

Einführung
in die
Zahnärztliche Röntgenologie

von

Dr. Rudolf Leix
München



Mit 50 Abbildungen im Text und 10 Lichtdrucktafeln

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1923

Einführung

in die

Zahnärztliche Röntgenologie

von

Dr. Rudolf Leix
München



Mit 50 Abbildungen im Text und 10 Lichtdrucktafeln

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1923

ISBN 978-3-662-31277-3 ISBN 978-3-662-31481-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-31481-4

Nachdruck verboten.

Übersetzungsrecht in allen Sprachen vorbehalten.

Copyright 1923 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Ursprünglich erschienen bei J. F. Bergmann 1923.

V o r w o r t.

Mit der Herausgabe dieses Buches bin ich einem vielfachen Wunsche nachgekommen, eine ausführliche Beschreibung des Röntgenverfahrens zu bringen, nicht nur allein für den Studierenden, sondern auch für denjenigen, der sich mit der Materie vertraut machen will.

Das Buch, welches keine Vorkenntnisse voraussetzt, umfaßt vier Abschnitte, von denen der erste den physikalisch-technischen Teil beschreibt, der zweite und dritte behandelt in gedrängter Form die Projektion und den fotografischen Teil, und der vierte Abschnitt ist der Diagnostik gewidmet.

Da in der Praxis fast immer nur Negative zur Betrachtung kommen, ist absichtlich von der sonst üblichen Art der Reproduktion der Röntgenogramme als Positive Abstand genommen worden, um auch den in der Fotografie nicht Bewanderten an die Beurteilung der Negative zu gewöhnen.

Ein großer Teil der Abbildungen ist von den Firmen Reiniger, Gebbert & Schall und Veifawerke in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt worden.

München, Juni 1923.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Verzeichnis der Abbildungen am Schlusse des Buches	
I. Physikalisch-Technischer Teil	
Einleitung	1
Erzeugung der elektrischen Ströme durch Induktion	2
Induktor	5
Unterbrecher	7
Hammerunterbrecher	7
Wehneltunterbrecher	8
Simonunterbrecher	9
Mechanischer Unterbrecher	9
Madenzie-Davidson-Unterbrecher	12
Kondensator	12
Funkenlänge	13
Unterbrecherlose Apparate	13
Der Heliodor-Röntgenapparat	17
Der Ergos-Röntgenapparat	19
Nebenapparate	20
Schaltvorrichtung	20
Röntgenröhre	21
Vorschaltfunkenstrecke	26
Glimmlichtöhre	27
Milliampèremeter	27
Stativ	28
Blenden	29
II. Spezieller Teil	
Projektion und Einstellung	32
Messung der Röntgenstrahlen	38
Absorption und Bildwirkung der Röntgenstrahlen	41
Durchleuchtung	42
Aufnahmetechnik	43
Stereoskopische Aufnahmen	47
Fremdkörperlokalisation	48
Schädigung durch Röntgenstrahlen	49
III. Photographischer Teil	
Die Dunkelkammer	53
Das Negativverfahren	54
Das Positivverfahren	59
IV. Diagnostischer Teil	
Die Anatomie und Pathologie im Röntgenbild	60
Zahnärztliche Chirurgie	62
Konservierende Zahnheilkunde	66
Prothetik	67
Orthodontie und Dentitionsvorgänge	68
Täuschungen im Röntgenbild	68
A n h a n g (verschiedene Aufnahmen)	72
Literaturverzeichnis	76
Sachregister	77
Namenverzeichnis	79

I. Teil.

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen erfolgte im Jahre 1895 durch Prof. Dr. Wilhelm von Röntgen im physikalischen Institut der Universität Würzburg. Um die X-Strahlen, wie sie der Entdecker nannte, erzeugen zu können, bedürfen wir Ströme von ganz bestimmter, noch näher zu erläuternden Eigenschaften. Solche Ströme können nur am Orte des Verbrauches durch Umformen eines vorhandenen Stromes erzeugt werden; die hiezu erforderlichen Apparate nennt man Transformatoren oder Umformer. Zu ihrem Betrieb kann sowohl der Dreh-, Wechsel-, als auch Gleichstrom verwendet werden.

Da heutzutage fast überall elektrische Zentralen vorhanden sind, dürfte die Aufstellung eines Röntgenapparates keine Schwierigkeiten mehr machen. Aber auch an den Orten, welche noch nicht einer elektrischen Lichtzentrale angeschlossen sind, läßt sich der Betrieb eines Röntgenapparates dadurch ermöglichen, daß man entweder eine transportable Akkumulatorenbatterie benützt, die man an einer in der Nähe befindlichen Ladestation laden lassen kann, oder aber auch eine kleine Dynamomaschine, welche durch eine Wasserturbine oder einen kleinen Benzinmotor betrieben wird. Daß man mit einer derartigen Einrichtung sehr gut auskommen kann, haben unsere Feldröntgenstationen, die mit Dynamo und Benzinmotor ausgerüstet waren, zur Genüge bewiesen.

Dem Betrieb eines Röntgenapparates durch eine Chromsäurebatterie möchte ich gänzlich widerraten, einmal, weil eine derartige Batterie wegen ihres Umfanges sehr unbequem ist, zweitens weil die Elemente sehr inkonstant sind und drittens weil der Verbrauch an Zink und Chromsäure nicht unbedeutend ist.

Eine weitere Möglichkeit zum Betrieb einer Röntgenröhre, die wohl heute ganz verlassen ist, wäre eine große Influenzmaschine. Auch diese Einrichtung zeichnet sich durch große Unbeständigkeit aus, welche durch den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Maschine bedingt ist.

Es kommen heutzutage zwei Typen von Röntgenapparaten in den Handel; einmal der unterbrecherlose Röntgenapparat und zweitens der Betrieb mittels Unterbrecher. Der weitaus häufigste und für zahnärztliche Zwecke geeignetste Apparat ist die zuletzt genannte Art.

Um das Wesen und die Wirkungsweise derartiger Einrichtungen verständlich zu machen, ist es wohl notwendig, etwas weiter auszuholen; ich beginne daher meine Erläuterungen zunächst mit der

Erzeugung elektrischer Ströme durch Induktion.

Die Entstehung der Induktion verdanken wir Michael Faraday im Jahre 1831. Diese praktisch außerordentlich bedeutungsvolle Erfindung beruht darin, daß durch Einwirkung eines Magnetfeldes auf einen in demselben befindlichen Leiter ein elektrischer Strom von besonderen Eigenschaften entsteht. Die Erzeugung des Magnetfeldes kann erfolgen, einmal durch einen Magneten selbst und zweitens durch eine vom elektrischen Strom durchflossene Drahtspule. Faraday unterscheidet deshalb eine Magnetoinduktion und eine Elektro- oder Voltainduktion.

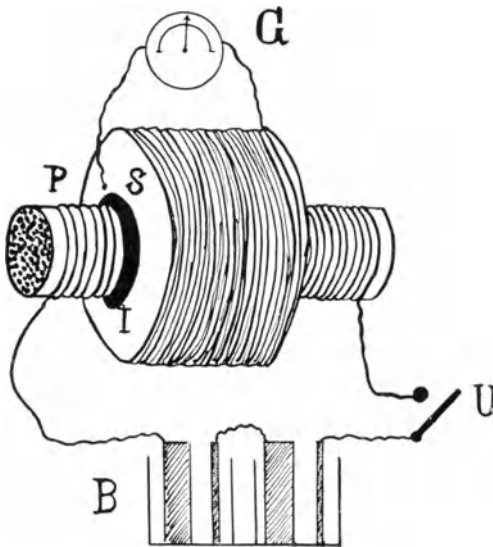


Abb. 1.
Zustandekommen der Induktion.

