gelagerte Tumorschatten größer wie in voriger Abbildung.

tischen, ziemlich dichte, scharf begrenzte Schatten bildenden Pleura-Lungen-Tumoren. Sie liegen flächenhaft und breit der lateralen Thoraxwand an und sind durch eine konvexe, scharf gezeichnete mediale Grenzlinie von dem nachbarlichen normalen Lungenfelde geschieden, von dem sie sich halbkreisförmig abheben (Abb. 69 und 70). Sie kommen oft doppelseitig vor (Abb. 71); auch finden sich bei ihnen öfters Tochterknoten, die nur der Lunge angehören. Weder die kostale noch die diaphragmale Atmung erleidet durch die Tumoren eine erhebliche Einbuße.

Differentialdiagnostisch könnte abgesehen vom Pleura-Exsudat in Betracht kommen, namentlich bei einer gleichzeitigen tuberkulösen Erkrankung der Lunge. Aber ein Exsudat bildet fast niemals so gleichmäßige und so scharf

abgesetzte Grenzlinien wie ein metastatischer Tumor. Außerdem zeigen sich bei Pleuritis meistens Resorptionerscheinungen unter Rückbildung des Schattens nach der lateralen Thoraxgrenze zu, wobei die Behinderung der Rippen- und Zwerchfellbewegung unter Umständen entsprechend der fortschreitenden Schwartenbildung und Schrumpfung noch zunimmt. Hingegen werden die

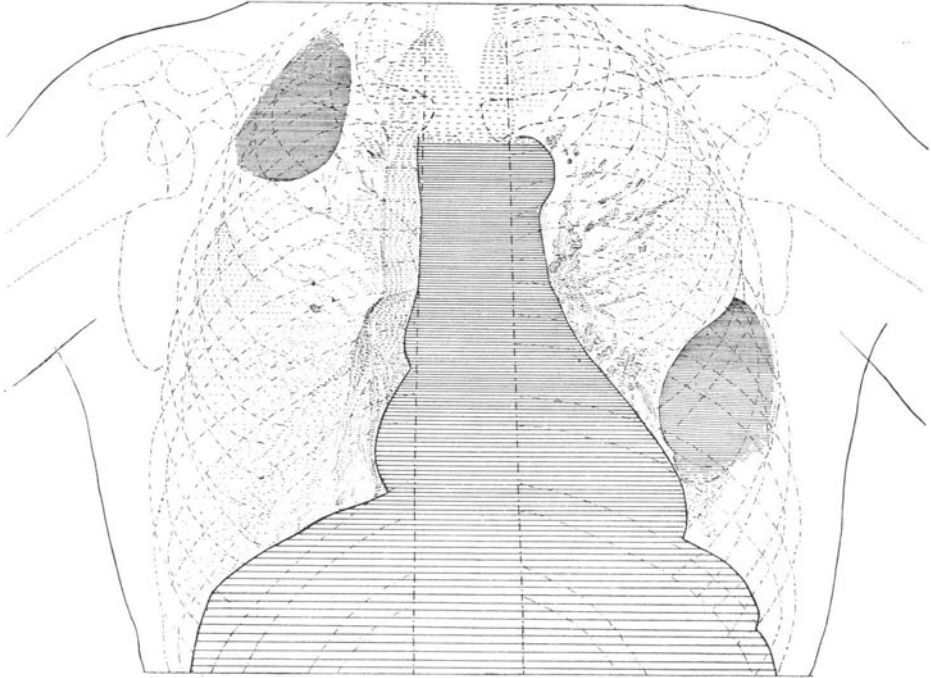


Abb. 71. Beiderseitige Pleura-Lungen-Metastasen; ein sog. Tochter-Knoten an der unteren Grenze des linken Tumors.

metastatischen Pleuratumoren, durch welche die Respiration so gut wie gar nicht beeinflußt wird, nur durch intensive Röntgenbestrahlung zur Aufhellung und eventuell zur weiteren Rückbildung gebracht.

Das bezüglich des Vorkommens von Neoplasmen der Pleura Gesagte gilt auch für tierische Parasiten des Brustfelles (Echinokokkus, Cysticerkus). Auch hier greift gewöhnlich der Krankheitsprozeß von der Lunge auf die Pleura über.

III. Zwerchfell.

Das Zwerchfell und seine Erkrankungen.

Das Zwerchfell bildet die Scheidewand zwischen der Brusthöhle, in der während der Inspiration negativer Druck herrscht, und der Bauchhöhle, in welcher stets positiver Druck herrscht. Seine muskulösen Randpartien mit ihren drei großen Abschnitten, der Pars sternalis, costalis und vertebralis (lumbalis), umschließen allseitig sein sehniges Zentrum.

Die Pars sternalis (welche manchmal vollständig fehlt) besteht nur aus ein paar kleinen Muskelzacken, welche von der hinteren Fläche des Processus xyphoideus entspringen und in das Centrum tendineum übergehen (Abb. 72 St.T.).

Zwischen Pars sternalis und Pars costalis findet sich beiderseits eine kleine Lücke, die Larreysche dreieckige Spalte, jetzt gewöhnlich als Plica pericardio-peritonealis

oder als Trigonum sternocostale fibrosum bezeichnet, während zwischen Pars costalis und Pars lumbalis das Trigonum costolumbale = Plica pleuro-peritonealis sich befindet. Diese Trigona sind von großer praktischer Bedeutung, insofern von hier aus gern subphrenische Abszesse nach dem Brustraume sich ausbreiten.

Der aus den Zervikalnerven 3—5 stammende Nervus phrenicus, welcher in seinem ganzen Verlaufe auch einige sympathische Fasern und außerdem Interkostalnerven enthält, ist wohl der einzige motorische Nerv des Zwerchfelles. Die Interkostalnerven nehmen kaum an der Innervation des Zwerchfelles teil, obwohl experimentell nach Durchschneidung einer der beiden Phrenici keine vollständige Zwerchfell-Lähmung eintritt. Wahrscheinlich ist der Grund hierfür darin zu suchen, daß beide Phrenici miteinander anastomosieren.

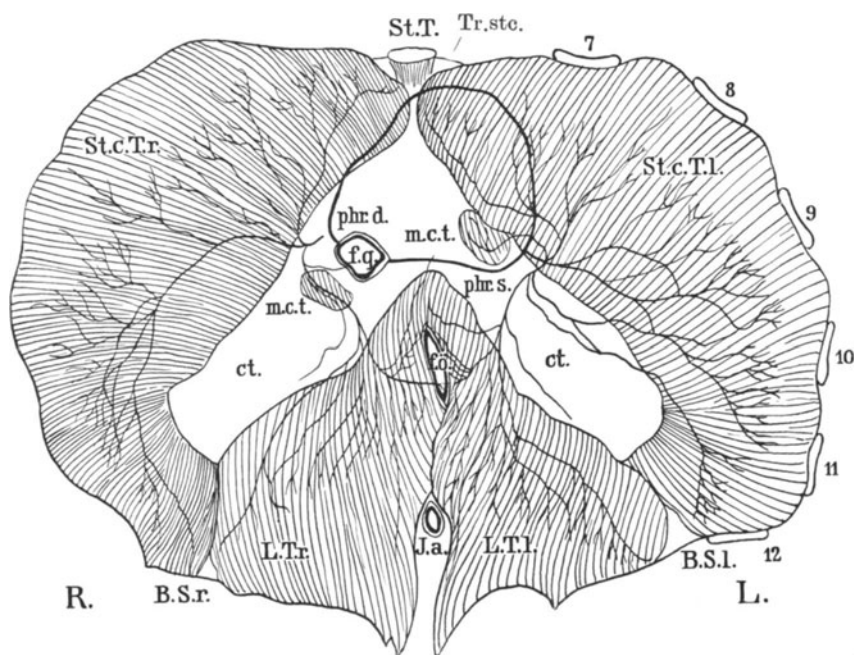


Abb. 72. Normalschema des Zwerchfelles vom Erwachsenen nach W. v. Göbnitz (Sternalteil nebst Trigonum sternocostale nach Felix).

f.ö. Foramen oesophageum. f.q. Foramen quadrilaterum. J.a. Incisura aortica. St.T. Sternalteil. Tr.stc. Trigonum sternocostale. St.c.T.l. Sternokostalteil links. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 7.—12. Rippe. St.c.T.r. Sternokostalteil rechts. L.T.l. Lumbalteil links. L.T.r. Lumbalteil rechts. B.S.l. Bochdaleksche Stelle links. B.S.r. Bochdaleksche Stelle rechts. ct. Centrum tendineum. m.c.t. muskulöse Umwandlung einzelner Teile. phr.s. Phrenicus sinister. phr.d. Phrenicus dexter.

Der linke Phrenikus ist erfahrungsgemäß durch Krankheitsprozesse weit weniger gefährdet als der rechte, welcher wegen seiner exponierten Lage nicht nur durch eine Entzündung der mediastinalen Pleura, sondern auch durch die Druckwirkung eines Ergusses in die rechte Pleurahöhle oder mediastinaler Tumoren geschädigt werden kann.

Das Zwerchfell ist kein einheitlicher Muskel; spricht doch schon die doppelseitige Anlage und die gesonderte Innervation für die Unabhängigkeit beider Zwerchfellhälften voneinander, so daß man mit einer gewissen Berechtigung vom „linken“ und „rechten“ Zwerchfell sprechen kann.

Bei ruhiger Atmung verhindert das Zwerchfell, daß der äußere Luftdruck die Baucheingeweide in die Brusthöhle hineintreibt, ferner bewirkt es bei verstärkter Einatmung eine Erweiterung der Brusthöhle. Es sorgt also für regelmäßigen Gasaustausch in der Lunge und ist deshalb für die regelrechte Funktion des ganzen Organismus von großer Bedeutung. Unter allen Respirationsmuskeln kommt ihm die wichtigste Rolle bei der Lungenventilation zu. Auch ist seine Tätigkeit von erheblichem Einfluß auf die abdominale Blutzirkulation, indem es den Abfluß des venösen Blutes

aus der Bauchhöhle in den rechten Vorhof begünstigt. Über die letztgenannte Zwerchfellfunktion liegen bis jetzt allerdings noch keine ausreichenden Untersuchungen vor.

Auch auf pathologisch-anatomischem und klinischem Gebiet fand das Zwerchfell früher zu wenig Beachtung, weil unsere Kenntnisse hierüber ziemlich gering waren. Erst in der jüngsten Zeit, d. h. seitdem man in der klinischen Medizin ausgedehnten Gebrauch von dem Röntgenverfahren macht, trat in dieser Beziehung eine wesentliche Änderung ein.

Namentlich für die Beurteilung des Zwerchfelles hinsichtlich seiner Form, seiner Lage und seiner motorischen Leistung ist die Röntgenuntersuchung von großem Wert.

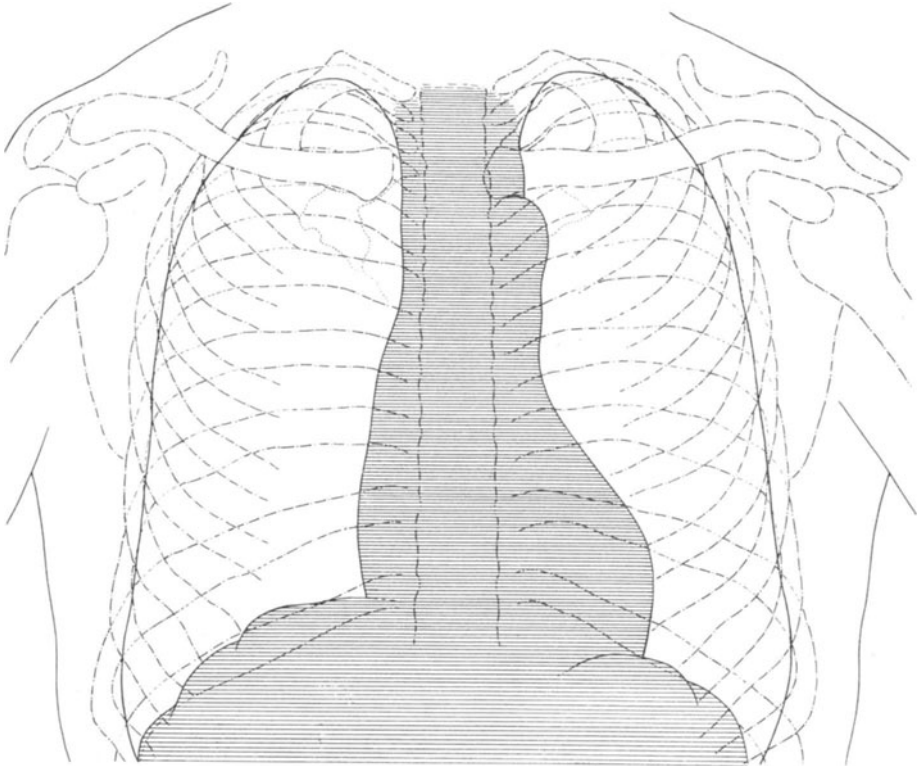


Abb. 73. Wellenförmige Konturen der beiden Zwerchfellhälften bei tiefer Inspiration. Röntgenogramm-Pause von einem gesunden Manne.

Lage und Form des Zwerchfelles sind vom elastischen Zug der Lungen, dem Tonus der Zwerchfellmuskulatur, den jeweiligen Druckverhältnissen des Brust- und Bauchraumes und dem Thoraxbau, besonders aber vom Verhalten der unteren Thoraxapertur, abhängig.

Mit Hilfe der Perkussion ist es ja meistens möglich, Stand und Bewegung des Zwerchfellansatzes am Thorax zu bestimmen und mit dem röntgenologischen Befunde zu vergleichen, nicht aber mit genügender Sicherheit Lage und Ausdehnung der Zwerchfellkuppeln festzustellen. Mittels der Röntgenuntersuchung kann aber gerade der höchste Punkt der Zwerchfellkuppel, der bei Beurteilung der Atmung besonders wichtig ist, beiderseits bestimmt werden, während dieses Zwerchfellgebiet vor Einführung des Röntgenverfahrens der

klinischen Beurteilung nur in beschränktem Maße zugänglich war. Auch die durch die älteren Untersuchungsmethoden nicht erreichbaren medianen Teile des Zwerchfelles können hinsichtlich ihrer Lage und ihres Verhaltens röntgenoskopisch geprüft werden. Aber nicht bloß die Zwerchfellkuppel, auch die medianen und lateralen Teile des Zwerchfelles, also seine Abzweigung von der Wirbelsäule und von der Thoraxwand, sowie die Komplementäräume sind der Röntgenoskopie zugänglich.

Ferner lassen sich oft aus dem Verhalten der benachbarten Brust- und Bauchorgane Schlüsse ziehen auf die Beschaffenheit und Funktion des Zwerchfelles. Inwieweit hierbei pathologische Prozesse, die sich in der Nach-

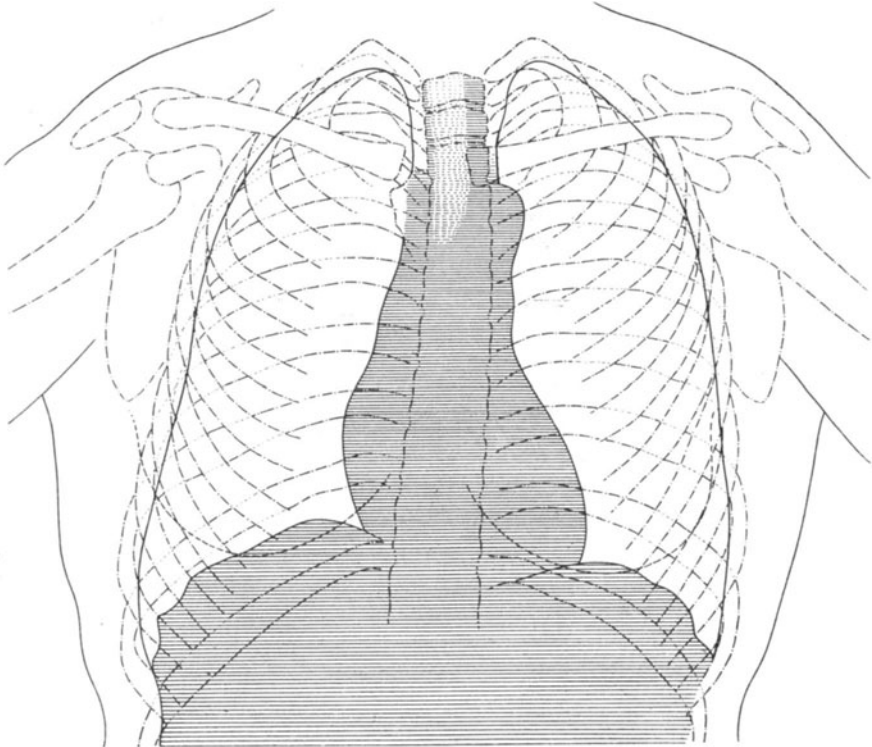


Abb. 74. Doppelseitige Ein- und Ausbuchtungen des Zwerchfelles. Röntgenogramm-Pause von einer Frau mit basalen Pleuraadhäsionen (Anfangstuberkulose).

barschaft abspielen, der röntgenologischen Betrachtung hinderlich sein können, soll später erörtert werden.

Bei **sagittaler Durchleuchtung** (Abb. 73—75) präsentiert sich das Zwerchfell, welches den Abschluß der beiden Lungenfelder nach unten zu bildet, auf dem Leuchtschirme in Form zweier halbkreisförmiger, mit der Konvexität nach oben gerichteter Bogenlinien, die scheinbar getrennt sind durch eine meistens auf dem Leuchtschirme nicht sichtbare, durch das Herz bewirkte Abplattung der medianen Zwerchfellkontur.

Wir sehen auf dem Röntgenbilde immer nur einen durch die höchste Erhebung der beiden Zwerchfellkuppeln gelegten Frontalschnitt.

Je nach dem Stand der Röntgenröhre kommen bald mehr die vorderen, bald mehr die hinteren Teile des Zwerchfelles zur röntgenologischen Darstellung.

Weil die höchstgelegenen Partien desselben, welche dessen charakteristische Schattenlinien im Röntgenbilde erzeugen, der vorderen Brustwand näher liegen als der hinteren, erscheinen sie bei dorso-ventraler Durchleuchtung deutlicher als bei ventro-dorsaler.

Rechts ist das Zwerchfell durch eine bei der Atmung sich verschiebende Grenzlinie zwischen Lunge und Leber gekennzeichnet; eine solche Grenzlinie findet sich auch links, wo sie durch die Wandung des Magens und der Milz sowie eventuell auch des dem Zwerchfell anliegenden Kolons in ihrer schattengebenden Wirkung noch verstärkt wird. Der rechte Zwerchfellschatten (zwischen Lunge und Leber) ist etwas gewölbter und steht etwa 1—2 cm höher als der linke (zwischen Lunge einerseits und Milz, linker Kolonflexur und Magenblase anderseits gelegene).

Der Zwerchfellschatten fällt seitwärts steil ab, um beiderseits mit der Thoraxwand den spitzen phrenico-costalen Winkel zu bilden, medianwärts senkt er sich meistens nur wenig; hier bildet er mit dem Herzschatten bzw. dem rechten Vorhofs den weniger spitzen phrenico-kardialen Winkel (Sinus mediastinalis). Ersterer bildet also die Grenze zwischen der Pleura

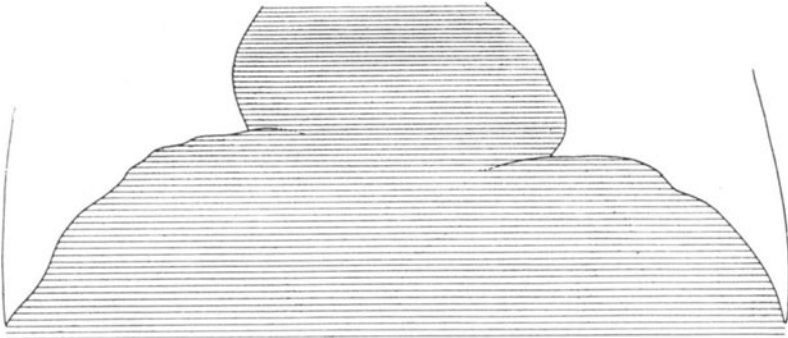


Abb. 75. Unregelmäßige bogen- und wellenförmige Konturen der beiden Zwerchfelhälfen bei tiefer Einatmung (Leuchtschirm-Pause). Anscheinend gesunder Mann.

costalis und der Pleura diaphragmatica, letzterer die Grenze zwischen Pleura mediastinalis und Pleura diaphragmatica.

Verläuft der Winkel, den die rechte Zwerchfelhälfte mit dem rechtsseitigen Vorhofschaten bildet, auffallend stumpf oder steigt die mediale Zwerchfellschattenlinie gar schräg nach aufwärts gegen die rechte Herzgrenze, so entspricht dieser Befund in der Regel einem pathologischen Vorgange, d. h. einer Hochdrängung des Zwerchfelles oder einer entzündlichen Verwachsung desselben mit der Pleura mediastinalis. Die Leuchtschirmuntersuchung gibt Aufschluß über die Natur des vorliegenden Prozesses. Der Winkel, den der Schatten des linken Ventrikels mit der linken Zwerchfelhälfte bildet, ist öfters verdeckt durch den schräg vom Herzschatten nach außen verlaufenden, dreieckigen Perikardzipfel, welcher dem Schatten des Perikardansatzes entspricht. Die genaue Abgrenzung der unteren Herzgrenze vom linken Leberlappen ist auch vermittels der Röntgenstrahlen, wenigstens bei Erwachsenen, nicht möglich; denn der mittlere Teil des Zwerchfelles, das Centrum tendineum, ist durch die Schatten von Herz und Leber verdeckt und nur bei mageren Personen wahrzunehmen. Übrigens spielt dieses Zwerchfellgebiet — im Gegensatz zur rechten und linken Zwerchfellschuppe — in der Praxis keine besonders wichtige Rolle.

Selbst in der Norm ist die Zwerchfellwölbung nicht immer gleichmäßig (Abb. 75). Nicht selten findet man sogar an ihr auf Röntgenogrammen, die bei stärkerer Inspiration aufgenommen wurden, kleinere oder größere bogen- oder wellenförmige Konturen, welche scheinbar ineinander übergreifen (Abb. 73). Diese „Zwerchfellbögen“ finden sich vorwiegend rechterseits, in geringerem Grade aber auch links. Sie entsprechen offenbar den stark kontrahierten zackigen Muskelbündeln des Zwerchfelles, die von den Knorpeln der 6 unteren Rippen sowie am Musculus transversus abdominis entspringen. Indem die Schatten der einzelnen Zacken (Digitations der Franzosen) sich kreuzen, decken sie sich teilweise. Man sieht sie nur bei tiefer, angestrengter Inspiration; denn nur wenn sie sich stark kontrahieren, treten sie auf dem Röntgenbilde deutlich hervor. Besonders ausgeprägt finden sich diese Bögen bei Sportsleuten, z. B. Turnern, sowie bei solchen Leuten, die aus gesundheitlichen Rücksichten starke Atemgymnastik treiben. Man beobachtet solche Formveränderungen des Zwerchfelles auch bei basalen Pleuraadhäsionen (Fr. Kraus), namentlich bei mangelhafter Funktion der einen Zwerchfellhälfte, wobei die andere vikariierend für sie eintritt. Hier sieht man im Gegensatz zur Norm mehr zackige, konkave Bogenlinien (Abb. 74). Der stärkeren Kontraktion einzelner Muskelbündel entspricht in solchen Fällen ein stärkeres Hervortreten der entsprechenden Zwerchfellbögen.

Auch noch andere Formveränderungen der Zwerchfellkonturen kommen bisweilen vor, die bis jetzt allerdings nur anatomisch genauer studiert wurden.

So sind rechts zuweilen zwei Kuppeln statt einer vorhanden, die Verbindungslinie derselben entspricht der Sagittalfurche der Leber. (Von den in pathologischen Fällen manchmal auf einer Seite ersichtlichen, stufenartigen Zwerchfellkonturen wird später noch die Rede sein.)

Die Form des Zwerchfelles wird außer von dieser Furche auch von den Zwerchfell- oder Exspirationsfurchen der Leber beeinflusst, welche parallel zu einander, und zwar von hinten nach vorne verlaufen und nahezu sagittal gestellt sind. Sie finden sich nur an der hinteren Hälfte der Leberoberfläche. Ihnen entsprechen leistenartige Erhebungen des Zwerchfelles. Nach Chiari (Verhandl. der deutschen pathol. Gesellschaft, 1900) entstehen sie infolge von vielfach wiederholter Anpressung der Leber gegen das Zwerchfell, also durch mechanische Ursachen im Gefolge chronischer Respirationsstörungen, so z. B. bei Verkrümmungen der Wirbelsäule oder langdauerndem Husten infolge von Bronchitis oder Lungentuberkulose. Nach Zahn hingegen (zitiert bei Chiari) sind die stark vorspringenden „Zwerchfellfalten“ bedingt durch Hypertrophie der an den Rippen sich ansetzenden Muskelbündel des Zwerchfelles. Durch die Kontraktion der den Falten entsprechenden Muskelpartien des Zwerchfelles komme es zur Bildung der Zwerchfellfurchen der Leber, indem an der dem Zwerchfell angepreßten Leberoberfläche stärkere Eindrücke (Impressionen) der weichen Drüsenmasse hervorgerufen werden. Die genannten, hypertrophisch gewordenen zackigen Muskelbündel des Zwerchfelles können natürlich auch zur Bildung der oben erwähnten, häufig im Röntgenbilde ersichtlichen „Zwerchfellbögen“ Veranlassung geben.

Um einen vollständigen Überblick über das Zwerchfell und eine genaue räumliche Vorstellung von seinem Schattenbilde zu gewinnen, genügt aber die Durchleuchtung in sagittaler Richtung (Abb. 73, 74) bei der gewöhnlichen mittleren Röhrenstellung nicht, man muß auch sagittal bei schräger Strahlenrichtung, und zwar von HU nach VO (bei tiefem Röhrenstand), oder von VO nach HU (bei hohem Röhrenstand), sowie bei frontaler Strahlenrichtung durchleuchten. Bei letzterer wird die schirmferne Zwerchfellkuppel über die schirmnahe projiziert. Durch die frontale Durchleuchtung erhalten wir gute Aufklärung über die Kuppel und besonders die phrenico-vertebralen und eventuell auch über die phrenico-costalen Zwerchfellbezirke. Wie bei der sagittalen Durchleuchtung scheint auch hier jede Zwerchfellhälfte einen Halbkreis zu bilden; dabei zeigt jede derselben dorsalwärts einen stärkeren Abfall, namentlich bei der Inspiration, als ventralwärts (Abb. 76—78). Durch die sagittale bzw. ventrodorsale Durchleuchtung können besonders

die Kuppel und der phrenico-kostale und phrenico-cardiale Winkel der Betrachtung zugänglich gemacht werden. Bei schrägem Strahlengang können wir namentlich die ventralen und dorsalen Zwerchfellansätze zur Anschauung bringen.

Zur Unterstützung und Ergänzung der Leuchtschirmuntersuchung leistet mitunter die Röntgenographie — bei vollständiger Ausschaltung der Atembewegung — wichtige Dienste.

Zwerchfellstand.

Das rechte Zwerchfell steht schon im Stehen höher als das linke, noch mehr aber im Liegen, wo das Gewicht der Leber in Wegfall kommt.

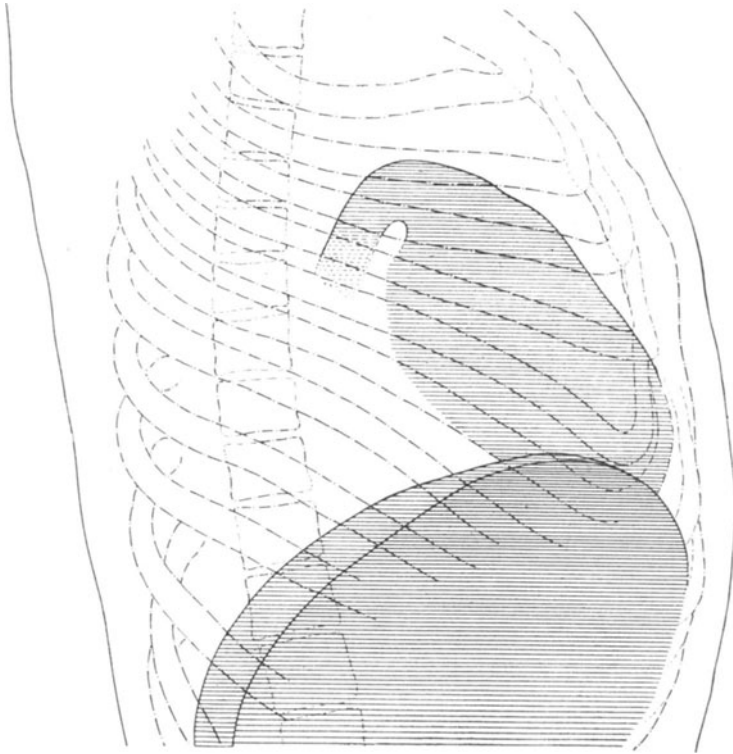


Abb. 76. Gesunder junger Mann. Kostoabdominaler Atmungstypus. Tiefe Atmung. Inspirations-Phase. Fokus-Distanz 1 m. Frontale (seitliche) Aufnahme I mittels des Stereo-Apparates. (S. Erklärung Seite 490.)

Absolute Maße für den Zwerchfellstand gibt es nicht, doch hat Jamin mit Bezug auf die Rippen denselben beim Lebenden mittels der Röntgenstrahlen beiläufig bestimmt. Die Zwerchfellkuppel steht (im Liegen und Stehen) in Höhe der 4. und 5. Rippe.

Anatomisch liegen die Zwerchfellkuppeln nach Keith (zitiert bei Eppinger in Nothnagels Handbuch) durchschnittlich in Höhe des oberen Randes des fünften Rippenknorpels (in der Mamillarlinie). Diese Beobachtung stimmt mit den röntgenologischen Erfahrungen überein.

Nach den Röntgenuntersuchungen von de la Camp (Zeitschrift f. klin. Medizin, Bd. 49) u. a. befindet sich die Zwerchfellkuppel beim Ge-

sunden im Stehen (in Mamillarlinie) normalerweise bei mittlerer Atmung gewöhnlich in Höhe des fünften Interkostalraumes (bei starker Inspiration in Höhe der siebten, bei starker Expiration in Höhe der vierten Rippe). Doch sieht man, wenn man mit annähernd parallelen Röntgenstrahlen arbeitet (Abb. 79—81), daß die Höhenunterschiede bei den verschiedenen Atemphasen lange nicht so bedeutend sind, als man auf Grund von Leuchtschirmuntersuchungen anzunehmen geneigt ist. Auch bestehen sehr große individuelle Schwankungen. So hat Dietlen (Deutsches Archiv f. klin. Medizin, Bd. 97) auf orthodiagraphischem Wege für eine große Anzahl normaler Personen den Stand des höchsten Punktes für beide Zwerchfellkuppeln bestimmt und

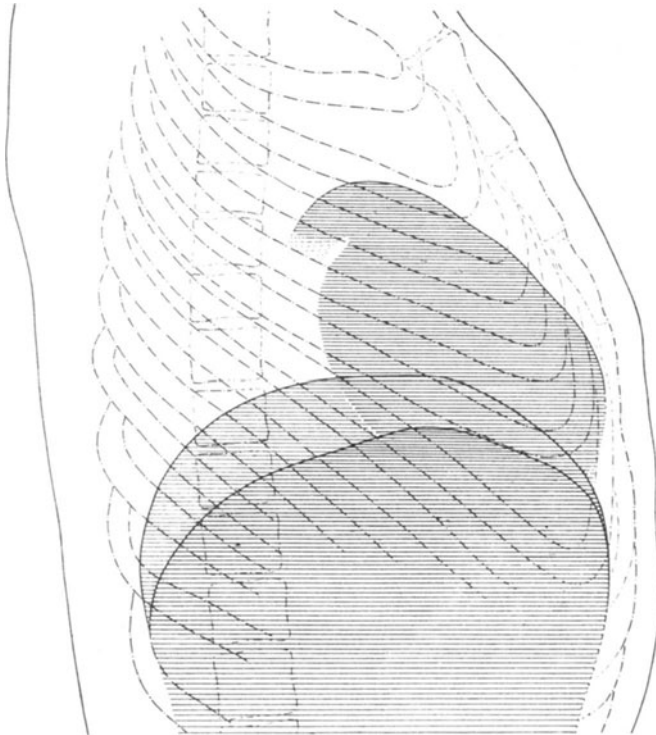


Abb. 77. Dieselbe Person wie in Abb. 76. Tiefe Atmung. Expirations-Phase. Fokus-Distanz 1 m. Aufnahme II mittels des Stereo-Apparates.

hierbei sehr große Unterschiede gefunden. Bei Frauen steht im allgemeinen das Zwerchfell höher als bei Männern, bei langem, schmalen Thorax steht es tiefer als bei kurzem, breitem. Entsprechend der physiologischen Senkung der Hals- und Brustorgane findet man bei zunehmendem Alter auch das Zwerchfell tieferstehend und außerdem infolge der geringen Elastizität der Lungen schräg verlaufend („hängend“).

Die Änderungen des Zwerchfellstandes bei verschiedener Körperstellung sind auf röntgenologischem Wege besonders eingehend von Hofbauer und Holzknecht (Mitteil. a. d. Laboratorium f. radiolog. Diagnostik u. Therapie im k. k. allgem. Krankenhause in Wien, 1907) studiert worden. Dieselben fanden die Zwerchfellkuppel bei aufrechter Stellung tiefer stehend wie bei liegender, bei welcher sie durch die Baueingeweide stark

nach oben gedrängt wird, am tiefsten bei sitzender Stellung. Auch zeigte sich bei Bauchlage starke Senkung der ventralen, d. h. der der Unterlage benachbarten Zwerchfellpartien.

Praktisch wichtig ist der Befund, daß bei Seitenlage die beiden Zwerchfelloberflächen sich völlig verschieden bewegen, indem — entgegen der bisherigen Anschauung — die der Unterlage zugekehrte bei weitem stärkere Atembewegungen ausführt als die von der Unterlage abgekehrte, also obere. Im Einklang hiermit steht die schon von C. Gerhardt auf perkutorischem Wege

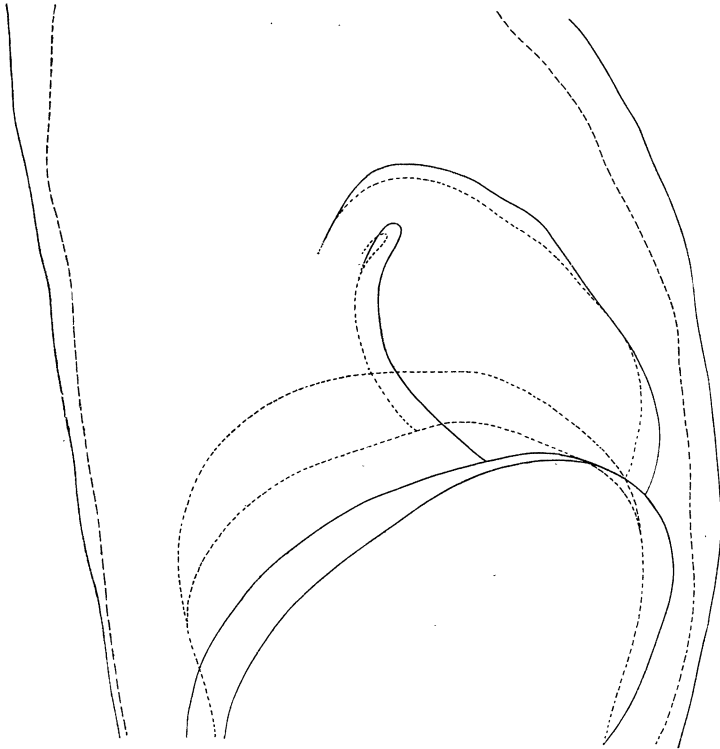


Abb. 78. Die zwei vorstehenden Aufnahmen I u. II übereinander gepaust. Der Inspiration entspricht die ausgezogene, der Expiration die gestrichelte Linie. Man sieht, daß bei der Inspiration die Ausdehnung der Lunge nach vorne, nach rückwärts und nach unten zu erfolgt ist. Das Herz ist bei Inspirationsstellung des Thorax etwas in die Länge gezogen. Der Aortenbogen selbst ist ersichtlich, doch verliert sich sein Schatten allmählich gegen die absteigende Aorta zu.

gemachte Beobachtung, daß bei rechter Seitenlage der linke, bei linker Seitenlage der rechte Komplementärraum vollständig ausgefüllt ist.

Auch in den komplizierten Mechanismus der Zwerchfellbewegung bei der Respiration konnten wir uns erst durch die Röntgenuntersuchung einen klaren Einblick verschaffen, zumal wir hier wertvolle Vergleiche hinsichtlich der Beweglichkeit der beiden Zwerchfelloberflächen anzustellen vermögen.

Das Zwerchfell vermag nämlich nicht bloß seinen Stand sondern auch seinen Atmungstypus je nach Bedarf zu verändern. Sowohl die Körperlage als auch psychische Momente sind von Einfluß auf den Atmungstypus. Nicht immer ist der Atmungstypus der Frauen kostal und derjenige der Männer

abdominal. Auch kann ein Umschlag des einen in den anderen erfolgen, so z. B. bei tiefer und oberflächlicher Atmung (Byloff).

Die Atmung setzt sich bekanntlich aus zwei Bewegungsvorgängen zusammen, der Erweiterung des Thorax und dem gleichzeitigen Tiefertreten des Zwerchfelles bei der Inspiration und dem Zusammenfallen des Thorax und Emporsteigen des Zwerchfelles bei der Expiration.

Die Inspiration wird besorgt durch die Kontraktion des Zwerchfelles, welche besonders den Längsdurchmesser des Thorax vergrößert, ferner durch die Tätigkeit

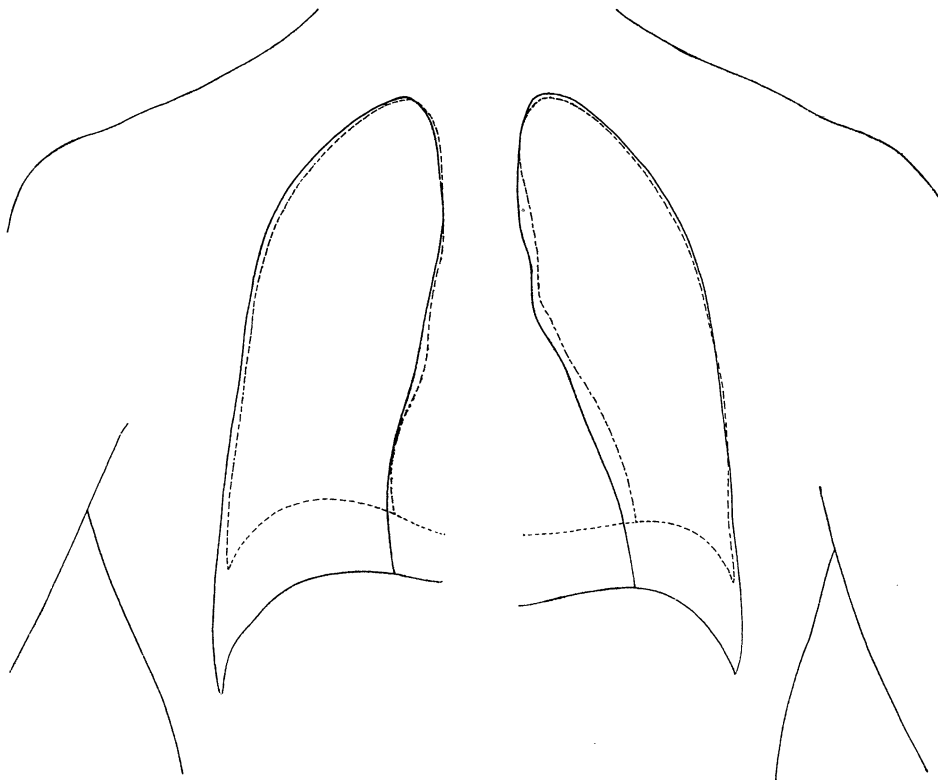


Abb. 79. Gesunder junger Mann. Kosto-abdominaler Atmungstypus. Die Konturen zweier bei tiefer In- und Expiration, dorsoventralem Strahlengang und 2 m Fokusdistanz aufgenommener Röntgenogramme mit Ausnahme der Rippen übereinander gepaust. Der Inspiration entspricht die ausgezogene, der Expiration die gestrichelte Linie. Man sieht, daß die Ausdehnung der Lunge bei der Inspiration entsprechend dem Tiefertreten des Zwerchfelles vorwiegend nach unten zu erfolgt ist. Das Herz ist bei Inspirationsstellung des Thorax schmaler als bei Expirationsstellung.

der Interkostalmuskeln, welche sämtliche Rippen heben und einander nähern und sowohl den Tiefen- wie den Breitendurchmesser vergrößern und endlich durch die Skalenen, welche die Wirkung der Interkostalmuskeln unterstützen, indem sie die erste und zweite Rippe und damit alle folgenden heben.

Die Expiration, vorausgesetzt, daß sie nicht in forcierter Weise stattfindet, erfolgt lediglich durch Erschlaffung der oben genannten Muskeln sowie durch die Elastizität der Lungen und der Rippen.

Bei der Inspiration beobachtet man auf dem Leuchtschirm beiderseits ein gleichmäßiges Tiefertreten des Zwerchfelles samt seinem phrenico-kardialen und phrenico-costalen Winkel. Hat der letztere seinen tiefsten Stand erreicht, so erfolgt noch nachträglich durch weitere Kontraktion des Zwerchfellmuskels eine Abflachung der Zwerchfellkuppel und eine Vergrößerung des

phrenico-costalen Winkels (Brugsch und Schittenhelm: Lehrbuch der klinischen Untersuchungs-Methoden). Oft beobachtete ich hierbei, daß das ganze linke Zwerchfell sich noch weiter bewegt, wenn das rechte schon stillsteht — namentlich wenn dasselbe, wie bei Vorhandensein einer großen Luftblase im Magenfundus, während der Expiration höher steht als das rechte —, so daß schließlich das linke, ursprünglich höher stehende, am Schluß der Inspiration tiefer steht als das rechte. Von Keith ist auch eine inspiratorische Vorwärtsbewegung des Zwerchfelles nachgewiesen worden. Die Form des Zwerchfelles ändert sich im allgemeinen nicht wesentlich bei der Inspiration. Das Zwerchfell behält stets seine Kuppelform bei, da es sich offenbar gleichmäßig kontrahiert und andererseits durch den elastischen Zug der Lunge in seiner Form erhalten wird.

Der männliche und der weibliche Atmungstypus, bei welchen die respiratorischen Bewegungsvorgänge sich verschiedenartig abspielen, kann mit Hilfe der Röntgenstrahlen gut studiert werden. Die Männer atmen mehr mit den unteren Thoraxpartien, bzw. den entsprechenden Interkostalmuskeln und dem Zwerchfell, also *kosto-abdominal*, seltener rein *diaphragmal* (*abdominal*), d. h. fast ausschließlich mittels des Zwerchfelles. Frauen und Kinder atmen zuweilen auch *kosto-abdominal*, aber doch häufiger rein *kostal*, bzw. mit dem oberen Thorax, während das Zwerchfell oft nur wenig bewegt wird.

Die *diaphragmale* Atmung, bei welcher besonders der untere Thoraxdurchmesser vergrößert wird, äußert sich bei der Leuchtschirmuntersuchung durch gleichmäßiges Auf- und Absteigen der beiden Zwerchfellkuppeln, während man bei der *kostalen* Atmung die Schatten der eine stärkere Exkursion vollführenden vorderen Rippenabschnitte an dem Schatten der weniger beweglichen hinteren Rippenabschnitte vorbeigleiten sieht. Da beide Bewegungen, die *kostale* und die *diaphragmale*, sich kombinieren (nur daß letztere beim Manne, erstere bei der Frau und beim Kinde überwiegt), so ist es manchmal schwierig, die passiven d. h. durch die *kostale* Atmung bedingten Zwerchfellbewegungen von den aktiven zu trennen.

Wie schon Hofbauer mitgeteilt hat, überwiegt nicht selten beim normalen „gemischten“ Atmungstypus, besonders bei jugendlichen Personen, die Tätigkeit der den Thorax bei der Inspiration erweiternden Muskeln über die aktive Zwerchfellbewegung, so daß infolge der Hebung des Zwerchfellansatzes die Zwerchfellkuppeln bei der Leuchtschirmbetrachtung während der Inspirationsphase höher zu stehen scheinen als während der Expirationsphase, obwohl in letzterer das Zwerchfell doch erschlafft ist. Auf diese Weise kann bei forcierten Atembewegungen eine (scheinbar) paradoxe Zwerchfellbewegung bei gesunden jugendlichen Personen zustande kommen, und zwar besonders bei weiblichen Personen mit vorwiegend *kostaler* Atmung. Das Zwerchfell steigt also hier beim Höherentreten der Rippen entsprechend der Bewegung der unteren Thoraxapertur etwas nach oben und senkt sich hierauf etwas bei der Expiration.

Indessen selbst bei der rein *kostalen* Atmung, welche besonders bei Frauen beobachtet wird, wenn eine Einengung der unteren Thoraxapertur durch Schnüren erfolgt, bleibt das Zwerchfell nicht vollständig untätig; zum mindesten muß sein Tonus erhöht sein (Eppinger in Nothnagels Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie, 2. Auflage, Kapitel „Zwerchfell“), sonst müßte es infolge des bei der Inspiration im Thoraxraume herrschenden negativen Druckes noch stärker nach aufwärts gezogen werden als dies tatsächlich infolge der Rippenhebung geschieht.

Die Exkursionsbreite des Zwerchfelles, welche den physiologischen Grenzen der Zwerchfellatmung (bedingt durch gleichmäßige Verschiebung der

beiden Zwerchfellhälften nach unten bei der Inspiration, nach oben bei der Expiration) entspricht, ist individuell sehr verschieden. Sie beträgt bei Männern bei ruhiger Atmung durchschnittlich 2—3 cm, bei tiefer Atmung, vorausgesetzt daß dieselbe mehr abdominal erfolgt, hat man Schwankungen bis zu 4 und 5 cm beobachtet (de la Camp). Beim weiblichen Geschlechte ist die Exkursionsbreite durchschnittlich um 1—2 cm geringer.

Es sei hier daran erinnert, daß v. Ziemßen 3—4 cm als Unterschied zwischen tiefer In- und Expiration bei der bekannten Katharina Serafin (bei der ein großer Teil der vorderen Thoraxwand operativ entfernt war) angab.

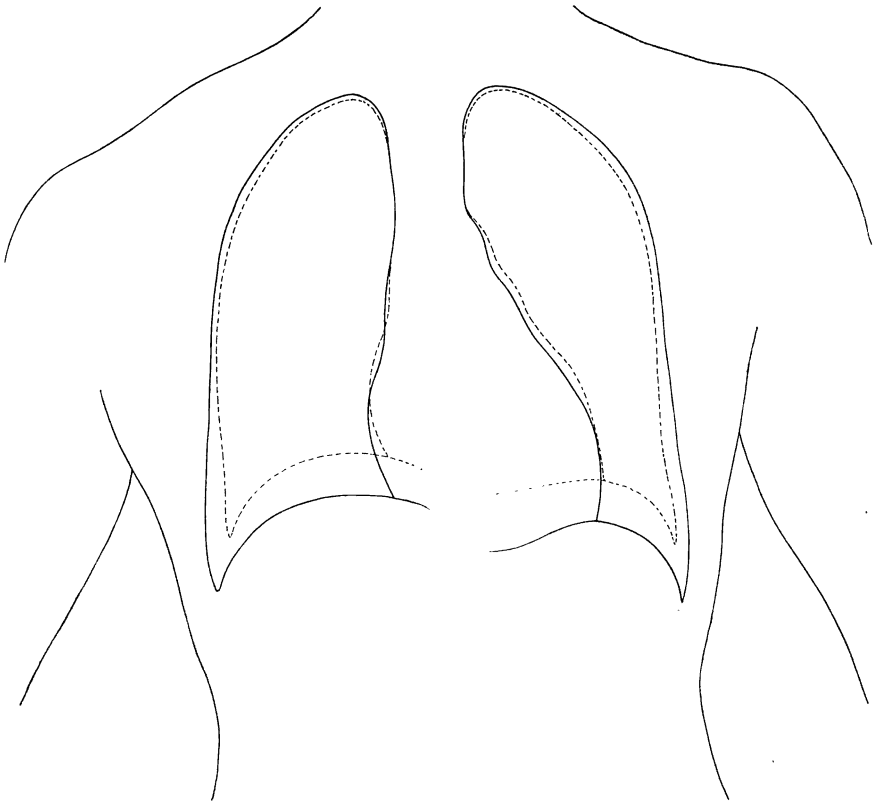


Abb. 80. Gesunde junge Frau. Kosto-abdominaler Atmungstypus. Die Konturen zweier bei tiefer Atmung und 2 m Fokusdistanz mittels des Stereoapparates in sagittaler Richtung aufgenommener Momentaufnahmen mit Ausnahme der Rippen übereinander gepaust. Der Inspiration entspricht die ausgezogene, der Expiration die gestrichelte Linie. Man sieht, daß die Ausdehnung der Lunge bei der Inspiration hauptsächlich nach unten zu, aber auch seitlich erfolgt ist.

Schon oben wurde darauf hingewiesen, daß die Exkursionsbreite bei höherem Zwerchfellstand, wo die Entfernung der Kuppel von den Insertionspunkten am größten ist, beträchtlicher ist als bei mittlerem Zwerchfellstand.

Hinsichtlich der Zwerchfellbewegung bietet auch ein Vergleich der oberflächlichen mit der tiefen Atmung großes Interesse. Nach Schenk (zitiert bei de la Camp) ist bei oberflächlicher Atmung das Zwerchfell mehr beteiligt als bei tiefer, während die Tätigkeit der Interkostalmuskeln (Rippenhebung) gerade in umgekehrter Weise sich abspiele. Bei tiefer Atmung wird

übrigens nicht bloß die Inspiration sondern auch die Expiration vertieft, und zwar erstere durch die vermehrte Tätigkeit der Inspirationsmuskeln letztere durch die Inanspruchnahme der expiratorischen Hilfsmuskeln. Wie bei oberflächlicher so erfolgt auch bei tiefer Atmung nach der inspiratorischen Senkung des Zwerchfelles noch eine leichte Abflachung desselben, während die im Expirium erfolgende Krümmung der Zwerchfellkuppel bei tiefer Atmung erheblicher ist als bei oberflächlicher.

Der phrenico-costale Winkel, welcher bei ruhiger Atmung spitz ist, wird bei tiefer Inspiration in der Regel stumpfer und rückt außerdem um einige Zentimeter tiefer. Beim weiblichen Geschlecht ist, weil die untere Brustapertur bei ihm eine starke Erweiterung erfährt, dieser Winkel gewöhnlich stumpfer als beim männlichen.

Wie die Röntgenuntersuchung deutlich erkennen läßt, kann man das Zwerchfell in jeder Respiationsstellung willkürlich zum Stillstand bringen, und zwar erfolgt bei der Inspiration gleichzeitig mit der Tätigkeit des Zwerchfelles auch eine solche der übrigen Inspirationsmuskeln.

Wenckebach hat gefunden, daß auch willkürliches Öffnen und Schließen des Mundes von Einfluß ist auf Zwerchfellnervenapparat und Zwerchfellbewegung. Namentlich beobachtete er ein Höherentreten des Zwerchfelles beim Atemholen nach Öffnung des Mundes.

Schon oben wurde darauf hingewiesen, daß auf dem Leuchtschirme die Zwerchfellexkursionen viel größer erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind, und zwar nicht bloß wegen der durch die Zentralprojektion bedingten Schattenverzeichnungen, sondern auch deshalb, weil die Bewegung der Rippen derjenigen der Zwerchfellkuppeln entgegengerichtet ist. Aus dem letztgenannten Grunde darf man orthodiagraphische Aufzeichnungen der Zwerchfellkuppeln und ihrer Verschiebungen auch nicht auf der Haut selbst anbringen.

Um die wahre Bewegung des Zwerchfelles zu bestimmen, müssen die Zwerchfellkonturen bei In- und Expiration mit Hilfe des „Normalstrahles“ auf eine außerhalb des menschlichen Körpers befindliche, also von den Atembewegungen nicht beeinflussbare, senkrecht zur Strahlenrichtung angebrachte ebene Fläche aufgezeichnet und dann verglichen werden. Nur diese Methode der senkrechten Projektion zur Bestimmung des Zwerchfellkuppelstandes, d. h. der unteren Lungengrenzen, mittels der Röntgenstrahlen ist objektiv und einwandfrei. Jamin (in Groedels Grundriß der Röntgendiagnostik) hat aber mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß nur die höchst gelegenen, d. h. am weitesten in den Brustraum hineinragenden Zwerchfellpartien den bekannten Zwerchfellschattenstreifen bilden, dessen tatsächliche Ausdehnung mit Hilfe des senkrechten Röntgenstrahles bestimmt wird.

Im Gegensatz zu den orthodiagraphischen sind gewöhnliche röntgenoskopische und auch röntgenographische Untersuchungen, die bei der üblichen Fokaldistanz von 50—60 cm vorgenommen werden, wenn sie uns auch eine gute Übersicht über die Konfiguration des knöchernen Thorax und dessen Beziehung zum Zwerchfell bei der In- und Expiration geben, für eine genaue ziffernmäßige Bestimmung der diaphragmalen Exkursionsbreite nicht verwendbar.

Abgesehen von den orthodiagraphischen Aufzeichnungen lassen sich auch röntgenographische Fernaufnahmen (bei 2 m Fokaldistanz) an einem stereoskopischen Aufnahmeapparat, aber unter Benützung einer gewöhnlichen Aufnahmeöhre (statt einer Stereoröhre) mit Plattenwechsel während der In- und Expiration, d. h. in extremer Inspirationsstellung, und — nach erfolgtem Plattenwechsel ohne seitliche Verschiebung der Röhre — in extremer Expirationsstellung (Abb. 79—81) zu derartigen Bestimmungen gut verwenden. Man hat bei solchen Aufnahmen den Vorteil, daß auch der in- und

expiratorische Rippenstand mit dem entsprechenden Zwerchfellstand verglichen werden kann, während die früher übliche Verwendung von Fixpunkten an der Wirbelsäule, am kranialen Ende des Lungenspitzenfeldes usw. doch nur ein Notbehelf war.

Eine solche Doppelaufnahme am Stereoskop-Apparat gestattet eine genaue und zuverlässige Beurteilung der respiratorischen Verschiebung der

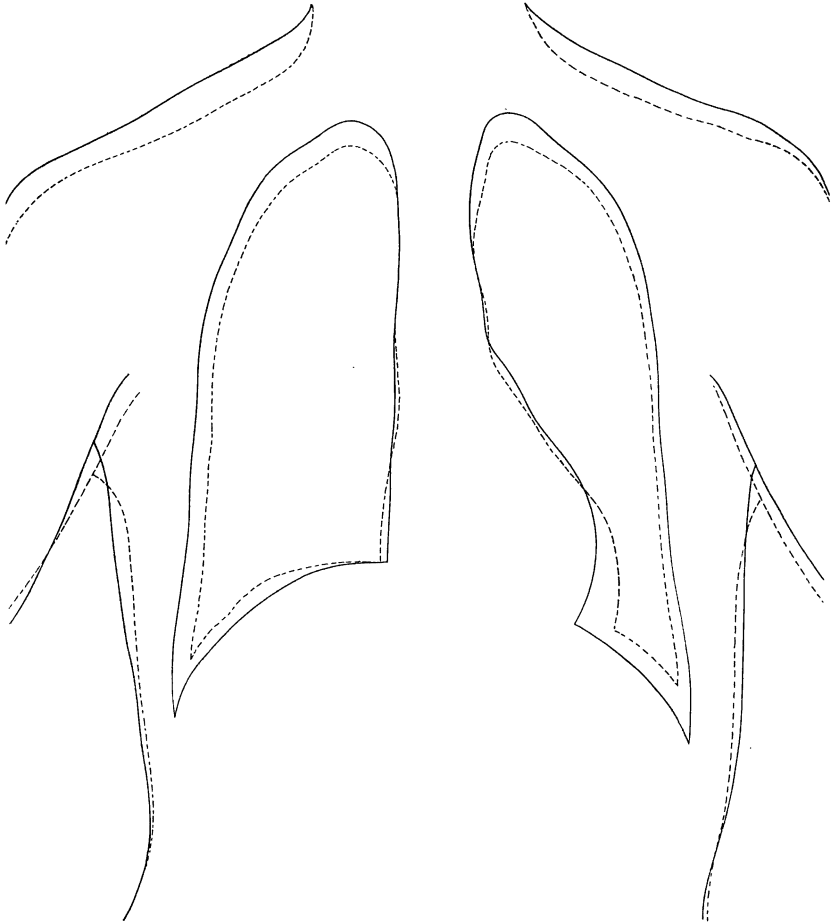


Abb. 81. Gesunder junger Mann. Kostoabdominaler Atmungstypus. Die Konturen zweier bei mittlerer Atmung und 2 m Fokusdistanz mittels des Stereoapparates in sagittaler Richtung aufgenommener Momentaufnahmen mit Ausnahme der Rippen übereinander gepaust. Der Inspiration entspricht die ausgezogene, der Expiration die gestrichelte Linie. Man sieht, daß die Ausdehnung der Lunge sowohl seitlich als auch nach oben (?) und unten zu erfolgt ist. Das Herz ist bei Inspirationsstellung des Thorax erheblich schmaler als bei Expirationsstellung.

Rippen und des Zwerchfelles bzw. vergleichende Untersuchungen⁷ bei einzelnen Atemphasen. Projektionsverzeichnungen sind natürlich auch hier vorhanden, wenn die Untersuchungen nicht bei großer Fokusdistanz (mindestens 2 m) ausgeführt werden.

Bei den mit dieser Methode hergestellten Sagittalaufnahmen des kostoabdominalen Atmungstypus (Abb. 79 bis 81) zeigt sich, daß

durch die Inspiration eine Ausdehnung des Lungenvolumens nach oben, seitwärts und unten erfolgt und daß hierbei die Exkursion des Zwerchfelles innerhalb weiter Grenzen schwankt.

Die mit derselben Methode gewonnenen Frontalaufnahmen (Abb. 76 bis 78) liefern eine Bestätigung der Keithschen Beobachtung, daß das Zwerchfell bei der Inspiration auch nach vorne bewegt wird und daß eine Ausdehnung des Lungenvolumens nach unten sowie nach vorne und rückwärts erfolgt. Auch zeigt sich, daß das Herz, wie bekannt, bei der Inspiration schmaler ist als bei der Exspiration.

Über den Anteil, welchen die einzelnen Abschnitte des Zwerchfelles an seinen respiratorischen Lageveränderungen nehmen, herrschte bisher insofern Unklarheit, als Zweifel bestanden, ob das Centrum tendineum bei der Atmung mitbewegt wird oder nicht. Zur Klarstellung dieser Frage können Durchleuchtungen in sagittaler und transversaler Richtung vorgenommen und außerdem ventrale, dorsale und frontale Röntgenogramme in Vergleich gezogen werden. Der Zwerchfellthoraxwinkel (phrenico-costaler Winkel) läßt sich ja bekanntlich beiderseits bis zum Zwerchfellherzwinkel (phrenico-kardialer Winkel), der in allen Atmungsphasen nahezu ein rechter ist, verfolgen. Aber von letzterem aus ist meistens nur undeutlich die Fortsetzung dieser Schattenlinie als Grenzlinie zwischen Herz- und Zwerchfellschatten eine Strecke weit durch den Schatten der Wirbelsäule hindurch zu verfolgen, links allerdings besser als rechts. Schon Grönroos (*Anatomischer Anzeiger*, 13. Band, 1897) hat gefunden, daß diese mediane Grenzlinie in allen Atemphasen einen mit der Bewegung des übrigen Zwerchfelles ziemlich übereinstimmenden Verlauf zeigt. In der Tat sieht man besonders bei mageren Leuten bei sagittaler Durchleuchtung, daß auch diese dem Centrum tendineum entsprechende Grenzlinie bei der Inspiration herabrückt, d. h. daß das Zwerchfell in ziemlich gleichmäßigem Bogen von der lateralen Brustwand zum Herz-Zwerchfellwinkel verläuft und medianwärts eine schwache, nach oben gerichtete Konkavität bildet, die in der Mitte etwas weiter nach abwärts sich erstreckt als in der Gegend der beiden Herz-Zwerchfellwinkel. Diese Konkavität der zentralen Zwerchfellpartien nach oben ist bei tiefer Atmung häufig noch etwas stärker ausgesprochen als bei oberflächlicher, so daß bei jener das Herz gewissermaßen in einer seichten Grube des Zwerchfelles liegt. Am deutlichsten ausgesprochen findet sich diese mediane Grenzlinie bei dem sog. „Tropfenherz“, wo man, wie Wenkebach sich ausdrückt, zwischen Herz und Zwerchfell „gewissermaßen hindurchsehen könne“.

Die Zwerchfellbewegungen bei komplizierten Atmungsformen, besonders bei plötzlichen Änderungen des normalen Atmungstypus, so beim Gähnen, Husten, Lachen, Niesen, Rülpsen, Schluchzen, Schneuzen, Seufzen sowie beim Singultus lassen sich sehr gut auf dem Leuchtschirme beobachten.

Während des Hustens findet bei jedesmaligem Hustenstoße als Ausdruck einer kurzdauernden heftigen Expirationsbewegung eine plötzliche, ruckartige Aufwärtsbewegung des Zwerchfelles statt. Dasselbe gilt für das Lachen, Niesen und Rülpsen sowie den Singultus. Hingegen beim Gähnen, Schluchzen, Schneuzen, Seufzen beobachtet man kurzdauernde, ruckweise erfolgende Inspiration und eine derselben folgende entsprechende Zwerchfellbewegung nach unten, wie jeder Arzt gelegentlich der Leuchtschirmuntersuchung bei seinen Patienten sehen kann, wenn er sie auffordert, die oben genannten, auf Affekten beruhenden Bewegungen willkürlich auszuführen.

Feinere Details der diesbezüglichen Zwerchfellbewegungen sind allerdings nur durch kinematographische Festhaltung der einzelnen Bewegungsphasen zu erhalten. Schon Guilleminot und nach ihm Cowl (*Diagnostik und Untersuchungs-Methoden mittels Röntgenstrahlen*, 1904) haben durch bestimmte technische Vorrichtungen einzelne Bewegungsphasen aufzunehmen versucht. Auch F. Groedel hat sich eingehend mit der Deutung kinematographisch aufgenommenen Röntgenbilder des Zwerchfelles beschäftigt.

Die respiratorische Zwerchfellbewegung wirkt nicht bloß regulierend auf den Atemmechanismus sondern auch in günstigem Sinne auf den Zirkulationsapparat. Dadurch, daß das Centrum tendineum bei der Inspiration

sich nach abwärts bewegt, sinkt auch das Herz nach abwärts. Besonders bei der rein abdominalen Atmung läßt sich dies bei frontaler Durchleuchtung feststellen. Hingegen beobachtet man bei der rein kostalen Atmung eine Hebung und Vorwärtsbewegung des Herzschattens und somit eine Erweiterung des retrokardialen Raumes. Beim gemischten Atmungstypus tritt das Herz etwas tiefer und außerdem ventralwärts. Demgemäß läßt sich bei der Inspiration auch eine Verkleinerung des Herzens nachweisen, welche besonders die Gegend des linken Ventrikels betrifft (Abb. 78 und 81), und eine entsprechende Vergrößerung desselben bei der Expiration.

Über den normalen, fördernden Einfluß der Atmung und speziell der Zwerchfellbewegung auf den Kreislauf verdanken wir Wenckebach (Volkmanns Sammlung klin. Vorträge, 1907) wichtige Aufklärungen. Derselbe hat an gewöhnlichen Profilphotographien die normale Atembewegung studiert und an solchen gezeigt, daß der Brustkorb bei der Einatmung in die Höhe, vorwärts und seitwärts gehoben wird. Diese Formveränderung des Brustkorbes kommt in der Hauptsache durch die Bewegung der Rippen zustande; deshalb müssen Formanomalien der Rippen, z. B. bei Kyphoskoliose, gewisse Änderungen in der Brustatmung hervorrufen. An diesem Vorgang ist aber auch das Zwerchfell wesentlich beteiligt, insofern dasselbe während der Inspiration durch Verkürzung der hinteren (spinalen) Partien der Crura und der Randmuskeln, d. h. der sterno-costalen Partien, welche beide in das Centrum tendineum übergehen, nach abwärts gezogen wird. Infolge dieser inspiratorischen Bewegung des Zwerchfelles wird der Raum im Brustkorb vergrößert und ein Druck auf den Bauchinhalt ausgeübt, durch den die schon normalerweise in der Bauchhöhle herrschende Spannung noch vermehrt wird. Diese Drucksteigerung im Abdomen hat wieder eine Erweiterung der unteren Thoraxpartien zur Folge. Durch die Erhöhung des negativen Druckes im Brustraum und die Steigerung des positiven Druckes im Bauchraum fördert das Zwerchfell in hohem Grade die Kreislaufbewegung.

Hasselwander hat in seinen anatomisch-röntgenologischen Arbeiten deutlich gezeigt, in welchem erheblichem Grade Form und Umfang nicht bloß des Thorax-, sondern auch des Bauchraumes durch die Zwerchfellbewegung beeinflusst werden.

Auch die einzelnen mit dem Zwerchfell in Verbindung stehenden oder ihm benachbarten Unterleibsorgane können, namentlich bei tiefer Atmung, eine nicht unwesentliche Veränderung ihrer Form und Lage erfahren. So betont schon de la Camp (Anatomie und physikal. Untersuchungs-Methoden, S. Karger (Berlin), 1905), daß der Leberschatten in den verschiedenen Atmungsphasen nicht gleich geformt ist. Auch der Milzschatten, sowie der des Magens, namentlich seiner kranialen Partien, und des distalen Transversums sowie des Colon descendens zeigt, wie bei der Leuchtschirmuntersuchung zu ersehen ist, respiratorische, dem jeweiligen Zwerchfellstande entsprechende Form- und Lageveränderungen, welche durch willkürliches Baucheinziehen noch erheblich verstärkt werden können.

Krankhafte Veränderungen des Zwerchfelles.

Von den Formveränderungen und Mißstaltungen, welche das Zwerchfell in einzelnen Krankheitszuständen, besonders bei Pleuritis, erfahren kann, war schon im Kapitel „Pleura“ S. 452ff. die Rede. In Krankheiten (Pleuritis, Peritonitis), bei denen das Zwerchfell mitbeteiligt ist, kann dasselbe mannigfache Formveränderungen und Verzerrungen erfahren. Auch können sich die

Formen der erkrankten Leber (bei Lues, Neoplasmen, Echinokokkus, Abszeß usw.) an der Zwerchfellkuppel abprägen, indem sie eine entsprechende Vorwölbung desselben hervorrufen (Abb. 82, 83 und 84).

Stand und Bewegung des Zwerchfelles können auch durch raumbeengende und raumerweiternde Faktoren erheblich beeinflußt werden. Dahin gehört z. B. unzuweckmäßige Kleidung, insofern durch tief einschneidende Rockbänder oder ein eng anliegendes Korsett die Beweglichkeit des hochgedrängten Zwerchfelles nicht unerheblich behindert wird. Namentlich aber Erkrankungen der Lunge und der Pleura sowie benachbarter Abdominalorgane beeinträchtigen oft in hohem Grade die Tätigkeit des Zwerchfelles. Der vom elastischen Zug der Lunge abhängige negative Druck in der Pleurahöhle, der vom Druck der Baueingeweide und der Bauchdeckenspannung abhängige positive Druck in der Peritonealhöhle, sowie der Tonus der Zwerchfellmuskulatur, spielen hierbei eine beachtenswerte Rolle.

Stärkere Unterschiede in bezug auf den Zwerchfellstand sowie in der Beweglichkeit der beiden Zwerchfellhälften sind stets als pathologisch an-

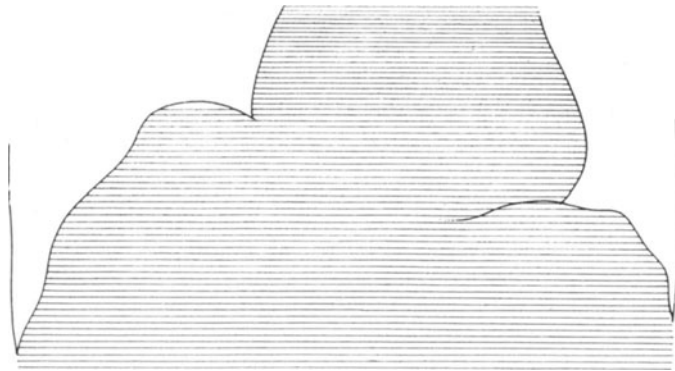


Abb. 82. Großwellige unregelmäßig verlaufende Zwerchfellkonturen bei Herzhypertrophie (infolge von chronischer Myokarditis) mit Leberschwellung bei tiefer Einatmung (Leuchtschirm-Pause).

zusprechen. Die schlechter bewegliche Zwerchfellhälfte entspricht der kranken, die sich stärker bewegende der gesunden Seite. Ungleichmäßige Atmung der beiden Seiten beobachtet man besonders bei einseitigen Krankheitszuständen, namentlich bei Pleuritis exsudativa und bei Pneumothorax.

Die Zwerchfellatmung wird behindert oder aufgehoben bei Schwäche oder Lähmung des Zwerchfelles, ferner bei entzündlichem Erguß in die Pleurahöhle, dann bei Perikarditis, wenn das Herz mit dem Zwerchfell verwachsen ist und bei verschiedenen abdominellen Erkrankungen.

Die kostale Atmung hingegen, die uns hier nur in zweiter Linie interessiert, ist gestört bei Lähmung der Interkostalmuskeln, bei Emphysem, Pneumonie und anderen Erkrankungen der Respirationsorgane.

Bis zu einem gewissen Grade treten bekanntlich Brust- und Bauchatmung vikariierend für einander ein.

Die Bestimmung des Zwerchfellstandes (Hochstand, Tiefstand) ist von besonders großer praktischer Bedeutung für den Nachweis verschiedener Krankheitszustände.

Zwerchfellhochstand (ein- und doppelseitig) beobachtet man besonders bei erhöhtem Abdominaldruck, namentlich wenn gleichzeitig der Zwerch-

felltonus vermindert ist. So z. B. bei starker Luftfüllung des Magenfundus und des Kolons, ferner bei Leber- und Milzvergrößerung, bei Abdominaltumoren und Cysten, Ascites, peritonealen Ergüssen, Hydronephrose, Nierentumoren, Graviditas und Adipositas.

Zum Nachweis raumbeschränkender Prozesse im Abdomen hat Aßmann in letzter Zeit auf eine sehr brauchbare Durchleuchtungsmethode des Zwerchfelles (medizinische Gesellschaft zu Leipzig, 28. II. 1922) hingewiesen. Er empfiehlt nämlich außer der allgemein üblichen sagittalen Durchleuchtung bei mittlerer Röhrenstellung die sagittale bei schrägem Strahlengang, und zwar von H U nach V O bei tiefem Röhren-

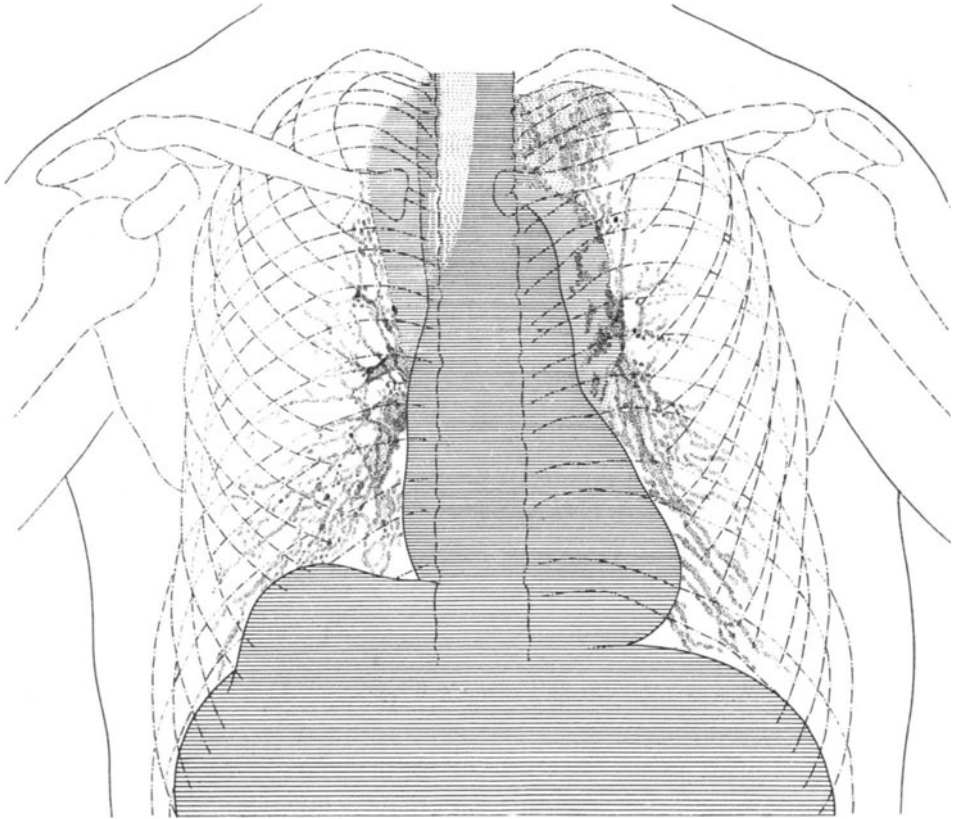


Abb. 83. Die rechte Zwerchfellkuppel zeigt eine große bucklige Hervorragung in ihren medianen Partien, bedingt durch Karzinom-Metastasen in der Leber (primärer Tumor im Mediastinum).

stand und vornüber gebeugtem Oberkörper, sowie die frontale Durchleuchtung, um auch die sonst unsichtbaren dorsalen bzw. lumbalen Zwerchfellabschnitte zur Darstellung zu bringen. Denn gerade an diesen Zwerchfellpartien ist eine einseitige stärkere Zwerchfell-Hochdrängung durch abdominale Krankheitsherde (Lebercyste bei Echinokokkus, paranephritische Prozesse usw.) nachzuweisen.

Es sei noch erwähnt, daß bei beiderseitigem Zwerchfellohochstand ein Ausgleich des normalerweise bestehenden Höhenunterschiedes beider Zwerchfellohälften erfolgt, da hier das Herz, dessen Gewicht unter normalen Verhältnissen vorwiegend auf der unterliegenden linken Zwerchfellohälfte ruht, eine stärkere Querlagerung erfährt und somit einen mehr diffusen Druck auf seine Unterlage ausübt.

Die respiratorische Verschieblichkeit des Zwerchfelles bleibt, wenn nicht entzündliche Vorgänge, wie z. B. bei subphrenischem Abszeß oder bei Bauchfelltuberkulose, in der Umgebung desselben sich abspielen, selbst bei stärkerer Verschiebung der einen oder beider Zwerchfellhälften nach oben, in der Regel gut erhalten.

Ist der Hochstand des linken Zwerchfelles nur durch stärkere Luftansammlung im Magen oder Darm bedingt, so beobachtet man sogar, daß dasselbe wegen der größeren Entfernung seiner Insertionspunkte von der Kuppel bei der Inspiration tiefer herabsteigt als das rechte. Im Gegensatz hierzu sind die Zwerchfellexkursionen bei dem später eingehend zu erörternden Krankheitsbilde der linksseitigen, mit Zwerchfellhochstand einhergehenden „Eventratio diaphragmatica“ auf dieser Seite stets geringgradiger als rechts.

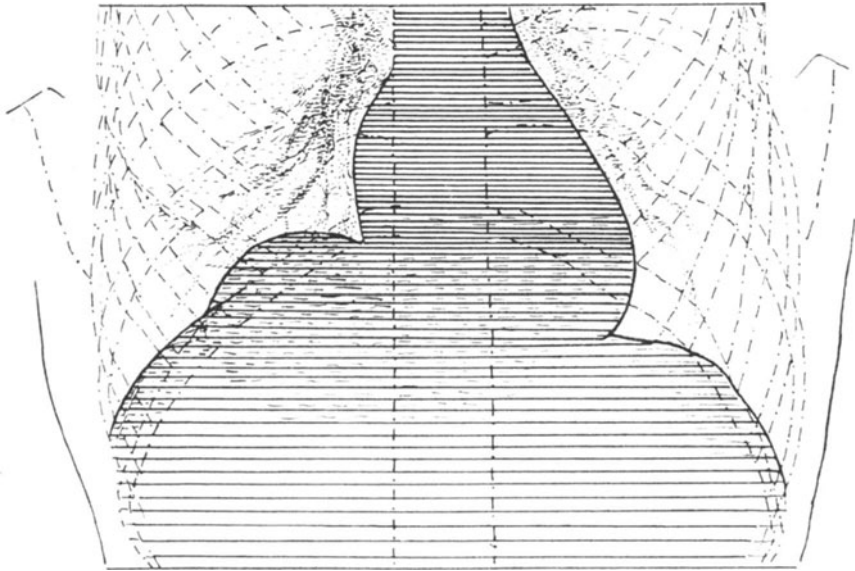


Abb. 84. Hochdrängung des rechten Zwerchfelles, namentlich medianwärts, wie solche bei Andrängung des linken Leberlappens sowie bei Abdominaltumoren beobachtet wird.

Einseitiger Zwerchfellhochstand findet sich auch bei gleichseitiger Lungenschrumpfung im Verlaufe der chronischen Lungentuberkulose oder im Anschlusse an pneumonische Lungenprozesse, wobei die respiratorische Beweglichkeit erheblich beeinträchtigt ist. Namentlich aber nach Ablauf pleuritischer Erkrankungen, die mit Schwartenbildung, Adhäsionen und Verwachsungen einhergehen, findet sich, wie im Kapitel „Pleuritis“ bereits geschildert ist, solche verminderte Zwerchfellbeweglichkeit, namentlich im Inspirium.

Auf mangelhafte inspiratorische Senkung des einen Zwerchfelles bei normalem expiratorischem Zwerchfellhochstand hat zuerst Williams aufmerksam gemacht und diese Erscheinung als Frühsymptom der chronischen Lungentuberkulose bei einseitiger Spitzenerkrankung gedeutet (Williamsches Symptom). Die genannte Erscheinung, welche nicht mit Zwerchfelladhäsionen einhergeht, entsteht durch Verminderung der Retraktionskraft der betreffenden Lunge und wurde bereits Seite 434 besprochen.

Dieses Nachschleppen der einen Zwerchfellhälfte bei tiefer Inspiration findet sich aber auch bei Schädigung des Nervus phrenicus infolge von

entzündlichen Veränderungen der Pleura mediastinalis. Ferner hat Chaoul eine diesbezügliche Beobachtung bei Miliartuberkulose gemacht. Endlich hat Duken bei Bronchopneumonien im Kindesalter auf verminderte respiratorische Beweglichkeit des Zwerchfelles bei Infiltration der kaudalen Lungenpartien ohne Beteiligung der Pleura hingewiesen.

Zwerchfellhochstand findet sich auch öfters gleichzeitig mit Zwerchfellparese und anderen nervösen Störungen.

Von verschiedenen Seiten wurde über Zwerchfellhochstand in Verbindung mit kardialen Störungen berichtet. Eppinger und Heß bezeichnen solche Patienten als Vagotoniker, weil sie außer den kardialen noch andere Vagusstörungen aufweisen. Besonders Römheld, der von einer dauernden Zwerchfellinsuffizienz (Zwerchfellerschlaffung) spricht, hat den auf einer Konstitutionsanomalie beruhenden „phreniko-kardialen Symptomenkomplex“, der oft durch nervöses Luftschlucken und Pneumatose bedingt ist, eingehend studiert und beschrieben.

Tiefstand des Zwerchfelles (meist doppelseitig) mit verminderter respiratorischer Verschieblichkeit beobachtet man besonders dann, wenn infolge des Ausfalles der Lungenelastizität die Retraktion der Lungen bei der Expiration behindert ist.

Folgende Krankheiten und Krankheitszustände kommen hier in Betracht:

Lungenemphysem (ein- oder doppelseitig). Bei demselben findet sich infolge von Elastizitätsverminderung der Lunge Inspirationsstellung des Zwerchfells — namentlich bei langem flachen Thorax — nebst geringer respiratorischer Verschieblichkeit. Hier sind besonders die expiratorischen Zwerchfellbewegungen kleiner als normal, während bei Verknöcherung der Rippenknorpel die inspiratorischen Bewegungen vermindert sind. Ist das Emphysem mit Brustkorbstarre (Versteifung der elastischen und Gelenkverbindungen der Thoraxknochen nebst starker Verknöcherung der Rippenknorpel) kombiniert, so ist bei ruhiger Atmung nur der relative, d. h. nach dem Rippenstande gemessene Zwerchfellstand ein sehr tiefer. Bei starker Inspiration kommt es zu erheblicher Abflachung der Zwerchfellkuppeln unter Senkung besonders der medialen Abschnitte des Zwerchfelles und vollständiger Entfaltung des Pleurasinus.

Bei vikariierendem Emphysem infolge von tuberkulöser Infiltration der oberen Lungenpartien und bei Lungenschwumpfung kommt es infolge von verminderter Retraktionskraft der Lungen entweder nur zu einer erhöhten Inanspruchnahme der unteren Lungenpartien oder auch zu solchen der anderen Lunge und somit entweder zu Senkung einer Zwerchfellhälfte oder — bei doppelseitiger tuberkulöser Erkrankung der Lungen — zu einem Tiefertreten beider Zwerchfellhälften.

Bei Asthma bronchiale, woselbst infolge der vorhandenen Lungenblähung gleichfalls ein Hindernis für die Ausatmung besteht, findet man tiefstehende, abgeflachte, nur wenig bewegungsfähige Zwerchfellkuppeln. Der Nachweis eines Zwerchfellkrampfes läßt sich aber nicht oder wenigstens nicht regelmäßig erbringen.

Bronchialstenose. Ist dieselbe einseitig, so besteht gleichseitiger Zwerchfelltiefstand mit Behinderung der Ausatmung und Verschiebung von Herz und Aorta nach der kranken Seite. Hingegen besteht bei Larynx- und Trachealstenose beiderseitiger Tiefstand des Zwerchfelles infolge von Lungenblähung.

Pleuritis exsudativa. Bei ihr beobachtet man entsprechend den bestehenden Druckverhältnissen mehr minder starke Abflachung des gleichseitigen Zwerchfelles. Während die linksseitige Zwerchfellgrenze sich nur bestimmen läßt, wenn Magenforix und Kolon gasgefüllt sind, ist rechtsseitig diese Bestimmung wegen des stark ausgeprägten Leberschattens — wenigstens auf direktem Wege — gar nicht ermöglicht.

Hydrothorax. Im Gegensatz zur Pleuritis besteht hier gewöhnlich doppelseitiger Erguß und doppelseitiger Tiefstand des Zwerchfelles bei guter Beweglichkeit desselben.

Pneumothorax (trockener und exsudativer). Bei ihm erfolgt bei stärkerer Luft- und Flüssigkeitsansammlung eine mechanische Herabdrängung des Zwerchfelles, die naturgemäß um so erheblicher ist, je geringer der Tonus der Zwerchfelmuskulatur ist. Hier ist der Zwerchfelltiefstand besonders stark ausgesprochen. Während aber nach Resorption eines einfachen oder pneumothoracischen Exsudates die Zwerchfellbeweglichkeit meistens infolge von Adhäsionen etwas behindert ist, stellt sich beim trockenen Pneumothorax nach Resorption der ausgetretenen Luft die Zwerchfellbeweglichkeit in vollem Umfange wieder her.

Auch bei hysterischem Respirationskrampf und bei tonischem Zwerchfellkrampf, besonders Tetanus (siehe unter „krampfartige Zustände des Zwerchfelles“ S. 502 und 503), besteht beiderseitiger Zwerchfelltiefstand.

Bei Chorea finden sich oft unwillkürliche, die ruhige Atmung unterbrechende Zwerchfellsenkungen.

Endlich findet sich noch doppelseitiger Zwerchfelltiefstand bei schlaffen Bauchdecken und vermindertem Abdominaldruck, z. B. bei Hängebauch, Enteroptose oder im Puerperium.

Mit dauerndem Zwerchfelltiefstand ist fast stets eine Erweiterung des Thoraxraumes und meist auch der unteren Thoraxapertur verbunden.