Die Entstehung der Elektroinduktion läßt sich am besten durch eine schematische Zeichnung erklären. In Abb. 1 sehen wir eine aus vielen Windungen bestehende Drahtspule P, welche mit ihrem Anfang und ihrem Ende an eine galvanische Batterie B, angeschlossen ist. Bei U ist die Stromleitung durch einen Ausschalter unterbrochen. Über die Spule P, welche die Primärspule, oder die Hauptleitung genannt wird, ist eine zweite Spule S geschoben. Beide Spulen stehen in keinerlei Verbindung miteinander, sondern sind durch eine isolierende Schicht I voneinander getrennt. Der Anfang und das Ende dieser zweiten Spule, die als Sekundärspule oder Nebenleitung bezeichnet wird, ist mit einem Galvanometer verbunden.

Wird nun der Strom bei U geschlossen, so findet ein ruckartiger Zeigerausschlag nach einer Richtung statt; öffnen wir den Strom wieder, so sehen wir einen abermaligen Zeigerausschlag, diesmal jedoch nach der anderen Seite.

Diese Tatsache beweist, daß beim jedesmaligen Öffnen und Schließen des primären Stromkreises in der Sekundärspule ein Stromimpuls von kurzer Dauer entsteht.

Einen ähnlichen Vorgang finden wir bei der in Abb. 2 gezeichneten Darstellung der Magnetinduktion. In dem Bild A sehen wir die Primärspule durch einen Eisenstab ersetzt. Nähert man denselben einem Magneten, so läßt sich durch das Galvanometer wiederum ein Strom in der Spule nachweisen.

Das umgekehrte Verhältnis zeigt das Bild C; hier ist in den Hohlraum der Spule der Magnet eingeschoben und ein Eisenanker wird bewegt. Die auftretenden Erscheinungen in der Drahtspule sind dieselben.

Endlich zeigt Bild c, daß beim Entfernen (Herausnehmen) des Magnets, beim Schwächen und Verstärken (allmähliches Hineinschieben und Herausziehen) eines Magnetpoles im Hohlraum der Spule induzierende Wirkung auftritt.

Ähnlich wie wir bei der Elektroinduktion einen wechselseitigen Zeigerausschlag haben, finden wir auch die gleiche Erscheinung bei der

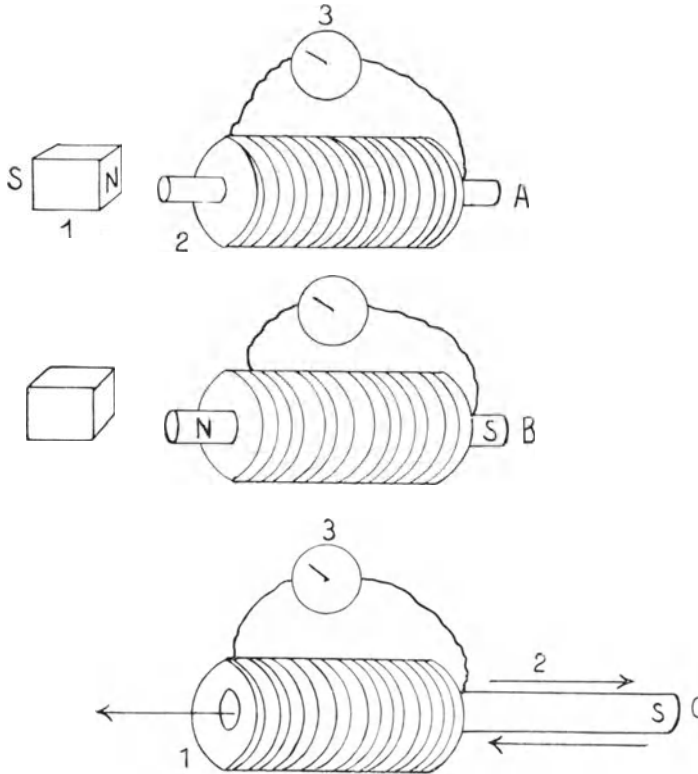


Abb. 2.

Induktionserscheinungen.

Bild A

- 1 Magnet, S Südpol, N Nordpol
- 2 Mit Draht umwickelter Eisenkern
- 3 Galvanometer

Bild B

- 1 Eisenstück
- 2 Drahtspule mit Magnet, N Nordpol, S Südpol
- 3 Galvanometer

Bild C

- 1 Solenoid
- 2 Verschiebbarer Magnet
- 3 Galvanometer

durch Magnetismus erzeugten Induktion je nachdem wir die Induktionsströme durch den Nord- oder Südpol eines Magneten hervorrufen.

Die den Induktionsströmen zukommende Spannung oder elektromotorische Kraft ist der Stromstärke des Primärstromes bzw. der Polstärke des Magneten, sowie der Geschwindigkeit proportional, mit welcher

sich die Strom- bzw. Polstärke ändert oder die Annäherung oder Entfernung der beiden Leitungen bzw. des Magneten und der Induktionsrolle ausgeführt wird. Sie ist ferner noch proportional der Länge bzw. der Windungszahl der Sekundärspule.

Aus dem Gesagten geht ferner hervor, daß das Schließen und Verstärken des Hauptstromes, sowie das Annähern des primären Stromkreises an den sekundären die gleiche Wirkung hervorruft, als das Öffnen und Schwächen des primären Stromkreises, sowie das Entfernen der Spulen von einander. Die Erzeugung von Induktionsströmen erfordert demnach einen Arbeitsaufwand, mit welchem die Energie des Induktionsstromes Schritt hält.

Die Vorstellung von dem Vorhandensein wirbelartiger elektrischer Ströme (Ätherwirbel) in einem magnetischen Feld macht es verständlich, daß jede Veränderung des Feldzustandes, d. h. jede Veränderung dieser Wirbelbewegung einen Arbeitsaufwand erfordert; diese Veränderung ruft eine Wirkung auf alle im Magnetfeld befindlichen Leiter hervor, in welchen die Vorgänge im Äther als elektrische Ströme zur Beobachtung kommen. Dieser von Faraday und Maxwell geprägte Satz wird dann erst verständlich, wenn man die Eigenschaften eines Magneten genauer betrachtet. Jeder Magnet übt in seiner ganzen Umgebung Kraftwirkung aus; deshalb nimmt eine kleine bewegliche Magnetnadel eine bestimmte, die Kraft- richtung angegebende und von ihrem Aufstellungsort abhängige Lage an. Den ganzen Raum, in welchem ein Magnet wirkt, nennt man ein magnetisches Feld. Das Magnetfeld kann man leicht dadurch sichtbar machen, daß man einen Magnet mit einem Blatt Papier überdeckt und auf dieses unter leichtem Schütteln Eisenfeilspäne streut. Die magnetisch gewordenen Eisenteilchen ordnen sich nun in Kurven an, welche Faraday Magnetkraftlinien nannte. Die Kraftlinien konvergieren nach der Stelle, nach der die Feldstärke zunimmt, die Divergens der Kraftlinien dagegen ist an den Stellen nachweisbar, an denen die magnetische Feldstärke abnimmt.

Wenn bis jetzt immer von Magneten die Rede war, so waren damit sogenannte permanente Magneten gemeint, d. h. solche Eisenstücke, welche ständig magnetische Eigenschaften besitzen. Im Gegensatz zu ihnen steht der Elektromagnet als temporärer Magnet. Das Wesen des Elektromagneten besteht darin, daß man in den Hohlraum einer Drahtspule, eines sogenannten Solenoids, einen Eisenstab schiebt. Wird das Solenoid, das aus einem mit Baumwolle, Seide u. dergl. isolierten Draht in vielen eng aneinander liegenden Windungen besteht, mit Strom beschickt, so wird der Eisenstab magnetisch und bleibt solange magnetisch als Strom in der Spule fließt. Der Magnetismus des Eisenkerns nimmt mit wachsender Stromstärke bis zur magnetischen Sättigung zu und bleibt von da an, auch bei noch so großer Stromsteigerung, konstant.