Auch durch rein kardiale Störungen wird der Stand und die Bewegung des Zwerchfelles beeinflusst. So beobachtet man bei Pericarditis exsudativa erheblichen Tiefstand der mittleren Zwerchfellpartien. Verwachsung des Herzbeutels mit dem Herzen verursacht ja bekanntlich keine bedeutenden Zirkulationsstörungen, wohl aber chronische adhäsive Pericarditis und Verwachsungen zwischen Perikard bzw. mediastinaler Pleura und Zwerchfell. Das Bestehen solcher Verwachsungen wird dann wahrscheinlich, wenn sich bei sagittaler und frontaler Durchleuchtung feststellen läßt, daß das Herz mit den medialen Zwerchfellgebieten selbst bei tiefer Inspiration nicht nach abwärts tritt, während die seitlichen Zwerchfellpartien sich in gehöriger Weise senken. Diese Untersuchung ist leider, so wertvoll sie an sich ist, dadurch erschwert, daß bei den meisten Menschen die medianen Zwerchfellpartien der Röntgenuntersuchung nicht zugänglich sind. Auch beobachtete man öfters bei Adhäsivpericarditis Verziehungen des Herzens sowie Ausfüllung (Verstrichensein) des einen Herz-Zwerchfellwinkels oder beider. Hierbei vermißt man selbst bei tiefster Inspiration eine deutliche Grenze zwischen Zwerchfell und Herz, indem das schräg gestellte Zwerchfell mit dem äußeren Herzrande eine wellig gebogene oder sogar eine gerade, schräg nach abwärts verlaufende Linie bildet oder eine stumpfe Adhäsionszacke oder eine spitzwinklige Abknickung am Herz-Zwerchfellwinkel (Stuertz).

Paradoxe Zwerchfellbewegung, d. h. Hebung des Zwerchfelles bei der Inspiration und Senkung bei der Expiration, und zwar halbseitig (bei normalem Verhalten der anderen Seite) oder doppelseitig ist bedingt durch Ansaugung des Zwerchfelles seitens der Lunge, wobei eine stärkere Beteiligung der Bauchmuskeln noch umstritten ist. Sie kommt häufig vor bei Pneumothorax, seltener bei Pleuritis und Enteroptose, doppelseitig bei organischer Larynxstenose und bei Stimmritzenkrampf im Verlaufe der Tetanie.

Bei Enteroptose findet keine Hebung der unteren Rippen, wohl aber eine solche des Zwerchfelles bei der Inspiration statt. Hingegen bei Pleuritis diaphragmatica adhaesiva mit kompensatorischem Emphysem der anderen Seite steigt das Zwerchfell auf der gesunden Seite bei der Inspiration tief herab, während das der kranken Seite, wenn es median fixiert ist, lateralwärts nach oben gedrängt wird.

Zwerchfell-Lähmung.

Eine Zwerchfell-Lähmung kann durch zentrale oder periphere Ursachen bedingt sein.

Als zentrale Ursache der Lähmung ist die Erkrankung des motorischen Zwerchfellzentrums in der Cervikalanschwellung anzusehen, welche bei Myelitis, Poliomyelitis anterior, progressiver spinaler Muskelatrophie, Halswirbelerkrankungen, Geschwülsten, Intoxikationen, Infektionen und bei Blutungen zustande kommt.

Die Innervation des Zwerchfelles erfolgt, wie bereits in der Einleitung dieses Kapitels auseinandergesetzt wurde, durch die Phrenici, welche aus dem 3.—5. Cervikalnervenpaar stammen. Ob auch motorische Ästchen aus dem 7.—12. Interkostalnerven

sich daran beteiligen, ist noch strittig, aber wohl ohne besondere Bedeutung. Hingegen spielen die von den Nervi splanchnici stammenden sympathischen Fasern eine große Rolle, indem sie — wie Kan Kuré, T. Hiramaten und H. Naito gefunden haben, den Tonus des Zwerchfelles steigern und dasselbe befähigen, dem negativen Druck in der Brusthöhle passiv zu widerstehen.

Nach Passieren der Halsgegend und des oberen Thoraxgebietes verläuft der Nervus phrenicus auf der ventralen Seite des Hilus und dann zwischen den Blättern des parietalen Perikards und der Pleura mediastinalis, und zwar rechterseits fast senkrecht, bis zu seinem Eintritte ins Diaphragma. Dadurch, daß der Nerv in seinem langen Verlaufe mit den verschiedensten Organen und deren Krankheitsherden in Berührung kommt, wird eine Schädigung desselben nicht selten beobachtet.

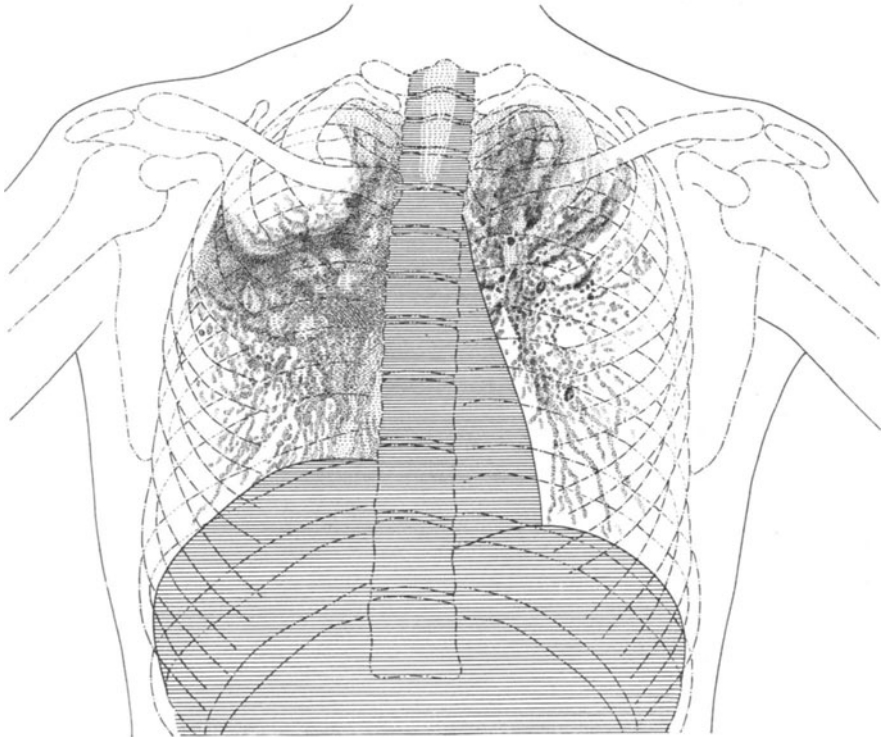


Abb. 85. Rechtsseitige Zwerchfellparese

bei vorgeschrittener chronischer Lungentuberkulose mit Kavernenbildung im rechten Oberlappen und Entwicklung von Drüsentumoren im Mediastinum. Rechtes Zwerchfell wesentlich höher stehend als das linke; phrenico-kostaler Winkel rechts spitzer als links (bei der Leuchtschirmuntersuchung zeigt sich rechterseits verminderte inspiratorische Beweglichkeit).

Eine Läsion des Nervus phrenicus selbst kann in der Halsgegend oder im Brustraum erfolgen, und zwar namentlich durch entzündliche und neoplastische Vorgänge. In seinem Verlaufe innerhalb des Thorax wird er besonders von Mediastinaltumoren und Aneurysmen komprimiert. Ferner infolge von Erkrankungen (Neuritis) des Phrenikus selbst sowie beim Übergreifen entzündlicher Vorgänge von der Pleura oder dem Perikard auf den Phrenikus wird Zwerchfell-Lähmung beobachtet. So kann namentlich an der Zwerchfellkuppel eine Kompression des Phrenikus mit Lähmung infolge von Pleuritis erfolgen (de la Camp).

Bei Fortleitung des Entzündungsprozesses von der Pleura costalis auf die Pleura diaphragmatica und die Zwerchfellmuskulatur hat Ohm (Zeitschrift f. klin. Medizin, 1906, Bd. 59) das Auftreten von Lähmungserscheinungen mit Hochstand des Zwerchfelles direkt verfolgen können. Auch durch Pericarditis kann eine Phrenikuslähmung hervorgerufen werden.

Partielle Zwerchfellparesen sind meistens durch Innervationsstörungen bedingt.

Als sicheres Merkmal der Phrenikuslähmung wurde früher, d. h. vor Verwendung der Röntgenstrahlen zu diagnostischen Zwecken, Einsinken der Bauchdecken während der Inspiration und Vorwölbung derselben bei der Ex-

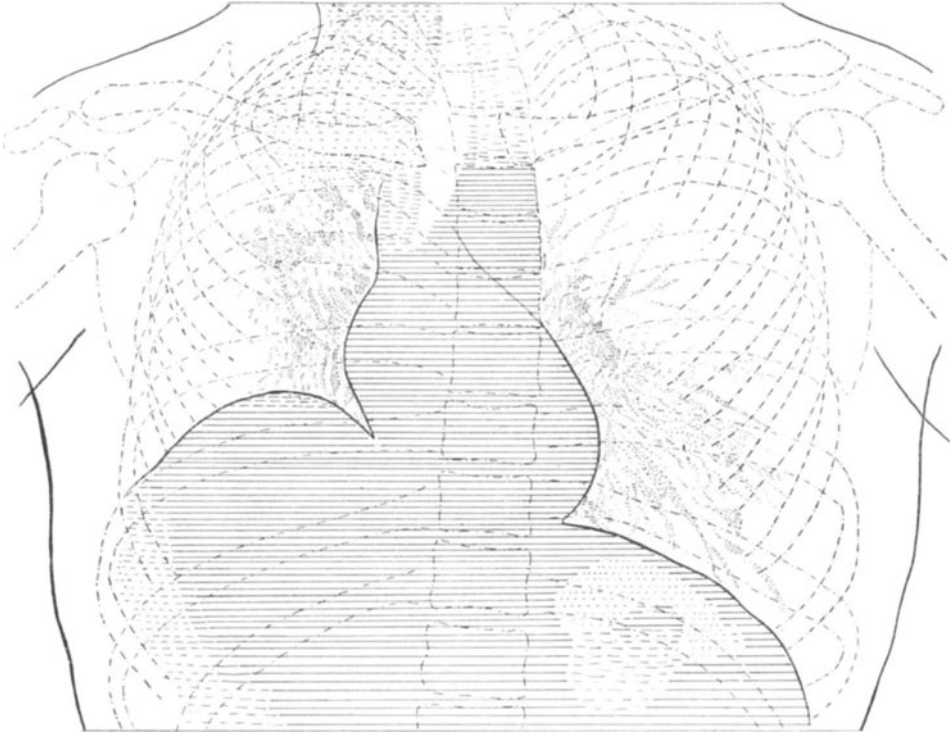


Abb. 86. Rechtsseitige Zwerchfell-Lähmung
mit gleichzeitigem erheblichem Zwerchfellhochstand auf neuropathischer Grundlage.
(Skoliose der Brustwirbelsäule.)

spiration angesehen; doch kann ein solcher Vorgang auch lediglich der bei rein kostaler Atmung sich abspielenden Bewegung entsprechen.

Mit Hilfe des Röntgenverfahrens ist die Zwerchfell-Lähmung gut zu erkennen und zu studieren und der klinische Befund ausgezeichnet zu kontrollieren.

Bei einseitiger Phrenikuslähmung (Abb. 85 und 86), die am häufigsten bei Neoplasmen und Drüsentumoren im Mediastinum (also auch bei Tuberkulose), aber auch bei Neuritis, Hysterie usw. zur Beobachtung kommt, kann mit Vorteil die gesunde Seite zum Vergleich herangezogen werden.

Rechtsseitige Zwerchfell-Lähmung ist viel häufiger wie linksseitige, weil der rechte Phrenikus in seinem Verlaufe viel mehr gefährdet ist wie der linke.

Man findet bei sagittaler oder frontaler Durchleuchtung beträchtlichen Hochstand der gelähmten Zwerchfellhälfte (bei Erhaltensein des phrenico-kostalen und phrenico-kardialen Winkels) und teilweisen oder völligen Verlust ihrer respiratorischen Beweglichkeit, so daß ein erheblicher Unterschied in der Bewegung der beiden Zwerchfellhälften zutage tritt. Die kranke steigt im Beginn der Inspiration nicht herab sondern flacht sich ab oder sie wird durch Aspiration seitens der Lunge sogar etwas gehoben (paradoxe Bewegung). Das gelähmte (aber nicht seines Tonus beraubte) Zwerchfell wird durch den negativen Druck im Thorax in seiner kephalwärts gerichteten Lage festgehalten. Bei der Inspiration wird der negative Druck noch vermehrt und dementsprechend muß das gelähmte Zwerchfell im Inspirium höher treten, es wird gleichsam nach oben angesaugt, worauf ein Tiefertreten desselben durch Kontraktion seiner noch funktionstüchtigen Muskulatur erfolgt. Mit dem kompensatorischen Tiefertreten der anderen Zwerchfellhälfte steigt der abdominelle Druck und dieser begünstigt noch das Auftreten der paradoxen Atmung, indem die Baueingeweide nach dem Orte des geringsten Widerstandes, d. h. nach dem Brustraum der kranken Seite, ausweichen. Somit ist inspiratorisch kein Hervortreten, sondern ein Einsinken der Oberbauchgegend zu bemerken, während die oberen Thoraxpartien stark erweitert werden. Das Mediastinum bewegt sich infolge der bestehenden Druckdifferenz inspiratorisch nach der gesunden Seite hinüber (Holzknecht). Dieser Befund ist erklärlich, da die Lunge, welche mit der ihr eigenen elastischen Kraft als Antagonist des Zwerchfelmuskels wirkt, auch bei Phrenikuslähmung ihre Wirkung ungehindert entfalten kann. Die gewöhnlich auftretende paradoxe Atmung kann aber fehlen, und zwar besonders bei Verwachsungen zwischen Pleura diaphragmatica und Pleura pulmonalis. Hier besteht zwar eine Störung der Zwerchfellbewegung, aber kein Zwerchfellohochstand und keine paradoxe Bewegung.

Man beobachtet ferner eine Verdunklung des ganzen Lungenfeldes auf der gelähmten Seite, da die Lunge komprimiert und retrahiert und deshalb luftärmer ist. Auch die Interkostalräume sind etwas enger auf der erkrankten Seite. Hingegen findet sich eine Zunahme der Breitenausdehnung des Lungenfeldes auf der gesunden Seite und namentlich eine Funktionssteigerung der gesunden Zwerchfellhälfte.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß man bei einseitiger Zwerchfell-Lähmung große Unterschiede in der Beweglichkeit bei gewöhnlicher und bei tiefer Atmung findet. Während bei gewöhnlicher Atmung das paretische Zwerchfell fast unbeweglich ist und hochsteht, treten bei tiefer Atmung die beiden Zwerchfellhälften gleichmäßig nach abwärts, doch bewegt sich die gesunde, wenn das paretische bereits stillsteht, noch weiter und zwar erheblich nach abwärts.

Der eben skizzierte Befund bei Zwerchfell-Lähmung gleicht dem bei angeborener Zwerchfellatrophie (siehe S. 506), jedoch mit dem Unterschiede, daß bei einfacher Zwerchfell-Lähmung der Situs der Baueingeweide nicht verändert ist; ebensowenig findet man bei letzterer eine Abweichung in bezug auf Form und Lage des Herzens.

In Ergänzung der extrapleurale Thorakoplastik wurde von Stuertz und Sauerbruch bei der chirurgischen Behandlung der einseitigen Lungentuberkulose Lähmung des Zwerchfelles durch einseitige Phrenikusdurtrennung erzeugt, um eine Ruhigstellung der unteren Lungenabschnitte zu erzielen. Eine solche künstlich herbeigeführte Zwerchfell-Lähmung erlaubt natürlich ein sehr genaues Studium ihrer Symptome, auch auf röntgenologischem Wege.

Da eine Zwerchfellhälfte nicht allein von dem gleichseitigen Phrenikus, sondern auch durch Anastomosen der anderen Seite versorgt wird, und da

zuweilen ein zweiter, d. h. überzähliger Phrenikus vorhanden ist, so versteht man, warum nach einseitiger Phrenicotomie oder andersartiger Zwerchfell-Verletzung mitunter keine vollständige Lähmung desselben eintritt.

Bei beiderseitiger Zwerchfell-Lähmung, die übrigens nur selten und zwar bei multipler Neuritis beobachtet wird, findet man die obengenannten Symptome beiderseits und meist noch stärker ausgeprägt als bei einseitiger Lähmung. Hier nimmt die Atmung einen ausgesprochen kostalen Typus an.

Zur Unterscheidung von zentraler und peripherer Phrenikuslähmung ist — abgesehen von der Röntgenuntersuchung, welche gewöhnlich allein schon in ätiologischer Hinsicht Aufklärung bringt — die Anamnese und der klinische Befund zu berücksichtigen. Auch die faradische und galvanische Reizung des Phrenikus, welche Inspirations- bzw. Horizontalstellung und Tiefertreten des Zwerchfelles bewirkt (siehe z. B. v. Ziemßen: Die Elektrizität in der Medizin), kann in zweifelhaften Fällen zur Untersuchung herangezogen werden.

Im Gegensatz zu der echten Zwerchfell-Lähmung ist bei Bronchialasthma, wenn außer dem Krampf der Bronchialmuskulatur auch eine Störung der Zwerchfellbewegung besteht, gewöhnlich nur die Expiration etwas erschwert. Außerdem sind laut hörbare Rhonchi zu konstatieren. Häufig bestehen auch geringgradige Schmerzen bei der Zwerchfellbewegung.

Löffler beobachtete einseitige Zwerchfell-Lähmung, kombiniert mit Stimmbandlähmung, und zwar bei Polyneuritis alcoholica. Es bestand linksseitiger Zwerchfellhochstand, das Herz war quergestellt. Hierbei fand sich leichte paradoxe Verschiebung des Herzens und Mediastinums nach rechts. Auch bestand keine Verdunklung des Lungenfeldes über der gelähmten, hochgestellten Zwerchfelloberfläche, also keine Atelektase, wie sie so häufig bei stärkerer Phrenikuslähmung vorkommt.

Atonie des Zwerchfelles.

Im Anschlusse an die Ausführungen über Zwerchfell-Lähmung soll kurz darauf hingewiesen werden, daß Atonie und Zwerchfell-Lähmung ganz verschiedene Zustände sind, welche scharf voneinander zu trennen sind, aber auch nebeneinander vorkommen können. Hierüber hat F. Kroh (M. m. W. 1922, Nr. 22) bemerkenswerte Ausführungen gemacht, auf die hiermit verwiesen wird.

Der Zwerchfellmuskeltonus ist ähnlich wie der Magenmuskeltonus individuell sehr verschieden. Ist derselbe herabgesetzt, so besteht eine entsprechende Erschlaffung des Zwerchfelles.

Eine paradoxe Bewegung des Zwerchfelles, bedingt durch den elastischen Lungenzug, erfolgt besonders bei einer Schädigung seines Tonus. Hingegen folgt das gelähmte Zwerchfell regelmäßig dem inspiratorischen Zuge des Brustkorbes.

Auch eine Abschwächung der Hustenkraft neben paradoxer Zwerchfellbewegung bei einseitiger Lähmung des Zwerchfelles durch Phrenicotomie wurde von Kroh nur dann beobachtet, wenn eine Atonie des Zwerchfelles schon vor dem operativen Eingriffe vorhanden war.

Zwerchfellreizung (durch Überbewegung und Überempfindlichkeit).

Krampfartige Zustände des Zwerchfelles. Auch hier ist das Röntgenverfahren höchst wertvoll zur Klarstellung der Diagnose. Zwerchfellkrämpfe treten fast stets doppelseitig auf, doch ist von Eppinger, Schapiro, Arns-

perger u. a. zuweilen auch einseitiger Zwerchfellkrampf beobachtet worden. In letzterem Falle, wo die Zwerchfellbewegung auf einer Seite gehemmt ist, treten auf der anderen Seite um so ausgiebigere Bewegungen auf.

Tonischer Zwerchfellkrampf (Spasmus). Leichtere mit Schmerzen einhergehende Anfälle von doppelseitigem Zwerchfellkrampf, d. h. Sistierung der Zwerchfelltätigkeit mit Zwerchfelltiefstand, findet man nicht selten bei nervös veranlagten Personen, in stärkerem Grade nur bei Muskelrheumatismus, Tetanus, Tetanie und Hysterie. Namentlich bei Anfällen von Tetanus ist die Röntgenuntersuchung (und von Sauerbruch auch die doppelseitige Phrenicotomie) mit Erfolg in Anwendung gezogen worden. Das Zwerchfell zeigt hier im Gegensatz zu Zwerchfell-Lähmung Tiefstand und einen nahezu horizontalen Verlauf, jedenfalls nur eine sehr geringe Ausbiegung nach oben. Die unteren Lungengrenzen sind hierbei fast unverschieblich. Nach dem tetanischen Anfall beobachtet man gewöhnlich starken Ruktus bzw. Aufstoßen von Luft.

Die mit heftigen Schmerzen in der Herzgegend einhergehenden respiratorischen Störungen bei hysterisch-stenokardischen Anfällen (Pseudoangina) hat R. Kienböck (W. kl. W. 1904) eingehend beschrieben. Nach ruckweise stattfindenden beiderseitigen Abwärtsbewegungen des Zwerchfelles erfolgt längerdauernder Stillstand desselben. Während dieses krampfhaften (tetanischen) Zustandes des Zwerchfelles besteht erhebliche Verkleinerung des Herzens, die mit Aussetzen des Pulses einhergeht. Dieser Inspirationskrampf löst sich nach wenigen Minuten und das Herz nimmt wieder seine ursprüngliche Größe ein.

Einseitiger oder doppelseitiger tonischer Inspirationskrampf wurde, wenngleich selten, auch bei Bronchialasthma beobachtet.

Klonischer Zwerchfellkrampf. Bei Singultus (der meist durch einseitige Phrenikusreizung, z. B. bei Zerrung des Zwerchfelles durch pleuritische Adhäsionsstränge, aber auch durch Ruhr und andere akute Infektionskrankheiten ausgelöst wird) bemerkt man heftige, rasch und stoßweise auftretende, beiderseitige Kontraktionen des Zwerchfelles, die zu erheblichem Tiefstand desselben führen. Dann läßt die Spannung plötzlich nach und die nach unten gepreßten Baueingeweide werden unter gleichzeitigem Hervordrängen des Unterleibes nach oben gedrängt (Rosenfeld: Die Diagnostik innerer Krankheiten mittels Röntgenstrahlen, 1897).

Hingegen haben Arnspurger u. a. einseitigen klonischen Krampf und ruckartige Abwärtsbewegung des Zwerchfelles gesehen. Bei Hysterischen habe ich selbst hin und wieder einen derartigen Zustand beobachtet.

Selten findet sich Singultus in Verbindung mit anderen Zwerchfellbewegungen, z. B. Aufstoßen und Erbrechen. Kreuzfuchs hat bei Singultus paradoxe Zwerchfellbewegung, d. h. Schaukelbewegung beider Zwerchfelloberflächen auf dem Leuchtschirm festgestellt.

De la Camp beobachtete bei Chorea minor choreatische Zuckungen des Zwerchfelles, die schluchzende In- und Expiration im Gefolge hatten.

Beim Gäh- und Nieskrampf sind, wie beim Brechakt, die klonischen Zwerchfellbewegungen nur von untergeordneter Bedeutung.

Die bei Nervösen so häufig zu beobachtenden seufzenden Atemzüge sind auf dem Leuchtschirm gut zu verfolgen und stellen sich als einfach vertiefte Atembewegungen ohne Besonderheiten dar. Sie können durch psychische Erregungen eine gewaltige Steigerung erfahren.

Entzündliche Erkrankungen des Zwerchfelles, welche gewöhnlich nur den serösen Überzug des Zwerchfelles betreffen, sind meistens durch basale Pleuritis, seltener durch Pericarditis bedingt.

Eine Pleuritis diaphragmatica kann auf trockener, seröser oder eitriger Entzündung beruhen.

Bei frischer Pleuritis diaphragmatica, die nicht mit Erguß einhergeht, bestehen nur Störungen der Atemtätigkeit. Die Bewegungen des erkrankten Diaphragma sind sehr schmerzhaft, weshalb die abdominale Atmung stark behindert ist. Es besteht somit fast rein kostale Atmung und die Respiration ist erheblich beschleunigt. Das Zwerchfell ist hochgestellt und macht nur geringe Bewegungen.

Bei exsudativer Pleuritis hingegen beobachtet man Herabdrängung, Verzerrung des Zwerchfelles und außerdem Beeinträchtigung der Zwerchfellbewegung. Schon sehr kleine Flüssigkeitsansammlungen im Pleuraraume bewirken in der Regel Behinderung der Zwerchfellbewegungen.

Auch nach Eintritt stärkerer Verwachsungen zwischen der Pleura diaphragmatica und der Pleura pulmonalis bewegt sich das Zwerchfell auf der erkrankten Seite entweder gar nicht oder doch in vermindertem Grade. Der Lage der Verwachsungen entsprechend findet man die Zwerchfellkuppel an der einen oder anderen Stelle fixiert, so daß dieselbe bei der Inspiration oft spitz ausgezogen erscheint (Abb. 38, 39, 40). Oder die Kuppel zeigt bei lateraler Zwerchfelladhäsion einen horizontalen (Abb. 21) oder sogar schräg von innen unten nach außen oben gerichteten Verlauf (Abb. 36, 42). Näheres hierüber findet sich im Kapitel „Pleuritis“ S. 452 ff. Es sei hier nur nochmals auf den großen praktischen Wert des Röntgenverfahrens hingewiesen, insofern Zwerchfellverwachsungen als Ursache unbestimmter Schmerzen in der unteren Thoraxpartie nur auf röntgenologischem Wege sicher erkannt werden können.

Das Zwerchfell kann aber nicht bloß durch entzündliche Vorgänge im Thoraxraum (Pleuritis und Pericarditis), sondern auch durch entzündliche Prozesse im Gebiete des Abdomens (Peritonitis), namentlich hinsichtlich seiner Bewegungsfähigkeit, in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Folgeerscheinungen einer derartigen Entzündung werden wir beim subphrenischen Abszeß noch näher kennen lernen.

Es besteht natürlich hinsichtlich des röntgenologischen Befundes ein großer Unterschied, ob mehr die rechte Seite des Abdomens, wo die resistente bluthaltige Leber oder die linke Seite, wo die lufthaltigen Därme dem Zwerchfell benachbart sind, von der Erkrankung befallen ist. Doch fehlen noch diesbezügliche genauere, d. h. systematisch durchgeführte röntgenologische Untersuchungen. Es sei hier jedoch auf das Kapitel „Peritoneum“ verwiesen.

Die in praktischer Hinsicht wichtigste entzündliche Erkrankung im Gebiet des Zwerchfelles ist der subphrenische Abszeß.

Subphrenischer Abszeß (Pyopneumothorax subphrenicus).

Derselbe beruht auf Eiteransammlung an der ventralen Zwerchfellfläche. Dabei kommt es häufig zu stärkerer Gasbildung, und man spricht dann von Gasabszeß oder von Pyopneumothorax subphrenicus.

In ätiologischer Beziehung kommen Magen- oder Duodenalperforation, Lebererkrankungen, Appendicitis, selten Milz- oder Pankreaserkrankungen oder Perinephritis in Betracht.

Der subphrenische Abszeß gehört zwar der Peritonealhöhle an, er kann aber — namentlich bei Unterlassung der Röntgenuntersuchung — eine Erkrankung der Pleurahöhle vortäuschen. Zur Unterscheidung dieses „Pyopneumothorax subphrenicus“ vom echten Pyopneumothorax und des nicht gashaltigen subphrenischen Abszesses vom Empyem ist das Röntgenverfahren unentbehrlich. Da aber infektiöse Keime bei beiden durch das Zwerchfell,

und zwar vom Trigonum sterno-costale oder costo-lumbale durch die Fissura pleuro-peritonealis (dorsal) oder die Fissura pericardio-peritonealis (ventral) hindurchtreten und ein Weiterschreiten des Krankheitsprozesses auf Pleura und Perikard bedingen können, stößt die Differentialdiagnose doch manchmal auf Schwierigkeiten.

Bei der Röntgenuntersuchung findet man, daß auf der betroffenen Seite — gewöhnlich handelt es sich um die rechte Seite — das Zwerchfell hochsteht und bei der Atmung zurückbleibt. Die unteren Lungengrenzen sind also im Gegensatz zum Pleura-Exsudat oft noch ziemlich gut verschieblich

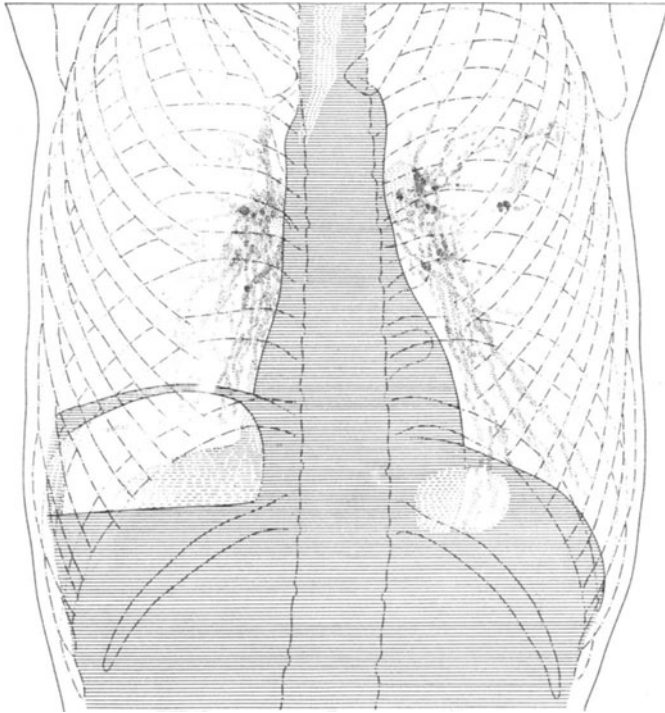


Abb. 87. Rechtsseitiger subphrenischer Abszeß.

Rechtes Zwerchfell hochstehend (unbeweglich); unterhalb desselben eine Eiterschicht mit horizontaler oberer Begrenzung und darüber befindlichem Gasraume, in dessen unteren und medianen Bezirken der Leberschatten ersichtlich ist. Herz nicht verdrängt. Verschiedene geschwellte Hilusdrüsen beiderseits sowie vereinzelte tuberkulöse Herde linkerseits.

bei der Atmung. Bei größeren Abszessen bzw. zunehmender Eiterbildung erfolgt aber auf der erkrankten Seite eine stärkere Hinaufdrängung des Zwerchfelles, die mit respiratorischem Stillstand desselben einhergeht. Auch eine entzündliche Lähmung des Zwerchfelles kann zur Abszeßbildung hinzutreten. Die respiratorischen Bewegungen der anderen Zwerchfellhälfte sind infolge von vikariierender Tätigkeit erheblich verstärkt.

Die eben geschilderten Röntgenbefunde erlauben zwar nicht immer eine sichere Diagnose, sie rechtfertigen aber die Vornahme einer Probepunktion, die oft allein die diagnostische Entscheidung ermöglicht. Übrigens lassen sich manchmal außer der Hochdrängung des Zwerchfelles noch andere diagnostisch

wichtige Befunde erheben. So z. B. zirkumskripte, über die obere Lebergrenze vorspringende Erhebungen oder eine Differenzierung von Eiterschichte und Leberkonturen (Abb. 87), wobei eine erhebliche Verdrängung der Leber beobachtet werden kann, oder ein heller, halbmondförmiger, nach unten horizontal begrenzter Gasbezirk zwischen Zwerchfell und horizontal verlaufender oberer Begrenzung der Eiterschichte (Gasabszeß). Der letztgenannte Befund ist indessen nicht zu verwechseln mit dem Luftraum, welcher durch zeitweilige oder dauernde Zwischenlagerung (Interposition) des Kolons zwischen Zwerchfell und Leber (bei Hepatoptose) entsteht.

Spontane, d. h. durch die Respiration bedingte Wellenbewegungen an der Abszeßflüssigkeit, die auch durch passive Schüttelbewegung des Rumpfes ausgelöst werden können, finden sich aber nur bei subphrenischem Gasabszeß. Häufig beobachtet man auch, daß das Zwerchfell infolge seiner Mitbeteiligung an dem entzündlichen Prozesse verdickt ist (Abb. 87).

Schwieriger gestaltet sich natürlich die Diagnose, wenn der entzündliche Prozeß auf die Pleura sich fortgepflanzt hat, der subphrenische Abszeß also eventuell mit pleuritischen Exsudat kombiniert ist. Ja, es kann auch zu Perforation des Zwerchfelles und sekundär zur Entstehung eines echten Pyopneumothorax kommen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die in der Umgebung des Zwerchfelles bestehenden entzündlich-eitrigen Vorgänge, wie namentlich Ohm gezeigt hat, zu schweren parenchymatösen bzw. degenerativen Veränderungen der Zwerchfellmuskulatur führen können.

Hypertrophie und Atrophie des Zwerchfelles.

Hypertrophie des Zwerchfelles äußert sich durch wulstige Verdickung einzelner Muskelbündel, so daß diese gegen die Leber zu vorspringende sagittal gestellte Parenchymfurchen hervorrufen können. Man hat diese auch Respirationsfurchen der Leber benannt. Bei tiefer Einatmung sieht man auf dem Leuchtschirm, daß die Kontur des Zwerchfellschattens von Personen, bei denen eine solche Hypertrophie des Zwerchfelles besteht, sich in mehrere Abschnitte gliedert. Auch bei Pleuraverwachsungen, die das Zwerchfell betreffen (besonders bei Phthisikern), findet man geringgradige Einbuchtungen und Einkerbungen des Zwerchfelles (Abb. 74). Doch sind noch spezielle diesbezügliche Untersuchungen nötig, um eine genaue Unterscheidung aller vorkommenden Zwerchfellausbuchtungen zu ermöglichen. Manchmal sieht man im Röntgenbilde auch Verdickungen des Zwerchfellschattens, namentlich linkerseits, die nicht durch Zwerchfellohypertrophie, sondern durch pleuritische, dem Zwerchfelle aufgelagerte Schwarten und Schwielen bedingt sind.

Atrophie des Zwerchfelles ist gekennzeichnet durch auffallende Verschmälerung und Schlaffheit desselben. Sie geht meistens mit Dehnung und Hochstand sowie mit Insuffizienz des Zwerchfelles einher. Man beobachtet sie namentlich nach längerdauernder Lähmung desselben sowie bei pleuraler Verwachsung des Zwerchfelles mit der Lungenbasis.

Im Gegensatz zu dieser erworbenen Atrophie ist die noch näher zu beschreibende sog. *Eventratio diaphragmatica* angeboren.

Angeborene Atrophie mit Hochstand des Zwerchfelles.

(Relaxatio s. Eventratio diaphragmatica. Ectopia viscerum.)

Leider hat sich für diese Erkrankung die am wenigsten zutreffende Bezeichnung „*Eventratio diaphragmatica*“ fast allgemein eingebürgert. Die

Erkrankung beruht auf Schwund und Atrophie der Zwerchfellmuskulatur, wahrscheinlich infolge von Entwicklungsstörungen, und ist wohl immer angeboren. Man hat sie nicht bloß bei Neugeborenen sondern auch bei Erwachsenen nachweisen können. Auch andere Mißbildungen, namentlich Dreilappung der linken Lunge nebst mangelhafter Entwicklung des Unterlappens, wurden gelegentlich neben Eventratio gefunden. Manche Autoren sind deshalb der Ansicht, daß bei angeborener Zwerchfellatrophie sowohl Lunge als Zwerchfell fehlerhaft angelegt sind. Von Baetge wird sogar die Ansicht ver-

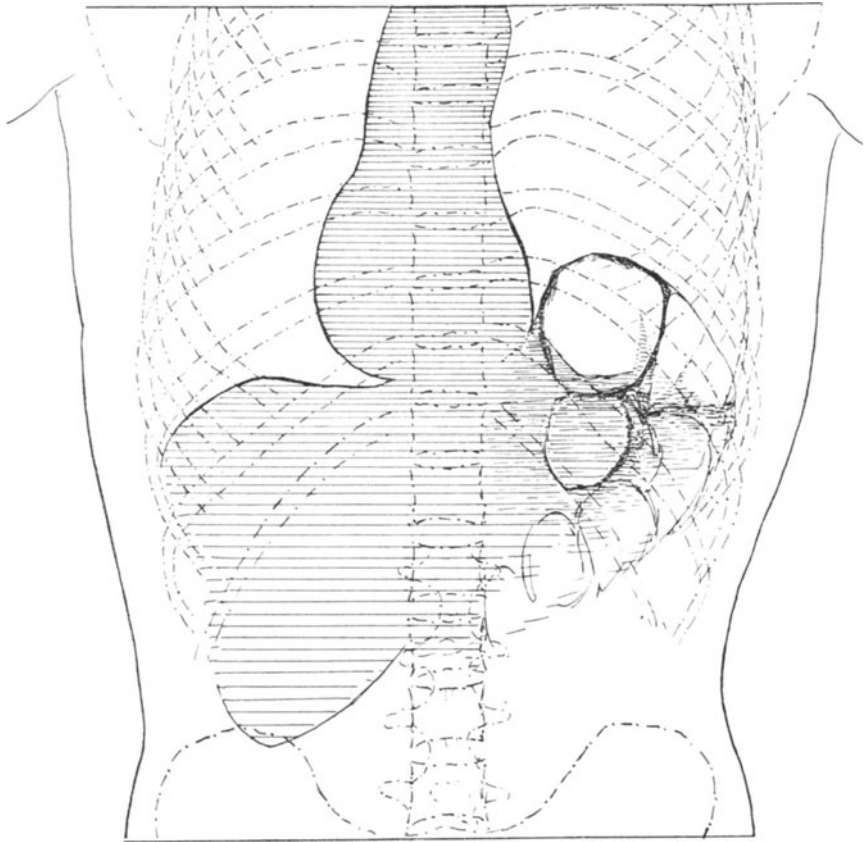


Abb. 88. Angeborene, gelegentlich der Röntgenuntersuchung zufällig entdeckte Relaxatio diaphragmatica mit Hochstand des linken atrophischen Zwerchfelles und Dextrokardie sowie großer Magenblase. Starke Gasfüllung des Kolons.

treten, daß die Entwicklungs-Anomalie der Lunge das Primäre und die Entwicklungsstörung des Zwerchfells nur ein sekundärer Vorgang sei. Ferner finden sich mitunter Abnormitäten im Verlaufe der Bauchhöhlenarterien und Situs inversus partialis abdominis, Bruchanlagen, Hasenscharte, Iriskolobom usw.

Während die differentialdiagnostisch in Betracht kommende Zwerchfellhernie, wie später noch näher ausgeführt werden soll, in der Regel linkerseits gefunden wird, ist angeborene Zwerchfellatrophie bis jetzt fast nur linkerseits konstatiert worden. Die linke Zwerchfellhälfte ist ja in besonderem Grade entwicklungshemmenden Einflüssen ausgesetzt. Doch wurde

sowohl von Eppinger als von Gläßner auch rechtsseitiges Vorkommen von *Relaxatio diaphragmatica* beschrieben.

F. A. Hoffmann vertrat allerdings die Ansicht, daß eine *Eventratio diaphragmatica* auch erworben werden kann, insofern mechanische Ursachen bei ihrer Entstehung mitspielen können, d. h. Hinaufdrängung des Zwerchfelles durch andauernde Steigerung des intraabdominellen Druckes oder durch längerdauernde Phrenikuslähmung.

Die an *Eventratio* leidenden Kranken klagen über Übelkeit, Gefühl von Völle, Druckschmerz, Atmungs-, Herz- und Magenbeschwerden. Mit Recht hebt P. Krause hervor, daß oft erst durch besondere schädigende Momente

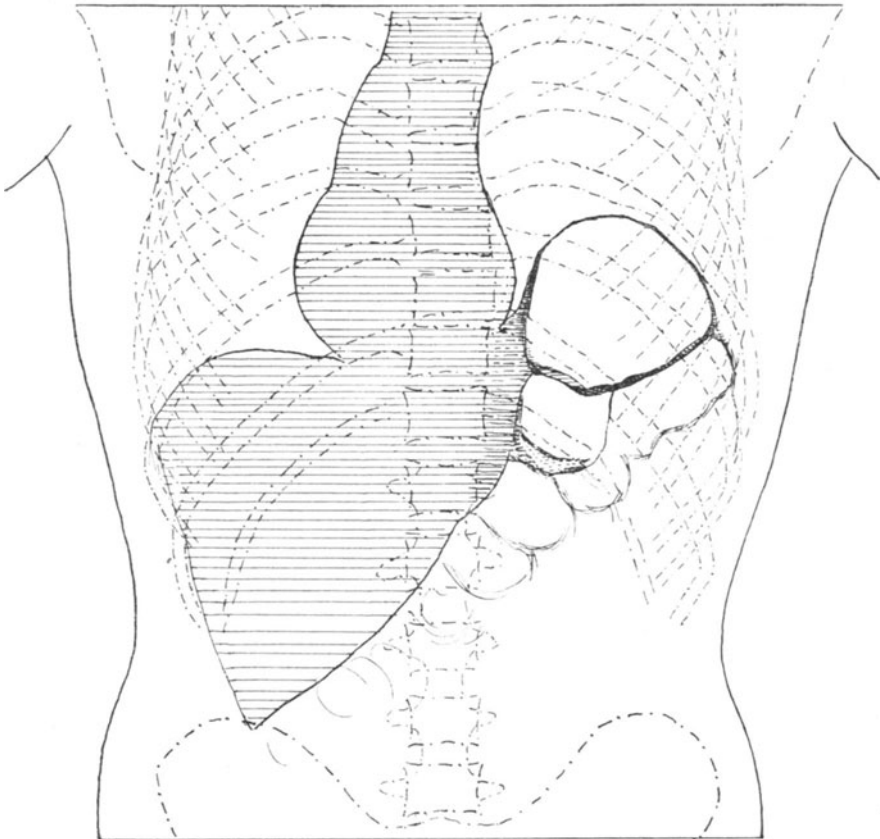


Abb. 89. Derselbe Fall wie in Abb. 88. Leichte Magenaufblähung. Die Eventrations-Bogenlinie blieb in gleicher Wölbung bestehen wie in Abb. 88.

(Fettleibigkeit, Meteorismus, Graviditas, Tumoren, Trauma), die zum ursprünglichen Krankheitszustande hinzutreten, die genannten Beschwerden ausgelöst werden.

Das Krankheitsbild der angeborenen *Eventratio* (Abb. 88—90) ist von der später zu besprechenden Zwerchfellhernie röntgenologisch mitunter schwer zu unterscheiden, weil der bei letztgenannter Krankheit bestehende Zwerchfelldefekt der Röntgenuntersuchung gewöhnlich nicht zugänglich ist und die Wand des vorgefallenen Magens den Zwerchfellschatten vortäuschen kann. Da somit die Entscheidung schwierig ist, ob der dem Magenforix entsprechende große Luftraum subphrenischer Natur ist (bei *Eventratio*) oder dem Pleura-

raume angehört (bei Hernie), so ist es erklärlich, daß schon häufig Verwechslungen der beiden Krankheitsprozesse vorgekommen sind.

Magenwand und Zwerchfell sind zur Klarstellung der oft schwierigen Frage womöglich getrennt voneinander röntgenologisch darzustellen. Dies gelingt am sichersten durch Darreichung einer Kontrastmahlzeit, wobei man sieht, daß Magen und Darm bei Relaxatio die Zwerchfellgrenze nicht überschreiten und daß auch bei Brusttieflage die Schattengrenze des kontrastgefüllten Magenfundus nur bis zum Zwerchfell reicht. Auch bleibt die Even-

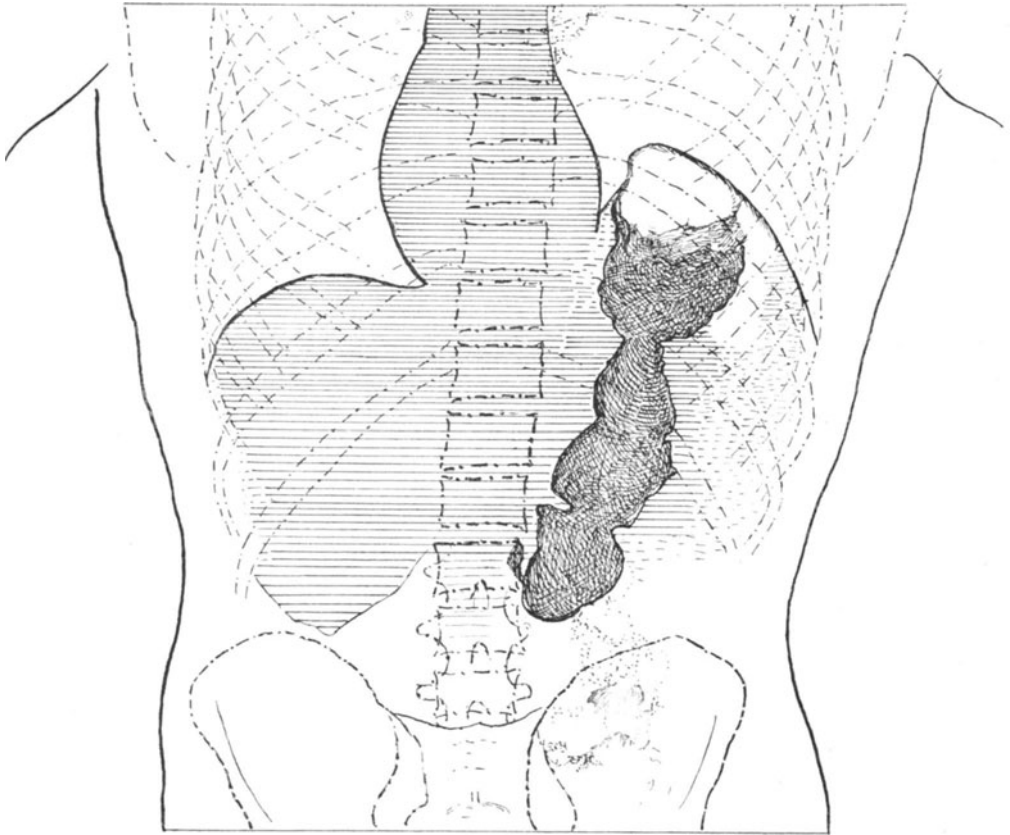


Abb. 90. Derselbe Fall wie in Abb. 88 und 89. Nach Darreichung einer Kontrast-Mahlzeit.

trations-Bogenlinie, welche durch den Zwerchfellbogen zusammen mit der angelagerten Magen- und Darmwand gebildet wird, bei leichter Luftaufblähung des Magens (Abb. 89) in gewöhnlicher Wölbung bestehen, während bei der Hernia diaphragmatica durch Luftaufblähung das Verhalten der intrathorakal gelagerten Bauchorgane, besonders des Magens, sehr stark wechselt. Diese Behauptung muß aber insofern eine gewisse Einschränkung erfahren, als auch bei Eventratio, wie dies Fleiner (M. m. W. 1916, Nr. 4) bei einem Falle von Situs viscerum inversus abdominalis mit Eventration des Magens und Stauungs-ektasie der Speiseröhre beobachtet hat, eine Achsendrehung und Umkrempelung des Magens in der Art eintreten kann, daß seine große Krümmung in der Zwerchfellkuppel liegt.

Angeborene, durch Entwicklungsfehler bedingte Atrophie des Zwerchfelles ist jedenfalls viel seltener als Zwerchfellhernie.

Bei angeborener Zwerchfellatrophie besteht — im Gegensatz zur Hernie — kein Zwerchfelldefekt, sondern die eine (linksseitige), in regulärer Weise von Pleura und Peritoneum überzogene Zwerchfellhälfte ist infolge ihres Mangels an muskulären Bestandteilen abnorm dünn und hochgradig ausgedehnt, so



Abb. 91. Rudimentäre Eventratio diaphragmatica. 40jährige Frau, 5 Minuten nach Darreichung einer Wismutmahlzeit. Magenformix hochstehend, innerhalb des Thoraxraumes, sehr verbreitert projiziert. Anfangsteil des Duodenums sowie einige Jejunumschlingen gefüllt.

daß ihre Kuppel in Form eines halbkugeligen Sackes bis zur vierten Rippe und noch höher hinaufreichen kann. Dieser Zwerchfellhochstand ist dadurch bedingt, daß der dünne, schlaffe, bindegewebige, mit spärlichen Muskelbündeln durchsetzte Zwerchfellsack nicht bloß durch den elastischen Zug der Lunge weit in die Brusthöhle gezogen, sondern auch durch die unterhalb des Zwerchfelles liegenden Baueingeweide bzw. den intraabdominellen Druck nach oben gedrängt wird. Die dem Zwerchfell entsprechende bogenförmige

Grenzzlinie wird bei Prüfung der Respiration häufiger beweglich als unbeweglich befunden. Zuweilen findet man eine Verdoppelung dieser Bogenlinie, welche von Aßmann als „inspiratorische Stufenlinie durch verschiedene Zwerchfellabschnitte“ bezeichnet wurde. Bei der Inspiration tritt nur eine geringe Senkung des schlaffen linken Zwerchfelles ein, entsprechend dem Zuge der normalen Zwerchfellhälfte und der stattfindenden Brustkorberweiterung. Es findet aber 'gewöhnlich keine paradoxe, inspiratorische Hebung desselben statt, weil die Lunge einer weiteren Retraktion nicht fähig ist; das atrophische linke Zwerchfell ist offenbar maximal gedehnt, da es selbst bei forcierter Expiration stillsteht, während das rechte große Exkursionen ausführt. In neuerer Zeit aber haben sowohl Minkowski als Leendertz nachgewiesen, daß paradoxe Zwerchfellbewegung unter Umständen auch bei Eventratio vorkommen kann.

Die linke Lunge ist etwa auf die Hälfte ihres normalen Volumens zusammengedrängt und dementsprechend verdunkelt. Das Herz befindet sich selten an normaler Stelle, sondern dasselbe ist medianwärts oder nach rechts verlagert und dabei um seine Längsachse gedreht.

Obwohl Brust- und Bauchhöhle bei angeborener Zwerchfellatrophie durch die Zwerchfellscheidewand vollkommen voneinander getrennt sind, können hier doch, ähnlich wie bei einer Hernia diaphragmatica, hochgradige Veränderungen der topographischen Verhältnisse im Brustraume eintreten. Denn die verschiedensten Baueingeweide können wegen Lockerung ihrer natürlichen Fixationen innerhalb des Thoraxraumes vorgefunden werden, so der Magen, ferner Jejunum- und Ileumschlingen, Teile des meist stark mit Gas gefüllten Kolons, sowie die Milz. Es ist aber klar, daß hier bei dem Fehlen einer Zwerchfell-Lücke weit seltener Inkarzerationen auftreten als bei Hernien.

Wie bei bestehendem Verdacht auf Zwerchfellhernie ist auch bei angeborener Zwerchfellatrophie Durchleuchtung bei verschiedenen Körperlagen und verschiedenen Füllungszuständen des Magendarmtraktes zur Klarstellung der topographischen Verhältnisse angezeigt. Trotzdem stößt man aber doch in der Praxis manchmal auf diagnostische Schwierigkeiten. In schwierigen Fällen können mehrere Röntgenuntersuchungen bei verschiedener Strahlrichtung nach Darreichung einer Kontrastmahlzeit und eventuell eines Kontrasteinlaufes oder einer rektalen Gasauflähmung nötig werden.

Als rudimentäre bzw. erworbene Eventratio diaphragmatica (nach F. A. Hoffmann) bezeichnet man, wie bereits oben erwähnt, einen bedeutenden, häufig mit Atrophie einhergehenden Hochstand der einen Zwerchfellhälfte. Derselbe kann durch Zwerchfellinsuffizienz, z. B. im Gefolge von Myositis diaphragmatica (Ohm), oder durch eine große Magenblase („chronische idiopathische Magenblase“) oder die gasgeblähte Flexura coli sinistra bedingt sein. Auch ein den Nervus phrenicus schädigender entzündlicher Prozeß (Pleuritis diaphragmatica chronica oder subphrenischer Abszeß) oder ein Trauma am Halse, ein Mediastinaltumor oder eine spinale Erkrankung, namentlich spinale Kinderlähmung, können dem Krankheitsprozesse zugrunde liegen.

Die bestehenden Atmungs- und Schluckbeschwerden sowie das Druckgefühl in der Herzgegend sind durch die große Luftansammlung im Magenforix sowie die Abknickung des Ösophagus (Kienböck: M. m. W. 1913) zu erklären.

Lage- und Formveränderungen des Magens sind bei rudimentärer Eventratio (Abb. 91) lange nicht so erheblich wie bei angeborener Eventratio (Abb. 88, 89, 90), sowie bei der später eingehend zu besprechenden Hernia diaphragmatica. Man findet den an seinem unteren Ende gut fixierten Magen wohl etwas in die Länge gezogen, auch spastisch, aber nur selten difformiert oder gar wie bei Hernia diaphragmatica um seine Längsachse gedreht. Die kaudale Magengrenze liegt gleichfalls in der Regel nahezu an normaler Stelle, ebenso der an seiner Schattenausparung erkennbare Pylorus; auch die Ringwellenbewegung ist normal.

Der Umstand, daß beträchtlicher Hochstand der einen Zwerchfellhälfte im Gefolge von Zwerchfell-Lähmung und andere Formen von rudimentärer Eventratio irrtümlicherweise öfters auf „angeborene Eventratio“ zurückgeführt wurden, ist wahrscheinlich die Ursache, daß der letztgenannte Krankheitszustand von manchen als ein ziemlich häufiges

Vorkommnis bezeichnet wurde, während doch die pathologisch-anatomische Erfahrung das Gegenteil beweist.

Zwerchfell-Hernie.

Zum ersten Male wurde die Zwerchfellhernie am Krankenbette wohl von Leichtenstern (1874) nachgewiesen. Ihm verdanken wir in erster Linie das Studium der klinischen Erscheinungen bei dieser Erkrankung. Früher wurden Zwerchfellhernien fast ausschließlich in pathologisch-anatomischen Abhandlungen beschrieben, und zwar als ziemlich seltene Vorkommnisse. Aber

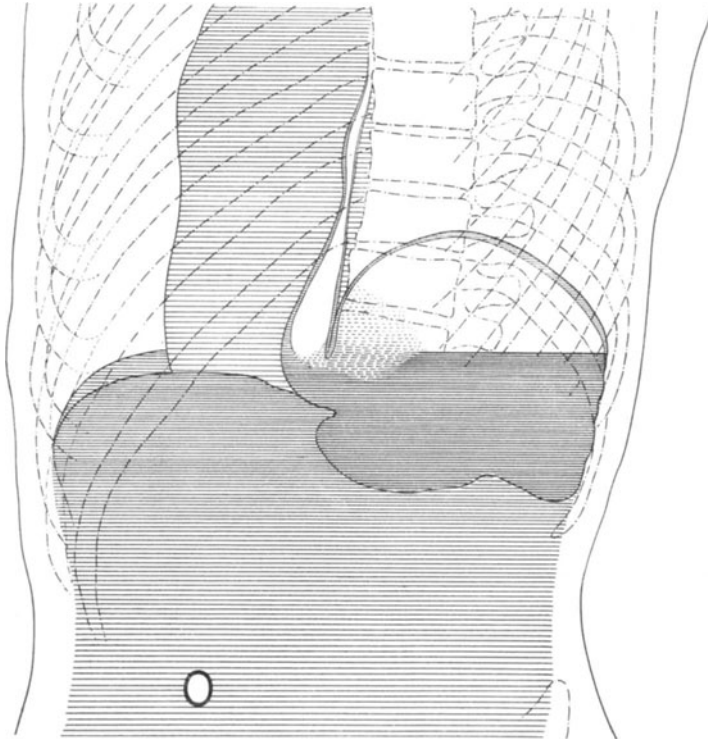


Abb. 92. Hernia diaphragmatica sinistra post trauma

(in leichter Schrägstellung, d. h. im 2. schrägen Durchmesser aufgenommen) nach Darreichung einer Kontrastmahlzeit. Die Grenzen des innerhalb des linken Thoraxraumes befindlichen Magens sind gut ersichtlich, ebenso die Abknickung des Ösophagus und seine Einmündung in den Magen. Rechterseits sind zwei Zwerchfellstufen ersichtlich.

erst seit Einbürgerung des Röntgenverfahrens in der Medizin ist die Hernia diaphragmatica mit Sicherheit am Lebenden zu diagnostizieren, und zwar in einer den Patienten äußerst schonenden Weise, während es früher selbst nach eingehender Untersuchung und langdauernder Beobachtung meist nur ermöglicht war, eine „Vermutungsdiagnose“ zu stellen.

Behufs Feststellung der Diagnose sollte zunächst eine Untersuchung im nüchternen Zustande vorgenommen werden!

Besonders aber die Wanderung eines per os verabreichten Kontrastmittels läßt sich durch den Magen und die verschiedenen Darmabschnitte gut verfolgen und klärt auf diese Weise die Diagnose, namentlich bei Anwendung

verschiedener Durchleuchtungsrichtungen. Allerdings ist zur Ergänzung der Untersuchung manchmal noch ein Kontrasteinlauf benötigt.

Zahlreiche Autoren haben an der röntgenologischen Klarstellung des interessanten Krankheitsbildes der *Hernia diaphragmatica* sowie der von ihr oft schwer zu unterscheidenden *Eventratio diaphragmatica* mitgearbeitet, so Arnsperger, Assmann, Th. Becker, Dietlen und Knieriem, v. Domarus und Salomon, Eppinger, Faulhaber, Glaser, Kienböck, A. Köhler, P. Krause, Scheidemandel, Struppeler und viele andere.

Die falschen d. h. nicht mit Bruchsack versehenen Zwerchfellhernien (Prolapse), bei denen die das Zwerchfell überkleidenden serösen Häute (Pleura und Peritoneum) von der Spaltbildung des Zwerchfelles mitbetroffen sind, wenn die Bauchorgane also frei in der Brusthöhle liegen, sind sehr viel häufiger als die wahren Zwerchfellhernien. Bei letzteren liegt nur eine einfache Spaltbildung des Zwerchfelles vor, so daß also die in die Brusthöhle durchgetretenen Baueingeweide von einem aus Peritoneum (und eventuell auch aus Pleura) gebildeten Bruchsacke umschlossen sind. Nach Grosser beträgt das Verhältnis von wahrer und falscher Zwerchfellhernie 1 : 7.

Die „erworbene“ Zwerchfellhernie entsteht nur im Anschluß an ein Trauma, und zwar besonders durch Stich- oder Schußverletzungen oder durch stumpfe Gewalt, welche auf Thorax und Bauchgegend eingewirkt hat. Eine Zwerchfellhernie kann bei Brust-Bauchschüssen auch kombiniert mit Hämothorax, Pneumothorax und Pyopneumothorax, sowie mit unkomplizierter Pleuritis besonders Empyem vorkommen. Bei Lungenschüssen im Gebiet des unteren Brusthöhlenraumes und bei Bauchverletzungen soll man ärztlicherseits stets an die Zwerchfellhernie denken! Jede Schußverletzung der Brust oder des Bauches, bei der in der linken unteren Brusthälfte eine Tympanie sowie Plätschergeräusche oder andersartige Geräusche des Verdauungskanales nachzuweisen sind, muß von vornherein den Verdacht auf das Bestehen einer Zwerchfellhernie erwecken. Viele derartige Fälle blieben im Weltkriege unerkannt und wurden erst bei späteren Untersuchungen oder gar erst bei der Sektion richtig erkannt. Ich beobachtete während des Krieges in einem Heimatlazarette 7 Fälle von Zwerchfellhernie. Bei einem Patienten, wo das Zwerchfell sicher durchschossen war, ließ sich indessen — wenigstens temporär — keine Hernie feststellen. In einem besonders schweren Falle war die Röntgenuntersuchung bei dem sehr schonungsbedürftigen, bereits moribunden Kranken unmöglich, in einem anderen mit sehr schweren Krankheitserscheinungen (Pyopneumothorax) einhergehenden Falle war nur eine flüchtige Leuchtschirmuntersuchung ermöglicht. Die meisten Fälle von Zwerchfellhernie werden als lungen- oder magenleidend geführt, solange sie nicht „durchleuchtet“ sind. Röntgenologische Kontroll-Nachuntersuchungen schwerer Brust- und Bauchverletzungen liegen deshalb nicht bloß im Interesse des Verletzten selbst, sondern auch im sozialen Interesse. Wenngleich auch durch Zerreißen eines ganz gesunden Zwerchfelles eine Hernie auftreten kann, so nimmt man doch allgemein an, daß eine angeborene Mißbildung (abnormer Spalt im Zwerchfell, Schwäche einzelner Muskelpartien usw.), wenigstens bei Einwirkung stumpfer Gewalt, die Entstehung einer Hernie begünstigt.

Die traumatische Zwerchfellhernie findet sich gewöhnlich linksseitig, da rechterseits die Leber einen Schutzwall gegen Zwerchfellverletzungen und für etwaige Öffnungen (Defekte) der Zwerchfellmuskulatur einen natürlichen Verschluss bildet, so daß das Zwerchfell hier gegen Gewalteinwirkung und auch gegen den abdominellen Druck viel besser geschützt ist als linkerseits.

Es ist demnach verständlich, daß fast alle bis jetzt von röntgenologischer Seite beschriebenen traumatischen Zwerchfellhernien linksseitig waren; nur

selten wurde eine rechtsseitige beobachtet, und zwar von Dietlen und Knie-riem (B. kl. W. 1910, Nr. 25), Freni (Med. Klinik 1916, Nr. 8) und Wein-berger (Fortschritte, Bd. 25, H. 5). Deshalb sind den folgenden Ausführungen vorwiegend die linksseitigen Hernien zugrunde gelegt worden.

Die Krankheiterscheinungen bei *Hernia diaphragmatica* be- stehen in Erbrechen, Herzklopfen und Atemnot bei körperlicher Anstrengung, schmerzhafter Spannung oder Druck- und Völlegefühl in der linken Brust- seite, ferner in Dysphagie sowie in Rückenschmerz, besonders nach reichlicher

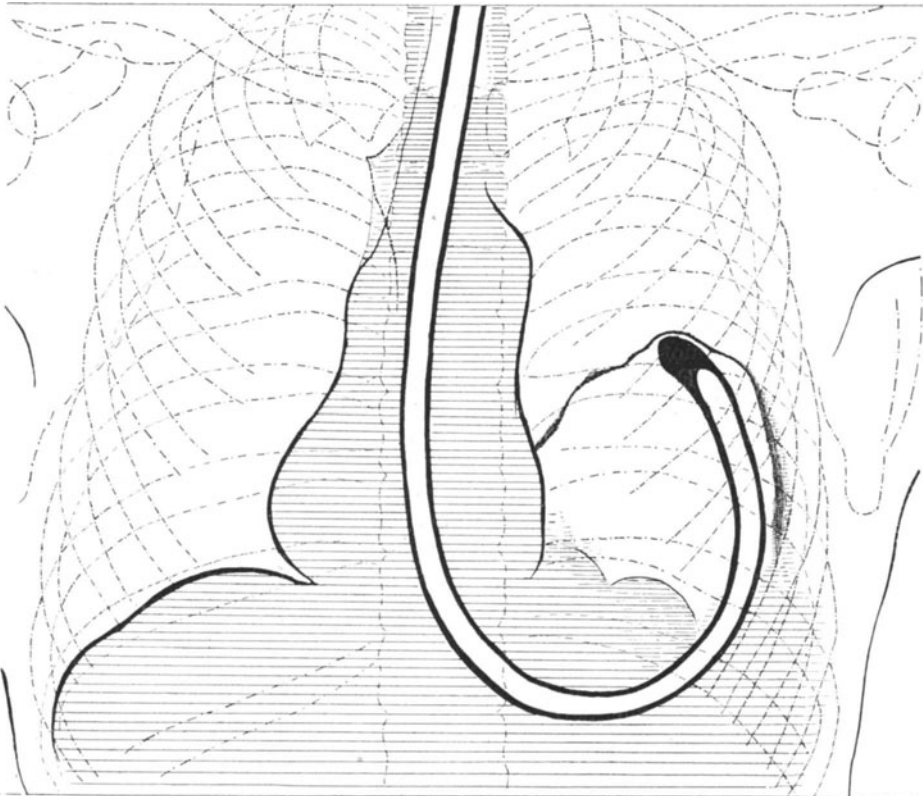


Abb. 93. *Hernia diaphragmatica sinistra post trauma*. Die eingeführte Magen-sonde reicht bis zur oberen Grenze der Magenwand und buchtet sie aus. (Sagittaler Strahlengang.) Man sieht deutlich die peristaltische Wellenbewegung.

Nahrungsaufnahme. Dabei ist wechselnde Dämpfung, tympanitischer Schall mit Plätschern und Gurren in der linken Brustseite, und zwar in Abhängigkeit von der Füllung des Magens, Verlagerung des Herzens und der übrigen Mediastinalorgane nach der gesunden Seite festzustellen.

Bei der äußerlichen Betrachtung des Kranken fällt nicht selten die ab- norme Kleinheit des Abdomens auf. Je nach Füllung des vorgefallenen Magens oder Darmes mit Luft oder mit Speisebrei findet sich bei linksseitiger Zwerchfell- hernie L H U und L U seitlich entweder tympanitischer Schall oder Dämpfung. Charakteristisch für Zwerchfellhernie ist nach Leichtenstern auch die Dys- phagia paradoxa (in Fällen von Abknickung des Ösophagus), indem große Bissen leicht, kleinere nur schwer oder gar nicht geschluckt werden können.

Auch ist häufig die Nahrungsaufnahme und die Austreibung der Speisen aus dem Magen infolge von Abknickung des letzteren erschwert.

Sehr erschwert ist die Diagnose einer traumatischen Zwerchfellhernie, wenn dieselbe mit Pyopneumothorax (z. B. nach Lungenschuß) einhergeht (Freund und Schwæer).

Für die Prognose wichtig ist die frühzeitige Erkennung der Hernie, weil der operative Eingriff, d. h. Reposition der Bauchorgane und Vernähung der Zwerchfellwunde, in einem solchen Falle die günstigste Aussicht auf Heilung bietet. Denn die Zwerchfellwunden heilen nur selten spontan, und andererseits kann sich allmählich ein narbiges, schrumpfendes Gewebe bilden, das als Schnür-

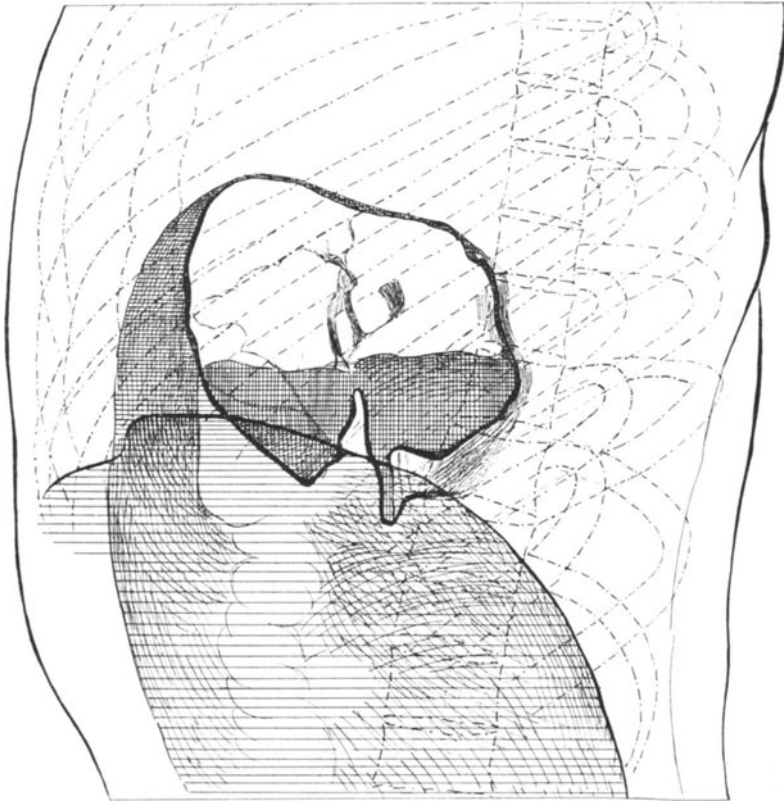


Abb. 94. Hernia diaphragmatica sinistra post trauma. Der Magen steht, mit seiner großen Kurvatur kephalwärts gerichtet, gleichsam auf dem Kopfe. Kontrastfüllung, darüber Luftfüllung. (Frontaler Strahlengang.)

ring auf die dislozierten Gedärme wirkt. Da die Träger einer Zwerchfellhernie sich also stets im Zustande andauernder großer Lebensgefahr befinden, ist es nicht statthaft zuzuwarten, bis größere Beschwerden oder gar Einklemmungserscheinungen (Dickdarmverschluß, Erbrechen, Ileus, Schluckhemmungen infolge von Abknickung der Kardie usw.) eintreten. Ein chirurgischer Lehrsatz lautet, daß bei frischen Zwerchfellverletzungen und namentlich bei Einklemmungserscheinungen die Operation, sei es nun, daß sie intrathorakal oder intraabdominal ausgeführt wird, stets angezeigt ist. Ist doch die Mortalität bei nicht operierter Zwerchfellhernie ungleich größer als bei operierter. Vor der Operation sollte aber stets der Inhalt des Bruches (Magen, Darm

usw.), und wenn möglich auch Größe und Lage des Zwerchfeldefektes röntgenologisch bestimmt werden.

Auch ohne Verwendung von Kontrastmitteln vermag der Geübte oft mit großer Wahrscheinlichkeit die Diagnose zu stellen, wenn auch wichtige topographische Einzelheiten hier verborgen bleiben.

Häufig wird der Ösophagus in Mitleidenschaft gezogen, insofern derselbe eine Abknickung erfährt, so daß seine Entleerung behindert ist und oberhalb der Kardia eine Erweiterung (Stauungsektasie) sich ausbildet (Abb. 92).

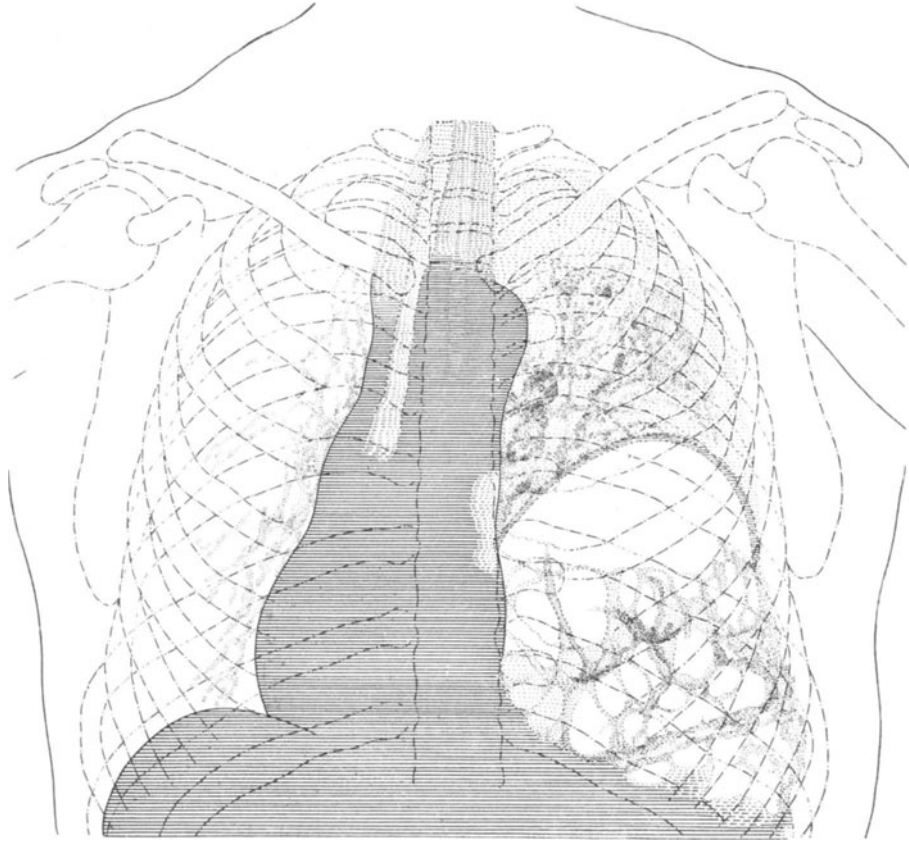


Abb. 95. 40-jähriger Mann. Hernia diaphragmatica sinistra post trauma. Die untere Hälfte des linken Thoraxraumes wird von Magen und Darmschlingen ausgefüllt. Linkes Zwerchfell nicht sichtbar. Linke Lunge komprimiert, Herz und Mediastinum stark nach rechts verdrängt.

Bei Darreichung einer Kontrastmahlzeit unter Leuchtschirmkontrolle ist, wie in der Norm, bei schräger Durchleuchtung der Verlauf des Ösophagus gut zu verfolgen. Er kann wie bei Eventratio diaphragmatica in seinem mittleren Teile komprimiert und in seinem unteren abgelenkt sein und entleert in diesem Falle seinen Inhalt nur langsam in den Magen. Doch wurde — im Gegensatz zur gewöhnlichen Dysphagie — mitunter die bereits oben erwähnte Dysphagia paradoxa beobachtet, indem die betreffenden Patienten, offenbar infolge von Ausbuchtung des untersten Ösophagusabschnittes (Abb. 92), Speisen in Form ungewöhnlich großer Brocken zu schlucken vermögen.

Außer dem Ösophagus kann übrigens auch die Kardia eine Abknickung erfahren.

Mit Rücksicht auf den verschiedengradigen Füllungszustand der Hernie sollte dieselbe zu verschiedenen Tageszeiten untersucht werden. Trotzdem gelingt es — selbst nach Darreichung einer kontrastbildenden Mahlzeit — nur selten, die Grenzen des defekten, schlaffen, einen feinen Schattenstreifen bildenden Zwerchfelles und seinen Schlitz unterhalb der in die Brusthöhle gedrängten Bauchorgane zu sehen, weil eben der natürliche Kontrast zwischen Lungenfeld und Bauchraum bei Vorfall der Bauchorgane in die Pleurahöhle nicht mehr gegeben ist. Deshalb läßt sich über Form, Stand und Beweglichkeit des Zwerchfelles auf der kranken Seite gewöhnlich auch nur dann ein sicheres Urteil fällen, wenn eine Kontrastmahlzeit verabreicht wird.

Nur auf einen kleinen Teil des Zwerchfelles beschränkte Hernien wird man durch Nachweis der respiratorischen Beweglichkeit der intakten Zwerchfellpartien und paradoxe inspiratorische Hebung des Bruchinhaltes (Jamin), oder eine lokalisierte Einschnürung der mit kontrasthaltigem Inhalt erfüllten Baueingeweide an der Durchtrittsstelle durch das Zwerchfell (Alban Köhler) bzw. eine halsartige Einschnürung des Magens an der Stelle des Zwerchfellarisses (v. Domarus und Salomon) gut zu erkennen vermögen. Außerdem können der Einfluß der Bauchpresse auf den Bruchinhalt, das wechselnde Verhalten der Hernie während der Verdauung, sowie die innerhalb des Bruches sich abspielenden Magendarmbewegungen zur Stellung der Diagnose herangezogen werden. Deshalb sollte niemals die röntgenoskopische Kontrolle dieser Bewegungen versäumt werden!

Bei größeren Hernien ist indessen eine diesbezügliche Feststellung oft nicht möglich. Die frontale (und auch die schräge) Durchleuchtungsrichtung ist hier oft von großer diagnostischer Bedeutung. Dadurch, daß der Zwerchfellschatten in größerer Ausdehnung unterbrochen ist und das untere Gebiet des gleichseitigen (normalerweise hellen, lufthaltigen) Lungenfeldes durch Baueingeweide und speziell durch das im Bruchsack liegende große Netz verdunkelt wird, ist aber eine genauere Orientierung über die Lage der einzelnen Eingeweide auch heute noch oft sehr erschwert. Immerhin läßt sich gewöhnlich bei frontaler Durchleuchtung erkennen, in welchen Teilen der Brusthöhle (z. B. vorne oder hinten) die Hernie liegt. Die Lage des Zwerchfeldefektes ist natürlich von großem Einfluß auf die durch die Hernie verursachten topographischen Veränderungen. Er betrifft, wie man an zahlreichen Obduktionen erfahren hat, viel häufiger die muskulären wie die sehnigen Teile des Zwerchfelles.

Durch den Eintritt der Baueingeweide in die Brusthöhle werden die Brusteingeweide verdrängt, die Lunge wird komprimiert und das Herz sowie das eigentliche Mediastinum nach der dem Vorfall entgegengesetzten Seite verlagert (Abb. 95). Form, Lage, Umfang und Beweglichkeit der prolabierten Organe werden oft erst bei bestimmter Körperlage und verschiedener Röhrenstellung sowie nach mehrmaliger Röntgenuntersuchung (Vorsicht wegen der Gefahr einer Combustio!) klar ersichtlich bzw. in ihren Einzelheiten erkannt.

Unter den Baueingeweiden, welche in die Brusthöhle vorfallen, befindet sich am häufigsten der Magen.

Der Füllungsvorgang und die Entfaltung des ohnehin schon meistens gefüllten Magens ist gewöhnlich nicht gut zu beobachten. Namentlich ist die Anfüllung des in der Zwerchfell-Lücke steckenden Magenteiles auf dem Leuchtschirme schwer zu erkennen. Doch können wir durch das Studium desselben, besonders wenn er mit Kontrastpeise gefüllt ist, bei Berücksichtigung seiner Lage und Form manche wichtige topographische Aufklärung erhalten.

Hier ist besonders der bei sagittaler Durchleuchtung ersichtlichen intrathorakalen bogenförmigen Linie (Abb. 95—97) zu gedenken, welche bei oberflächlicher Betrachtung als Zwerchfellkontur imponiert, da sie nicht bloß der gewöhnlichen Zwerchfellform gleicht, sondern auch gleichzeitig mit der gesunden Zwerchfelloberfläche bei der Einatmung sich senkt, bei der Ausatmung sich hebt. In vereinzelt Fällen hat man sogar paradoxe Bewegung infolge von inspiratorischer

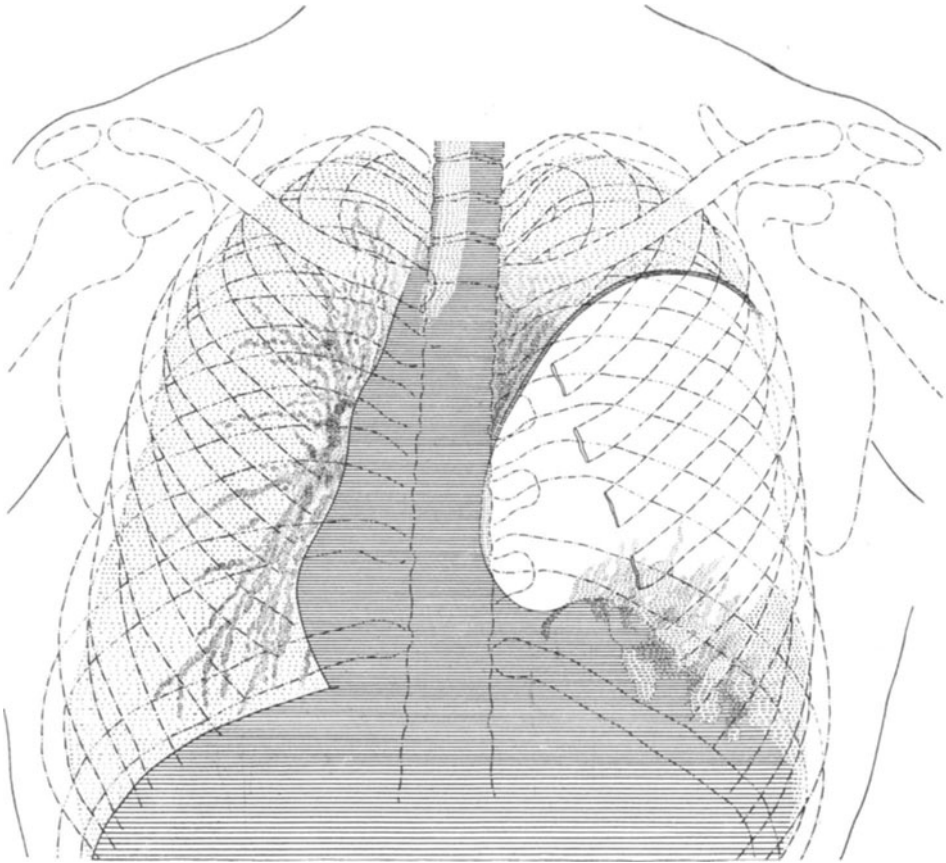


Abb. 96. Derselbe Patient wie in Abb. 95. Nach Darreichung eines Brausepulvers. An der hochgedrängten unteren Lungengrenze die ausgedehnte Kontur des innerhalb des Thoraxraumes befindlichen Magens ersichtlich. An den im Bereich der Hernie befindlichen Rippen ist (wie bei Pneumothorax) die Knochenknorpelgrenze scharf ausgesprochen. Die Dünndarmschlingen sind nach abwärts gedrängt.

Ansaugung an ihr beobachtet. Die genannte gegen das Lungenfeld sich deutlich abgrenzende bogenförmige Linie entspricht aber nicht dem Zwerchfell, sondern der oberen Hernienwand bzw. der Magenwand. Obwohl also der dem Zwerchfell ähnliche linienförmige Schatten nur von der Magenwand gebildet wird, zeigt er doch häufig stärkere respiratorische Bewegungen, und zwar besonders dann, wenn der Magen an der Durchtrittsstelle des Zwerchfelles mit diesem zusammenhängt, vielleicht sogar mit ihm verwachsen ist und somit bei der Inspiration nach abwärts gezogen wird. Bei kleinen Hernien findet sich sogar fast durchweg gute respiratorische Verschieblichkeit des defekten Zwerchfelles. Zwerchfellkuppel sowie

Wandung des im Brustfellsack befindlichen Magens lassen sich besonders dann schwer voneinander unterscheiden, wenn der Magen stark luftgebläht ist und in diesem Falle von der Mittellinie bis zur Thoraxwand reicht. Sie sind aber ohne weiteres voneinander zu unterscheiden, wenn wellenförmige peristaltische Magenbewegungen bei der Leuchtschirmuntersuchung sich nachweisen lassen (Abb. 93, 98). Der prolabierte Magen steht gewöhnlich mit seinem oberen Abschnitte so hoch, daß das linke atelektatische Lungenfeld nur halb so hohe Ausdehnung zeigt wie das rechte (Abb. 93, 95, 97).

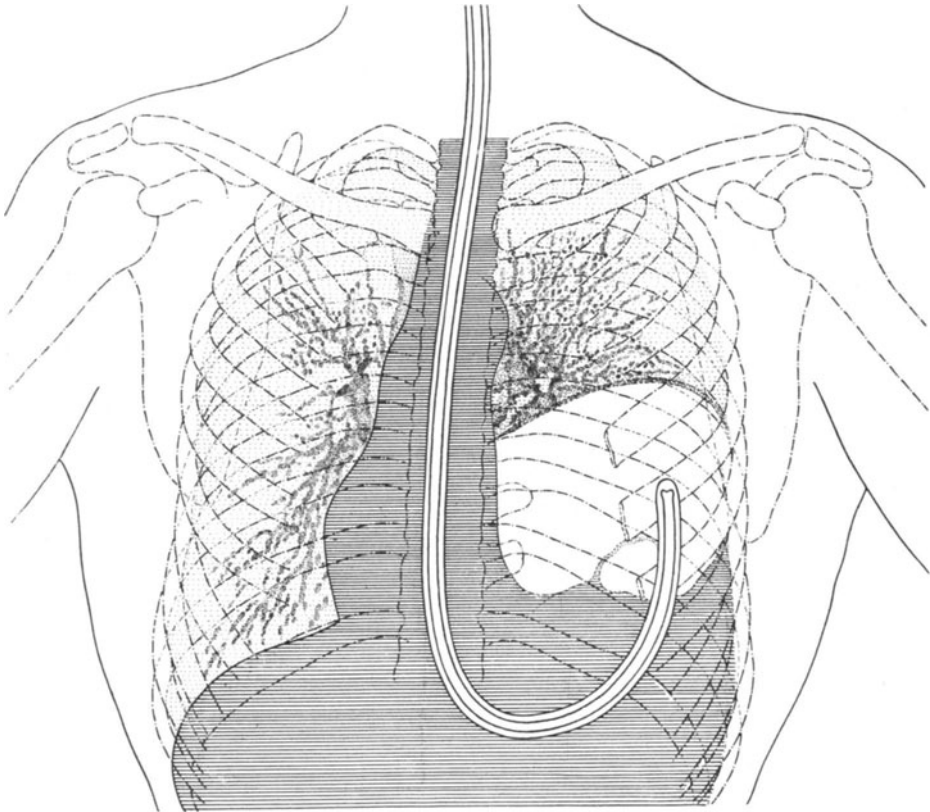


Abb. 97. Derselbe Fall wie in Abb. 95 und 96, aber keine künstliche Gasblähung des Magens. Bogenförmiger Verlauf der Magensonde mit nach aufwärts gerichteter Spitze.

Der Magen erfährt, wenn er durch die Zwerchfell-Lücke hindurchgetreten ist, gewöhnlich eine Drehung, so daß die große Kurvatur nach oben steht, während er sich nach unten zu stark verjüngt, so daß die Pars pylorica nach abwärts gerichtet ist, und da sie bei sagittaler Durchleuchtung verkürzt projiziert wird, eine Art von zapfenförmigem Fortsatze am kaudalen Magenende bildet (Abb. 94, 98). Hingegen befindet sich, wie bei schräger und frontaler Strahlenrichtung zu erkennen ist, der Anfangsteil des Magens bzw. die Kardie meistens im Gebiet des Mittelfeldes. Doch sind Magenbewegungen gewöhnlich nur in der Regio pylorica ersichtlich, oder auch, wie oben bereits erwähnt, an der beschriebenen zwerchfellähnlichen, bogenförmigen Linie (Abb. 93, 98). Die Entleerungszeit des Magens ist meistens bedeutend verlängert,

in den Fällen eigener Beobachtung erstreckte sich dieselbe sogar mitunter auf 8—10 Stunden.

Die Magensonde zeigt oft bei verschiedenen Einführungen verschiedenen Verlauf. Wenn sie durchs Zwerchfell hindurchgeht, rollt sie sich

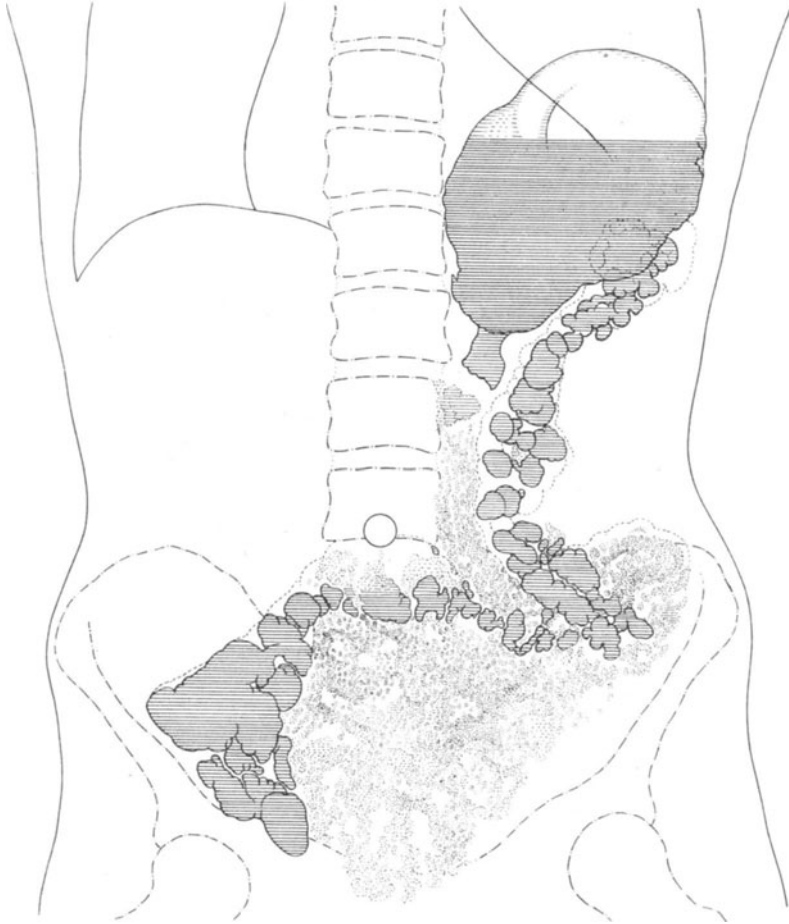


Abb. 98. 36 jähriger Mann. Hernia diaphragmatica (post trauma). Einige Minuten nach Darreichung einer Wismutmahlzeit. Der in den Thoraxraum vorgefallene Magen zeigt ziemlich rege Peristaltik, auch an seiner oberen Grenzlinie (große Krümmung). Regio praepylorica zapfenförmig. Jenseits des Pylorus einige Duodenumabschnitte gefüllt, außerdem zahlreiche Jejunumschlingen mit flockigem kontrasthaltigem Inhalte erfüllt. Da Patient auch den Abend vorher (vor 12 Stunden) eine Wismutmahlzeit erhalten hat, ist auch der Dickdarm in großer Ausdehnung und zwar vom Coecum bis zum Sigmoid sichtbar. Die linke Flexur befindet sich innerhalb des Bruchsackes. Medianstellung des Herzens.

manchmal im Magen auf, manchmal auch nicht (Abb. 93, 97). Von der Verabreichung eines Brausepulvers (Abb. 96) ist man abgekommen.

Der Weg, den Kontrastbissen einschlagen, ist nicht immer deutlich zu sehen, am besten noch bei schräger Durchleuchtung. Bei breitem Zwerchfellschlitz und Hindurchtritt des ganzen Magens durch denselben erfüllt die Kontrastmasse den vorgefallenen Magen gleichmäßig, besonders bei Beckenhochlagerung. Selbst wenn der Magen nur mit gewöhnlichen Speisen gefüllt ist, läßt sich an ihm

innerhalb des Brustraumes große deutliche Wellenbewegung beim Schütteln des Thorax nachweisen; besonders nach Flüssigkeitszufuhr beobachtet man stärkere Succusio. Ist der Schlitz aber eng, so besteht eine sanduhrförmige Verbindung zwischen oberem und unterem Magenabschnitt. In letzterem Falle kann man einen oberen (thorakalen) und einen unteren (abdominalen) Teil

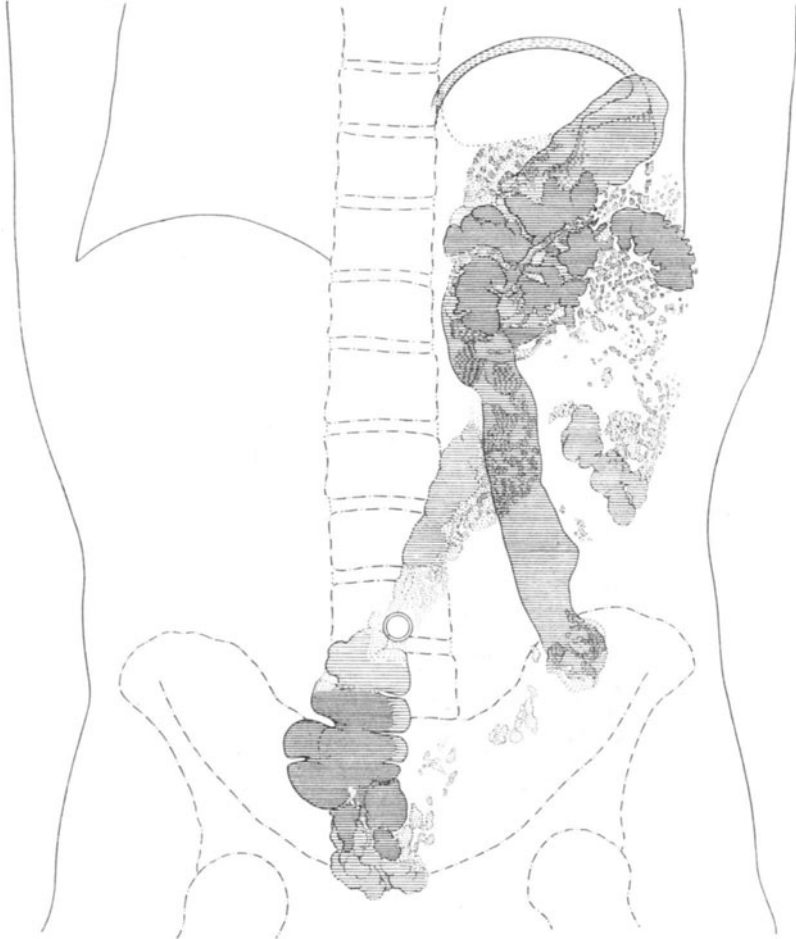


Abb. 99. Derselbe Patient wie in Abb. 98, ca. 12 Stunden nach Darreichung einer Wismutmahlzeit. Im Bruchsacke befinden sich außer dem Magen, dessen obere Grenzlinie doppelt konturiert ist, auch Dünn- und Dickdarmschlingen, welche ein unregelmäßiges Konvolut bilden. Coecum-Ascendens nach links bzw. medianwärts verlagert, Transversum und Descendens stark in die Länge gezogen, zeigen nur spärliche Haustrennbildung und besitzen streckenweise ganz glatte Wandungen.

des Magens unterscheiden. Beide Teile sind dann durch eine dem Zwerchfellddefekt entsprechende Einschnürung voneinander getrennt; dabei findet sich über dem thorakalen Abschnitte die meistens stark ausgedehnte Magenblase. Nicht bloß halsartige Einschnürung des Magens an der Stelle des Zwerchfellrisses und Pylorusinsuffizienz infolge von Anspannung des Magens in seiner Längsachse, auch wahre Ulcera infolge von Zerrung des durch das Zwerchfell prolabierten Magens sowie Achsendrehung desselben

indem dasselbe, wie Wieting sich ausdrückte, gewissermaßen ein „Leitband“ bildet für die im Abdomen angehefteten Organe. Kleine Zwerchfellhernien enthalten lediglich Netz oder kleine Darmabschnitte.

Das Duodenum liegt beim Bestehen einer *Hernia diaphragmatica* gewöhnlich innerhalb der Bauchhöhle, in der es durch das Ligamentum hepatoduodenale gut fixiert ist.

Was den Dünndarm anlangt, so findet man öfters lufthaltige Schlingen in Form von gitterförmigen Schattenbezirken (Abb. 95) neben dem prola-

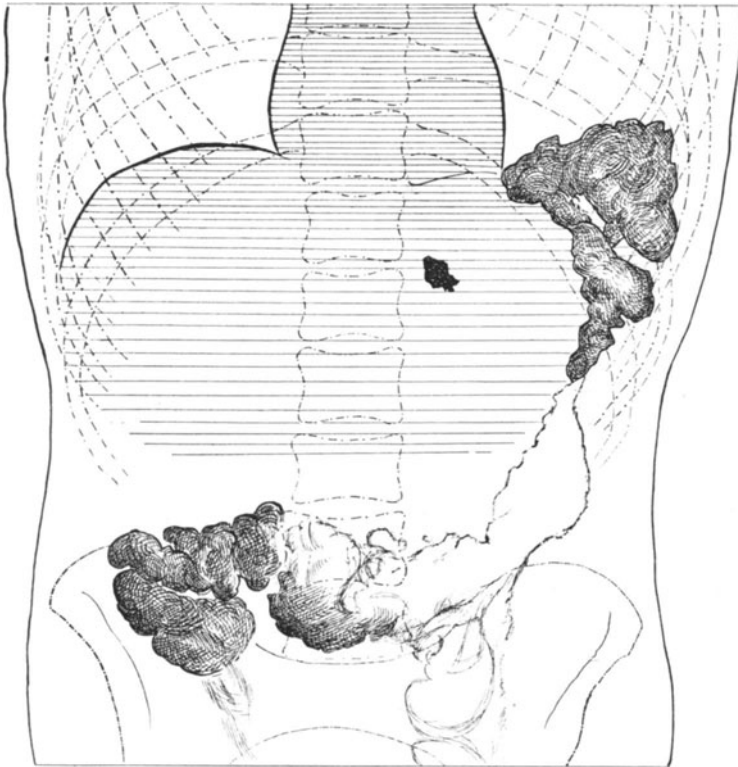


Abb. 101. Linksseitige traumatische Zwerchfell-Hernie. 18 Stunden nach Darreichung einer Kontrastmahlzeit. Dickdarm teilweise im Pleura-Raum. Ein ziemlich großer Granatsplitter links von der Wirbelsäule (Magen- und Dünndarmbefund ohne Besonderheiten, Herz nicht nach rechts verdrängt).

bierten Magen. Nach Darreichung einer Kontrast-Mahlzeit sind die Jejunumschlingen durch ihre kontrasthaltigen Kerkringschen Falten (Abb. 99) und ihre eigenartigen Bewegungen gekennzeichnet. In vereinzelt Fällen hat man sogar den ganzen Dünndarm in der Brusthöhle vorgefunden. Nach Angaben von Weihe können in solchen Fällen die Dünndarmschlingen nahezu bis zur Lungenspitze hinaufreichen.

Mit Hilfe der Kontrastmahlzeit erkennt man sicher, ob der Magen allein oder auch der Darm oder nur letzterer allein durch den Zwerchfellschlitz in die Brusthöhle getreten ist. Befinden sich lediglich Darmschlingen (durch blasige oder gitterförmige Schatten gekennzeichnet) in derselben, so ist der im Bauchraume befindliche Magen tiefstehend und ektatisch. Liegen auch

Dickdarmschlingen im Bruchsack, so ist wenn möglich zur Ergänzung und Kontrolle des Befundes auch ein Kontrasteinlauf zu verabreichen. Befinden sich Magen und Kolon im Brustraume, so findet sich letzteres bei Darreichung einer Kontrastmahlzeit oder eines Kontrasteinlaufes lateralwärts vom Magen (Abb. 98, 99).

Das Colon transversum ist, wenn die linke Flexur in dem hoch oben befindlichen Bruche liegt, wie dies gewöhnlich der Fall ist, auffallend in die Höhe gezogen (Abb. 98—102). Neben dem Colon transversum kann auch die Leber bei großem Zwerchfellriß durch die Lücke hindurchtreten. Das

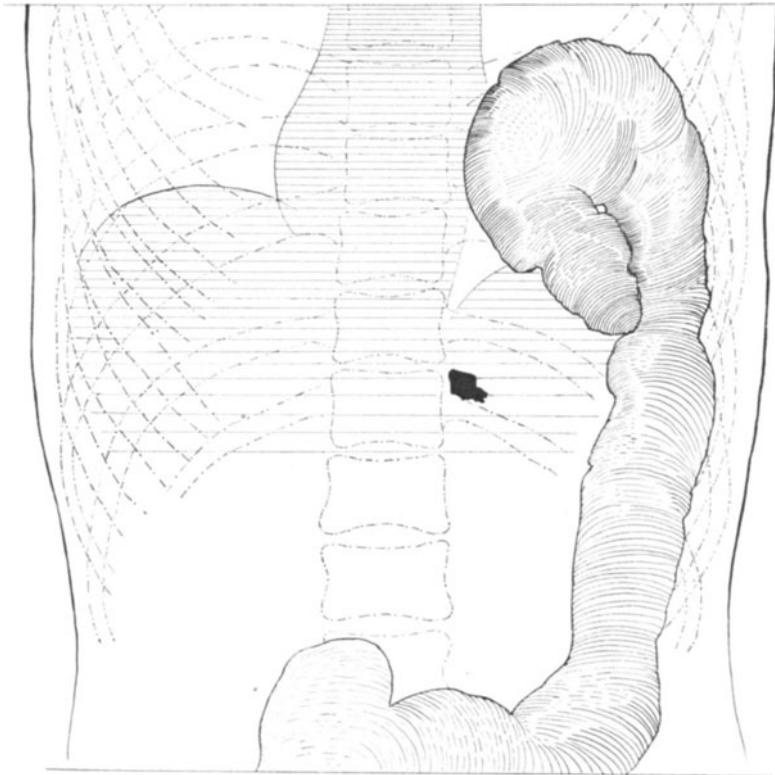


Abb. 102. Derselbe Fall wie in Abb. 101 nach Darreichung eines Kontrast-Einlaufes. Die Breifüllung erstreckt sich nur bis zum distalen Transversum; sie ist nicht über die Zwerchfell-Lücke hinaus vorgedrungen. In der linken Brusthälfte befindet sich nur die linke Flexura coli sinistra.

Colon ascendens kann hierbei nach links verlagert sein (Abb. 99). Den besten Aufschluß über die Lage des Dickdarmes gibt uns ein Kontrasteinlauf (Abb. 100 und 102).

Außer Magen, Netz, Dünn- und Dickdarm (Coecum-Ascendens, Transversum und Descendens) kann auch das Pankreas, die Leber, die Milz, ja sogar die Niere in der Brusthöhle sich vorfinden.

Nach Knaggs (Lancet 1904) fanden sich unter 53 von ihm autoptisch untersuchten Fällen 22 mal Magen und Kolon, 9 mal der Magen allein im Pleuraraume. Das Kolon allein (ohne Magen) fand er nie in der Pleurahöhle; doch habe ich in einem Falle (Abb. 101 und 102) eine derartige Beobachtung gemacht.

Das Herz ist in der Regel nach rechts verlagert, besonders nach Nahrungsaufnahme. Wenn der Defekt aber nur die hinteren Zwerchfellpartien betrifft und die in der Brusthöhle befindlichen Baueingeweide somit nur die hinteren und unteren Partien des betreffenden Brustraumes, d. h. das Gebiet der unteren Lungenpartien sowie den Retrokardialraum einnehmen, wird das Herz nicht wie gewöhnlich nach rechts verlagert, sondern lediglich an die vordere Brustwand angedrängt.

Eine besondere Berücksichtigung in dieser Abhandlung soll noch der

Hernia diaphragmatica congenita

zuteil werden.

Angeborene Zwerchfelldefekte sind nicht bloß bei Kindern, besonders neugeborenen, sondern auch bei Erwachsenen beobachtet worden.

Im Gegensatze zur erworbenen ist eine angeborene Zwerchfellhernie fast stets mit einem Bruchsack versehen, also eine *Hernia vera*; sie ist ferner von glatten Rändern umgeben und häufig von rundlicher Form. Besteht eine Zwerchfellfalte rings um den Defekt, so kann ein Trauma als ursächliches Moment sicher ausgeschlossen werden. Für die Diagnose wäre also die Form und Lagebestimmung des Defektes von großem Werte, aber sie ist leider auch mit Hilfe des Röntgen-Verfahrens nur selten ausführbar.

Im Gegensatz zur erworbenen Hernie bestehen bei der kongenitalen keinerlei Adhäsionen zwischen Rand der Zwerchfell-Lücke und vorgefallenen Organen. Während bei erworbener Hernie das gut fixierte Coecum gewöhnlich an normaler Stelle liegt, findet man dasselbe bei angeborener Hernie meist hoch in den Thorax hinauf verlagert, weil das bei dieser Mißbildung häufig vorhandene, für Dünn- und Dickdarm gemeinsame Mesenterium (*Mesenterium commune*) eine große Beweglichkeit gestattet (Assmann). Ein solcher Befund kann differentialdiagnostisch zur Unterscheidung von angeborener und erworbener Hernie verwertet werden. In Hinsicht auf die Verschiedenartigkeit des anatomischen Befundes sagt G. Gruber, daß uns jede neue Beobachtung von Zwerchfellhernie neue Rätsel aufgibt.

Abgesehen von Zwerchfellveränderungen ist die Lunge auf der befallenen Seite komprimiert und retrahiert und daher atelektatisch, so daß sie auf dem Röntgenbilde dunkler erscheint als die andere.

Der Nervus phrenicus wurde (bei Sektionen) auf der betroffenen Seite gewöhnlich als dünner, schlaffer, bindegewebiger, nur wenige Nervenfibrillen enthaltender Strang gefunden.

Die angeborenen Brüche des Zwerchfelles erfolgen meist durch die natürlichen Öffnungen desselben, d. h. durch den Hiatus aorticus, den Hiatus oesophageus und das Foramen für die Vena cava (*F. quadrilaterum*), sowie durch die zwischen den drei muskulären Abteilungen des Zwerchfelles sich regelmäßig findenden, beiderseitigen physiologischen Lücken. Und zwar sind dies die vorne zwischen Sternal- und Kostalteil liegenden, aus fetthaltigem Bindegewebe bestehenden *Plicae pericardio-peritoneales* (*Trigonum costo-sternale*), welche beiderseits die Larreysche Spalte (entsprechend der Morgagnischen Stelle) ausfüllen, sowie die hinten zwischen Kostal- und Lumbalteil befindlichen *Plicae pleuro-peritoneales* (*Trigonum costo-lumbale*) nahe der sog. Bochdalekschen Stelle. Der Defekt betrifft viel häufiger das *Trigonum costo-lumbale* wie das *Trigonum costo-sternale*; doch entspricht derselbe bei angeborenen Zwerchfellbrüchen nach G. Gruber nicht der nur mit schwach entwickelter Muskulatur ausgestatteten Bochdalekschen Stelle, sondern einer Hemmungsbildung der (dorsalwärts gelegenen) *Plica pleuro-peritonealis*, an der sich häufig noch Reste der sog. serösen Membran bzw.

des membranösen (primitiven) Zwerchfelles finden, welche den Abschluß der Pleura- und Peritonealhöhle bilden. Größere Defekte betreffen Teile der Pars lumbalis, der Pars costalis und des benachbarten Gebietes des Centrum tendineum. Übrigens sind die kleineren Defektbildungen des Zwerchfelles gefährlicher als die größeren, weil erstere leichter zu Darmeinklemmungen Veranlassung geben. Alle vier Spalträume, besonders die hinteren zwischen Kostal- und Lumbalteil des Zwerchfelles gelegenen, wo der jüngste Teil desselben sich befindet, an welchem der definitive Abschluß des kostalen und lumbalen Zwerchfellanteiles stattfindet, sind Prädilektionsstellen für Zwerchfellrisse bei erworbenen und besonders für Zwerchfeldefekte bei angeborenen Zwerchfellhernien. Sie können demnach nebst den oben erwähnten Öffnungen, nament-

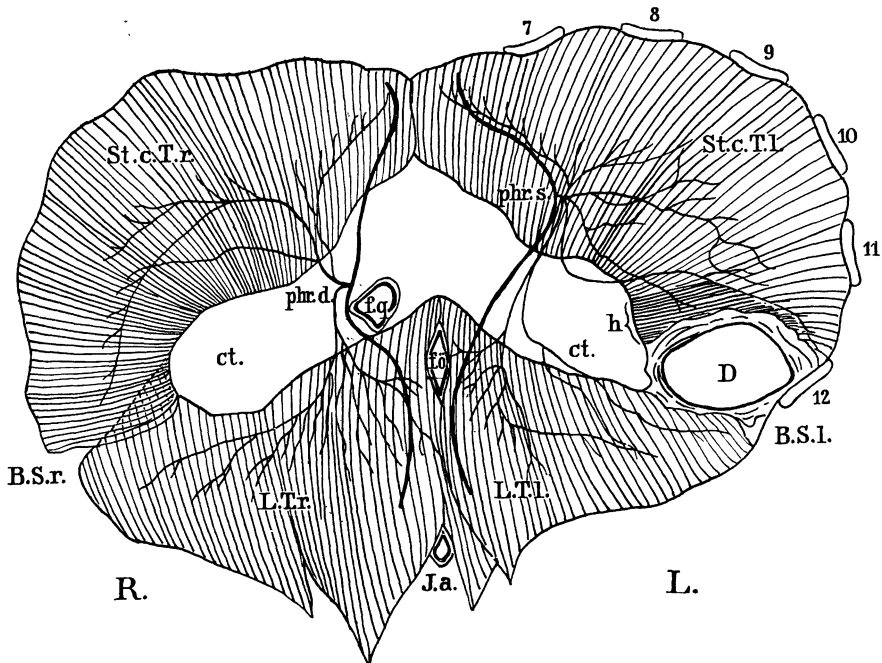


Abb. 103. Linksseitiger kongenitaler Zwerchfeldefekt in der Nähe der Bochdalekischen Stelle. Dreijähriges Kind. Nach W. v. Göbnitz (Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft 1904, Bd. 38). D die Stelle des Defektes, h hypertrophische Zone der Muskulatur. Die übrigen Buchstaben wie in Abb. 72.

lich dem Foramen oesophageum, als die natürlichen schwachen Stellen des Zwerchfelles bezeichnet werden. Durch sie treten die Baueingeweide bei *Hernia diaphragmatica* in den Brustraum ein. Besonders wenn die Pleuroperitoneal-Lücke — aus unbekannter Ursache — offen bleibt, kann ein kongenitaler Defekt entstehen.

Es sei zunächst auf die Beobachtungen von Dietlen und Knieriem, Eppinger und J. Freud sowie von Freni hingewiesen, welche wahre *Herniae diaphragmaticae paroesophageae* feststellten, bei denen der Hiatus oesophageus die Bruchpforte, Pleura und Peritoneum den Bruchsack und die oberen Magenabschnitte samt Netz den Bruchinhalt bildeten. In solchen Fällen findet sich ein umschriebener Luftbezirk, der in Beziehung zum Zwerchfell gebracht werden kann und von Divertikel und Karzinom des

Ösophagus bzw. der Kardia nur mit Hilfe der Röntgenuntersuchung zu unterscheiden ist; erst die Füllung des Ösophagus mit einem Kontrastmittel ermöglichte hier die Diagnose. Bei der Operation einer Hernia paroesophagea wird der Hiatus oesophageus an abnormer Stelle, und zwar sehr erweitert, der Ösophagus hingegen zu kurz befunden. Der Hiatus führt gewöhnlich in einen rechtsseitigen intrathorakalen Raum, in dem die im Abdomen fehlenden Organe sich befinden.

Wenn die Baueingeweide durch eine Larreysche Spalte (Trigonum costo-sternale) des Zwerchfelles in die Brusthöhle eintreten, spricht man von einer Hernia diaphragmatica parasternalis. Ein derartiger Fall wurde von Eppinger röntgenologisch beobachtet. Hier ließ sich nach Darreichung einer Wismutmahlzeit während der Dickdarmverdauung eine Kotsäule im Bruch nachweisen. Welli hat über eine doppelseitige Hernia parasternalis berichtet. Aus der neueren Zeit stammt eine diesbezügliche Mitteilung von Reich (W. m. W. 1922, Nr. 9) über zwei Fälle von rechtsseitiger Hernie. Hier fanden sich in einem Falle am rechten Zwerchfelle drei Bogenlinien, eine Kolonschlinge samt Netz war in den Brustraum, und zwar ventralwärts, verlagert. Häufig wird die Hernie in ursächliche Beziehung zum Foramen Bochdaleki gebracht. So von Gößnitz. Derselbe stellte bei einem Kinde einen großen Defekt an der Grenze von Pars costalis und Pars lumbalis fest (Abb. 103).

Auch das vollständige Fehlen einzelner Partien des Zwerchfelles, wie sie bei mangelhafter Anlage oder bei unvollkommenem Zusammenschluß der ventralen und dorsalen Anlage der Diaphragmaplatte vorkommen, kann zur Bildung von Zwerchfellbrüchen Veranlassung geben, indem die Baueingeweide durch die bestehenden Lücken in den Brustraum vordringen können.

Es kommen übrigens auch angeborene Zwerchfellhernien vor, bei denen der Defekt so ausgedehnt ist, daß er die ganze hintere Zwerchfellhälfte betrifft.

Nochmals sei betont, daß nach Angabe der Anatomen weitaus die meisten angeborenen Zwerchfellhernien sich im Gebiet des linken oder rechten Trigonum costo-lumbale finden.

Der Umstand, daß rechtsseitige Zwerchfeldefekte seltener sind als linksseitige, soll mit der embryonalen Entwicklung des Zwerchfelles zusammenhängen. Doppelseitige Defekte sind sehr selten.

In differentialdiagnostischer Hinsicht kommen bei erworbener und angeborener Zwerchfellhernie Phrenikuslähmung, Pneumothorax mit Exsudat, subphrenischer Abszeß und besonders Relaxatio (Eventratio) diaphragmatica in Betracht.

Phrenikuslähmung, Zwerchfellbruch und einseitiger Zwerchfellhochstand infolge von Zwerchfell-Lähmung, z. B. in Fällen von Pleuritis diaphragmatica bei Verwachsung derselben mit der Pleura pulmonalis, sind röntgenologisch gut zu unterscheiden. (Brustschmerz und Dämpfung H U können nur bei Unterlassung einer röntgenologischen Kontrastmittel-Untersuchung zur Fehldiagnose „Pleuritis“ verleiten.) Bei einseitiger Zwerchfell-Lähmung ist im Gegensatz zu Hernia (und Relaxatio) diaphragmatica der Situs der Baueingeweide nicht verändert, auch besteht keine Abnormität in bezug auf Lage und Form des Herzens.

Sero- oder Pyopneumothorax wird bei dem heutigen Stande unserer röntgenologischen Kenntnisse und Erfahrungen differentialdiagnostisch nur höchst selten in Frage kommen. Die Füllung des Magens mit einer Kontrastmahlzeit läßt den wahren Sachverhalt rasch erkennen und die diagnostische Entscheidung treffen. Der im Pleuraraume gelegene, mit Kontrastinhalt gefüllte Magen mit seinem horizontalen Flüssigkeitsspiegel und der darüber

befindlichen Luftblase kann namentlich bei Anwendung verschiedener Durchleuchtungsrichtungen und Körperstellungen mit Sicherheit von einem Pneumothorax mit Exsudatbildung unterschieden werden. Die Magenauflähmung oder die Einführung des Magenschlauches bringt übrigens dem Zweifler sofort die Entscheidung. Der Schlauch tritt bei *Hernia diaphragmatica* mit seinem Ende nach oben umbiegend in die überstehende Luftblase ein und kann sogar die Magenwandung vorstülpen (Abb. 93).

Übrigens schon die Anamnese, der klinische Befund, der Nachweis einer tuberkulösen Lungenerkrankung, sowie metallisch klingender Phänomene und das Fehlen von Borborygmen sowie verschiedenartigen perkutorisch-auskultatorischen Befundes vor und nach der Nahrungsaufnahme, besonders aber der der Zwerchfellhernie eigentümliche Wechsel von tympanischem Schall und Dämpfung werden die Erkennung des Pneumothorax, bei dem gleichfalls die perkutorisch-auskultatorischen Befunde eine gewisse Inkonstanz zeigen, leicht ermöglichen.

Bezüglich der Diagnose subphrenischer Abszeß (*Pneumothorax subphrenicus*) mit Eiteransammlung zwischen Leber und Zwerchfell genügt wohl in den meisten Fällen eine einmalige Leuchtschirmuntersuchung. Bei ihr lassen sich die diagnostischen Merkmale des Abszesses (Stillstand oder geringe respiratorische Zwerchfellbewegung neben subphrenischer Luftansammlung und abdominellem Flüssigkeitserguß in der Lebergegend mit horizontalem Spiegel und deutlicher *Succusio* bei der Atmung und bei mechanischen Erschütterungen des Rumpfes) sofort feststellen.

Der weitere Krankheitsverlauf läßt erkennen, daß die Hinaufdrängung und Bewegungsstörung des Zwerchfelles sowie die Gasbildung in Höhe der Zwerchfellkuppel meist unter Temperaturerhöhung rasch und stetig zunimmt.

Es sei noch kurz erwähnt, daß ein subphrenischer Abszeß im Gegensatze zur *Hernia diaphragmatica* rechterseits viel häufiger beobachtet wird als links.

Besonders wichtig ist die

Differentialdiagnose von *Hernia* und *Eventratio* (*Relaxatio*) *diaphragmatica* unter besonderer Berücksichtigung der Röntgenuntersuchung.

Beide Krankheitszustände (namentlich Hernien mit weiter Bruchpforte und *Eventration*) waren früher, bevor man ausreichende röntgenologische Erfahrungen gesammelt hatte, oft schwer voneinander zu unterscheiden. Allerdings bringt der röntgenologische Befund allein nicht immer volle diagnostische Klärung — stets muß auch der übrige klinische Befund sowie Anamnese und Ätiologie mitberücksichtigt werden.

Die Schwierigkeit der Diagnose hat uns eine Flut von diagnostischen Feststellungen gebracht. Auch sind verschiedene Fälle in der Literatur bekannt geworden, in denen von einigen Untersuchern *Hernie*, von anderen *Relaxatio* diagnostiziert wurde. Eine diesbezügliche Täuschung wird jetzt nicht mehr so leicht vorkommen — namentlich dann nicht, wenn man sich an die unten aufgeführten Unterscheidungsmerkmale hält.

Hernia.

Die Schmerzen treten akut, d. h. im Anschluß an das erlittene Trauma auf.

In der Folge bestehen periodische (von der Nahrungsaufnahme ab-

Eventratio.

Wird meistens beschwerdelos vertragen und ist deshalb oft Zufallsbefund.

Aber doch finden sich manchmal periodisch auftretende Krankheits-

hängige) Beschwerden, besonders Druckgefühl in der Brust. Bei linksseitiger Hernie fast stets nach dem Essen Schmerzen, welche nach ruckweiser Entleerung des Magens verschwinden, oder heftige Leibscherzen, welche bei Inkarzeration oft mit unstillbarem Brech- und Würgeiz, Stuhl- und Gasverhaltung einhergehen. Auffallend ist eine große Empfindlichkeit der Patienten gegen schwer verdauliche Speisen. Auch können dieselben oft nur kleine Speisemengen zu sich nehmen und müssen sich, um ihre Beschwerden (Druck, Völlegefühl nach der Nahrungsaufnahme, Brechreiz usw.) besser ertragen zu können, auf die erkrankte Seite legen. Appetitlosigkeit kann mit Heißhunger abwechseln. Bei Kindern sind außerdem stärkere Atemnot, Cyanose und Schlingbeschwerden beobachtet worden.

Inkonstanz der perkutorisch-auskultatorischen Befunde, d. h. große Veränderlichkeit des tympanitischen Klopfeschalles und der auskultatorischen Erscheinungen, namentlich vor und nach der Nahrungsaufnahme. Nicht selten metallisch klingende Borborygmen.

Meist starke Verdrängung des Herzens (Dextrokardie) und des Mediastinums nach der gesunden Seite sowie Verdrängung und Kompression der Lunge auf der betreffenden Seite.

Es besteht eine größere oder kleinere Lücke im Zwerchfell, die aber röntgenologisch schwer ersichtlich ist. Große respiratorische Zwerchfellbewegungen auf der gesunden Seite in Verbindung mit Hochstand und geringer Beweglichkeit oder sogar von Unbeweglichkeit des Zwerchfelles auf der erkrankten Seite.

Zuweilen paradoxe Bewegung des Zwerchfelles und der vorgefallenen Baueingeweide bei der Atmung. Nur wenn dieselben mit dem Zwerch-

erscheinungen mit Einschränkung der Atmung und Atmungsbeschwerden infolge des Zwerchfellhochstandes, ferner Herzbeschwerden infolge von Einschränkung der Zirkulation durch das nach rechts verlagerte Herz, endlich Magenbeschwerden, veranlaßt durch die Hochlagerung des Magens. Auch lassen sich die krankhaften Beschwerden gewöhnlich bis zur Kindheit zurückverfolgen und nicht wie bei der meistens erworbenen Hernie auf ein Trauma zurückführen.

Perkutorisch - auskultatorischer Befund zu verschiedenen Zeiten ziemlich gleichartig.

Mäßige Verlagerung meist (Medianstellung) und Verdrehung des Herzens.

Das Zwerchfell ist zwar erschlafft, aber in seiner Kontinuität erhalten. Durch dasselbe sind die in der Brusthöhle befindlichen Bauchorgane vollkommen überspannt.

Öfters normale d. h. gleichsinnige Bewegung der rechten und linken Zwerchfelloberfläche, jedoch meistens auf der kranken Seite sehr schwacher

fell verwachsen sind, erfolgt gleichzeitig mit letzterem inspiratorisches Tiefertreten der Bauchorgane.

Abnorme, wechselvolle Lage der prolabierten Bauchorgane.

Gewöhnlich findet man die große Kurvatur des hochstehenden Magens zwerchfellähnlich in Bogenform. Darunter die große Luftblase und der horizontale Flüssigkeitsspiegel sowie der vorgefallene Darm liegen über dem meistens nicht sichtbaren Zwerchfell. Kontrastfüllung des Magens und Darmes gibt entscheidenden Aufschluß über Lage und Form dieser Organe.

Der Nachweis peristaltischer Bewegungen, unter deren Einfluß Form und Lage der oben erwähnten bogenförmigen Schattenlinie sich ändert, sowie das wechselvolle Verhalten bei Lagewechsel und Nahrungsaufnahme spricht für Magen und damit für das Bestehen einer Hernie.

Hernie wegen drohender Einklemmung gefährlich. Auch sind gelegentlich wiederkehrende Einklemmungserscheinungen zu beobachten.

Endlich ist die Hernie fast stets erworben (Trauma), nur selten angeboren.

Es sei noch erwähnt, daß Hildebrand und Heß (M. m. W. 1905, Nr. 16) vorgeschlagen haben, eine Messung des Mageninnendruckes mittels des Schenkschen Gummi-Manometers und einer rotierenden Trommel vorzunehmen behufs Feststellung, ob sich der Magen in dieser Hinsicht wie ein Organ der Brusthöhle oder wie der in der Bauchhöhle befindliche normale Magen verhält. Bei der Hernie fanden sie Druckschwankungen, wie sie intrathorakal beobachtet werden, d. h. im Inspirium Sinken, im Expirium Steigen des Druckes, bei Eventratio hingegen ließ sich im Inspirium Steigen, im Expirium Sinken des Druckes feststellen. Doch hat sich die genannte Druckmessung als keine absolut zuverlässige differentialdiagnostische Methode erwiesen.

Ferner sei noch darauf hingewiesen, daß Jamin (Festschrift für Rosenthal 1906) auch die künstliche elektrische Reizung des Phrenikus als Unterscheidungsmerkmal herangezogen hat. Doch hat er selbst auf die Unsicherheit dieser Methode zu differentialdiagnostischen Zwecken hingewiesen.

Bewegungstypus und paradoxe Bewegung.

Eine Verlagerung der Bauchorgane besteht nur selten in dem hohen Grade wie bei Hernie.

Hochstehender, von der Mittellinie zur Brustwand ziehender Zwerchfellbogen (Zwerchfell auffallend dünn und dementsprechend zarte, schmale Schattenstreifen), während der Fornix des meist langgezogenen Magens und die übrigen lufthaltigen Gedärme unterhalb dieses Bogens liegen. Die Bogenlinie des in seiner Kontinuität erhaltenen Zwerchfelles behält stets ihre typische Kuppelform bei, es besteht also eine große Konstanz in bezug auf Form dieses Schattens.

Die Unveränderlichkeit des fraglichen bogenförmigen Schattens bei Lagewechsel, Nahrungsaufnahme, peristaltischen Bewegungen des Magens und Darmes spricht für Zwerchfell und damit für das Bestehen einer Eventration.

Eventratio im allgemeinen ungefährlich, fast niemals Einklemmung.

Die Eventratio ist fast immer angeboren.

Daß die Darreichung einer Kontrastmahlzeit die Differentialdiagnose wesentlich erleichtert, wurde schon oben bei Besprechung der bogenförmigen, entweder der Zwerchfellkuppel oder der großen Krümmung des Magens entsprechenden Schattenlinie an der unteren Lungengrenze hervorgehoben. Wenn dann noch die peristaltischen Wellenbewegungen des Magens in Beziehung gebracht werden können zu dieser Bogenlinie, ist bezüglich ihrer Herkunft jeder Zweifel ausgeschlossen. Befinden sich Dickdarmenteile in der Pleurahöhle, so kann ein Kontrasteinlauf wesentlich zur Vervollständigung der Diagnose beitragen.

Viel weniger zuverlässig als die Verwendung eines Kontrastmittels (z. B. Barium sulfuricum) ist in differentialdiagnostischer Hinsicht die schon oben besprochene Sondenuntersuchung oder die Aufblähung des Magens mit Luft oder Kohlensäure und Untersuchung in Brusttieflage bei Anwendung verschiedener Strahlenrichtungen.

Im ersteren Falle kann allerdings der Verlauf der Sonde im Magen genau festgestellt werden (Abb. 93, 97); aber da sie keinen charakteristischen Verlauf zeigt, sondern im Magen lediglich eine ziemlich stark kaudalwärts gerichtete, bogenförmige Krümmung bildet, während ihre Spitze kranialwärts gerichtet ist, erhalten wir durch die genannte Untersuchung häufig keine genauere Aufklärung über den Situs der Baucheingeweide bzw. des Magens. Im letzteren Falle d. h. durch künstlich zugeführtes Gas wird das Herz noch weiter nach rechts gedrängt und der Magen enorm hochgedrängt, ja seine obere Grenzlinie kann fast bis zur Clavicula hinaufsteigen (Abb. 96).

Die Lufteinblasung ins Abdomen (Pneumoperitoneum), wobei das eingeblasene Gas bei Zwerchfeldefekt in den Brustraum vordringt, bei Relaxatio hingegen nicht, ist, wenngleich die Methode nicht als harmlos zu erachten ist, hier doch unter Umständen gerechtfertigt. Allerdings führt dieselbe, wie Freud und Horner [Fortschritte, Bd. 29, H. 2 (1922)] gezeigt haben, auch nicht immer zum Ziele, und zwar besonders dann nicht, wenn Adhäsionen bestehen, die das Vordringen des eingeblasenen Gases in das pathologische Gebiet verhindern. Ein abschließendes Urteil über die Anwendung der Methode ist bei der geringen Anzahl von Fällen, in denen sie bis jetzt zur Anwendung kam, noch nicht ermöglicht.

Es muß zugegeben werden, daß vielleicht auch jetzt noch trotz Anwendung des Röntgenverfahrens in dem einen oder anderen schwierig gelagerten Krankheitsfalle die Differentialdiagnose „Hernia oder Eventratio diaphragmatica“ selbst nach wiederholten Durchleuchtungen bei verschiedener Körperlage und verschiedenen Füllungszuständen des Magens und Darmes nicht mit voller Sicherheit zu stellen ist. Immerhin kann in jedem Falle durch die Röntgenuntersuchung Phrenikuslähmung, Pneumothorax mit Exsudatbildung, subphrenischer Abszeß, ferner Pleura-Erguß, einfache Dextrokardie, sowie Kardiospasmus und Bronchostenose leicht und sicher ausgeschlossen werden.

Die Differentialdiagnose von Hernia und Eventratio diaphragmatica ist namentlich wichtig in bezug auf die Prognose, da eine Hernie wegen der bestehenden Einklemmungsgefahr prognostisch viel ungünstiger beurteilt werden muß als eine Eventratio. Besonders aber aus therapeutischen Gründen ist die Feststellung der Diagnose von schwerwiegender Bedeutung, weil man die bei der Zwerchfellhernie bestehende pathologische Zwerchfell-Lücke auf operativem Wege schließen und dadurch der Möglichkeit einer Inkarzeration vorbeugen kann. Und für die Ausführung eines derartigen Eingriffes ist die anfallsfreie Zeit doch viel günstiger als die Zeit, in der Inkarzerations-Erscheinungen bestehen. Allerdings ist die Schwierigkeit einer derartigen (thorakalen oder abdominalen) Operation, besonders wegen der häufig bestehenden Verwachsungen der am Prolaps beteiligten Organe, nicht zu unterschätzen.

Die Röntgenuntersuchung des Zirkulationsapparates.

Von

F. M. Groedel-Frankfurt a. M.-Bad Nauheim.

Mit 87 Abbildungen.

Einleitung: Die physikalischen Grundlagen für die Röntgenuntersuchung des Herzens und der Gefäße.

Bekanntlich hängt die röntgenologische Darstellbarkeit eines Organs nicht nur von seiner eigenen Beschaffenheit ab, sondern auch von der der Nachbarorgane, oder eigentlich von der Differenz seiner Konstitution gegenüber derjenigen der umgebenden Körpergewebe. Es ist einerlei, ob das betreffende Organ ein hohes Atomgewicht hat — ob es kompakt ist, eine große Dichte und Tiefe besitzt — oder ob es ein geringes Atomgewicht hat — voluminös, aber leicht und lufthaltig ist — mit anderen Worten, ob es die Röntgenstrahlen stark oder nur wenig absorbiert. Das, worauf es ankommt, ist der Dichtigkeitsunterschied des darzustellenden Körperteils gegenüber der Nachbarschaft.

Für die röntgenologische Darstellung des Herzens sowohl, als auch der der großen von und zu ihm verlaufenden Gefäße liegen die Verhältnisse besonders günstig, indem sie einen außerordentlich großen (natürlichen) Dichtigkeitsunterschied gegenüber der Umgebung besitzen. Nicht nur ihre teilweise mächtige Wandung, mehr noch das in ihnen zirkulierende Blut bedingt ein hohes Volumgewicht und befähigt sie, die Röntgenstrahlen in hohem Maße zu absorbieren. Im Gegensatz hierzu besitzt das beiderseits benachbarte Organ, die Lunge, die Fähigkeit der Röntgenabsorption nur in sehr geringem Grade, entsprechend seinem sehr niedrigen Volumgewicht. Es erscheint daher auf dem Leuchtschirme der Schatten des Herzens und des von ihm aus nach oben strebenden Gefäßbündels als ziemlich homogen dunkler Schatten inmitten des großen hellen Lungenfeldes (Mittelschatten). Während so die genaue laterale Abgrenzung des Herzens und der großen Gefäße und das Studium der betreffenden Randteile besonders leicht und exakt ausführbar ist, läßt sich die untere und obere Herzgrenze fast gar nicht erkennen. Hier fehlt die Voraussetzung einer röntgenologischen Differenzierbarkeit, indem einerseits Herz und Leber, andererseits Herz und große Gefäße ziemlich gleich tiefe Röntgenshatten erzeugen. Eine Ausnahme macht jener Teil der unteren Herzsattengrenze, der nicht an den Leberschatten grenzt, sondern vor das kraniale Ende des Magens gelagert ist — also im wesentlichen die Herzspitze. Bei starker Abblendung läßt sie sich in der Mehrzahl der Fälle gut darstellen. Mitunter erleichtert auch die Anwesenheit von Luft im obersten Magenteil (Magenblase) die Untersuchung. Ebenso oft wird aber bei zu reichlicher Luftansammlung das Röntgenbild der

Herzspitze verschleiert. Wir dürfen wohl annehmen, daß in solchen Fällen die in der zu großen Magenblase entstehende starke Sekundärstrahlenbildung die Ursache der Schattenverwischung ist.

Die auf der einen Seite so sehr günstig wirkende starke Röntgenabsorptionskraft des Herzens und der zentralen Gefäßstämme erschwert andererseits insofern die Röntgenuntersuchung, als sie es uns fast unmöglich macht, die verschiedenen Teile des Mittelschattens voneinander zu differenzieren oder gar Einzelheiten der Klappen, der Herzgefäße usw. zu erkennen. Wie es uns trotzdem in mancher Hinsicht gelingt, über diese Schwierigkeit hinwegzukommen, wird später erläutert werden.

Noch mißlicher aber liegen die Verhältnisse für die Röntgenuntersuchung aller peripheren und kleineren, sowie für die der größeren nicht im Thorax verlaufenden Gefäße. Es fehlt hier der natürliche Dichtigkeitsunterschied gegenüber der Nachbarschaft überhaupt, oder er ist zu gering. Künstliche Dichtigkeitsunterschiede können wir aber im Gegensatz zum Verdauungstraktus am Zirkulationsapparat *intra vitam* nicht schaffen.

Es ergibt sich fernerhin von selbst, wie weit, in welcher Weise und durch welche physikalische Änderung pathologische Zustände des Zirkulationssystems röntgenologisch festgestellt werden können. In erster Linie sind es Abweichungen von der normalen Form, Lage und Größe der Schattenbilder, die uns zur Diagnosestellung dienen, weiterhin Pulsationsänderungen und endlich neuauftretende Schatten, resp. Schattenvertiefungen zirkumskripten Partien. Letzteres ist fast immer die Folge von richtigen Kalkablagerungen und läßt sich an den zentralen kompakteren Abschnitten des Zirkulationsabschnittes natürlich viel seltener nachweisen, als an den peripheren Gefäßen.

Historischer Rückblick. Überschaun wir das, was die Röntgenologie während ihres rund 25 jährigen Bestehens bei der Untersuchung des normalen und pathologischen Zirkulationsapparates geleistet hat, so lassen sich einige wenige Punkte hervorheben, die besonders wichtig für die Weiterentwicklung waren.

Anfangs stand die Röntgenoskopie im Vordergrund des Interesses. Die Pulsationsbeobachtung war damals technisch noch sehr schwierig. So konzentrierte sich unser Bemühen fast ausschließlich darauf, die Herzgröße mit Hilfe der Röntgenstrahlen festzustellen. Nach entsprechenden Vorarbeiten zahlreicher Autoren gelang es Moritz, eine Methode auszubauen — die Orthodiagraphie —, durch welche die Frage in relativ einfacher aber exakter Weise gelöst wurde. Seitdem sind zahlreiche Apparatypen für die orthodiagraphische Herzaufnahme angegeben und neue Methoden erdacht worden, die im technischen Teil besprochen werden sollen. Allmählich drang aber immer mehr die Überzeugung durch, daß ebenso bedeutungsvoll wie die Größenbestimmung des Herzens, vielleicht noch wertvoller, die Formbestimmung des Herzschatens für die Diagnosestellung ist. Theo Groedel und Verfasser stellten zum erstenmal die häufigsten Formvarietäten des Herzröntgenbildes zusammen. Auf dieser Grundlage hat sich dann im Laufe der Zeit ein wichtiger Zweig der Herz-Röntgenuntersuchung aufgebaut und die Herzgrößenbestimmung wieder etwas in den Hintergrund gerückt. Eine bedeutende Erweiterung der diagnostischen Möglichkeiten brachte ferner die Einführung der Beobachtung im sogenannten schrägen Durchmesser, um die sich besonders v. Criegarn, Holz knecht, Rieder u. a. verdient gemacht haben. Sie ermöglichte erst die Untersuchung der von der Brustwand weiter abliegenden Teile des Zirkulationssystems, besonders der absteigenden Aorta, des linken Vorhofes usw., während durch das von mir vorgeschlagene Verfahren der exzentrischen Thoraxprojektion die einzelnen Teile der Aorta fast vollkommen sichtbar gemacht werden können.

Nicht im gleichen Tempo entwickelte sich das röntgenographische Verfahren, das erst in den letzten 10 Jahren so ausgebildet wurde, daß es in einigen Fragen der Röntgenologie des Zirkulationssystems besseren Aufschluß geben kann als die Schirmbeobachtung. Es liegt dies natürlich nur an den besonders hohen Forderungen, die gerade auf diesem Gebiete an die Röntgenographie gestellt werden müssen. Denn wenn in den ersten Monaten der Röntgenära eine Thoraxaufnahme 1—2 Stunden Expositionszeit erforderte, gegenüber $\frac{1}{200}$ Sekunde der modernen Technik, so bedeutet dies eine millionfache Abkürzung resp. Verbesserung. Daß aber ein solcher Fortschritt nur durch dauernde allmähliche Verfeinerung der Methode erreicht werden kann, ist auf der Hand liegend. So waren selbstverständlich auch alle Errungenschaften, die auf diesem Gebiete erzielt wurden, von großem Nutzen

für die Herzröntgenographie. Ein wesentlicher Umschwung trat jedoch erst ein, als es uns 1908 möglich wurde, mit den damals zur Verfügung stehenden Mitteln Momentaufnahmen des Herzens zu machen. Meine gemeinsam mit Ingenieur Horn durchgeführten Arbeiten führten zu dem Resultat, daß eine Herzaufnahme nur noch $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$ Sekunde, eine Köhlersche Teleaufnahme des Herzens 1—2 Sekunden Expositionszeit bedurfte. Relativ schnell ging nun die Weiterentwicklung vor sich. Bessere Verstärkungsschirme wurden fabriziert, leistungsfähigere Röhren wurden gebaut, und auch die Röntgenapparate selbst wurden nach verschiedenen Systemen ausgebaut, zu immer höherem Nutzeffekt umgestaltet, so daß wir heute bei Expositionen von $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{1000}$ Sekunden angelangt sind. Die Vorteile, die durch diese Fortschritte der Herzröntgenologie erwachsen, seien an einigen wenigen Beispielen erläutert. Der Nachweis von Kalkablagerungen in der Aorta gelang nun häufiger (Köhler), auch im Perikard ließen sich Kalkdepots feststellen (Groedel, Schwarz). Zum erstenmal wurde es möglich, einen isoliert übermäßig ausgedehnten Herzteil darzustellen (Groedel). Stereoskopische Herzaufnahmen konnten bei Atemstillstand hergestellt werden. Die Herzphotogramme konnten in Relation mit der Pulskurve gebracht werden (Eijkman, Stuerz, Weber, Koranji, Elischer, Groedel), die der einzelnen Aufnahme entsprechende Bewegungsphase des Herzens durch das Elektrokardiogramm bestimmt werden (Th. u. F. Groedel); bis zu einem gewissen Grade der Vervollkommnung ist mir, wie meine Demonstration im Verein für innere Medizin in Berlin bewies, schon 1909 die kinematographische Wiedergabe der Herzbewegung geglückt, zum endgültigen Abschluß brachte ich diese Versuche vor Kriegsausbruch.

I. Spezielle Technik.

Sowohl die röntgenoskopische wie auch die röntgenographische Untersuchung des Zirkulationssystems erfordert in vieler Hinsicht eine besondere, von der sonst üblichen teilweise abweichende Technik ¹⁾.

Für die Untersuchung der peripheren Gefäße wird die Röntgenoskopie fast nie ausreichen. Sicherem Aufschluß kann meist nur eine Plattenaufnahme geben, die in der auch sonst üblichen Weise hergestellt wird. Für die Röntgenuntersuchung des Herzens und für diejenige der großen im Thoraxinnern verlaufenden Gefäße gelten ziemlich gleiche Regeln. Es erübrigt sich daher eine gesonderte Besprechung der Herz- und Gefäßuntersuchung.

1. Strahlenrichtung.

Zunächst muß eine für die Röntgenuntersuchung im allgemeinen, besonders aber für die des Zirkulationsapparates sehr wichtige Frage erörtert werden: die Durchleuchtungsrichtung. Herz und große Gefäße bilden ein Konglomerat an- und übereinander gelagerter Gebilde, das selbst auf dem Obduktionstisch manchmal schwer zu übersehen ist. Für die Röntgenübersicht wirken noch das vorgelagerte Brustbein, die angelagerten massiveren Lungengebilde, die Wirbelsäule u. a. sehr erschwerend. So sind wir genötigt, jede nur denkbare Projektionsrichtung auszunutzen, um die einzelnen Teile dem Auge sichtbar zu machen, von dem Gesamtbild zu isolieren. Da ich bei Besprechung des normalen Herz-Gefäßschattens auf Einzelheiten näher eingehen muß, sehe ich an dieser Stelle von jeder weiteren Erörterung ab und begnüge mich mit einer einfachen Aufzählung der anwendbaren hauptsächlichlichen Durchstrahlungsrichtungen.

Der schnelleren Orientierung wegen müssen wir uns bestimmter Bezeichnungen für die einzelnen Strahlenrichtungen bedienen. Hierbei dürften als maßgebende Faktoren zu nennen sein: die Richtung, in welcher der Zentralstrahl der Röhre den Brustkorb durch-

¹⁾ Ausführlich ist die Technik geschildert in meiner Monographie „Die Orthoröntgenographie“ (München: J. F. Lehmann 1909), und in dem zweiten Band von Heinz Bauers Bibliothek der physikalisch-medizinischen Techniken (H. Meuser, Berlin 1912), in welchem ich die Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen dargestellt habe. Ferner ist nachzulesen in dem von mir herausgegebenen Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik, 3. Aufl., München: J. F. Lehmann 1921.

dringt (senkrecht, quer oder schräg), sowie die Stellung der Röhre zur Platte resp. dem Schirm (zentrisch, hoch-, tief-, seitenexzentrisch).

1. a) Dorso-ventrale Sagittal-Aufnahme: Platte vor der Brust, Röhre am Rücken.
1. b) Vento-dorsale Sagittal-Aufnahme: Platte am Rücken, Röhre vor der Brust.
2. a) Dextro-sinistrale Frontal-Aufnahme: Platte auf der linken Seite, Röhre auf der rechten Seite des Thorax.
2. b) Sinistro-dextrale Frontal-Aufnahme: Platte auf der rechten Seite, Röhre auf der linken Seite.
3. a) Dorso-ventraler erster schräger Durchmesser: Platte vor der rechten Schulter, Röhre hinter der linken Schulter.
3. b) Vento-dorsaler erster schräger Durchmesser: Platte hinter der linken Schulter, Röhre vor der rechten Schulter.
4. a) Dorso-ventraler zweiter schräger Durchmesser: Platte vor der linken Schulter, Röhre hinter der rechten Schulter.
4. b) Vento-dorsaler zweiter schräger Durchmesser: Platte hinter der rechten Schulter, Röhre vor der linken Schulter.
5. a) Dorso-ventrale links-exzentrische Aufnahme: Platte vor der Brust, Röhre hinter der linken Schulter.
5. b) Vento-dorsale links-exzentrische Aufnahme: Platte am Rücken, Röhre vor der linken Schulter.
6. a) Dorso-ventrale rechts-exzentrische Aufnahme: Platte vor der Brust, Röhre hinter der rechten Schulter.
6. b) Vento-dorsale rechts-exzentrische Aufnahme: Platte am Rücken, Röhre vor der rechten Schulter.
7. a u. b) Kranial-exzentrische dorso-ventrale oder ventro-dorsale Aufnahme: Plattenstellung wie bei 1—6, Röhre nach dem Kopf hin aus dem Plattenzentrum verschoben.
8. a u. b) Kaudal-exzentrische ventro-dorsale oder dorso-ventrale Aufnahme: Plattenstellung wie bei 1—6, Röhre nach dem Becken hin aus dem Plattenzentrum verschoben.

Aus den Textabbildungen (13—41) wird sich der Sinn der gewählten Nomenklatur ohne weiteres ergeben. Bei allen Dorsoventral-Aufnahmen durchdringen die Strahlen den Körper vom Rücken nach der Brust hin, umgekehrt bei den ventrodorsalen. Bei der Sagittal-Aufnahme verläuft der Zentralstrahl entsprechend der Sagittalnaht des Schädels, bei der Frontal-Aufnahme entsprechend der Frontalnaht und bei den beiden Aufnahmen im schrägen Durchmesser in einer zwischen der Frontal- und Sagittal-Richtung gelegenen Ebene. Zur Aufnahme im sagittalen, frontalen oder schrägen Durchmesser wird die Röhre auf die Plattenmitte eingestellt, nachdem diese selbst zuvor auf die Thoraxmitte zentriert worden ist. Wie die Abb. 13—31 zeigen, wird alsdann der Körper des zu Untersuchenden derart zwischen Platte und Röhre gebracht, daß die gewünschte Projektion resultiert.

Im Gegensatz zu den unter 1 a bis 4 b aufgezählten (zentrischen) Aufnahmerichtungen, können die übrigen (5 a—8) als exzentrische bezeichnet werden. Wie aus den Abb. 32—41 zu ersehen ist, wird hier die Platte in regelrechter Weise auf die Brust eingestellt und der Patient mit Brust oder Rücken in innigen Kontakt mit der Kassette gebracht. Dann wird die Röhre, die zunächst auf die Platte zentriert war, nach links, rechts, oben oder unten verschoben. Selbstverständlich gilt das hier Aufgeführte in genau derselben Weise für Durchleuchtung wie Plattenaufnahmen.

Nebenbei sei auf folgende Punkte aufmerksam gemacht, die sich teilweise aus den Abbildungen von selbst ergeben und für das Resultat der Aufnahme wichtig sind. Bei der dorsoventralen Sagittal-Aufnahme (die ventro-dorsale wird selten notwendig) umarmt der Patient die Kassette, jedoch dürfen die Schultern nicht hoch gezogen werden. Das Kinn soll gerade noch bei zurückgebeugtem Kopf auf den Kassettenrand aufgelegt werden können. Zur Frontal-Aufnahme werden die Arme nach oben gehalten oder durch eine entsprechende Vorrichtung fixiert. Die der Platte zugekehrte Seite (fast immer die linke) muß fest angepreßt werden. Bei den Schrägaufnahmen wird am besten der der Röhre zugekehrte Arm hinter den Kopf gehalten, der andere Arm umfaßt nach Möglichkeit die Kassette. Dabei ist darauf zu achten, daß die der Kassette anliegende Schulter möglichst nahe der Plattenmitte kommt. Die Drehung des Körpers muß bei den Schrägaufnahmen mindestens $\frac{1}{2}$ rechten Winkel, besser noch mehr betragen. Bezüglich der seitlich exzentrischen Aufnahmen ist folgendes zu sagen: Die Röhre wird am besten um einen achtel Kreisbogen nach links oder rechts bewegt. Es empfiehlt sich, den Patienten aus der Plattenmitte etwas mehr zur Röhre hinzustellen, damit die Platte voll ausgenutzt wird. Alles Weitere wird bei Besprechung des mit den verschiedenen Strahlenrichtungen hervorgerufenen Thoraxbildes erörtert werden.

2. Durchleuchtungstechnik.

Bezüglich der Durchleuchtungstechnik sind für den Zirkulationsapparat keine besonderen Vorschriften zu geben. Wenn möglich sind alle, oder eine größere Zahl der oben aufgeführten Durchleuchtungsrichtungen in Anwendung zu bringen. Zu diesem Zweck empfiehlt es sich, eines der gebräuchlichen, einfachen Röhrenstative mit equilibriert aufgehängter Röhre und Schirm zu benutzen, während der Patient am zweckmäßigsten auf einem Drehschemel Platz nimmt. Zur Abblendung der Röhre wird eine quadratische verstellbare Blende bevorzugt. Einige weitere Details werden zusammen mit dem orthodiagraphischen Verfahren besprochen werden.

Es ist dringend zu empfehlen, die Blendenöffnung selbst mit einem 1 mm starken Aluminiumblech zu überdecken und zwischen Patient und Röhre eine kräftige Segeltuchwand aufzustellen. Beide Faktoren vermindern die Verbrennungsgefahr durch Abfilterung der weichen Strahlen, der letztere verhindert zugleich zu große Annäherung der Röhre an den Patienten. Daß man möglichst kurzzeitig durchleuchten soll, deshalb gute Dunkeladaption abwarten muß, daß die Röhrenbelastung pro Zeiteinheit nicht zu hoch sein darf, versteht sich von selbst. Röntgenverbrennungen als Folge von Röntgenuntersuchungen dürfen heute fast ausnahmslos auf Ignoranz und Gewissenlosigkeit der verantwortlichen Ärzte und ihres Hilfspersonals zurückgeführt werden.

3. Aufnahmetechnik.

Auch für die Aufnahmetechnik des Herzens und der großen Gefäße gelten im wesentlichen die allgemeinen Regeln. Ebenso wie die Durchleuchtung wird auch die Herzaufnahme bei vertikaler Körperstellung vorgenommen, weil — abgesehen von der leichteren Ausführbarkeit der Untersuchung — das Zwerchfell in dieser Körperstellung tiefer tritt, die einzelnen Organteile übersichtlicher dargestellt werden, die Bildkontraste kräftiger werden. Patienten, die während der kurzzeitigen Aufnahmen weder stehen noch sitzen können, sind für gewöhnlich einer Herz-Röntgenuntersuchung überhaupt nicht zu unterziehen. Selbstverständlich wird man bei Herz-Gefäßaufnahmen so kurzzeitig wie möglich exponieren, um einer durch die pulsatorischen Bewegungen bedingten Verwischung der Schattenränder entgegenzuarbeiten. Für gewöhnliche Bedürfnisse genügt in dieser Beziehung eine Belichtungszeit von etwa $\frac{1}{10}$ Sekunden, wie sie fast alle modernen Instrumentarien in Verbindung mit den neueren Verstärkungsschirmsorten gestatten. Noch schärfere Randzeichnung erhalten wir natürlich bei Einschlagaufnahmen, die durchschnittlich in $\frac{1}{200}$ Sekunde erfolgen. Die wichtigeren Details über die Aufstellung des Patienten wurden bereits zusammen mit den Aufnahmerichtungen besprochen. Es sei nur noch angefügt, daß man möglichst die ganze Lungenfläche mit dem Herzgefäßschatten zugleich darstellen soll, um einen annähernden Überblick über die gegenseitigen Größenverhältnisse der Brustorgane zu erhalten. Deshalb wird meist das Plattenformat 40:50 cm zu wählen sein. Die Röhre muß etwa auf den unteren Skapularwinkel eingestellt werden, der meist in die Plattenmitte zu stehen kommt. Wenn keine besonderen Verhältnisse vorliegen, wird man stets mit einem Fokusplattenabstand von 60 cm auskommen. Die Aufnahmen werden immer bei nach tiefer Inspiration angehaltenem Atem, oder — wenn ein Einschlagapparat zur Verfügung steht — auf der Höhe einer tieferen Inspiration vorgenommen. Es empfiehlt sich, nicht allzu weiche Röhren zu benutzen, da zu stark ausgeprägte Lungen- und besonders Hiluszeichnung für die vorliegenden Zwecke erschwerend wirkt.

4. Momentaufnahmen des Herzens.

Da die Bewegungen des Herzens außerordentlich schnell erfolgen, können wir natürlich nur durch sehr starke Abkürzung der Belichtungszeit vollkommene Randschärfe des Schattens erzielen. Die älteren Herzröntgenogramme ließen in dieser Beziehung recht viel zu wünschen übrig. Schon 1899 hatten Rieder und Rosenthal¹⁾ Herzaufnahmen in weniger als einer Sekunde herstellen können. Aber erst 1908 gelang es Ingenieur Horn und mir²⁾, die Bedingungen für kurzzeitige Thoraxaufnahmen zu formulieren und eine Methode bekannt zu geben, um mit jedem größeren Instrumentarium derartige Bilder bei $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$ Sekunden Expositionszeit herzustellen. In den wenigen Jahren, die seither verflossen, hat die Technik weitere enorme Fortschritte gemacht. Jetzt sind wir in der Lage, unter Benutzung besonders geeigneter stark blaufluoreszierender Verstärkungsschirme, leistungsfähigerer Röhren und besonders dimensionierter Instrumentarien Herzbilder bei $\frac{1}{200}$ Sekunden und weniger Belichtungszeit, selbst von sehr korpolenten Personen aufzunehmen. Erst durch diese sog. Einschlagapparate sind wir nun imstande, Herzaufnahmen im Pulsationsstillstand — wenn man so sagen darf — herzustellen. Ich selbst benutze seit Jahren den Unipulsapparat von Reiniger Gebbert & Schall, der mit einem bequem zu bedienenden mechanischen Unterbrecher arbeitet. Gegenüber den mit Patronenunterbrechung ausgestatteten Instrumentarien scheint mir dieser Apparat vor allem den Vorteil zu bieten, daß wir eine geringere Stromstärke benötigten (40—60 Ampère gegenüber 250 Ampère der Patronenunterbrechung), daß ein Versagen des Unterbrechers unmöglich ist und daß das zeitraubende und Extrakosten verursachende jedesmalige Einsetzen der Patronen in Wegfall kommt.

5. Ermittlung der Bewegungsphase für die einzelnen Herzaufnahmen.

Die Bestrebungen, das Herz in einem bestimmten Aktionsmoment aufzunehmen oder wenigstens die der einzelnen Aufnahme entsprechende Bewegungsphase des Herzens festzustellen, gehen weit zurück. Schon 1899 beschrieb Guilleminot ein Verfahren, bei dem dies mittels der gleichzeitig aufgenommenen Spitzenstoßkurve erreicht werden sollte, und Cowl veröffentlichte in gleicher Richtung sich bewegende Experimente.

Seit Einführung des Einschlag-Aufnahmeverfahrens wurden die Versuche dann von verschiedener Seite wieder aufgenommen.

Eijkman³⁾ konstruierte sich einen Sphygmographen, dessen Hebel durch Anschlagen an einen verstellbaren Kontakt die Exposition auslöste. In ähnlicher Weise gingen Stuerz⁴⁾ und Koranji und Elischer⁵⁾ vor. A. Weber⁶⁾ benutzt das Prinzip der photographischen Pulsschreibung. Er läßt das durch den Puls bewegte Lichtband auf eine in einen Stromkreis geschaltete Selenzelle fallen, so daß der Strom mittels eines entsprechend eingestellten Relais in einem vorher zu bestimmenden Moment eingeschaltet wird.

Auch die Apparatur Huismans verfolgt dieses Ziel. Die geistreich durchdachte und ausgearbeitete Versuchsanordnung ist in zahlreichen Publikationen von Huismans geschildert worden. Die Sache scheidert aber an der Unmöglichkeit, aus dem Pulsbild die Herzphase einwandfrei exakt zu bestimmen.

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1899. — ²⁾ Münch. med. Wochenschr. 1908. Nr. 11 — ³⁾ 81. Vers. deutscher Naturforscher u. Ärzte, Salzburg 1909. — ⁴⁾ Deutsche med. Wochenschr. 1911. — ⁵⁾ Zeitschr. für Röntgenkunde. Bd. 12. u. Zeitschr. für Klin. Med. 1912. — ⁶⁾ 27. Kongr. für innere Med. Wiesbaden 1910.

Ausgehend von der Überlegung, daß man aus dem Pulsbilde, selbst bei exakter Berechnung der Pulsverspätung, doch nie genau auf die jeweilige Herzphase, noch weniger auf das Aktionsmoment der einzelnen Herzhöhlen schließen kann, bemühte ich mich gemeinsam mit Theo Groedel ein Verfahren auszubilden, das die Kombination der Röntgenaufnahme mit dem Elektrokardiogramm ermöglichen sollte, also mit einer kurvenförmigen wirklich synchronen Darstellung der an den einzelnen Herzabschnitten ablaufenden Bewegungsvorgänge.

Schon unsere ersten Versuche zeigten, daß man bei diesem Vorgehen mit einer großen Zahl ungeahnter Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Das Haupt-

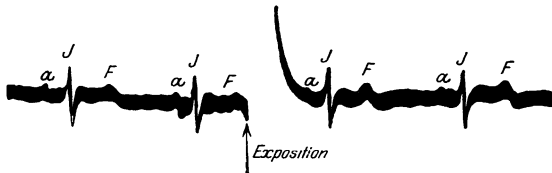


Abb. 1. Elektrokardiogramm im Moment der Röntgenaufnahme aus der Nulllinie abgelenkt. (Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 102.)

hindernis bildete folgende Erscheinung: Verbindet man in der bekannten Weise durch zwei feuchte Elektroden den Körper des Patienten mit dem Galvanometer und läßt nun Röntgenstrahlen von hoher Intensität auf das Versuchsobjekt auffallen, so wird das Galvanometer zerstört.

Hieran ist wohl vor allem

die enorme statische Aufladung der Röhrenumgebung schuld, die, vom menschlichen Körper aufgenommen, den hochempfindlichen Faden des Galvanometers zum Reißen bringt. Erst durch umfangreiche Experimente gelang es

uns, diese Ströme zum Teil unschädlich zu machen¹⁾. Zunächst ersetzten wir den Elektromagneten unseres Elektrokardiographen (Modell Bock-Thoma) durch einen Permanentmagneten. Ferner schalteten wir große Kondensatoren parallel zum Galvanometerstromkreis und erdeten sowohl den Außenbelag der Kondensatoren wie auch das Galvanometer selbst. So gelang es uns, die jedesmalige Zerstörung des Oszillographen zu vermeiden. Der Galvanometerfaden wird zwar noch immer während der Exposition aus der Nulllinie herausgeschleudert (s. Abb. 1), kehrt aber nach längstens $\frac{3}{10}$ Sekunden

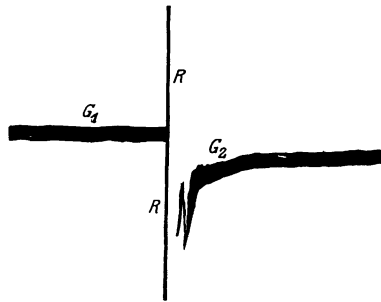


Abb. 2. G Bild des Galvanometers, R reflektiertes Fluoreszenzlicht der Röntgenröhre im Moment der Exposition.

in seine Ruhelage zurück. Den Moment der Exposition markierten wir auf verschiedene Weise im Elektrokardiogramm. Als sicherster Weg bewährte sich die Reflexion des im Moment der Exposition entstehenden Fluoreszenzlichtes der Röntgenröhre mittelst eines Spiegels auf den bewegten Film des Elektrokardiographen. Dabei zeigte sich (s. Abb. 2), daß der Galvanometerfaden zeitlich genau im Augenblick der Röntgenexposition aus der Nulllinie herausgeschleudert wird. Infolgedessen läßt sich an Hand der Ablenkungserscheinung mit mathematischer Genauigkeit die der Herzaufnahme entsprechende Bewegungsphase aus dem gleichzeitig aufgenommenen Elektrokardiogramm eruieren.

¹⁾ Theo Groedel und Franz M. Groedel: Über kombinierte röntgen-kinematographische und elektrokardiographische Herzuntersuchungen. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 109.

6. Röntgenstereoskopie des Zirkulationsapparates.

Das stereoskopische Aufnahmeverfahren hat seither noch sehr wenig Verwendung für die Darstellung des Zirkulationssystems gefunden. Es sind bis jetzt eigentlich nur die peripheren Gefäße auf diese Weise untersucht worden, und zwar vorwiegend injizierte Gefäße der Leiche. Bekannt sind besonders die Bilder von Hildebrand, Scholz und Wieting und die Aufnahmen der injizierten Koronargefäße von Jamin und Merkel.

Unverhältnismäßig schwieriger sind natürlich stereoskopische Aufnahmen des lebenden Herzens und der großen Gefäße, da wir hier besonderer Vorrich-

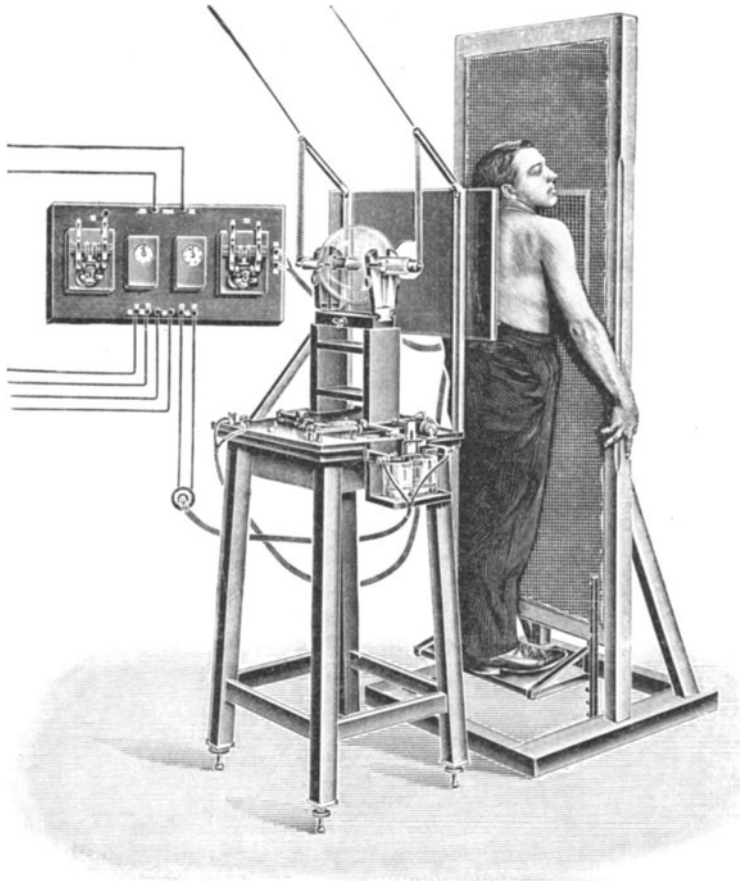


Abb. 3. Apparat für Momentstereoskopie nach Groedel.

tungen bedürfen, um die notwendige Röhrenverschiebung und den Plattenwechsel in kürzester Zeit auszuführen. Denn Grundbedingung einer exakten derartigen Aufnahme ist natürlich, daß beide Teile des stereoskopischen Bildes während desselben Atemstillstandes hergestellt werden.

Die Einzelheiten des stereoskopischen Verfahrens sind bereits im technischen Teil erörtert worden. Ich kann mich daher damit begnügen, hier kurz die Besonderheiten des von mir 1908 angegebenen Apparates für stereoskopische Momentaufnahmen¹⁾ aufzuführen. Bei meiner Vorrichtung (s. Abb. 3) stehen die beiden Kassetten

¹⁾ Der von Reiniger, Gebbert & Schall A.-G., Erlangen, gebaute Apparat ist von mir beschrieben worden: in den Verh. des 4. intern. Kongresses in Amsterdam 1908 und in den Fortschritten, Bd. 13.

übereinander hinter einem Bleischirme, der mit einem entsprechend großen Belichtungsfenster versehen ist. Jede Kassette enthält einen Sinigranschirm und kann Platten bis zur Größe von 40 : 50 cm aufnehmen. Die Röhre ist auf einem durch Federkraft verschiebbaren Halter befestigt. Alle Schalter sind auf einem gemeinsamen Schaltbrett anmontiert. Sobald durch den Hauptschalter der Strom geschlossen wird, leuchtet die Röhre auf und belichtet die zu unterst stehende Platte. Zu gleicher Zeit läuft ein vorher auf die gewünschte Expositionszeit eingestelltes Uhrwerk ab, das den Strom automatisch unterbricht. In diesem Augenblick werden zwei Arretiervorrichtungen gelöst. Die eine gibt die beiden Kassetten frei, die sich nun durch ihre Schwere zwangsläufig nach unten verschieben, so daß die zweite Platte vor das Belichtungsfenster rückt. Die andere läßt den Röhrenhalter los, der sich

darauf durch Federkraft um eine vorher bestimmte Strecke nach der Seite verschiebt. Hierauf schaltet sich der Strom automatisch wieder ein, bis er durch ein nunmehr ablaufendes Uhrwerk neuerdings unterbrochen wird. Bei Benutzung eines derartigen Fallkassettenapparates kann die stereoskopische Aufnahme, je nach dem wir Einschlag- oder kurzzeitige Exposition anwenden, in $\frac{1}{4}$ —1 Sekunde ausgeführt werden.

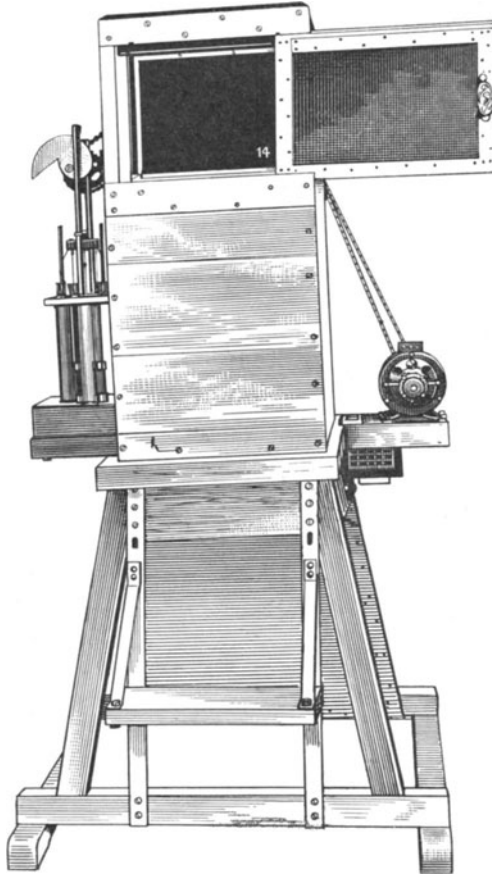


Abb. 4. Serienapparat nach Groedel mit geöffnetem Belichtungsfenster. (Aus Albers-Schönberg: „Röntgentechnik“.)

Punkten von der sonst angewandten. Auch hier erfordert die außerordentlich schnelle Bewegung des Organs eine besonders schnell arbeitende Wechsellvorrichtung. Außerdem ist es für wissenschaftliche Auswertung des Herzkine-
matogramms unbedingt notwendig, gleichzeitig mit der Röntgenaufnahme eine Kurve der Herzaktion zwecks Phasenbestimmung der Einzelaufnahmen herzustellen.

Inzwischen hat Dr. Rosenthal (Polyphesgesellschaft) einen dem meinen ganz gleichen Apparat gebaut. Er benutzt, wie auch ich bei meinem ersten Modell, eine Bikathodenröhre mit Hochspannungsumschaltung.

Ich selbst habe neuerdings eine kompendiosere, einfachere Fallkassettenvorrichtung gebaut, die an jedem Stativ angebracht werden kann. Alle Umschaltungen und Einschaltungen werden jetzt von einem einzigen „rotierenden Universalschalter“ besorgt. Näheres findet man in der 3. Auflage meines Grundrisses und Atlas der Röntgendiagnostik, woselbst die neuen Apparate dargestellt sind.

7. Röntgenkinematographie des Herzens¹⁾.

Auch die Technik der Röntgenkinematographie des Herzens unterscheidet sich in gewissen

¹⁾ Eine ausführliche Schilderung der Röntgenkinematographie habe ich in Albers-Schönbergs Röntgentechnik (Hamburg: Gräfe & Sillem 1919) gebracht.

Die ersten dem schnellen Plattenwechsel dienenden Apparate wurden nach meinen Angaben von der Reiniger, Gebbert & Schall-Gesellschaft, nach den Angaben von Kaestle, Rieder und Rosenthal durch die Polyphosphogesellschaft gebaut. Beide beruhen auf dem von mir in die Röntgenographie eingeführten, und, wie oben besprochen, zuerst für Momentstereoskopbilder innerer Organe benutzten Prinzip der Fallkassetten.

Schon im März 1909 konnte ich im Verein für innere Medizin in Berlin einen Film vorführen, der aus 24 in 4 Sekunden aufgenommenen Einzelbildern zusammengesetzt war, und die Herzbe-
wegung, wenn auch noch etwas sprunghaft, so doch deutlich demonstrierte.

Ich will zunächst den nach meinen Angaben gebauten, seit 1909 mehrfach modifizierten „Plattenwechselapparat für röntgenkinematographische Zwecke“ kurz erläutern und verweise zum näheren Verständnis auf die Abbildungen 4—6.

Auf einem tischartigen Untergestell befindet sich ein kastenförmiger Aufsatz, dessen Wände aus Metall gefertigt sind und eventuell mit Holz überkleidet sein können. Durch eine horizontalstehende Scheidewand ist das Innere des Kastens in zwei voneinander abgeschlossene, ziemlich gleich große, übereinander gelagerte Räume geteilt, die nur durch einen schmalen, zwischen Scheidewand und Vorderwand des Kastens befindlichen Schlitz miteinander kommunizieren. Der obere Raum wird als Magazin für die nicht belichteten Platten benutzt. In der Regel wird der Apparat mit 24 Platten in der Größe 24:30 cm geladen. Für deren Aufnahme dienen 24 Kassetten mit starkem Metallboden, so daß bei der notwendigen Hintereinanderordnung aller Kassetten die Röntgenstrahlen nicht von einer Kassette zur anderen durchdringen können. Arbeitet man mit Platten, so wird in jede Kassette ein (Sinegran-) Verstärkungsschirm eingelegt; sollen Film verwandt werden, so empfiehlt sich die

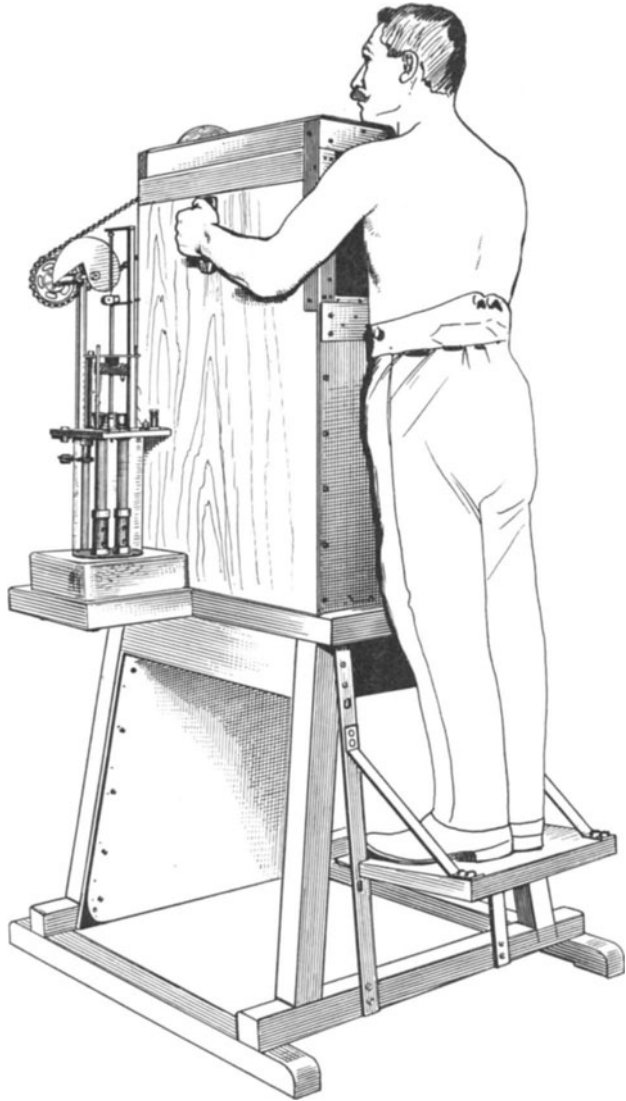


Abb. 5. Serienapparat nach Groedel, Vorderansicht.
(Aus Albers-Schönberg: „Röntgentechnik“.)