Bei seinen Versuchen mit dem Solenoid entdeckte schließlich Faraday noch eine Induktion, nämlich die sogenannte Selbstinduktion. Es stellte sich nämlich heraus, daß in dem mit Strom beschickten Solenoid beim Öffnen und Schließen des Stromes in der Spule selbst ein Strom auftritt, welcher dem Schließungsstrom entgegengesetzt, dem Öffnungsstrom dagegen gleichgerichtet ist. Man nennt diese Ströme Extrastrome. Durch die entgegengesetzte Richtung des Extrastromes wird natürlich die Schließungsinduktion geschwächt, während die Öffnungsinduktion verstärkt wird.

Der Induktor.

Die Verwendung des Elektromagneten in der Elektrotechnik ist eine derartig vielseitige, so daß es viel zu weit führen würde, wenn man diese Mannigfaltigkeiten alle aufzählen wollte.

Uns interessiert nur der Induktionsapparat, dessen Wirkung, wie schon der Name sagt, auf dem im vorhergehenden Kapitel geschilderten Wesen der Induktion beruht.

Demnach besteht ein Induktionsapparat aus drei Hauptteilen: 1. der Primärspule, 2. der Sekundärspule und 3. dem Eisenkern.

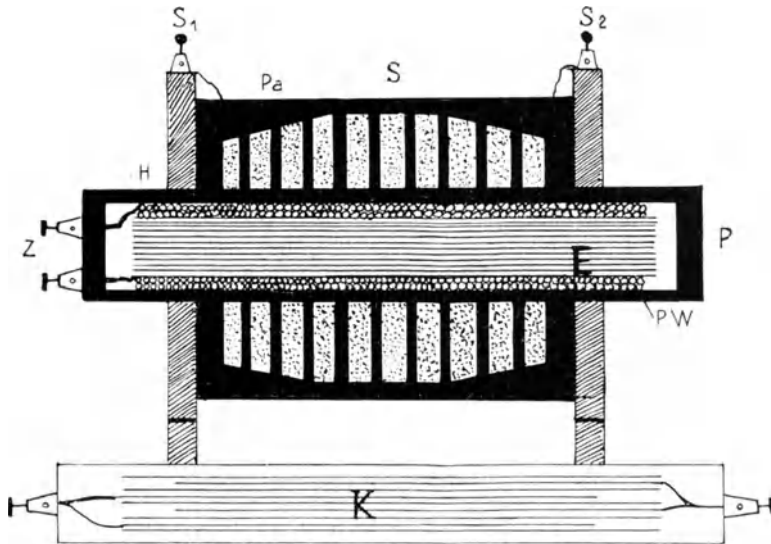


Abb. 3.

Längsschnitt durch einen Induktor.

E Eisenkern

PW Primäre Wicklung

H Hartgummigehäuse

S Sekundärspule

1—10 Längsschnitt durch die einzelnen Spulen

PA Paraffinumhüllung

S₁, S₂ Stromentnahme

Z Zuleitung zur Primärspule

K Kondensator

Alle Teile stehen natürlich in einem gewissen Größenverhältnis zueinander und tragen den erläuterten physikalischen Gesetzen Rechnung.

Bei den großen Induktoren, den sogenannten Funkeninduktoren, wie sie zur Erzeugung der Röntgenstrahlen verwendet werden, besteht der Eisenkern aus einem Bündel von Eisendrähten oder aus Eisenblechstreifen. Bei der Herstellung eines derartigen Eisenkernes muß auf folgendes Rücksicht genommen werden: die Drähte oder Blechstreifen müssen aus weichstem Eisen hergestellt sein und zwar aus dem Grunde, weil nur weiches Eisen die Eigenschaft besitzt, als temporärer Magnet wirken zu können. Würde man Stahl verwenden, so würde derselbe wohl auch magnetisch werden, würde aber seinen Magnetismus auch nach dem Ausschalten des Stromes beibehalten. Weshalb zu einem Eisenkern kein

massives Eisenstück genommen wird, sondern Drähte oder Blechstreifen, hat seinen Grund darin, daß bei der Einwirkung eines Solenoids auf einen Metallkörper in demselben wiederum Ströme entstehen, welche sogar eine Erhitzung des Metalls zur Folge haben. Diese Ströme (Wirbelströme) werden zu Ehren ihres Entdeckers Foucault'sche Ströme genannt. Die einzelnen Bestandteile eines Eisenkörpers dürfen daher auch nicht ohne weiteres aneinander gelegt werden, sondern müssen durch einen Lacküberzug gegeneinander wohl isoliert werden. Dieser Eisenkern ist nun in

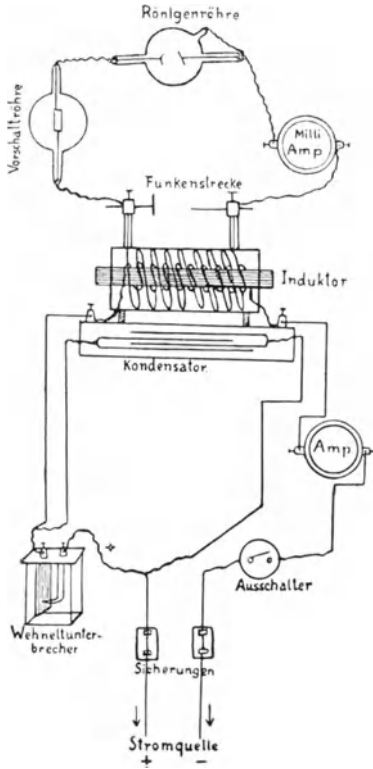


Abb. 4.

Schaltungsweise einer Induktoreinrichtung.

(Aus Leix, Grundzüge d. zahnärztl. Elektrotherapie u. Röntgenologie. Berlinische Verlagsanstalt, Berlin)

sie besteht aus einer Reihe von scheibenartigen, nur wenige Millimeter breite Spulen, die fortlaufend miteinander verbunden sind. Da fernerhin die größte Spannung am Anfange und am Ende der Sekundärspule herrscht, werden die Scheiben so hergestellt, daß sich ihr Durchmesser gegen den Nord- und Südpol des Magneten hin verringert. Um die Sekundärspule weiterhin genügend zu isolieren, wird dieselbe mit heißem Paraffin getränkt und außerdem noch mit einer dicken Paraffinschicht umgeben (s. Abb. 3). Es gibt noch verschiedene Schemen, nach welchen eine Induktionsspule gewickelt werden kann, jedoch würde es zu weit führen, sie alle anzuführen.

der Regel mit einem in Schellacklösung getränkten Leinwandstreifen umwickelt, welcher die Aufgabe hat, einmal die Eisenteile zusammen zu halten und zweitens isolierend gegen die den Eisenkern umgebende primäre Wicklung zu wirken. Diese Drahtwicklung besteht aus 1—2 mm starkem mit Baumwolle oder Seide umspinnenen Kupferdraht in zwei übereinander liegenden Lagen. Die Windungen jeder Lage schließen dicht aneinander. Die zur Verwendung kommende Drahtstärke richtet sich ganz nach der Stromstärke, mit welcher die Primärspule beschickt werden soll. Je mehr Amperes die Spule durchfließen, desto dicker muß der Draht gewählt werden.