Benutzung von je 2 Verstärkungsschirmen in bekannter Anordnung. Die Kassetten tragen beiderseits oben eine Laufrolle, die ihrerseits auf ein Schienenpaar aufgelegt werden. Letztere befinden sich an den beiden Seitenwänden des oberen Magazins in entsprechendem Abstand vom Magazinboden, so daß die einzelnen Kassetten frei schweben. Die Vorderwand des oberen Magazins dient als Belichtungsfenster. Sie ist durch einen Schieber verschlossen, der aus einem für Röntgenstrahlen leicht durchlässigen Material hergestellt ist. Um gegen dieses Belichtungsfenster die einzelnen Platten, resp. Kassetten in schnellem Wechsel anzupressen und in das untere Magazin zu befördern, ist folgende

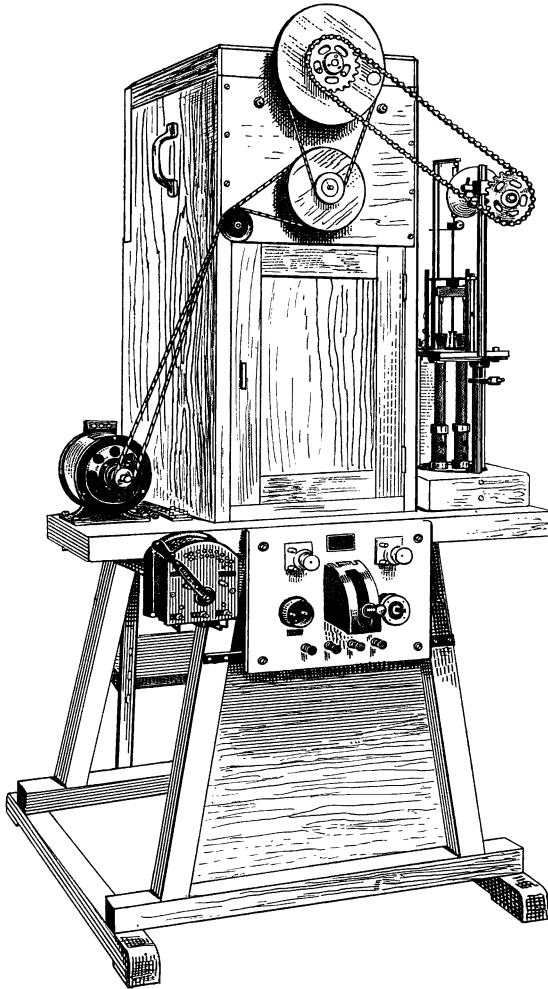


Abb. 6. Serienapparat nach Groedel. Rückansicht.
(Aus Albers-Schönberg, „Röntgentechnik“.)

Anordnung getroffen. Unterhalb der Decke des oberen Magazins verläuft eine Gewindespindel, die durch einen Motor angetrieben wird. Auf ihr sitzt eine Muffe derart, daß sie die unterhalb der Spindel auf den Schienen hängenden Kassetten nach vorne schiebt, sobald der Motor resp. die Spindel, in Bewegung gesetzt wird. Die beiden Laufschienen der Kassette sind so bemessen, daß sie nicht vollkommen die Vorderwand des Magazins erreichen, sondern in einem etwa der Kassettdicke entsprechenden Abstand vor dieser endigen. Sobald daher die vorderste Kassette bis zu diesem Punkte vorgeschoben ist, stürzt sie von der Laufschiene ab und gelangt, senkrecht nach unten fallend, durch den oben erwähnten Schlitz der Scheidewand in das untere Magazin. Um jedoch den Fall zu regulieren, die Kassetten vor gegenseitiger Zerstörung zu bewahren, ist eine sehr einfache Fangvorrichtung angebracht. Entlang der Vorderwand des oberen Magazins verlaufen zu beiden Seiten des Belichtungsfensters zwei Schienen, die entsprechend den oberen Führungsschienen der Kassetten ausgebildet sind, in die also die Laufrollen der Kassetten genau passen. Sobald die Schienen durch den Absturzkanal des oberen Magazins hindurchgetreten sind, biegen sie allmählich nach hinten um und verlaufen endlich parallel zu den Führungsschienen des oberen Magazins und, entlang den Seitenwänden des unteren Magazins nach hinten. Die einzelnen Kassetten werden auf diese Weise schon während des Fallens in Schienen geleitet und, sobald sie

im unteren Magazin anlangen, allmählich aus der senkrechten Fallrichtung abgelenkt, um schließlich auf den Führungsschienen zur Rückwand des unteren Magazins hinzurollen, vor der sie sich genau in der Reihenfolge der Expositionen ansammeln. Nach beendigter Aufnahme lassen sich alsdann die Kassetten durch eine in der Rückwand des unteren Magazins befindliche Tür von den Laufschienen abheben. Eine besondere Vorrichtung hat den Zweck, jede einzelne Kassette bei der Exposition dicht an das Belichtungsfenster heranzubringen.

Um die bequeme Einstellung der jeweils kinematographisch aufzunehmenden Körperregion vor dem Belichtungsfenster zu ermöglichen, ist an dem Tischuntersatz des

Apparates ein verstellbares Fußbrett angebracht. Hinter dem Patienten, etwa 60 cm von dem Fenster entfernt, und auf dessen Mitte zentriert, ist die Röhre aufgestellt. Ob man hierzu eine besondere oder eine in den Laboratorien vorhandene Blendenvorrichtung verwendet, ist natürlich nebensächlich.

Es bleibt noch zu besprechen, in welcher Weise der Kassettenwechselapparat mit dem Röntgeninstrumentarium verbunden wird, wie das Alternieren des Belichtungs- und Wechselvorganges erreicht wird.

Es stehen uns hierzu zwei Wege zur Verfügung: wir können entweder die Röhre während der ganzen kinematographischen Aufnahme in Betrieb setzen und die Strahlen nur während der Wechselzeit abblenden, oder wir lassen die Röhre nur während der Belichtungszeit selbst aufleuchten. Den ersten Weg habe ich sehr bald verlassen. Von den verschiedenen Ausführungsformen, die man den hierbei benötigten Vorrichtungen geben kann, will ich nur die von mir zuerst benutzte schildern. Ich benutzte eine 1 cm dicke, sehr große Bleischeibe mit zwei diametral gegenüberliegenden, in ihrer Größe veränderlichen Ausschnitten. Die Scheibe rotierte vor der Röhre und wurde von demselben Motor angetrieben, der auch die Plattenbewegung besorgt. Die Übersetzung war so gewählt, daß jedesmal während des Plattenwechsels die Röhre abgeblendet war, während des Vorrückens der folgenden Platte dagegen ein Scheibenausschnitt sich vor der Röhre vorbeigte ($\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$ Sekunde) usw. Die hierbei zu bewegendem etwa $1\frac{1}{2}$ Zentner schweren Massen machten jedoch das Einhalten des Synchronismus sehr schwer. Deshalb ging ich sehr bald dazu über, mit der die Plattenbewegung regulierenden Gewindespindel einen im Primärstromkreis liegenden Schalter zu kuppeln, der den Röntgenapparat nur für die Dauer der Exposition einschaltet. Bei Betrieb mit Wehneltunterbrecher und Verwendung sehr kurzer Expositionszeiten bietet dies einige Schwierigkeiten wegen des langsamen Anstieges des eingeschalteten Stromes, und es kann leicht vorkommen, daß bei sehr kurzer Einschaltung überhaupt kein genügender Stromanstieg zustande kommt. Einen großen Fortschritt brachten daher die Apparate für Einschlagunterbrechungen. Bei dem sog. Unipulsapparat ist bekanntlich ein höchst einfacher Mechanismus in Anwendung gebracht. Nach Art eines Quecksilbertauchunterbrechers wird der Strom geschlossen. Es fließen bei 110 Volt 40 Ampère, bei 220 Volt 60 Ampère in den Apparat. Im Moment der gewünschten Exposition wird durch den Unterbrecher der Strom mechanisch rapid unterbrochen. Es resultiert ein außerordentlich kräftiger sekundärer Stromstoß von $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{1000}$ Sekunden Dauer. Ein derartiger Unterbrecher läßt sich natürlich in bequemster Weise mit dem Serienapparat kuppeln. Man hat nur dafür zu sorgen, daß jedesmal, wenn eine Kassette an das Belichtungsfenster angepreßt wird, der Unipulsunterbrecher geöffnet wird. Seit-her hatte ich zu diesem Zwecke einen Unterbrecher direkt am Kassettenapparat aufgestellt und die Stromzuführung vom Induktor aus abgenommen. Da hierdurch ein größeres Leitungsnetz zwischen die Kondensatoren des Röntgenapparates und den Unterbrecher eingeschaltet wird, machten sich manchmal unangenehme Entladungserscheinungen bemerkbar. Aus diesem Grunde habe ich in allerletzter Zeit eine Einrichtung getroffen, die es ermöglicht, auch auf größere Entfernungen die Bewegung der Gewindespindel auf den Unterbrecher des Unipulsapparates zu übertragen, wobei gleichzeitig die Anschaffungskosten für einen zweiten Unterbrecher in Wegfall kommen.

Da der Apparat im günstigsten Falle und bei Benutzung von besonderen Fallbeschleunigungsvorrichtungen 6 Aufnahmen, für gewöhnlich aber nur 4 Aufnahmen in der Sekunde liefert, kann er auch keine Kinematogramme im eigentlichen Sinne des Wortes ergeben. Immerhin zeigen die in entsprechender Weise auf einem Kinofilm zusammengestellten Bilder schon recht schön die Herzbewegung, wie meine erste Demonstration im Verein für innere Medizin zu Berlin (März 1909) bewies.

Seit Niederschrift dieses Kapitels habe ich noch ein einfacheres Modell des Fallkassetten-Serienapparates gebaut, das keinerlei mechanische Antriebsmittel besitzt, und daher relativ billig herstellbar ist. Durch ein Fallgewicht läßt sich die Wechselgeschwindigkeit auf 3, 2, 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ Wechsel pro Sekunde einstellen. Im Grundriß und Atlas der Röntgendiagnostik ist dieser Apparat mit kurzer Beschreibung abgebildet.

Für wissenschaftliche Zwecke wird aber die Röntgenkinematographie des Herzens nur dann wertvolle Resultate liefern, wenn wir für jede einzelne Aufnahme die ihr entsprechende Bewegungsphase des Herzens genau feststellen können. Auch hier ist das gleiche zu sagen, was oben bezüglich der Ermittlung der Bewegungsphase

für Einzelaufnahmen des Herzens ausgeführt wurde: Die Pulscurve oder die Spitzenstoßkurve kann uns gar keinen Anhaltspunkt bieten, nur das Elektrokardiogramm gibt uns den gewünschten Aufschluß. So interessant daher auch die Versuche anderer Autoren waren, wissenschaftlich sind ihre Methoden ohne Erfolg geblieben. Schon 1899 hat Guilleminot¹⁾ zur „Cinématographie du coeur“ Einzelaufnahmen des Herzens gemacht, mittels der Spitzenstoßkurve die zugehörige Herzphase zu bestimmen versucht und die Bilder dann kinematographisch vereinigt. Eijkman zeigte auf der 81. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte 1909 in Salzburg synthetisch erhaltene Herzkinematogramme, bei denen die Einzelaufnahmen mittels des Einschlag-

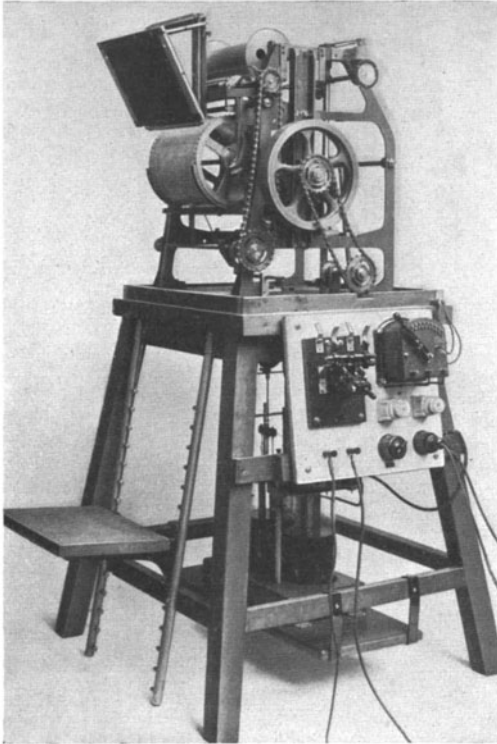


Abb. 7. Röntgenkinematograph nach Groedel.

verfahrens hergestellt waren. Die Exposition wurde durch einen Kontakt bewirkt, der verstellbar an einem Sphygmographen angebracht war. Auch Dessauer und Kùpferle²⁾ versuchten die Herzphase jeder einzelnen Aufnahme sphygmographisch zu ermitteln.

Wie oben ausgeführt, stießen nun unsere ersten Versuche, die Kinematographie mit der Elektrokardiographie zu vereinen, auf bedeutende Schwierigkeiten. Wir sahen uns infolgedessen genötigt, zunächst auf einem Umwege unsere Aufgabe zu lösen. Wir nahmen gleichzeitig das Elektrokardiogramm und eine elektrisch übertragene Pulscurve des Patienten auf, schalteten aber kurz vor jeder Exposition den Stromkreis des Elektrokardiogramms aus und ließen die Zeitsignale der einzelnen Aufnahmen durch die Pulscurve laufen³⁾.

Nachdem es uns dann gelungen war, durch die bereits ausgeführte Versuchsanordnung die Kombination der Röntgen-

und Elektrokardiographie zu ermöglichen, wandten wir das Verfahren auch für die Röntgenkinematographie an. Die Einzelheiten der Methode haben wir später publiziert⁴⁾, die wichtigsten wissenschaftlichen Resultate werde ich bei Besprechung der Bewegungserscheinungen am Herzschatten resümieren.

Im Jahre 1914 ist es mir weiterhin endlich gelungen nach langwierigen Vorarbeiten die Technik der Röntgenkinematographie so weit zu fördern, daß ich jetzt allen Forderungen genügende echte Herzröntgenkinematogramme herstellen kann. Der nach meinen Angaben von Reiniger, Gebbert

¹⁾ Arch. d'électric. méd. expér. et chimique 1899. Nr. 84. — ²⁾ 29. Kongr. f. innere Med. Wiesbaden 1912. — ³⁾ S. Verh. des 7. Kongr. der deutsch. Röntgenges. — ⁴⁾ Theo Groedel u. Franz M. Groedel: Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 109.

und Schall in Erlangen nach langjährigen schwierigen Versuchen gebaute Apparat (s. Abb. 7) beruht im wesentlichen auf dem Prinzip der gewöhnlichen kinematographischen Kamera. Ich begnüge mich mit einer kurzen Schilderung seiner wichtigsten Details:

Wir sehen im Bilde eine große, an den Rändern mit je einer Zahnreihe versehene Trommel, oberhalb und unterhalb derselben eine Filmspule. Von der oberen Filmspule verläuft der 28 cm breite Film zunächst durch eine kleine gezahnte Walze. Wir ziehen ihn dann zwischen den beiden Verstärkungsschirmen hindurch, lassen aber zwischen Verstärkungsschirm und der kleinen Zahnwalze eine „Schleife“ stehen, d. h. ein Stück Film, das der Höhe des 18:24 cm großen Belichtungsfensters entspricht. Unterhalb des Belichtungsfensters wird der Film gegen die gezahnte Trommel angepreßt und dann zur unteren Filmspule geleitet, auf der er sich aufwickeln soll. Die große Transporttrommel ist so dimensioniert, daß ihre Oberfläche der vierfachen Höhe des Belichtungsfensters entspricht. Die Transporttrommel muß also in schnellem Tempo und ruckweise jedesmal eine Viertel-drehung ausführen, um ruckweise den Film um die Belichtungsfensterhöhe vorwärts zu bewegen. Zu diesem Zwecke kann irgend eine der bekannten Vorrichtungen benutzt werden. Ich habe seither die Malteserkreuzkonstruktion ausprobiert, die in der Abbildung dargestellt ist, sowie eine Vorrichtung mit Schneckenschiene auf einer Antriebstrommel. Das Malteserkreuz paßt sich mit seinen Ausschnitten in entsprechende Segmente ein, die in vierfacher Zahl auf der mit der Transporttrommel festgekuppelten Achse sitzen. Das rotierende Malteserkreuz wird daher die Transporttrommel um eine Viertelkreisbewegung vorwärtsbewegen, kurze Zeit in der neuen Stellung festhalten usw. Die Antriebstrommel oder das Malteserkreuz werden durch einen Motor angetrieben, der durch Kettenübertragung auch die kleine Zahnwalze und die untere Aufwickelspule bewegt.

Setzen wir, sobald der Elektromotor eine gewisse Tourenzahl erreicht hat, das Werk in Bewegung, so wird das Malteserkreuz die Transporttrommel ruckweise um den vierten Teil ihres Umfanges vorwärtsbewegen. Hierdurch wird jedesmal der Film um die Belichtungsfensterhöhe vorwärts gerissen. Da der Film, bevor er durch das Belichtungsfenster tritt, eine „Schleife“ bildet, wird jedesmal nur diese Schleife vorgeschleudert, ein Zerreißen des Films also verhindert. Weiterhin läuft die kleine Zahnrolle und die untere Spule kontinuierlich, das Mitnehmerrad resp. die Transporttrommel aber nur intermittierend. Während also letztere stillstehen, zieht die Zahnwalze frischen Film heran, der sich vor dem Belichtungsfenster als neue Schleife anstaut, um dann wieder in das Belichtungsfenster hereingerissen zu werden usw., und gleichzeitig wird die im Moment des ruckartigen Wechsels unterhalb der Transporttrommel entstehende Filmschleife kontinuierlich auf die untere Spule aufgespult.

Die Kuppelung des Transportapparates mit dem Röntgenapparat ergibt sich von selbst. Der den Filmtransport bewirkende Motor treibt auch einen Unterbrecher — z. B. einen doppelten Unipulsunterbrecher —, so daß im Moment der Filmruhe die Exposition automatisch ausgelöst wird.

Der vorstehenden Schilderung nach ist die Sache höchst einfach. In Wirklichkeit sind aber unzählige Schwierigkeiten zu überwinden gewesen. Die Verstärkungsschirme wurden, um Reibung des Films zu vermeiden, mit einem besonderen Pumpensystem verbunden, das sie pneumatisch während des Filmtransportes auseinanderpreßt, umgekehrt während der Exposition pneumatisch aneinanderpreßt. Für die Lochung der Films mußten besondere Stanzen gebaut werden. Die Empfindlichkeit der Films wurde durch verschiedene Mittel (z. B. doppelseitige Emulsion) erhöht. Immer wieder wurde die Verstärkung einzelner Metallteile notwendig, weil sie bei zu hoher Tourenzahl zersprangen und andere Teile zerstörten.

Bei Benutzung eines 6 m langen und 26 cm breiten Filmbandes (Belichtungsfenstergröße 18:24 cm), das mit einer Geschwindigkeit von 1,8 Sekundenmetern vorwärts bewegt wird, vermag ich nun 10—16 Aufnahmen des Herzens pro Sekunde, etwa 22 Aufnahmen im ganzen aufzunehmen. Eine weitere Geschwindigkeitssteigerung wäre natürlich durch einen stärkeren Motor, längere Filmbänder, gleichzeitige Verwendung von noch mehr Unterbrechern, eventuell auch von zwei wechselweise arbeitenden Induktorien usw. mit Leichtigkeit zu erreichen — wenn das Arbeiten und besonders das Einarbeiten eines Röntgenfilmkinos nicht schon vor dem Kriege äußerst kostspielig, jetzt aber für uns

nahezu unerschwinglich wäre. So wird wohl mein Röntgenkinematograph — der erste derartige Apparat — vorerst unbenutzt stehen bleiben.

8. Röntgenkymographie.

In sehr losem Zusammenhang mit der Röntgenkinematographie steht ein von Gött und Rosental¹⁾ angegebenes Verfahren (Röntgenkymographie), das zur Aufzeichnung von Bewegungskurven mittelst der Röntgenstrahlen dienen soll.

Die Grundlagen der Methode sind kurz gefaßt folgende: Bringt man im Rücken der Versuchsperson eine Röntgenröhre und dicht vor der Brust einen Bleischirm so an, daß ein in der Mitte des Bleischirmes befindlicher schmaler horizontaler Schlitz etwa in die Höhe der linken Brustwarze zu stehen kommt, so zeigt sich bei der Durchleuchtung eine Partie des Spaltbildes auf dem Durchleuchtungsschirm relativ dunkel, nämlich die in den Schatten des linken Ventrikels fallende Partie. Der andere Teil des Spaltbildes, der einem Ausschnitt des Lungenfeldes entspricht, ist hell. Der dunkle Spaltteil steht natürlich nicht ruhig; er führt der Herzpulsation entsprechende zuckende Bewegungen aus. Führt man am Spalt des Bleischirmes eine Platte langsam vorbei, so erhalten wir auf der entwickelten Platte eine Reihe von ineinander fließenden dunklen Spaltbildern, bei denen infolge der Bewegung des dunklen Spaltteiles die Grenze zwischen heller und dunkler Partie an verschiedener Stelle erscheinen muß. Wir erhalten infolgedessen eine Kurve, die durch die Bewegung des jeweils in den Spalt eingestellten Herzteiles hervorgebracht wird.

Es ist hier nicht der Ort, über die wissenschaftliche Verwertung des Verfahrens zu sprechen. Auf jeden Fall hat auch diese Methode nur dann praktischen Wert, wenn sie mit der Elektrokardiographie kombiniert wird.

Ich habe deshalb zusammen mit Dr. Theo Groedel einen kleinen Apparat konstruiert, der folgendermaßen aufgebaut ist: Zwischen zwei Bleiblechen wird durch ein Uhrwerk ein Film durchgezogen. In dem vorderen der Bleibleche, das der Brust des zu Untersuchenden anliegt, ist ein Spalt, der mit einem Verstärkungsschirmstreifen ausgelegt ist, während an der korrespondierenden Innenseite des hinteren Bleibleches ein ebensolcher Streifen aufgeklebt ist. Der Spalt nimmt jedoch nicht die ganze Breite des Bleies ein. Er hört schon etwa 6 cm vor dem einen Seitenrand auf. Dagegen ist in dem hinteren Bleiblech ein Spalt eingefügt, der gerade dieser Strecke entspricht. Wir können nun durch den vorderen breiten Spalt hindurch die Röntgen-Pulsationskurve irgend einer Stelle des Herzschattehs aufnehmen und nebenan auf denselben Film durch den schmäleren Spalt der hinteren Bleiwand hindurch die Elektrokardiogramm-Kurve projizieren. Über wissenschaftliche Resultate dieser Kombination hoffe ich in Kürze berichten zu können.

9. Orthoröntgenographie.

Die bisher besprochenen Methoden können für die Größenbestimmung des Herzschattehs nicht verwandt werden, da sie Zentralprojektionen darstellen, die bekanntlich das Objekt vergrößert und verzeichnet wiedergeben. An Hand der Abb. 8 läßt sich dies ohne weiteres erkennen. Da sich die Röntgenstrahlen nicht brechen, also auch nicht parallel richten lassen, hat man verschiedene Verfahren erdacht, die mehr oder weniger eine Parallelprojektion der durchstrahlten Objekte ergeben, wie wir sie in Abb. 9 schematisch vor uns sehen. Diese „Orthoröntgenographie“ genannten Methoden dienen fast ausschließlich zur Größenbestimmung des Herzschattehs. Sie bedürfen einer eingehenden Besprechung. Bezüglich ihrer physikalischen Grundlage sei auf den technischen Teil dieses Buches verwiesen, wie auch auf meine, das Thema ausführlich behandelnde Monographie²⁾.

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1912. — ²⁾ Die Orthoröntgenographie. München: J. F. Lehmann 1908.

10. Orthodiagraphie.

Das erste zur Herzmessung praktisch verwertete Verfahren war die Orthodiagraphie. Ihr Grundprinzip ist folgendes: Wählen wir aus dem von der Röntgenröhre ausgesandten Strahlenbündel jenen Strahl aus, der senkrecht auf die Medianebene des Brustkorbes unseres Untersuchungsobjektes fällt (Zentralstrahl), machen wir uns in irgend einer Weise diesen Strahl oder das betreffende kleine Strahlenbündel kenntlich, verschieben wir dann die Röhre allmählich in der Weise, daß der Zentralstrahl stets tangential am Herzrand vorbei und immer parallel zur vorhergehenden Stellung verläuft, und zeichnen wir uns gleichzeitig den Weg auf, den die Röhre resp. der Zentralstrahl bei diesem Vorgehen beschreibt, so haben wir den Herzkontur mit parallelen Strahlen umfahren resp. projiziert.

Von verschiedenen Autoren (ich nenne nur Rosenfeld, Payne, Donath, F. Kraus, Levy Dorn) wurden primitive Vorrichtungen zur praktischen Anwendung dieses Verfahrens vorgeschlagen. Den ersten, den Bedürfnissen

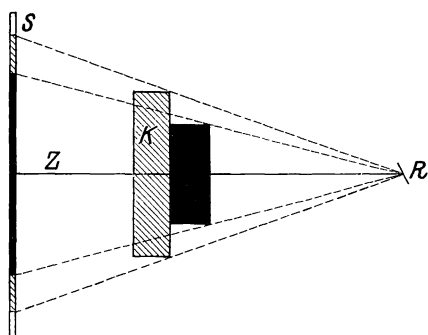


Abb. 8. Zentralprojektion.

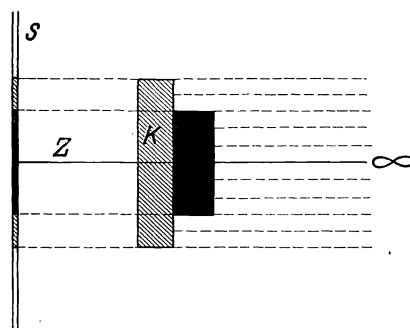


Abb. 9. Parallelprojektion.

der Praxis Rechnung tragenden Apparat hat Moritz¹⁾ konstruiert, zugleich der Methode einen Namen gebend und ihre diagnostische Bedeutung in zahlreichen Arbeiten betonend.

Der Moritzsche Orthodiagraph dient nur für Untersuchungen am horizontal liegenden Patienten. Er besteht aus zwei Teilen, dem Tisch und einem beweglichen Rahmen, welcher letzterer die Tischplatte umgreift. Die Tischplatte ist, wie in der Röntgentechnik gebräuchlich, durch einen mit Segeltuch bespannten Rahmen ersetzt. An den Längsseiten des Tisches befindet sich je ein Barren, bestehend aus zwei Streben, die durch eine horizontale Stange verbunden sind. Letztere ist mit einem als Walze dienenden vernickelten Rohr umkleidet. An dem Rahmen ist Röhre und Schirm befestigt. Der obere Teil des Rahmens besteht aus einem Rechteck, dessen längere Seiten aus je zwei Metallwalzen bestehen, die in der Längsrichtung vereinigt sind, während die kürzeren Seiten durch Holzstäbe gebildet werden. Dieses Rechteck ruht mit seinen Walzen auf den Längswalzen der Barren und läßt sich infolgedessen auch nach allen Richtungen hin verschieben. In der Mitte des eben beschriebenen Rahmenteils ist ein kleiner Leuchtschirm befestigt, dessen Mittelpunkt durchbohrt ist. Mit einem über dem Schirme aufgehängten Schreibstifte kann man durch die Lücke des Schirms hindurch Punkte auf die Haut des Patienten aufsetzen. Zwei Seitenteile verbinden das obere Rechteck mit dem unter dem Tische befindlichen Teile des Rahmens. Dieser trägt eine Vorrichtung zur Aufnahme der Röntgenröhre, deren Brennpunkt auf die Mitte des Schirms zentriert ist.

Andere Vorrichtungen, wie z. B. die von A. Hoffmann, bedachten nur die Untersuchung im Stehen. Levy-Dorn gab den ersten Vertikal- und Horizontalorthodiagraphen an. Nur für horizontale Orthodiagraphie sind die Trochoskope nach Gilmer und Hänisch eingerichtet. Ich selbst habe ein in

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1900. Nr. 15 u. 29 usw.

mehrfacher Weise modifiziertes Modell des Orthodiographen konstruiert. Nach langjähriger Probezeit glaube ich diesem Apparat die größtmögliche Exaktheit und Handlichkeit nachrühmen zu dürfen. Ich gebe in folgendem kurz den Aufbau meines Apparates wieder — ein Resümee aus meiner oben zitierten Monographie.

Groedelscher Orthodiograph: Wie aus Abb. 10 zu ersehen, ist der eigentliche Fuß des Orthodiographen durch Drehen von 3 in der Grundplatte befindlichen Schrauben und unter Kontrolle eines Lotes genau einstellbar. In dem Fuße versenkt und durch eine Kurbel verstellbar ist eine starke Spindel. Dieselbe trägt das Hauptgelenk des Apparates, welches gestattet, den Apparat aus der Vertikalen in die Horizontale zu bringen. Nach unten geht von ihm aus eine kurze ein großes Gegengewicht tragende Stange. Oben sind zwei Eisenstäbe aufgesetzt, welche die sogenannte Kulisse tragen. In die Kulisse ist ein auf

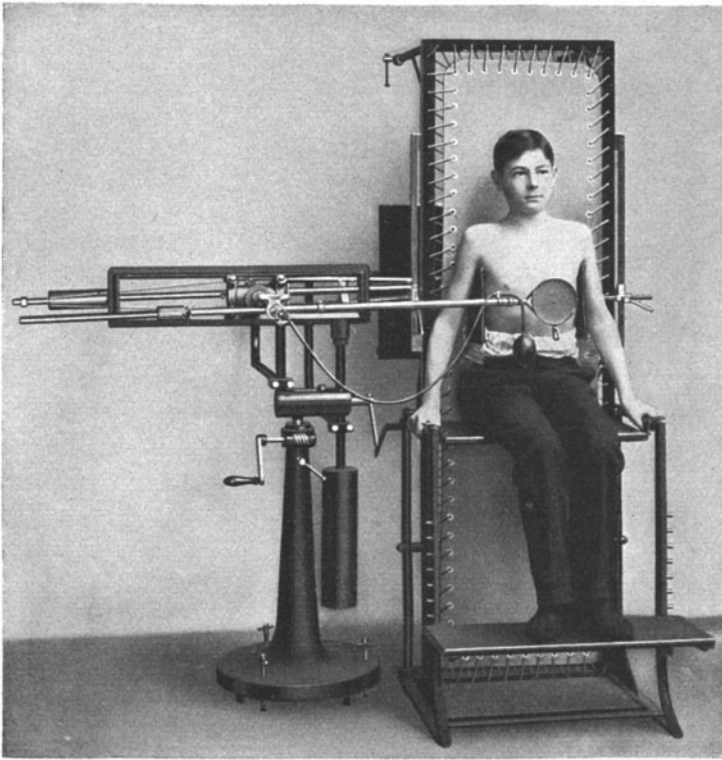


Abb. 10. Vertikal-Orthodiograph. (Nach Groedel.)

8 in Kugellager laufenden Rädern ruhender Wagen eingesetzt. Durch eine Sperrvorrichtung kann das im Innern des Wagens befindliche Rotationsgelenk festgestellt werden. Senkrecht zur Kulisse verläuft nach vorne eine vierkantige Achse. Mit einer massiven Manschette ist eine Querstange auf die Achse aufgesetzt, rechts von der Achse den Leuchtschirm in einem Bajonettverschluß tragend; links von der Achse ist ein Gewicht befestigt, das dem Schirme das Gleichgewicht hält. Die Manschette trägt an ihrer unteren Seite eine große Flügelschraube. Durch Lockern derselben läßt sich die Querstange mit den an ihr befestigten Teilen leicht auf der Vierkantachse verschieben. Nach hinten vom Wagen aus verläuft eine kürzere Achse, die einerseits wieder ein Gewicht, andererseits Röhre, Blende und Schreibvorrichtung trägt. Das große Gewicht wird mit einem besonderen Schraubenschlüssel gelockert und so lange verschoben, bis der Apparat equilibriert ist. Die am rechten Arm der hinteren Querstange befindlichen Teile sind mit diesem fest verbunden. Durch sog. Spanndrähte, die von diesen Teilen nach der Achse hinziehen, ist ein Durchbiegen der Stange unmöglich gemacht. Die Blende besteht aus einer mit Müllerschutzstoff

bezogenen Holzscheibe, deren Mittelpunkt gleich weit von der Hauptachse entfernt ist wie der Mittelpunkt des Schirmes, der durch eine 2 mm große Bleimarke kenntlich gemacht ist. Die Blende besitzt einen runden Ausschnitt, dessen Öffnung durch Vorsetzen verschiedener kurzer Rohrblenden beliebig verändert werden kann. Da der Leuchtschirm mit Bleigas bedeckt ist, wird der Untersucher bei richtiger Wahl der Rohrblende vollkommen vor den Strahlen geschützt.

Denken wir uns nun eine Linie durch die Diaphragmamitte und durch die Zentralmarke des Schirmes gezogen, so muß diese — die Lichtachse — parallel zur Hauptachse des Apparates verlaufen. Entsprechend dieser Linie muß auch der Zentralstrahl gehen. Es wird dies dadurch erreicht, daß die Röhre derart in ihren Halter eingefügt ist, daß ihr Brennpunkt genau hinter der Mitte der Blende steht. Ich habe im Gegensatz zu der früher gebräuchlichen Anordnung den Schreibstift vom Schirme getrennt und ihn so hinter der Röhre befestigt, daß er in den Zentralstrahl eingestellt ist. Daher müssen der Mittelpunkt des Schirmes, der Schreibstift und die Mitte von Blende und Antikathode stets genau symmetrische Bahnen beschreiben. Ein Ballon dient dazu, den Schreibstift in Bewegung zu setzen. Durch einen Druck auf den Ballon wird der Kolben der Schreibvorrichtung herausgeschleudert. Hierbei streift die Schrifttype, die am vorderen Ende des Kolbens befestigt ist (ein Kreis, Kreuz oder dergl.), an einem mit Stempeltinte versehenen Farbrad vorbei und gibt beim Aufschlagen auf ein an der Schreibfläche befestigtes Papier einen guten Abdruck. Die Schreibfläche ist derart angebracht, daß sie parallel zu den Ebenen steht, in welchen die Mittelpunkte von Schirm und Röhre ihre Bahnen beschreiben. Um das Papier schnell und bequem aufspannen zu können, sind oben und unten an der Schreibfläche zwei Rinnen angebracht, in welche das Papier durch entsprechend armierte Metallstäbe eingepreßt wird.

Ich muß hier kurz die Frage berühren, ob es ratsam ist, auf eine vom Körper unabhängige Fläche zu zeichnen, wie bei der eben beschriebenen Anordnung, oder auf die Körperoberfläche selbst. Letzteres war lange Zeit das bevorzugte Verfahren. Verschiedene Gründe sprechen aber gegen dasselbe: Bei der Atmung bewegt sich die Brust inspiratorisch nach oben, das Herz mit dem Zwerchfell nach unten und umgekehrt bei der Expiration. Es werden also die einzelnen Punkte bei verschiedener Stellung der Projektionsfläche (Brustwand) aufgenommen. Ferner ist die Haut, besonders bei fetten Personen, sehr verschieblich und beim weiblichen Geschlecht fällt die Zeichnung zu einem großen Teil auf die besonders stark verschieblichen Mammae. Weiter ist die verschiedene starke Wölbung des Thorax zu erwähnen, durch die das Bild in wechselndem Grade verzerrt wird. Endlich ist es nicht möglich, das Orthodiagramm auf der Brustwand korrekt auszumessen. Es muß zu diesem Zwecke zuerst auf eine ebene Fläche übertragen werden, was wiederum schwierig, zeitraubend und ungenau ist.

Die sämtlichen aufgeführten Übelstände werden durch das Zeichnen auf eine vom Körper unabhängige ebene Fläche vermieden. Diese Methode ist fernerhin vorzuziehen, weil Herzkranke und Kinder durch den auf die Haut auffallenden Zeichenstift mitunter in unerwünschter Weise aufgeregt werden.

In manchen Fällen, z. B. für Demonstrationen, wird es trotzdem praktisch sein, direkt auf die Haut zu zeichnen. In diesem Falle wird der gewöhnliche Fluoreszenzschirm gegen einen durchbohrten ausgewechselt. Dann kann man den durch den Schirm hindurchgehenden Zeichenstift und den eigentlichen Schreibstift durch eine gegabelte Schlauchleitung zu gleicher Zeit mit einem Ballon in Tätigkeit setzen und somit gleichzeitig auf den Körper und auf eine vom Körper unabhängige Ebene zeichnen.

Hierbei geht jedoch ein Vorteil des nicht durchbohrten Schirmes wieder verloren. Da bei letzterem die Zentralmarke nur 2 mm breit ist, die Durchbohrung dagegen 10 mm, so wird die Einstellung auf den Herzrand weniger genau ausführbar sein.

Der Hauptgrund, der früher gegen die Aufzeichnung der Orthodiagramme auf eine vom Körper unabhängige Fläche ins Feld geführt wurde, war die erschwerte topographische Orientierung. Denn weder die Mittellinie, noch die Mamillen, noch sonstige Orientierungspunkte des Körpers konnten in richtiger Weise mit übertragen werden. Die verschiedenen Vorschläge, welche in dieser Richtung gemacht worden waren, schafften hier keine genügende Abhilfe. Erst durch die bei meinem Apparat gewählte Anordnung, d. h. durch die Verlegung der Zeichenebene hinter die Röhre, konnte die Frage gelöst werden.

Der Leuchtschirm ist, wie immerlich, durch einen Bajonnetteverschluss an der vorderen Querstange befestigt. An seiner Stelle kann man eine einfache Vorrichtung in gleicher Weise wie den Schirm anbringen. Sie besteht im wesentlichen aus einem langen Stift — dem Führungsstift — der in einer Hülse verschoben werden kann. Letztere ist mittelst eines kleinen Stabes derart an der Querstange angebracht, daß sie an gleicher Stelle wie die Zentralmarke des Schirms steht. Da sie in die Richtung des Zentralstrahls eingestellt ist, steht auch der Stift im Zentralstrahl und kann in der Verlaufsrichtung desselben bewegt werden. Wir können also auch den Führungsstift als starre Verkörperung des Zentralstrahls bezeichnen.

Bewegen wir das Gestänge, indem wir den Führungsstift auf verschiedene Punkte einer gewölbten Fläche — z. B. auf die Mamillen — aufsetzen und jedesmal die Stellung des ganzen Systems auf der Zeichenfläche markieren, so haben wir die betreffenden Punkte durch parallele Strahlen projiziert und aufgezeichnet. In dieser Form können wir den Orthodiagrammen auch Parallelloskiagraph nennen. Er dient uns dann zur parallel-projizierten Aufzeichnung aller auf einer gewölbten oder unebenen Fläche befindlichen Figuren, z. B. zur Übertragung der Perkussionsfigur, zur Ausmessung von Geschwülsten usw.

Ein weiterer, aber noch weniger stichhaltiger Grund, welcher gegen die direkte Orthodiagraphie auf eine ebene Fläche sprach, war die Möglichkeit einer Stellungsänderung des Patienten während der Untersuchung. Wir vermeiden diese aber sehr leicht, wenn wir den Patienten in bequemer sitzender Stellung aufnehmen.

Ich orthodiographiere seit einigen Jahren Herzkranken nur noch im Sitzen. Hierzu benutze ich die in Abb. 10 veranschaulichte Vorrichtung. Sie besteht aus einem hohen Stuhle mit breiter, segeltuchbespannter Rücklehne, bequem verstellbarem Fußbrett und breiten, gut gepolsterten, federnden Pellotten, die, ohne die Atmung zu behindern, links und rechts dem Brustkorb des Patienten anliegen.

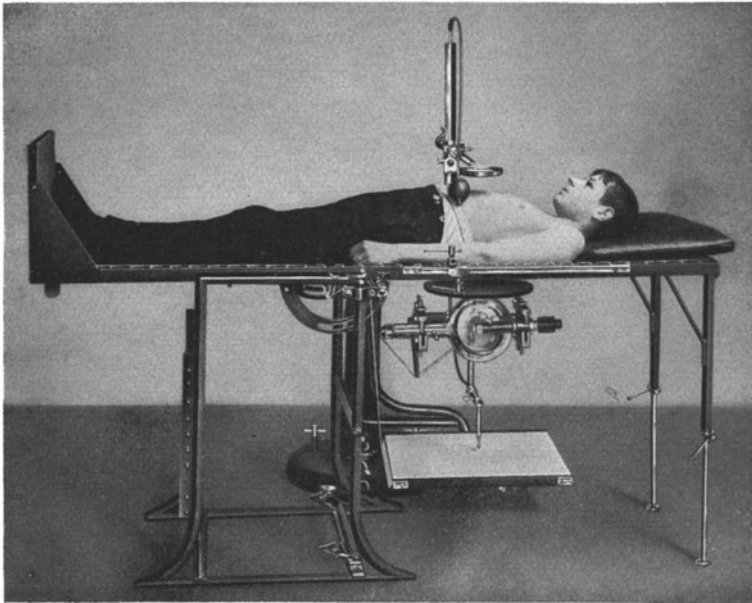


Abb. 11. Horizontalorthodiagraph. (Nach Groedel.)

Durch Entfernung des Stuhlsitzes läßt sich die Vorrichtung auch zur bequemen Fixierung des Kranken bei der Aufnahme im Stehen benutzen. Endlich kann durch Auslösen einer Sperrvorrichtung das Gestell umgeklappt werden und dann als Tisch für Horizontalaufnahmen benutzt werden (s. Abb. 11).

Noch ein Wort über die Röhrenbefestigung. Früher benutzte man Klammern oder für die einzelnen Röhren besonders konstruierte Halter. Ich habe eine kleine Vorrichtung konstruiert, die neben einer besseren und handlicheren Befestigung der Röhre das wiederholte Zentrieren unnötig machen soll. Jede Röhre wird in einem Röhrenfuß befestigt, der aus einem Grundbrett besteht, an dem zwei Gabeln zur Aufnahme der beiden Röhrenhälse befestigt sind. Der Röhrenfuß wiederum paßt in einen Schlitten, den eigentlichen Halter. Da die Röhrenfüße stets ganz gleichmäßig angefertigt sind, braucht man sie nur bis zu einem bestimmten, vorher ermittelten Punkt in die Röhrenhalter, die Schlitten, einzuschieben und hat so ohne weiteres die Gewähr, daß die Röhre in dem betreffenden Apparat zentriert ist.

Die genaueren Vorschriften über die Art der Befestigung der Röhre auf dem Fuße — über das einmalige Zentrieren der Röhre — kann ich hier nicht geben. Dieselben sind in meinem oben zitierten Buche „Orthoröntgenographie“ nachzulesen.

Bezüglich der Ausführung der Orthodiagraphie kann ich mich ganz kurz fassen. Alles Nähere, besonders über die Vorbereitungen, das Zentrieren des

Apparates, die Erdung usw. befindet sich an den mehrfach erwähnten Stellen ausführlich behandelt.

Ob wir im Liegen, Stehen oder Sitzen orthodiographieren, der Gang der Untersuchung ist stets derselbe. Wir bringen die Zentralmarke des Schirmes mit verschiedenen Randstellen des Herzgefäßschattens (ruhige Atmung, expiratorischer Zwerchfellstand, diastolischer Stand des Herzschattens) zur Deckung und markieren die jeweilige Stellung des ganzen Systems. So erhalten wir schließlich in punktierter Linie die gesamten Organgrenzen, in die wir zum Schlusse die Orientierungspunkte und Grenzlinien des Körpers mittelst des Führungsstiftes einzeichnen.

11. Die orthophotographischen Verfahren.

Mit der Erkenntnis des Wertes der Orthodiagraphie wurde — ob wirklich mit Recht oder Unrecht wird noch zu erörtern sein — auf einen Mangel dieser Methode hingewiesen. Die Ausübung der Orthodiagraphie setzt, neben der selbstverständlich notwendigen technischen Übung, anatomische Kenntnisse und die Fähigkeit voraus, das in Bewegung befindliche Röntgenbild rasch zu erfassen. Daher war das nächste Ziel, die von der Subjektivität des Untersuchers abhängige Orthodiagraphie durch rein mechanische, also ortho-photographische Verfahren zu ersetzen.

Immelmann¹⁾ schlug zu diesem Zwecke vor, mittelst eines Orthodiagraphen, dessen Röhre stark abgeblendet ist, das Herz langsam bei angehaltenem Atem zu umfahren und die Röntgenstrahlen gleichzeitig auf eine vor der Brust des Patienten befindliche photographische Platte einwirken zu lassen. Rieder²⁾ modifizierte die Methode dahin, daß zunächst auf ein vor dem Patienten aufgespanntes Zeichenpapier das Orthodiagramm aufgezeichnet, dann eine Platte vor der Brust des Objektes angebracht und nun, wie von Immelmann vorgeschlagen, weiter verfahren wird, mit dem einen Unterschied, daß der Apparat entsprechend dem auf dem Orthodiagramm vorgezeichneten Konturenverlauf des Herzschattens bewegt wird.

Eine physikalisch besser fundierte Methode stellt das von Albers-Schönberg³⁾ erfundene Spaltblendenverfahren dar. Hierbei wird die Röhre bis auf einen 5 mm breiten vertikalen Schlitz abgeblendet und langsam hinter dem Patienten vorbeigeführt, vor dessen Brust die photographische Platte befestigt ist. Man kann ebenso bei ruhig stehender Röhre den Patienten am Belichtungsspalt vorbeibewegen und außerdem eine zweite Aufnahme bei horizontal stehendem Blendenspalt anfertigen. Es wird dann die erste Aufnahme die queren Herzmaße, die zweite dagegen die Höhenmaße richtig wiedergeben. Hänisch⁴⁾ hat außerdem das Verfahren für Aufnahmen im Liegen ausgebaut.

Wohl das exakteste orthophotographische Verfahren ist die Fernphotographie. Schon früher sind die Distanzaufnahmen von zahlreichen Autoren (z. B. Rosenfeld, Gocht, Cowl u. a.) empfohlen worden. Alban Köhler⁵⁾ hat aber als erster die Teleröntgenographie (die Bezeichnung stammt von Grashey) zu einem Verfahren der Herzgrößenbestimmung ausgebaut. Wie der Name schon sagt, ist das hervorsteckende Charakteristikum der Methode die Aufnahme des Herzens bei größerer Entfernung der Lichtquelle. Die Tabellen Köhlers zeigen, daß ein normalgroßes Herz bei einem Plattenfokusabstand von zwei Metern nur noch um wenige Millimeter vergrößert gezeichnet wird,

¹⁾ Berl. klin. Wochenschr. 1905. Nr. 15. — ²⁾ Arch. f. physikal. Med. Bd. II. — ³⁾ II. Röntgenkongreß 1906. — ⁴⁾ Fortschritte. Bd. 11 H. 2. — ⁵⁾ Wiener klin. Rundschau 1905. Nr. 16.

so daß wir von einer Projektion des Herzens in Originalgröße sprechen dürfen. Die besondere Schwierigkeit des Verfahrens lag in der anfangs notwendigen langen Expositionszeit. Erst seitdem ich Wege und Mittel angegeben habe, die Belichtungszeit ganz wesentlich herabzusetzen, hat sich die Herzteleröntgenographie weitere Verbreitung und zahlreichere Freunde erwerben können. Ich selbst habe für die Fernaufnahmen einen Röhrenwandarm mit an der Wand anmontierter verstellbarer Kassette angegeben (s. Abb. 12), der eine bequeme Einstellung des Patienten und leichte Zentrierung der Röhre ermöglicht¹⁾. Ähnliches erreicht Köhler mit seinem Spezialaufnahmestativ, während Albers-Schönberg durch einige kleine Änderungen seine bekannte Kistenblende dem vorliegenden Zwecke angepaßt hat. Außerdem hat Albers-Schönberg eine Anordnung empfohlen, um auch bei horizontaler Körperlage des Patienten Teleröntgenogramme anfertigen zu können. Da hierzu aber zwei übereinander gelegene Laboratoriumsräume benötigt werden, dürfte nur in den seltensten Fällen der Vorschlag durchführbar sein. (Näheres in dem entsprechenden Kapitel von Albers-Schönbergs Röntgentechnik.)

12. Ersatzmethoden für die Orthoröntgenographie.

Während auf der einen Seite das Bestreben aller Röntgenologen auf Verbesserung und Objektivierung des orthoröntgenographischen Verfahrens gerichtet war, wurde von anderer Seite mehr eine Vereinfachung der Methode erstrebt. Teils war hierbei der Wunsch maßgebend, die Apparatur zu verbilligen, wenn möglich ohne Spezialapparate auszukommen, teils das Bestreben, ein keinerlei spezielle Erfahrung und Übung voraussetzendes Verfahren auszubilden.

Bis zu einem gewissen Grade sind auch die vorstehend besprochenen orthophotographischen Methoden auf Grund solcher Überlegungen empfohlen worden, jedoch stand hier die Objektivität des Aufnahmeproganges stets im Vordergrund. Es ist auch ohne weiteres zuzugeben, daß sowohl Albers-Schönbergs Spaltblendenverfahren, wie auch Köhlers Teleröntgenographie bis zu einem gewissen Grade dasselbe leisten wie die Orthodiagraphie. Ja in dem Laboratorium des im Orthodiagraphieren Ungeübten, in der Hand des zur Orthodiagraphie Unbefugten (Nichtarzt) oder für unsere durch die Röntgenstrahlen gesundheitlich bereits zu sehr geschädigten Kollegen ist diese Art der Technik ein äußerst wertvolles Ersatzmittel, das wir nicht mehr missen möchten. Eine Überlegenheit der mechanischen Verfahren gegenüber der Orthodiagraphie ist aber in keiner Weise bewiesen. Gewiß ist Übung notwendig; aber sie ist für den Arzt und für den Röntgenologen leicht zu erlangen, leichter als die einer einwandfreien Perkussion. Und während uns die mechanischen Verfahren das unbewegte Bild des durch forcierte Inspiration dislocierten Herzens zeigen, können wir während des Orthodiagraphierens die Herzbewegungen beobachten und so erst ein diagnostisch wertvolles Untersuchungsergebnis zeitigen. Es ist schon so vielerlei über die Vorzüge des einen oder des anderen Verfahrens geschrieben worden, daß sich ein weiteres Eingehen auf diese Frage erübrigt. Es sei nur noch darauf hingewiesen, daß die recht beträchtlichen Kosten der mechanischen Methoden die wünschenswert ausgedehnte und beim einzelnen Patienten wiederholt vorzunehmende röntgenologische Größenermittlung des

¹⁾ Seit Abfassung dieser Arbeit habe ich von der Reiniger, Gebbert und Schall Aktiengesellschaft einen ähnlichen Aufnahmeapparat bauen lassen, der nicht an der Wand befestigt, kompändiöser und universeller verwendbar ist. Die Abbildungen im Grundriß und Atlas der Röntgendiagnostik (München: J. F. Lehmann 1914) lassen alle Details dieser praktisch inzwischen erprobten Vorrichtung erkennen.

Herzens wieder wesentlich einschränken würden. Wenn also auch vom technisch-physikalischen Standpunkt aus die Orthophotographie als der Orthodiagraphie ziemlich ebenbürtig bezeichnet werden muß, so bleibt ihr Anwendungsfeld doch im wesentlichen auf die oben angeführten Fälle beschränkt.

Die, wie schon gesagt, von ganz anderen Gesichtspunkten aus empfohlenen Ersatzmethoden der Orthoröntgenographie sind dagegen aufs energischste zurückzuweisen. Daß wir, wie Schmidt¹⁾ vorschlägt, die Herz-aufnahmen stets unter den gleichen Bedingungen aufnehmen sollen, könnte ja anerkannt werden. Solche Bilder mögen auch für die Kontrolle von Größenveränderungen des Herzens beim selben Patienten dienen können, keinesfalls aber für die vergleichende Größenermittlung. Weiterhin ist zuzugeben, daß fast jedes moderne Durchleuchtungsstativ mittels geringer Umänderungen zu einem Instrument umgewandelt werden kann, das dem Prinzip der röntgenologischen Körpermessung gerecht wird. Und für gewisse Zwecke, wie Fremdkörper-Lagebestimmungen, mögen diese Vorrichtungen auch ausreichend sein. Sollten sie einem modernen Orthodiagrammen gleich gestaltet werden, so würden die Unkosten denjenigen eines Spezialapparates sicherlich gleichkommen. So ist es von vornherein klar, daß alle seither empfohlenen Ersatzapparate durch ihre Schwebbeweglichkeit und Unsicherheit das anerkanntermaßen nicht so ganz leichte Orthodiagraphieren noch weiter erschweren müssen und unzuverlässige Resultate ergeben. Als in dieser Beziehung ganz besonders unzuverlässlich möchte ich das Arbeiten mit der Hängeblende und dem Fadenkreuz bezeichnen (sog. orthodiagraphische Schirmpausen) oder gar, wie es Schwarz²⁾ vorschlägt, die Benutzung eines kleinen, dreimarkstückgroßen Blendenkreises bei verschiebbar angeordneter Röhre, wobei die Mitte des Lichtkreises stets auf den Herzrand eingestellt werden soll. Derartige Vorschläge kommen einem Aufgeben alles dessen gleich, was wir im Laufe der letzten 20 Jahre auf dem Gebiete der röntgenologischen Herzmessung mühsam erreicht haben: sie bedeuten ein Zurückgehen auf den Stand unserer Technik vor der Konstruktion des ersten Orthodiagrammen durch Moritz, also vor 1900.

Dann ist ein Verfahren hier zu nennen, das in letzter Zeit von verschiedener Seite immer wieder erfunden wird, obwohl auf seine Durchführbarkeit von Alban Köhler, Albers-Schönberg u. a. schon seit langem hingewiesen wurde — die Fernzeichnung. Es bedarf wohl keines besonderen Beweises, daß man ebenso wie Fernaufnahmen auch Fernzeichnungen des Herzens anfertigen kann. Man hat nur die Röhre in entsprechendem Abstand von dem vor der Brust des Patienten befindlichen Schirme aufzustellen und die Röhre etwas kräftiger zu belasten. Es lassen sich dann die Herzkonturen mit Fettstift auf dem Schutzglas des Leuchtschirmes nachfahren. Wer aber einmal, diese scheinbar einfache Methode anzuwenden probierte, der wird mir zugeben, daß sie weit schwieriger als die Orthodiagraphie durchführbar ist. Ich sehe von den durch die Eigenart des Verfahrens begründeten Fehlerquellen ab (größere Herzen werden doch stärker verzeichnet, die tiefe Inspiration verlagert das Herz, der Lungendurchmesser wird stark vergrößert) und will nur darauf hinweisen, daß wir nicht nur bei korpulenten Leuten, sondern auch bei normal gebauten Individuen die Schattenrandbogen nicht mehr deutlich differenzieren können, da bei größerem Röhrenabstand die Lichtintensität sowohl hierzu nicht mehr ausreicht, als auch die reichlicher produzierte Luftstrahlung eine stärkere Verwischung verursacht.

Ich habe im Laufe der Zeit Gelegenheit gehabt, Herzzeichnungen aus den verschiedensten Laboratorien mit von mir angefertigten Orthodiagrammen

¹⁾ Fortschritte. Bd. 15. H. 4. — ²⁾ Die Röntgenuntersuchung des Herzens und der großen Gefäße, Wien: F. Deuticke 1911.

zu vergleichen, darunter besonders zahlreiche Fernzeichnungen. Ich will gerne zugeben, daß häufig die Endergebnisse zahlenmäßig befriedigend übereinstimmen, wenn auch ebenso häufig enorme Unterschiede bestanden. Stets aber war die Tatsache auffallend, daß die Fernzeichnung keinerlei Herzform, keinen Randbogen, nicht einmal den Aortenbogen korrekt wiedergab. Dies bestätigt meine persönliche Erfahrung, daß eine gute Fernzeichnung weit schwieriger anzufertigen ist, denn ein exaktes Orthodiagramm. Das subjektive Können oder Nichtkönnen des Untersuchers kommt noch viel mehr zum Ausdruck, als bei der Orthodiagraphie.

Ich übergehe alle sonstigen Methoden und Modifikationen und will zum Schlusse nur noch ein von Kreuzfuchs¹⁾ angegebenes „Neues Verfahren zur Bestimmung der Herzgröße“ besprechen, das wegen seiner scheinbaren Sicherheit manches Bestechende haben dürfte. Nach der Vorschrift dieses Autors wird einfach das zentralprojizierte Schirmbild von Herz und Lungen auf das Schirmschutzglas aufgezeichnet und dann durchgepaust, wobei man nur darauf zu achten hat, daß der Röhrenfokus sich hinter der Körpermitte befindet. Man mißt dann folgende drei Zahlen aus: 1. die Entfernung des rechten Herzrandes vom rechten äußeren Lungenrand = Rechtsdistanz des Herzens. 2. die Entfernung des linken Herzrandes vom linken äußeren Lungenrande = Linksdistanz des Herzens, 3. den Transversaldurchmesser des Herzens. Diese drei Größen sollen sich etwa wie 3:4:5 verhalten. Hiermit wäre nicht nur das genaue Zeichnen und Ausmessen des Herzens überflüssig, es würde auch auf Alter, Größe und Gewicht des Patienten keine Rücksicht mehr genommen werden müssen. Nun ist zunächst zu sagen, daß der Vergleich der Herzmaße mit den Lungenmaßen durchaus nicht originell ist. Karl Franke²⁾ hat schon 1906 dieses Verfahren energisch befürwortet und ermüdend ausführliche Vorschriften gegeben. In der Folge ist aber, außer von mir, von den meisten Röntgenologen die Wichtigkeit dieser Relation betont worden. Es wäre daher auch durchaus nichts dagegen einzuwenden, wenn das Verhältnis zwischen der orthodiagraphisch gefundenen Herz- und Lungenbreite zahlenmäßig festgelegt würde, und wenn man versuchen wollte, hierauf fußend, unter Umgehung der üblichen Zahlen (wie Alter, Körpergröße usw.) die Herzgröße abzuschätzen. Daß dies aber an einem zentralprojizierten Bild geschehen soll, bedeutet eine Vernachlässigung so großer Projektionsfehler, daß man sich hiergegen nicht energisch genug wenden kann. Ich kann nur einige Beispiele angeben, die meinen Standpunkt rechtfertigen. Kreuzfuchs sagt zwar nicht, ob man einen bestimmten Fokusplattenabstand anwenden soll, und welchen. Nehmen wir aber beispielsweise 50 cm an, so finden wir, daß ein normales Herz etwa um 1 cm größer projiziert wird als das entsprechende Orthodiagramm, während die lateralen Lungenränder bereits um 5,5 cm zu weit nach außen projiziert werden. Nehmen wir dagegen 40 cm Röhrendistanz, so wird das Herz etwa 1,4 cm, der Transversaldurchmesser der Lungen aber rund 9 cm zu groß projiziert. Hierbei hatte ich bis jetzt einen abnorm geringen Tiefendurchmesser des Thorax von etwa 15 cm meiner Berechnung zugrunde gelegt. Setzen wir für diesen rund 20 cm ein, so werden die Maße des normalen Herzens kaum wesentlich verändert, während die Verzeichnung der Lungenbreite etwa 7,5 cm bei 50 cm Fokusdistanz und etwa 11 cm bei 40 cm Fokusdistanz beträgt. So sehen wir schon bei einigen wenigen Proben ein enormes Pendeln der Lungengröße im zentralprojizierten Bild gegenüber minimalen kaum erkennbaren Größenschwankungen des Herzschattens selbst. Was wir aus auf solcher Grundlage gewonnenen Verhältniszahlen dann noch schließen können, das bedarf keiner weiteren Erörterung.

¹⁾ 29. Kongr. f. inn. Med. 1912. — ²⁾ Die Orthodiagraphie. München: J. F. Lehmann 1906.

Es scheint mir, daß von manchen Röntgenologen das Ziel der Orthodiagraphie ganz vergessen wird. Die Orthodiagraphie soll einerseits unsere Perkussion kontrollieren, andererseits unumstößlich exakte Dokumente für spätere Vergleiche, für den Nachweis eventueller Größenänderungen des Herzens liefern. Für beide Zwecke kann nur eine auf wissenschaftlich sicherer Basis ruhende Methode herangezogen werden. Andernfalls müßte die röntgenologische Größenbestimmung des Herzens ganz mit Recht von den Nichtröntgenologen als ihrer Untersuchungsmethode nicht überlegen zurückgewiesen werden.

Wir kommen daher, wie ich in meiner Publikation „Die röntgenologische Herzgrößenbestimmung auf Abwegen“¹⁾ ausführte, zu dem Schlusse, daß der Nichtröntgenologe oder der Patient, der eine röntgenologische Größenbestimmung des Herzens beantragt, erwarten darf, daß diese mit einer einwandfreien Methode ausgeführt wird, daß als solche aber nur die Orthodiagraphie zu bezeichnen ist. Kann der Röntgenologe mangels eines zuverlässigen Apparates oder aus Gesundheitsrücksichten das Orthodiagramm nicht aufnehmen, so kommt nur die zwar kostspieligere und schwierigere, aber doch ausreichend genaue Teleröntgenographie des Herzens in Frage.

II. Die normalen Zirkulationsorgane im Röntgenbilde.

Wollen wir pathologische Veränderungen des Zirkulationsapparates durch die Röntgenuntersuchung feststellen, so muß uns selbstverständlich zuvor das normale Röntgenbild vollkommen geläufig sein.

Wenig günstig liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse aller jener Zirkulationsorgane, die außerhalb des Thorax gelegen sind, wie auch eines Teiles der intrathorakalen Gefäße. Sie sind normalerweise mit wenigen Ausnahmen im Röntgenbilde nicht sichtbar. Erst durch gewisse pathologische Veränderungen werden sie überhaupt der Röntgenuntersuchung zugänglich.

Dagegen lassen sich, wie schon ausgeführt, die von den Lungen umlagerten Zirkulationsorgane — also das Herz und teilweise die thorakalen größeren Gefäße — auch unter physiologischen Verhältnissen mittels der Röntgenstrahlen gut übersehen. Die Schilderung und Deutung des normalen Herz-Gefäßbildes muß daher unsere erste Aufgabe sein. Wohl die meisten Röntgenologen, die seither literarisch hervorgetreten sind, haben sich an dieser Aufgabe beteiligt. Es seien nur erwähnt: Weinberger, Levy-Dorn, Rieder, Holzknecht, Béclère, Bouchard, v. Criegern, Bittorf, Oestreich, de la Camp, F. A. Hoffmann, Jaffé, Arnsperger, Schwarz, Th. und F. Groedel.

Ich will zunächst, ohne auf noch bestehende Meinungsverschiedenheiten einzugehen, das Röntgenbild des intrathorakal gelegenen Teiles des Zirkulationsapparates, wie es sich bei den verschiedenen Durchleuchtungsrichtungen zeigt, schildern. Die Methoden, die seither beim Studium dieser Frage in Anwendung kamen, kann ich hier nicht im Zusammenhang erörtern. Ich werde aber im Laufe der weiteren Besprechung der röntgenologischen Befunde am normalen Zirkulationssystem wiederholt hierauf zurückkommen.

1. Herz- und Gefäßschatten bei Sagittalprojektion.

a) Herz- und Gefäßschatten bei dorso-ventraler Sagittalprojektion.

Der Patient lehnt sich mit der Brust gegen die Kasette oder den Leuchtschirm, die Röhre steht 60 cm vor der Mitte der Kasette, i. e. ungefähr in Höhe des unteren Skapularwinkels, auf die Körpermittellinie zentriert (s. Abb. 12).

¹⁾ Röntgentaschenbuch. Bd. 5.

Die Strahlen der Röntgenröhre durchdringen den Körper also vom Rücken zur Brust hin, wobei der Zentralstrahl entsprechend der Sagittalnaht des Schädels verläuft (s. Abb. 13).

Etwa senkrecht durch die Mitte des Thoraxbildes verläuft ein Schatten — der Mittelschatten —, so daß wir ein rechtes und ein linkes helles Lungenfeld erhalten. Der Mittelschatten wird von Wirbelsäule und Sternum, durch das Herz und die großen Gefäße, sowie durch die Mediastinalorgane erzeugt. Da Herz und große Gefäße die stärkste Breitenausdehnung besitzen, überragt ihr Schatten überall diejenigen der übrigen aufgezählten Schattenbildner. Die Ränder des Mittelschattens gehören mithin dem Herzgefäßschattenbild an.



Abb. 12.
Aufnahme bei Sagittalprojektion.

Sie verlaufen nicht geradlinig, sondern in Form von mehr oder weniger gekrümmten Bogen. Die einzelnen Randbogen entsprechen gewissen Herz- und Gefäßteilen. Die genauere Bestimmung der letzteren ist mit Hilfe verschiedener anatomischer Verfahren, besonders aber durch die Beobachtung der Pulsationserscheinungen im Röntgenschirmbild ausgeführt worden. Wir werden, wie schon gesagt, hierauf noch zurückkommen.

Wie Abb. 14, die wenig schematisierte Pause eines Photogramms, zeigt, können wir am Mittelschatten rechts zwei, links vier Hauptbogen erkennen. Die rechten Schattenbogen sind: der untere oder rechte Vorhofbogen und der obere oder Gefäßbogen. Der rechte Vorhof erscheint, worauf ich schon öfters hingewiesen habe, manchmal in der Mitte geteilt, meist allerdings bei Stauungszuständen. Der obere Teil entspricht dann wohl dem rechten Herzohr, der untere dem rechten Vorhof. Der Gefäßbogen wird fast immer von der Aorta ascendens gebildet. Oberhalb von ihm sehen wir als schwächeren Schatten die großen Gefäße verlaufen. Auf der linken Herzseite sehen wir zu oberst den Aortenbogen. Er entspricht in seinem oberen Teil dem Arcus, der mehr oder weniger parallel der Strahlenrichtung verläuft und infolgedessen einen besonders dunklen Schatten ergibt. Fast immer läßt sich die Aorta descendens als lichter Schatten und weiter unten durch den Herzschatten hindurch als dunkleren Schattenstreifen erkennen. An den Aortenbogen schließt

sich der Pulmonalbogen an, bei jüngeren Individuen deutlicher als bei Erwachsenen vorspringend. Es folgt ein hellerer, dreieckiger Schattenteil, der den Winkel zwischen Pulmonal- und unterstem linken Bogen ausfüllt. Für gewöhnlich entspricht er dem linken Herzohr. Daß er aber auch vom linken Vorhof gebildet werden kann, beweist die Leichenuntersuchung. Den untersten linken Bogen stellt beim normalen Herzen stets der linke Ventrikel dar. Bei mageren Patienten und bei stärkerer Gasfüllung des Magenfundus können wir ihn auch unterhalb des Zwerchfellschattens bis zur Herzspitze verfolgen. Auch der rechte Ventrikel läßt sich in solchen Fällen oft noch eine Strecke weit mit

ziemlich flacher Grenzlinie erkennen; nur ganz ausnahmsweise läßt er sich bis zum unteren Endpunkt des rechten Vorhofbogens hin verfolgen (s. auch Abb. 15).

Weiterhin sind nun noch oben und unten zu beiden Seiten des Herzgefäßschattens Schattenstränge zu beobachten, die zwar nicht regelmäßig auftreten, aber durch die verfeinerte Technik in letzter Zeit doch sehr häufig beobachtet werden können.

Rechts unten bemerken wir — besonders bei tiefer Inspiration und bei Emphysem — einen ziemlich geradlinig begrenzten und schräg nach rechts außen vom unteren rechten Bogen zum Zwerchfell hinstrebenden Schatten, den ich als die Vena cava inferior bezeichnet habe. Da Köhler¹⁾ die Ansicht geäußert hat, daß es sich hier häufig um eine Anomalie des Perikardansatzes handle, bin ich der Frage im röntgenanatomischen Experiment nachgegangen und kann hier einstweilen mitteilen, daß hierdurch meine Ansicht vollkommen gestützt wird, daß es sich stets um die Vena cava inferior handelt.

Auch auf der linken Seite sehen wir — und zwar wieder vorzugsweise bei tiefer Inspiration und bei Emphysem — einen etwas seichterern, bald geradlinig, bald median konvex begrenzten, von dem linken unteren Bogen schräg nach außen zum Zwerchfell hinziehenden Schatten, den ich — was wiederum

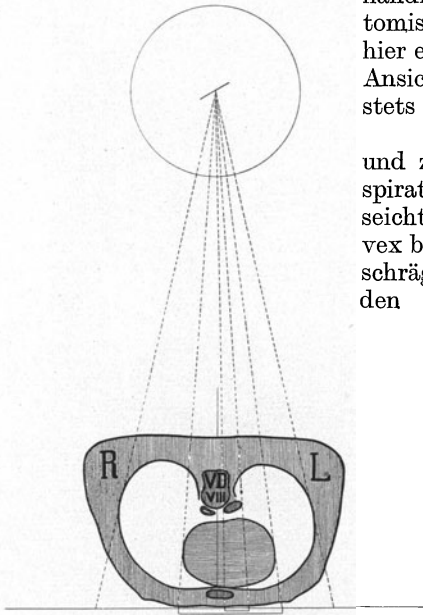


Abb. 13.
Strahlenverlauf bei dorso-ventraler Sagittalprojektion

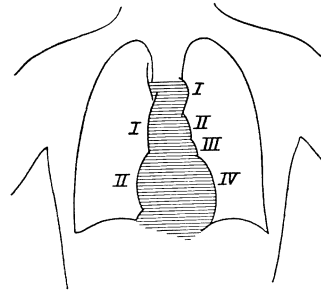


Abb. 14.
Thoraxbild bei Sagittalprojektion.

meine neueren Versuche rechtfertigen — als das angespannte, bekanntlich mit dem Zwerchfell häufig leicht verklebte Perikard gedeutet habe²⁾.

Von den beiderseitigen obersten Bogen verlaufen manchmal nahezu senkrecht nach oben, häufiger rechts als links und überhaupt mehr im höheren Alter und bei pathologischen Fällen sichtbar, bandartige Schattenstränge, die ich als die großen, von der Aorta und der Vena cava superior abzweigenden Gefäße bezeichnet habe, was wiederum der anatomische Kontrollversuch bestätigt.

„Was nun unsere Kenntnisse von dem normalen kindlichen Herzen und der von ihm ausgehenden großen Gefäße, so wie dieselben bei röntgenoskopischer Betrachtung sich unserem Auge darbieten, anbelangt, so ist (ich lasse hier

¹⁾ Alban Köhler: Lexikon der Grenzen des Normalen und der Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde. S. 173, Hamburg: Gräfe & Sillem 1910.

²⁾ F. M. Groedel: Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin. S. 120, München: J. F. Lehmann 1909.

Paul Reyher¹⁾ sprechen) unser diesbezügliches Wissen, namentlich wenn wir es mit dem durch röntgenologische Untersuchungen der Zirkulationsorgane des Erwachsenen gewonnenen vergleichen, noch recht lückenhaft.“

Die Differenzierung der Herzschattenbegrenzung in zwei rechte und vier linke Schattenbogen ist, wie Reyher weiter ausführt, nicht in allen Lebensaltern des Kindes erkennbar: „Im frühen Kindesalter und namentlich bei Säuglingen können wir auf der linken Seite meistens nur drei, bei den letzteren sogar in der Regel nur zwei Bogenlinien erkennen, so daß im letzteren Falle die beiden mittleren Bogenlinien links in Wegfall kommen, während am rechten Herzrand zu jeder Lebenszeit zwei Bogen nachweisbar sind. Es ist

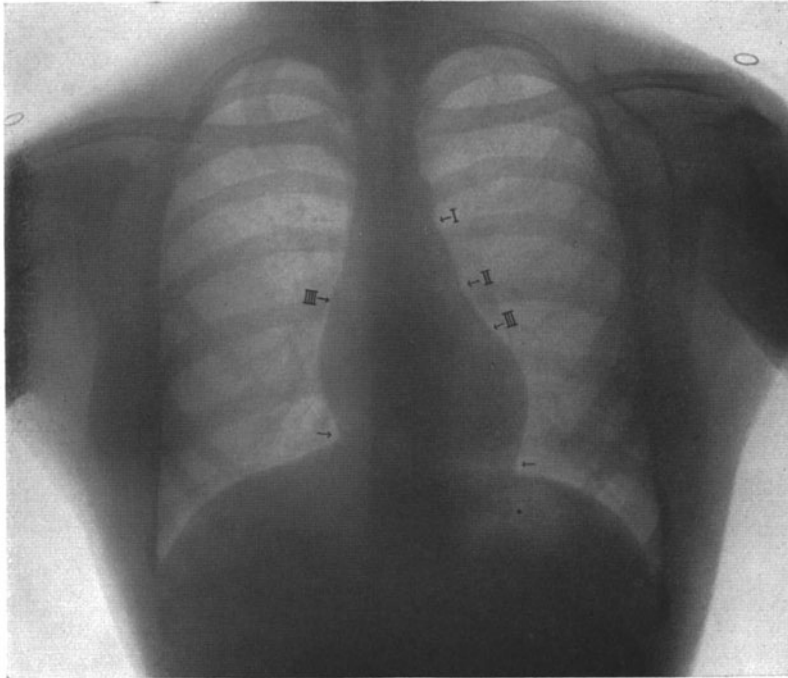


Abb. 15. Dorso-ventrale Sagittalaufnahme²⁾.

18jähriges, vollkommen gesundes Mädchen. ← I. Grenze zwischen Aorta und Pulmonalis. ← II. Grenze zwischen Pulmonalis und l. Vorhof. ← III. Grenze zwischen l. Vorhof und l. Ventrikel. ← IV. Grenze zwischen r. Vorhof und Aorta ascendens. Linker ← Perikard. Rechter → Vena cava infer.

wahrscheinlich, daß diese Abweichung in der durchschnittlichen Herzform beim jüngeren Kinde und besonders beim Säugling von der des älteren Kindes auf Unterschieden in der Lage des Herzens im Brustraum beruht.“

Als bemerkenswerte Tatsache will ich noch erwähnen, daß Reyher eine Abbildung bringt, aus der ersichtlich ist, daß sich auch beim Kinde der Perikardbogen in gleicher Weise wie beim Erwachsenen manchmal nachweisen läßt.

¹⁾ Das Röntgenverfahren in der Kinderheilkunde. Bibl. d. physik. med. Techniken. Berlin: H. Meußner 1912. — ²⁾ Sämtliche Photogramme dieses Kapitels sind ohne jede Retouche nach 40 : 50 cm großen Originalen hergestellt. Aufnahmetechnik: Unipulsinduktor, Unipulsunterbrecher, Sinegranverstärkungsschirm.

b) Herz- und Gefäßschatten bei ventro-dorsaler Sagittalprojektion.

Der Patient lehnt sich mit dem Rücken gegen die Kassette (oder den Leuchtschirm), die Röhre steht 60 cm vor der Mitte der Kassette. Die Strahlen der Röntgenröhre durchdringen den Körper also von der Brust zum Rücken hin, wobei der Zentralstrahl entsprechend der Sagittalnaht des Schädels verläuft.

Die ventrodorsale Sagittalaufnahme des Herzens unterscheidet sich fast gar nicht von der dorsoventralen. Da das Herz bei dieser Projektionsart weiter von der Platte, resp. dem Schirm entfernt ist, erscheint sein Schatten größer und lichter. Bei Aortensklerose wird die Aorta descendens in dieser Stellung deutlicher dargestellt.

2. Herz- und Gefäßschatten bei Frontalprojektion.**a) Herz- und Gefäßschatten bei dextro-sinistraler Frontalprojektion.**

Die Röhre steht 60 cm vor der Mitte der Kassette. Der Patient lehnt sich mit der linken Körperseite gegen die Kassette (resp. den Leuchtschirm), die Arme sind über den Kopf zurückgeschlagen oder nach vorne gehoben (s. Abb. 16). Die Strahlen der Röntgenröhre durchdringen den Körper also in querer Richtung von der rechten zur linken Körperseite hin, wobei der Zentralstrahl entsprechend der Frontalnaht des Schädels verläuft (s. Abb. 17).

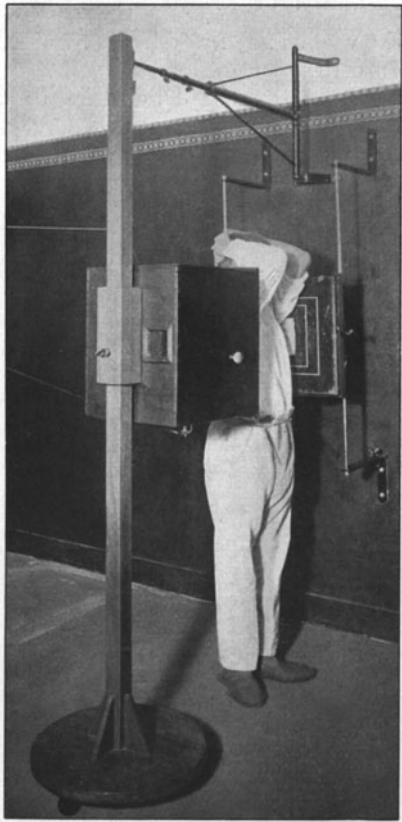


Abb. 16.
Aufnahme bei Frontalprojektion.

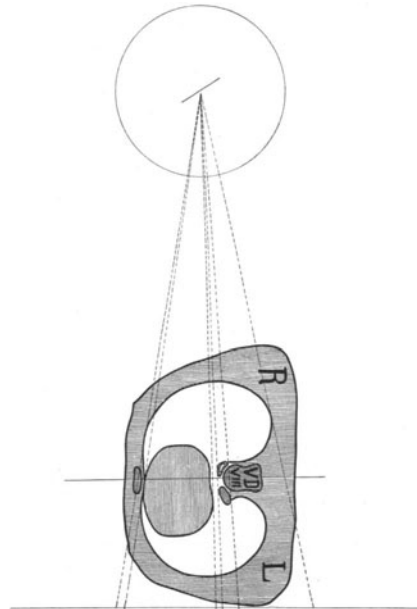


Abb. 17.
Strahlenverlauf bei Frontalprojektion.

Auch bei dieser Durchleuchtungsrichtung wird das Thoraxbild durch den Herzschatten in zwei Teile getrennt, so daß wir wieder zwei Lungenfelder unterscheiden können, die wir nun entsprechend ihrer Lage als retrosternales und

als retrokardiales Lungenfeld bezeichnen. Der Herz-Gefäßschatten verläuft zwischen diesen beiden Lungenfeldern von hinten oben nach vorne unten und ist mit seinem unteren zugespitzten Ende zwischen vorderer Brustwand und Zwerchfell eingekeilt.

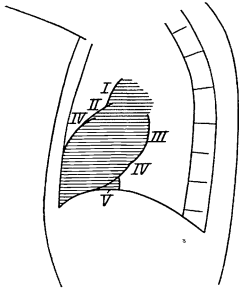


Abb. 18. Thoraxbild bei Frontalprojektion.

Auch hier erkennen wir wieder eine bogenförmige Gliederung des Schattenrandes der Herzsilhouette. Am oberen Schattenrand (vgl. Abb. 18) sehen wir drei Bogen, nämlich den Aortenbogen (I), den Pulmonalbogen (II), den (rechten) Ventrikelbogen (IV), am unteren Schattenrande zwei Bogen, und zwar den vom linken Vorhof gebildeten Vorhofbogen (III) und den nicht immer sichtbaren und dem linken Ventrikel entsprechenden linken Ventrikelbogen (IV). Außerdem ist bei dieser Durchleuchtungsrichtung fast stets die Vena cava inferior (V) sichtbar.

b) Herz- und Gefäßschatten bei sinistro-dextraler Frontalprojektion.

Röhren- und Körperstellung ist die gleiche wie bei 2a, nur daß die Strahlen den Körper von links nach rechts frontal durchdringen.

Auch das Röntgenbild zeigt dieselben Verhältnisse. Jedoch ist diese Richtung ungünstiger als die dextro-sinistrale, weil die zu projizierenden Organe weiter von der Projektionsebene entfernt sind und infolgedessen etwas weniger scharf herauskommen.

Das charakteristische Moment in der Technik der nunmehr zu besprechenden Schrägprojektion des Thoraxbildes liegt in dem schrägen Verlauf des Zentralstrahles zwischen Frontal- und Sagittalebene des Körpers hindurch. Es dürfte daher auch die von Holzknacht¹⁾ zu erst angewandte Bezeichnung „Aufnahme im schrägen Durchmesser“ trotz gegenteiliger Vorschläge beizubehalten sein. Jedoch glaube ich, daß die von mir eingeführte Einteilung²⁾ in ersten und zweiten (dorso-ventralen und ventro-dorsalen) schrägen Durchmesser die schnelle Orientierung gegenüber der Aufführung von vier schrägen Durchmessern erleichtert.

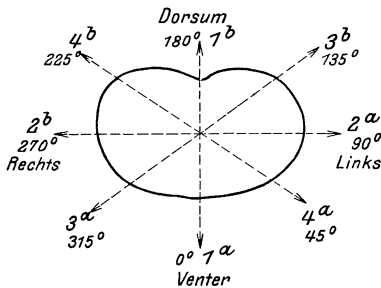


Abb. 19. Strahlenverlauf bei den wichtigsten Normalaufnahmen.

Von F. A. Hoffmann³⁾ ist eine noch feinere Einteilung der Durchleuchtungsrichtungen vorgenommen worden, die den Winkel als Indikator angibt, um den sich der Patient gedreht hat, um von der normalen (dors.-ventr.-sagitt.) zur jeweils angewandten Aufnahmestellung zu gelangen. Ein besonderer Drehscheibenapparat ermöglicht übrigens in exaktester

Weise die genaue Einstellung auf den jeweils gewünschten Winkel. Die Vorrichtung ist für gewisse experimentelle Untersuchungen entschieden als Fortschritt zu begrüßen. In der Praxis dürfte sie aber mehr komplizierend als

¹⁾ Holzknacht: Die röntgenologische Diagnostik der Erkrankungen der Brusteingeweide. Hamburg: Gräfe & Sillem 1901.

²⁾ Groedel: Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik. München: J. F. Lehmann 1909.

³⁾ F. A. Hoffmann: Atlas der Anatomie des Mediastinum im Röntgenbilde. Leipzig: Dr. W. Klinkhardt 1909.

erleichternd wirken. Was endlich die von Hoffmann vorgeschlagene Nomenklatur der Projektionsrichtungen als Position 0—359° anbelangt, so scheint sie mir weniger übersichtlich zu sein. Da sie aber vereinzelt bereits in die Literatur übergegangen ist, sei sie für die wichtigsten Normalaufnahmen mit unserer Nomenklatur nebeneinandergestellt (vgl. hierzu auch Abb. 19).

1. a)	Sagittalprojektion, dorsoventral	=	Position	0°
1. b)	„	ventrodorsal	=	„ 180°
2. a)	Frontalprojektion, dextrosinistral	=	„	90°
2. b)	„	sinistrodextral	=	„ 270°
3. a)	Projektion im ersten schrägen Durchmesser, dorsoventral	=	„	315°
3. b)	Projektion im ersten schrägen Durchmesser, ventrodorsal	=	„	135°
4. a)	Projektion im zweiten schrägen Durchmesser, dorsoventral	=	„	45°
4. b)	Projektion im zweiten schrägen Durchmesser, ventrodorsal	=	„	225°

3. a) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im dorsoventralen ersten schrägen Durchmesser.

Der Patient wird zunächst wie zur dorsoventralen Sagittalaufnahme aufgestellt. Auch steht die Röhre wieder 60 cm vor der Kassettenmitte. Dann legt der Patient den linken Arm hinter den Kopf und dreht den Körper langsam um etwa 45°, wobei der rechte Arm die feststehende Kassette umspannt hält, die rechte Schulter an die Kassette angepreßt bleibt, die linke Schulter sich der Röhre nähert (s. Abb. 20). Der Zentralstrahl der Röhre durchdringt infolgedessen den Körper schräg von links hinten nach rechts vorne, er verläuft in einer Ebene, die zwischen Frontal- und Sagittalebene gelegen ist (s. Abb. 21).

Abb. 22 zeigt uns, daß bei dieser Strahlenrichtung das Herz nach links hin von der Mitte wegprojiziert wird, daß Wirbelsäule, Ösophagus und Aorta descendens in den Mittelpunkt des Bildes, und rechts von ihnen die rechte Lunge teilweise frei projiziert wird. Im Röntgenbilde (s. Abb. 42) sehen wir drei Lungenfelder, ein linkes und rechtes und ein „mittleres“ (Holzknecht), oder besser als Retrokardialfeld bezeichnetes. Das linke Lungenfeld wird von dem mittleren durch den Herzgefäßschatten getrennt. Die Grenzlinie des letzteren zeigt nach links hin in der Hauptsache drei Bogen: zu unterst den (linken) Ventrikelbogen (IV), darauf aufsitzend den Pulmonalbogen (II) und zu oberst den (I) Aortenbogen (ascendens). Nach dem mittleren Lungenfeld hin sehen wir ebenfalls drei Grenzbogen: den (rechten) Vorhofbogen (III), den unscharfen Pulmonalbogen und den Aortenbogen (ascendens), außerdem meist die Vena cava inferior (V).

Einer besonderen Besprechung bedarf das Aortenbild im ersten schrägen Durchmesser. Für gewöhnlich sehen wir die normale Aorta descendens nicht oder nur angedeutet im Sagittalbild. Bei Durchstrahlung des Körpers im ersten schrägen Durchmesser rückt, wie Abb. 21 zeigt, die Descendens sehr weit von der Projektionsfläche ab. Daher verschwindet ihr Schatten vollkommen. Das Bild der Aorta ascendens endet infolgedessen meist unvermittelt im Lungenbild, bald mehr keilförmig zugespitzt, bald leicht kolbig am Ende ausgebuchtet, je nach dem Grade der Drehung. Denn von letzterem hängt es ab, wie weit Ascendens-, Arcus- und Descendensschatten sich decken, sich summieren, resp. verstärken. Auf alle Eventualitäten kann ich hier nicht eingehen. Sie ergeben

sich aus der Betrachtung von Abb. 23, die meiner Besprechung der normalen Aorta im 2. Band der Bibliothek der physikal.-med. Techniken entnommen ist.

Um den Verlauf der ganzen Aorta und ihre Darstellbarkeit durch die verschiedenen Projektionsarten zu erläutern, will ich stets das Röntgenbild bei hochgradiger Sklerose der Aorta hier mitbesprechen. Es sei aber der Hinweis nochmals gestattet, daß sowohl der Arcus

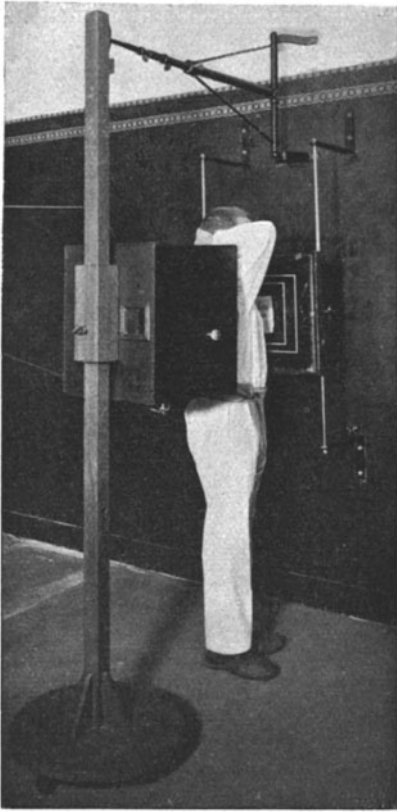


Abb. 20. Aufnahme im ersten schrägen Durchmesser.

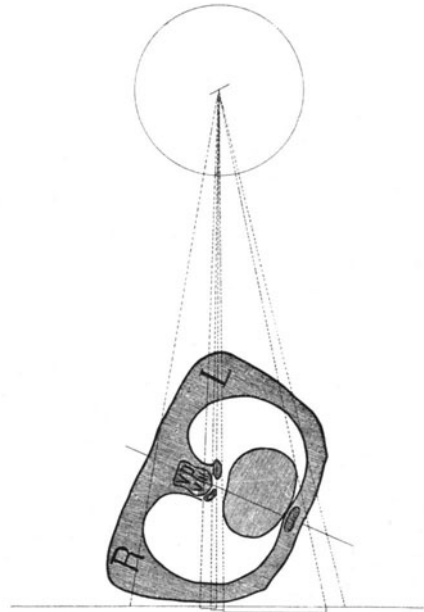


Abb. 21. Strahlenverlauf bei Aufnahme im ersten schrägen Durchmesser.

wie auch die Aorta descendens durch die verschiedenen Strahlenrichtungen bei normalem Zustand der Aorta nicht nachweisbar sind, daß es sich also in den

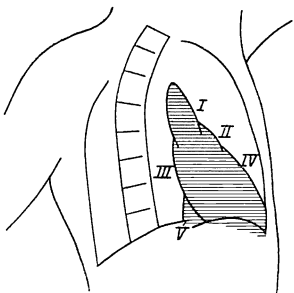


Abb. 22. Thoraxbild im ersten schrägen Durchmesser. (Normaler Fall.)

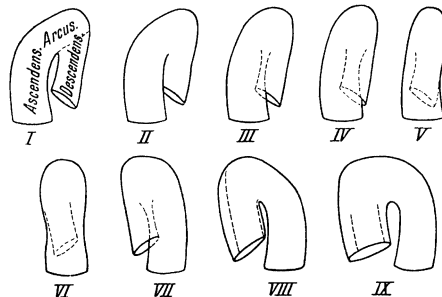


Abb. 23. Die Aorta bei Durchleuchtung in verschiedener Projektionsrichtung. (Aus Groedel, „Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen“, H. Meusser, Berlin 1912.)

Bildern 42—49 um pathologische Befunde handelt, deren Entstehung und Bedeutung aber erst später besprochen werden soll.

Die Abb. 24—41 sind genaue Strichzeichnungen nach Photogrammen. Die in ihnen schraffiert wiedergegebenen Schattenteile entsprechen dem Herzen und der Aorta, soweit diese deutlich auf der Platte sichtbar waren. Da die Abb. 14—22 nach Orthodiagrammen hergestellt waren, erscheinen die Abbildungen des pathologischen Falles größer.

Abb. 24 zeigt uns, daß der Schatten des Aortenarkus im ersten schrägen Durchmesser außerordentlich stark verkürzt projiziert wird, und daß selbst bei dem vorliegenden selten günstigen Fall nur ein kleiner Teil der Aorta descendens als deutliches Schattengebilde erscheint, der übrige (untere) Teil kaum angedeutet ist. Die große Entfernung der absteigenden Aorta von der Projektionsfläche wurde als ungünstiges Moment bereits hierfür verantwortlich gemacht.

Auch bei diesem pathologischen Fall sehen wir die besprochenen Randbogen. Links: Aortenbogen (I), Pulmonalbogen (II), Ventrikelbogen (IV); rechts: Vorhofbogen (III), Pulmonalbogen (II). Der in diesem Bilde dargestellte resp. sichtbare Verlauf der Aorta descendens (D) ist, wie betont, ein pathologisches Symptom.

Endlich muß ich noch auf eine Nebenfrage kurz eingehen, nämlich auf die Entstehungsursache des so wichtigen „mittleren oder retrokardialen Lungenfeldes“. Schwarz¹⁾ meint, „daß die Helligkeit dieses Streifens einigermaßen rätselhaft ist“. Ich glaube aber, daß seine, mit unserer früheren Ansicht konforme Erklärung dieser Erscheinung durch „Überstrahlung“ (resp. Wegleuchten) der Organe des hinteren

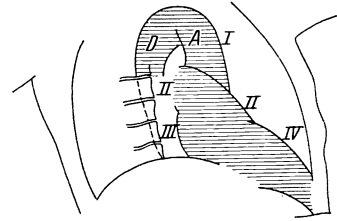


Abb. 24. Thoraxbild im ersten dorsoventralen schrägen Durchmesser. (Pathologischer Fall.)

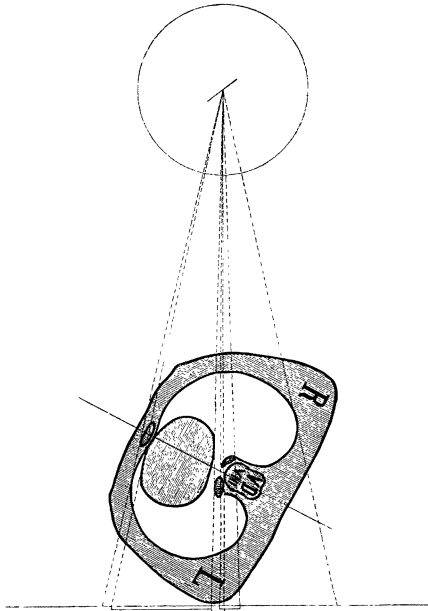


Abb. 25. Strahlenverlauf bei ventrodorsaler Aufnahme im ersten schrägen Durchmesser.

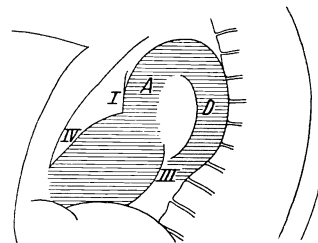


Abb. 26. Thoraxbild im ersten ventrodorsalen schrägen Durchmesser. (Pathologischer Fall.)

Mediastinum vollkommen genügt. Auch aus Abb. 21 wird leicht zu ersehen sein, daß die geringe Gewebsmasse des Retrokardialraumes von der Luftstrahlung der beiden Lungen weggeleuchtet werden muß. Endlich ist noch zu bedenken, daß in den anatomischen Querschnitten der Atlanten der

¹⁾ l. c. S. 32.

Retrokardialraum viel zu schmal gezeichnet wird, da er der expiratorischen Stellung des (Leichen-) Brustkorbes entspricht, während wir ja bei tiefer Inspiration untersuchen.

3. b) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im ventrodorsalen ersten schrägen Durchmesser.

Für diese Projektion gilt das für 3a Gesagte, mit dem Unterschied, daß Röhre und Projektionsebene vertauscht sind. Der Strahlenverlauf erfolgt daher schräg von rechts vorne nach links hinten (s. Abb. 25).

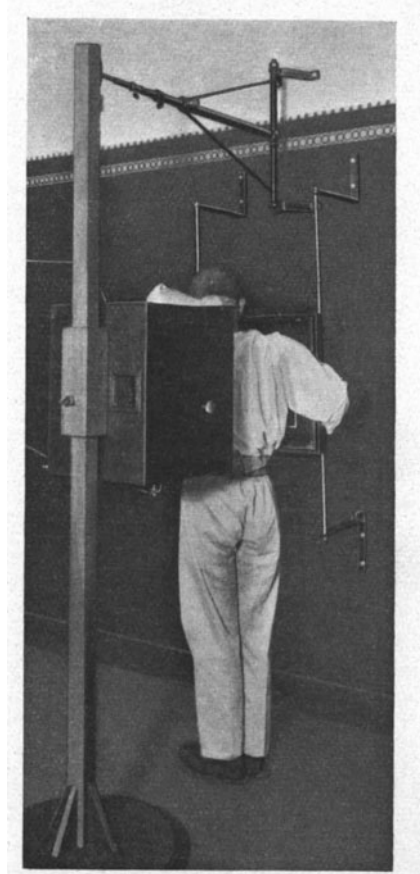


Abb. 27. Aufnahme im zweiten schrägen Durchmesser.

Das Röntgenbild (ich bringe für die Erklärung der nun folgenden Durchleuchtungsrichtungen nur noch den pathologischen Fall als Beispiel) zeigt in der Hauptsache die gleiche Randbogenbildung wie die entsprechende Dorsoventralaufnahme, jedoch weniger

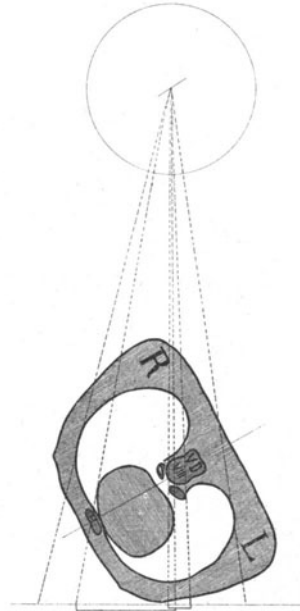


Abb. 28. Strahlenverlauf bei dorsoventraler Aufnahme im zweiten schrägen Durchmesser.

deutlich (s. Abb. 26). Bei normalen Verhältnissen ist natürlich die Aorta descendens nicht sichtbar. Der Aortenbogen (I) endet dann mehr oder weniger unvermittelt als spitzer oder abgerundeter Schatten im Lungenbilde.

4. a) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im dorsoventralen zweiten schrägen Durchmesser.

Die Aufstellung von Röhre und Platte ist die gleiche wie bei 3a, nur erfolgt die Drehung um 45° im entgegengesetzten Sinne. Während also der linke

Arm die feststehende Kasette umspannt und der rechte Arm hinter den Kopf gelegt ist, wird die rechte Schulter zur Röhre hin gedreht (s. Abb. 27). Der Zentralstrahl durchdringt also den Körper schräg von rechts hinten nach links vorne (s. Abb. 28).

Das bei dieser Projektionsrichtung in die Erscheinung tretende Bild (s. Abb. 29) bedarf noch einer genaueren anatomischen Untersuchung. Wir erhalten wieder die drei Lungfelder, allerdings das mittlere nur von geringer Ausdehnung. Links kommt der Vorhofbogen stark heraus (III), der Ventrikelbogen (IV) verschwindet mehr oder weniger, an seiner Stelle tritt dann der linke Vorhof deutlicher in die Erscheinung. Rechts sind rechter Vorhof, Aorta ascendens und Vena cava zu sehen.

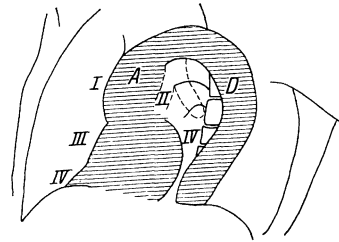


Abb. 29. Thoraxbild im zweiten dorsoventralen schrägen Durchmesser. (Pathologischer Fall.)

4. b) Herz- und Gefäßschatten bei Projektion im ventrodorsalen zweiten schrägen Durchmesser.

In diesem Falle sind wieder Röhre und Platte vertauscht gegenüber 4a. Der Strahlenverlauf erfolgt daher schräg von links vorne nach rechts hinten (s. Abb. 30).

Das resultierende Röntgenbild ergibt (s. Abb. 31) wieder die gleichen Verhältnisse wie die Dorsoventralaufnahme, nur in seitenvertauschter Anordnung. Alles Nähere ergibt sich aus der Numerierung der Randbogen.

Bei den bis jetzt besprochenen acht Durchstrahlungsrichtungen wird, wie wir sahen, nur die Lage des Objektes zur Projektionsebene jeweils geändert, während die Anordnung der Projektionsebene selbst und der Lichtquelle stets die gleiche bleibt. Nach dem üblichen Sprachgebrauch können wir diese Projektionen daher als typische Zentralprojektionen oder besser als zentrische Projektionen bezeichnen.

Während nun bei Extremitätenaufnahmen, und überhaupt in der chirurgischen Röntgentechnik, neben der zentrischen Aufnahme des in den verschiedenen Körperdurchmessern eingestellten Objektes auch exzentrische Aufnahmen in ausgiebigem Maße angewandt werden, scheinen sie bislang bei der Thoraxröntgenographie, oder zum mindesten für die Herzuntersuchung noch nicht benutzt worden zu sein. Mir ist wenigstens noch kein Brustbild zu Gesicht gekommen, das die typischen Merkmale der exzentrischen Aufnahme getragen hätte. Ich selbst habe derartige Aufnahmen schon seit längerer Zeit hergestellt und kürzlich ¹⁾ über meine Erfahrungen berichtet. Da die exzentrischen Aufnahmen für die Darstellung einzelner Organe,

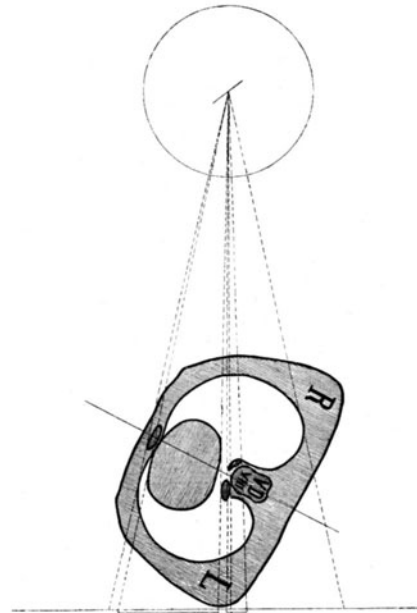


Abb. 30. Strahlenverlauf bei ventrodorsaler Aufnahme im zweiten schrägen Durchmesser.

werden, scheinen sie bislang bei der Thoraxröntgenographie, oder zum mindesten für die Herzuntersuchung noch nicht benutzt worden zu sein. Mir ist wenigstens noch kein Brustbild zu Gesicht gekommen, das die typischen Merkmale der exzentrischen Aufnahme getragen hätte. Ich selbst habe derartige Aufnahmen schon seit längerer Zeit hergestellt und kürzlich ¹⁾ über meine Erfahrungen berichtet. Da die exzentrischen Aufnahmen für die Darstellung einzelner Organe,

¹⁾ Fortschritte. Bd. 20. H. 6.

ganz besonders für die der pathologischen Aorta, den zentrischen (sagittalen, frontalen und schrägen) Projektionen überlegen sind, habe ich auch für sie gewisse typische Stellungen vorgeschlagen.

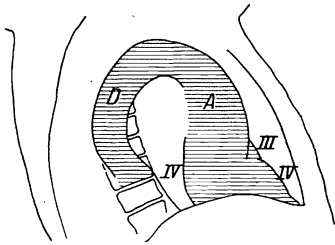


Abb. 31. Thoraxbild im zweiten ventrodorsalen schrägen Durchmesser. (Pathologischer Fall.)

die exzentrische Verschiebung der Röhre nach allen Richtungen hin erfolgen, also im wesentlichen nach oben und unten, nach rechts und links.

5. a) Herz- und Gefäßschatten bei dorsoventraler linksexzentrischer Projektion.

Die Röhre wird in bekannter Weise bei 60 cm Fokus-Plattendistanz zunächst auf die Kassettenmitte zentriert; der Patient lehnt sich mit der Brust gegen die Platte. Als dann wird die Röhre derart nach links verschoben, daß sie eine Achtelkreisbewegung nach links beschreibt, was mit meinem Röhrenwandarm leicht ausführbar ist (s. Abb. 36).

Der Zentralstrahl verläuft nun von der linken Schulter zur Brustmitte (s. Abb. 32).

Das bei dieser Anordnung aufgenommene Röntgenbild (s. Abb. 33) zeigt bisher noch nicht näher beschriebene Charakteristika, auf die ich aber erst bei der nächsten Projektionsrichtung eingehen will. Wir können sagen, daß das Herzbild selbst dem bei dorsoventraler Durchleuchtung im ersten schrägen Durchmesser sehr ähnlich ist. Nur wird die Aorta stärker über die Ascendens projiziert.

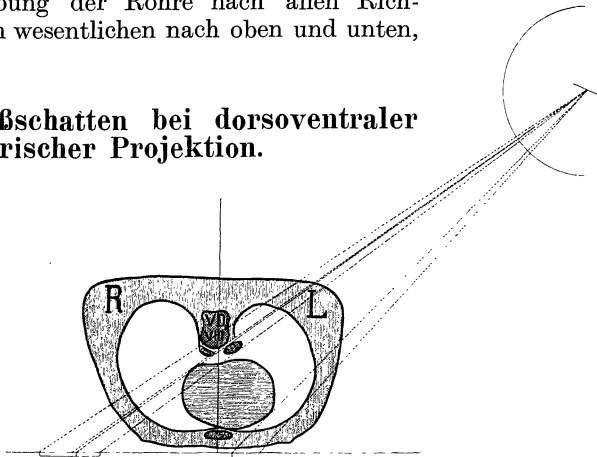


Abb. 32. Strahlenverlauf bei dorsoventraler linksexzentrischer Projektion.

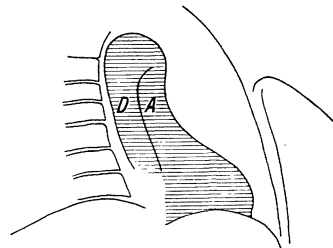


Abb. 33. Thoraxbild bei dorsoventraler linksexzentrischer Projektion. (Pathologischer Fall.)

5. b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler linksexzentrischer Projektion.

Der Patient lehnt sich mit dem Rücken gegen die Kassette. Die Röhre wird wieder aus der zentrischen Stellung um eine Achtelkreisbewegung nach

links geschwenkt (s. Abb. 39). Der Zentralstrahl verläuft von der linken Schulter zur Wirbelsäule (s. Abb. 34).

Das Röntgenbild zeigt eine aus physikalischen Gründen leicht verständliche Verzerrung. Auffallend ist z. B. bei allen exzentrischen Aufnahmen die scheinbare Verkrümmung der Aorta. Wir sehen nur zwei Lungfelder, die Herzbogen größtenteils stark verzerrt.

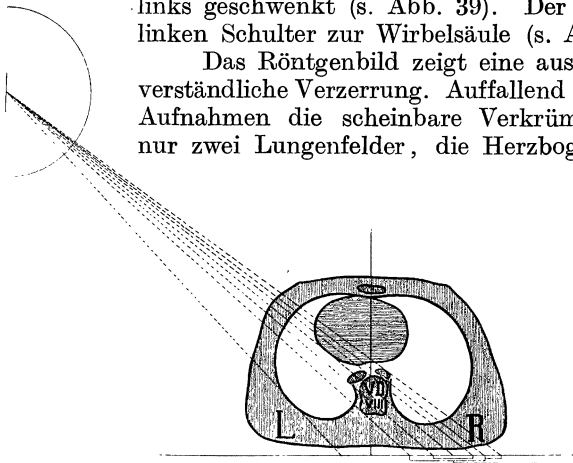


Abb. 34. Strahlenverlauf bei ventrodorsaler linksexzentrischer Projektion.

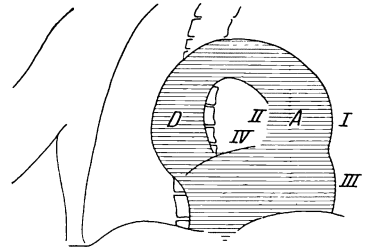


Abb. 35. Thoraxbild bei ventrodorsaler linksexzentrischer Projektion. (Pathologischer Fall.)

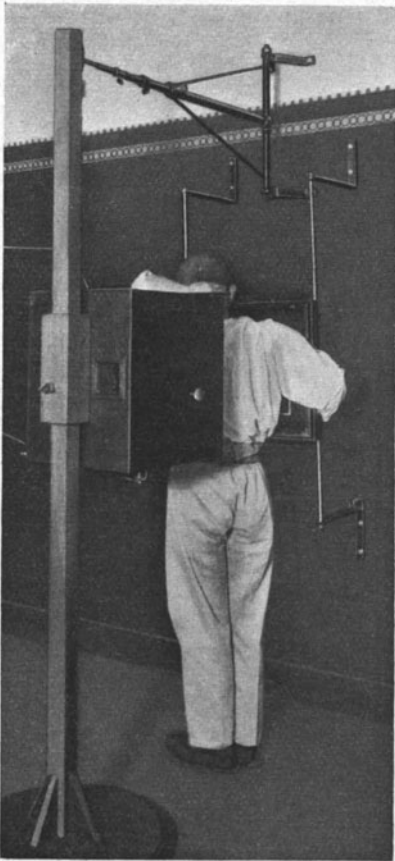


Abb. 27. Aufnahme im zweiten schrägen Durchmesser.

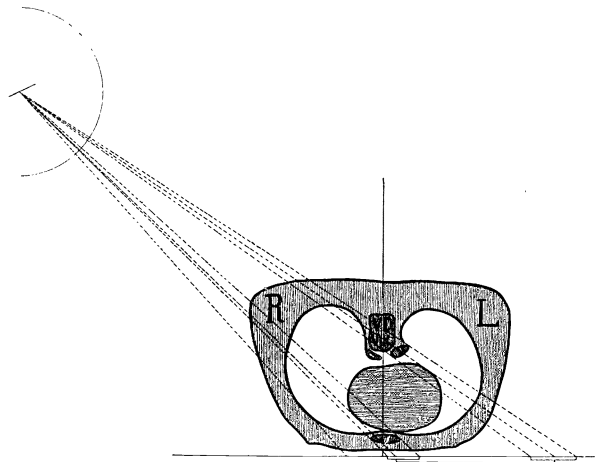


Abb. 37. Strahlenverlauf bei dorsoventraler rechtsexzentrischer Projektion.

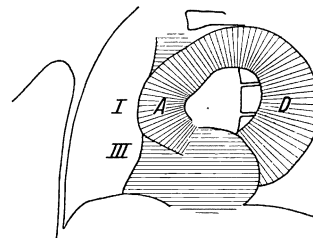


Abb. 38. Thoraxbild bei dorsoventraler rechtsexzentrischer Projektion. (Pathologischer Fall.)

Außerordentlich deutlich erscheint jedoch die Aorta, die sich bei dieser Aufnahme in der günstigsten Stellung (Plattennähe) befindet. Im vorliegenden pathologischen Fall ist sie vollkommen zu übersehen (s. Abb. 35).

6. a) Herz- und Gefäßschatten bei dorsoventraler rechtsexzentrischer Projektion.

Die Kassette befindet sich vor der Brust des Patienten. Die Röhre wird aus der zentrischen Stellung um einen Achtelkreisbogen nach rechts verschoben

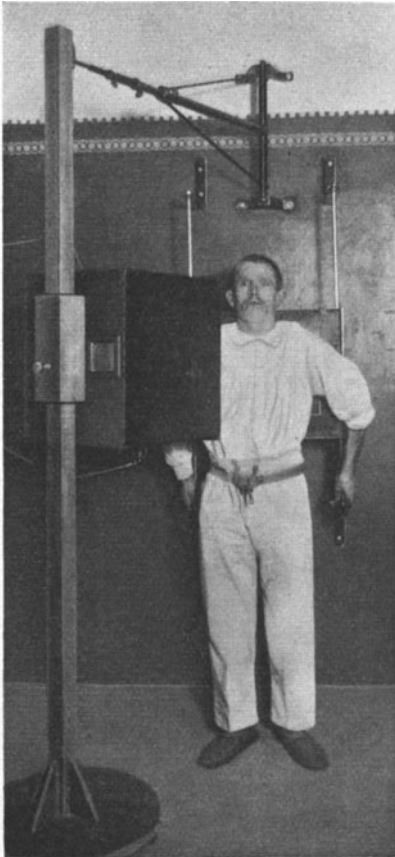


Abb. 39. Aufnahme bei ventrodorsaler rechtsexzentrischer Projektion

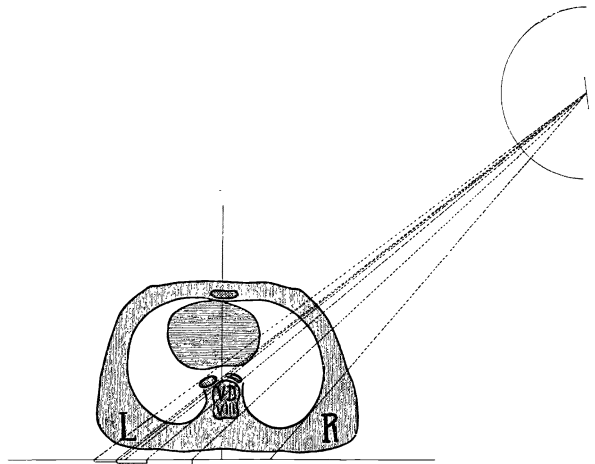


Abb. 40. Strahlenverlauf bei ventrodorsaler rechtsexzentrischer Projektion.

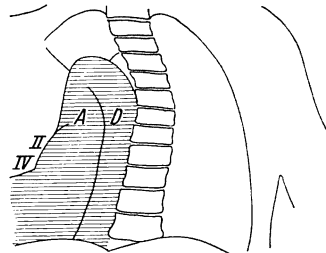


Abb. 41. Thoraxbild bei ventrodorsaler rechtsexzentrischer Projektion. (Pathologischer Fall.)

(s. Abb. 36). Der Zentralstrahl verläuft von der rechten Schulter zur Brustmitte (s. Abb. 37).

Bei dieser Aufnahmeart (s. Abb. 38) sehen wir besonders deutlich den rechten Vorhof (III) und die Aorta ascendens (I) dargestellt, die sich in günstigster Projektionsrichtung befinden, außerdem ist aber wieder die ganze Aorta sichtbar.

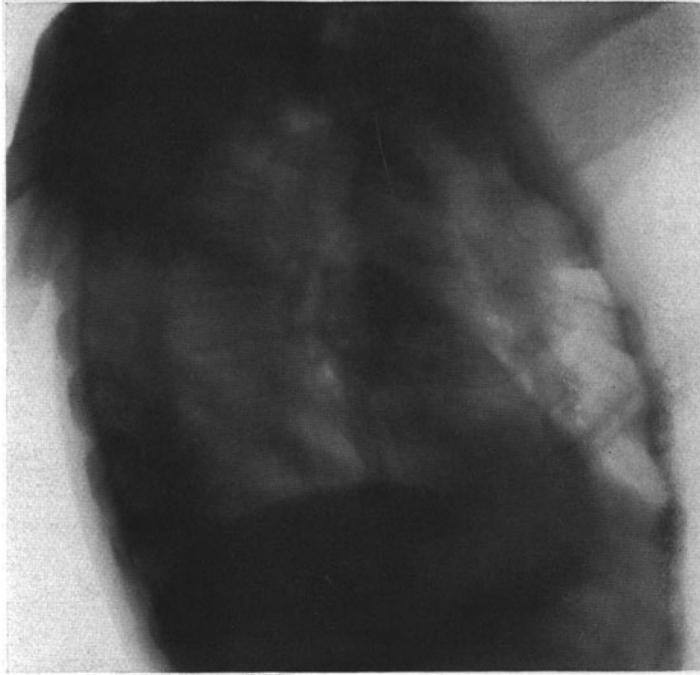


Abb. 42. Aufnahme im dorsoventralen ersten schrägen Durchmesser.



Abb. 43. Aufnahme im ventrodorsalen ersten schrägen Durchmesser.

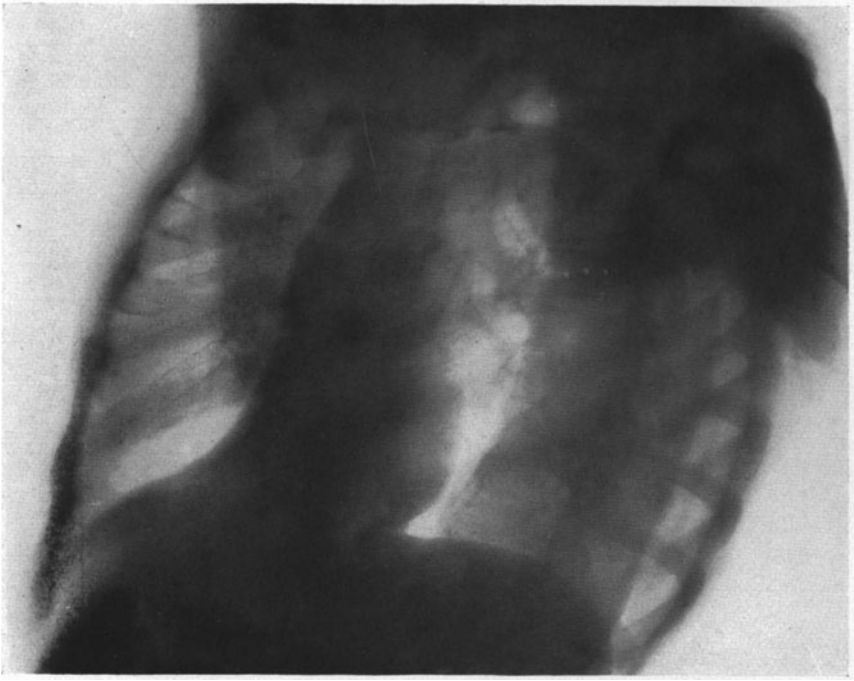


Abb. 44. Aufnahme im dorsoventralen zweiten schrägen Durchmesser.

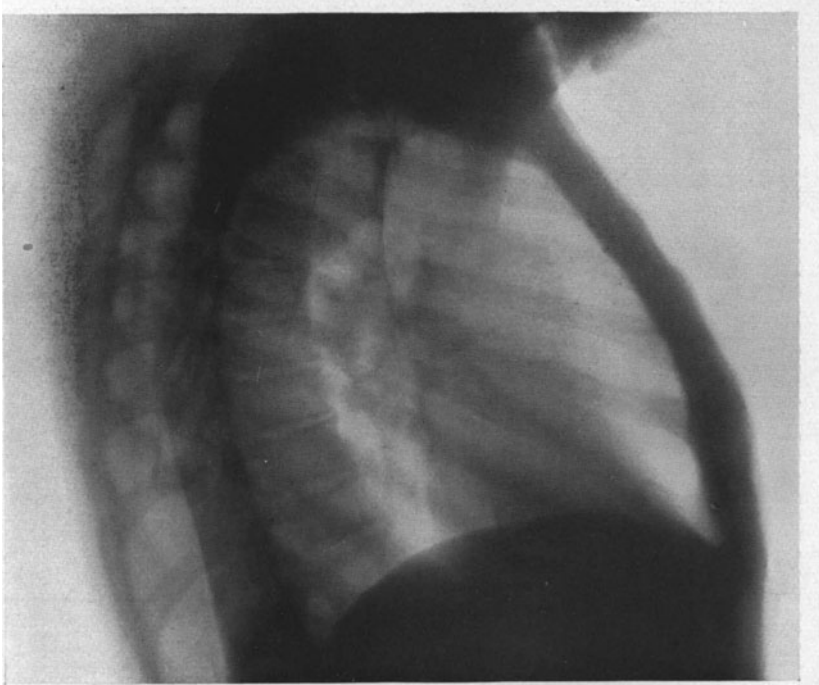


Abb. 45. Aufnahme im ventrodorsalen zweiten schrägen Durchmesser.

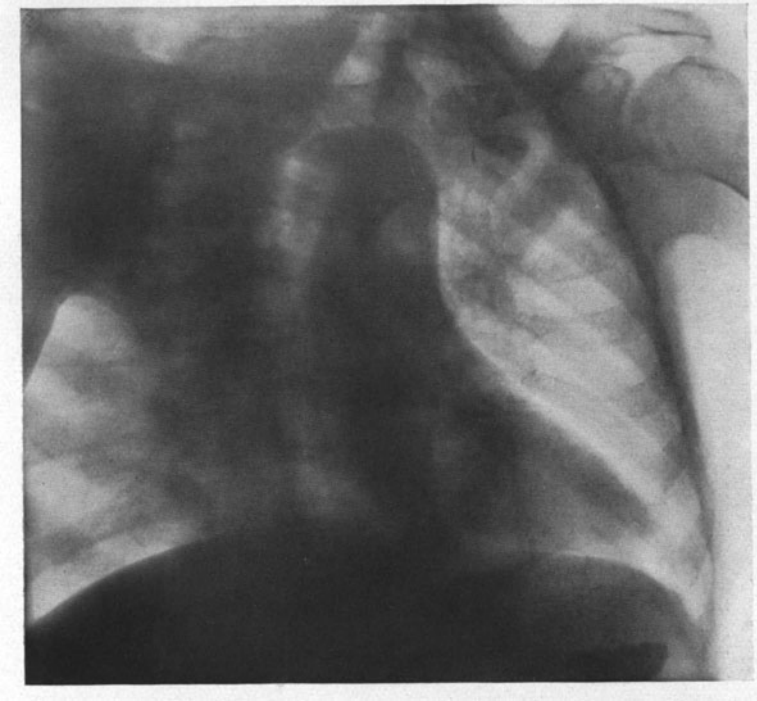


Abb. 46. Aufnahme bei dorsoventraler linksexzentrischer Projektion.

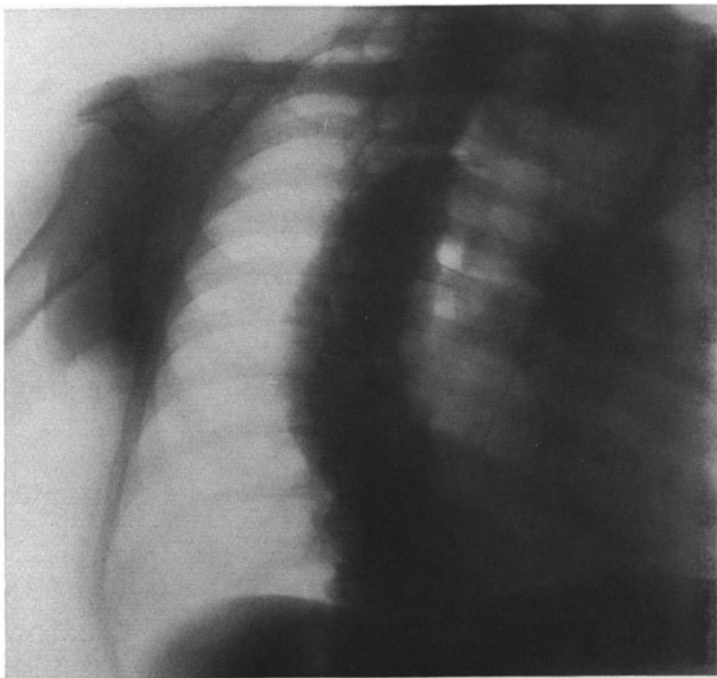


Abb. 47. Aufnahme bei ventrodorsaler linksexzentrischer Projektion.



Abb. 48. Aufnahme bei dorsoventraler rechtsexzentrischer Projektion.

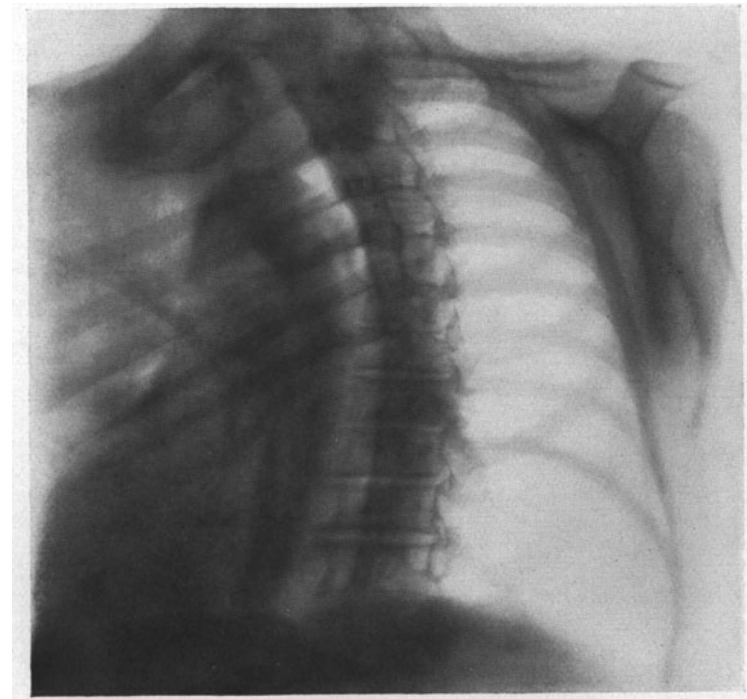


Abb. 49. Aufnahme bei ventrodorsaler rechtsexzentrischer Projektion.

6. b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler rechtsexzentrischer Projektion.

Der Rücken des Patienten berührt die Kassette, die Röhre wird wieder um 45° nach rechts geschwenkt (s. Abb. 39). Der Zentralstrahl verläuft von der rechten Schulter zur Wirbelsäule (s. Abb. 40).

Das Röntgenbild (s. Abb. 41) ähnelt dem bei dorsoventraler links-exzentrischer Projektion beschriebenen. Alles Weitere ergibt das Studium der Abbildung.

7. a) und 7. b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler und dorsoventraler kranialexzentrischer Projektion.

Patient und Röhre werden wie zur dorsoventralen und ventrodorsalen Sagittalaufnahme eingestellt und dann die Röhre kranialwärts verschoben und etwas nach unten gekippt.

Diese schon von Holz knecht und andern in ähnlicher Weise empfohlene Durchleuchtungsrichtung mag wohl in vereinzelt Fällen für die bessere Darstellung der Herzspitze dienen. Ihr Hauptzweck wird aber nach wie vor die Sichtbarmachung der durch die Zwerchfellkuppen verdeckten Lungenpartien sein. Unter Umständen kann auch bei dorsoventralem Strahlenverlauf auf diese Weise der Pulmonal- und mehr noch der linke Vorhofbogen besser herausgeholt werden.

8. a) und 8. b) Herz- und Gefäßschatten bei ventrodorsaler und dorsoventraler kaudalexzentrischer Projektion.

Es ist hier das gleiche zu sagen wie betreffs 7a und 7b, nur wird die Röhre kaudalwärts verschoben und nach oben gekippt. Praktisch dürfte diese Projektionsart nur ganz ausnahmsweise indiziert sein.

III. Topographisch-anatomische Röntgenstudien am Zirkulationsapparat.

Wenn auch die Beobachtung der Schattenuancen, der Pulsationserscheinungen und dergl. am Röntgenschatte des Herzens zu dessen Deutung wesentlich beizutragen vermögen — im Verlauf der weiteren Besprechung wird sich dies zeigen —, so kann doch nur die röntgenanatomische Forschung volle Klärung der meisten Punkte bringen. Bisher sind nur wenige Forscher diesen Fragen nachgegangen.

Am häufigsten ist bisher das Gefäßsystem an der Leiche studiert worden¹⁾. C. Sick, Opitz, Wollenberg haben mit verschiedenen Injektionsmassen schöne Resultate erhalten. Das gesamte Arteriensystem des Menschen haben Hildebrand, Scholz und Wieting dargestellt, die Koronargefäße Jamin und Merkel, die Blutgefäße des Wurmfortsatzes E. Fränkel, die Knochengefäße Lexer, Kuliga und Türk. Ein Autor (Schepelmann) will sogar intra vitam mittels Injektion die Gefäße sichtbar machen. Seine Versuche sind, soweit er darüber berichtet hat, wohl durchdacht. Ob sie zu praktischen Resultaten führen werden, ist zum mindesten zweifelhaft.

Auch die in den letzten Jahren häufig diskutierte Frage, wie die Lungenzeichnung zustande kommt²⁾, ist anatomisch-experimentell zu lösen versucht worden. Bekanntlich

¹⁾ Literatur siehe in: Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen. Berlin: Meußner 1912.

²⁾ Literatur siehe in: Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik. München: Lehmann 1923.

sind über diesen Punkt von verschiedener Seite recht differente Ansichten seither geäußert worden. Rieder, Albers-Schönberg, Holzknecht, Kienböck, Fränkel und Lorey, Cohn bezeichnen die Schattengebilde der normalen Lunge als Gefäßzeichnung. Cowl, de la Camp, Kraft, Arnspenger, Schellenberg sind der Ansicht, daß die Bronchien die schattenbildenden Organe sind. Ich selbst habe mich dahin geäußert, daß jedes Gewebe der Lunge (vor allem also Gefäße, Bronchien, Drüsen) einen Schatten werfen kann, daß aber die intensiveren Schatten meistens durch Schattensummutation verschiedener Gebilde oder durch Überkreuzung von Bronchien und Gefäßen usw. hervorgerufen werden.

Ich kann hier natürlich nicht näher auf die Frage eingehen. Gelegentlich der Diskussion zu einem diesbezüglichen Vortrage Cohns in der Berliner medizinischen Gesellschaft und von Küpferle auf dem 7. Röntgenkongreß hat es sich ja auch in letzter Zeit wieder erwiesen, daß die Meinungen nach wie vor weit auseinander gehen. Aber ich meine, es liegt doch auf der Hand, daß der Lehrsatz, der überall in der Röntgenologie gilt, auch hier anzuwenden ist, wonach jedes spezifisch schwere, zwischen spezifisch leichterem liegende Gewebe einen Röntgenshatten wirft. Also müssen, wie ich oben ausführte, auch alle am Aufbau der Lunge beteiligten Gewebe innerhalb der luftgeblähten Lunge sich als Schatten abheben. In der Hilusgegend mögen dabei Drüsen und Bronchien, in der Peripherie mehr die blutgefüllten kleinsten Gefäße Schattenbildner sein. Eine genaue Begrenzung wird unmöglich bleiben.

Die wenigen Autoren, die sich seither mit dem röntgenanatomischen Studium des Herzens und der Aorta befaßten, sind folgende: Weinberger¹⁾ umrandete an Serienschnitten gefrorener Leichen gewisse Herz- und Gefäßteile mit Bleidraht und stellte dann von der wieder kombinierten Leiche Bilder her. Oestreich und de la Camp²⁾ haben den Nadelversuch eingeführt. Bei dieser Methode werden unter orthodiographischer Kontrolle Nadeln in die Schattenränder eingestochen und alsdann durch die Sektion deren Lage und Zugehörigkeit zum Herzen näher bestimmt.

Es bedarf gewiß keiner besonderen Betonung, daß der Leichenbefund nicht mit allen Einzelheiten für die Verhältnisse am Lebenden übertragen werden kann. Die postmortalen Veränderungen verbieten dies. So sagen Oestreich und de la Camp: „Durch die Agonie werden erhebliche Veränderungen bedingt. Das Herz ist unmittelbar p. m. maximal diastolisch erweitert, nach 1—1½ Stunden beginnt die Totenstarre, welche ein systolisch kontrahiertes Herz hervorbringt Die letzten Kontraktionen der Gefäße verschieben das vorhandene Blut an andere Stellen In der Agonie erlischt der Tonus der Gewebe und die durch Blutfülle bedingte Spannung.“

1. Anteil der einzelnen Herzabschnitte am Sagittalbild.

Trotzdem ist die Röntgenuntersuchung des Thorax post mortem sehr lohnend, besonders wenn man folgende von mir eingeführte Methode³⁾ benutzt: Ich fülle mittels dünner, von der Carotis und der Vena jugularis aus ins Herz vorgeschobener Sonden die einzelnen Herzhöhlen und Gefäße mit Bariumsulfataufschwemmung oder einem ähnlichen Kontrastmittel. Es läßt sich auf diese Weise sehr schön die Ausdehnung der Herzhöhlen, ihre Lage und Projektion bei verschiedenem Strahlengang, der Verlauf der großen Gefäße usw. nachweisen. Ausführlicher werde ich die Resultate meiner mehrjährigen Experimente in nächster Zeit mitteilen⁴⁾. Die nebenstehende Abb. 50 wird die Leistungsfähigkeit des Verfahrens erkennen lassen. Auf Grund meiner auf die geschilderte Weise gesammelten Erfahrungen habe ich z. B. eine schematische Zeichnung angefertigt, die uns die ungefähre Anteilnahme der einzelnen Herzteile an der Bildung des sagittalen Herzbildes demonstriert (s. Abb. 51). Aus dieser Abbildung geht ohne weiteres klar hervor, welche Herzteile an der Bildung der einzelnen Herzschatenrandpartien beteiligt sind, so daß sich jede weitere Diskussion dieser Frage erübrigt. Es ist nur zu verwundern, daß die geschilderte

¹⁾ Atlas der Radiographie der Brustorgane. Wien: E. M. Engel 1901.

²⁾ Anatomie und physikalische Untersuchungsmethoden. Berlin: S. Karger 1905.

³⁾ Verh. d. deutsch. Röntgenges., Bd. 7 (1911). S. 47.

⁴⁾ Inzwischen publiziert: Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 111.

Methode nicht schon früher für die Klärung der Verhältnisse verwandt worden ist. Trotzdem war natürlich auch die Beobachtung am Lebenden, besonders das Studium der verschiedenen Pulsationserscheinungen sehr nutzbringend und notwendig, was die Arbeiten von Holz knecht, de la Camp, Bittorf, Rieder, Th. Groedel und Verfasser u. a. beweisen.

2. Lage der Herzklappen.

Folgende Modifikation benutzte ich zur topographischen Feststellung der Ventilanordnung im Herzen¹⁾. Ich stopfte die Höhlen des herausgenommenen



Abb. 50. Herz von der rechten Vena jugularis aus mit Bariumsulfat gefüllt.
(Nur das rechte Herz sichtbar.)

Herzens mit Watte aus, so daß es sich dann leicht in die natürliche diastolische Form bringen ließ. Hierauf wurde das Herz gehärtet. Nach Entfernung der Watte blieben nun die verschiedenen Hohlräume des Herzens klaffend. Das Röntgenphotogramm läßt infolgedessen alle Einzelheiten des Herzinnern sehr deutlich erkennen.

So zeigt Abb. 52 das Herz eines herzgesunden etwa 18 jährigen Individuums. Wir sehen sehr klar dargestellt die Ventrikelhöhlen mit ihrem Septum, die beiden Vorhöfe und die Vorhofsscheidewand. Die Dicke der verschiedenen Wandteile läßt sich gut erkennen. Die einzelnen Klappenringe und die Papillarmuskeln werden deutlich sichtbar. Die beiden Herzohren treten scharf hervor,

¹⁾ The roentgenanatomy and topography of the various chambers of the heart. Archives of the Roentgen Rays, 1912. Nr. 149.

der Verlauf der Aorta und der Arteria pulmonalis, sowie der des Conus arteriosus kann genau verfolgt werden. Abb. 53, die nach einer Pause des Photographes angefertigte schematische Skizze, wird das Verständnis des Herzbildes erleichtern.

Bei größerem Volumen der Herzhöhlen erhalten wir noch deutlichere Bilder wie Abb. 54 zeigt, die von einem älteren Individuum stammt. Wir erkennen auf der Platte auch einige Kalkschatten, von leicht verkalkten Koronargefäßen herrührend.

Intra vitam lassen sich weder die Herzklappen, noch die einzelnen Herzhöhlen röntgenologisch darstellen. Nur am Schattenrand des Herzens können wir nach der verschiedenen Bewegung der einzelnen Randbogen auf den zugehörigen Herzabschnitt schließen. Das linke Herzohr erscheint auch meist als etwas hellerer Schattenteil, ebenso das zwischen Herzspitze und linkem Zwerchfell gespannte Perikard und rechts die vom rechten Vorhof zum rechten Zwerchfell verlaufende Vena cava. Über den supraapikalen Querschatten wird noch an anderer Stelle zu sprechen sein.

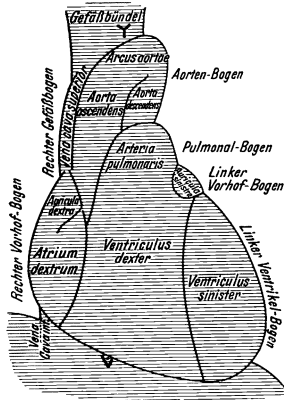


Abb. 51. Anteilnahme der einzelnen Herzabschnitte an der Bildung des sagittalen Herzbildes. (Aus Groedel: „Röntgendiagnostik“, Berlin: Meußner 1912.)

Auch die Anatomie des Herzens als Ganzes hat durch die röntgenologische Forschung in verschiedener Richtung gefördert werden können. Unsere anatomischen, speziell topographisch-anatomischen Kenntnisse bezüglich des Herzens beruhen ja seither fast ausschließlich auf den an der Leiche gesammelten Erfahrungen, die durch die Autopsia intra vitam gerade hier nur äußerst selten verifiziert werden konnten. Die Röntgenuntersuchung erst ermöglichte diese Kontrolle am Lebenden und ergab in mancherlei Beziehung Neues.

3. Form des lebenden Herzens.

Zunächst konnte zum erstenmal die Form des lebenden Herzens einwandfrei festgestellt werden. Zwar können wir nur den Verlauf der beiden lateralen Schattengrenzen genau feststellen; eine Ergänzung der oberen und unteren Grenzkonturen ist aber leicht auszuführen. Sehen wir von den bei Besprechung des normalen Herzröntgenbildes aufgeführten kleineren Bogenbildungen des Schattenrandes ab, so können wir sagen, daß das Herz einen eiförmigen Schatten im Röntgenbilde darstellt. Der spitzere Pol liegt links unten und entspricht etwa der Herzspitze, der breitere Pol liegt rechts oben und wird von der Herzbasis gebildet.

Hiermit ist schon gesagt, daß die Längsachse der eiförmigen, ovalen Herzsilhouette nicht senkrecht auf der Horizontalen steht, sondern mit ihr einen Winkel bildet, den „Neigungswinkel“ (Moritz¹⁾). Die durchschnittliche Größe dieses Winkels beträgt 40°, ist aber von vielerlei Momenten abhängig, wie Körperhaltung, Körperform usw. Nach Dietlen²⁾ finden wir z. B. im Stehen für den Neigungswinkel 40—50°, im Liegen 35—38°. Neben dieser normalen (Schräg-) Stellung des Herzschattefinden wir bei besonders schmalem, langem Thorax

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1900, 1902, 1903 u. 1908. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 81. u. 82.

²⁾ Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 88 u. 97.

die Herzsilhouette mehr steil gestellt, bei unersetztem Körperbau und breitem Brustkorb quer gelagert. Letzteres ist überhaupt im vorgerückten Alter die typische Lage. Die Steilstellung des Herzens (Medianstellung, Tropfenherz, cœur à goutte) findet sich dagegen mehr im jugendlichen Alter, besonders in den Entwicklungsjahren. Das kindliche Herz steht zwar auch meist ziemlich steil, seine Form ist aber stärker abgerundet.

Vergleichen wir das Röntgenbild des Herzens mit dem anatomischen, so fällt uns in erster Linie der mehr geschwungene Verlauf der Grenzlinien der Herzsilhouette gegenüber den eckigen Konturen des anatomischen Bildes auf. Die Ursache dieses Unterschiedes ergibt sich ohne weiteres. Das Röntgenbild zeigt das Herz bei diastolischer Ausdehnung, das anatomische Bild bei maximaler systolischer Kontraktion seiner Wände.



Abb. 52.
Gehärtetes Herz eines herzgesunden 18jährigen Individuums.

4. Lage des Herzens.

Daß die Lage des Herzens keine konstante ist, ergibt sich aus dem bezüglich der Stellung des Herzens zur Körpermittellinie Gesagten von selbst. Im allgemeinen sehen wir aber (es ist hier nur von der Sagittaldurchleuchtung die Rede), etwa $\frac{1}{3}$ des Herzschatens rechts, $\frac{2}{3}$ links von der Mittellinie. Nach den Untersuchungen Dietlens ist das Verhältnis bei Männern genauer ausgedrückt 1:2,1, bei Frauen 1:2,4 und bei Kindern [nach Veith¹⁾] 1:2,2. Jedoch ändern sich, wie wir später sehen werden die Zahlen je nach der Körperlage.

Die Lage des Herzens im Thorax bei fron-

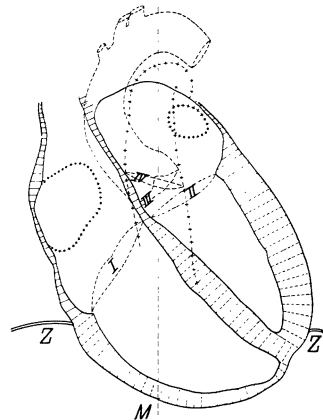


Abb. 53. Skizze zu Abb. 52.

¹⁾ Jahrb. f. Kinderheilk. 1908.

taler Durchleuchtung wurde schon früher besprochen. Auch die Lage der einzelnen Herzhöhlen zur Brustwand wurde bereits berührt. Ich verweise hier nochmals auf Abb. 51.

5. Lage des Spitzenstoßes.

Es bleibt noch die röntgenologische Feststellung der Lage der Herzspitze zu besprechen. Wir finden sie nach Dietlens statistischen Erhebungen bei Untersuchung im Liegen in 70—80% in der Höhe des 5. I.C.R. und der 6. Rippe.



Abb. 54. Gehärtetes Herz eines älteren Individuums.

Wenn wir die röntgenologisch festgestellte Lage der Spitze mit dem fühlbaren Spitzenstoß vergleichen, so finden wir sehr häufig eine beträchtliche Inkongruenz der beiden. Es erklärt sich dies ohne weiteres daraus, daß eben der Spitzenstoß durchaus nicht von dem von der Herzbasis am weitesten entfernten Herzteil hervorgerufen wird. Außerdem tritt ja der Spitzenstoß während der Herzsystole auf, während wir den herzdiastolischen Stand des Schattens aufzeichnen. Wir fühlen daher meist den Spitzenstoß innerhalb der Herzschattengrenze. Andererseits kann er aber auch außerhalb der letzteren gefunden werden, wenn durch besonders stark abfallende Brustwand oder außergewöhnlich kräftige Herzaktion eine starke Irradiation seiner Stoßwirkung auftritt.

Auch die Herzgröße wäre hier noch zu besprechen. Es soll dies aber im nächsten Kapitel geschehen, zugleich mit den Beobachtungen über physiologische Größenänderungen des Herzens.

IV. Röntgenuntersuchungen zur Physiologie des Zirkulationsapparates.

Wohl das größte Interesse wird dem röntgenologischen Studium der pulsatorischen Erscheinungen am Herzen entgegengebracht, da hier alle physiologischen Verfahren seither nur geringe Aufklärung geben konnten.

1. Studium der Herzpulsation.

Von älteren physiologischen Methoden zur Bestimmung der bei der Herzpulsation vor sich gehenden Formveränderungen des lebenden Herzens¹⁾ ist eigentlich nur die kinematographische Registrierung der Bewegungen des freigelegten Herzens zu nennen, die von Braun, Onimus und François Frank angewandt wurde. Es bedarf jedoch keiner besonderen Betonung, daß die Versuchstechnik recht schwierig und die Ergebnisse dieser Methode ihrer offensichtlichen schweren Fehlerquellen wegen nur geringe Verwertbarkeit besitzen. Immerhin zeigen diese Untersuchungen, daß neben einer allseitigen Verkleinerung des Herzens ein systolischer Herz buckel, eine systolische Furche, eine Wölbungszunahme der Spitze, eine Rotations- und Hebelbewegung der Spitze und eine Verschmälerung des Basisteiles der linken Kammer während der Herzsystole auftritt. Von allen anderen physiologischen Untersuchungsmethoden ist dagegen mit Nicolai¹⁾ nur zu sagen, daß sie „die Sache des Herzens verwickelter“ gestaltet haben, „die Formveränderungen des Herzens nicht zu klären vermochten“.

Ein aussichtsreicheres Versuchsverfahren schien daher erst das röntgenologische Studium der Herzbewegungen zu sein. Aber auch hier waren beträchtliche Hindernisse zu überwinden, bevor wissenschaftlich verwertbares Material gesammelt werden konnte. Denn die röntgenoskopische Beobachtung des pulsierenden Herzens genügte hier nicht, da die Pulsationsbewegungen derart schnell ablaufen, daß ihre Analyse nicht ohne weiteres möglich war. Das Wenige, was mit Sicherheit seither gesagt werden konnte, habe ich folgendermaßen zusammengefaßt²⁾:

„Daß der Spitzenstoß der Kontraktion des linken unteren Herzbogens (Ventrikels) entspricht, kann man durch gleichzeitige Palpation und Röntgenoskopie (Röntgenpalpation) feststellen. Manchmal sehen wir die Herzspitze kranialwärts wandern, sich der Basis nähern, wie dies auch Dietlen³⁾ und Arnspurger⁴⁾ beschrieben haben. Beobachten wir die zeitliche Folge der Ausdehnung an den verschiedenen Bogen, so finden wir, daß, mit dem linken Ventrikelbogen verglichen, der rechte obere Bogen, der linke Aorten- und Pulmonalbogen alternierend pulsieren, während rechter und, wenn sichtbar, linker Vorhofbogen den übrigen Bogen in ihrer Bewegung vorausseilen. Infolgedessen sehen wir auf der rechten Seite eine alternierende Bewegung zwischen unterem und oberem Bogen, indem sich hier die Bewegungen der vier Bogen stets nachlaufen.“

¹⁾ Eine übersichtliche Zusammenstellung derselben findet man z. B. bei Nicolai in Nagels Handb. d. Physiol. I. Bd. S. 833. — ²⁾ Röntgendiagnostiki. Berlin: Meußler 1912. — ³⁾ Asher Spiro: Ergebn. d. Physiol. Bd. 10. 1910. — ⁴⁾ Die Röntgenuntersuchung der Brustorgane. Vogel, Leipzig 1909.

Auch das Studium moderner Momentaufnahmen durch sphymographische Ermittlung des entsprechenden Aktionsmomentes des Herzens konnte nicht viel leisten, ganz abgesehen von der technischen Inkorrektheit dieses Vorgehens, auf die ich schon hingewiesen habe. Es sei daher von Elischers¹⁾ Untersuchungsergebnissen nur folgendes resümierend erwähnt: Die Formveränderungen des Herzens während der Pulsation sind minimal. Die Herzspitze bewegt sich nach innen und oben, sie ist nicht, wie Haycraft behauptet hat, der fixe Punkt der Herzbewegung. Bei kompensierter Mitralinsuffizienz und Stenose sind die Form- und Größenänderungen besonders klein, bei inkompensierten Fällen größer. Es ergibt sich hieraus, daß bei kompensierten Klappenfehlern eine wesentliche Zunahme des Schlagvolumens der beteiligten Herzabschnitte nicht eintritt, also das Volumen des regurgitierenden Blutes nicht allzu bedeutend sein kann.

Über die von Theo Groedel und mir angewandte Technik der Kombination meines Serienaufnahmeapparates mit dem Elektrokardiographen habe ich weiter oben berichtet. Um bei Verwertung der mit diesem

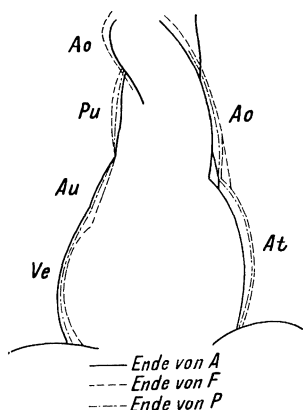


Abb. 55.

Die Herzkonturen aus verschiedenen Phasen einer Herzbewegung.

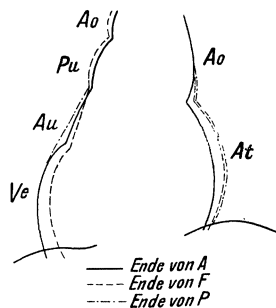


Abb. 56.

Verfahren angestellten Beobachtungen absolute Objektivität walten zu lassen, wurde in folgender Weise vorgegangen: Der eine von uns pauste die Platten durch, ohne zu wissen, welcher Herzphase die Aufnahme angehörte, während der andre die Markierungspunkte der einzelnen Aufnahmen in der richtigen Reihenfolge in das Elektrokardiogramm einer Herzevolution eintrug; erst dann wurden die Pausen numeriert und geordnet.

Es stellte sich bald heraus, daß es nicht möglich war, die gesamten Herzkonturen übereinander zu zeichnen. Der Wirrwarr der Linien wird so groß, daß man am Schlusse von einer fortlaufenden Bewegung nichts mehr sehen kann. Ich will daher als Beispiel nur Abb. 55 und 56 bringen, bei denen möglichst weit auseinanderliegende Phasen übereinander gepaust sind. Man erkennt aus den beiden Abbildungen, daß die pulsatorischen Exkursionen, die das gesunde Herz macht, nur relativ gering sind.

Für die Darstellung der fortlaufenden Bewegung fanden wir es vorteilhafter, den rechten und linken Herzrand einzeln zu behandeln. Der rechte Herzkontur zeigt normalerweise wenig Bewegung, abgesehen von der Zeit des Ablaufes der A-Zacke. Wir beschränkten uns daher vorläufig auf die Wieder-

¹⁾ Zeitschr. f. klin. Med. 1912.

gabe des linken Herzkontur. Da wir die einzelnen Aufnahmen annähernd in der tatsächlichen zeitlichen Entfernung nebeneinander stellen mußten, brauchten wir einen Punkt, der während der Herzevolution seine Lage möglichst beibehält. Diese Voraussetzung trifft für den Schnittpunkt von Aurikel- und Pulmonalbogen zu. In unserer Zeichnung geben daher die Entfernungen dieser Schnittpunkte den zeitlichen Abstand der einzelnen Phasen von der vorhergehenden an. Andererseits mußten wir zur leichten Erkennung des Bewegungsmomentes das Elektrokardiogramm direkt unter die Herzrandbilder zeichnen. Da aber der Herzrand bei den einzelnen Phasen sich selbstverständlich nicht parallel zu dem vorhergehenden Bilde verschiebt, muß das auf die jeweilige Lage der Herzspitze bezogene Elektrokardiogramm verzerrt erscheinen. Ich bringe deshalb ein Elektrokardiogramm mit den Einfallspunkten der einzelnen Expositionen im Original (s. Abb. 57).

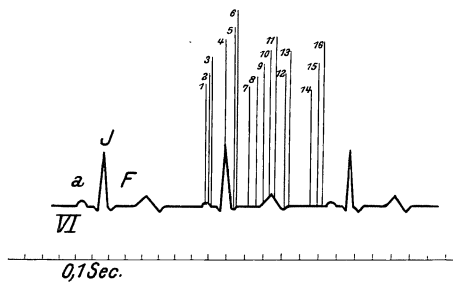


Abb. 57.
Elektrokardiogramm mit Zeitmarken der einzelnen Expositionen einer Serienaufnahme.

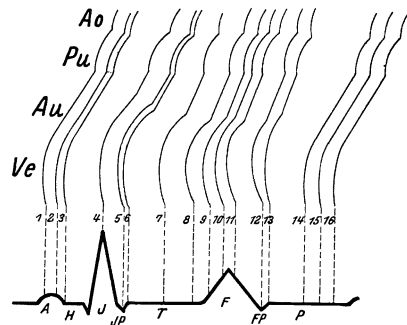


Abb. 58. Veränderung des linken Herzkonturs während des Ablaufs einer Herzbewegung.
(Aufnahme v. Theou. Franz Groedel.)

Als Nomenklatur haben wir folgende Abkürzungen gewählt: AO = Aorta; PU = Pulmonalis; AU = Auric. sin.; VE = Ventr. sin.; A = Atr. dext. Für das Elektrokardiogramm haben wir nach Kraus und Nicolai folgende Bezeichnungen angewandt: A = Vorhofzacke; J = Initialzacke; F = Finalzacke; für die negative Phase der Zacken: Jp. resp. Fp. H gleich Strecke A—J, T = J—F, P = F—A.

Auf Grund der von uns aufgenommenen 12 Serien kamen wir zu folgenden Schlüssen (vgl. hierzu Abb. 58). Während der A-Zacke sieht man eine Differenzierung von Vorhof und Ventrikel. Der Vorhof ist in maximaler Kontraktion und stellt sich gegenüber dem Ventrikelbogen als gerade Linie dar.

Während der Strecke H verschwindet die Differenzierung, Ventrikel und Vorhofbogen gehen fast unmerklich ineinander über; der Vorhof ist wieder erschlafft.

Vom Beginn der J-Zacke bis zum Ende der F-Zacke ist wieder eine deutliche Differenzierung zwischen Vorhof- und Ventrikelbogen vorhanden. Der Vorhof stellt sich als gerade Linie dar, die von der J- bis zur F-Zacke an Länge zunimmt. Jetzt bedeutet dies nicht mehr einen Kontraktionszustand des Vorhofes, sondern eine Anspannung der muskelschwachen Vorhofswand durch den sich kontrahierenden Ventrikel. Der Ventrikelbogen selbst wird ständig stärker gewölbt, verkürzt sich immer mehr, die Spitze rückt medianwärts. Am Ende der F-Zacke hat der Ventrikel seine maximale Kontraktion erreicht, der Vorhof seine stärkste Anspannung und Dehnung. Nach dem Röntgenbilde könnte man somit

annehmen, daß das tatsächliche Punktum fixum für den sich kontrahierenden Ventrikel die großen Gefäße sind, an denen der Anulus fibrosus durch Vermittlung des Vorhofes aufgehängt zu sein scheint.

Mit Beginn der Pause (P) läßt die Wölbung des Ventrikels nach, die Strecke des Vorhofbogens wird wieder kleiner, bis bald beide sich nicht mehr voneinander trennen lassen. Die Füllung des erschlafften Ventrikels nimmt zu, die Herzspitze rückt wieder nach außen.

Als wissenschaftliches Resultat unserer Untersuchung konnten wir hiernach folgende Sätze aufstellen:

„Daß die A-Zacke der Vorhofskontraktion entspricht, war bisher von allen Autoren als bestimmt angenommen worden; auch unsere Versuche bestätigen diese Annahme.

Weniger Einmütigkeit herrscht betreffs der Deutung der J-Zacke. Eine Reihe von Autoren faßt diese als das elektrische Äquivalent der Erregungsleitung auf, während eine andere sie als den Ausdruck der Aktion des Herzens gedeutet wissen will, wobei unter Aktion: Erregungsleitung, chemische Umänderung, Wärmebildung und mechanische Kontraktion verstanden werden soll. Wenn wir selbst auch nicht entscheiden können, welche von diesen Faktoren an dem Zustandekommen der J-Zacke beteiligt sind, so kann man doch als sicher auf Grund unserer Untersuchungen annehmen, daß die Kontraktion des Muskels an dem Zustandekommen der J-Zacke beteiligt ist. Dies halten wir für das wichtigste Ergebnis unserer Untersuchungen.

Von der F-Zacke können wir nur sagen, daß in ihrem Verlaufe die Ventrikelkontraktion sich zu maximaler Höhe steigert, und daß mit dem Ende der F-Zacke sofort die Ventrikeldiastole einsetzt.

Unsere Untersuchungen zeigen in der Tat, daß die Potentialschwankungen, wie sie sich im Elektrokardiogramm zu erkennen geben, synchron mit der Herzaktion einhergehen.“

Auch die vorstehenden Befunde bedürfen noch einer Nachkontrolle, die nunmehr mit meinem Röntgenkinematographen ausführbar ist. Zur Zeit sind die Untersuchungen jedoch leider nicht ausführbar.

Ich muß noch mit einigen Worten auf den Pulsationsausschlag eingehen. Die Abb. 55 und 56 haben bereits gezeigt, daß es sich hier um geringe Größen handelt, daß aber der Herzschatten sich überhaupt nicht nach beiden Seiten hin gleichzeitig ausdehnt und wieder zusammenzieht. Es handelt sich vielmehr um eine alternierende Bewegung beider Schattenränder — was ja auch von vornherein klar ist —, so daß der Herzschatten als Ganzes eine Pendelbewegung auszuführen scheint. Wenn wir nun ganz exakt vorgehen wollten, müßten wir die Kinematogramme bei 2 m Röhrenabstand als Fernaufnahme herstellen. Das würde aber technisch nicht bei allen Fällen möglich sein. Andererseits ist die orthographische Fixierung des systolischen und diastolischen Herzschattens kaum möglich. Noch eher geht letzteres bei gewissen pathologischen Fällen. So fand ich bei einigen Patienten mit Bradykardie (Herzblock) einen beiderseitigen Pulsationsausschlag von 5 mm. Wir können dann folgende rechnerische Überlegung anstellen. Bei der genannten Erkrankung haben wir häufig nur 20 Pulse pro Minute. Da nun das Herz bei 20 Schlägen in der Minute mindestens dreimal so viel Blut fördern muß als bei 70—80 Pulsen, so wird in solchen Fällen auch die Pulsationsbewegung dreimal so groß ausfallen, denn in der Norm. Wir können also sagen, daß normalerweise 1,8 mm als größter Pulsationsausschlag des Herzens anzunehmen ist. Für die Mehrzahl der Fälle wird aber auch diese Zahl noch zu hoch gegriffen sein.

Allerdings ist der Pulsationsausschlag auch individuell sehr verschieden, wie ja schon v. Criegern von einem schwachen und kräftigen Pulsationstypus

spricht. Ich glaube aber — und hierin stimmt mir Dietlen bei —, daß der kräftige Aktionstypus anormal ist.

Die Pulsationsbewegungen der beiden vom Herzen abzweigenden Gefäßstämme wurden bereits besprochen. Auch die Vena cava inferior läßt manchmal eine leichte pulsatorische Bewegung im Röntgenbild erkennen, die Cava superior dagegen nur unter pathologischen Verhältnissen.

Die kleineren intra- und extrathorakalen Gefäße können, wie erwähnt, überhaupt nicht beim Gesunden beobachtet werden.

2. Darstellung der Blutbewegung.

Auch die Beobachtung der Blutbewegung kann durch die Röntgenstrahlen wesentlich gefördert werden. Wenigstens liegen schon einige wichtige Resultate vor. Am Lebenden werden derartige Untersuchungen nur äußerst selten möglich sein. Die erste Mitteilung stammt von Trendelenburg¹⁾, der 1902 ein Projektil im strömenden Herzblute eines Menschen röntgenoskopisch beobachten konnte. „Das Projektil sprang wie eine Pille in einer engen hin und hergeschüttelten Pillenschachtel hin und her.“ Während des Krieges hatten wir, wenn auch nicht oft, so doch in einigen Fällen Gelegenheit, das von Trendelenburg geschilderte Bild zu beobachten. Am Tiere kann man nun experimentell ähnliche Bedingungen schaffen. Riethus²⁾ z. B. benutzte Kugeln, die durch die Vena jugularis in das rechte Herz geschickt wurden und dort die gleichen „springenden“ Bewegungen zeigten, wie das Projektil beim Menschen. Ähnliche Versuche hat Haecker³⁾ angestellt. Ein anderer Weg wurde uns von Revenstorff⁴⁾ gezeigt, der künstlich eine Luftembolie beim Tiere verursachte.

Einen entschiedenen Schritt vorwärts machten Frank und Alwens⁵⁾. Sie benutzten eine 10—35%ige Aufschüttelung von Wismut in Öl, die perlenartig aus einer Injektionsspritze in den Blutstrom der Versuchstiere gebracht wird und infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes im Blutstrom leicht schwimmt, dabei aber deutliche Schatten gibt.

Ich kann die interessanten Mitteilungen der beiden Autoren nur in wenigen besonders wichtigen Punkten resümieren: Im rechten wie im linken Ventrikel kreisen die eingebrachten Wismutthromben in schnellem Wirbel, werden zertrümmert und dann aus dem Herzen herausgeschleudert; links schneller als rechts. Durch die Tatsache, daß die Wismutthromben über mehrere Systolen im Ventrikel verweilen, wird die Ansicht Bambergers und anderer bestätigt, daß mit der Kammerystole eine vollständige Entleerung nicht zustande kommt. Das vom rechten Herzen ausgestoßene Wismut findet sich bei einseitigem Pneumothorax in beiden Lungen gleichmäßig verteilt. Es zeigt dies, daß der einseitige Pneumothorax auf die Zirkulation im Herzen keinen wesentlichen Einfluß ausübt. Bei erlahmender Herzkraft tanzen die Wismutkugeln im Herzen senkrecht auf und ab, bis sie schließlich am tiefsten Punkt des Ventrikels liegen bleiben. Wird der Tierkörper mäßig bewegt, so werden die Thromben aus dem Herzen geschleudert. Letzterer Versuch ist ein deutlicher Fingerzeig, wie nötig es ist, bei schwerer Herzinsuffizienz jede Bewegung des Patienten zu vermeiden. Ferner zeigen die Versuche, daß durch die Wirbelbildung im Aortenansatz Thromben sehr leicht in die Koronargefäße gelangen. Bezüglich der Blutbewegung in den Gefäßen ist folgende Tatsache von Interesse. Ein Thrombus gelangte beim Hund (30—32 Pulse) innerhalb 16—18 Sekunden von der Vena

¹⁾ 31. Kongr. d. deutsch. Ges. f. Chirurgie 1901. — ²⁾ Deutsche Zeitschr. f. Chir. Bd. 67. — ³⁾ Arch. f. klin. Chir. Bd. 84. — ⁴⁾ Fortschritte. Bd. 12. — ⁵⁾ Münch. med. Wochenschr. 1913, Nr. 48.

fem. bis in den rechten Vorhof. Bei weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wäre es also denkbar, auch die Einwirkung von Medikamenten auf die Blutbewegung zu studieren. Bei den Versuchen stellte sich ferner heraus, daß ein in die Vena femoralis eingebrachter Wismutthrombus synchron mit der Herzkammersystole sich ruckweise vorwärts bewegt, zwischen 2 Systolen stehen bleibt und nach dem Anhalten sogar einen kurzen peripherwärts gerichteten Rückstoß erleidet.

Nachdem es jetzt möglich geworden ist, auch diese Versuche kinemographisch auszuführen, wird hoffentlich bald eine noch weitere Klärung aller einschlägigen Fragen möglich sein.

3. Die passiven Herzbewegungen.

Die passiven Bewegungen des Herzens interessieren uns nur wenig. Sie bedürfen trotzdem einer kurzen Besprechung, da sie für die Erklärung des Zustandekommens von Herzverlagerungen bei pathologischen Veränderungen der übrigen Thoraxorgane wichtig sind.

Ganz allgemein können wir mit Goldscheider ¹⁾ sagen, daß das Herz bei der Einstellung seiner Lage dem Gesetze der Schwere unterworfen ist. Außerdem ist aber der Grad der Herzverschieblichkeit nach den Untersuchungen Determanns ²⁾ abhängig von dem Habitus, dem Geschlecht, dem Alter und den Gewohnheiten des Menschen. Bei linker Seitenlage fand D. das Herz durchschnittlich um 2,5 cm, bei rechter Seitenlage um 1,5 cm seitlich, außerdem auch nach oben verschoben. Kienböck und Eisler ³⁾ untersuchten außerdem das Verhalten des Herzens bei Kniehang des Körpers. Auch bei der Respiration bewegt sich das Herz der Schwere folgend, und zwar inspiratorisch nach unten, bei gleichzeitiger Einwärtsdrehung der Herzspitze im Sinne des Uhrzeigers, expiratorisch nach oben. In Seitenlage sind dagegen die respiratorischen Lokomotionen wesentlich anders. Holz knecht und Hofbauer ⁴⁾ haben gezeigt, daß das Herz bei der Inspiration auf derjenigen Seite wesentlich tiefer tritt und mehr medianwärts bewegt wird, auf welcher der Patient liegt. In Seitenlage stellt sich uns die respiratorische Herzbewegung als Hebelbewegung dar, wobei der fixe Punkt des Hebels an der Abgangsstelle der größeren Gefäße aus dem Herzen liegt.

4. Tonus der Herzmuskulatur.¶

Der normale Tonus der Herzmuskulatur bedingt die scharfe Ausprägung der Randbogen. Wir können diese Behauptung auf Grund der gegenteiligen Beobachtungen am pathologischen Herzen aufstellen, worüber noch zu berichten sein wird. Dagegen lassen die pulsatorischen Erscheinungen keinerlei Schluß auf die Tonusverhältnisse zu.

V. Die Herzgröße im Röntgenbilde und die sie beeinflussenden Faktoren.

Wenn ich mich nun zur Besprechung der die Herzgröße beeinflussenden Faktoren wende, so muß ich zunächst den Begriff der röntgenologischen Herzgröße und einige andere Fragen erörtern.

¹⁾ Über die Untersuchung des Herzens in linker Seitenlage. Deutsch. med. Wochenschrift 1906. Nr. 41. — ²⁾ Beweglichkeit des Herzens bei Lageveränderungen des Körpers. 17. Kongr. f. inn. Med. 1899. — ³⁾ Verlagerung der Brusteingeweide bei Kniehang. 6. Röntgenkongr. — ⁴⁾ Zur Physiologie und Pathologie der Atmung. Mitteilungen. Jena 1907.

Die zur Ermittlung der Herzgröße dienenden Methoden — die orthoröntgenographischen Verfahren — wurden bereits auf S. 546—555 eingehend besprochen. Ich verweise auf das dort Gesagte und will nur nochmals wiederholen, daß der Feststellung der Herzgröße mittelst des kostspieligen Röntgenverfahrens nur dann eine Berechtigung und entscheidender Wert zuzuerkennen ist, wenn die angewandte Methoden technisch durchaus einwandfrei ist.

1. Was zeigt uns das Orthoröntgenogramm des Herzens?

Zunächst ist die Frage zu beantworten: Was zeigt uns der mehr oder weniger exakt parallelstrahlig projizierte Röntgenschaten des Herzens, inwieweit gibt er uns Aufschluß über die Herzgröße? Diese seinerzeit von Moritz sehr ausführlich behandelte Frage wird immer noch zu wenig gewürdigt.

Wir bestimmen die Herzgröße fast ausschließlich nach dem der Perkussionsfigur entsprechenden Röntgensagittalbild. Das Frontalbild kann uns zwar Aufschluß über die Tiefenausdehnung des Herzens geben; zur Zeit sind aber die technischen Schwierigkeiten für dieses Vorgehen noch nicht vollkommen überwunden. Bei mageren Personen gelingt die Frontaldurchleuchtung leicht, bei stärkeren Personen und bei Herzkranken nur schwer. So wünschenswert also auch die Ermittlung der Herzgröße in der dritten Dimension wäre, vorläufig müssen wir auf sie verzichten und kommen auch ohne sie aus.

Das, was wir in der Sagittalsilhouette des Herzens vor uns sehen, entspricht weiterhin durchaus nicht den größten Höhen- und Breitenmaßen des Herzens. Wie wir schon bei Besprechung des Frontalbildes sahen, ist das Herz schräg von hinten oben nach vorne unten in die Brusthöhle eingebettet. Sein Längsdurchmesser (Sektionsdurchmesser) steht nicht senkrecht in der Sagittalebene des Körpers. Auch der Herzbreitendurchmesser bildet einen spitzen Winkel mit der frontalen Körperebene. So erhalten wir also bei Parallelprojektion des Herzschattens verkürzte Maße. „Das Orthodiagramm gibt uns, wie ich an anderer Stelle ausführte, nur ein Bild von der räumlichen Ausdehnung des Herzens im Brustraum, und zwar von seinen größten Ausdehnungen in den verschiedensten Richtungen. Auf keinen Fall darf also das Orthodiagramm mit einem anatomischen Flächenschnitt des Herzens verglichen werden.“

2. Orthoröntgenographie und Perkussion.

Die Orthoröntgenographie zeigt uns also genau das, was uns auch die Perkussion der sog. relativen Herzdämpfung zeigt oder zeigen soll. Deshalb ist auch das orthoröntgenographische Verfahren und speziell die Orthodiagraphie ganz besonders geeignet zur Kontrolle und weiteren Ausbildung unserer Perkussionsmethoden, die ja trotz des Röntgenverfahrens nach wie vor das gebräuchlichere Verfahren der Herzgrößenmessung bleiben werden. Oestreich und de la Camp sind noch einen Schritt weitergegangen, indem sie die Perkussionsmethoden orthodiagraphisch kontrollierten und das Ergebnis der Orthodiagraphie wieder durch den Nadelversuch an der Leiche verifizierten. Zahlreiche Vergleichsuntersuchungen über die Übereinstimmung der röntgenologisch und perkutorisch ermittelten Herzgröße wurden in der Folge ausgeführt. Ich nenne von Autoren nur: Moritz, de la Camp, Goldscheider, Curschmann, Simons, Treupel. Sie alle haben mit dem von ihnen vorzugsweise geübten Perkussionsverfahren gute oder die besten Resultate erhalten. So scheinen wir denn wieder zu der alten Erfahrung zu kommen, daß man mit jeder Perkussionsmethode zum Ziel kommt, vorausgesetzt, daß man die nötige Schulung besitzt. Früher erwarben wir uns diese Schulung durch häufige Kontrolle unserer Perkussionsbefunde an der Leiche. Aber das war nicht für jedermann

möglich. Heute liegen die Verhältnisse weit günstiger. Wer nicht selbst orthodiographieren kann, der läßt den Patienten vom Spezialisten untersuchen. Die früher selten ausführbare Kontrolle läßt sich also jetzt jeden Tag wiederholen. Daher werden die Perkussionsresultate jetzt auch genauer und wertvoller. Zugleich hat sich die typische Herzdämpfungsfigur geändert. Früher eckig, entsprechend dem anatomischen Bilde des totenstarrten Herzens, hat sie jetzt die abgerundeten Formen, wie sie das Orthodiagramm zeigt.

Andrerseits müssen wir zugeben, daß auch jetzt noch, trotz unserer besseren Schulung, die Herzperkussion gerade bei von der Norm abweichendem Körperbau und bei vergrößertem Herzen recht häufig versagt — ich sehe hier ganz von dem schwierig zu perkutierenden Emphysemherz ab. Die orthoröntgenographische Herzmessung beruht eben auf exakterer physikalischer Grundlage als die Perkussion, so daß es durchaus nicht zu verwundern ist, wenn auch der größte Meister der Perkussionskunst zuweilen falsche Resultate erhält.

„Die Ursache — ich wiederhole hier, was ich an anderer Stelle gesagt habe — ist leicht verständlich, wenn wir uns die Wirkung des Perkussionsstoßes klar machen. Der Perkussionsstoß dringt senkrecht zur Brustwand in die Tiefe, einerlei in welcher Richtung und Stärke er auf diese auftrifft. Ist der Thorax breit, das Herz nicht allzu groß, so daß es hinter nicht allzusehr

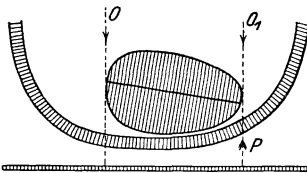


Abb. 59. Normales Herz. Orthodiographie (O) und Perkussion (P) ergeben die gleichen Resultate.

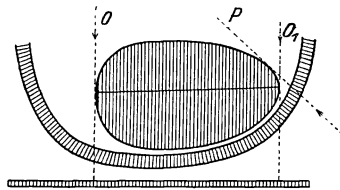


Abb. 60. Stark nach links vergrößertes Herz. Die Perkussion (P) ergibt eine größere Herzfigur wie die Orthodiographie (O). (Aus Groedel, „Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik“, München: J. F. Lehmann 1909.)

gewölbten Thoraxpartien liegt, dann treffen alle Perkussionsschläge annähernd parallel zueinander auf den Thorax, gleich dem Strahlenbündel des bewegten Orthodiagraphen. Ist aber der Brustkorb stark gewölbt, oder das Herz so vergrößert, daß es den stark abfallenden Thoraxpartien anliegt, dann bewegt sich die Krafrichtung der Perkussionsschläge mehr und mehr um die Körperachse herum, die Richtungslinien schneiden sich und müssen umgekehrt gleich divergenten Strahlen die Herzdämpfung vergrößert auf die Brustwand projizieren. Die Orthodiographie dagegen arbeitet auch in den extremsten Fällen unter stets gleich idealen physikalischen Bedingungen und stets mit parallelen Strahlen. Die Abb. 59 und 60 mögen zum Verständnis des Gesagten dienen.“

3. Fehlerbreite der Orthoröntgenographie.

Trotzdem birgt auch das orthoröntgenographische Verfahren zahlreiche Fehlerquellen in sich, die durchaus nicht geleugnet werden sollen. Die Mängel der verschiedenen Methoden wurden schon weiter vorne aufgeführt und gefolgert, daß nur die Orthodiographie, ev. auch die Teleröntgenographie wirklich zuverlässig sei. Die Teleröntgenographie müssen wir in Ermangelung eines Besseren als Ersatzmethode gelten lassen. Daß ich aber mit meinen Bedenken

bezüglich ihrer Zuverlässigkeit nicht allein stehe, beweist eine kürzlich erfolgte Publikation Hasselwanders ¹⁾).