Wenn wir nun den Bau eines Funkeninduktors weiter verfolgen, so handelt es sich darum, die Primärspule möglichst gut gegen die sekundäre Wicklung zu isolieren, um ein Überspringen von Funken zwischen den beiden Wicklungen zu umgehen; erreicht wird dies dadurch, daß wir den Eisenkern mit samt seiner Wicklung in ein Hartgummigehäuse einschließen, auf welches nun die Sekundärspule gewickelt wird. Da die in der Sekundärspule fließenden induzierten Ströme eine außerordentliche hohe Spannung besitzen, so muß eine bestmögliche Isolation in der Spule stattfinden. Aus diesem Grunde wird die Spule nicht fortlaufend gewickelt, sondern

Der Unterbrecher.

Wie wir bei der Induktion gesehen haben, entsteht ein Induktionsstrom nur dann, wenn bestimmte Veränderungen am primären Teil des Apparates vorgenommen werden und zweitens dann, wenn der Primärstrom ein- oder ausgeschaltet wird. Was die erste Art zur Hervorbringung des Induktionsstromes betrifft, so hat sie praktisch keine Bedeutung, weit wichtiger ist das Ein- und Ausschalten des Stromes.

Es geschieht dies bei den Induktoren auf automatischem Wege mittels verschiedenartiger Vorrichtungen, deren wesentlichste im nachstehenden beschrieben werden sollen.

Der Hammerunterbrecher.

Einer der bekanntesten Unterbrecher, wie diese Vorrichtungen genannt werden, ist der Neeffsche Hammer, bei welchem gleichzeitig die Magnet-

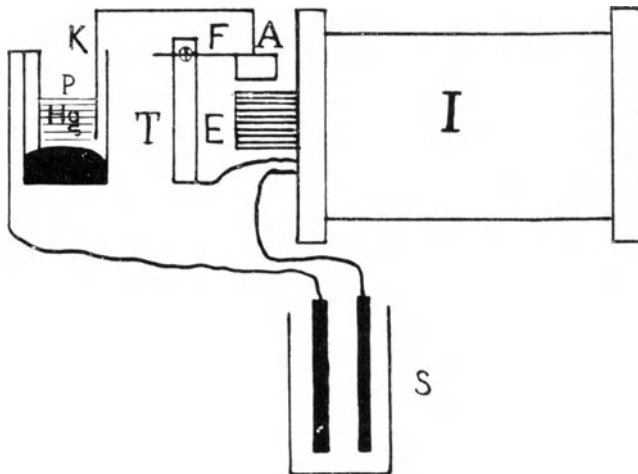


Abb. 5.

Quecksilber-Hammerunterbrecher.

- J Induktor
- S Stromquelle
- A Anker
- F Feder
- T Träger
- K Kupferdraht
- Hg Quecksilber
- P Petroleumschicht

wirkung des Eisenkernes mit ausgenützt wird. Das Prinzip des Hammerunterbrechers veranschaulicht uns die elektrische Klingel. Der Vorgang ist kurz beschrieben folgender: Der von der Batterie B kommende Strom (negativ oder positiv, die Wirkung ist die gleiche) durchfließt zunächst die Windungen des Elektromagneten M und endigt in dem Federträger T, während der andere Pol der Batterie an die Stellschraube S angelegt ist; auf diese Weise ist der Strom geschlossen, so daß der Eisenkern EK magnetisch wird. Die Folge wird nun sein, daß das Eisenklötzchen A (Anker) angezogen wird und der Kontakt zwischen F und Sch aufgehoben

wird. Da jedoch der Anker auf einer Feder F befestigt ist, wird derselbe sofort wieder zur Schraube Sch zurückgeschnellt; es kommt dadurch ein neuer Stromschluß zustande und das Spiel beginnt von vorne. Da natürlich das Metall durch den Öffnungs- und Schließungsfunken sehr stark abgenützt würde, trägt die Stellschraube an der Spitze einen Platinstift und die Feder an der Berührungsstelle ein Platinplättchen.

Da sich auch das Platin, insbesondere bei größeren Funkeninduktoren sehr rasch abnützt und daher der Betrieb der Apparate sehr kostspielig sein würde, ist man dazu übergegangen, eine andere Art von Unterbrecher zu konstruieren, nämlich den Quecksilbertauchunterbrecher. Das Prinzip des Hammerunterbrechers ist dabei gewahrt, es erfolgt jedoch bei dieser Art Unterbrecher der Kontakt durch einen Metallstift, welcher in Quecksilber taucht. Abb. 5 stellt das Schema eines derartigen Apparates dar. Die Schaltungsweise ist genau dieselbe; nur führt diesmal der eine Leitungsdraht statt an die Stellschraube in den Quecksilberbehälter. Auch steht in der Regel der Hammer nicht vertikal, sondern horizontal. Zieht nun der Magnet den Anker an, so taucht der Stift in das Quecksilber, um sofort wieder von der Feder emporgezogen zu werden. Um den Öffnungs- und Schließungsfunken zu mildern, wird in der Regel auf das Quecksilber absoluter Alkohol oder Petroleum gegossen.

Der Wehneltunterbrecher.

Der Unterbrecher ist nach seinem Erfinder Wehnelt, dessen Name uns später noch begegnen wird, benannt. Der Wehneltunterbrecher gehört seiner Wirkungsweise nach zur Art der elektrolytischen Unterbrecher. Dieser Unterbrecher kommt ausschließlich nur bei größeren Apparaten in Betracht, da zu seinem Betrieb große Stromstärken erforderlich sind.

Die Einrichtung ist die denkbar einfachste; sie besteht aus einem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Glasgefäß, in welches eine Bleiplatte und eine Platinspitze tauchen. Besondere Beachtung verdient die Platinspitze, weil mit derselben die Geschwindigkeit der Unterbrechungen reguliert werden kann. Die Anordnung der Einrichtung läßt sich am besten mit einer schematischen Zeichnung erläutern; B stellt die Platinelektrode aus Bleiblech dar, der Platte gegenüber steht die zweite Elektrode, sie besteht aus einem Bleistab, an dessen oberen Ende eine Polklemme angelötet ist und dessen unteres Ende einen etwa 5 cm langen Platinstift trägt. Das Ganze befindet sich in dem Porzellanrohr R, das eine so weite Öffnung am Boden hat, daß der Platinstift gerade durchgeschoben werden kann. Die Unterbrechung geschieht nun in der Weise, daß sich der Strom an dem kleinen Querschnitt sehr zusammen dichtet (große Stromdichte) und die aus dem Porzellanrohr herausragende Platinspitze derartig erhitzt, daß die Spitze umgebende Flüssigkeit zum Sieden kommt, wobei dann die Spitze von einer Dampfhülle (Bläschen) umgeben wird. Diese isolierende Hülle verhindert nun einen Kontakt der Spitze mit der Flüssigkeit und unterbricht nun den Strom. Durch den plötzlichen Abfall des primären Stromes, der bei genügend großer Selbstinduktion der Primärspule eintritt, und durch die rasche Blasenbildung ausgelöst wird, tritt an den Spulenden die primäre Öffnungsspannung ein, die einige tausend Volt betragen kann. Diese hohe Spannung durchschlägt mit Leichtigkeit das Bläschen; gleichzeitig findet dabei auch eine Zersetzung des Wasserdampfes in Wasserstoff und Sauerstoff statt. Der bei diesem Vorgange auftretende

elektrische Funke bringt nun das Gemisch zur Explosion und die Folge ist, daß die Blase mit einem Ruck abgestossen wird. Dadurch wird nun der Kontakt der Platinspitze mit der Flüssigkeit des Gefäßes wieder hergestellt, der Strom ist wieder geschlossen und das Spiel beginnt von neuem.

Die Leistungsfähigkeit des Apparates ist sehr groß, so daß es bis zu 2000 Unterbrechungen in der Sekunde kommen kann.