Der Orthodiagraphie wird in erster Linie ihre Subjektivität vorgeworfen — ihre Abhängigkeit von den Fähigkeiten und der Übung des Untersuchers. Ich glaube über diesen Punkt dürfen wir ruhig hinweggehen. Schulung und Übung ist selbstverständliche Voraussetzung für die Ausübung der Orthodiagraphie. Sie ist leicht zu erlangen, und der gewissenhafte Röntgenologe wird nur, wenn er selbst sicher geworden ist, an die praktische Ausübung herantreten. Auch bei dem Mikroskopieren ist Übung und Schulung im Sehen die unerläßliche Voraussetzung. Deshalb wird niemand die Ansicht vertreten, daß nur der mikrographisch belegten Diagnose auch Beweiskraft zuerkannt werden kann. Daß Mängel der Technik — unexakte Zentrierung der Röhre, des Schirms usw. — nicht vorkommen dürfen, bedarf wohl keiner Erwähnung. Andere Fehlerquellen sind dagegen nicht ganz zu vermeiden. Die Pulsation des Herzens wird — selbst wenn wir stets den diastolischen Stand des Herzschattens aufzeichnen — geringe Schwankungen des Resultates bedingen, wie auch die Zwerchfellbewegungen, wenn diese auch bei unbeeinflusster ruhiger Atmung recht gering sind. Andre die Orthodiagraphie erschwerenden Momente, wie z. B. Verdichtungen in der Lunge, besonders in der Hilusgegend, Pleuraschwarten, Pleuraergüsse, Verbiegungen der Wirbelsäule etc., sind im gleichen Maße auch für die photographischen Verfahren hinderlich und können unter Umständen eine Röntgenausmessung des Herzens vollkommen unmöglich machen. Von diesen selteneren Ausnahmen abgesehen, können wir sagen, daß die exakte Orthoröntgenographie, speziell die Orthodiagraphie, mit einer Fehlerbreite von höchstens 2—3 mm arbeitet, die im Vergleich zu den Fehlerbreiten anderer klinischer Meßmethoden, speziell der übrigen Herzmeßmethoden, verschwindend gering ist.

4. Röntgendarstellung der absoluten Herzdämpfung.

Wir haben im Verlaufe unserer Betrachtungen bereits gesehen, daß alle seither erdachten und benutzten röntgenologischen Herzmeßmethoden nichts andres bezwecken, als eine Kontrolle einerseits, einen Ersatz andererseits für die Perkussion der relativen Herzdämpfung. Von der absoluten Herzdämpfung war hierbei nie die Rede.

Über den Wert der absoluten (kleinen oder oberflächlichen) Herzdämpfung gingen die Ansichten vor noch nicht langer Zeit weit auseinander. Während ihr von mancher Seite jeder praktische Wert abgesprochen wurde, erfuhr sie von einzelnen Klinikern eine entschieden zu weitgehende Wertschätzung. Von seiten der letzteren wurde u. a. sogar behauptet, daß die absolute Herzdämpfung leichter und sicherer zu bestimmen sei als die relative (große oder tiefe) Herzdämpfung.

Neuerdings scheint die Frage jedoch zugunsten der relativen Herzdämpfung entschieden worden zu sein, denn in fast allen neueren Publikationen finden wir nur diese allein unter den Untersuchungsergebnissen der Krankengeschichten aufgeführt. Ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich den Grund in dem zur Zeit größeren Zutrauen zur Richtigkeit der Perkussion der relativen Herzdämpfung suche. Durch die Röntgenuntersuchung, speziell die Orthodiagraphie, sind wir, wie ich oben ausführte, in die Lage versetzt worden, unsere Perkussionsbefunde bezüglich der relativen Herzdämpfung ständig zu kontrollieren und unsere

¹⁾ Beiträge zur Methodik der Röntgenographie I. Die Teleröntgenographie, Fortschr. Bd. 19, H. 5.

Perkussionsmethoden immer mehr in dieser Richtung auszubauen. Wenn infolgedessen jetzt die absolute Herzdämpfung allzusehr vernachlässigt wird, so ist das sehr zu bedauern. Denn über manche Fragen kann nur sie uns Aufklärung geben. Ich will hier nur daran erinnern, daß bei vielen Fällen von Mitralinsuffizienz die relative Herzdämpfung, resp. das Orthodiagramm, normal erscheint, und nur die Zunahme der absoluten Herzdämpfung auf eine Hypertrophie resp. Vergrößerung des rechten Ventrikels schließen läßt.

So mag es berechtigt erscheinen, einmal zu überlegen, ob nicht auch die absolute Herzdämpfung durch die Röntgenmethode festgestellt werden kann, ob auf diese Weise wieder das Interesse und die Würdigung dieses Teiles der Herzuntersuchung zu heben ist und hiermit die alte Schulregel wiederum zur Geltung kommt, daß in jedem Fall beide Dämpfungsfiguren festgestellt werden müssen.

In der Röntgenliteratur finden wir nirgends ein Verfahren zur Bestimmung der absoluten Herzdämpfung angegeben, im Gegenteil ist noch in den meisten Lehrbüchern besonders hervorgehoben, daß nur die relative Herzdämpfung in Form des Orthodiagrammes röntgenologisch aufgenommen werden kann.

Ich selbst benutze schon seit mehreren Jahren ein im Prinzip einfaches Verfahren zur gelegentlichen röntgenologischen Feststellung der absoluten Herzdämpfung, zur Aufzeichnung des „absoluten Orthodiagramms“. Wenn ich mich zu einer Bekanntgabe der Methode erst spät¹⁾ entschloß, so hatte dies verschiedene Gründe, deren wichtigste die sind, daß das Verfahren nur in den günstigsten Fällen exakte Resultate zeitigt, in sehr vielen Fällen dagegen noch vollkommen versagt, und daß es unbedingt notwendig erscheint, einen besonderen Apparat zu konstruieren, wozu mir seither die Zeit fehlte. Immerhin scheinen mir die physikalischen Grundlagen der Methode einwandfrei zu sein, so daß sich vielleicht ihr weiterer Ausbau verlohnen dürfte.

Die absolute Herzdämpfungsfigur soll die Kontaktfläche des Herzens darstellen, soll uns zeigen, in welcher Ausdehnung das Herz der Thoraxwand direkt anliegt, also nicht von Lunge überlagert ist.

Zunächst läßt sich die Höhe, oder besser gesagt, der Gipfelpunkt des absoluten Orthodiagramms höchst einwandfrei darstellen. Betrachten wir einen Thorax bei frontalem Strahlengang, so sehen wir den Herzschatten schräg von hinten oben nach vorne unten verlaufen und hier schließlich mit dem Sternum zu einem gemeinsamen Schatten konfluieren. Zwischen dem Herzschatten und dem vorderen Brustwandschatten sehen wir das helle Retrosternalfeld, das von den dem Herzen vorgelagerten Lungenteilen gebildet wird. Dort, wo bei frontaler Durchleuchtung das nach unten hin keilförmig verjüngte Retrosternalfeld endet, auf dem Herzschatten aufsitzt, ist der Gipfelpunkt des absoluten Herzorthodiagrammes. Mittelst des Orthodiagraphen läßt sich dieser Punkt höchst einfach auf der Brustwand markieren.

Lassen wir nun den Patienten sich sehr langsam um seine Körperlängsachse derart bewegen, daß er allmählich aus dem frontalen Durchleuchtungsdurchmesser zum sagittalen übergeht, so bemerken wir, daß sich das Retrosternalfeld immer mehr und mehr vergrößert, wobei jedoch gleichzeitig eine Verkürzung, ein Aufwärtswandern der Keilspitze eintritt. Diese Erscheinung ist leicht erklärlich. Dreht sich der Patient bei feststehender Röhre um seine Körperlängsachse, so werden allmählich immer größere Herzteile ihren Schatten auf die Brustwand werfen und so das Retrosternalfeld verkürzen.

Wesentlich anders sieht das Bild aus, wenn wir die Drehbewegung ruckweise ausführen lassen und nach jeder neuen Drehbewegung das Retrosternalfeld

¹⁾ Ist die absolute Herzdämpfung mit Hilfe der Röntgenstrahlen nachweisbar? Fortschr. Bd. 19. H. 5.

orthodiagraphisch aufnehmen. Dann sehen wir eine deutliche Längenzunahme des Retrosternalfeldes, je mehr sich der Patient aus dem Frontaldurchmesser entfernt und dem Sagittaldurchmesser nähert. Die untere Spitze des keilförmigen Retrosternalfeldes steht bei Betrachtung im Frontaldurchmesser sehr hoch. Bei zunehmender Drehung wandert sie mehr und mehr zum Zwerchfell hinunter.

Zeichnen wir orthodiagraphisch das Retrosternalfeld bei der jeweiligen Stellung des Patienten auf, so leuchten wir mit der Röntgenröhre in den zwischen Herz und Brustwand liegenden Raum hinein und machen uns diesen in seiner vollen Ausdehnung sichtbar. Infolgedessen muß stets die untere Grenze des Retrosternalfeldes jener Stelle entsprechen, an welcher Herz- und Brustwand direkt zusammenstoßen. Da nun bei der Drehung vom Frontal- zum Sagittaldurchmesser der Gipfelpunkt der absoluten Herzdämpfung, resp. der Kontaktfläche, sich nach hinten bewegt, muß bei jeder neuen Drehung ein etwas tiefer liegender Teil der Kontaktgrenze zum unteren Endpunkt des Retrosternalfeldes werden. Markieren wir nach jeder neuen Drehung die jeweilige Lage der unteren Keilspitze des Retrosternalfeldes orthodiagraphisch auf die Brustwand, so erhalten wir zum Schlusse das absolute Herzorthodiagramm auf der Brustwand aufgezeichnet.

Der Gang einer Aufnahme des absoluten Herzorthodiagramms wäre sonach folgender: Der Patient nimmt auf einem Drehstuhl innerhalb des Gestänges eines Vertikalorthodiagraphen Platz. Er wird in den Frontaldurchmesser eingestellt, und zwar zunächst so, daß die Strahlen den Körper von links nach rechts durchdringen. Die Arme werden zweckmäßig durch irgend eine geeignete Vorrichtung senkrecht nach oben gehalten. Zur Aufsuchung des Gipfelpunktes des absoluten Orthodiagramms dreht man nun den Patienten sehr wenig nach vorne, so daß sich beispielsweise die linke Schulter 2 cm vorwärts bewegt. Man bewegt nun den Orthodiagraphen so lange hin und her, bis man gefunden hat, bei welcher Stellung das Retrosternalfeld die größte Tiefenausdehnung aufweist, wobei natürlich immer die Normalmarke des Röntgenschirms mit der unteren Spitze des keilförmigen Retrosternalfeldes sich decken muß. Ist das orthodiagraphische System in dieser Weise eingestellt, so markiert man sich den betreffenden Punkt auf der Brustwand mit Hilfe eines durch die Normalmarke des Schirms hindurchgehenden und in den Zentralstrahl eingestellten sehr langen Zeichenstiftes, der wohl am besten teleskopartig eingerichtet und pneumatisch vorgeschleudert wird. Hiernach dreht man den Patienten etwas weiter, so daß die linke Schulter wieder einige Zentimeter weiter nach vorne kommt. Auch diesmal wird die Stellung des Orthodiagraphen aufgesucht, bei der das Retrosternalfeld die größte Tiefenausdehnung zeigt, während gleichzeitig die Normalmarke des Durchleuchtungsschirms mit der unteren Spitze des Retrosternalfeldes zusammenfallen muß. Nachdem in diesem Moment neuerdings eine Marke auf der Brustwand angebracht worden ist, wird die Drehung des Patienten fortgesetzt usw. Zum Schlusse erhalten wir dann eine etwa von der Mittellinie nach links unten verlaufende Kurve, wie wir sie bei der Perkussionsfigur der absoluten Herzdämpfung zu sehen gewohnt sind. Nachdem alsdann der Patient neuerdings in den Frontaldurchmesser eingestellt worden ist, diesmal aber mit dem Strahlengang von rechts nach links, wiederholt sich das Verfahren unter langsamer Drehung des Patienten nach rechts, um so die rechte Grenze der absoluten Dämpfung aufzusuchen.

Ich will nur erwähnen, daß es auch möglich sein dürfte, das absolute Herzorthodiagramm direkt auf eine vom Körper unabhängige Zeichenebene zu übertragen. Für diesen Fall müßte der Patient auf einem Stuhl möglichst gut fixiert werden, mit dessen Hilfe es möglich wäre, eine Schwenkbewegung des Körpers um eine der

Mittellinie des Sternums entsprechende Achse zu vollführen, so daß sich also die Brustwand dauernd um eine ruhigstehende Achse — eben die Mittellinie — dreht. Die Zeichenebene würde sich hinter der Röhre befinden und durch entsprechende Vorrichtung eine der Drehbewegung der vorderen Brustwand gleichsinnige Bewegung vollführen. Der Schreibstift endlich wäre in bekannter Weise hinter der Röhre in der Verlängerung des Zentralstrahles angebracht.

Von den zahlreichen Fehlerquellen der Methode sei nur erwähnt, daß sich die durch die Schrägprojektion der dicken Thoraxwand bedingte falsche Aufzeichnung der einzelnen Punkte — sie würde bei der oben angedeuteten Benutzung einer unabhängigen Zeichenebene technisch leicht auszugleichen sein — vermeiden läßt, wenn man nach jedesmaliger Einstellung der Zentralmarke auf den unteren Endpunkt des Retrosternalraumes noch um die auf dem Schirm leicht erkennbare Breite des Brustwandschattens nach außen rückt.

5. Ausmessung des Orthodiagrammes.

Bevor ich zur Besprechung der Herzgröße übergehe, muß ich kurz erörtern, wie dieselbe im Orthoröntgenogramm ermittelt wird. Moritz hat die ersten Anweisungen für die Ausmessung des Orthodiagramms gegeben. Im Prinzip befolgen wir dieselben noch heute, wenn auch in mehrfach modifizierter Form.

Ich selbst unterscheide zuverlässige und unzuverlässige Orthodiagrammmaße, die ich an Hand der Abb. 61 erörtern will.

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Medianabstand links = <i>MI.</i> | } Transversaldimension = <i>T.</i> |
| 2. Medianabstand rechts = <i>Mr.</i> | |
| 3. Längsdurchmesser = <i>L.</i> | |

Mit Medianabstand links bezeichnen wir den größten Abstand des linken Herzschatenrandes von der Mittellinie, mit Medianabstand rechts den größten Abstand des rechten Herzschatenrandes von dieser Linie. Die Summe der beiden Medianabstände — die Transversaldimension des Herzens — ist das wichtigste und sicherste Orthodiagrammmaß, das auch bei wiederholter Untersuchung und bei Untersuchungen durch zwei gleich geübte und gewissenhafte Untersucher stets auf Millimeter konstant gefunden wird. Die beiden Medianabstände können dabei zu verschiedenen Zeiten etwas variieren. Es ist dies dann nur die Folge nicht ganz gleichmäßiger Einstellung des Patienten.

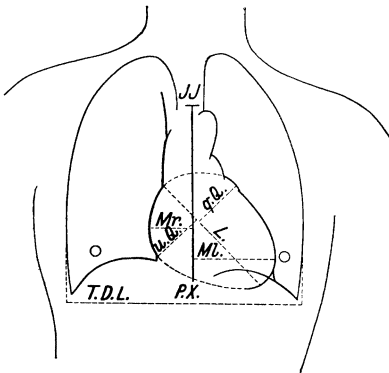


Abb. 61.
Ausmessung des Orthodiagrammes.

Den Längsdurchmesser erhalten wir, wenn wir den Schnittpunkt des rechten unteren und oberen Bogens mit der größten Ausbiegung des linken unteren Herzbogens, also gewöhnlich mit der Kuppe der Herzspitze verbinden. Dieses Maß ist bereits etwas weniger sicher. Für den Anfänger ist auch die genaue Feststellung des Schnittpunktes der beiden rechten Schattenbogen (Vorhof-Gefäßwinkel) meist schwierig. Ebenso gehört die Herzspitze zu den weniger leicht aufnehmbaren Herzteilen. Im Sitzen oder Stehen ist die Schwierigkeit der Aufnahme noch nicht so groß, denn im Liegen, weil hier die Magenblase günstigere Durchleuchtungsverhältnisse schafft. Künstlich durch Brausepulververabreichung nachzuhelfen, wie dies von Achilles empfohlen worden ist, halte ich aber nicht für statthaft.

Auf die Wichtigkeit der Darstellung der Herzspitze hat außer Dietlen, Franke¹⁾, Arnsperger und mir selbst in letzter Zeit besonders Otten²⁾ hingewiesen. Er glaubt, daß „bis in die allerjüngste Zeit hinein, abgesehen von den Arbeiten von Moritz, Dietlen, Schieffer, Groedel, Franke und einigen andern Autoren, in kaum einer Arbeit, die sich mit Herzorthodiographie beschäftigt, die linke Herzkontur weiter gezeichnet ist, als bis zum Zwerchfellbogen; es fehlt dort die Herzspitze demnach immer oder fast immer vollständig“. Diese erstaunliche und betrübende Feststellung ist aus folgenden Gründen besonders wichtig.

Nach den Untersuchungen Ottens liegt der linke Medianabstand in etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ aller Fälle mit normalem Herzen unterhalb des linken Zwerchfellbogens und zwar unter hundert Fällen:

Größter linker Medianabstand:	über d. Zwerchfell;	unter d. Zwerchfell:
Untersuchung im Liegen	74 mal	26 mal
„ „ Sitzen	78 „	26 „
„ „ Stehen	68 „	22 „

Die Herzspitze liegt sogar noch seltener über als unter dem Zwerchfell. Auch hierfür seien Ottens Zahlen angeführt:

Die Herzspitze befand sich:	unter den Zwerchfell:	über den Zwerchfell;
Im Liegen	85 mal	12 mal
„ Sitzen	79 „	13 „
„ Stehen	93 „	0 „

Die vollkommene Darstellung der Herzspitze ist also unbedingt für die exakte Ausmessung des Orthodiagramms erforderlich, das Gelingen der Aufnahme, wie auch Otten bestätigt, nur Übungssache. Man muß auch hier das Sehen erst lernen. Alle jene Arbeiten, die unvollkommen ausgeführte Orthodiogramme enthalten — sie beschäftigen sich häufig mit Fragen, wie Einfluß von Sport, Bädern usw. auf die Herzgröße —, können somit nicht als zuverlässig bezüglich der angegebenen Herzmaße angesehen werden.

Weiterhin ist von Moritz die Ausmessung des Flächeninhaltes (Fl.) der Herzsilhouette empfohlen worden. Zu diesem Zwecke muß man den rechten Vorhofbogen sowohl mit dem linken Vorhof-, als auch mit dem linken Ventrikelbogen verbinden, weil sich die Herzsilhouette nur links und rechts, aber nicht oben und unten, abgrenzen läßt. Unter Benutzung eines Planimeters oder durch Abzählen der Quadrate eines unter das Orthodiagramm gelegten Millimeterpapieres läßt sich dann der Flächeninhalt in qcm angeben. Aber ich kann meine oft ausgesprochene Warnung vor der Benutzung dieses Maßes nur wiederholen. Die genannten Verbindungslinien fallen selbst bei guten Orthodiagrammen ganz nach Belieben aus — bald flach, bald geschwungen — und je größer das Herz, desto größer die zu ergänzenden Strecken, desto größer die Fehlerquellen. Gelingt es aber nicht, den linken Vorhofbogen darzustellen, dann weiß man überhaupt nicht, wo der Endpunkt der oberen Verbindungslinie hingesezt werden soll. Das Flächenmaß kann also auf keinen Fall als zuverlässiges Bild der „Gesamtgröße des Herzens“ bezeichnet werden. Ganz im Gegenteil ergibt es eine auf konstruierten Linien aufgebaute, daher unzuverlässige Größe.

In dieser Ansicht werde ich neuerdings von Otten gestützt, der ganz dieselben Bedenken, besonders bezüglich der Ergänzung der unteren Herzgrenze,

¹⁾ Die Orthodiographie. München: Lehmann 1906.

²⁾ Die Bedeutung der Orthodiographie für die Erkennung der beginnenden Herz-erweiterung. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 105.

geltend macht. Er hat in verschiedenen Zeitabständen mehrere genau übereinstimmende Pausen desselben Orthodiagramms durch Einzeichnung der oberen und unteren Grenze ergänzt und die Herzfläche jedesmal planimetrisch berechnet. Dabei bekam Otten vielfach Abweichungen von 5—10% des Gesamtflächeninhaltes. Noch größere Differenzen ergaben sich, wenn die einzelnen Pausen desselben Orthodiagramms von verschiedenen Untersuchern unabhängig voneinander ergänzt und dann der Flächeninhalt berechnet wurde.

Aus ähnlichen Gründen ist auch der Breitendurchmesser, der größte senkrechte Abstand der Herzkonturen von dem Längsdurchmesser (o Q. und u Q.), und der Neigungswinkel des Herzens als unsicheres Maß zu verwerfen.

Dagegen sind die Lungenmaße (besonders von Franke und später von mir empfohlen) seither sehr zu Unrecht vernachlässigt worden. Die Transversaldimension der Lungen (TDL oder TL in der Abb. 62) gibt uns ein annäherndes Bild von dem Körperbau des Individuums, besonders dann, wenn wir noch die Thoraxhöhe hinzufügen. Auf jeden Fall ist es schon der besseren Orientierung wegen empfehlenswert, zugleich mit dem Herzen die gesamte Thoraxhöhle aufzunehmen. Eine Ausmessung würde folgende von mir 1906 aufgestellte Normalzahlen zur Grundlage nehmen können:

	Männer	Frauen
Höhe des linken Lungenraumes	20	19
Höhe des rechten Lungenraumes	19	18
Breitendimension der Lungen	25	22

Rufen wir uns nun das bezüglich der nicht zu leugnenden, wenn auch geringen Fehlerquellen und Fehlergrenzen der Orthodiographie Ausgeführte ins Gedächtnis zurück, so kommen wir zu dem Schlusse: „Die Befunde der Orthodiographie dürfen nicht nach Millimetern, sondern nur nach Zentimetern bewertet werden.“ Wenn wir uns das vor Augen halten, dann kommen wir zu einer Ablehnung aller jener experimentellen Arbeiten, die aus dieser oder jener Ursache eine Herzgrößenänderung feststellen wollen, weil die Orthodiagrammaße vor und nach Einwirkung des betreffenden Momentes um Millimeter differieren. Und wenn wir uns nun weiterhin zur Frage der Größe des normalen Herzens — zur Ausmessung des Orthodiagrammes — wenden, so haben wir von vornherein gezeigt, daß die Orthodiagrammaße (sie sind nicht identisch und nicht zu verwechseln mit den anatomischen Herzmaßen) nur cum grano salis zu nehmen sind. Auch die Orthodiagrammaße sind nur Näherungswerte.

6. Durchschnittswerte des Herzorthodiagrammes.

Die Normalmaße, oder besser gesagt Durchschnittswerte, des Herzorthodiagramms haben wir durch ausgedehnte statistische Zusammenstellungen gefunden. Außer einer kleineren Tabelle von Moritz ¹⁾, wurden besonders von Dietlen ²⁾ Durchschnittswerte für das Horizontalorthodiagramm erwachsener und unerwachsener Männer und Frauen aufgestellt; dasselbe führte ich ³⁾ für die Untersuchung im Sitzen und Otten ⁴⁾ für die Untersuchung im Stehen aus, während Veith ⁵⁾ (außerdem: Reyher, Clopatt, Visco) Durchschnittswerte für das kindliche Vertikal- und Horizontalorthodiagramm zusammenstellten.

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1900, 1902, 1903, 1908. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 81 u. 82.

²⁾ Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 88 u. 97 usw.

³⁾ Annalen d. städt. Krankenh. in München. Bd. 13 usw.

⁴⁾ Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 105.

⁵⁾ Jahrb. f. Kinderheilk. 1908.

Ich habe die sämtlichen Zahlen in einer Tabelle vereinigt. Die Tabelle I ist derart angeordnet, daß die Durchschnittszahlen der verschiedenen Größen-
gruppen von Kindern, erwachsenen und unerwachsenen Männern und Frauen
untereinander, die entsprechenden Zahlen für Untersuchung im Liegen, Sitzen
und Stehen nebeneinander aufgeführt sind.

Tabelle I.

Durchschnittswerte des Herzorthodiagramms.

Zusammengestellt nach den Tabellen von: Dietlen, Groedel, Otten, Veith.

		Untersuchung im Liegen					Untersuchung im Sitzen					Untersuchung im Stehen			
		Mr.	MI.	T.	L.	Fl.	Mr.	MI.	T.	L.	Fl.	Mr.	MI.	T.	L.
Kinder.															
I. 102—110 cm	Min.	2,4	5,45	8,2	8,85	43,5	2,0	5,0	7,4	8,0	44	—	—	—	—
	Mittel	2,6	6,1	8,7	9,3	51	2,55	5,45	8,0	8,4	47	—	—	—	—
	Max.	2,75	6,7	9,1	9,5	54,5	3,3	6,2	8,4	8,6	49	—	—	—	—
II. 111—120 cm	Min.	2,15	5,85	8,75	9,35	56,5	2,2	5,4	8,4	8,6	51	—	—	—	—
	Mittel	2,9	6,35	9,25	9,9	63,5	2,85	5,97	8,82	9,3	58	—	—	—	—
	Max.	3,4	7,0	9,8	10,55	69,5	3,7	6,8	9,8	9,9	64	—	—	—	—
III. 121—130 cm	Min.	2,25	6,0	9,2	9,9	52,5	2,2	5,2	8,2	9,0	54	—	—	—	—
	Mittel	3,0	6,9	9,9	10,6	72,5	3,04	6,35	9,4	10,1	64	—	—	—	—
	Max.	3,75	8,25	11,15	12,0	82	3,8	7,5	10,75	11,5	77	—	—	—	—
IV. 131—140 cm	Min.	2,45	5,8	9,05	9,8	66	2,1	6,1	8,7	9,3	63	—	—	—	—
	Mittel	3,3	6,9	10,2	10,9	77	3,08	6,79	9,87	10,9	72,5	—	—	—	—
	Max.	4,3	8,05	11,6	12,0	95	4,5	8,3	11,4	12,0	82	—	—	—	—
Männer 15—19 Jahre.															
I. 145—154 cm	Min.	3,4	7,1	10,6	11,4	78	3,2	7,0	10,5	11,2	—	—	—	—	—
	Mittel	3,5	7,5	11,0	11,8	88	3,9	7,4	11,3	11,8	—	—	—	—	—
	Max.	3,7	7,8	11,2	12,5	96	4,5	8,0	12,0	12,5	—	—	—	—	—
II. 155—164 cm	Min.	3,0	7,4	10,7	12,0	84	3,6	7,2	11,2	11,2	—	—	—	—	—
	Mittel	3,8	8,0	11,8	12,7	96	4,4	7,9	12,3	12,4	—	—	—	—	—
	Max.	4,1	9,3	13,1	14,2	114	5,2	8,3	13,5	13,8	—	—	—	—	—
III. 165—174 cm	Min.	3,4	7,0	11,0	12,5	95	3,9	7,0	11,6	11,3	—	—	—	—	—
	Mittel	4,2	8,2	12,4	13,6	109	4,3	7,9	12,1	13,1	—	—	—	—	—
	Max.	5,1	8,8	13,8	15,2	121	4,7	8,5	12,5	14,3	—	—	—	—	—
IV. 175—182 cm	Min.	3,6	6,5	10,4	12,7	98	4,0	8,0	12,0	13,6	—	—	—	—	—
	Mittel	4,0	7,9	11,9	13,7	109	4,0	8,0	12,0	13,7	—	—	—	—	—
	Max.	4,3	8,8	12,4	14,4	125	4,0	8,0	12,0	13,8	—	—	—	—	—
Männer über 20 Jahre.															
I. 145—154 cm	Min.	3,1	8,2	11,9	12,1	91	4,0	8,0	12,0	12,0	—	—	—	—	—
	Mittel	3,7	8,5	12,2	13,4	103	4,7	8,4	13,1	12,9	—	—	—	—	—
	Max.	4,4	8,8	12,6	14,1	112	5,2	9,2	14,4	14,2	—	—	—	—	—
II. 155—164 cm	Min.	3,3	7,4	11,0	12,3	97	3,5	7,4	12,1	13,0	—	—	—	—	—
	Mittel	4,2	8,7	12,9	14,0	111	4,5	8,7	13,0	13,9	—	4,1	8,3	12,4	13,7
	Max.	5,9	10,4	14,5	15,3	130	5,3	9,5	14,1	15,0	—	—	—	—	—

		Untersuchung im Liegen					Untersuchung im Sitzen					Untersuchung im Stehen			
		Mr.	MI.	T.	L.	Fl.	Mr.	MI.	T.	L.	Fl.	Mr.	MI.	T.	L.
III. 165—174 cm	Min.	3,0	6,8	11,3	12,5	96	3,7	7,2	11,4	12,0	—	—	—	—	—
	Mittel	4,3	8,8	13,1	14,2	117	4,5	8,7	13,2	14,0	—	4,0	8,5	12,5	13,8
	Max.	5,7	9,7	15,3	15,9	138	5,6	10,2	14,6	15,3	—	—	—	—	—
IV. 175—185 cm	Min.	3,5	8,1	13,1	13,4	111	4,0	7,3	12,0	13,3	—	—	—	—	—
	Mittel	4,5	9,3	13,8	14,9	131	4,7	8,5	13,2	14,2	—	4,2	8,5	12,7	14,4
	Max.	5,8	11,0	15,0	16,2	149	5,4	9,0	13,6	14,7	—	—	—	—	—
Frauen 15—17 Jahre.															
I. 145—154 cm	Min.	3,3	6,5	10,5	11,9	84	2,5	6,5	9,0	10,5	—	—	—	—	—
	Mittel	3,5	7,5	11,0	12,4	92	3,1	7,0	10,1	11,2	—	—	—	—	—
	Max.	4,0	8,7	12,0	12,8	100	4,0	7,8	11,0	12,0	—	—	—	—	—
II. 155—164 cm	Min.	3,2	7,0	10,3	12,9	86	2,8	6,5	9,0	10,5	—	—	—	—	—
	Mittel	3,5	8,0	11,5	13,2	95	3,8	7,6	11,4	12,3	—	—	—	—	—
	Max.	4,0	8,8	12,5	14,0	104	5,2	8,7	12,7	14,0	—	—	—	—	—
III. 165—174 cm	Min.	2,8	7,0	10,9	12,3	85	4,0	6,6	10,6	10,6	—	—	—	—	—
	Mittel	3,4	7,7	11,1	12,7	92	4,1	7,0	11,1	11,8	—	—	—	—	—
	Max.	3,9	8,5	11,3	13,3	97	4,2	7,4	11,6	13,0	—	—	—	—	—
Frauen über 17 Jahre.															
I. 145—154 cm	Min.	2,4	7,2	10,3	12,1	86	3,0	6,2	10,1	11,0	—	—	—	—	—
	Mittel	3,5	8,3	11,8	12,8	94	3,8	8,0	11,8	13,0	—	3,6	7,5	11,1	12,7
	Max.	4,0	9,2	12,8	13,3	105	4,5	9,3	13,1	13,5	—	—	—	—	—
II. 155—164 cm	Min.	2,6	6,8	10,9	11,7	83	3,2	6,4	10,4	11,5	—	—	—	—	—
	Mittel	3,5	8,5	12,0	13,3	102	3,8	8,0	11,8	13,0	—	3,6	7,6	11,2	12,9
	Max.	5,2	10,3	13,7	15,0	116	5,0	9,5	14,3	14,8	—	—	—	—	—
III. 165—174 cm	Min.	3,2	6,8	11,3	12,8	103	3,2	6,5	10,8	12,0	—	—	—	—	—
	Mittel	3,9	8,8	12,7	13,6	109	4,0	8,1	12,1	13,2	—	3,7	7,8	11,5	13,0
	Max.	4,5	9,7	12,9	14,0	116	4,5	9,8	14,0	14,5	—	—	—	—	—

Tabelle II.

Durchschnittswerte für Horizontalorthodiagramme verschiedener Altersklassen (nach Dietlen).

Alter	Durchschnitts- gewicht	Durchschnitts- größe	Mr.	MI.	T.	L.
15—19	54	162	3,9	8,0	11,9	13,6
20—29	62	168	4,3	8,6	12,9	14,2
30—39	64	169	4,2	8,7	12,9	14,2
40—49	61	167	3,9	8,9	12,8	14,1
50—59	62	167	4,1	9,1	13,2	14,4
60—69	59	167	4,4	9,0	13,4	14,4

Tabelle III.

Durchschnittswerte für Horizontalorthodiagramme verschiedener Gewichtsklassen (nach Dietlen).

Gewicht	Durchschnittsgröße	Durchschnittsalter	T.	L.
40—44	152	26	11,3	12,1
45—49	159	20	11,4	12,9
50—54	161	27	12,4	13,5
55—59	164	30	12,9	14,0
60—64	167	26	13,1	14,1
65—69	169	30	13,2	14,5
70—74	174	31	13,4	14,8
75—79	179	22	14,3	15,5
80—84	185	25	14,4	15,3

Tabelle I ist nach dem Vorgange Dietlens nach Größengruppen geordnet, außerdem nach Altersklassen (Kinder, Erwachsene, Unerwachsene) und endlich nach dem Geschlecht. Daß diese Einteilung berechtigt ist, beweist eine Durchsicht der Tabellen. Wir finden, daß die Orthodiagrammaße ziemlich proportional der Körpergröße ansteigen, einerlei in welcher Körperlage wir untersuchen, daß sie aber bei den beiden Geschlechtern innerhalb gleicher Größengruppen verschieden sind — beim Mann etwas größer als bei der Frau —, und daß auch ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis zwischen Alter und Orthodiagrammgröße besteht (s. hierzu Tabelle II). Dem wäre noch hinzuzufügen, daß aus den Tabellen Dietlens weiter ein Parallelismus zwischen Körpergewicht und Herzgröße zu ersehen ist (s. Tab. III) und nach den Untersuchungen Schieffers¹⁾ ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen Ernährungszustand und Berufsarbeit einerseits, Orthodiagrammdimensionen andererseits besteht. Endlich sehen wir, daß, worauf zuerst Moritz hingewiesen hat, fast alle Herzmaße bei der Aufnahme im Liegen am größten, im Sitzen etwas kleiner, im Stehen am kleinsten ausfallen.

Auch für das kindliche Herz läßt sich ein gewisser Parallelismus zwischen Körpergröße und Herzgröße auffinden. Nach den Mitteilungen Veiths ist aber dieses Abhängigkeitsverhältnis, wie auch das zwischen Körpergewicht und Orthodiagrammgröße, kein sehr konstantes. Unterschiede nach dem Geschlecht sollen erst jenseits der Pubertätszeit in den Größenverhältnissen des Orthodiagramms hervortreten. Auch beim Kinde sind im Liegen und Sitzen geringe Größenänderungen des Orthodiagramms nachweisbar.

Neben den die röntgenologisch gemessene Herzgröße besonders beeinflussenden Momenten, von denen wir das Geschlecht, die Körpergröße, das Alter, das Körpergewicht, die Körperhaltung, den Ernährungszustand und den Beruf hier aufgeführt haben, sind noch andere Faktoren zu erwähnen, die wir weiter unten kennen lernen werden.

Bedenken wir nun die große Schwankungsbreite zwischen Maximal- und Minimalzahlen unserer Tabelle (oft über 3 cm), und rufen wir uns das bezüglich der Fehlerbreite der röntgenologischen Herzmessung Gesagte ins Gedächtnis zurück, so müssen die sog. Normalzahlen recht viel an Bedeutung einbüßen. Dies soll nun aber, wie ich an verschiedenen Stellen ausgeführt habe, nicht dazu verleiten, der genauen Röntgen-Herzmessung blindlings jede Berechtigung abzuspochen. „Nicht nach Millimetern wollen wir ja urteilen, sondern nach Zentimetern. Dann steigen aber die Tabellen wieder sehr in ihrem Werte. Nur muß man bei der Abgabe eines Urteils auch die erwähnten, die Herzgröße

¹⁾ Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 92. H. 1 u. 2, 5 u. 6.

beeinflussenden Faktoren genügend berücksichtigen und sich nicht einfach sklavisch an eine Zahl halten wollen. Die schätzungsweise Beurteilung der Orthodiagrammgröße kann auf keinen Fall die genaue Ausmessung ersetzen. Sie führt zu leicht zu groben Täuschungen. Auch der Vergleich mit einem einzelnen Körpermaß — z. B. mit der Faustgröße — ist unwissenschaftlich. Aber leider sind diese veralteten Methoden ebensowenig ganz zu verdrängen wie z. B. der Rückschluß auf die Herzgröße nach der Lage der Herzgrenzen zu den Mamillarlinien.“

Dagegen läßt sich recht wohl eine Vereinfachung der großen Tabelle durchführen. Ich habe zunächst in Tabelle IV die Durchschnittswerte für die Untersuchung bei verschiedener Körperstellung zusammengestellt.

Tabelle IV.

Durchschnittswerte des Herzorthodiagramms bei verschiedener Körperhaltung.
(Nach dem Material von Dietlen, Groedel, Otten, Veith.)

	im Liegen				im Sitzen				im Stehen			
	Mr.	MI.	T.	L.	Mr.	MI.	T.	L.	Mr.	MI.	T.	L.
Kinder	2,9	6,6	9,5	10,2	2,9	6,1	9,0	9,8				
Unerwachsene Männer .	3,9	8,0	11,9	13,6	4,1	7,8	11,9	12,7				
Erwachsene Männer . .	4,3	8,9	13,2	14,2	4,6	8,4	13,0	14,0	4,1	8,4	12,5	13,6
Unerwachsene Frauen .	3,5	7,8	11,3	12,8	3,7	7,2	10,9	12,1				
Erwachsene Frauen . .	3,6	8,5	12,1	13,2	3,9	8,0	11,9	12,9	3,6	7,6	11,3	12,8

Endlich lassen sich aus Tabelle IV die abgerundeten Durchschnittszahlen des Orthodiagramms für Untersuchung in den verschiedenen Körperstellungen berechnen. Wir würden z. B. für erwachsene Männer finden: Mr. = 4,3; MI. = 8,6; T. = 12,9; L. = 13,9. Es entsprechen diese Zahlen am besten den für die Untersuchung im Sitzen aufgestellten Durchschnittswerten. Wir dürfen diese also ohne weiteres auch als die Durchschnittswerte bei verschiedener Körperhaltung ansprechen.

Tabelle V.

Durchschnittswerte des Herzorthodiagramms im Sitzen (nach Groedel und Veith), zugleich Durchschnittswerte für Untersuchung bei verschiedener Körperhaltung.

	Mr.	MI.	T.	L.
Kinder	2,9	6,1	9,0	9,8
Unerwachsene Männer . . .	4,1	7,8	11,9	12,7
Erwachsene Männer	4,6	8,4	13,0	14,0
Unerwachsene Frauen . . .	3,7	7,2	10,9	12,1
Erwachsene Frauen	3,9	8,0	11,9	12,9

Der Vollständigkeit halber seien auch noch die Tabellen eingefügt, die Hammer auf Grund von Ausmessungen der Teleröntgenogramme gesunder Personen ermittelt hat.

Tabelle VI.

Durchschnitts-, Maximal- und Minimalwerte der Fernaufnahme (2 m F.-D.)
im Stehen, geordnet nach Körpergröße (nach Hammer).

Gruppe	Zahl der Fälle	MR.	ML.	T.	
I. 154—159 cm	7	2,8	7,5	11,8	Min.
		4,3	8,5	12,8	Mittel
		5,2	9,5	14,2	Max.
II. 160—164 cm	18	3,1	6,1	11,9	Min.
		4,8	8,8	13,7	Mittel
		7,9	11,0	15,3	Max.
III. 165—169 cm	20	3,6	7,2	11,8	Min.
		4,8	8,5	13,3	Mittel
		6,4	11,6	15,5	Max.
IV. 170—174 cm	30	3,0	6,4	11,4	Min.
		4,5	8,9	13,4	Mittel
		5,9	11,3	15,2	Max.
V. 175—179 cm	13	2,7	7,4	11,6	Min.
		5,1	8,5	13,7	Mittel
		6,9	9,9	15,6	Max.
VI. 180—184 cm	3	3,9	9,2	13,4	Min.
		4,4	9,6	14,0	Mittel
		5,1	10,1	15,2	Max.

Tabelle VII.

Durchschnitts-, Maximal- und Minimalwerte der Fernaufnahme (2 m F.-D.)
im Stehen, geordnet nach Körpergewicht (nach Hammer).

Gruppe	Zahl der Fälle	MR.	ML.	TR.	
I. 50—54 kg	2	3,8	7,8	11,8	Min.
		4,2	7,9	12,1	Mittel
		4,5	8,0	12,3	Max.
II. 55—59 kg	7	2,8	7,5	12,0	Min.
		4,3	8,8	13,1	Mittel
		5,4	11,0	14,2	Max.
III. 60—64 kg	18	3,3	6,1	11,9	Min.
		4,7	8,3	13,0	Mittel
		6,3	10,7	15,2	Max.
IV. 65—69 kg	22	3,0	7,2	11,6	Min.
		4,5	8,7	13,1	Mittel
		6,9	11,3	15,2	Max.
V. 70—74 kg	26	3,6	6,4	11,4	Min.
		4,9	9,0	13,9	Mittel
		6,4	11,6	15,5	Max.
VI. 75—80 kg	11	2,7	7,4	12,1	Min.
		5,4	8,7	14,1	Mittel
		7,9	9,5	15,6	Max.

Tabelle VIII.

Durchschnitts-, Maximal- und Minimalwerte der Fernaufnahme (2 m F.-D.)
im Stehen, geordnet nach Lebensalter (nach Hammer).

Gruppe	Zahl der Fälle	MR.	ML.	TR.	
I. (18) 19 bis 21 Jahre	36	2,7	6,1	11,4	Min.
		4,6	8,5	13,1	Mittel
		6,3	11,0	15,6	Max.
II. 22—24 Jahre	17	2,8	7,7	11,8	Min.
		4,4	9,0	13,4	Mittel
		5,8	11,6	15,2	Max.
III. 25—29 Jahre	17	3,6	7,2	11,8	Min.
		4,8	8,6	13,4	Mittel
		6,9	9,7	14,7	Max.
IV. 30—34 Jahre	8	3,9	7,6	12,6	Min.
		4,9	8,8	13,8	Mittel
		5,9	10,6	15,1	Max.
V. 35—39 Jahre	10	3,5	8,1	12,7	Min.
		4,9	9,2	14,1	Mittel
		6,4	11,0	14,8	Max.
VI. 40—45 Jahre	3	3,9	7,4	15,2	Min.
		5,7	9,6	15,3	Mittel
		7,9	11,3	15,5	Max.

Tabelle IX.

Durchschnitts-, Maximal- und Minimalwerte der Fernaufnahme (2 m F.-D.)
im Stehen, geordnet nach Brustumfang (nach Hammer).

Gruppe	Zahl der Fälle	MR.	ML.	TR.	
I. 80—84 cm	16	2,8	7,2	11,6	Min.
		4,6	8,3	12,8	Mittel
		6,3	9,9	14,0	Max.
II. 85—89 cm	28	3,1	6,1	11,4	Min.
		4,5	8,6	13,1	Mittel
		5,8	11,0	15,2	Max.
III. 90—94 cm	32	2,7	7,6	11,8	Min.
		4,9	9,0	13,0	Mittel
		6,9	11,6	15,5	Max.
IV. 95—100 cm	50	3,5	7,4	12,7	Min.
		5,1	9,0	14,1	Mittel
		7,9	11,0	15,6	Max.

Die vorstehenden Ausführungen lassen das Ausmessen des Orthodiagramms etwas kompliziert erscheinen.

Zur Vereinfachung der Orthodiagrammessung sind daher schon verschiedene Vorschläge gemacht worden. Ich habe hierüber 1918 Nr. 15 der Münch. med. Wochenschrift berichtet. Bewährt hat sich nur das Verfahren meines verstorbenen Bruders. Ich will hier im Auszug wiederholen, was ich diesbezüglich ausgeführt habe:

Wer sich jahrelang intensiv mit orthodiagraphischen Herzmessungen befaßt, kommt unbedingt zu folgenden beiden Schlüssen:

1. Unter den die Herzform und somit die Herzdimensionen beeinflussenden Momenten ist an erster Stelle der Zwerchfellstand zu nennen oder besser die Form des Brustraumes resp. die Lungendimensionen.

2. Die gleichen Faktoren, durch welche Herzform und Herzdimensionen beeinflußt werden, üben eine sichtlich gleich große Wirkung aus auf den Zwerchfellstand resp. auf die Form der Thoraxhöhle und hiermit auf die Lungendimensionen.

An einigen Beispielen sei dies erhärtet. Bei schlankem Körperbau ist das Thoraxgewölbe hoch und schmal, das Herz lang und schmal; bei untersetztem Körperbau entspricht dem breiten niedrigen Brustraum ein liegender breiter und kurzer Herzschatten. Magert ein dicker untersetzter Mensch ab, z. B. durch Unterernährung, als Folge von Tuberkulose, von schweren Magendarm-erkrankungen usw., so wird das Thoraxgewölbe schmaler und durch Verringerung der Bauchfülle resp. durch Tiefersinken des Zwerchfells höher, der Herzschatten länger und schmaler. Umgekehrt nimmt bei jeder Zunahme der Bauchfülle, z. B. bei Schwangerschaft, Aszites, Abdominaltumoren, Gasansammlung im Magendarmkanal usw., entsprechend dem Höherentreten des Zwerchfells die basale Lungenbreite zu, die Lungenhöhe ab und gleichsinnig wird das Herzbild breiter und kürzer. Auch unter physiologischen Verhältnissen sehen wir die gleiche Erscheinung. Der jugendliche Mensch mit durchschnittlich schlanken Körperformen besitzt ein schmales, hohes Thoraxgewölbe mit langem, schmalen Herzschatten. Beim gleichen Individuum ändern sich in der Regel die Körperformen mit den Jahren wie auch durch Körperübung, der Mensch wird untersetzter, breiter. Dann nimmt die basale Lungenbreite auf Kosten der Lungenhöhe zu, das Herz erscheint liegend, breiter, weniger lang. Im Liegen tritt das Zwerchfell höher hinauf wie im Stehen, die basale Lungenbreite nimmt zu, ebenso die Transversaldimension des Herzens. Die Zahl der Beispiele könnte noch beliebig vermehrt werden.

Wir können uns schematisch die Relation zwischen Lungen- resp. Thorax- und Herzdimensionen durch zwei verschieden große, gleichschenkelige Dreiecke darstellen, die derart ineinander stehen, daß die Basis beider aufeinanderliegt. Die Spitzen der Dreiecke sind fixiert zu denken. Sie sollen dem Gipfelpunkt des Thoraxgewölbes und dem Aortenbogen entsprechen. Die Schenkel der beiden Dreiecke seien beweglich, sie stellen die Seitenkonturen des Lungen- und Herzschattens dar. Bewegen wir die Schenkel des großen Dreiecks auseinander, so hebt sich dessen dehnbar gedachte Basis (Lungenbasis) und vergrößert sich, während der Flächeninhalt des Dreiecks unverändert bleibt. Die mit der Basis des großen Dreiecks fest verbundene und ebenfalls flexibel zu denkende Basis des kleinen Dreiecks (unterer Herzkontur) wird mitgehoben und gedehnt, während die Schenkel des kleineren Dreiecks eine entsprechende Auswärtsbewegung vollführen.

Die oben aufgeführten Beispiele sind jedoch nur zutreffend für den Vergleich bei mittlerer resp. bei stets gleichbleibender Respirationstellung. Denn die Respiration wirkt im anderen Sinne auf den Thoraxraum und seinen Inhalt. Bei ruhiger Atmung wird in der Hauptsache das Zwerchfell nur gehoben oder gesenkt, bei tieferer Atmung erweitert sich auch der Brustkorb. Neben der Höhenzunahme des Brustkorbs bei ruhiger Respiration und der daraus resultierenden Streckung und Verschmälerung des Herzschattens ist bei

tiefer Inspiration auch noch eine Verbreiterung der Lungenbasis zu konstatieren, der selbstverständlich die Breitendimension des Herzens nicht folgen kann. Unter pathologischen Verhältnissen sehen wir dementsprechend auch in einem Falle, nämlich beim Lungenemphysem, bei Zunahme der basalen Lungenbreite keine Zunahme, sondern eine Abnahme des Herztransversal-Durchmessers.

Die Untersuchungen, die meinen Bruder zur Aufstellung seines Herzquotienten führten, wurden bereits im Winter 1912/13 im Garnisonlazarett in Darmstadt vorgenommen. Für die Zeichnung der Orthodiagramme wurde der Groedelsche Orthodiograph benutzt. Ausgemessen wurden die Orthodiagramme von 100 Rekruten, 20 Feldwebeln und 38 Kindern. Selbstverständlich war zuvor bei sämtlichen Untersuchten der einwandfreie Zustand des Zirkulationsapparates festgestellt worden. Ermittelt wurde in der üblichen Weise der rechte und linke Medianabstand der Herzkonturen von der Mittellinie des Orthodiagrammes, deren Summe die Transversaldimension des Herzens ergibt (TH.), außerdem die basale Lungenbreite des Orthodiagrammes (TL.).

Es zeigte sich, daß bei diesem selten gut ausgewählten Menschenmaterial die Verhältniszahl „Herz-Transversaldurchmesser“ zu „Lungen-Transversaldurchmesser“ eine denkbar weitgehende Konstanz aufweist, die selbst bei den verschiedenen Altersklassen nur sehr geringe Schwankungen erkennen läßt. Es wurde als Durchschnitt ermittelt:

TH. zu TL. bei Kindern 1 : 1,9,
 TH. zu TL. bei 20jährigen 1 : 1,92,
 TH. zu TL. bei 30jährigen 1 : 1,95.

Das Zahlenmaterial wurde dann auch nach Körpergröße, Körpergewicht, Blutdruckwert usw. geordnet und verglichen. Dabei zeigten sich zwar geringe symmetrische Schwankungen, entsprechend dem bekannten Einfluß dieser Faktoren auf die Herzgröße. Bei Erwachsenen überstieg der Wert der Verhältniszahl aber nie den Zahlenbereich 1,90—1,99.

Sonach läßt sich sagen: Beim erwachsenen, normal gebauten herzgesunden Menschen schwankt die Verhältniszahl „Herz-Transversaldurchmesser zu Lungen-Transversaldurchmesser“ zwischen 1,90 und 1,99. Werte oberhalb und unterhalb dieser Zahlen sind als pathologisch zu bezeichnen.

Zur schnelleren und leichteren Beurteilung der Herzgröße an Hand dieses Maßstabes habe ich die den verschiedenen Herz-Transversaldurchmessern entsprechenden Lungen-Transversaldurchmesser für die Verhältniszahl 1,92 und 1,95 ausgerechnet und in einer Tabelle zusammengestellt. Aus der Tabelle kann also ohne Rechnung die einer bestimmten Herz-Transversaldimension entsprechende Lungentransversaldimension und umgekehrt ermittelt werden. Jedoch dürfte es für gewöhnlich genügen, festzustellen, ob die doppelte Herz-Transversaldimension gleich der Lungen-Transversaldimension ist. Überschreitet erstere Zahl den Wert der letzteren, so liegt eine Herzvergrößerung vor; bleibt sie wesentlich unterhalb dieses Wertes, so ist eine Hypoplasie des Herzens anzunehmen, falls nicht Lungenemphysem besteht.

Sehr beweisend für die Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit unseres Quotienten ist die Tatsache, daß Hammer ganz ähnliche Zahlen für das Verhältnis TH. : TL. fand, nämlich bei 420 Fällen im Durchschnitt 1 : 1,98. Er glaubt daher in Übereinstimmung mit mir, daß man dieser Verhältniszahl mindestens ebenso große Beachtung schenken sollte, wie den einzelnen Orthodiagrammessen selbst. Und auch von anderen Autoren wird unser Quotient bestätigt, z. B. von Kleemann.

Auch die Ausführungen Zondeks beweisen die Richtigkeit unseres Standpunktes, die Möglichkeit aus dem Vergleich der Herz- und Lungendimensionen die Herzgröße zu beurteilen. Jedoch dürfte das Zondeksche Verfahren, schon

weil es sich der Fernaufnahme bedient, weniger exakt sein und vor allem umständlicher, wie das unsere.

Tabelle X.

Normalmasse der Transversaldimension des Herzens nach Theo Groedel. Herz-Transversaldurchmesser (TH.) zu Lungen-Transversaldurchmesser (TL.) bei 20jährigen wie 1 zu 1,92, bei 30jährigen wie 1 zu 1,95.

TH. = 1	zu TL. = 1,92	zu TL. = 1,95	TH. = 1	zu TL. = 1,92	zu TL. = 1,95	TH. = 1	zu TL. = 1,92	zu TL. = 1,95
10,0	19,2	19,5	12,1	23,2	23,6	14,1	27,1	27,5
10,1	19,4	19,7	12,2	23,4	23,8	14,2	27,3	27,7
10,2	19,6	19,9	12,3	23,6	24,0	14,3	27,5	27,9
10,3	19,8	20,1	12,4	23,8	24,2	14,4	27,7	28,1
10,4	20,0	20,3	12,5	24,0	24,4	14,5	27,8	28,3
10,5	20,2	20,5	12,6	24,2	24,6	14,6	28,0	28,5
10,6	20,4	20,7	12,7	24,4	24,8	14,7	28,2	28,7
10,7	20,6	20,9	12,8	24,7	25,0	14,8	28,5	28,9
10,8	20,8	21,1	12,9	24,8	25,2	14,9	28,6	29,1
10,9	20,9	21,3	13,0	25,0	25,4	15,0	28,8	29,3
11,0	21,1	21,5	13,1	25,2	25,6	15,1	29,0	29,5
11,1	21,3	21,7	13,2	25,3	25,7	15,2	29,2	29,6
11,2	21,5	21,8	13,3	25,5	25,9	15,3	29,4	29,8
11,3	21,7	22,0	13,4	25,7	26,2	15,4	29,6	30,0
11,4	21,9	22,2	13,5	25,9	26,3	15,5	29,8	30,2
11,5	22,1	22,4	13,6	26,1	26,5	15,6	30,0	30,4
11,6	22,3	22,6	13,7	26,3	26,7	15,7	30,1	30,6
11,7	22,5	22,8	13,8	26,6	26,9	15,8	30,4	30,7
11,8	22,8	23,0	13,9	26,7	27,1	15,9	30,5	31,0
11,9	22,9	23,2	14,0	26,9	27,3	16,0	30,7	31,2
12,0	23,0	23,4						

Ich möchte jedenfalls empfehlen, wenn man unseren Quotienten an Fernaufnahmen aufsuchen will, die basale Lungenbreite mittels eines Tasterzirkels am Patienten direkt festzustellen.

Ich habe das besonders gut gesichtete Untersuchungsmaterial meines Bruders noch zur Lösung einer anderen Frage verwertet, nämlich der Frage, welche Relation zwischen Herzgröße und Blutdruck besteht (Berl. klin. Wochenschr. 1919. Nr. 3).

Die Befunde sind in den Tabellen XI, XII, XIII zusammengestellt. Es ist festzustellen, daß die Relation zwischen Blutdruck und Herzgröße eigentlich noch inniger ist, wie diejenige, zwischen Herzgröße und Körpergröße resp. Körpergewicht.

Die Tabellen XI und XII sind besonders wertvoll, weil sie uns zum erstenmal die Durchschnittswerte von Körpergröße, Körpergewicht, Herzmassen, Blutdruck usw. einer beweisend großen Anzahl von einwandfrei gesunden Individuen einer Altersklasse und bester Durchschnittskonstitution bringen. Ganz besonders die Tabelle XI dürfte wohl allen bei der Aufsuchung von Durchschnittswerten zu stellenden Ansprüchen genügen.

Und was zeigt uns diese Tabelle? Körpergröße und Körpergewicht steigen bei gleichaltrigen gleichsinnig, Blutdruck und Herzgröße nicht absolut gleichsinnig, Blutdruck und Herzgröße unter sich aber vollkommen gleichsinnig. Es gibt also noch Momente, die auf die Herzgröße großen Einfluß besitzen (oder umgekehrt) und die wir seither noch nicht berücksichtigt haben.

Tabelle XI.
Blutdruck und Herzgröße bei 100 Rekruten nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet.

Anzahl	Geordnet nach:	Alter	Größe	Erstumfang Min.	Max.	Ge- wicht	Puls	Blutdruck ¹⁾ Max.	Min.	Mr.	ML	T. (Herz)	T. (Lunge)	ML:Mr.	TL:TH	Blutdruck Amplitud.
100	Durchschnitt	20,5	175,5	86	94	69,8	69	92,5	150	4,2	8,7	12,9	24,7	2,12	1,92	59
15	150-165	20,7	162	83	91	60,7	74	87	146	4,2	8,4	12,6	24,1	2,0	1,9	59
14	165-170	20,8	168	85	93	64,1	66	94	149	4,1	8,6	12,7	24,3	2,1	1,9	55
18	170-175	20,1	173	85	94	68,3	71	96	149	4,1	8,9	13,0	25,2	2,2	1,9	53
19	175-180	20,6	178	88	95	71,7	66	93	151	4,3	8,6	12,9	25,6	2,0	1,9	58
16	180-185	20,6	183	87	95	73,2	70	94	149	4,1	8,9	13,0	25,6	2,2	2,0	55
18	185-195	20,7	187	87	95	77,7	69	90	154	4,4	9,0	13,4	25,8	2,0	1,9	64
11	Blutdruck															
17	Fis 134,5	19,8	177	86	94	70,2	67	76	125	4,0	8,7	12,7	25,1	2,1	2,0	49
33	135-144,5	20,3	172	85	94	67,4	70	86	133	4,0	8,8	12,8	24,9	2,2	2,0	47
25	145-154,5	20,4	174	85	93	67,1	67	93	148	4,2	8,6	12,8	25,2	2,0	2,0	55
9	155-164,5	20,8	177	87	95	71,2	70	98	158	4,4	8,7	13,1	25,5	2,0	1,9	60
5	165-174,5	20,9	182	86	94	74,2	72	102	168	4,1	9,0	13,1	25,6	2,2	2,0	66
5	175-200	22,1	182	90	98	78,2	73	102	178	4,6	9,3	13,9	25,4	2,0	1,9	76
25	Medianabst. r.	20,7	176	85	92	67,0	72	91	145	3,5	9,0	12,5	25,2	2,6	2,0	54
29	3-3,8	20,0	173	85	94	68,8	69	91	149	4,1	8,6	12,7	24,9	2,1	2,0	58
26	4,2-4,6	20,4	175	86	94	70,0	68	92	151	4,5	9,0	13,5	25,3	2,0	1,9	59
20	4,6-5,6	20,7	180	88	96	73,8	69	97	155	5,0	8,5	13,5	25,8	1,7	1,9	58
16	Medianabst. l.	20,6	173	85	92	65,6	74	91	147	4,3	7,6	11,9	24,6	1,8	2,1	58
27	7-8	20,6	175	85	93	67,6	60	92	150	4,3	8,2	12,5	24,7	1,9	2,0	58
27	8-8,5	20,6	177	87	95	71,0	67	93	149	4,2	8,8	13,0	25,5	2,1	2,0	56
30	9-10	20,6	177	87	95	72,6	69	94	152	4,1	9,8	13,9	25,9	2,4	1,9	58
21	Transvers. Durchmesser															
18	11-12	20,6	174	84	92	65,7	71	90	146	3,9	7,9	11,8	24,6	2,0	2,1	56
17	12-12,5	20,7	174	85	92	65,6	73	94	152	4,0	8,4	12,4	24,9	2,1	2,0	58
18	12,5-13	20,4	177	85	93	67,8	67	89	148	4,3	8,5	12,8	24,9	2,0	1,9	59
18	13-13,5	20,4	174	88	96	71,6	66	92	147	4,3	9,0	13,3	25,7	2,1	1,9	55
26	13,5-14,5	20,6	180	88	96	74,8	70	95	154	4,5	9,7	14,2	26,0	2,0	1,9	59

¹⁾ In Tabelle XI-XIII ist der Blutdruck in mm Hg aufgeführt.

Tabelle XII.
Messungen bei 20 Feldwebeln nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet.

Anzahl	Geordnet nach:	Alter	Größe	Brustumfang		Gewicht	Puls	Blutdruck		Mr.	ML.	T. (Herz)	T. (Lunge)	Ml:Mr	T:L:TH	Blutdruck Amplitud.
				Min.	Max.			Min.	Max.							
20	Durchschnitt Größe	30,5	173	92	98,5	75	76	98,5	158,5	4,13	9,1	13,2	25,7	2,2	1,95	60
5	164—169,9	30,2	167	90	95	69,1	73	97	155	4,2	8,2	12,4	24,4	2,0	2,0	58
8	170—175	30,6	173	94	101	77,9	72	98	154	3,4	9,5	12,9	26,5	2,8	2,1	56
7	175—182	30,6	179	92	99	78,9	70	101	167	4,2	9,3	13,5	25,4	2,2	1,9	66
5	Blutdruck	30,4	174	92	98	74	71	87	156	4,2	8,5	12,7	25,9	2,0	2,0	49
7	110—149,9	31,1	172	91	97	73	73	100	152	3,9	9,1	13,0	25,7	2,4	2,0	52
8	150—160	30,0	174	94	100	80,1	70	104	179	4,3	9,5	13,8	25,5	2,2	1,8	75
8	160—190															
	Medianabst. r.															
5	3,2—3,9	30,8	172	91	98	74	72	98	158	3,5	9,4	12,9	25,6	2,7	2,0	60
5	4—4,5	30,2	174	90	97	72,4	76	98	158	4,1	8,4	12,5	24,8	2,0	2,0	60
7	4,5—5,0	30,4	173	95	101	81	68	100	161	4,8	9,2	14,0	26,3	1,9	1,9	61
	Medianabst. l.															
6	7,2—8,9	30,5	171	89	95	70,3	68	101	156	4,4	7,9	12,3	24,5	1,8	2,0	55
9	9—9,5	30,3	174	91	98	75,4	74	97	159	3,9	9,2	13,1	25,8	2,4	2,0	62
5	9,6—11,0	30,8	174	97	104	84,1	71	98	163	4,2	10,3	14,5	26,8	2,5	1,8	65
	Transvers. Durchmesser															
6	11,4—12,6	30,3	170	90	96	70,4	73	96	148	4,0	8,1	12,1	24,8	2,0	2,0	52
8	12,7—13,9	30,8	174	90	97	73,3	71	99	161	4,0	9,1	13,1	25,4	2,3	1,9	62
6	14,0—15,8	30,8	175	97	103	85,5	71	100	167	4,5	10,1	14,6	26,8	2,2	1,8	67

Tabelle XIII.
Messungen bei 38 Kindern nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet.

Anzahl	Geordnet nach:	Alter	Größe	Gewicht	Puls	Blutdruck		Mr	MI	T (Herz)	T (Lunge)	MI:Mr	TL: TH	Blutdruck Amplitude
						Min.	Max.							
38	Durchschnitt Größe	7,0	116	39,4	103	84	133	3,1	6,3	9,4	17,7	2,0	1,9	49
5	Unter 100	5,5	96	27,4	116	79	129	3,2	5,4	8,6	15,4	1,7	1,8	50
7	100-110	5,4	104	33,0	102	81	127	3,4	5,8	9,2	17,1	1,7	1,9	46
9	110-120	6,3	115	37,3	103	83	129	3,1	6,4	9,5	18,2	2,1	1,9	46
11	120-130	8,4	123	42,9	105	94	143	2,7	6,7	9,4	17,8	2,5	1,9	49
6	130-140	9,3	135	46,4	91	78	136	3,4	6,7	10,1	19,4	2,0	1,9	58
7	Gewicht													
7	20-30	6,7	106	30,2	111	91	139	2,0	5,8	8,8	16,4	1,9	1,9	48
13	30-40	6,2	111	36,8	101	81	127	3,1	5,7	8,8	16,0	1,8	1,8	46
15	40-50	8,1	124	46,0	101	87	140	2,8	6,7	9,5	18,3	2,4	1,9	53
10	Blutdruck													
13	90-125	6,9	117	38,6	105	74	117	3,1	6,2	9,3	17,8	2,0	1,9	43
8	126-134	5,9	109	35,9	103	82	130	3,4	6,1	9,5	17,2	1,8	1,8	48
7	135-149	7,5	120	40,7	102	86	138	2,9	6,6	9,5	18,1	2,5	1,9	52
7	150-170	8,9	124	45,6	101	104	159	2,8	6,6	9,4	18,1	2,4	1,9	55
12	Medianabst. r.													
12	2,0-2,7	7,6	118	39,7	107	91	137	2,6	6,6	9,2	17,5	2,5	1,9	46
13	2,8-3,2	6,8	116	39,8	102	85	137	3,1	6,4	9,5	17,9	1,8	1,9	52
12	3,3-4,7	7,0	115	30,0	101	78	127	3,6	6,0	9,6	17,7	1,7	1,9	49
11	Medianabst. l.													
14	5-5,9	5,3	103	31,2	109	77	123	3,2	5,4	8,6	16,5	1,7	1,9	46
12	6-6,5	7,2	118	39,2	103	87	138	3,1	6,3	9,4	17,6	2,0	1,9	51
12	6,6-9	8,6	127	47,6	98	89	137	2,9	7,2	10,1	19,0	2,5	1,9	48
13	Transvers. Durchn.													
13	7,5-8,8	5,9	108	31,6	107	83	129	3,0	5,6	8,6	16,6	1,9	1,9	46
13	8,9-9,8	6,9	116	38,2	104	83	135	3,0	6,3	9,3	17,8	2,1	1,9	52
12	9,9-11,3	8,4	124	46,5	98	88	136	3,3	7,0	10,3	18,8	2,1	1,9	48
14	TL: TH													
13	Bis 17	61	107	32,7	108	82	132	3,2	5,8	8,8	16,1	1,8	1,8	50
13	17,1-18,9	7,4	118	42,7	103	88	133	3,0	6,4	9,4	18,0	2,1	1,9	45
10	19-20	8,2	128	46,7	96	83	137	3,1	6,9	10,0	19,6	2,2	1,96	54

Ich muß nun noch mit einigen Worten auf die Frage eingehen, auf welche Weise die bis jetzt aufgeführten Faktoren die Herzgröße beeinflussen können.

Daß die Herzgröße proportional der Körpergröße anwächst, ist ohne weiteres physiologisch zu erklären, bedarf daher hier keiner weiteren Erörterung. Ebenso läßt sich beim Erwachsenen das mit dem Alter parallel verlaufende weitere Zunehmen der Herzmaße leicht als eine physiologische Alterserscheinung deuten, denn das Herz muß bei zunehmendem Alter erhöhten Anforderungen nachkommen. Auch bei größerem Körpergewicht sind die Leistungen des Herzens gesteigert und dementsprechend seine Muskulatur stärker. Ganz besonders läßt sich dies aber bei durch den Beruf bedingter, erhöhter körperlicher Leistung erwarten, was ja schon die bekannten Tierversuche über Einfluß der Arbeit auf das Herzgewicht gezeigt haben. Endlich ist auch die Tatsache, daß das Frauenherz kleiner als das Männerherz ist, leicht zu erklären. Die stärkere Muskelbildung und stärkere Muskelarbeit des Mannes, die nach Dietlens Ansicht bei diesem ein größeres Herz bedingt, ist wohl an erster Stelle zu nennen. Außerdem entsprechen aber, worauf ich wiederholt hingewiesen habe und was nun durch die Untersuchungen meines Bruders bewiesen worden ist, die Herzmaße bis zu einem gewissen Grade den Lungenmaßen. Es entspricht daher auch dem schmälern weiblichen Thorax ein schmäleres Herz.

7. Einfluß der Körperlage auf die Herzgröße.

Schwieriger ist die Ursache des Einflusses der Körperstellung auf die Herzgröße zu erklären. Besonders Moritz hat diese Frage genau studiert und im Tierversuch zu ergründen versucht. Er glaubt, daß im Stehen das Herzvolum bis zu einem Viertel verringert werden könne. Ferner haben sich zu diesem Punkte geäußert: Grunmach und Wiedemann, Oestreich und de la Camp, Franke, Dietlen, Veith, Arnsperger, Rumpf und an verschiedenen Stellen ich selbst. Da bis heute eine Einigung noch immer nicht erzielt werden konnte, halte ich es für angebracht, die Ansichten der verschiedenen Autoren kurz aufzuführen. Eine ausführlichere Erörterung hat die Frage in meinem Buche „Die Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen“ erfahren, auf das ich bezüglich aller Einzelheiten verweise.

Moritz macht für die höchst auffällige Abnahme der Herzgröße im Stehen eine Reihe von Faktoren verantwortlich, die kurz aufgezählt seien. An dem Zwerchfell ist der Herzbeutel befestigt, und dieser setzt sich oben an der Gefäßwurzel des Herzens an. Durch das Tiefertreten des Zwerchfells im Stehen wird also ein Zug am Herzen und den großen Gefäßen ausgeübt, so daß beide sich in die Länge ziehen und verschmälern. Gleichzeitig wird der im Stehen gestreckte Herzbeutel einen seitlichen Druck auf das Herz ausüben, der, da der Herzbeutel an der hinteren und vorderen Thoraxwand ziemlich fixiert ist, vor allem transversal verschmälernd auf das Herz wirken wird. Durch Beobachtungen an Tieren fand Moritz dies bestätigt und konstatierte gleichzeitig auch eine Verengung und Anspannung der Cava inferior und eine hydrostatische Druckverminderung an der Einmündungsstelle der Cava inferior in den Vorhof.

Rumpf¹⁾ ist im Gegensatz zu Moritz der Ansicht, daß ein großer Teil der Differenzen weniger auf einem Heraufsteigen des Herzens im Liegen und einem Herabsteigen im Stehen, als auf einer umgekehrten Bewegung der vorderen Thoraxwand beruht. Die Untersuchungen Rumpfs haben ergeben, daß bei der Mehrzahl der Menschen beim Übergang aus Vertikalstellung in Horizontalstellung und umgekehrt eine beträchtliche Verschiebung des Thorax stattfindet.

¹⁾ Orthodiagraphie des Herzens und Thoraxverschiebung. 26. Kongr. f. inn. Med. 1909.

Ausführlich hat Dietlen ¹⁾ die Frage behandelt. Er kommt zu folgenden Schlüssen:

1. Die von Moritz gefundene Tatsache der Herzverkleinerung im Stehen ist eine häufige Erscheinung. Sie tritt als fast regelmäßige Erscheinung bei normalen oder wenigstens funktionell leistungsfähigen Herzen auf; sie scheint bei älteren Leuten nicht so regelmäßig zu sein wie bei jugendlichen, sie fehlt ganz oder fällt gering aus bei schwer geschädigten, namentlich bei dekompensierten Herzen.

2. Das Symptom der Herzverkleinerung ist fast ausnahmslos begleitet von Zunahme der Pulsfrequenz im Stehen; starke Verkleinerung geht im allgemeinen mit starker, geringe oder fehlende Verkleinerung mit geringer oder fehlender Pulsbeschleunigung einher.

3. Auch zwischen dem Verhalten des Blutdruckes und der Herzverkleinerung im Stehen scheinen Beziehungen zu bestehen, die aber weniger durchsichtig sind. Die Verkleinerung geht im allgemeinen mit Senkung des maximalen und mit Steigerung des mittleren und minimalen Druckes, sowie mit Verkleinerung der Amplitude einher. Diese Veränderungen fehlen oder sind weniger ausgesprochen bei fehlender oder geringer Verkleinerung des Herzens.

4. Die Verkleinerung des Herzens im Stehen geht mit Verkleinerung des Schlagvolumens einher; die Abnahme des letzteren scheint im ganzen mit dem Grad der Verkleinerung der Herzgröße parallel zu gehen.

Die Entstehung der Herzverkleinerung im Stehen — aus Bedingungen heraus, die im Kreislauf selbst liegen — soll nach Dietlen etwa in folgendem zu suchen sein: Da im Stehen mindestens $\frac{2}{3}$ des Gefäßsystems unterhalb des Herzens liegen, so gesellt sich zum Strömungsdrucke noch ein hydrostatischer Druck hinzu und bringt in den abhängigen Gefäßregionen eine Überfüllung mit Blut hervor. Dieses Blut wird dem übrigen Kreislauf und damit auch dem Herzen gewissermaßen entzogen, woraus eine Tendenz zu geringerer Herzfüllung resultiert. In Frage kommt ferner eine Erhöhung der Schlagfrequenz als Folge der durch das Stehen bedingten Muskelarbeit und evtl. ein Sinken des Vagustonus durch relative Hirnanämie.

Beim kranken Herzen läßt sich eine Herzverkleinerung im Stehen öfters gar nicht oder nur in geringem Maße feststellen, da es sich hier nach Dietlens Ansicht meist um hypertrophische, starre Muskulatur handelt, die nicht imstande ist, sich diastolisch auf eine wesentlich kleinere Kapazität einzustellen. Dagegen kann bei frischer Herzdilatation sogar eine gesteigerte Verkleinerung im Stehen auftreten. So kommt D. schließlich zu dem Schlusse, daß die Verkleinerung des Herzens im Stehen als eine Art funktionelle Reaktion aufzufassen sei, aus deren Fehlen auf gewisse Starrheit, vielleicht auf Hypertrophie des Herzens zu schließen wäre.

Otten fand, daß der Größenunterschied ganz regelmäßig die Transversaldimension, weniger häufig den Breitendurchmesser, betrifft; der Längendurchmesser erscheint dagegen im Sitzen häufig ebenso groß wie im Liegen und ist zuweilen im Stehen am größten. Otten schließt sich bezüglich der Erklärung dieser Erscheinung Moritz und Dietlen an.

Ich selbst habe vor längerer Zeit in einer auf experimentelle Untersuchungen basierenden Studie ²⁾ die Frage ziemlich erschöpfend behandelt. Ich bringe hier meine Schlußfolgerungen:

¹⁾ Über die klinische Bedeutung der Veränderungen am Zirkulationsapparate, insbesondere der wechselnden Herzgröße bei verschiedener Körperstellung. Deutch. Arch. f. klin. Med. Bd. 97.

²⁾ Welche Momente bedingen die verschiedene Größe resp. Form des vertikalen Herzorthodiagrammes? Ann. d. städt. Krankenh. in München. Bd. 14.

So sehen wir, daß der Brustkorb bei wechselnder Körperlage ganz enorme Gestaltsveränderungen erleidet. Seine Höhe nimmt im Liegen ab, dafür wird er etwas breiter; seine Tiefe nimmt in dem oberen Teile ab, im unteren zu. Außerdem stellt sich das Brustbein und ebenso die Hauptachse des Brustkorbes im Liegen wesentlich anders zur Hauptkörperachse, resp. Unterstützungsfläche, wie in vertikaler Körperhaltung. Das Herz wird natürlich von diesen verschiedenen Bewegungen des Zwerchfells, des Sternums usw. in verschiedenem Sinne beeinflußt. In der Hauptsache wird es gerade so wie der Thoraxraum im Liegen breiter, tiefer, aber weniger hoch als bei vertikaler Körperstellung.

Neben dieser reinen Formveränderung des Herzens als Ganzes wäre noch zu untersuchen, ob auch eine Massenverschiebung im Herzen selbst stattfinden kann. Es wäre denkbar, daß der im Zwerchfell versenkte Herzteil, der einerseits auf dem Zwerchfell (Herzboden) aufliegt, andererseits am Sternum fixiert ist, im Liegen durch die höher tretenden Bauchorgane möglicherweise komprimiert wird und so eine Breitenzunahme des oberhalb des Zwerchfells sichtbaren Herzschatzens verursacht. Leider ist aber der im Zwerchfell versenkte Herzteil der Untersuchung nicht recht zugänglich zu machen und daher die Lösung dieser Frage zur Zeit noch nicht möglich.

Auf jeden Fall müssen wir zu dem Schlusse kommen, daß dort, wo die Herzsilhouette im Liegen wesentlich größer erscheint als bei vertikaler Körperhaltung, so enorme Raumveränderungen der Thoraxhöhle statthaben, daß das Herz, das sich selbstverständlich den veränderten Raumverhältnissen anpassen muß, nunmehr unter ganz anderen Bedingungen projiziert wird. Daher ist der Vergleich des im Liegen projizierten Herzschatzens mit dem bei vertikaler Körperhaltung erhaltenen nur unter gewissen Einschränkungen statthaft, ein metrischer Vergleich jedoch ziemlich zwecklos.

Wenngleich es also meiner Ansicht nach überhaupt nicht bewiesen ist, daß das Herz im Liegen größer als bei aufrechter Körperstellung ist, so will ich hier doch kurz noch anführen, welche theoretische Begründung für ein Größerwerden des Herzens im Liegen gegeben werden könnte.

Vier Faktoren dürften hier besonders mitsprechen: die Anspannung des Herzbeutels bei vertikaler Körperhaltung, die Anspannung und Verengerung der Cava, hydrostatische Druckverminderung an der Einmündung der Vene in den Vorhof und die Zunahme der Pulsfrequenz, resp. die Verkleinerung des Schlagvolumens. Die drei ersten Punkte sind von Moritz eingehend besprochen und durch Untersuchungen am Tiere näher erläutert worden. Daß die Pulsbeschleunigung bei vertikaler Körperhaltung evtl. eine geringe (diastolische) Herzverkleinerung verursachen kann, hatte ich seinerzeit schon betont; Dietlen hat dieses Moment neuerdings eingehender Besprechung gewürdigt. Trotzdem glaube ich aber nicht, daß sämtliche oder einer der angeführten Faktoren einen nennenswerten Einfluß auf die Herzgröße ausüben. Wir dürfen wohl voraussetzen, daß der Zirkulationsapparat bei jeder Körperlage annähernd gleichmäßig funktioniert, dank seiner zahlreichen mechanischen und nervösen Regulierungsvorrichtungen. Oder sollte man annehmen, daß das Herz, das doch eine respektable Gesamtleistung aufzuweisen hat, und auch bei mitunter enormen körperlichen Anstrengungen gleichmäßig seine Arbeit verrichtet, daß das Herz im Stehen durch den (physiologischen) Druck des Herzbeutels gleichsam ausgepreßt, oder daß es durch den im Liegen höheren Druck in der Vena cava ausgedehnt wird?

Geringe Volumschwankungen des Herzens und damit kleine Dimensionsveränderungen des Orthodiagramms sind sehr wohl denkbar. Dagegen müssen wir annehmen, daß die durchschnittliche Inhaltmenge des Herzens ziemlich

konstant bleibt. Größere Dimensionsänderungen des Orthodiagramms sind daher wahrscheinlich auf Form- und Lageveränderungen des Herzens zurückzuführen.

8. Die Wahl der Körperstellung für die Orthodiagraphie.

Wie über die vorstehende Frage, so ist bis heute noch immer keine Einigung bezüglich der für die Diagnosestellung geeignetsten Körperhaltung des Patienten während der Untersuchung erzielt worden. Auf der einen Seite halten Moritz und seine Schüler noch immer an der Horizontaluntersuchung fest. Ihnen steht aber die Mehrzahl aller andern Autoren gegenüber. Selbst Otten, der die horizontale Orthodiagraphie bevorzugen möchte, weil bei ihr „die vollständigste Zeichnung“ zu erzielen sei, sagt: Ein sehr gewichtiges Moment gegen diese Bevorzugung habe ich aber nicht selten bei Herzkranken darin erblicken müssen, daß Kranke mit inkompenziertem Herzfehler, erheblichem Grade von Herzmuskelinsuffizienz, chronisch Nierenkranke mit beträchtlicher Hypertrophie des linken Ventrikels und Hypertension, Aneurysmen der Aorta usw. nicht imstande waren, auch nur für kurze Zeit flache Rückenlage zu ertragen, so daß ich von der Benutzung des Moritzschen Tisches Abstand nehmen mußte.

Ich selbst stehe nach wie vor auf dem Standpunkt, daß es prinzipiell einerlei ist, ob wir die Orthodiagraphie im Stehen, Sitzen oder Liegen vornehmen. Da aber eine regelrechte Herzuntersuchung eigentlich stets in horizontaler und vertikaler Körperstellung erfolgen sollte, wäre dieser Grundsatz auch auf die Orthodiagraphie zu übertragen. Kommt aber nur eine Aufnahme in Betracht, dann ist aus folgenden rein praktischen Gründen die Aufnahme im Sitzen „die Stellung der Wahl“. Im Sitzen fühlt sich der Herzkranke am wohlsten, er ermüdet nicht, er wird bei Verdunkelung des Laboratoriums nicht ängstlich. Die Fixierung ist im Sitzen gerade so exakt ausführbar wie im Liegen. Die Atmung ist ruhiger wie im Stehen oder Liegen, die Pulsfrequenz gegenüber der im Liegen gar nicht oder sehr wenig beschleunigt. Im Sitzen ist nur ein geringer Herzteil im Zwerchfell versenkt, der röntgengraphisch nicht abgrenzbare Herzteil (besonders die Gefäßwurzel) kleiner, die Lungenfelder sind deutlicher als im Liegen. Der von Moritz zugunsten seiner Anschauung angeführte Grund, daß wir stets die größten Herzdimensionen feststellen wollen, ist doch nur so aufzufassen, daß wir bei einer gewissen Körperstellung und Strahlenrichtung die größte Ausdehnung des Herzschatzens zu ermitteln versuchen (daher die Notwendigkeit, bei unbeeinflusster Atmung die mittlere Zwerchfellstellung und die diastolischen Herzgrenzen aufzunehmen). Übrigens findet ja Dietlen, worauf auch ich schon hingewiesen hatte, daß bei pathologischen resp. vergrößerten Herzen der Größenunterschied in horizontaler und vertikaler Körperstellung wenig oder gar nicht vorhanden ist. Zu erwähnen ist ferner, daß die Vertikalorthodiagraphie auch für den Untersucher bequemer ausführbar und mit geringerer Verbrennungsgefahr verbunden ist. Und endlich haben die vergleichenden Messungen Ottens meine Auffassung bestätigt, daß wir bei Untersuchung im Sitzen Mittelzahlen zwischen den beiden Extremen (Liegen und Stehen) erhalten.

Im Anschluß an die bisher besprochenen, auf die normale Herzgröße einwirkenden Faktoren sind verschiedene andere Momente aufzuführen, durch welche die Orthodiagrammgröße beeinflusst wird oder beeinflusst werden soll.

9. Einfluß der Respiration auf die Herzgröße.

Wir haben bereits erörtert, in welcher Weise die Herzlage durch die Respiration beeinflusst wird. Auch die Herzgröße soll durch die Atmung verändert

werden. Und zwar glaubte Moritz auf Grund orthodiagraphischer Untersuchungen annehmen zu dürfen, daß eine inspiratorische Größenabnahme des

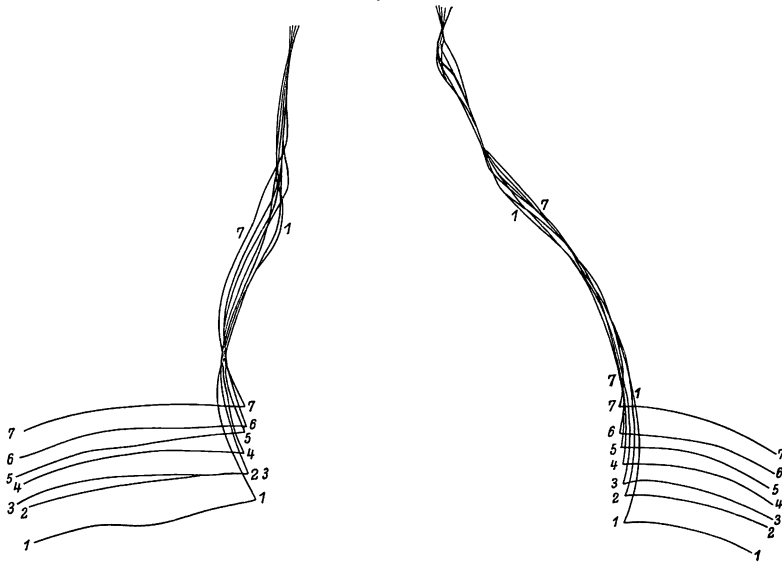


Abb. 62. Herzverschiebung bei normaler Atmung.