Da die Arbeitsleistung des Unterbrechers von der Größe der Oberfläche des aus dem Porzellanrohr in die Säure tauchenden Platinstiftes abhängig ist, wird der Apparat mit Stellschraube geliefert, so daß man den Stift beliebig lang in die Säure tauchen kann. Eine zweite Reguliermöglichkeit bietet die Verwendung mehrerer Porzellanrohre mit Platinstiften mit einer dazu gehörigen Bleielektrode. Die Stifte sind so eingerichtet, daß eine beliebige Zahl hinzu oder abgeschaltet werden kann.

Der Simonunterbrecher.

Mit dem Wehnelunterbrecher verwandt und ebenfalls auf dem elektrolytischen Prinzip aufbauend ist der Simonunterbrecher. Die Anordnung ist so ziemlich die gleiche, nur taucht diesmal ein ziemlich weites Rohr in die Säure. Dasselbe birgt jedoch keinen Platinstift in sich, sondern enthält nur einen ziemlich dicken Bleistab, der etwa bis über die Mitte des Rohres reicht. Das rund abgeschmolzene Porzellanrohr hat am Boden ein oder mehrere sehr feine Löcher, durch welche die Säure in das Rohr dringt. Man nennt den Unterbrecher deshalb auch Diaphragmaunterbrecher. Wird der Apparat unter Strom gesetzt, so kommt es an den feinen Löchern ebenfalls zu einer sehr hohen Stromdichte, so daß wir die gleichen Erscheinungen antreffen wie bei dem vorher beschriebenen Wehnelunterbrecher.

Der mechanische Unterbrecher.

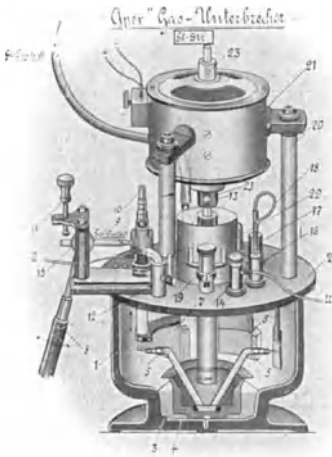
An dem im nachfolgenden zu beschreibenden Unterbrechertyp unterscheiden wir zwei Hauptteile: nämlich den als Triebkraft dienenden Elektromotor und die eigentliche Unterbrechervorrichtung.

Die weitaus verbreitetsten Fabrikate sind die Modelle der Firma Reiniger, Gebert & Schall und die der Sanitas Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin. Das Prinzip ist in beiden Fällen dasselbe. Auf der vertikal stehenden Achse eines Motors befindet sich ein konisches Gefäß, das durch den Motor in sehr rasche Rotation versetzt wird. Das Gefäß ist ungefähr bis zu $\frac{1}{3}$ mit Quecksilber gefüllt, welches durch die Zentrifugalkraft empor gehoben wird und im weitesten Teil des Gefäßes einen festen Ring bildet. Im Deckel des Gefäßes befindet sich exzentrisch angeordnet ein Kontakträdchen mit 4 Flügeln, welches den Quecksilberring berührt. Je zwei diagonale Flügel des Rades sind aus Kupfer, während die andern beiden aus isolierendem, feuerfesten Material bestehen.

Durch den Quecksilberring wird das Rad so gedreht, daß einmal eine Kupferspeiche, das anderemal eine isolierende Speiche berührt wird; dadurch kommt es zu einem ständigen Ein- und Ausschalten des Stromes in äußerst rascher Aufeinanderfolge. Die Stromzuführung geschieht einesteils durch das Gefäß auf das Quecksilber, andernteils durch das Kontaktrad auf das Quecksilber. Da natürlich bei der großen Stromstärke, mit welcher die Primärspeiche eines großen Induktors belastet wird, der Öffnungsfunke nicht

unbedeutend ist, so würde sowohl das Quecksilber sehr bald verbrannt, als auch der Metallteil des Kontaktträgdchens sehr rasch abgenützt sein, wenn nicht ein den Funken dämpfendes Mittel zur Anwendung kommen würde. Ein solches sogenanntes Dielektrikum ist, wie schon erwähnt, Petroleum oder Alkohol, mit welchem das Quecksilber überschichtet ist, und auch, wie wir später noch hören werden, Leuchtgas. Trotz dieser Maßnahme jedoch oxydiert das Quecksilber noch so stark, daß es mit dem Petroleum bzw. Alkohol einen übelriechenden, dicken Schlamm bildet, der von Zeit zu Zeit entfernt werden muß unter gleichzeitiger Ergänzung des verbrauchten Quecksilbers und Petroleums.

Man hat nun in neuerer Zeit versucht, auch diesen Übelstand aus der Welt zu schaffen, dadurch daß man Leuchtgas in den Behälter strömen läßt. Es herrscht nun vielfach die Ansicht, daß in dem Zimmer, in dem sich ein derartiger Unterbrecher befindet, eine Gasleitung vorhanden sein muß. In den meisten zahnärztlichen Ordinationszimmern findet man ja



Zeichenerklärung für den Apex-Gas- unterbrecher.

1 Unterbrechertopf, 2 Deckel, 3 Quecksilber, 4 Pumpenkörper, 5 Ausspritzdüsen, 6 Kontaktlamelle, verstellbar, 8 Verstellhebel, 9 Führungsstück für die verstellbare Kontaktlamelle, 10 Gleitstange für Kontaktverschiebung, 11 Einstellschraube, 12 Gasaustrittshahn, 14 Anschlußklemme, 15 Verbindungsscheibe für Verstellhebel, 16, 17 Stecker, 18 Verbindungskabel, 19 Schutzblech für die Kupplung, 20 Säule für den Motor, 21 Motor, 22 Stecker, 23 Ölung.

Abb. 6.

meistens auch eine Gasleitung; wo aber dies nicht der Fall ist, kann man sich des in Stahlflaschen abgefüllten und unter hohem Druck befindlichen Blaugases bedienen.

Da der Unterbrecher einen derartig minimalen Gasverbrauch hat, genügt auch für den angestrengtesten Röntgenbetrieb eine ganz kleine Flasche, deren Inhalt für einige Jahre ausreicht.

Einer der modernsten Gasunterbrecher ist der „Apex“-Gasunterbrecher. Während bei dem vorher beschriebenen Rekordunterbrecher der Elektromotor unten war, ist diesmal die Reihenfolge umgekehrt, so daß der Motor auf dem großen eisernen Unterbrechergehäuse sitzt. Die Motorachse tritt durch das Unterbrechergefäß durch und treibt eine in das Quecksilber tauchende Turbine, welche durch ihre Rotation das Quecksilber in die Höhe pumpt und aus feinen zwei entgegengesetzten Düsen ausspritzt. Am Gefäßdeckel sind ferner zwei Paare diagonalstehende Metallplatten angebracht, an welche die Stromzuleitung befestigt ist. Trifft nun der Quecksilberstrahl auf eine der Platten, so ist der Kontakt hergestellt, so daß bei einer Umdrehung vier Stromschlüsse und vier Unterbrechungen

zustande kommen. Mit Hilfe einer besonderen Schalteinrichtung können zwei oder vier Platten eingeschaltet werden, so daß die Zahl der Unterbrechungen bei jeder Umdrehung beliebig variiert werden kann. Diese vier Unterbrechungen werden besonders bei Aufnahmen sehr erwünscht sein, weil man dadurch die Expositionszeit wesentlich abkürzen kann.

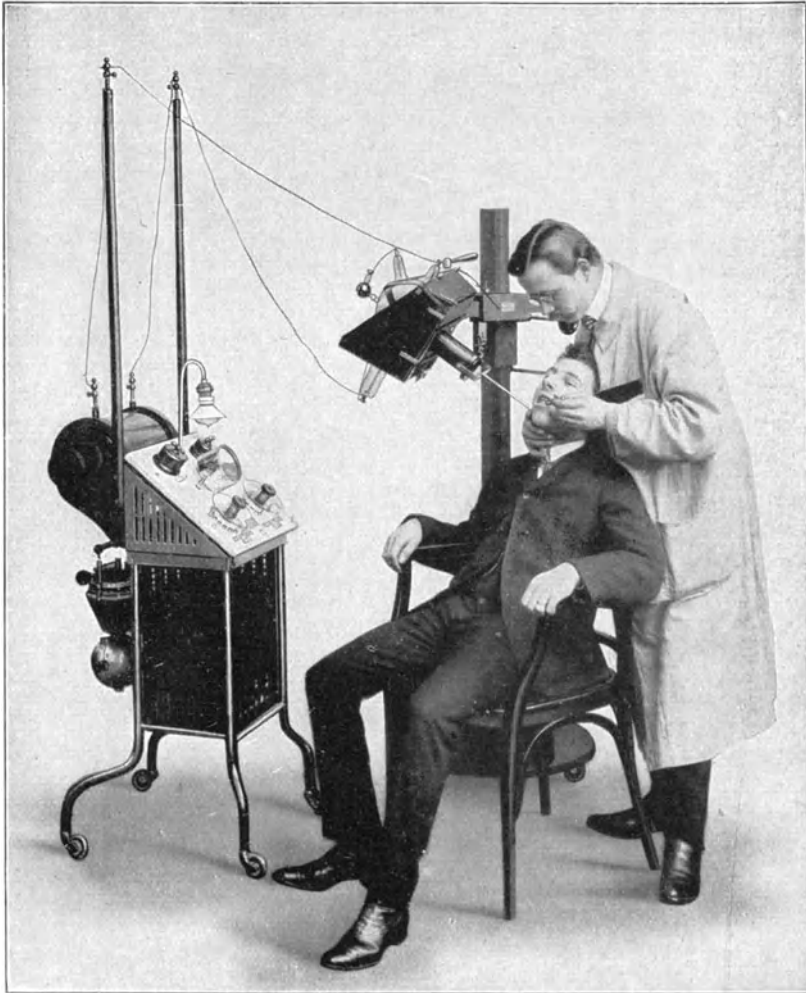


Abb. 7.

Fahrbarer Röntgenapparat.

Natürlich kann auch bei all diesen Unterbrecherarten durch Vorschalten von Widerständen vor den Motor die Häufigkeit der Unterbrechungen in noch weiteren Grenzen reguliert werden.

Was die Vorteile und Leistungsfähigkeit dieses Apparates betrifft, so können sie schwerlich durch ein anderes System erreicht werden und verdienen deshalb auch unbedingt besprochen zu werden.

Abgesehen davon, daß der Apparat sowohl mit Gleich- als auch mit Wechselstrom betrieben werden kann, sowie Spannungen bis zu 250 Volt

und Stromstärken bis zu 40 Amper unterbricht, ohne ein anderes Verhalten zu zeigen als wie bei 2 und 3 Ampers, kann er fernerhin stundenlang mit 15 Ampers Belastung betrieben werden, ohne daß die Leistung im mindesten beeinträchtigt wird. Die Reinigung des Quecksilbers ist höchst einfach und kommt sehr selten in Frage.

Der Gasunterbrecher hat ferner noch andern Unterbrechern gegenüber mit flüssigen Dielektriken den großen Vorteil, daß das Ein- und Ausschalten des Stromes nicht von Flüssigkeitswirbeln gestört wird; es fallen daher die Stromimpulse alle gleich aus; daraus resultiert, daß die Röntgenröhren vollkommen gleichmäßig ruhig leuchten und jedes Flackern in Wegfall kommt.

Der Mackenzie-Davidson-Unterbrecher.

Die Reihe der mechanischen Unterbrecher vervollkommnet noch dieser Unterbrecher, welcher so eingerichtet ist, daß sowohl ein flüssiges wie ein gasförmiges Dielektrikum verwendet werden kann. Die Bauart ist ähnlich wie bei den andern Unterbrechern, eine kleine Abweichung besteht nur insofern, als das Quecksilbergefäß nicht rotiert; dafür wird aber ein gleichgeartetes Kontakträdchen wie beim Teslaunterbrecher durch einen Motor unmittelbar angetrieben. Das Kontakträdchen steht schräg in einem Winkel von 45° , so daß nur immer ein Flügel die Quecksilberoberfläche berührt.

Der Unterbrecher eignet sich sehr gut für transportable Einrichtungen und kann für Stromstärken bis zu 20 Ampère verwendet werden.

Der Kondensator.

Der Kondensator befindet sich in der Regel in einem Holzkasten, der gleichzeitig als Sockel für die Induktionsspule dient, oder er ist in einem besonderen Kästchen in der Nähe des Induktors untergebracht.

Die Anwendung eines Kondensators kommt bei allen Unterbrecherapparaten vor mit Ausnahme der elektrolytischen.

Ein Kondensator besteht aus nichts anderem als aus mit Paraffin getränktem Papier und Staniol und zwar baut man den Apparat in der Weise, daß man auf ein Paraffinpapier ein rechteckiges Staniolblatt so legt, daß dessen schmale Seite etwa zwei Zentimeter das Papier auf der einen Seite überragt. Es folgt nun wieder ein Paraffinpapier, das mit dem ersten in Deckung gebracht wird. Das nun folgende zweite Staniolblatt überragt das Papier in der gleichen Weise auf der gegenüberliegenden Seite. In dieser Art wird nun fortgefahren, bis man ein etwa 2 cm dickes

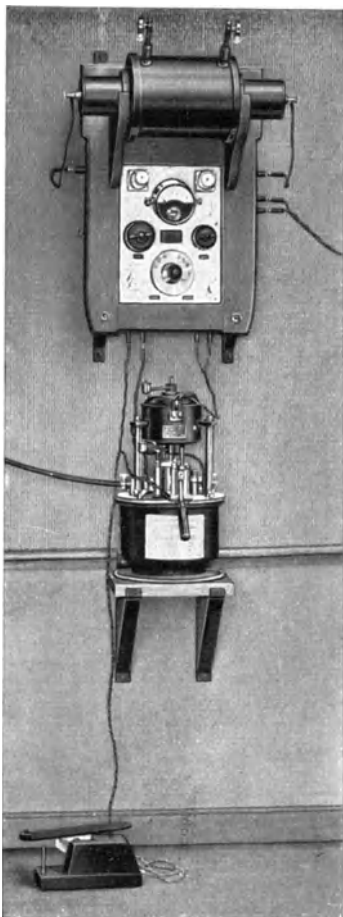


Abb. 8.
„Apex“-Dental-Röntgenapparat
mit Gasunterbrecher.

Päckchen erreicht hat. Am Schlusse werden an die überragenden Staniolenden Klammern befestigt und zwei Drähte parallel zum Unterbrecher geführt.

Der Kondensator bezweckt ein Abfangen der Öffnungsextraströme und zwar in der Weise, daß die bei Kontaktschluß in den Kondensator eingedungenen Elektrizitätsmengen wieder gegen die Kontaktstelle des Unterbrechers zurückströmen und sich dort durch einen geringen Funken ausgleichen, teilweise aber wirken sie dem zur Kontaktstelle hineinströmenden Batterieströmen entgegen, so daß dadurch die Induktionswirkung bei Stromschluß gegen jene bei der Öffnung verringert, oder mit anderen Worten der Öffnungsstrom, welcher den Funken erzeugt, verstärkt wird. Die Wirkung äußert sich praktisch darin, daß der Induktionsfunke glänzender und kräftiger wird.

Die Funkenlänge.

Die Spannung, welche ein Induktor liefert, ist sehr beträchtlich, sie ist so groß, daß der Widerstand der Luft überwunden wird und daß sehr ansehnliche Funkenbildung zustande kommt. Man nennt das zwischen den beiden Polen sich bildende Funkenband Aureole.