Herzens durch die inspiratorische Anspannung des mit dem Zwerchfell verklebten Perikards hervorgerufen werde. Oestreich und de la Camp sagen

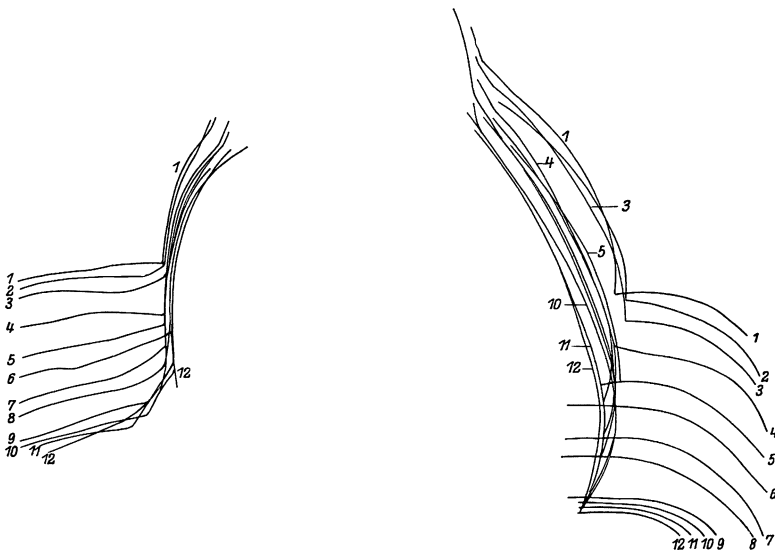


Abb. 63. Herzverschiebung bei forcierter Atmung.

nur, daß der Herzschatten bei der Inspiration schmaler und mehr gestreckt erscheine, was wohl auch der Erfahrung der meisten Autoren entspricht. Die

aus dem Jahre 1896 stammende Mitteilung von Zuntz und Schumberg¹⁾, die bei forcierter Inspirationsbewegung eine beträchtliche Volumzunahme des Herzens gesehen hatten, blieb ziemlich unbeachtet, bis Holzknecht und Hofbauer 1907 mit der Behauptung auftraten: „Das Herz vergrößert sich, abgesehen von seinen pulsatorischen Größenänderungen bei der Inspiration, verkleinert sich bei der Expiration, die Vorhöfe mehr als die Ventrikel. Ursache: inspiratorischer Zuwachs der Retraktionskraft der Lungen.“ Ich selbst bin dieser Ansicht an verschiedenen Stellen entgegengetreten, worin mir viele Autoren — Arnsperger, Dietlen u. a. — beipflichteten. Die endgültige Lösung brachte jedoch erst die Röntgenkinematographie. Aus meiner die Frage behandelnden Arbeit²⁾ will ich hier zwei Abbildungen einfügen.

Abb. 62 stammt von einem 17 jährigen Arbeiter, der während der Kinetogrammaufnahme fortlaufend, aber absichtlich kräftiger als gewöhnlich geatmet hat. Aus äußeren Gründen sind hier gerade die während der Expiration

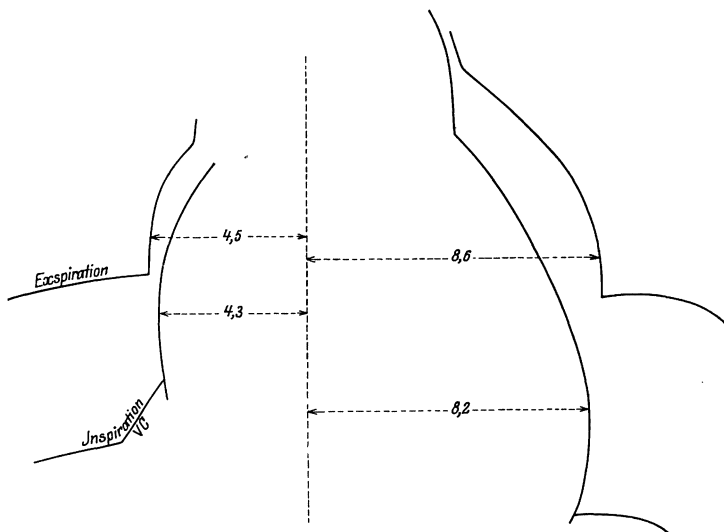


Abb. 64. Größenänderung des Herzens bei forcierter Atmung.

gewonnenen Bilder zusammengestellt. Die Serienpause zeigt sehr deutlich, daß bei vertiefter Atmung entsprechend den starken Zwerchfellekursionen auch die Herzverschiebung stark hervortritt. Die Ausmessung der einzelnen Bilder ergibt jedoch fast vollkommen gleiche Maße des Herzschattens bei In- und Expiration.

Ein typisches Beispiel des Einflusses forcierter — also nicht mehr rein physiologischer — Atmung bietet Abb. 63. Ein 16 jähriger, kräftig gebauter Arbeiter wurde nach genügender Einübung aufgefordert, so tief wie irgend möglich langsam zu atmen. Die Abbildung zeigt 12 während einer Inspirationsphase gewonnene Bilder. Wir sehen hier entsprechend der außerordentlich großen Exkursionsbreite des Zwerchfells auch ein hochgradiges Tiefertreten des Herzschattens. Diese beiden Bewegungen gehen im allgemeinen gleichsinnig und gleichzeitig vor sich, nur an einer Stelle — nicht so sehr bald

¹⁾ Über physiologische Versuche mit Hilfe der Röntgenstrahlen. Du Bois: Arch. f. Physiol. 1896, S. 550.

²⁾ Röntgenkinematographische Studien über den Einfluß der normalen Respiration auf Herzgröße und Herzlage. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 72.

nach Beginn der Atmungsphase — scheint die Dislokation sprunghaft zu erfolgen. Die größere Verschiebung erfährt der linke Herzrand, wie auch das linke Zwerchfell sich weiter nach unten senkt als das rechte, nämlich im Verhältnis von 6,5:4,8. Die Herzvolumabnahme dürfte auf den ersten Blick bedeutend überschätzt werden. Messen wir nämlich (s. Abb. 64) genau nach, so finden wir am Ende der maximalen Inspiration den linken Medianabstand nur um 0,2 cm, den rechten um 0,4 cm verringert, sonach eine Gesamtabnahme der transversalen Herzdimension um 0,6 cm. Der Längsdurchmesser läßt sich in vorliegendem Falle nicht absolut exakt feststellen, er hat sich aber approximativ während der Einatmung von 12,6 auf 14,6, also um 2,0 cm vergrößert.

Ich will hier der Einfachheit halber nur die Schlußsätze meiner oben zitierten Arbeit wiedergeben. Während der normalen Atmung bewegt sich das Herz entsprechend der Exkursionsbreite des Zwerchfells mehr oder weniger stark auf- und abwärts. Da aber das rechte Zwerchfell gewöhnlich eine geringere Bewegungsbreite als die linke Zwerchfelloberfläche besitzt, das Herz auch durch die Vena cava rechts fixiert ist, wird die linke Herzseite meist stärker durch die Atmung bewegt als die rechte. Das Herz dreht sich oft gleichsam um einen Punkt, der an der Stelle liegt, wo rechtes Zwerchfell und rechter Vorhof zusammenstoßen. Auch sehr geringe seitliche respiratorische Verschiebungen kommen zur Beobachtung, häufiger — aus den oben angeführten Gründen — nach rechts denn nach links. Eine inspiratorische Herzvolumzunahme ist nach röntgenkinematographischer Beobachtung nie vorhanden. Eine inspiratorische Volumabnahme des Herzens wird fast immer durch die inspiratorische kaudalwärts gerichtete Dislokation und die oben beschriebene Drehbewegung vorgetäuscht. Exakte Ausmessung zeigt aber, daß bei ruhiger Atmung auch keine Verkleinerung, also überhaupt keine Dimensionsänderung eintritt. Selbst bei tiefer oder maximal forcierter Inspiration ist die Abnahme des transversalen Herzdurchmessers so gering, daß sie die pulsatorischen Größenschwankungen des Herzens kaum überschreitet. Andererseits wird hier die geringe Größenabnahme der transversalen Herzdimension durch die meist bedeutendere Zunahme des Längsdurchmessers vollkommen kompensiert.

Auch eine inspiratorische Volumenzu- oder -abnahme einer einzelnen Herzhöhle läßt sich röntgenkinematographisch nicht nachweisen, ebensowenig eine Zunahme der Herzdimensionen zu Beginn der Einatmung.

Das Verhalten des Herzens beim Valsalvaschen und Müllerschen Versuch ist bisher nur am Röntgensschirm festgestellt worden. Kinematographische Untersuchungen würden erst volle Klarheit bringen können. Die bisher vorliegenden Beobachtungen von F. Kraus, de la Camp, v. Criegern, Bittorf, Curschmann und Schlayer, Bruck u. a. haben ergeben, daß das Herz zunächst stark verkleinert wird (nach Dietlen um bis zu 40%), dann werden die Pulsationen schwächer, beim Aufhören des Versuches tritt eine geringe Herzdilatation ein. Umgekehrt wird das Herz beim Müllerschen Versuch von Anfang an dilatiert.

10. Einfluß körperlicher Anstrengungen auf die Herzgröße.

Eine weitere — vielleicht die wichtigste — prinzipielle Frage, die durch die Röntgenuntersuchung endlich gelöst werden sollte, war die Klärung des Einflusses körperlicher Arbeit auf die Herzgröße.

Was zunächst die von dem Beruf des Individuums abhängige, größere oder geringere körperliche Anstrengung betrifft, so wissen wir bereits aus den Ergebnissen der physiologischen Experimente, daß bei dauernder schwerer Arbeit das Herzgewicht wächst, allerdings meist im gleichen Verhältnis wie das der

Körpermuskulatur (siehe z. B. Krehl, Pathologische Physiologie). Dasselbe Resultat hatte die Röntgenuntersuchung, wie wir bereits sahen. Die Herzgröße ist neben den übrigen erwähnten Momenten von der durch den Beruf bedingten körperlichen Anstrengung abhängig.

Weiterhin haben die physiologischen Arbeiten bereits früher ergeben, daß durch anormal große körperliche Leistungen schließlich eine Arbeitshypertrophie des Herzens entsteht. Es gilt dies besonders von den sportlichen Leistungen. Die Röntgenkontrolle des Herzens hat auch hier den sicheren Beweis erbracht. So konstatierte Schieffer ¹⁾ bei der Rekrutenuntersuchung, daß Radfahrer stets größere Herzmaße aufweisen als Nichtradfahrer, und daß das Herz um so größer gefunden wird, je länger der Sport bereits ausgeübt wurde. Auch Dietlen und Moritz ²⁾ fanden bei ihren Untersuchungen bei Distanzfahrern, daß die Herzgröße der Radfahrer von der Länge der Sportbetätigung abhängig ist. Übereinstimmende Befunde bei Schwimmern wurden von Kienböck, Selig und Beck ³⁾ mitgeteilt. Le Wald und Turell fanden bei 89 gesunden Fliegern durchschnittlich zu große Herzmaße.

Endlich ist die Frage zu untersuchen, wie eine einmalige exzessive Überanstrengung auf das normale Herz wirkt. Eine große Reihe von Autoren fand und findet nach jeder akuten Anstrengung das Herz dilatiert. Auch durch die Röntgenuntersuchung soll dies wiederholt festgestellt worden sein. Ebenso zahlreich sind aber die Stimmen, die eine Vergrößerung des Herzens als Folge einer einmaligen Überanstrengung für nicht nachweisbar halten. Endlich sind in letzter Zeit Beobachtungen angestellt worden, die sogar eine Verkleinerung der Herzgröße im Anschluß an übermäßige Körperanstrengung ergaben. Die Arbeiten von Kienböck, Selig und Beck und von Moritz und Dietlen seien hier erwähnt.

Moritz ⁴⁾ gibt hierfür folgende Erklärung. Ausgehend von der Tatsache, daß bei Vagusreizung besonders durch die Verlängerung der Diastole die Herzgröße zunimmt, bei Anstrengungen aber durch die Steigerung der Pulsfrequenz eine Verkürzung der Diastole statthat, versuchte er durch Atropininjektion (0,00075—0,001) den Vagustonus auszuschalten. Er konnte dann regelmäßig eine Verkleinerung des Herzschattens feststellen, die bei leichten Anstrengungen noch weiter hervortrat. Es wäre also bei jeder Anstrengung eine Herzverkleinerung denkbar, deren Ursache die erhöhte Pulsfrequenz, resp. die hieraus zu folgernde Verkleinerung der Diastole resp. verminderte diastolische Herzfüllung ist. Die nach der Anstrengung noch längere oder kürzere Zeit (25 Min. bis 8 Std.) zu beobachtende Herzverkleinerung dürfen wir dann als ein Fortbestehen der oben begründeten Verkleinerung, als einen „Verkürzungsrückstand“ erklären.

Ich kann hier auf die Erklärungsweise anderer Autoren nicht eingehen. Ich will nur bemerken, daß auch die Moritzsche Darstellung bekämpft werden kann. Ich habe hiergegen folgende Überlegung angeführt. Die Pulsvolumina sind bekanntlich in gewissen Grenzen proportional der Herzpause. Nehmen wir als Schlagvolumen der Ventrikel bei 72 Pulsen pro Minute 60 ccm an, so würde beispielsweise bei nur 36 Schlägen pro Minute die Gesamtauswurfsmenge des Herzens 180 ccm, bei 108 Pulsen pro Minute 90 ccm betragen. Kraus (Myokarderkrankungen in Eulenburs Real-Enzyklopädie) hat, von gleichen

¹⁾ Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 89.

²⁾ Über das Verhalten des Herzens nach langdauerndem und anstrengendem Radfahren. Münch. med. Wochenschr. 1908. Nr. 10.

³⁾ Untersuchungen an Schwimmern. Münch. med. Wochenschr. 1907. Nr. 29 u. 30.

⁴⁾ Über funktionelle Verkleinerung des Herzens. Münch. med. Wochenschr. 1908. Nr. 14.

Voraussetzungen ausgehend, für ähnlich extreme Pulsschwankungen eine Schwankung des Radius der Herzsilhouette um 0,65 cm herausgerechnet.

Ich glaube, daß aber eine andere von mir vorgenommene schätzungsweise Berechnung exakter ist. Der Pulsationsausschlag beträgt nach meinen orthodiagraphischen Messungen am rechten unteren (Vorhof-) und linken unteren (Ventrikel-) Bogen im Durchschnitt 2—3 mm, also auf beiden Seiten zusammen 4—6 mm. Größere Pulsationsausschläge bis zu 5 mm beiderseits findet man eigentlich nur bei hochgradiger Bradykardie. Da die von uns röntgenologisch beobachtete Pulsation im wesentlichen nur durch je eine Herzhöhle verursacht wird, können wir sagen, daß bei einer Verminderung des Herzinhalts um 60 ccm, d. h. um die Auswurfsmenge z. B. des linken Ventrikels (bei 72 Pulsen pro Minute), der linke untere Bogen des Orthodiagramms um 2—3 mm nach innen rückt. Da bei einer Pulsfrequenz von 36 Schlägen pro Minute der linke Ventrikel doppelt soviel Blut fassen muß, würde der linke untere Herzbogen also um die Hälfte seines normalen Pulsationsausschlages, d. i. um 1 bis 1,5 mm nach außen rücken und eine pulsatorische Bewegung von 3—4,5 mm ausführen, wie ich dies tatsächlich bei Bradykardie beobachtet habe. Umgekehrt müßte Pulsbeschleunigung auf 108 Pulse, entsprechend der geringen Ventrikel-füllung von nur etwa 30 ccm, eine Medianwärtsbewegung des linken unteren Bogens um 1—1,5 mm und zugleich eine Verringerung des Pulsationsausschlages auf 1—1,5 mm bedingen. Als Beispiel hierfür kann ich nach meinen Beobachtungen den tachykardischen Anfall anführen.

So können wir also zusammenfassend sagen, daß ein Herz, das 72 mal in der Minute schlägt, einen Rückgang seiner orthodiagraphischen Transversaldimension um durchschnittlich 2—3 mm zeigt, wenn die Pulsfrequenz um die Hälfte, also auf 108 beschleunigt wird, eine Zunahme der Transversaldimension um 2—3 mm, wenn die Pulsfrequenz auf die Hälfte, also auf 36 Schläge herabsinkt. Da wir orthodiagraphisch stets den diastolischen Stand des Herzrandes aufzeichnen, dürfen wir also eine geringe Größenzunahme entsprechend jeder Pulsfrequenzzunahme erwarten und umgekehrt. Würden wir jedoch stets den systolischen Stand des Herzrandes markieren, so müßten wir in allen drei Fällen genau das gleiche Resultat erhalten. Ist aber schon die Feststellung einer so geringen Größenveränderung schwierig — die Fehlerbreite der Orthodiagraphie beträgt allein mindestens 3 mm — so wird uns dies noch unwahrscheinlicher, wenn wir bedenken, daß weder bei körperlichen Anstrengungen, noch beim Wechsel der Körperlage in der Regel so hochgradige Pulsfrequenzänderungen, wie wir sie oben angenommen haben, häufiger vorkommen, daß also meist die durch die Veränderung der Pulsfrequenz bedingte Größenänderung des Herzens noch geringer ausfallen muß.

Wenn somit auch theoretisch eine Abhängigkeit der Herzgröße von der Pulsfrequenz einwandfrei zu beweisen ist, so scheint es mir doch sehr unwahrscheinlich, daß dies öfters graphisch feststellbar ist. Bei exorbitanten körperlichen Anstrengungen ist es noch am wahrscheinlichsten, weniger bei Bade-prozeduren, auf die wir noch weiter unten zu sprechen kommen, und am unwahrscheinlichsten bei Lageänderungen des Körpers.

Es sei jedoch erwähnt, daß möglicherweise eine Pulsverlangsamung auch eine systolische Größenzunahme verursachen kann, da nach Henderson während der Vagusreizung keine maximale Systole zustande kommt, die Herzkontraktionen vielmehr um 20—30% kleiner ausfallen als in der Norm. Überhaupt sind die nervösen Einflüsse bei der Herzregulation vielgestaltig und durch-aus noch nicht ganz geklärt. Es wäre also vergebliche Mühe, die Lösung der hier behandelten Fragen nur von einer Seite aus zu versuchen.

Wenn ich hier einige Worte einflechte über die Wirkung des Sports auf das Herz, so muß ich vorausschicken, daß meiner Ansicht nach der Einfluß des Sports auf das Herz wohl in letzter Linie durch funktionelle Prüfungsmethoden studiert werden kann. Aber auch die Röntgenmethode hat uns einiges gelehrt. Zunächst haben wir die große Abhängigkeit der Herzgröße von der Höhe der dauernden körperlichen Leistung kennen gelernt. Ferner ist das Märchen von der akuten Dilatation des gesunden Herzens endgültig widerlegt und hiermit erneut unser Augenmerk auf die Wichtigkeit der Funktionsprüfung gelenkt worden.

11. Sonstige die Herzgröße beeinflussenden Faktoren.

Nur kurz erwähnt seien die Arbeiten, die sich auf den Einfluß von Giften und Arzneimitteln auf das Herzvolumen beziehen; Moritz, Bickel, Bingel, Hoffmann, de la Camp sind hier zu nennen. Sie fanden, daß Alkohol, Morphin, Chloral, Chloroform, Koffein, Nikotin usw. keine Volumveränderung des Herzens bewirken. Die von Moritz festgestellte Wirkung des Atropins auf die Herzgröße wurde oben schon besprochen.

Die Einwirkung der physikalischen Behandlungsmethoden auf die Herzgröße werde ich im Zusammenhang mit den pathologischen Volumveränderungen des Herzens erledigen.

VI. Röntgendiagnostik der Herzbeutelkrankungen.

Die Erkrankungen des Herzbeutels können nur relativ selten durch die Röntgenuntersuchung aufgedeckt werden. Es liegt dies in der Tatsache begründet, daß wir das Perikard nur in geringer Ausdehnung und selbst dies nur selten röntgenologisch untersuchen können. Wie schon erwähnt, sehen wir normalerweise manchmal zwischen Herzspitze und linkem Zwerchfell als schwächeren dreieckigen Schatten den unteren linken Perikardwinkel, während rechts unten neben dem Herzschatten, meiner Ansicht nach, kein Perikardschatten sichtbar ist.

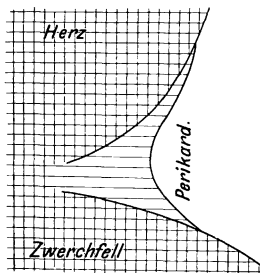


Abb. 65. Perikardschatten am linken unteren Bogen der Herzsilhouette.

Besonders häufig fand ich den dem linken Schattenrand des Herzens unten angesetzten Perikardschatten bei Emphysematikern. Ein selten schönes Beispiel habe ich auf Tafel II Abb. 4 im 2. Band der Bibliothek der physikalisch-medizinischen Techniken gebracht. Pathologisch ist dieser Befund sicherlich nicht. Ich bringe hier eine Skizze nach dem Photograph (s. Abb. 65).

Schwarz¹⁾ hat derartigen Bildern eine andere Deutung gegeben. Er glaubt, daß der Schatten im linken phreniko-kardialen Winkel eine perikardiale Anomalie darstelle, daß es sich um eine Fettablagerung an den Herzbeutel handle. Der Schatten soll auch auf der rechten Seite zu sehen und in gleicher Weise zu deuten sein. Da sich die Erscheinung besonders bei adipösen Erwachsenen (aber auch bei fettleibigen Kindern) vorfindet, bezeichnet Schwarz derartige Bilder als Röntgenbild des Fettherzens. Ich muß zugeben, daß auch ich häufig den bewußten Herzbeutelschatten bei korpulenten Patienten gefunden habe. Dann erscheint er aber meist als nach oben leicht konvexer Schatten-

¹⁾ Die Röntgenuntersuchung des Herzens und der großen Gefäße. F. Deuticke. Wien 1911.

strang dem Herzschatten angefügt, nicht wie beim Emphysematiker konkav begrenzt. Ob wir wirklich annehmen dürfen, daß sich eine mäßige Fettsammlung auf dem Herzbeutel als Schatten gegenüber dem Lungenbild abhebt, wage ich nicht ohne weiteres zu entscheiden.

Bezüglich der frischen Pericarditis liegen nur wenige Röntgenbeobachtungen vor. Es liegt dies wohl an der Schwere des Krankheitsbildes, die uns oft nicht gestattet, den Patienten durch eine Röntgenuntersuchung anzustrengen und aufzuregen. L. Rosenfeld¹⁾ konnte daher 1909 auch nur 10 Fälle aus der Literatur zusammenstellen. Trotzdem wäre wenigstens im Krankenhaus eine häufigere Beobachtung von Pericarditisfällen mittelst der Röntgenmethode sehr erwünscht. Über die besondere Wichtigkeit der Röntgenuntersuchung in Fällen, die eine Punktion des Herzbeutels verlangen, hat Brauer²⁾ ausführlich berichtet³⁾.

Ich selbst habe auf Grund mehrerer Beobachtungen folgende Röntgensymptome für die Pericarditis aufgestellt: „Bei Beginn der Erkrankung sehen wir zunächst die Randbogen des Herzens verstrichen, die Herzfigur wird ziemlich glattrandig. Bei zunehmendem Exsudat tritt immer deutlicher die auch perkutorisch nachweisbare Dreieckfigur des Herzschattens hervor. Weiter dehnt sich der Schatten aber auch an der Spitze des Dreiecks, also am Ansatz der großen Gefäße stärker aus, und wir erhalten mehr kugelige Formen, die sich von einem Cor bovinum nur durch den ununterbrochenen Verlauf der nun meist auch verwaschenen Grenzlinien unterscheidet. Ob — wie behauptet wird — das Herz sich als gesonderter Schatten vom Exsudatschatten abheben kann, wage ich nicht zu entscheiden. Mir erscheint es zum mindesten sehr wenig wahrscheinlich.“ Ähnlich meiner Schilderung ist diejenige von Brauer, Schwarz, Dietlen⁴⁾, Grunmach⁵⁾, Brugsch und Schittenhelm⁶⁾.

In Nr. 1 des 25. Bandes der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen hat Gerhard Schwaer 1917 über einen Fall von Pericarditis exsudativa berichtet, bei welchem zum ersten Male Herz- und Exsudatschatten gesondert im Röntgenbild darstellbar waren.

Gegen die Mitteilung Schwaers, die meiner Ansicht nach wahrscheinlich auf einem Irrtum beruht, habe ich Widerspruch erheben zu müssen geglaubt⁷⁾, um so mehr als sie bereits in die Literatur übernommen worden ist (cf. Paetsch: Dtsch. med. Wochenschr. 1920 Nr. 1).

Auffallend ist klinisch, daß der Patient, über den Schwaer berichtet, ein Jahr lang bereits die gleichen subjektiven Symptome hatte, als er zur Untersuchung kam und daß dann — bis zum Ende der Beobachtungszeit — drei Monate lang der Zustand auch objektiv unverändert blieb; ferner daß trotz des vermeintlichen großen Exsudats die Herztöne, wenn auch dumpf, so doch offenbar nicht stärker abgeschwächt waren, daß der Spitzenstoß fühlbar und vor allem, daß am rechten Sternalrand kein Punktat zu erhalten war.

Nun der Röntgenbefund: Wir sahen auf der technisch einwandfreien Röntgenaufnahme die charakteristische tiefdunkle Silhouette des Herzens und der

¹⁾ Klinische Ergebnisse betreffend die Röntgenoskopie der Pericarditis. Dissertation, Berlin 1909.

²⁾ In Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin. Lehmann, München 1909.

³⁾ Bezüglich des Blutergusses in den Herzbeutel sei nur erwähnt, daß in solchen Fällen der Herzschatten auffallend unregelmäßig geformt erscheint. Außer zwei derartigen Hämatomen nach Suicidversuch konnte ich einen Fall beobachten, bei dem zwei Tage vor dem Tod ein Aneurysma dissecans auch in den Herzbeutel durchgebrochen war (siehe Abb. 86).

⁴⁾ Münch. med. Wochenschr. 1908, Nr. 40.

⁵⁾ Das Röntgenverfahren in der inneren Medizin. Deutsche Klinik am Ende des 19. Jahrh.

⁶⁾ Klinische Untersuchungsmethoden. Urban & Schwarzenberg.

⁷⁾ S. Fortschritte 1920.

großen Gefäße. Die Herzspitze ist im Zwerchfell versenkt, gut zu verfolgen; neben ihr verläuft der übliche kleine dreieckige seichtere Perikardschatten nach unten. Rechts ist vom rechten unteren Bogen aus deutlich der kurze zum Zwerchfell hinziehende Schatten der Vena cava inferior zu sehen.

Und nun der vermeintliche Exsudatschatten: links beginnt er mitten im Pulmonalbogen, überragt die Herzsilhouette nur wenig und verschwindet wieder hinter ihr, indem seine laterale Begrenzung sich mit dem unteren, dem linken Ventrikelbogen kreuzt. Auf der rechten Seite überragt er den rechten Herzrand außerordentlich weit lateralwärts, beginnt etwa in der Mitte der Aorta ascendens und scheint tief in das rechte Zwerchfell hineinzuragen. Sollte man nicht erwarten, daß das der Schattenintensität nach dünnflüssige Exsudat den Herzbeutel überall gleichmäßig vom Herzen abhebt, mindestens aber links den Herzrand überall überragt? Und wie ist die Lage der Vena cava mitten im Exsudatschatten zu erklären?

Und endlich die Pulsationserscheinungen: Linkerseits pulsiert der periphere, d. h. der lichtere Schatten ebenso lebhaft wie der linke Herzrand, rechts an beiden Schattenrändern keine Pulsation. Müßten wir nicht erwarten, daß die „lebhaft Pulsation“ des linken Ventrikels, wenn sie schon am linken Exsudatrand lebhaft Pulsation auslöst, die ganze Exsudatmasse gleichmäßig erschüttert und auch rechterseits gleich starke Pulsationen hervorruft?

Es ist zuzugeben, daß man gelegentlich teilweise Perikardverklebungen findet. So hochgradig wie im vorliegenden Falle müßten sie aber doch als Folge überstandener schwerer Krankheit gedeutet werden, die sich anamnestisch nachweisen lassen müßte. Im allgemeinen muß man doch wohl annehmen, daß der Herzbeutel sich überall vom Herzen abheben läßt, sei es daß Flüssigkeit oder Luft in ihm enthalten ist. Diese meine Ansicht wird sehr schön illustriert durch Abbildungen, die Alfred Rösler (Fortschritte Bd. 25, H. 5) von einem Patienten mit Pneumopyoperikardium gebracht hat; ebenso aus einer Abbildung Brauers in der 3. Auflage des Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik.

Es wären noch gar manche Einwürfe zu machen. Aber ich begnüge mich mit dem wenigen. Ich verzichte auch auf eine kritische Bewertung der übrigen klinischen Symptome. Auch so wird jedermann, der das klinische und röntgenologische Bild der Perikarditis kennt, meine Zweifel berechtigt finden.

Die Frage, ob die Ansicht Schwaers richtig, ob sein Fall richtig gedeutet ist, ließe sich vielleicht experimentell ergründen. Diesbezüglich kann ich auf die amerikanische Literatur verweisen.

Schon 1897 fand F. Williams durch systematische Untersuchungen, daß die verschiedenen im Körper vorkommenden Flüssigkeiten, wie Blut, Wasser, Eiter, sich weder gegeneinander noch von den Weichteilen röntgenologisch differenzieren lassen. Aber auch in der amerikanischen Literatur fanden sich bisher keine Angaben darüber, ob das Herz im Perikardialerguß sichtbar ist. Holmes¹⁾ stellte nur neuerdings durch Versuche fest, daß ein in Äther eingetauchtes Herz schon weniger deutlich darstellbar ist, als ein in einem Luft-raum befindliches. In Wasser versenkt läßt es sich gerade noch, in Salzlösung nicht mehr röntgenologisch darstellen. Wird aber das spezifische Gewicht der Salzlösung über 1012—1020 gesteigert, z. B. bis zu 1036, so erscheint das Herz heller als die umgebende Flüssigkeit. Gleiches Resultat zeitigten Versuche, bei denen verschiedene Flüssigkeiten in situ in den Perikardialsack injiziert wurden. Andererseits zeigte sich bei kleinen Injektionen in den Perikardialsack

¹⁾ Holmes, George W.: The radiographie findings in pericarditis with effusion. Americ. Journ. of roentgenol. Bd. 7, Nr. 1, S. 7—15. 1920.

die Form des Herzschatteus nicht verändert, was 1917 schon Morris und Bader auch für größere Injektionsmengen gezeigt hatten, speziell für den Herz-Leber-Winkel.

Das Resultat seiner klinischen und röntgenologischen Beobachtungen an 60 eigenen Fällen faßt Holmes etwa wie folgt zusammen: Wichtigstes Symptom der exsudativen Pericarditis im Röntgenbild ist der Formwechsel der Silhouette im Liegen und Stehen, weniger wichtig sind Unregelmäßigkeiten der Schattengrenzen, schwache oder fehlende Randpulsation.

Wenn ich nun sage, daß es sich meiner Ansicht nach bei dem Falle Schwäers sehr wahrscheinlich um eine optische Täuschung handelt, so muß ich ausdrücklich zugeben, daß Vermutung gegen Vermutung steht.

Ich habe nämlich einige Fälle beobachtet, bei denen mediastinale Abszesse, Senkungsabszesse und Ergüsse im hinteren mediastinalen Pleuraraum derart gelagert waren, daß ihr Schatten im dorso-ventralen Sagittalbild schwer vom Herzschatteu zu trennen war. Die ventro-dorsale Aufnahme solcher Fälle zeigte dann aber, daß der Schatten kleiner, schärfer und dichter wurde, die schräge Aufnahme, daß er hinter dem Herzen saß, mit ihm nicht zusammenhing.

Interessant ist, daß nun auch Holmes auf diese Differentialdiagnose hinweist, die er zwar nie selbst zu stellen Gelegenheit gehabt hat, über die er aber nach Barjon referiert: die Differentialdiagnose gegenüber Pleuritis mediastinalis, bei welcher — einerlei ob es sich um die vordere oder hintere, die ein- oder beiderseitige Form handelt — der Herzschatteu von dem Schatten des Exsudats überlagert wird, wobei eventuell der Herzschatteu durch gleichzeitig bestehende Pericarditis exsudativa ebenfalls vergrößert sein kann.

Auch in der Mitteilung von Loeffler in der Zeitschr. f. orthop. Chirurgie (Bd. 40. 1920) finden wir ganz ähnliche Bilder wie das von Schwäer publizierte, als Senkungsabszesse verifiziert.

Solange also Schwäer nicht Aufnahmen in weiteren Strahlenrichtungen für seinen Fall beibringt, möchte ich annehmen, daß das den dünnen Schatten werfende Objekt weiter vom Herzen entfernt, resp. hinter ihm liegt, daß deshalb auch die Punktion, von der er berichtet, keinen Erfolg hatte, eine Tatsache, die doch nur so zu erklären ist. Nur wenn Schwäer seine Diagnose — vielleicht durch Nachuntersuchung des Falles — besser wie bislang erhärten kann, halte ich den Beweis für die Röntgendarstellbarkeit des Herzens im perikardialen Exsudat für erbracht.

Auf ähnlichem Standpunkt wie ich steht auch Kloiber, der ebenfalls über Senkungsabszesse berichtete, die einen Perikardialerguß vortäuschten. Andererseits berichtete Brauer in der dritten Auflage des Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik über einen Fall von differenzierbarem Ergußschatten. Und Pöls konnte aus der v. Bergmannschen Klinik mehrere Fälle demonstrieren.

Diese Ausführungen zeigen jedenfalls, daß die Frage ob und unter welchen Umständen der Perikardialerguß darstellbar ist oder nicht, noch immer ungelöst ist.

Diagnostisch wichtiger ist wohl der Nachweis von Folgezuständen der Herzbeutelentzündung. Die Zeichen der adhäsiven Pericarditis, der Mediastinopericarditis usw. sind von Stuert¹⁾, Lehmann und Schmoll²⁾, Brauer u. a. ausführlich beschrieben. Die verschiedensten Symptome sind angegeben worden: Zackenbildungen, Ausstülpungen, Verwaschensein der Herzränder, Verstrichensein des Herzzwerchfellwinkels, vom Herzen zum

¹⁾ Zur Diagnose der Pleuraadhäsionen am Perikard und Zwerchfell. Fortschr. Bd. 7.

²⁾ Pericarditis adhaesiva im Röntgenbilde. Fortschr. Bd. 9.

Sternum und in die Lungen hinein verlaufende Strangbildungen, abnorme respiratorische Lokomotion des Herzschattens. Trotzdem ist die Diagnose meist schwierig zu stellen, besonders wenn pleurale Schwartenbildungen das Bild komplizieren, und es muß daher vor überstürzter Diagnosestellung eindringlich gewarnt werden.

Noch relativ selten sind seither Kalkablagerungen im Perikard intra vitam durch die Röntgenstrahlen nachgewiesen worden, obwohl man nach der Erfahrung Simmonds¹⁾ diese Folgeerscheinung der Pericarditis nicht allzu selten an der Leiche findet.

Ich selbst habe einen Fall beobachtet²⁾. Es handelte sich um eine 29 jährige Dame, die wahrscheinlich in der Jugend eine Pericarditis überstanden hatte. Das Röntgenbild zeigte einen beinahe ringförmigen, etwa fünfmarkstückgroßen Schatten in der Herzsilhouette.

Ein weiterer Fall ist von Schwarz beschrieben worden. Er fand einen strangartigen Schatten in der Gegend des linken Ventrikels bei einem 40 jährigen Herrn, der 20 Jahre zuvor ein Trauma der Brust (anlässlich einer Boxpartie) erlitten hatte.

Ferner hat noch Rieder (Fortschritte Bd. 20) 2 Fälle von „Panzerherz“ bei gleichzeitig bestehender sogenannter perikarditischer Pseudolebercirrhose „Pick“ mitgeteilt.

VII. Die Röntgendiagnostik der Herzaffektionen.

Wenn ich mich nunmehr zur Besprechung der Röntgendiagnostik der Herzaffektionen wende, so muß ich zunächst die am Herzschatten wahrnehmbaren Veränderungen, die durch Erkrankungen des Herzens selbst oder durch Erkrankungen anderer Organe hervorgerufen werden im allgemeinen besprechen. Dieselben können sich beziehen auf:

1. die Herzpulsation,
2. die Herzbeweglichkeit,
3. die Lage des Herzens,
4. die Form der einzelnen Schattenteile (Randbogen),
5. die Form des Herzens,
6. die Intensität des Herzschattens,
7. die Größe des Herzschattens,
8. die Veränderlichkeit der Herzschattengröße.

1. Pathologische Pulsationserscheinungen am Herzschatten.

Die pulsatorischen Erscheinungen am Röntgenschaten des normalen Herzens sind noch wenig geklärt, noch weniger die des pathologischen Herzens. Röntgenkinematographische Studien fehlen noch vollkommen. Was uns bekannt, beruht auf den bei der Röntgenoskopie gesammelten Erfahrungen.

Was zunächst den Aktionstypus ganz allgemein anlangt, so sieht man denselben besonders bei manchen Formen von Myocarditis abnorm schwach, ferner bei tachykardischen Anfällen, woselbst wir feinschlägige flimmernde Herzbewegungen bemerken. Verstärkten Aktionstypus finden wir bei Aorteninsuffizienz, bei Bradykardie und Herzblock und sehr häufig bei nervösen und erregten Menschen. Einen ganz eigenartigen Aktionstypus fand Deneke³⁾

¹⁾ Über den Nachweis von Verkalkungen am Herzen durch das Röntgenverfahren. Fortschr. Bd. 12.

²⁾ Fortschr. Bd. 16.

³⁾ Zur Röntgendiagnostik seltener Herzleiden. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 89.

bei Defekt der Kammerscheidewand. Er beobachtete auch am rechten Herzrand ventrikuläre, kräftig pumpende Bewegungen, die mit den Ausschlägen des linken Ventrikelbogens synchron erfolgten.

Auffallende pulsatorische Bewegungen einzelner Randbogen sind bei verschiedenen Herzveränderungen zu konstatieren. So ist allgemein bekannt, die starke Pulsation der bei Persistenz des Ductus arter. Botalli erweiterten Pulmonalarterie. Die Mitralfehler zeigen besonders in vorgeschrittenen Stadien einen stark pulsierenden linken Vorhof. Dies gilt vorzüglich für die Mitralklappenstenose, während bei Mitralsuffizienz, wie wir sehen werden, der vergrößerte rechte Ventrikel eine Beobachtung des Vorhofs meist unmöglich macht. Bei dekompensierten Mitralfehlern, aber auch bei Myocarditis mit Herzinsuffizienz usw. sehen wir den rechten unteren (Vorhof-) Bogen unterteilt und im oberen (Herzohr) Teil stärker als im unteren pulsatorisch bewegt¹⁾. Bei Tricuspidalinsuffizienz sehen wir, worauf zuerst v. Criegern aufmerksam gemacht hat, die Vena cava sup. als schwächeren und parallel neben der Ascendens verlaufenden Schatten kräftig pulsieren, entsprechend den in diesen Fällen meist stärkeren Bewegungen des rechten Vorhofs. Pulsierende Vena cava konstatieren wir ferner sehr häufig bei Kropfherz, Basedow und Herzdekompensation. Bei Isthmusstenose der Aorta bemerkte Kienböck²⁾ starke Pulsation der vorgewölbten Pulmonalis, was Weinberger auch in dem seltenen Fall von Durchbruch eines Aneurysmas in die Pulmonalarterie beobachten konnte.

Eigenartige Pulsationsstörungen wurden bei Herztumoren beobachtet (Ehrenberg). Die Fälle von Tumorbildung sind jedoch zu selten, um irgendwelche Röntgensymptome aufstellen zu können³⁾.

Selbstverständlich können wir, wie F. Kraus, Hoffmann u. a. geschildert haben, die Röntgenoskopie auch für Pulsstudien verwenden, z. B. zur Lösung der Frage ob eine Pulsintermittenz identisch ist mit einer Herzintermittenz. Heute wird jedoch hierfür der Elektrokardiograph besser und leichter zu verwenden sein. Dagegen sind die Röntgenbeobachtungen bei Herzblock immer noch sehr wertvoll und förderlich für die genauere Diagnosestellung. Viele Autoren haben auf diesem Wege die isolierte Tätigkeit der Herzkammern festgestellt. Ich nenne nur Hoffmann, Schmidt, Zeri, Boas, Deneke, Michael, Beutenmüller. In den wenigen Fällen, in denen mir die Beobachtung mit Sicherheit gelang, erwies sich die Beobachtung des rechten Herzrandes mit schmaler vertikaler Schlitzblende am geeignetsten, wobei am rechten Vorhof und an der Aorta ascendens der ventrikuläre und der aurikuläre Pulsationsausschlag miteinander verglichen werden können.

2. Pathologische Herzbeweglichkeit.

Wie wir sahen, folgt das Herz bei Körperstellungsänderungen bis zu einem gewissen Grade dem Gesetze der Schwere; es besitzt eine von vielen Faktoren beeinflusste, daher individuell recht verschiedene Beweglichkeit.

Diese Beweglichkeit kann pathologisch vermindert oder erhöht sein. Vermindert wird sie in allererster Linie durch Schwartenbildungen (Mediastinopericarditis) zwischen Perikard und Pleura, ferner durch anlagernde stark verdichtete oder auch stark geblähte Lungenteile, ebenso durch Stauungen in den Lungen, in den Venen oder Vorhöfen.

¹⁾ Neumann hat neuerdings die Ansicht geäußert, daß in solchen Fällen der vergrößerte linke Vorhof, rechts randbildend wird.

²⁾ Ges. f. inn. Med. in Wien, 19. Dez. 1901.

³⁾ Ehrenberg, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 103 und A. Hoffmann, Referat Münch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 51, S. 2775.

Eine pathologisch gesteigerte Verschieblichkeit des Herzens fand Determann¹⁾ besonders bei allgemeiner Ptose und bei hochgradiger Chlorose und führt diese „Cardioptose“ auf eine Schwäche des Aufhängeapparates zurück. Goldscheider²⁾ sagt, daß die seitliche Verschiebung um so größer ist, je schwerer das Herz und je größer die Längsachse ist, daß dieses Gesetz aber bei größerer Hypertrophie des rechten Ventrikels eine Ausnahme erleidet. Silbergleit³⁾ scheint dagegen mehr der Ansicht zuzuneigen, daß neben angeborener oder erworbener außergewöhnlicher Länge des Aufhängeapparates (Aorta) in erster Linie abnorme Nachgiebigkeit des Herzbeutels und seiner Verstärkungen die Herzbeweglichkeit vergrößert. Letztere Auslegung dürfte manches für sich haben. Ich selbst möchte in dieser Beziehung der Art und Ausdehnung der Verklebung zwischen Zwerchfell und Perikard ganz besondere Bedeutung zusprechen. Außerdem ist aber wohl auch die Form der Zwerchfellkuppe (bei Enteroptose spitz abfallend) und der Entwicklungsgrad des Fettpolsters des Herzens maßgebend.

Viel einfacher als durch die Beobachtung bei wechselnder Körperstellung läßt sich eine pathologische Herzbeweglichkeit oft schon durch die Kontrolle der respiratorischen Verschieblichkeit feststellen. Besonders bekannt ist die einseitige respiratorische Herzverschiebung aus verschiedener Ursache. So bedingen pleuritische Adhäsionen häufig ein inspiratorisches Ausweichen nach der Seite der pleuritischen Affektion hin. Verwachsungen zwischen Pleura und Perikard können schließlich das Herz fast vollkommen unbeweglich fixieren. Eine einseitige respiratorische Seitenverschiebung des Herzens sehen wir ferner bei allen Prozessen, die mit Kontraktion oder Kompression einer Lungenseite einhergehen. Derartige inspiratorische Dislokationen des Mediastinums in die stenosierte Thoraxhälfte sind beobachtet worden bei Bronchostenose (Jacobsohn, Holzknacht), bei Pneumothorax (Kienböck), bei Aneurysmen (Holzknacht), bei Lungenschrumpfung (Béclère) und in allen Fällen, in denen das Herz an und für sich schon verlagert ist. Ausführlicher sind diese Fragen z. B. von Jamin in meinem Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin (siehe daselbst auch Literatur) behandelt worden. Ich selbst habe kürzlich⁴⁾ einige röntgenkinematographisch beobachtete Fälle von Lungentumor, Pneumothorax, pleuritischer Adhäsion usw. publiziert, durch die das Resultat der früheren Untersuchungen bestätigt wird.

3. Pathologische Herzlage.

Auch die Lage des normalen Herzens ist, wie wir fanden, von vielerlei Momenten abhängig. Als wichtigste nannten wir: Körperbau, Geschlecht, Alter. Dieselben Faktoren werden natürlich auch bei der Entstehung pathologischer Herzlagerung mitwirken können.

So sehen wir bei phthisischem, enteroptotischem resp. asthenischem Körperbau ein steilgestelltes, tropfenförmiges Herz. Als ursächliches Moment der Steilstellung ist hier wohl der relative Zwerchfelltiefstand, d. h. das abnorme Verhältnis von Höhe zu Breite des Brustraumes anzusprechen.

In anderen Fällen ist der anormale Zwerchfellstand die primäre Ursache. So sehen wir bei Emphysem häufig ein sehr steil gestelltes Herz.

¹⁾ Die Beweglichkeit des Herzens bei Lageveränderungen des Körpers. Zeitschr. f. klin. Med. 1900.

²⁾ Über die Untersuchung des Herzens in linker Seitenlage. Deutsche med. Wochenschr. 1906. Nr. 41.

³⁾ Beitrag zur Kenntnis der Herzbeweglichkeit. Deutsche med. Wochenschr. 1903. Nr. 47.

⁴⁾ Fortschr. d. Med. 1913.

Bei Tiefstand, resp. respiratorisch verminderter Beweglichkeit der linken Zwerchfellhälfte — ein öfters zu beobachtendes Symptom linksseitiger Spitzenaffektion — haben wir das typische mediangestellte Herz vor uns. Ist das Zwerchfell einseitig durch Lebertumoren, subphrenische Abszesse oder Tumoren des linken Hypochondriums hochgedrängt, so ist das Herz nach der anderen Seite verlagert. Daß Zwerchfellhernien in der gleichen Weise wirken müssen, ist klar. Dasselbe gilt von der Eventration. Ich habe Abbildungen des bekannten Falles Schneider seinerzeit publiziert¹⁾. Wie die kürzliche anatomische Untersuchung ergeben hat, lag bei dem Patienten, wie ich vermutet hatte, eine Zwerchfellatrophie vor. Die Folge war ein Hochdrängen des linken Zwerchfells durch die Baueingeweide und eine komplette Verlagerung des Herzens nach rechts. Häufiger als die Eventratio sehen wir die als „rudimentäre Eventration“ von Hoffmann benannten Fälle, bei denen durch die zu große Magenblase das Herz links gehoben und hierdurch quergelagert wird. Es darf wohl ohne weiteres in Analogie mit dem erwähnten Fall von richtiger Eventration geschlossen werden, daß auch bei diesen Patienten eine Zwerchfellatrophie mäßigeren Grades vorliegt. Bestehen bei solchen Fällen Herzbeschwerden, so sind sie wohl als Drucksymptome der Abdominalorgane auf das Herz aufzufassen. Dagegen sehen wir bei den zahlreichen Herzkranken (besonders bei Myocarditis und Koronarsklerose), die ebenfalls über „Gasbeschwerden“ klagen, die uns erzählen, daß ihre heftigen anginösen Schmerzen erst dann verschwinden, wenn sie die Magenblase durch Ruktus entleeren können, daß es sich nur um vorübergehende Luftansammlungen im Magen, nicht um chronischen Zwerchfellhochstand handelt. Hier dürfen wir wohl annehmen, daß die Gasstauung im Magen durch vorübergehende Magenatonie infolge zeitweiser schlechter Durchblutung der Magenwand verursacht wird. Größere Tumoren des Abdomens, ferner Ascites, allgemeiner Meteorismus, Gravidität u. a. bedingen ein Hochdrängen des Herzens in toto. Ausführlicher hat besonders Dietlen²⁾ über derartige Beobachtungen berichtet.

Bei der großen Bedeutung, die der Zwerchfellstand für die Mechanik des Blutkreislaufes und, wie jeder Praktiker weiß, für die Herzpathologie besitzt, sind die einschlägigen Fragen auch experimentell und von Jürgensen³⁾ auch röntgenologisch-experimentell studiert worden. Die erzielten Resultate sind aber für die Praxis leider nicht von Belang.

Eine weitere Gruppe von pathologischer Herzlagerung ist auf intrathorakale pathologische Prozesse zurückzuführen. Neben Tumoren der verschiedenen Brustorgane, Pneumothorax, Pyopneumothorax und pleuritischen Ergüssen, die das Herz zur gesunden Lungenseite hinüberdrängen, sind die verschiedenartigen pleuritischen Adhäsionen zu nennen, die es nach der kranken Seite mehr oder weniger stark hinziehen (s. Abb. 66). In dieser Beziehung möchte ich auch erwähnen, daß ich im Laufe der Zeit wiederholt Fälle mit der von anderer Seite gestellten Diagnose einer kongenitalen richtigen Dextrokardie (ohne Inversion) zur Untersuchung bekam, bei denen ich stets doch die Symptome von Pleuraschwarten nachweisen, oder durch eingehende Nachforschung eine in frühester Jugend überstandene Pleuritis feststellen konnte, wodurch stets die Anomalie als „erworben“ charakterisiert werden konnte (s. Abb. 67).

Von den vielgestaltigen Einflüssen der tuberkulösen Lungenprozesse wurde schon die Medianstellung bei beginnender einseitiger Spitzenerkrankung

¹⁾ Röntgendiagnostik der Herzerkrankungen, S. 101.

²⁾ Orthodiagraphische Beobachtungen über Herzlagerung bei pathologischen Zuständen. Münch. med. Wochenschr. 1908. Nr. 1.

³⁾ Zwerchfellhochstand und Kreislauf. Arch. f. Verdauungskr. Bd. 16.



Abb. 66. Verlagerung des Herzens und Zwerchfellhochstand durch pleuritische Adhäsionen.

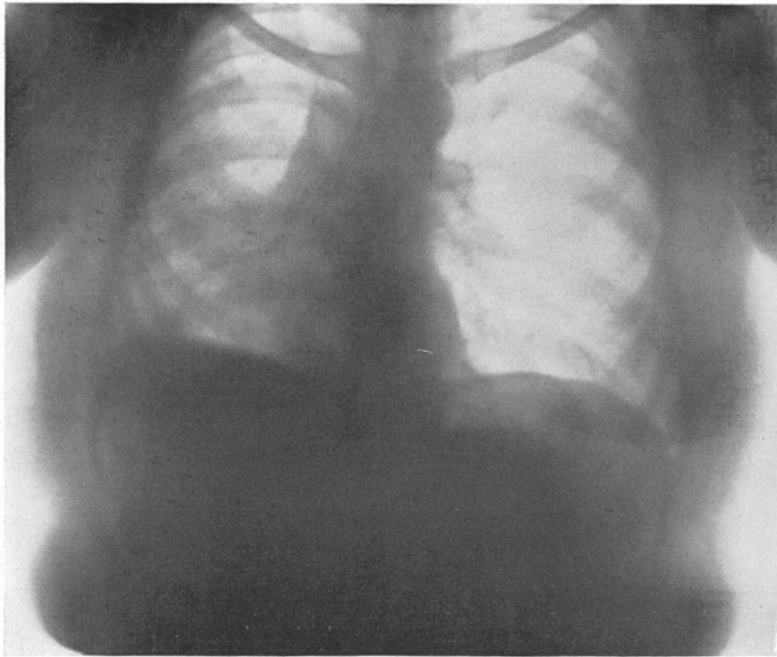


Abb. 67. Angebliche kongenitale Dextrokardie durch Röntgenuntersuchung als erworben (Pleuritis) aufgedeckt.



Abb. 68. Herzlage bei hochgradiger Skoliose (18j. ♂).
 → Bifurkation. → I bis → II. Pulmonalis. → III Vorhof-Gefäßwinkel.



Abb. 69. Achsendrehung des Herzens bei hochgradiger Trichterbrust. (15j. ♀.)

erwähnt. Die verschiedenartigen, bald durch Narbenzug, bald durch Schrumpfungprozesse bedingten Herzverlagerungen, die wir nach Pottenger bei etwa 76% aller vorgeschrittenen Fälle finden, bedürfen keiner besonderen Schilderung. Ruediger¹⁾ hat ausführlich über solche Befunde berichtet.

Auch Veränderungen am Thoraxskelett können mitunter die Herzlage wesentlich beeinflussen. Als optische Täuschungsquelle bekannt sind die Skoliosen²⁾. Ihre Wirkung auf die Herzlage hängt natürlich ganz von der Art und dem Grad der Deformität ab (s. Abb. 68). Die Fissura sterni hat, wie ich beobachten konnte, keine Wirkung auf die Herzlage. Dagegen konnte ich bei hochgradiger angeborener Trichterbrust zweimal eine vollkommene Achsendrehung des Herzens feststellen, derart, daß die Herzspitze nach dem Rücken zu gerichtet war. Den einen Fall habe ich a. a. O. ausführlich geschildert³⁾, der zweite ist in Abbildung 69 dieses Bandes zu sehen. Wenn auch hie und da — ich selbst habe zwei derartige Fälle beschrieben — kein größerer Einfluß auf die Herzlage bemerkbar ist, so zeigen doch meine beiden positiven Fälle, daß, wie E. Ebstein⁴⁾ sagt, die Trichterbrust die Zirkulationsorgane und speziell die Herzlage sehr wesentlich beeinflussen kann.

Ich muß noch kurz auf ein Thema verweisen, das von M. Herz seit einigen Jahren wiederholt erörtert worden ist. Es handelt „vom Herzen, das zu wenig Platz hat“⁵⁾. Herz bespricht in diesen Arbeiten die relative Thoraxenge, resp. das räumliche Mißverhältnis zwischen dem Herzen und dem Thorax, das entweder angeboren sein kann, oder erworben durch Hochdrängen des Zwerchfells aus einem der oben angeführten Gründe, oder durch Größenzunahme des Herzens oder durch schlechte Haltung, bedingt durch den Beruf usw. Herz erörtert in diesen Arbeiten ausführlich den Einfluß der verschiedenen die Herzlage verändernden Faktoren.

Endlich ist noch der Lageveränderungen des Herzens zu gedenken, die durch Erkrankungen des Herzens selbst verursacht werden. Wir werden dieselben im Zusammenhang mit den pathologischen Herzformen gleich ausführlicher zu besprechen haben. Es genügt daher hier eine kurze Aufzählung. Bei Erkrankung der Mitralklappen ist das Herz meist steil gestellt, bei Erkrankungen der Aortenklappen, Affektionen im Anfangsteil der Aorta, ebenso bei Altersemphysem und hochgradiger Aortensklerose horizontal liegend. Vitien an beiden Klappenventilen bedingen meist ein schräggestelltes Herz. Das Greisenherz ist in der Regel liegend, quergestellt, bald weil das Gefäßband verlängert, bald weil es durch Lockerung seiner Fixation nach unten gesunken ist.

Die angeborenen Vitien bedingen keine typische Herzlage mit Ausnahme der kongenitalen Aortensklerose, die ein quergestelltes Herz zeigt. Unter den kongenitalen Herzverlagerungen ist hauptsächlich der Situs inversus zu nennen, der sich seit Einführung der Röntgenstrahlen recht häufig, wenn auch meist zufällig, nachweisen läßt. Wir sehen bei solchen Fällen einfach ein seitenverkehrtes, also Spiegelbild des normalen Situs der Organe.

Daß eine angeborene reine Dexiokardie röntgenologisch seither noch nicht beobachtet werden konnte, habe ich schon erwähnt. Reyher sagt

1) Organverlagerungen bei Phthise. Beitr. z. Klin. d. Tuberk. Bd. 17, H. 2.

2) Amelung hat kürzlich ausführlicher über die Skoliosenfälle aus meinem Laboratorium berichtet. Fortschr. 29.

3) Das Verhalten des Herzens bei kongenitaler Trichterbrust. Münch. med. Wochenschr. 1911. Nr. 13.

4) Über die angeborene Trichterbrust. Samml. klin. Vortr., Neue Folge, Nr. 541/542, 1909.

5) Arch. f. physik. Med. u. Techn. 1911. Daselbst ausführl. Lit.-Verz.

hierzu: Wie Groedel, so konnte auch ich diejenigen Fälle, die vielleicht als solche hätten imponieren können, als erworbene Verlagerungen des Herzens infolge pleuritischer Verwachsungen mit Hilfe der Röntgenuntersuchung ermitteln.

4. Abnormer Verlauf der Randbogen des Herzschattens.

Wohl am wichtigsten für die röntgenologische Diagnosestellung sind die Veränderungen der Herzschattenform. Ihre Feststellung kann uns stets mehr nützen, als der Nachweis einer geringen Herzgrößenveränderung, dem lange Zeit ein entschieden übertriebener Wert zugesprochen worden ist, ganz abgesehen von der Frage, ob dieser Nachweis so sicher erbracht werden kann. Auf die Bedeutung der Formbestimmung der Herzsilhouette hatten schon verschiedene Autoren hingewiesen, unter anderen Santiard, Grunmach, Köhler, Destod, de la Camp und Kraus, Holzknacht, Galli. Zum erstenmal eingehend bearbeitet wurde die Frage durch Th. Groedel und Verfasser. Unsere auf Grund eines selten großen Materials aufgestellten Formtypen, die wir in verschiedenen Arbeiten noch modifiziert und ergänzt haben, sind durch die Publikationen zahlreicher Autoren (Köhler, Dietlen, Arnsperger, Stoerk, Vaquez und Bordet, Brugsch und Schittenhelm, Schwarz) weiterhin bestätigt worden.

Wie wir sahen, sind die einzelnen Randbogen der Herzsilhouette identisch mit den Grenzlinien verschiedener Herzteile. Ist somit ein Randbogen anormal gestaltet, so läßt sich hieraus eine pathologische Veränderung des entsprechenden Herzteiles folgern.

Der untere rechte Bogen ist bei dekompensierten Herzfehlern und bei den meisten Fällen von Herzinsuffizienz stärker ausgebuchtet. Am häufigsten finden wir dies bei der Mitralinsuffizienz. Hier wird die Ausdehnung des Bogens oft so hochgradig, daß wir alsdann eine relative Tricuspidalinsuffizienz ohne weiteres vermuten können. In solchen Fällen zeigt der untere rechte Bogen auch nicht selten eine Unterteilung. Der untere Abschnitt entspricht dann meiner Ansicht nach dem rechten Vorhof, der obere dem rechten Herzohr, während Neumann neuerdings die Ansicht vertritt, daß in solchen Fällen der linke Vorhof rechts randbildend werde.

Der obere rechte Herzbogen ist bei Erkrankungen der Aorta häufig dilatiert. Hierauf werden wir noch zurückkommen. Bei Insuffizienz der Aortenklappen ist die Frage oft schwer zu entscheiden, ob der Ascendensbogen anatomisch erweitert ist oder nur verstärkte Pulsation zeigt. Auffallend weit median stehend finden wir ihn bei Mitralfehlern.

Ähnliches ist vom linken obersten (Aorten-) Bogen zu sagen. Auch auf seine Besprechung werden wir noch zurückkommen.

Wichtig sind die Veränderungen des nächsten Bogens, des Pulmonal-bogens. Bei Herzinsuffizienz und besonders bei Stauung im kleinen Kreislauf, vor allem bei Mitralfehlern, sehen wir ihn erweitert, ebenso bei Pulmonalinsuffizienz. Wohl die stärkste Dilatation erfährt er bei gewissen kongenitalen Vitien — der Persistenz des Ductus Botalli und der angeborenen Aortenstenose. Ferner sehen wir ihn häufig bei Bestehen eines anämischen oder akzidentellen Geräusches (Konusgeräusch) dilatiert — auf die Ursache dieser Erscheinung werden wir noch zurückkommen — und auch sonst bei asthenischen und anämischen Personen stärker vorspringend.

Besonders interessant ist das Verhalten des dritten linken Herz-bogens, des Vorhofbogens. Lange Zeit waren die Ansichten über seine Entstehung auseinandergehend, und auch heute noch wird er häufig mit dem

Pulmonalbogen verwechselt oder von ihm nicht richtig differenziert. Zuzugeben ist allerdings, daß die Orientierung an diesem Teil der Herzsilhouette oft recht schwierig ist. Genaue Beobachtungen der Pulsationserscheinungen bei äußerst stark abgeblendeter Röhre des Orthodiagraphen wird aber dem Geübten sicher in der Mehrzahl der Fälle Aufschluß bringen. Die Methode Jaffés¹⁾ wird außerdem bei wichtigen Fällen auch graphische Belege liefern. Ich selbst habe schon a. a. O. betont, daß der Verlauf des linken Vorhofbogens sehr verschieden ist (meist mehr geradlinig), daß er normalerweise nur vom linken Herzohr verursacht wird, in recht wechselnder Ausdehnung vorliegt und in seltenen Fällen überhaupt nicht vom Pulmonalbogen abgesondert werden kann. Andererseits wird eine etwas stärkere Vorwölbung des linken Vorhofbogens von keinem vorsichtigen Untersucher sofort als pathologisch bezeichnet werden. Bei vielen nervösen Menschen sehen wir ihn (wohl mehr pulsatorisch) stärker vorspringend, ohne hieraus eine Herzerkrankung folgern zu wollen. Wenn sonach auch die eindringliche Warnung von Ebertz und Stuertz²⁾ vor Überschätzung der Wichtigkeit von geringen Formveränderungen des linken Vorhofbogens durchaus gerechtfertigt ist, so glaube ich andererseits, daß gerade die Arbeit dieser Autoren zeigt, daß leichte Regelwidrigkeiten im Verlauf des Pulmonal- oder des linken Vorhofbogens doch meist auch mit leichten Regelwidrigkeiten des übrigen klinischen Befundes einhergehen. „Es gibt zwischen physiologischer Funktion und krankhafter Funktion bekanntlich keine scharfe Grenze, sondern zweifellos eine breite Übergangszone.“ Also dürfen wir auch annehmen, daß derartige kleine „Regelwidrigkeiten“ zur Übergangszone gehören. Niemand wird einen jungen Menschen ohne subjektive Beschwerden als körperlich untauglich erklären, weil der Pulmonalbogen oder der Vorhofbogen etwas stärker vorgewölbt ist. Wenn aber gleichzeitig Ebertz und Stuertz sagen, daß unter ihrem Rekrutenmaterial „die überwiegend meisten dieser Fälle eine leichte Verstärkung des zweiten Pulmonaltones“ zeigten, dann beweisen sie selbst, daß die Art der Verwölbung der beiden mittleren linken Randbogen im übrigen klinischen Befund eine Parallele besitzt, daß die Fälle Übergangsfälle sind, und während der Militärzeit besonders genau beobachtet werden müssen. Beim Auftreten subjektiver Symptome würde ich in solchen Fällen die Verantwortung für weitere körperliche Anstrengungen resp. Überanstrengungen nicht übernehmen.

Die häufigste Ursache eines stark vorspringenden linken Vorhofbogens sind Mitralfehler. Ich kann Ebertz und Stuertz jedoch vollkommen beistimmen, daß bei frischen Vitien dieses Symptom fehlen kann. Andererseits habe ich ausdrücklich an verschiedenen Stellen betont, daß im Gegensatz zur Mitralklappenstenose bei Mitralklappeninsuffizienz der linke stark erweiterte Vorhof häufig vollkommen verdeckt werden kann. Hierüber Näheres weiter unten.

Wenden wir uns zum Schlusse zum unteren linken Herzbogen, dem linken Ventrikelbogen, so muß zunächst erwähnt werden, daß wir hier bei Mitralklappenstenose nicht selten eine auffallende Verkleinerung als Ausdruck einer Hypoplasie feststellen können. Andererseits ist er bei Aortenklappeninsuffizienz, ferner bei Aortenklappenstenose und Aortenerkrankungen oft enorm weit vorspringend. Bei älteren Fällen von Mitralklappeninsuffizienz endlich erscheint er weniger ins Lungensfeld vorspringend als nach oben hin, oft um das Doppelte seiner normalen Ausdehnung, verlängert. In diesen Fällen wird, worauf ich wiederholt aufmerksam gemacht habe, der untere linke Herzbogen nicht mehr von dem linken Ventrikel

¹⁾ Die Lokalisation des linken Vorhofs des Herzens im Röntgenbilde. Dissert. Berlin 1909.

²⁾ Über Gestaltung des linken mittleren Herzschatenbogens bei Herzgesunden. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 107.

allein, sondern im oberen Teil vom rechten Ventrikel gebildet. Die Grenze zwischen den beiden Bogen läßt sich zwar infolge der gleichsinnigen Pulsation am Schattenrand nur selten erkennen, manchmal zeigt sie sich nur als leichte, pulsatorisch ruhigstehende Einkerbung.

Die Erklärung für die Erscheinung, daß der rechte Ventrikel bei Mitralinsuffizienz oft randbildend wird, habe ich folgendermaßen gegeben. Bei Mitralinsuffizienz bedingt die Stauung im kleinen Kreislauf eine Mehrarbeit für den rechten Ventrikel, der infolgedessen hypertrophiert und bei Dekompensation dilatiert wird. Schon klinisch läßt sich dann eine Zunahme der absoluten Herzdämpfung feststellen. Zunächst wird nur der Tiefendurchmesser des Herzens zunehmen. Bei weiterer Vergrößerung des rechten Ventrikels wird sich dieser aber auch in der Ebene ausdehnen wollen. Nach rechts ist dies unmöglich, weil hier der an den Cavae fixierte rechte Vorhof im Wege steht, während nach unten das Zwerchfell, der Herzboden, eine Ausdehnung verhindert. Nach links muß eine Größenzunahme des rechten Ventrikels eine Verschiebung und Rückwärtsdrehung des linken Ventrikels und linken Vorhofs zur Folge haben. Da der rechte Ventrikel etwas schräg von links oben nach rechts unten verläuft, wird er also unter diesen Umständen links oben sehr bald randbildend werden und so einerseits den linken Vorhof teils nach hinten verdrängen, teils verdecken, andererseits den linken Ventrikel nach hinten verdrängen und links oben überlagern. Daher sehen wir auch in diesen Fällen röntgenologisch eine verhältnismäßig geringe Größenzunahme des linken Medianabstandes. Zu erwähnen ist noch, daß bei chronischer Nephritis aus gleichem Grunde der rechte Ventrikel randbildend werden kann.

Aus den vorstehenden Erörterungen können wir folgern, daß die Veränderung eines Herzabschnittes fast immer an den Randbogen der Herzsilhouette erkennbar wird. Es bezieht sich dies nicht nur auf diejenigen Herzhöhlen, die schon normalerweise an der Schattenrandbildung beteiligt sind, sondern auch auf jene, die normalerweise im Schatten verdeckt liegen, nämlich linker Vorhof und rechter Ventrikel.

Schließlich ist noch als anormale Verlaufsform der Herzrandbogen zu nennen: das Verstrichensein sämtlicher Randbogen, seltener nur einzelner Randbogen. Ich habe erstmals 1909 auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht und sie als Charakteristikum der Myodegeneratio cordis bezeichnet, also als Folge eines Tonusverlustes des Herzmuskels.

Man darf nun aber nicht folgern, daß jede geringe Unschärfe der Randbogenzeichnung auf eine Verminderung des Herztonus schließen ließe. Ich habe gegen diese Ansicht verschiedener Autoren erst kürzlich energischer Stellung genommen. Zehbes „schlafes Herz“ und Hoffmanns „Kordatonie“ sind vorläufig noch nicht feststehende Begriffe.

Ebenso gewagt halte ich die Versuche (Zehbe, Vaquez und Bordet), das Röntgenbild zur Differenzierung und zum Nachweis geringer Grade von Hypertrophie und Dilatation heranziehen zu wollen.

Dagegen können wir, wie ich in der 3. Auflage des Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik ausführte, als feststehend sagen: „Wenn bei einem stärker vergrößerten Herzen die Randbogen auffallend scharf geschwungen gezeichnet sind, so ist eine beträchtliche Hypertrophie der Ventrikel anzunehmen, hat das Herz Beutelform angenommen, so sagt dies nur, daß eine durch Hypertrophie ungenügend ausgeglichene Dilatation vorliegt.“ Beide Erscheinungen können beim gleichen Falle zu beobachten sein.

5. Pathologische Herzformen.

Die Form des Herzens als Ganzes wird selbstverständlich durch die geschilderten Veränderungen der einzelnen Randbogen, ebenso aber auch durch gewisse äußere Momente in mehr oder weniger typischer Weise umgestaltet¹⁾.

Das tropfenförmige Herz ist fast immer auch mediangestellt. Es erscheint ziemlich schwebend, vom Zwerchfell nicht unterstützt. Wir finden es besonders bei enteroptotischem, phthisischem und asthenischem Habitus, oft auch bei konstitutioneller Herzschwäche.

Das Emphysemherz ist ebenfalls meist mediangestellt. Der Herzgefäßschatten erscheint außerordentlich langausgezogen, eckig.

Das stehend eiförmige, oft hypoplastische Herz sehen wir bei reiner, gut kompensierter Mitralstenose, bei chronischer Tuberkulose, Krebskachexie und bei manchen Fällen von konstitutioneller Herzschwäche.

Das kugelige Herz ist typisch für reine Mitralinsuffizienz, für chronische Nephritis, für starke Hypertrophie der Ventrikel.

Das liegend eiförmige oder liegend walzenförmige Herz ist charakteristisch für Insuffizienz oder Stenose der Aortenklappen, für Sklerose im Anfangsteil der Aorta, Altersemphysem, Altersbronchitis, Hochstand des linken Zwerchfells, Skoliose, Adipositas.

Das Greisenherz gehört zu der liegend eiförmigen Form bei Sklerose.

Die schlaffe Beutelform des Herzens, treffen wir an, bei schwerer Myodegeneratio cordis und bei starker Dilatation des Herzens ohne entsprechend hochgradige Hypertrophie.

6. Anormale Intensitätsdifferenzen im Herzschaten.

Am Röntgenbilde des normalen Herzens lassen sich, wie erwähnt, nur geringe Intensitätsunterschiede bemerken. Wir sehen den Schatten der Aorta descendens eine Strecke weit durch den Herzschaten verlaufen, der Anfangsteil der Pulmonalarterie läßt sich manchmal gesondert erkennen, und der linke Vorhof, resp. das linke Herzohr, erscheint öfters als wenig hellerer Schattenteil.

Auch am pathologischen Herzen können wir bisher nicht viel aus Schattendifferenzen diagnostizieren. Verkalkungen sind am lebenden Herzen noch nicht nachgewiesen worden — Herzbeutelverkalkungen wurden schon erwähnt. Daß es uns aber doch vielleicht noch gelingen wird, Kalkablagerungen im Herzmuskel oder bei besonders günstig gelagerten Verhältnissen auch in den Herzklappen röntgenologisch sicherzustellen, lassen die interessanten Untersuchungen Simmonds am Leichenherzen erhoffen. Vielleicht wird es auch später gelingen, besonders stark verkalkte Koronargefäße auf der photographischen Platte zu erkennen. Hieraus wird aber für die Diagnose der Koronarsklerose kein Vorteil erwachsen. Denn bekanntlich kann auch die schwerste Koronarsklerose ohne jegliche Verkalkung verlaufen, während umgekehrt eine starke Wandverkalkung der Herzarterien bei erhaltenem Gefäßlumen ohne Beschwerden und ohne Bestehen klinischer Symptome vorhanden sein kann.

Zu erwähnen ist endlich der einzige bis jetzt publizierte Fall, in dem es mir möglich war, einzelne Herzhöhlen in größerer Ausdehnung voneinander zu differenzieren. Ich verweise bezüglich der genauen Krankengeschichte und aller Einzelheiten auf meine Publikation²⁾ und will hier nur den Röntgenbefund und meine Schlußfolgerungen wiedergeben.

¹⁾ S. hierzu die Tafel der Herzformen Abb. 70 auf S. 634 u. 635.

²⁾ Erste Mitteilung über die Differenzierung einzelner Herzhöhlen im Röntgenbilde etc. Fortschr. Bd. 16.

Die Orthodiagrammaufnahme bei der Patientin ergab für die transversale Herzdimension $4,5 + 11,3$ cm und führte zu ganz außerordentlich merkwürdigen und überraschenden Beobachtungen. Zunächst zeigte sich, daß die Intensität des Herzgefäßschattens links der Wirbelsäule verschiedene Grade aufwies. Man konnte vollkommen deutlich einen kräftigen, vertikal stehenden, von einem schwächeren, horizontal liegenden Schatten unterscheiden. Ersterer zeigte etwa die Form, die wir bei Mitralfehlern am linken Herzschatten zu finden gewohnt sind und überragte den horizontalen Schatten oben beträchtlich. Der liegende horizontale Schattenteil entsprach dagegen vollkommen dem Bilde, welches der linke Teil der Herzsilhouette gewöhnlich bei Erkrankungen der Aortenklappen bietet. Er überragte unten und links seitlich den Ventrikelschatten um mehrere Zentimeter.

Das Frappante dieses Befundes wurde durch die merkwürdigen Pulsationserscheinungen noch verstärkt. Es war deutlich zu sehen, daß der vertikale Schatten geringere und weichere Pulsationen ausführte als der Horizontalschatten, dessen kräftiger Pulsationstypus auch durch den dunklen Vertikalschatten hindurch beobachtet werden konnte. Recht schwierig war die Entscheidung, ob die beiden Schatten die pulsatorischen Bewegungen in ihrer ganzen Ausdehnung ausführten, und wie eigentlich die zeitliche Folge der Bewegungen an beiden Schattenrändern sei. Derartige Beobachtungen sind außerordentlich schwierig und ihre Resultate müssen sehr vorsichtig bewertet werden. In unserem Falle hatte ich den Eindruck, daß die beiden Schatten einheitliche Pulsationen ausführten, und daß die Kontraktionsbewegung des Vertikalschattens derjenigen des Horizontalschattens vorauslaufe. Endlich sei noch bemerkt, daß bei Drehungen der Patientin zum ersten schrägen Durchmesser hin der Horizontalschatten breiter, der Vertikalschatten schmaler wurde.

Ich kann hier nicht auf die verschiedenen Deutungsmöglichkeiten eingehen. Ich will nur daran erinnern, daß wir an eine angeborene Anomalie denken können. Genaue Wertung aller Momente und Beobachtungsergebnisse bringt mich aber zu dem Schlusse, das der Vertikalschatten dem stark dilatierten linken Vorhof, der horizontale Schatten dem linken Ventrikel entspricht.

Ich glaube, daß der geschilderte Fall auch eine seither noch nicht vollkommen geklärte Frage fördern dürfte, die Frage, wie die Entstehung des supraapikalen Querschattens zu deuten ist. Moritz hat zuerst darauf hingewiesen, daß die Herzspitze gelegentlich sehr schwach sichtbar ist und oberhalb der Herzspitze dann „ein ziemlich starker unzweifelhaft dem Herzen selbst angehöriger Schatten vom linken Herzrand medianwärts verläuft“. Ich selbst habe derartige Bilder einigemal beobachtet. Sie zeigen entschieden, wie auch die schematische Zeichnung bei Moritz beweist, einige Ähnlichkeit mit dem Befund, wie er oben geschildert wurde. An anderer Stelle habe ich ausgeführt, daß der besonders bei Mitralfehlern zu beobachtende Querschatten unmöglich, wie Moritz meint, vom Septum herrühren könne; Moritz meint bezüglich der Entstehung dieses Schattens „es kann kein Zweifel sein, daß er dem Kammerseptum seine Entstehung verdankt; da das Septum von den Strahlen im Querschnitt getroffen wird, so muß es einen dichteren Schatten als die umgebenden Partien und insbesondere als der unter ihm liegende muskelschwache rechte Ventrikel geben können“. Ich glaube diesem Erklärungsversuch in verschiedener Hinsicht nicht zustimmen zu können. Erstens kann meiner Ansicht nach das dünne Septum bei sagittaler Durchleuchtung niemals einen Schatten erzeugen. Es wäre nur denkbar, daß einmal das Septum mit seiner ganzen Fläche parallel zur Strahlenrichtung eingestellt wäre und dann einen strichförmigen Schatten erzeugt. Hier aber handelt es sich um einen Flächenschatten, der nur dadurch zustande kommen kann, daß im Bereiche des intensiveren Schattens ein

Herzteil vor oder hinter jenem Herzteil liegt, der dann tiefer unten allein einen schwächeren Schatten erzeugt. Daß dieser untere Schatten vom rechten Ventrikel allein gebildet wird, erscheint mir nicht wahrscheinlich, denn dann würde er ja allein die Herzspitze bilden, was meines Wissens nicht vorkommt. Auch spielt am lebenden Herzen die Wandstärke der Herzhöhlen für die Intensität des Röntgenshattens eine untergeordnete Rolle gegenüber der Blutfüllung. Viel wahrscheinlicher schien es mir von jeher, daß der Bereich des intensiveren Schattens dem dilatierten und stärker mit Blut gefüllten linken Vorhof entspricht, der dann sackartig der dorsalen Herzfläche aufsitzt.

Dieser Erklärungsmodus scheint nun in der Tat durch meinen Fall bestätigt zu werden. Es dürfte sich bei jenen Patienten, bei welchen seither ein suprapikaler Querschatten beobachtet wurde — wie betont, waren es meist Mitralfehler — immer um ähnliche, wenn auch weniger stark und deutlich ausgeprägte Verhältnisse wie in dem geschilderten Krankheitsfall gehandelt haben: um eine teilweise Kreuzung von Kammer- und Vorhofschatten.

7. Pathologische Herzdimensionen.

Bei Besprechung der Durchschnittswerte für das normale Herzorthodiagramm fanden wir bereits, daß die Orthodiagrammgröße neben der Körpergröße noch von vielerlei Momenten abhängig ist.

Legen wir uns nun die Frage vor, ob wir mit Hilfe der Orthodiagraphie und an Hand der aufgeführten Tabellen eine geringfügige Herzvergrößerung nachweisen können, so müssen wir dies ganz entschieden verneinen. Ich habe an verschiedenen Stellen der Literatur betont, daß die Schwankungsbreite der Normalzahlen oft 3 cm überschreitet, weshalb die millimeterweise Angabe einer Herzvergrößerung ein Unding sei. Auch Otten weist darauf hin, daß zwischen Minimal- und Maximalwerten einerseits, und Mittelwerten andererseits, innerhalb derselben Größenklasse bei Herzgesunden Differenzen bestehen können, die bis zu 2,6 cm betragen, während die Unterschiede zwischen den Mittelwerten zweier aufeinander folgender Größenklassen kaum 0,5 cm überschreiten. Auch Otten kommt daher zu dem Schlusse, daß es unmöglich ist, im einzelnen Fall zu entscheiden, ob eine geringe Vergrößerung des Herzschatens vorliegt oder nicht. In Übereinstimmung mit mir findet er die Bedeutung der Orthodiagraphie für die frühzeitige Erkennung geringfügiger Herzveränderungen resp. einer beginnenden Dilatation in der Möglichkeit, Formveränderungen der Herzsilhouette schon zu einer Zeit zu erkennen, wo die von mancher Seite immer noch ausschließlich berücksichtigten Größenabmessungen keine Abweichung von der Norm aufweisen können.

Aber auch der Grad einer deutlichen Herzvergrößerung sollte, wie ich wiederholt betont habe, nicht zahlenmäßig angegeben werden — eben wegen der großen Schwankungsbreite der Durchschnittszahlen —, sondern nur schätzungsweise, als etwas vergrößert oder stark vergrößert usw. Hiermit ist wohlverstanden nur die zahlenmäßige Angabe der Vergrößerung, nicht die der Größe selbst gemeint. Die Herzgröße soll so exakt wie nur möglich in jedem Falle zahlenmäßig ermittelt werden. Nur ein durchaus korrektes Orthodiagramm läßt uns auch feinere Formveränderungen erkennen, nur eine ganz zuverlässige Herzzeichnung gestattet bei wiederholter Untersuchung einen Schluß auf eingetretene Herzgrößenänderungen. Letzteres ist neben der Formbestimmung die wichtigste Aufgabe der Orthodiagraphie. Denn der Nachweis einer im Laufe der ärztlichen Beobachtung auftretenden Größenänderung des Herzens ist von großer prognostischer Bedeutung.

Die Frage, bei welchen Herzkrankheiten das Herz mehr oder weniger stark vergrößert gefunden wird, ist ziemlich nebensächlich. Der Grad der Vergrößerung hängt in erster Linie davon ab, wie oft und wie lange die Kompensation gestört war. Bemerkenswert ist nur die geringe Herzgröße bei reiner Mitralstenose, die besondere Breitenzunahme bei Aortenfehlern und die Höhenzunahme (nach links oben) bei Mitralinsuffizienz.

Im Vergleich zu den bisher besprochenen praktisch wichtigen Fragen bietet es nur theoretisches und wissenschaftliches Interesse, die durchschnittlichen Größenverhältnisse bei verschiedenen Allgemeinerkrankungen festzustellen.

Unter den Krankheitsformen, die für gewöhnlich verhältnismäßig kleine Herzmaße zur Folge haben, ist zunächst die eigentlich bei den Herzkrankheiten selbst zu erwähnende konstitutionelle Herzschwäche zu nennen. Da sie aber meist mit allgemeiner Asthenie und Enteroptose kombiniert vorkommt, sei sie hier aufgeführt. Kraus hat zuerst das Röntgenbild der konstitutionellen Herzschwäche beschrieben und auf die auffallende Kleinheit der Herzdimensionen aufmerksam gemacht. Ich kann seiner Auffassung beipflichten, daß wir in ausgesprochenen Fällen ein wirklich kleines, hypoplastisches Herz finden.

Bei den übrigen Fällen von Asthenie usw. sehen wir zwar auch ein kleines Herzbild, das meist gleichzeitig langgestreckt ist. Hier ist aber die Frage, ob das Herz zu klein ist oder nicht, aus den nämlichen Gründen unbeantwortbar, die uns dies bezüglich einer geringen Größenzunahme verbieten. Dasselbe ist auch bei Emphysem zu sagen.

Endlich ist noch zu erwähnen, daß Adler und Krehbiel (Arch. of internal med. 1912) eine beim weiblichen Geschlecht häufiger anzutreffende „kongenitale Mikrokardie“ beschrieben haben, deren Ursache und Ätiologie sie aber nicht deuten können.

Auch bei einigen zu allgemeiner Abmagerung führenden chronischen Krankheiten sehen wir entsprechend der Abnahme der Körpermuskulatur eine Verkleinerung des Herzschattens. So fand ich bei Karzinomkranken besonders häufig einen kleinen Herzschatten, was auch mit den perkutorischen Erfahrungen Gordons (Brit. med. Journ. 248) übereinstimmt.

Ähnliches ist auch bezüglich der chronischen Tuberkulose zu sagen, wieweil hier die Meinungen etwas auseinandergehen. Lange Zeit galt die Ansicht, daß bei der chronischen Tuberkulose das Herz an Volumen zunimmt, und zwar besonders das rechte. Krehl (Pathol. Physiologie) ist der Meinung, daß durch die pathologisch-anatomischen Untersuchungen von Reuter und Hirsch einwurfsfrei nachgewiesen sei, daß der rechte Ventrikel bei einer großen Zahl Tuberkulöser auffallend schwer sei. Achilles glaubt auch röntgenologisch ein abnorm großes Herz bei Tuberkulösen nachgewiesen zu haben. Daß eine derartige Größenzunahme schwer nachweisbar ist, liegt auf der Hand. Auch Pottenger, der die Wichtigkeit des Kräftezustandes des Herzens bei tuberkulösen Individuen betont, spricht sich dahin aus. Von anderer Seite wieder wird eine Herzverkleinerung als häufiger Befund bei Tuberkulose festgestellt. Reis, R. Beck, Mendel und Selig, Kersten u. a. sind zu diesem Ergebnis gekommen. Ob wir aber hier an ein kongenital kleines Herz oder gar an eine durch dieses bedingte Prädisposition für die Phthise denken dürfen, das möchte ich noch sehr bezweifeln. Ich selbst habe, wie ich a. a. O. ausführte, häufig bei Patienten, die lange Jahre an Tuberkulose der Lungen litten, relativ kleine Herzmaße gefunden. Dann war in der Regel auch der allgemeine Ernährungszustand sehr heruntergekommen, und ich habe die geringe Herzgröße in solchen Fällen einfach als Ausdruck allgemeiner Unterernährung angesehen. Bei frisch akquirierter Tuberkulose habe ich überhaupt keine auf die

Tuberkulose zurückzuführenden abnormen Verhältnisse in der Herzgröße feststellen können.

Von chronischen Erkrankungen, die in der Regel eine Zunahme der Herzgröße bedingen, ist besonders die chronische Nephritis zu nennen. Auch im Verlaufe der Schwangerschaft soll sich das Herzvolum vergrößern (Müller und Jaschke). Die Röntgenstrahlen können hier natürlich der enormen Lageveränderung des Herzens wegen keinen Aufschluß geben. Bei Sklerose und Altersemphysem findet man die Orthodiagrammaße regelmäßig ein wenig vergrößert. Der genaue Entscheid, ob eine pathologische Größenzunahme vorliegt, ist jedoch meist schwierig, besonders wenn es sich um ältere Personen handelt, bei denen wir auch ohne vorgeschrittene Sklerose das dem Skleroseherz ähnliche Greisenherz finden. Endlich ist noch das Skoliosenherz zu nennen, das nach anatomischen Untersuchungen in 66% Hypertrophie und Dilatation aufweist. Über die Röntgensymptome des Skolioseherzens haben ausführlicher Brugsch, und neuerdings Amelung, berichtet.