Um sich eine Vorstellung machen zu können über die Voltzahl, welche zur Bildung verschiedener Aureolenlängen erforderlich ist, seien folgende Daten angeführt:

9 cm	=	50 KV	(1 KV = 1 Kilovolt = 1000 Volt)
11,8 cm	=	60 KV	
24,4 cm	=	100 KV	
30,1 cm	=	120 KV	
38 cm	=	150 KV	
45 cm	=	175 KV	
52 cm	=	200 KV	
100 cm	=	618 KV	

Die früher vielfach strittige Frage nach der günstigsten Funkenlänge hat sich dahin geklärt, daß eine Funkenlänge von 35–40 cm zum Überwinden des höchsten Röhrenvakuums genügt und daher für alle Röntgenzwecke vollständig ausreicht.

Die modernen Induktoren sind in ihrer Bauart gedrängter, stehen aber in bezug auf Leistungsfähigkeit den alten Apparaten nicht nach, sondern übertreffen dieselben sogar. Wenn auch die gedrängte Bauart eine Verringerung der Klemmspannung zur Folge hat, so ist das maximale Funkenband trotzdem größer, als die Entfernung der Polklemmen angibt, besonders ist dies der Fall, wenn der Induktor statt in Paraffin in Öl gebettet ist.

II. Unterbrecherlose Apparate.

Wir verlassen nun das Kapitel der Induktoren und wenden uns der andern Spezies von Apparaten zu, nämlich den Hochspannungstransformatoren.

Schon rein äußerlich unterscheiden sich diese Apparate vom Induktorbetrieb dadurch, daß bei ihnen mehr das Maschinenartige zur Geltung kommt und in der Tat haben wir auch eine richtige Maschine vor uns. Die Konstruktion einer derartigen Maschine läßt sich am besten durch nebenstehende Abbildung anschaulich erläutern. Zum Betriebe der Einrichtung kann sowohl Wechsel- als auch Gleichstrom verwendet werden

und zwar in beiden Fällen diejenige Spannung, für welche die Maschine gebaut ist.

Da von Haus aus ein Transformator nur mit Wechselstrom gespeist werden kann, so muß der erforderliche Wechselstrom erzeugt werden. Diesem Zwecke dient der in dem geöffneten Schranke (Abb. 11) im oberen rechten Abteil ersichtliche Einankerumformer. Der Einankerumformer ist ein Motor, dessen Anker an zwei Stellen eine Anzapfung erhält zur Entnahme des

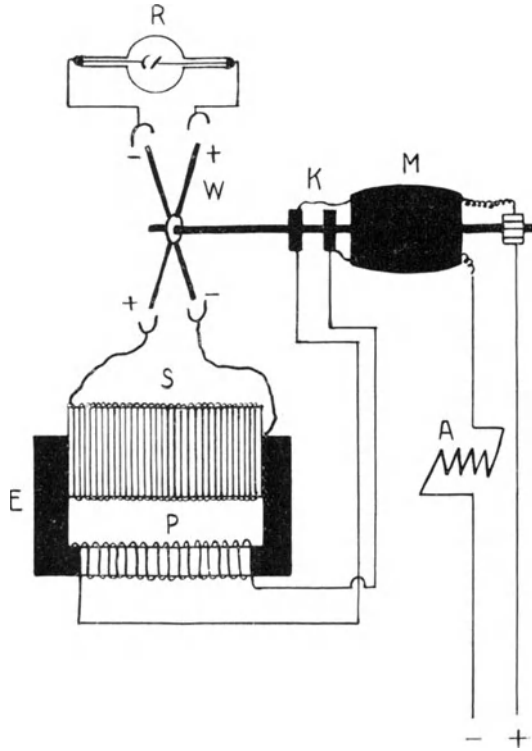


Abb. 9.

Schema eines unterbrecherlosen Apparates.

- A Anlasser
- M Motorumformer
- W Wender
- K Kollektor
- P Primäre Wicklung
- S Sekundäre Wicklung
- E Eisenkern
- R Röntgenröhre

Wechselstromes. Der Umformer ist wie ein Motor gebaut und wandelt den in ihn geschickten Gleichstrom in zweiphasigen Wechselstrom um. Dieser Wechselstrom wird nun in den Transformator geschickt. In seiner Bauart ähnelt der Transformator einem Induktor, nur mit dem Unterschiede, daß der Eisenkern ringförmig geschlossen ist. Die Aufgabe des Transformators besteht nun darin, den ursprünglich einfachen Wechselstrom in einen hochgespannten Wechselstrom umzuwandeln. Während man früher die Sekundärspule ähnlich wie beim Induktor trocken isolierte, d. h. in Paraffin eingoß, hat man diese Methode bei den moderneren Apparaten

allmählich verlassen. Deshalb finden wir bei den neueren Instrumenten einen großen mit Öl gefüllten Behälter, in welchem der ganze Transformator mitsamt dem Eisenkern untergetaucht ist. Da Öl bedeutend besser isoliert als Paraffin, so ist leicht einzusehen, daß die Leistungsfähigkeit der Maschine in bezug auf hohe Belastung bedeutend gesteigert ist. Der nun aus dem Transformator kommende Strom kann nicht ohne

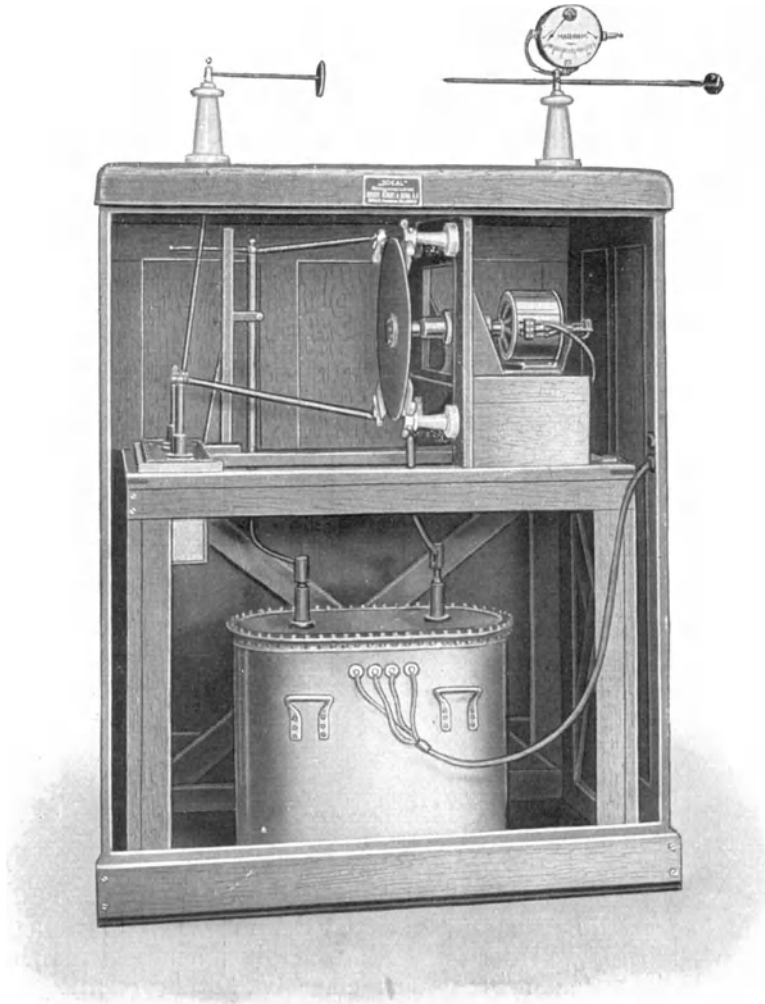


Abb. 10.