8. Größenschwankungen des pathologischen Herzens.

Wie wir sahen, ist der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Größe des normalen Herzschattens zwar gering, aber doch mit Hilfe der Röntgenstrahlen nachweisbar. Eine andere Frage allerdings ist es, ob die gefundenen Größenänderungen der Herzsilhouette durch Größenänderungen des Herzens oder durch andere Momente (Lageänderung etc.) bedingt sind. Ich persönlich stehe auf dem Standpunkt, daß der Regulationsmechanismus des Herzens so fein eingestellt ist, daß für gewöhnlich die Auswurfsmenge des gesunden Herzens und hiermit auch die eigentliche Herzgröße ziemlich konstant bleibt. Eine ausführliche Diskussion dieses Punktes würde hier zu weit führen.

Weit eher läßt sich annehmen, daß ein aus irgend einer Ursache geschwächtes oder geschädigtes Herz auf bestimmte Faktoren mit einer Größenänderung reagiert. Aber auch hier sind wir seither nur in wenigen Punkten zu befriedigender Lösung gelangt. In meiner „Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäß-erkrankungen“ habe ich im Kapitel „Volumschwankungen des gesunden und kranken Herzens“¹⁾ dieses Thema ausführlich behandelt. Ich beschränke mich hier auf ein kurzes Resümee.

Die Körperlage hat auf das Orthodiagramm des pathologisch vergrößerten Herzens einen geringeren Einfluß als auf das normale Herz (F. Groedel, Dietlen). Pathologische Atmung soll eine Herzverkleinerung verursachen bei Asthma bronchiale (Moritz, Götzel und Kienböck), beim Asthmaanfall und bei Kindern mit diphtherischer Larynxstenose (Dietlen) und bei Stenokardie (Kienböck). Beim tachykardischen Anfall wurden früher häufig Herzvergrößerungen beobachtet (Hornung), neuerdings eher eine Herzdilatation (Dietlen, Th. Groedel). Körperliche Überanstrengung bewirkt im Tierversuch (de la Camp) nach experimenteller Schädigung des Myokards eine Herzdilatation. Dagegen konnte de la Camp weder bei Rekonvaleszenten, Anämischen, Chlorotischen, Kachektischen, noch bei Lungen- und Herzkranken durch Überanstrengung eine Herzvergrößerung hervorrufen. Im Verlaufe von Infektionskrankheiten nimmt die Herzgröße häufig zu; nach Dietlen bei Diphtherie, nach Schieffer bei Scarlatina, bei Polyarthritiden häufig, bei Typhus, Pneumonie und Sepsis seltener (Dietlen). Bei künstlich anämisierten Hunden fanden Lüdke und Schüler eine Vergrößerung der Herzsilhouette und besonders des Gefäßschattens bei gleichzeitigem Auftreten anämischer Geräusche über dem Sternum.

¹⁾ Dortselbst auch Literaturangaben.

Während des Krieges hatte ich Gelegenheit eine große Zahl von Typhusrekonvaleszenten zu untersuchen. Ich will hier von dem, was ich über meine Röntgenbeobachtungen in der Dtsch. med. Wochenschr. (1915. Nr. 50) gesagt habe, nur hervorheben, daß ich unter 800 orthodiagraphisch untersuchten Typhusrekonvaleszenten nur einige wenige mit geringer Herzvergrößerung fand.

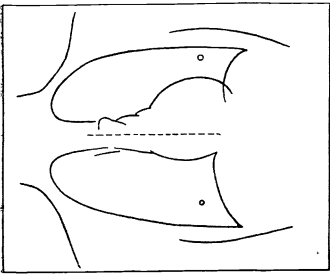
Weit zahlreicher sind die Mitteilungen über den Einfluß physikalischer Behandlungsmethoden auf die Herzgröße, besonders auf die des pathologischen Herzens.

Beck und Dohan fanden nach einem heißen Bad meist eine Herzverkleinerung, nach einem kalten Bad eine Herzvergrößerung. Ähnlich, wenn auch weniger regelmäßig, fand Schminke diese Verhältnisse, und noch größere individuelle Unterschiede ergaben die Versuche von Selig. Zusatz von Kohlensäure soll die Resultate im einzelnen Fall verändern. Selig, Hensen, Schott, Kingscote u. a. fanden nach dem einzelnen indifferent warmen CO₂-Bad einen Rückgang der Herzgröße, Grunmach, Moritz widersprachen dem, wie auch viele andere Autoren. Schminke, Selig u. a. wollen neuerdings wieder manchmal eine Herzverkleinerung gesehen haben, ebenso Fürstenberg und Scholz nach Sauerstoffbädern. Eine konsequente durchgeführte Kur mit CO₂-Bädern wirkt (Th. und F. Groedel) wohl nur reduzierend auf eine Herzdilatation, wenn diese noch nicht durch Hypertrophie des Muskels anatomisch fixiert ist. Wir fanden als das Maximum des Größenrückganges 2 cm, womit frühere Befunde anderer Autoren (Rückgang um 17 cm) im Widerspruch stehen.

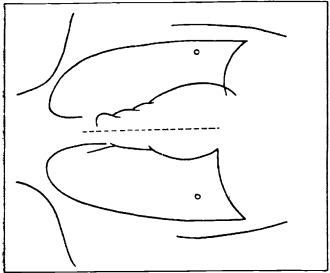
Ich selbst habe seinerzeit die Frage, ob eine durch ein Bad verursachte Herzgrößenänderung röntgenologisch nachweisbar ist, und wie man deren Zustandekommen theoretisch erklären kann, an praktischen Beispielen und theoretisch eingehend erörtert. Meine Schlußfolgerungen habe ich folgendermaßen zusammengefaßt: „Badeprozeduren, welche eine Pulsbeschleunigung verursachen, können eine geringe diastolische Herzverkleinerung, solche, die eine Pulsverlangsamung hervorrufen, eine geringe systolische Herzvergrößerung zur Folge haben. Die Größenzu- resp. -abnahme ist jedoch so gering, daß ihr praktischer Nachweis große Schwierigkeiten bietet und oft mißlingen dürfte. Auf die Respiration wirken die verschiedenen Bäderformen in mannigfacher Weise, und zwar auf Atemfrequenz, Atemtiefe, Atemtypus usw. Daher wird der Zwerchfellstand durch die Bäder in verschiedener Beziehung verändert und hiermit zugleich die Herzform (vielleicht auch die Herzgröße) wesentlich beeinflußt, so daß die ev. durch die gleichzeitig auftretende Pulsfrequenzänderung hervorgerufene Größenänderung des Herzens bald verstärkt, bald kompensiert wird. Ob die respiratorischen, sehr ungleichmäßig und ungleichförmig auftretenden Größenänderungen der Herzsilhouette durch eine Volumänderung des Herzens bedingt sind oder nur durch Formänderungen des Orthodiagramms vorgetäuscht werden, läßt sich nicht entscheiden.

So können wir den verschiedenen Autoren nur beistimmen, wenn sie durchwegs zu dem Schlusse kommen, daß die hydriatischen Prozeduren ein ausgezeichnetes Mittel sind zur Beeinflussung des Herz- und Gefäßsystems, daß aber der Wert dieser therapeutischen Maßnahmen nicht durch die Herzgrößenbestimmung, sondern durch die funktionelle Prüfung des Herzens erbracht werden muß.

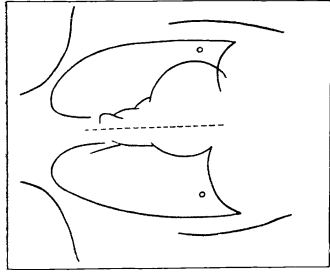
Beobachtungen bei Anwendung anderer physikalischer Behandlungsmethoden ergaben folgendes: Hydroelektrische Bäder und oszillierende Ströme (Rumpf), manuelle Massage (Rimbach), Herzvibration (Selig), Hochfrequenzströme (Grabley) und Widerstandsgymnastik (Schott) wirken herzverkleinernd. Letzteres wurde energisch bestritten durch Groedel I, Zuntz, Leyden,



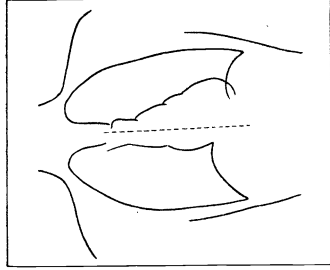
a) Normales Herz.



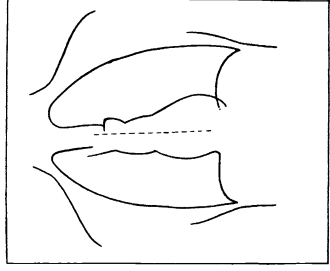
b) Steil- und median-
gestelltes Herz.



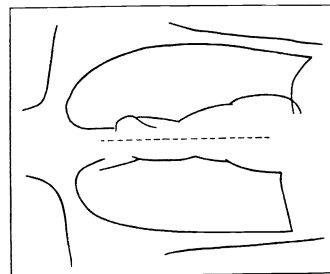
c) Liegendes Herz.
(Adipositas, Altersherz etc.)



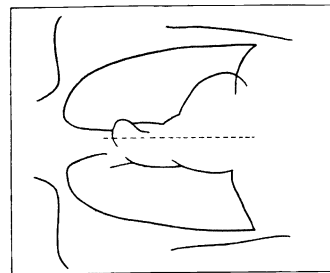
d) Herz bei Asthenie,
Phrenokardie und Conus-
geräusch (Tropfenherz).



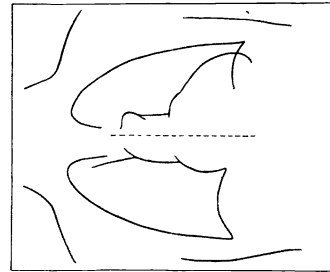
e) Herz bei konstitutio-
neller Herzschwäche
(Hypoplasie).



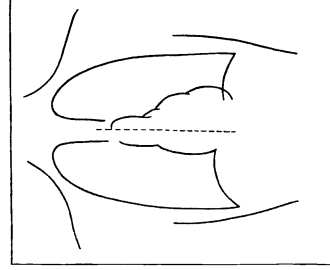
f) Emphysemherz.



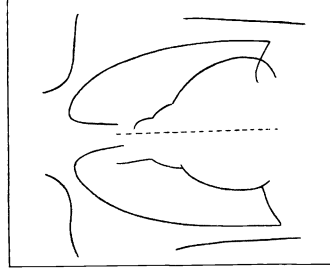
g) Aortenstenose
(Sklerose).



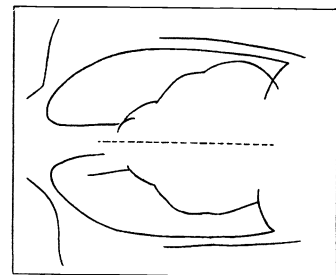
h) Aorteninsuffizienz.



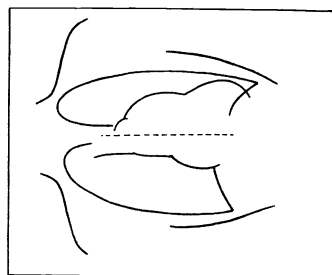
i) Mitralkstenose.



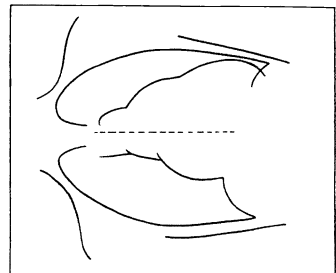
k) Mitralkinsuffizienz
(Nephritis).



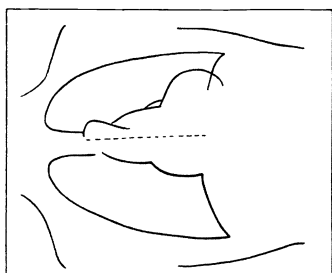
p) Dekompensierter Mitralfehler.



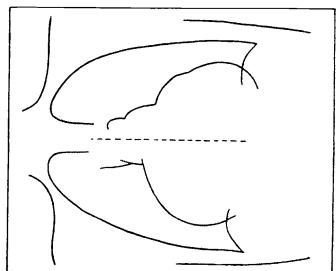
u) Persistenz des Ductus arteriosus Botalli.



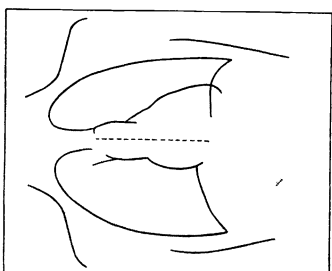
o) Pulmonalinsuffizienz.



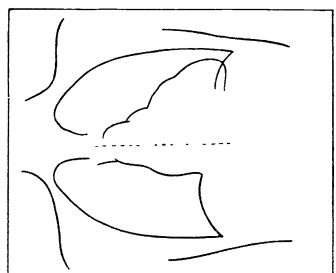
t) Kongenitale Aortenstenose.



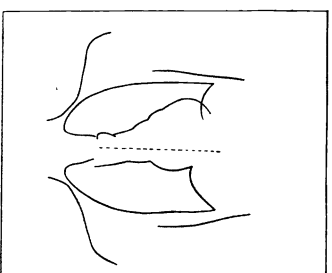
n) Mitralfehler und Tricuspidalinsuffizienz.



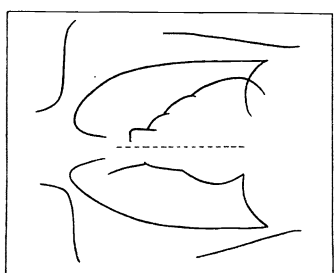
s) Foramen ovale apertum.



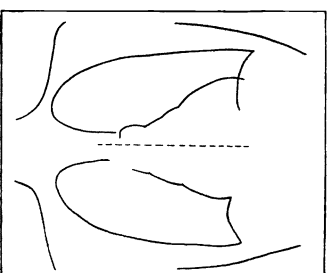
m) Mitralfehler und Aortenfehler kombiniert.



r) Pulmonalstenose.



l) Mitralsuffizienz und -stenose.



q) Myocarditis.

Abb. 70. Die normalen u. pathologischen Herzformen im Röntgenbilde. (Theo Groedel u. Franz M. Groedel. Röntgentaschenbuch Bd. IV.)

Dumstrey, Metzner. Ich selbst habe mich wie folgt geäußert: „Die Herzgröße wird in der Regel durch lege artis ausgeführte Widerstandsbewegungen nicht nennenswert verändert, wie meine unter allen Kautelen vorgenommenen Untersuchungen zeigen. Ich kann die Möglichkeit nicht von der Hand weisen, daß unter außergewöhnlichen Umständen, wie ich sie vielleicht zufällig nie angetroffen habe, eine deutlich nachweisbare Herzverkleinerung, wenn auch nicht in dem Maße, wie von anderen berichtet worden ist, eintreten kann. Das sind aber seltene Ausnahmefälle. Mit dieser Tatsache wird der Wert der Gymnastik keineswegs in Frage gestellt, denn jahrelange Erfahrung hat ihren therapeutischen Effekt zur Evidenz bewiesen.“

9. Röntgensymptome des pathologischen Herzens.

Kongenitale Pulmonalstenose. Keinerlei Herzveränderung im Röntgenbild. Eventuell pulsatorische Erscheinungen durch den meist gleichzeitig vorhandenen Septumdefekt bedingt (Abb. 71).

Kongenitale Aortenstenose. Horizontalgelagertes, liegend-eiförmiges Herz, starke Ausbuchtung der Pulmonalis.

Persistenz des Ductus arteriosus Botalli. Sehr starke Vorbuchtung und verstärkte Pulsation des Pulmonalbogens (Abb. 72).

Foramen ovale apertum. Keinerlei Röntgensymptom. Hierauf Differentialdiagnose gegenüber Duktuspersistenz zu stützen.

Defekt im Ventrikelseptum. Pumpende, ventrikuläre Bewegungen des rechten unteren Herzbogens, manchmal gleichsinnige Bewegung des rechten und linken Herzschatenrandes.

Isolierte Dexiokardie. Angeboren, noch nie röntgenologisch beobachtet. Pleuritische Genese röntgenologisch stets nachweisbar (Abb. 67).

Situs inversus. Das Herz, wie auch alle anderen Organe, liegen seitenverkehrt, zeigen also das Spiegelbild des normalen Situs.

Transposition der Gefäße, bisher nur von Mohr beobachtet, erkenntlich am nach rechts gerichteten Aortenbogen.

Tropfenherz bei Asthenie, Enteroptose, phthisischem Habitus, Phrenokardie, Anämie, Konusgeräusch, Debilitas cordis, weakened heart. Das Herz scheint frei zu schweben, der Herzboden — das Zwerchfell — steht tief. Häufig leichte Vorbuchtung und verstärkte Pulsation des Pulmonalbogens, seltener des linken Herzhobogens (Abb. 73).

Konstitutionelle Herzschwäche. Oft ähnlich wie das Tropfenherz, häufig sehr klein (Hypoplasie) (s. Abb. 73).

Emphysemherz. Ähnlich dem Tropfenherz, aber noch mehr median gestellt und eckiger Verlauf der Randbogen.

Aortenstenose. Liegend-eiförmiges, walzenförmiges, horizontalgelagertes Herz. Linker unterster Bogen mäßig ausgebuchtet. Rechter und linker Aortenbogen nicht verändert (s. Abb. 74).

Bei Sklerose, besonders Aortensklerose, Aortenaneurysmen, Altersemphysem und Bronchitis, bei alten Individuen und bei vielen Fällen von Skoliose, das Herz gleich dem bei Aortenstenose (s. Abb. 74).

Aorteninsuffizienz. Liegend-eiförmiges, walzenförmiges, horizontalgelagertes Herz. Linker unterster Bogen meist sehr stark ausgebuchtet, rechter oberer stark pulsierend, oft anatomisch leicht dilatiert (s. Abb. 75).

Mitralstenose. Stehende, schmale Eiform. Linker Vorhofbogen stark ausgebuchtet und pumpend pulsierend. Linker unterster Bogen kleiner als normal. Geringe Herzdimensionen (s. Abb. 76).

Frische Mitralinsuffizienz. Leicht kugelige Form. Manchmal rechter Vorhofbogen, seltener linker Vorhofbogen etwas mehr ausgeprägt.

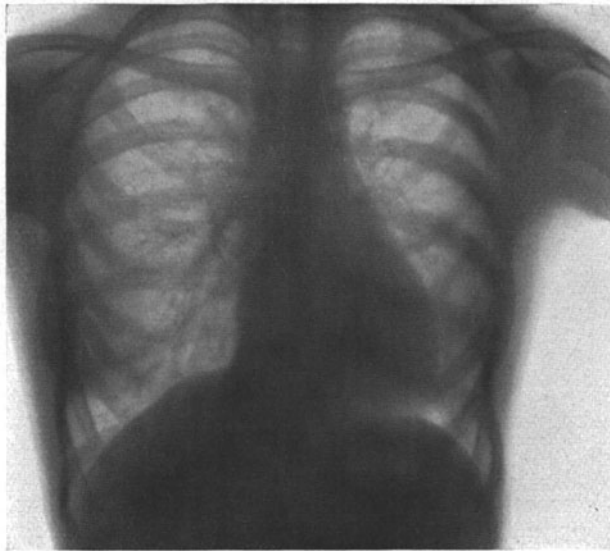


Abb. 71. Pulmonalstenose. (11j. ♀.)



Abb. 72. Persistenz des Ductus arteriosus Botalli. (50j. ♀.)
Starke kardial bedingte Lungenstauung, Zeichen einer Insuffizienz des kleinen Kreislaufes.

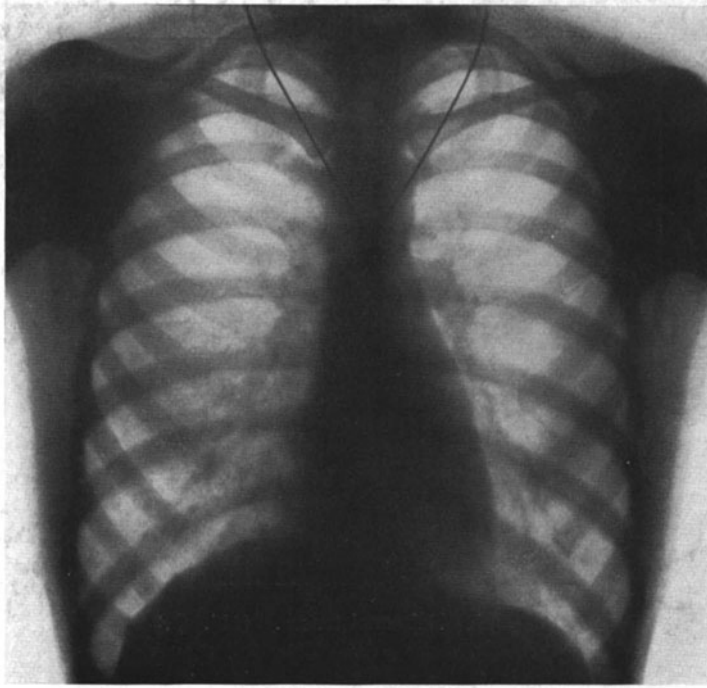


Abb. 73. Herz bei Asthenie. (22j. ♀.)

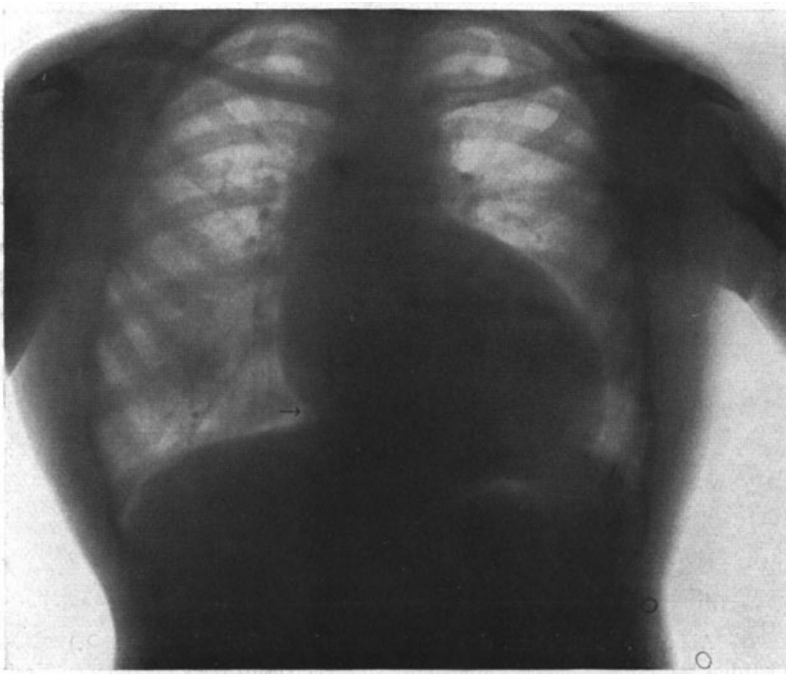


Abb. 74. Aortenstenose. (33j. ♀.)



Abb. 75. Aorteninsuffizienz mit Dilatation der Aorta ascendens. (38j. ♂.)

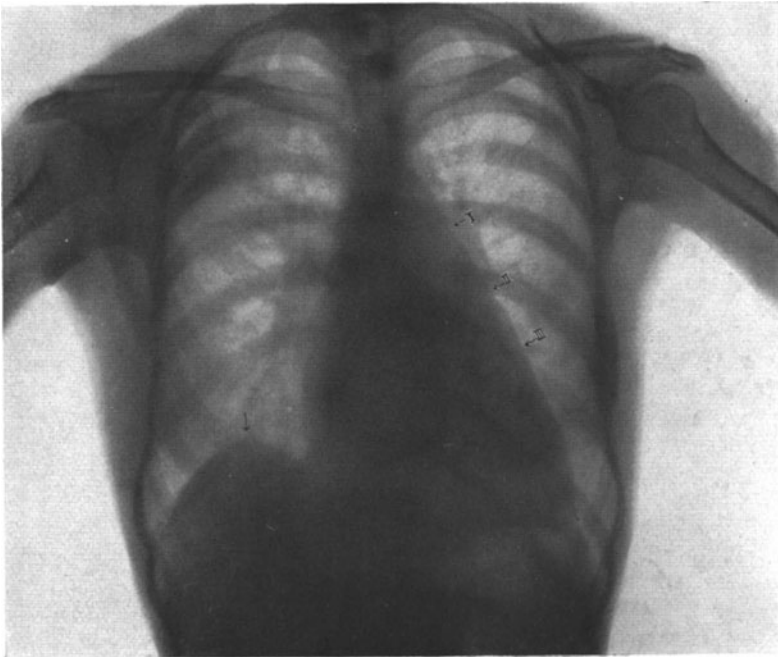


Abb. 76. Mitralstenose. (20j. ♀.) → pleurit. Adhäsion.

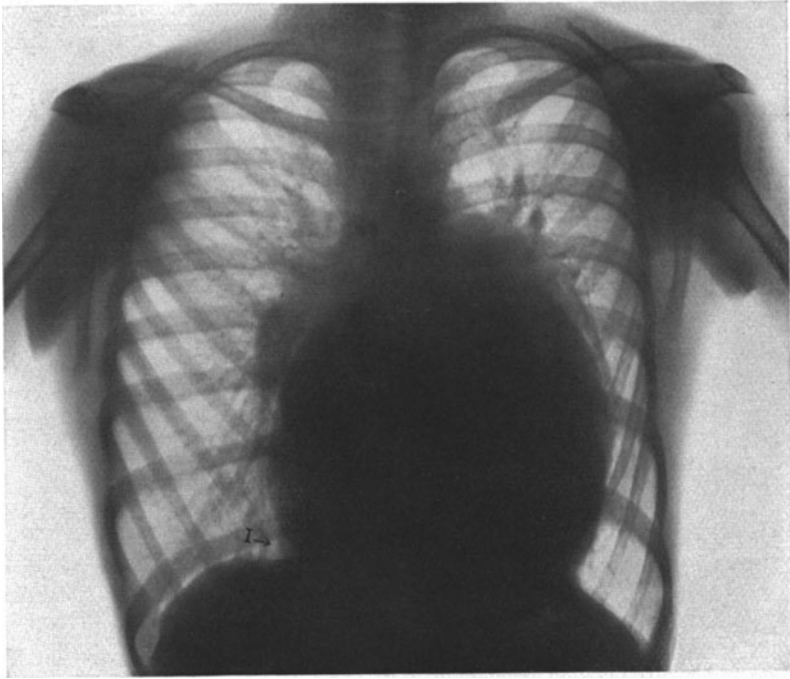


Abb. 77. Mitralinsuffizienz. (18j. ♂.)

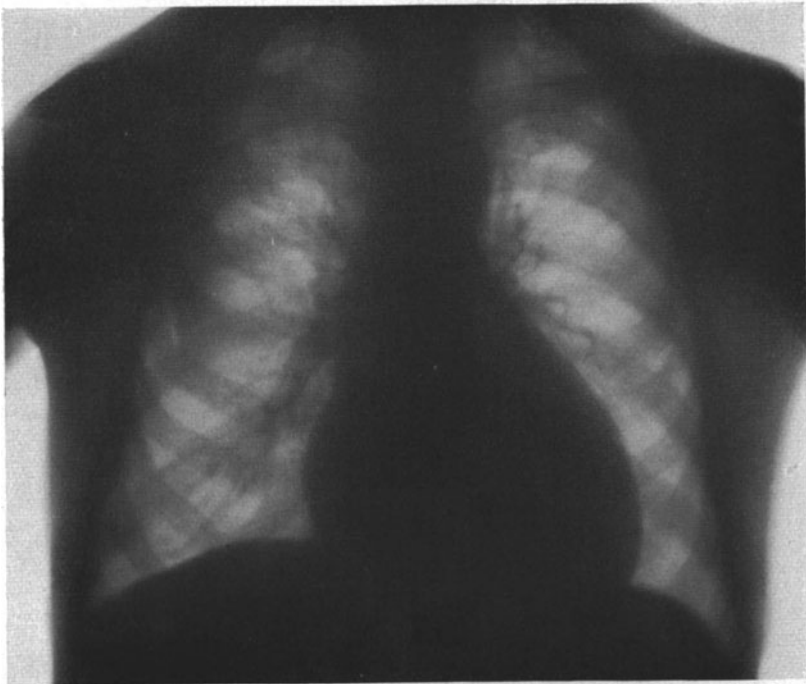


Abb. 78. Insuffizienz und Stenose der Mitralklappen. (55j. ♂.)

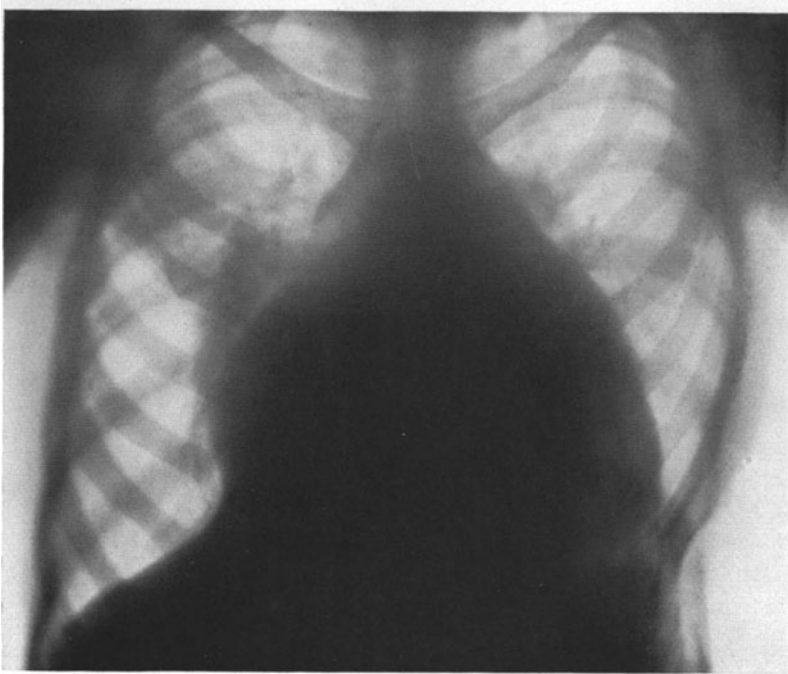


Abb. 79. Insuffizienz und Stenose der Mitralklappen mit Rekurrenzlähmung.] (22j. ♂.)



Abb. 80. Insuffizienz und Stenose der Mitralklappen, Insuffizienz der Trikuspidalklappen. (40j. ♂.)

Ältere Mitralinsuffizienz. Kugelige Herzform. Rechter unterer Bogen erweitert, rechter oberer verschmälert. Aorta in toto wenig sichtbar. Pulmonalbogen häufig dilatiert. Der erweiterte linke Vorhofbogen sieht manchmal, aber selten, noch hinter dem kugeligen Herzschatten hervor. Unterer linker Bogen bedeutend nach oben, weniger nach außen vergrößert, wird vom linken Ventrikel im unteren, vom rechten im oberen Teil gebildet. Manchmal pulsatorische Trennungsfurche sichtbar.

Nephritischer Herz. Meist ähnlich dem kugeligen Mitralherz. Auch hier häufig der untere linke Bogen vom linken und rechten Ventrikel gebildet. Manche Fälle von Skoliose zeigen dieselbe Herzkonfiguration.

Kombinierte Mitralfehler (Ins.+ Sten.). Es überwiegen bald die Charakteristika der einen, bald die der anderen Form. Die Form des Herzens meist kugelig. Der linke Vorhof fast immer erweitert sichtbar (s. Abb. 78, 79, 80).

Kombination von Aorten- und Mitralaffektion. Ausgesprochene Schräg- resp. Diagonalstellung. Die Symptome der verschiedenen Vitien kombiniert.

Relative Tricuspidalinsuffizienz. Meist mit Mitralfehler kombiniert. Rechter unterer Schattenbogen enorm weit vorspringend. Vena cava superior sichtbar und pulsierend (s. Abb. 81).

Pulmonalinsuffizienz. Starke Ausbuchtung des Pulmonalbogens. Kugelige Form. Pulmonalstenose eventuell gleiches Bild.

Insuffizientes Herz (dekompensierte Vitien). Die Vorhöfe sind besonders bei Mitralfehlern stark dilatiert, der rechte untere Bogen zeigt oft Unter- teilung in Vorhof- und Herzohrbogen, die Pulmonalis stark vorgebuchtet, die Lunge knollig verdunkelt, besonders in der Hilusgegend. Nicht selten, verursacht durch geringen Hydrothorax, mäßige nach oben konkav begrenzte und median tiefer als lateral stehende Schatten in den äußeren Zwerchfellwinkeln.

Myocarditis. Meist dreieckige, schlaffe Form, ohne deutliche Differenzierung der Bogen. Außerdem die Charakteristika der Myocarditis ev. verursachenden Krankheit.

Herzneurosen. Verstärkter Aktionstypus.

Basedow. Flimmernde Herzaktion. Häufig Pulsation der Vena cava superior.

Paroxysmale Tachykardie. Flimmernde Herzaktion. Herzgröße meist unverändert.

Herzblock. Verschiedenartiger Pulsationsrhythmus der einzelnen Randbogen, häufig am rechten unteren und oberen Randbogen gut zu beobachten.

Herztumor. Keine regelmäßigen Symptome.

Fremdkörper (Geschosse) bewegen sich, wenn es sich um Wandsteckschüsse handelt, synchron der Pulsationsform des betreffenden Herzteils. Frei in einer Herzhöhle liegende Geschosse führen wirbelnde Bewegungen aus.

10. Beurteilung der Funktion des pathologischen Herzens.

Die Beurteilung der Funktion des pathologischen Herzens, resp. die Feststellung geringer Funktionsschädigung ist eine der wichtigsten Aufgaben der Herzdiagnostik. Leider müssen wir aber sagen, daß hier die Röntgenuntersuchung unsere Wünsche noch ebensowenig befriedigt, wie die sonstigen klinischen Untersuchungsmethoden.

Was über die am Herzen selbst zu erhebenden diesbezüglichen Befunde — Pulsationstypus, Tonus — zu sagen ist, wurde schon an verschiedenen Stellen

erwähnt. Es bleibt noch die Schilderung der röntgenologisch nachweisbaren Dekompensationserscheinungen übrig.

Ich kann mich mit der Wiedergabe dessen begnügen, was ich erstmals 1912 zu dieser Frage gesagt habe:

„So erkennen wir als röntgenologisches Zeichen der Herzdekompensation die Lungenstauung an der Verdunkelung der Lungen (Stauungsinduration) und der Ausdehnung der Pulmonalis, die Stauung im großen Kreislauf an der Ausdehnung des rechten Vorhofs und Herzohrs. Das rechte Herzohr kann auch nach Rückkehr der Kompensation weiterhin deutlich sichtbar und vom rechten Vorhof differenzierbar bleiben. Die Stauung im Lungenkreislauf ist das wichtigste Symptom. In vielen Fällen finden wir — abgesehen von leichtem Hustenreiz — oft keinerlei klinische Zeichen einer Dekompensation, während wir bei der Durchleuchtung die Lungenzeichnung vollkommen verwachsen, die Lungen verdunkelt, die Pulmonalis ausgedehnt, den Hilusschatten verstärkt sehen.“

Von einigen Autoren (Schwarz, Kienböck z. B.) wird behauptet, daß in solchen Fällen die Hilusschatten stark pulsieren, der positive Venenpuls also im Röntgenbild sichtbar sei. Das mag manchmal zutreffen. Häufiger handelt es sich aber meiner Ansicht nach um reitende Pulsationsbewegungen der Hilusgegend. Andererseits läßt sich natürlich, wie ich öfters beobachten konnte, der positive Venenpuls an den gestauten intrathorakalen Venen am Röntgen-schirm beobachten.

VIII. Die Röntgendiagnostik der Aortenerkrankungen.

Die Besprechung des normalen Röntgenbildes vom Zirkulationsapparat zeigte uns, daß wir die unveränderte Aorta nur in geringer Ausdehnung zur Darstellung bringen können. Es ist hauptsächlich der Anfangsteil der Aorta — speziell die Aorta ascendens und der Aortenbogen — der röntgenologisch stets untersucht werden kann. Dagegen scheint der Abstand der Aorta descendens von der Projektionsebene zu groß zu sein, um unter normalen Verhältnissen einen Schatten auf der photographischen Platte erzeugen zu können.

Im Sagittalbild sehen wir, wie ausführlich besprochen, den lateralen Rand der Ascendens als oberen rechten Herzbogen, einen Teil des Arcus als oberen linken Herzbogen und fast nur bei älteren Individuen den lateralen Rand der Descendens vom oberen linken Bogen nach unten der Mittellinie sich nähernd und durch den Herzschaten hindurch verlaufend.

In den schrägen Durchmessern und bei exzentrischer Thoraxprojektion erhalten wir sehr wechselnde Bilder. Ich kann meine Erfahrung dahin zusammenfassen, daß bei all diesen Projektionsarten nur die Ascendens einen Schatten ergibt. Dieser Schatten ist dem Herzschaten band- oder schornsteinartig aufgesetzt und endet ziemlich unvermittelt im hellen Lungenschatten. Sein oberes Ende kann dabei zugespitzt, keilförmig, abgerundet, einseitig beulenartig oder symmetrisch kolbig auslaufen. Es hängt dies ausschließlich davon ab, wie und in welcher Ausdehnung der Aortenarcus mit seiner Längsachse in der Strahlenrichtung steht. Denn seines größeren Plattenabstandes wegen wird der Aortenbogen nur dann einen Schatten erzeugen können — der sich natürlich dem Ascendensschatten direkt anschließt —, wenn durch günstige Einstellung in die Strahlenrichtung eine größere Blutsäule mehr oder weniger senkrecht zur Projektionsebene steht. Die Abb. 23 wird das Verständnis dieser Ausführungen erleichtern. Zu bemerken ist aber, daß wir für die Art des Schattenbildes, oder besser gesagt Schattenstumpfes der normalen Aorta im

verschiedenartig projizierten Röntgenbild durchaus keine Normen aufstellen können, da für sie zu vielerlei individuelle Momente maßgebend sind.

Was die Breite des normalen Aortenschattens anbelangt, so war hierüber bisher nichts Positives zu berichten. Wohl konnten wir in den meisten Fällen nach Moritz die „Gefäßwurzelbreite“ orthodiagraphisch ausmessen, also die größte Transversaldimension des Sagittalbildes zwischen sichtbarem Anfang des rechten oberen (Aorten-) Bogens und des linken Pulmonalbogens. Dieses Vorgehen ist aber meist recht schwierig und technisch nicht einwandfrei. Außerdem besprachen wir schon die recht verschiedenartige Gestaltung des Pulmonalbogens unter normalen Verhältnissen. Und schließlich kann uns die ev. gefundene Zahl nichts sagen, denn bald wird sie durch pathologische Zunahme der Wölbung des Pulmonalbogens, bald durch solche des rechten Aortenbogens, bald durch beide zusammen vergrößert sein. Auch werden individuelle Unterschiede, wie Länge des Gefäßbandes usw., eine maßgebende Rolle spielen. Wir mußten uns also damit begnügen, eine auffallende, mäßige oder starke Verbreiterung des Gefäßbandes oder der Gefäßwurzel bei normalem, langem oder kurzem Gefäßband in dem Untersuchungsprotokoll aufzuführen.

Daß wir im Sagittalbild die Aorta ascendens nicht isoliert darstellen können, wurde bereits erwähnt. Die verschiedenen sie kreuzenden Gebilde (Pulmonalis) und die sie teilweise überlagernden Schatten (Brustbein, Wirbelsäule) machen dies unmöglich.

Ein Ausweg wurde kürzlich von Lippmann und Quiring¹⁾ gefunden. Die beiden Autoren suchen sich bei auf die Aortenwurzel zentrierter Röhre die günstigste Drehung des Körpers für die Aufnahme im ersten schrägen Durchmesser und nehmen dann die Aufnahme bei 1 Meter Fokusplattenabstand vor. Wie die Abbildungen in der betreffenden Arbeit zeigen, können wir so leidlich genau die Ascendens erkennen und ihre Wurzelbreite ausmessen. Sie beträgt zwischen 2,5 und 3,8 cm und nimmt, wie ja auch anatomisch genau festgestellt, mit zunehmendem Alter zu. Ob das Verfahren in der Praxis zuverlässige Resultate zeitigen wird, ist schon deshalb etwas zweifelhaft, weil bei unersetztem Körperbau die Aufnahme im ersten schrägen Durchmesser häufig versagt.

Sollte die Methode nur einigermaßen praktisch verwertbar werden, so würde dies sehr zu begrüßen sein. Wir können dann auch ruhig die technischen Mängel übersehen, denn in Wirklichkeit läßt sich wohl nicht behaupten, daß die Descendens „ungefähr in natürlicher Größe“ dargestellt wird.

Ich habe (ebenso auch neuerdings v. Teubern) die Frage der orthodiagraphischen Bestimmung der Aortenmasse genauer geprüft. Meine Schlußfolgerungen (näheres s. Berl. klin. Wochenschr. 1918. Nr. 14) lauten:

Wir können also sagen, daß die Summe der beiden größten Entfernungen des rechten oberen (sogenannter Gefäßbogen) und des linken oberen Bogens (sogenannter Aortenbogen) von der Mittellinie der orthodiagraphisch gewonnenen Herzgefäßsilhouette etwa dem Durchmesser von Aorta ascendens plus descendens entspricht; benennen wir die beiden Größen in Anlehnung an die für die Herzmessung nach Moritz gebräuchlichen Maße, als Aortenmedianabstand rechts und links (AMr und Aml), so wäre die Summe beider als Transversaldurchmesser des Aortenschattens im sagittalen Orthodiagramm (AT) zu bezeichnen. Die Hälfte dieser Summe ($\frac{1}{2}$ AT) gibt uns den ungefähren Durchmesser des Anfangsteiles der Aorta an.

Ich weiß sehr wohl, daß eine große Zahl von Einwänden gegen letztere Deduktionen vorgebracht werden kann. Wir werden gerade durch die Röntgenforschung bei weiterer

¹⁾ Die Röntgenuntersuchung der Aortenerkrankungen mit spezieller Berücksichtigung der Aortenlues. Fortschr. Bd. 19.

systematischer Arbeit feststellen, daß mannigfache Momente die Form des Gefäßschattens beeinflussen. Ich erwähne nur: Thoraxform, Zwerchfellstand und Herzlage. Von krankhaften Veränderungen der umgebenden Organe, die natürlich ebenfalls den Aortentransversaldurchmesser beeinflussen, seien genannt: Wirbelsäulen- und Brustbeinanomalien, Lungenerkrankungen, speziell Emphysem, Tuberkulose und Pleuraschwarten usw. Und ganz allgemein kann vielleicht der Einwurf gemacht werden, daß die Ausmessung der beiden Medianabstände, wie wir sie oben angegeben haben, nicht dazu berechtigt, einen Rückschluß auf die Aortenweite zu ziehen. Ich will das ohne weiteres zugeben, obgleich ich hierauf zurückkommen werde und das Gegenteil zu beweisen hoffe. Jedenfalls bleibt dann immer noch die transversaldimension des Aortenschattens als solche ein wertvolles Vergleichsmaß, und mehr verlangen wir vorläufig gar nicht von dem Röntgenverfahren.

Am stichhaltigsten scheint mir noch der Einwand zu sein, daß der Aortentransversaldurchmesser durch die gesamte Thoraxform bzw. durch die von ihr bedingte Herzform und Herzlage, wie überhaupt vom Habitus des Menschen beeinflusst werden muß. Je schmaler der Thorax, um so tiefer steht das Herz, um so mehr wird wohl das Gefäßband ausgezogen und verschmälert, und umgekehrt. Denn unter normalen Bedingungen ist die Lage des Aortenbogens eine ziemlich fixe — sein oberer Rand steht etwa 1,0–2,0 cm unterhalb der Incisura jugularis — und je nach dem Hoch- oder Tiefstand des Herzens wird das Gefäßband kurz und breit oder lang und schmal erscheinen.

Um diese Fehlerquelle auszuschalten, messe ich stets auch die Länge des Aortenbandes. Liegen dann einmal abnorme Raumverhältnisse vor, so wird doch die Summe der Transversaldimension des sagittalen Aortenschattens und seiner Länge (AT und AL) einen Vergleich mit den Durchschnittszahlen gestatten.

Die Länge des Aortenschattens (AL) greife ich an der Mittellinie ab, indem ich auf sie den Schnittpunkt von rechtem Vorhoffbogen und rechtem Gefäßbogen und die höchste Erhebung des Aortenbogens projiziere. Dieses Maß ist nur ein röntgenologisches Hilfsmaß, jedoch dürfte es gleichzeitig die Ascendenzlänge ziemlich exakt wiedergeben.

Die Orthodiagramme wurden mittels meines Orthodiagraphen am sitzenden Objekt aufgenommen. Es wurden untersucht 35 herzgesunde Kinder I, 100 herzgesunde Rekruten II und 20 Feldweibel III.

Tabelle XIV.

Die Dimensionen des Aorten-Orthodiagramms.

	Anzahl	Alter	Größe	Gewicht	AMr	AMI	AT	AL	AT + AL
I. Durchschnitt	35	7	116	39,4	1,6	2,1	3,7	4,1	7,8
Minimum		18	160	54,5	1,5	2,0	4,3	5,7	10,9
II. Durchschnitt	96	20,5	175	69,8	2,4	2,9	5,3	7,5	12,8
Maximum		24	193	87,0	3,5	4,2	6,5	10,0	16,5
Minimum		29	164	63,0	2,0	2,2	5,1	5,8	11,2
III. Durchschnitt	20	30,5	173	75,0	2,5	3,3	5,8	7,1	12,9
Maximum		33	182	93,5	3,0	4,3	6,7	9,2	15,5

Tabelle XIV zeigt das Gesamtergebnis der Messungen bei den Kindern, Rekruten und Feldweibel. Ich habe auch die Maximal- und Minimalzahlen aufgeführt, um zu zeigen, daß die Schwankungsbreite keine größere wie die der Herzmaße ist. Bei den Rekruten und Feldweibel finden wir im wesentlichen gleiche Zahlen.

Es beträgt bei 18–33jährigen Männern der Mittelwert für:

Aortenmedianabstand rechts = AMr = 2,5 cm

Aortenmedianabstand links = AMl = 3,1 cm

Aortentransversaldimension = AT = 5,6 cm

Ascendenzlänge = AL = 7,3 cm

AT + AL = 12,9 cm.

In Tabelle XV sind die sämtlichen Befunde nach verschiedenen Altersgruppen geordnet. Die Mittelwerte steigen von der Jugend bis zum 18. bis 19. Lebensjahr. Dann steigt zwar die Aortenbreite weiter, ihre Länge nimmt aber im Durchschnitt ab, und die Summe AT + AL zeigt sogar die Tendenz zu fallen. Da mein Beobachtungsmaterial nur Männer umfaßt und mit der Altersgruppe 33 abschließt, sind alle Schlüsse nur relativ zu bewerten. Jedenfalls stimmt aber der Befund mit dem von Beneke und Suter und Iwakichi Kam an der Leiche erhobenen überein, daß der Aortenumfang — dem die Transversaldimension des Aortenorthodiagrammes sicherlich parallel zu setzen ist — mit den Jahren zunimmt. Eine Fortsetzung meiner Messungen gerade für das höhere Alter, speziell für die Zeit zwischen 35 und 60 Jahren, ist natürlich besonders wünschenswert. Denn gerade in diesen Jahren ist die Beurteilung der Aortendimensionen sehr wichtig, aber auch sehr schwierig. Dann wäre auch der Frage näher zu treten, ob normalerweise die Ascendenslänge mit dem Alter immer weiter zugunsten der Aortenbreite abnimmt, eine Frage, die bei den Leichenuntersuchungen, wie schon gesagt, seither leider nicht berücksichtigt worden ist.

Tabelle XV.

Die Dimensionen des Aorten-Orthodiagramms bei verschiedenen Altersgruppen.

Anzahl	Alter	AMr	AMl	AT	AL	AT + AL
8	5	1,6	1,9	3,5	3,1	6,6
6	6	1,4	2,2	3,6	3,9	7,5
6	7	1,7	2,0	3,7	4,2	7,9
7	8	1,7	2,3	4,0	4,6	8,6
3	9	1,9	2,4	4,3	5,1	9,4
5	10	1,9	2,1	4,0	4,9	8,9
3	18	2,5	2,5	5,0	8,2	13,2
12	19	2,3	3,0	5,3	7,9	13,2
33	20	2,4	3,0	5,3	7,5	12,8
29	21	2,4	2,9	5,4	7,6	13,0
16	22	2,3	3,0	5,3	7,1	12,4
3	23	2,1	3,6	5,7	7,4	13,1
20	29—33	2,5	3,3	5,8	7,1	12,9

Daß die Zunahme der Aortenbreite in den ersten Lebensdezennien eine stärkere als in den späteren ist, ergibt sich aus meinen Tabellen und bedarf wohl keiner besonderen Begründung.

Tabelle XVI.

Die Dimensionen des Aorten-Orthodiagramms bei verschiedenen Größengruppen.

Anzahl	Alter	Größe	AT	AL	AT + AL
19	18—24	193—185	5,4	7,8	13,2
34	18—24	184—175	5,4	7,7	13,1
29	18—24	174—165	5,6	7,5	13,1
14	18—24	164—155	5,9	6,9	12,8

Das sehr einheitliche Untersuchungsmaterial von 100 herzgesunden 18- bis 24-jährigen Rekruten wurde dann weiterhin dazu benutzt, den Zusammenhang

zwischen Körpergröße und Aortendimensionen zu ermitteln. Tabelle XVI enthält das Schlußergebnis dieser Berechnung. Wir sehen die Transversaldimension des Aortenschattens bei der größten Gruppe etwas kleiner als bei der Gruppe der kleinsten Leute. Dagegen nimmt die Länge des Aortenschattens bei steigender Körperlänge nicht unbeträchtlich zu, so daß die Summe von AT und AL proportional der Körpergröße ansteigt. Es beweist dies wiederum, wie berechtigt bzw. wie notwendig es ist, auch die Aortenlänge auszumessen, und daß der Einfluß der Körper- bzw. Thoraxform auf die Aortenbreite auf diese Weise bei der Messung ausgeschaltet wird.

Tabelle XVII.

Die Dimensionen des Aorten-Orthodiagramms bei verschiedener Blutdruckhöhe.

Anzahl	Blutdruck H ₂ O	AMr	AMl	AT	AL	AT + AL
11	— 134,5	2,2	2,8	5,0	7,6	12,6
17	— 144,5	2,4	2,9	5,3	7,5	12,8
33	— 154,5	2,4	2,9	5,3	7,5	12,8
22	— 164,5	2,5	2,9	5,4	7,5	12,9
9	— 174,5	2,4	3,1	5,5	7,4	12,9
4	— 200,0	2,6	3,5	6,1	7,8	13,9

Vom physiologischen Standpunkte aus und für die Verwertung der Messung beim pathologischen Zirkulationsapparat scheint Tabelle XVII fast noch wichtiger zu sein als die vorhergehenden. Wir sehen in derselben die Aortendurchschnittswerte nach steigenden Blutdruckwerten geordnet. Der Blutdruck war bei den auch für diese Tabelle benutzten Untersuchungsergebnissen der 100 Rekruten nach der auskultatorischen Methode des Recklinghausenschen Apparates ermittelt worden und ist in cm H₂O notiert. Wir sehen bei steigendem Blutdruck ein gleichsinniges Steigen von AT und AL, so daß die Summe der Breite und Länge des Aortenschattens entsprechend der Blutdruckzunahme ebenfalls eine deutliche Steigerung zeigt.

Ich glaube, das Resultat dieser Tabelle bedarf keiner weiteren Erörterung. Es entspricht unseren Erwartungen. Jedoch dürfte die Relation zwischen Blutdruck und Aortendimensionen bei verschiedenen Altersgruppen verschieden ausfallen und sollte daher bei umfangreicheren weiteren Untersuchungen ebenfalls mitberücksichtigt werden.

Die Beziehungen zwischen Auswurfsmenge des Herzens und Aortendimensionen konnte ich leider nicht ermitteln. Hier ist jedenfalls ein besonders inniges Abhängigkeitsverhältnis zu erwarten, und diesbezügliche Untersuchungen wären besonders begrüßenswert.

Sehr interessant ist schließlich der Vergleich der Aorten- und der Herzdimensionen. Denn von den Herzmaßen wissen wir ja bereits durch nunmehr langjährige Erfahrung, daß sie normalerweise in einem ziemlich konstanten Abhängigkeitsverhältnis zu Alter, Körpergröße, Körpergewicht usw. stehen.

Wir sehen in Tabelle XVIII ein deutliches Steigen der Aortentransversaldimension bei steigender Herztransversaldimension. Dagegen verändert sich die Ascendenslänge nicht gleichsinnig, sie zeigt eher die Tendenz bei zunehmender Größe der Herztransversaldimension zu fallen. Daher nimmt auch die Summe: Aortentransversaldimension plus Ascendenslänge nicht im gleichen Maße wie die Herztransversaldimension zu.

Tabelle XVIII.

Relation zwischen Herztransversaldimension und Aortenmaßen bei 100 gesunden Rekruten.

T Herz	Zahl der Fälle	T Aorta	Ascendenslänge	AT + AL
11	10	5,3	7,7	13,0
12	36	5,3	7,7	13,0
13	34	5,3	7,8	13,1
14	12	5,7	7,7	13,4
15	8	6,2	7,1	13,3

Endlich ist ein ausgesprochene Parallelismus zwischen basaler Lungenbreite und Aortendimension zu erwarten, der ja auch für Herzdimensionen und basale Lungenbreite besteht.

Und in der Tat ersehen wir aus Tabelle XIX, daß bei zunehmender basaler Lungenbreite in erster Linie die Ascendenslänge nicht unbeträchtlich steigt. Dagegen steigt die Aortenbreite nur bis zur Durchschnittszahl der basalen Lungenbreite; dann hält sie sich auf ziemlich konstanter Höhe, zeigt sogar geringe Neigung, wieder etwas zu fallen. Trotzdem vergrößert sich auch die Summe: Aortentransversaldimension plus Ascendenslänge synchron mit der basalen Lungenbreite.

Tabelle XIX.

Relation zwischen basaler Lungenbreite und Aortenmaßen.

Basale Lungenbreite	Zahl der Fälle	AT	AL	AT + AL
22	6	4,6	7,0	11,6
23	11	5,4	7,0	12,4
24	16	5,6	7,4	13,0
25	28	5,5	7,6	13,1
26	19	5,5	7,6	13,1
27	15	5,5	8,0	13,5
28	5	5,4	8,5	13,9

Vorläufig möchte ich aber, wie bei der Herzdiagnostik, so auch bei der Aortenuntersuchung, der Formbestimmung die größere Bedeutung beimessen. In letzterer Beziehung ist zu sagen, daß wir ganz allgemein ein langes und ein kurzes Gefäßschattenband unterscheiden können. Ferner finden wir unter pathologischen Verhältnissen den rechten oberen Bogen (Aorta ascendens) mehr oder weniger vorgebuchtet. Er kann bei normalem oder vergrößertem rechtem Vorhof den unteren Bogen weit überragen. Der linke oberste Bogen (Arcus aortae) zeigt sich manchmal allgemein vergrößert oder nur stärker spitzwinkelig in das Lungenfeld vorspringend. Die Descendens wird bei Breitenzunahme infolge des stärkeren Blutgehaltes deutlicher sichtbar. Endlich wären noch die unter den verschiedensten Bildern auftretenden umschriebenen, oft auch multiplen Ausbuchtungen einzelner Randstellen des Aortenschattens zu erwähnen.

In welchem Falle wir nun den einen oder den anderen Aortenteil als stärker ausgebuchtet bezeichnen müssen, das läßt sich in Zahlen schwer ausdrücken, und ist vor allem eine reine Erfahrungssache. Die Angabe Köhlers¹⁾: „Tritt

¹⁾ Lexikon der Grenzen des Normalen usw. Lucas Gräfe & Sillem, Hamburg 1910.

über dem rechten Vorhofschatten ein deutlicher Bogen mehr als 2 cm über den Wirbelsäulenrand heraus in den Lungenschatten, dann handelt es sich in der Regel um Dilatation des Anfangsteils der Aorta“ sollte daher auch lieber keine Anwendung finden. Man ist, wie E. Stadler ¹⁾ sagt, auf die Schätzung bei gleichzeitiger Beurteilung der gesamten Verhältnisse des Brustkorbes angewiesen, und das erfordert naturgemäß eine nicht geringe Übung und Erfahrung.

Ob es sich nun im einzelnen Falle um eine Dilatation oder schon um ein Aneurysma handelt, ist mitunter kaum zu entscheiden. Hier hängt es aber auch oft — wie Östreich und de la Camp sagen — von der Auffassung des Prosektors ab, eine z. T. erweiterte Aorta als zylindrisches Aneurysma oder ein mäßig zylindrisches Aneurysma als erweiterte Aorta zu benennen, bis die mikroskopische Untersuchung die eine oder die andere Ansicht stützt.

Die Intensität des Aortenschattens nimmt entsprechend der Größenzunahme des Schattenbandes zu. Wahrscheinlich spielt hierbei ausschließlich die größere Blutfüllung eine Rolle. Ob die allgemeine Aortensklerose einen dichteren Schatten erzeugt, ist nicht zu entscheiden, denn post mortem verändert sich das Aortenlumen ganz enorm. Auffallend war mir nur die wiederholt zu beobachtende Erscheinung, daß besonders bei älteren, an Krebskachexie leidenden Individuen die Aorta in ihrem ganzen Verlauf ohne besonders starke Breitenzunahme sichtbar wird.

Auch die von verschiedenen Autoren aufgestellte Behauptung, daß die Intensität des Aortenschattens normalerweise geringer als die der Rippen sein müsse, halte ich für gewagt. Auch hier möchte ich vor der Aufstellung von Normen vorläufig noch warnen.

Etwas anderes ist es mit isolierten Kalkablagerungen in der Aortenwand. Sie lassen sich heutzutage leicht darstellen, wenn sie eine gewisse Dicke besitzen oder tangential von den Röntgenstrahlen getroffen werden. A. Köhler und S. Schwarz haben derartige Fälle publiziert. Ich selbst habe häufig ähnliche Beobachtungen anstellen können. Diagnostisch wohl wichtiger möchte ich aber jene Fälle bezeichnen, bei denen die Verkalkung ein der Aorta anliegendes Gebilde betroffen hat (Drüse [Groedel], Pleura [Köhler]), wodurch ev. leichte Stenoseerscheinungen (Groedel) oder wenigstens deren auskultatorische Symptome hervorgerufen werden können.

Endlich wären noch die pulsatorischen Erscheinungen an der pathologischen Aorta zu besprechen. Meiner Erfahrung nach spricht eine verstärkte Pulsation für gewöhnlich nur für eine verstärkte Herzaktion. So ist auch die verstärkte Pulsation der (ev. auch erweiterten) Ascendens bei Aorteninsuffizienz nur auf die hier vermehrte Auswurfsmenge des Herzens zurückzuführen, bei Aortenstenose auf den größeren Druck des abgedrosselten Blutstrahles. Über die pulsatorischen Erscheinungen bei Aneurysmen wird noch zu sprechen sein.

1. Aortensklerose.

Die häufigsten röntgenologischen Symptome der Aortensklerose habe ich an anderer Stelle folgendermaßen zusammengefaßt (s. Abb. 81 und 82):

„Im allgemeinen sehen wir bei ausgesprochener Aortensklerose das Aortenband als besonders dunklen Schatten. Ein eindeutiges Symptom ist aber hierin nicht zu erblicken, denn auch die normale Aorta kann unter günstigen Bedingungen einen auffallend tiefen Schatten werfen, der sich dann selbst durch den Herzschatten hindurch verfolgen läßt.

¹⁾ Die Klinik der syphilitischen Aortenerkrankung. G. Fischer, Jena 1912.



Abb. 81. Aortensklerose. (65j. ♂.)

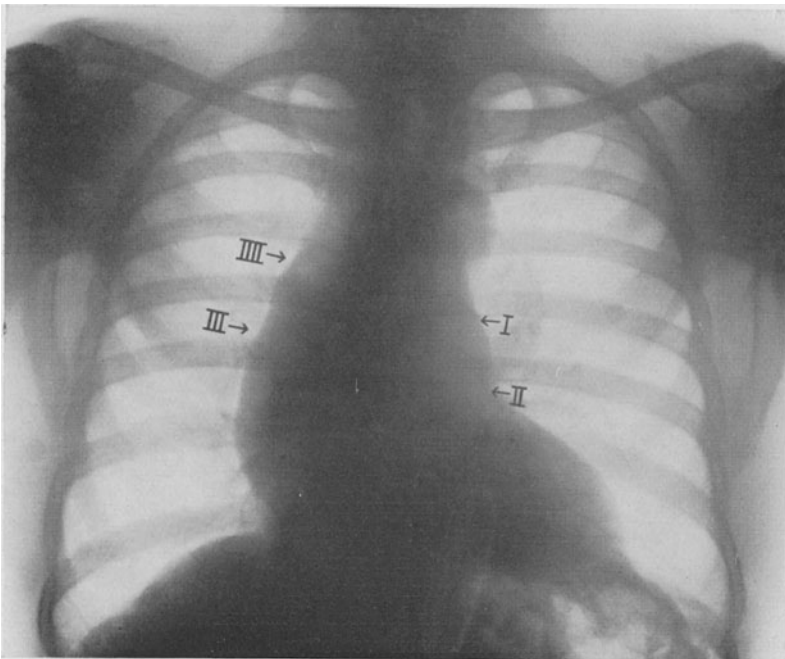


Abb. 82. Diffuse Erweiterung der Aorta.



Abb. 83. Aneurysma der Aorta ascendens.



Abb. 84. Diffuse aneurysmatische Erweiterung der Aorta.

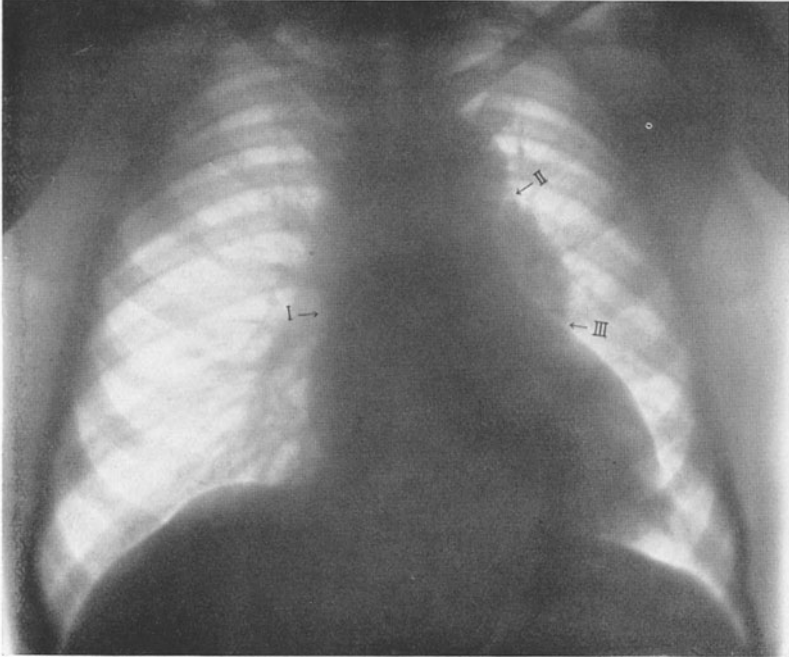


Abb. 85. Aneurysma der Aorta descendens. (II—III.)



Abb. 86. Aneurysma dissecans. (Sektion.)

Ein weiteres Charakteristikum vorgeschrittener Aortensklerose ist die Verlängerung des Aortenschattens mit gleichzeitiger stärkerer Umbiegung des oberen Endes. Ohne daß in solchen Fällen die Aorta verbreitert erscheint, sehen wir dann die Aorta ascendens deutlich bis in den Arcusschatten hinein verlaufend. Der linke obere Bogen ist spitz und weit aus dem Medianschatten vorspringend. Ähnliche Bilder sehen wir bei Nephritis und sonstigen mit Drucksteigerung einhergehenden Erkrankungen.

Das Herz selbst ist bald vergrößert, bald normalgroß. Typisch ist nur meist die horizontale Lagerung, die manchmal hochgradige Walzenform.

In der Literatur wird neuerdings die normale Größe des Herzens bei Arteriosklerose der Aorta wohl mit Unrecht als etwas seither Unbekanntes hervor gehoben. Ich habe wiederholt darauf hingewiesen, daß oft Aortensklerose höheren Grades ohne Herzvergrößerung vorliegt.

Wohl das häufigste Symptom der Aortensklerose ist endlich die Verbreiterung des Gefäßschattens. Aber es ist kein eindeutiges Symptom, denn wir finden es auch bei Aorteninsuffizienz (manchmal auch bei Aortenstenose), bei Aortitis luetica, bei dekompensierten Klappenfehlern, bei chronischer Nephritis usw.“

Ganz ähnlich lauten die Schilderungen von P. Krause¹⁾, Arnspurger, Stadler u. a. Dagegen scheinen die meisten Autoren ebenso wie ich von der Untersuchung im ersten schrägen Durchmesser, die von Holz knecht²⁾ vor Jahren besonders empfohlen wurde, keinen allzu großen Nutzen gesehen zu haben. Jedoch soll hiermit deren Bedeutung durchaus nicht geleugnet werden.

Vielleicht haben die von mir neuerdings empfohlenen exzentrischen Aufnahmen (speziell die ventrodorsale links-exzentrische) eine größere Zukunft. In den Abb. 42—49 sahen wir bereits, daß die sklerotische Aorta unter bestimmten Bedingungen in großer Ausdehnung durch Schräg- oder Exzentrischprojektion röntgenographisch dargestellt werden kann. Die günstigsten Bedingungen bietet hierfür die ventrodorsale links-exzentrische Aufnahme, weil sich bei ihr die Descendens und der Arcus in größter Plattennähe befinden. Ausgedehntere Erfahrung fehlt mir noch. Ich kann nur sagen, daß ich sogar bei juveniler Sklerose, bei einigen Patienten zwischen 30—40 Jahren, mittelst dieser Projektionsrichtung den Verlauf der absteigenden Aorta und des Aortenbogens angedeutet auf die Platte projizieren konnte. Es ist daher wohl denkbar, daß sich der Grad der Aortensklerose nach der Darstellbarkeit des Arcus durch die genannte Projektion abschätzen läßt und eine Frühdiagnose ermöglicht wird.

2. Aortitis luetica.

Nach einigen Autoren soll es möglich sein, die syphilitische Aortitis von der nichtsyphilitischen zu unterscheiden. So berichtet Liek³⁾ über einen Fall, wo die geringe Intensität des verbreiterten Aortenschattens ihm die sofortige Diagnose einer frischen Aortitis luetica ermöglichte, während unterentsprechender Behandlung der Aortenschatten sich wieder verschmälert haben soll und intensiver hervortrat, wobei der Schattenrand unregelmäßig wurde und eine Stelle deutlich ausgebuchtet blieb (beginnendes Aneurysma). Auch Th. Deneke⁴⁾

¹⁾ In Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin. J. F. Lehmann, München 1921.

²⁾ Zum radiologischen Verhalten pathologischer Prozesse der Brust-Aorta. Wiener klin. Wochenschr. 1900, Nr. 25.

³⁾ Die rezente Aortitis luetica im Röntgenbild. Fortschr. Bd. 17. H. 1.

⁴⁾ Zur Klinik der Aortitis luetica. Dermatol. Studien. Bd. 21, und Dtsch. med. Wochenschr. 1913. Nr. 10.

meint, daß bei wahrer Arteriosklerose der Aortenschatten stets wesentlich dunkler sei als bei Aortenlues. Lippmann und Quiring sagen dagegen, dieluetische Aorta zeichne sich durch Zunahme der Breite und Schattentiefe aus. In Übereinstimmung mit mir befindet sich Reinhold¹⁾, der ausführt, daß der physikalische Befund bei derluetischen Aortenerkrankung an sich meist nichts Charakteristisches bietet. Und endlich äußert sich in ähnlichem Sinne Stadler in seiner ausführlichen Monographie über die Klinik der syphilitischen Aortenerkrankungen folgendermaßen: „Die Differentialdiagnose zwischen der syphilitischen Aortitis und der nichtsyphilitischen Sklerose der Aorta erlaubt die Röntgendurchleuchtung ebenso wie die physikalische Untersuchung mit Perkussion und Auskultation nicht. Wenigstens nicht im Beginn des Leidens. Man kann ja allerdings sagen, daß eine besonders starke Krümmung des Gefäßrohres, die sich im spitzen Hervorragen der Umbiegungsstelle am Arcus in das Lungenfeld hinein am deutlichsten markiert, bei fehlender oder geringfügiger Verbreiterung des Schattens im allgemeinen für eine Atherosklerose der Aorta spricht. Gleichmäßige Verbreiterungen des ganzen Aortenbandes sind differentialdiagnostisch nicht zu verwerten. Keineswegs läßt sich aber aus einem unscharfen Rande des Aortenschattens auf einenluetischen Prozeß schließen, gegenüber einer scharfrandigen Grenzlinie bei der Atherosklerose, wie Schmincke glaubt.“ Hubert²⁾ sagt andererseits „der Röntgenbefund darf als ein Frühsymptom angesprochen werden. Jedenfalls geht die röntgenologisch nachweisbare Aortenerweiterung mehrfach den ersten objektiven Zeichen voraus“.

3. Aortenaneurysma.

Zum Schlusse sei noch das Aneuryma der Aorta besprochen, das ja ganz besonders häufig beiluetischer Aortitis auftritt. Ich will zunächst die Röntgensymptome der Aortenaneurysmen nach einer a. a. O. gebrachten Schilderung zusammenfassen (s. Abb. 83—86).

Die allen Aneurysmen der Aorta thoracica gemeinsamen Symptome sind: 1. Scharfrandiger meist bogenförmiger Tumor, der dem Mittelschatten aufsitzt, sich aber gut gegen denselben abhebt. 2. Der Schatten ist meist sehr intensiv und scharf gegen die Lunge begrenzt. 3. Er pulsiert nach allen Seiten: gleichsinnig-dilatatorische Pulsation. 4. Bei kleineren Aneurysmen ist die Pulsation meist kräftig (wenn auch nicht so stark wie bei dilatierter Aorta), bei mittleren schwach, bei sehr großen meist überhaupt nicht sichtbar. 5. Die benachbarten Organe sind oft in ihrer Lage verändert (Trachea). 6. Es treten häufig röntgenologisch sichtbare Druckerscheinungen auf (z. B. auf Trachea, Hauptbronchien).

Einzelheiten über die Form der Aneurysmen lassen sich nicht angeben. Die Bilder sind hier zu wechselnd. Oft ist es auch schwer, den eigentlichen Ausgangspunkt des Aneurysmasackes festzustellen. Auch die Unterscheidung, ob ein spindelförmiges oder sackförmiges Aneurysma vorliegt, ist nicht immer leicht. Aber trotzdem leistet die Röntgenuntersuchung hier oft vorzügliche Dienste, wie auch zur Unterscheidung der Aorten-Dilatation von dem Aneurysma.

Die Größe der ausgebuchteten Aortenpartie kann wieder am besten mit dem Orthodiagraphen festgestellt werden. An sich ist dieser Feststellung gar kein Wert beizulegen. Um so größere Bedeutung kommt der Aufzeichnung zu,

¹⁾ Über dieluetische Erkrankung der Aorta. Münch. med. Wochenschr. 1912, Nr. 42 u. 43.

²⁾ Hubert, Georg: Zur Klinik und Behandlung der Aortensyphilis. Dtsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 128. 1919.

wenn es gilt das Fortschreiten der Erweiterung genau zu verfolgen — also für die Prognose — oder die Einwirkung therapeutischer Maßnahmen zu beobachten.

Die Beobachtung der Pulsationserscheinungen hat nur Wert bei kleinen, äußerlich nicht fühlbaren Aneurysmen, bei denen auch die stärkste pulsatorische Bewegung zu beobachten ist. Bei größeren aneurysmatischen Sackbildungen ist die Pulsationsbeobachtung meist zu schwierig — dann auch äußerlich leichter durch Palpation zu bestimmen. Außerdem finden wir anatomisch in solchen Fällen meist stark verdickte Wandungen des Sackes, auch dicke Fibrinauflagerungen, so daß die Pulsationsbewegung am Rande des Aneurysma kaum sichtbar werden kann.

Die genaue Bestimmung des Sitzes eines Aneurysma ist ebenfalls nicht immer leicht. Ganz allgemein ist hier zu sagen: 1. Das Aneurysma liegt bei abwechselnd angewandter ventrodorsaler und dorsoventraler sagittaler Durchleuchtung derjenigen Thoraxwand näher, auf die es kleiner projiziert wird. 2. Ebenso wird der Aneurysmaschatten bei abwechselnder ventrodorsaler und dorsoventraler Sagittaldurchleuchtung durch Bewegungen der Röhre in der Stellung weniger bewegt, in welcher das Aneurysma dem Schirm (Thoraxwand) näher liegt. 3. Durch seitliche Drehung des Patienten zum 1. und 2. schrägen Durchmesser hin wird ein dem Schirm näher gelegenes Aneurysma immer kleiner, ein der Röhre näher liegendes stets größer erscheinen.

Im besonderen ist noch zu sagen: Aneurysmen der Ascendens füllen gewöhnlich den ganzen Raum des rechten oberen Herz Bogens aus. Bei frontaler Strahlenrichtung ragen sie in das Retrosternalfeld der Lunge, im 1. schrägen Durchmesser werden sie kleiner und schärfer, weil sie dem Schirme näher rücken.

Das Aneurysma des Arcus aortae nimmt sehr verschiedene Formen und Lagerungen an, je nach seinem Sitz. Die oben genannten Beobachtungen bei Positionsänderungen des Patienten müssen daher für die genauere Diagnosestellung zu Rate gezogen werden. Bei frontaler Strahlenrichtung ist meist der Retrosternalraum, manchmal auch der Retrokardialraum durch das Bogenaneurysma verdunkelt. Im ersten schrägen Durchmesser erscheint das Gefäßband am oberen Ende stärker kolbig ausgebuchtet.

Das Aneurysma der Aorta ascendens erscheint bei der üblichen dorsoventralen Sagittaldurchleuchtung wegen des größeren Abstandes von dem Schirm meist als lichter Schatten und je nach seinem Sitz oberhalb des Herzschattens oder mit diesem sich kreuzend, ihn teilweise überragend. Bei frontaler Durchleuchtung erscheint das Retrokardialfeld verdunkelt, im ersten schrägen Durchmesser das mittlere Lungenfeld.

Hiermit sind aber nur wenige ganz allgemeine Erfahrungssätze wiedergegeben. In jedem Falle finden wir wieder andere Verhältnisse, die genau studiert werden müssen, wenn eine exakte Lokalisation des Aneurysma erreicht werden soll. Besonders ist immer wieder die genaue Orientierung in den schrägen und frontalen Strahlenrichtungen zu erstreben, wenn auch die technischen Schwierigkeiten oft kaum zu überwinden sind.

Auch einige Komplikationen des Aneurysma werden teils durch dessen Diagnose geklärt, teils dienen sie zur Festigung der Diagnose. Besonders häufig finden wir eine Rekurrenzlähmung erst durch den röntgenologischen Nachweis eines Bogenaneurysma begründet. Umgekehrt soll man bei genetisch unklarer Rekurrenzlähmung nie eine röntgenologische Aortenuntersuchung verabsäumen. Auch bei klinischen Erscheinungen von Bronchostenose müssen wir unser Augenmerk auf die Aorta richten. Endlich wäre noch die Trachealverlagerung zu nennen, die zuerst von Curschmann zur Diagnose der Aortenerweiterung

herangezogen worden ist, durch Beobachtungen Rumpfs, Pfeiffers u. v. a. auch als wichtiges Röntgensymptom gedeutet wurde.

Ebenso wie wir oben die Differentialdiagnose zwischen Aortendilatation und Aortenaneurysma als äußerst schwierig bezeichneten, müssen wir nun noch sagen, daß oft die röntgenologische Differentialdiagnose zwischen Aneurysmen und sonstigen Erkrankungen der Brusthöhle kaum durchführbar ist.

Ich sehe ganz ab von verkalkten Lungendrüsen, Tumoren des Skeletts und des Herzens, Cysten und dgl. und will nur auf die Mediastinaltumoren hinweisen. Wenn dieselben, so äußerte ich mich in der „Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen“ auch im Gegensatz zum Aneurysma der Aorta meist weniger scharf begrenzt sind, sich von den Aortenschatten gut absetzen und nicht pulsieren, so kommen doch auch häufig scharfrandige Tumorschatten zur Beobachtung, die der Aorta unvermittelt aufsitzen, sich auch in den schrägen Durchmessern nicht von dieser differenzieren lassen und deutlich pulsieren. Ob in solchen Fällen der Schatten dilatatorisch oder nur reitende Bewegungen ausführt, ist manchmal kaum zu unterscheiden. Andererseits kann auch ein Aneurysma einen unscharfen, gezackten Schattenrand aufweisen, wenn seine Wand sehr verdickt ist, es kann gar nicht oder nur reitend pulsieren und durch eine kaum sichtbare Brücke mit dem Gefäßband zusammenhängen. Daß endlich die Mediastinaltumoren die nämlichen Drucksymptome hervorrufen können, wie die Aneurysmen, ist ohne weiteres verständlich.

IX. Die Röntgendiagnostik der übrigen Gefäßerkrankungen.

Die großen zum Herzen ziehenden thorakalen Venenstämme, wie auch die intrathorakalen größeren Arterien sind nur unter besonders günstigen Verhältnissen röntgenologisch darstellbar. Liegen dagegen pathologische Veränderungen vor, so werden sie oft in weiter Ausdehnung sichtbar. Es gilt dies besonders für alle Fälle von stärkerer Stauung im venösen System.

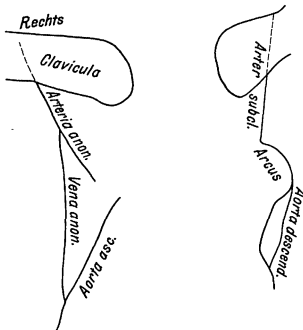


Abb. 87. Verlauf der großen intrathorakalen Gefäße im Röntgenbilde.

Auch die Lungenzeichnung, soweit sie durch Gefäßschatten erzeugt wird, tritt bei Stauung im kleinen Kreislauf deutlicher hervor. In besonders schweren Fällen erscheint das Lungenbild schließlich infolge der gleichzeitigen Saftvermehrung diffus getrübt (Induration). Andererseits werden die von der Aorta abzweigenden großen Gefäße bei vermehrter Auswurfsmenge des Herzens, also besonders bei Insuffizienz der Aortenklappen durch die pulsatorische Dilatation stärker sichtbar. Abb. 87 zeigt den Verlauf der großen Gefäße. Eine stärkere Verkalkung derselben muß natürlich sichtbar werden, wenn die Kalkablagerungen genügende Dicke besitzen. Meines Wissens sind solche Fälle noch nicht publiziert worden. Bezüglich des Nachweises von sklerotischen Prozessen gilt das bei der Aortensklerose Aufgeführte. Ich will hier das über Röntgenbefunde an der Anonyma und Subclavia von mir a. a. O.¹⁾ Gesagte noch kurz resümieren.

¹⁾ Anonyma und Subclavia im Röntgenbilde. Fortschr. Bd. 18.

Beim herzgesunden Individuum sehen wir besonders jenseits des 18. Jahres einen hinter dem Schatten der Aorta asc. hervorkommenden seichten, fast homogenen Schatten, der wenig schräg nach rechts außen, hauptsächlich nach oben verläuft und keine deutliche Pulsationsbewegung erkennen läßt. Es scheint also, daß die normale Vena anonyma dextra, vielleicht im unteren Teil die Vena cava sup., möglicherweise in den oberen Teilen auch die normale Arteria anonyma das anatomische Substrat dieses Schattengebildes liefern. Die normale Arteria subclavia sin. ist nur sehr selten sichtbar.

Bei Patienten mit Zirkulationsstörungen ist der geschilderte Schattenstrang noch deutlicher sichtbar. Hat man einmal gelernt, auf die feineren Schatten und Pulsationsdifferenzen in der Gegend des Gefäßtruncus zu achten, so findet man in solchen Fällen regelmäßig den unteren Teil des Schattengebildes weniger tief dunkel als den oberen Teil und pulsationslos, während der obere Teil größere Schattenintensität besitzt, seinen Ursprung weit mehr medianwärts nimmt als der seichte Schatten, daß er den letzteren überkreuzt, um dann mit ihm gemeinsam kranialwärts zu ziehen, und daß er gleichsinnig mit der Aorta pulsiert.

Das Bild der Dilatatio anonymae finde ich vorzugsweise bei Patienten mit vermehrter Auswurfsmenge des Herzens und mit erhöhtem Aortendruck. Bei meinem Material läßt sich der relativen Häufigkeit nach folgende Reihe aufstellen: Aortenaneurysma, Aortendilatation, Aortensklerose, Aorteninsuffizienz, Altersemphysem, Altersbronchitis.

Die Sklerose der Arteria anonyma mag häufig unter demselben Bilde verlaufen, ist aber nur selten von der Dilatation abzusondern. In wenigen Fällen fand ich ähnlich dem Bilde verkalkter peripherer Gefäße feine Kalkschatten, die sich besonders am lateralen Schattenrand zu Perlenreihen ordnen können, in anderen Fällen nur einzelne Kalkplaques. Die Schattentiefe ist auf jeden Fall kein Maßstab der Verkalkung, sondern vorwiegend Ausdruck der Blutfüllung, die wieder der Ausdehnung des Gefäßes entspricht. Andernfalls würde ja auch der untere Schattenteil, den die Vene allein bildet, für ein sklerotisches Gefäß gelten müssen.

Dilatation und Sklerose der Arteria subclavia dextra sind regelmäßig entsprechend den Anonymaveränderungen ausgebildet, isoliert, wie es scheint, äußerst selten festzustellen.

Dilatation und Sklerose der Arteria subclavia sin. verursachen ein senkrecht vom Bogen nach oben strebendes Schattenband. Dieser Schatten ist nicht allzu häufig sichtbar, er liegt oft in dem breiten Schatten der Halsorgane versteckt.

Die dilatierte Vena anonyma ist, wie erwähnt, ausnahmslos in jenen Fällen zu erkennen, wo die Art. anonyma sichtbar wird. Bei manchen Patienten kann sie an der Bildung des Anonymaschattens vorwiegend beteiligt sein, z. B. häufig bei Bronchitis und Emphysem. Fast ausschließlich wird der Schatten von der Vene gebildet bei Mitralfehlern, besonders natürlich im Stadium der Dekompensation.

Bei relativer Tricuspidalinsuffizienz und bei hochgradig dekompenzierten Mitralfehlern, ferner in allen Fällen mit deutlicher Venenpulsation sehen wir den stark dilatierten pulsierenden Schatten der Vena anonyma. Das oft beträchtlich in das Lungenfeld vorragende Schattenband ist dann in der Regel die Fortsetzung des Schattens der Vena cava superior, die in solchen Fällen ausnahmsweise als schmaler seichter Schatten das Aortenband überragt.

Zu erwähnen sind noch aneurysmatische Erweiterungen. Ich hatte bisher erst einmal Gelegenheit, ein Aneurysma der Anonyma einwandfrei nach-

zuweisen. Aneurysmen der Arteria pulmonalis sind von Rosenfeld und Grunmach beschrieben worden.

Veränderungen an den abdominalen Gefäßen sind infolge der ungünstigeren Untersuchungsbedingungen röntgenologisch nur sehr selten nachweisbar. Die Untersuchung mittels des Pneumoperitoneums mag hier ergiebig, aber gerade für solche Fälle besonders gefährlich sein. Es sei noch darauf hingewiesen, daß manchmal Kalkablagerungen in den A. iliacae Harnleitersteine vortäuschen können (Albers-Schönberg, Hänisch).

Noch weniger ergiebig ist die Röntgendiagnostik bei den Erkrankungen peripherer Gefäße. Die sklerotischen Veränderungen sind nicht nachweisbar. Nur verkalkte Wandstellen lassen sich darstellen und ergeben oft höchst eigentümliche Bilder. Manchmal zeigt die Röntgenplatte die peripheren Gefäße in ihrem ganzen Verlaufe. Da aber derartige Gefäßverkalkungen fast immer symptomlos verlaufen, ist ihrem Nachweis weiter keine Bedeutung beizulegen. Daß Koronarsklerose röntgenologisch nicht nachweisbar ist, wurde schon betont. Ähnlich ist von Dysbasia angiosclerotica zu sagen, daß auch hier selten Verkalkungen gefunden werden. Phlebolithen sind ein häufiger Nebenfund. Bei manchen Störungen der Gefäßinnervation, wie Erythromelalgie und Raynaudscher Krankheit finden wir gewisse Skelettveränderungen, über die in dem entsprechenden Kapitel nachzulesen ist.