Geöffneter Idealapparat (Reiniger, Gebbert & Schall).

weiteres zum Betrieb von Röntgenröhren verwendet werden, da er Stromimpulse nach beiden Richtungen enthält. Da wir nur solche nach einer Richtung brauchen, muß der Wechselstrom gleichgerichtet werden. Zu diesem Zwecke wird er dem Gleichrichter zugeführt. Dieser besteht zunächst aus einer Scheibe oder aus Flügeln, welche auf der verlängerten Achse des Einanker-Umformers ruhen und mit demselben synchron laufen. Im Prinzip ist der Gleichrichter nichts anderes als ein automatisch be-

triebener Polwender, welcher die Stromwelle in dem Moment, in welchem sie den Nullpunkt passiert, umkehrt, so daß die ursprünglich negative Richtung in die positive verwandelt wird.

Um den Apparat in Betrieb setzen zu können, sind verschiedene Nebenapparate erforderlich, so vor allen Dingen ein Anlasser für den Einanker-Umformer, ein Amperemeter zur Messung der Stromstärke mit der jeweils die Primärspule des Transformators beschickt wird, sowie Widerstände zur Regulierung des Primärstromes.

Steht zum Betrieb des Apparates schon Wechselstrom zur Verfügung, so tritt eine kleine Vereinfachung in der Apparatur ein; es fällt dann der Einankerumformer weg und an seine Stelle tritt ein kleiner Motor, der nur so stark zu sein braucht, daß er zum Bewegen des Gleichrichters aus-

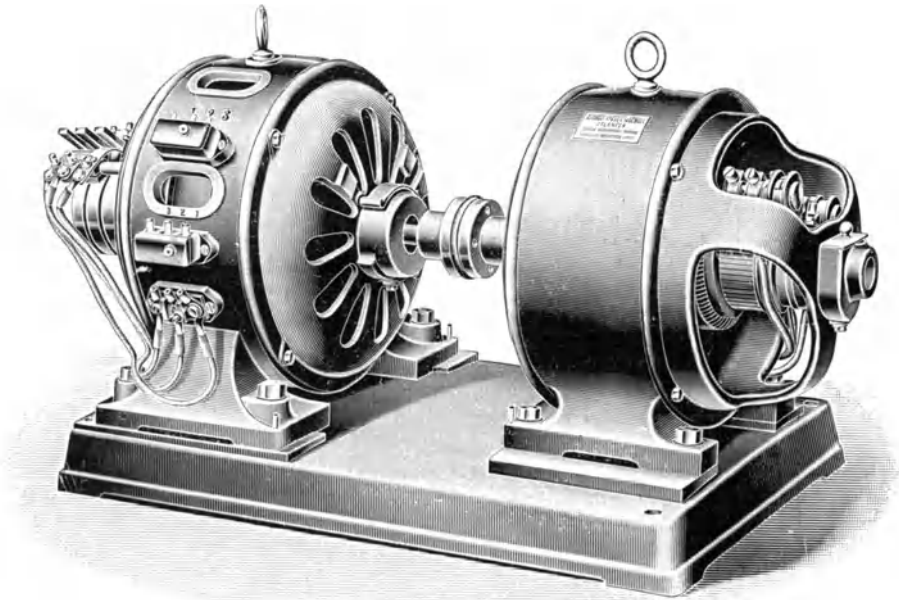


Abb. 11.

Drehstrom-Gleichstrom-Umformer.

reicht. In bezug auf Leistungsfähigkeit ist der mit Gleichstrom betriebene Apparat im Nachteil, weil der vom Umformer kommende Strom begrenzt ist, während die Stromentnahme aus einer Wechselstromleitung beliebig sein kann.

Die soeben beschriebene Art von Röntgenapparaten ist im allgemeinen leistungsfähiger als der Induktor, was schon daraus hervorgeht, daß die Expositionszeiten bei allen Aufnahmen wesentlich verkürzt sind. Es können mit dem Apparat sogar Momentaufnahmen gemacht werden, was zwar für die Zahnheilkunde keine besondere Bedeutung hat, dafür aber für den Herzspezialisten um so wertvoller ist.

Ein weiterer Vorzug der Hochspannungstransformatoren aber ist darin zu erblicken, daß der die Röhre speisende Strom nur eine Richtung hat und nicht eventuell umgekehrter Strom, wie es bei den Induktoren vorkommen kann, die Röhre durchfließt.

Der Heliodor-Röntgenapparat.

Einen ganz neuen Typ von Röntgenapparaten stellt der Heliodorapparat von den Veifa-Werken in Frankfurt a. M. dar. Der Apparat ist ebenfalls ein Hochspannungstransformator und ist zum direkten Anschluß an Wechselstrom gebaut. Das Instrumentarium verdient hauptsächlich wegen

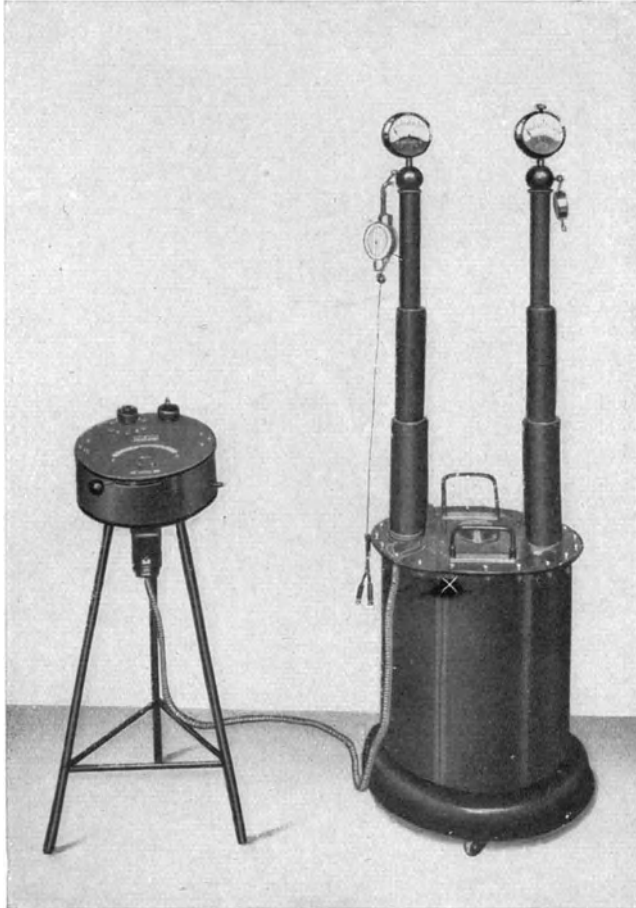


Abb. 12.
Heliodorapparat.

seiner geringen Dimension und trotzdem großer Leistungsfähigkeit erwähnt zu werden.

In einem fahrbaren Aluminiumbehälter von 50 cm Höhe und einem Durchmesser von etwa 35 cm ist ein Transformator nach Art eines Induktors in Öl eingeschlossen. Aus der Mitte des das Gefäß verschließenden Hartgummidckels erhebt sich eine T-förmig endigende Stange, welche in der Mitte eine Kontrolllampe und an den Enden ein Amperemeter sowie ein Milliamperemeter trägt, von dem später noch die Rede sein wird. Von den Meßinstrumenten führen zwei Kabeln zur Röntgenröhre. Der Apparat arbeitet natürlich ohne Unterbrecher und zwar vollkommen geräuschlos, so

daß ein Summer eingebaut wurde, welcher bei eingeschaltetem Strom ein brummendes Geräusch verursacht und auf diese Weise vor einem Berühren der stromführenden Teile warnt.

Vermittelt ein durch Panzerschlauch geschütztes Kabel ist der Transformator mit einem fahrbaren Schalttischchen verbunden. Neben verschiedenen Schalthebeln, welche später noch Erwähnung finden werden,

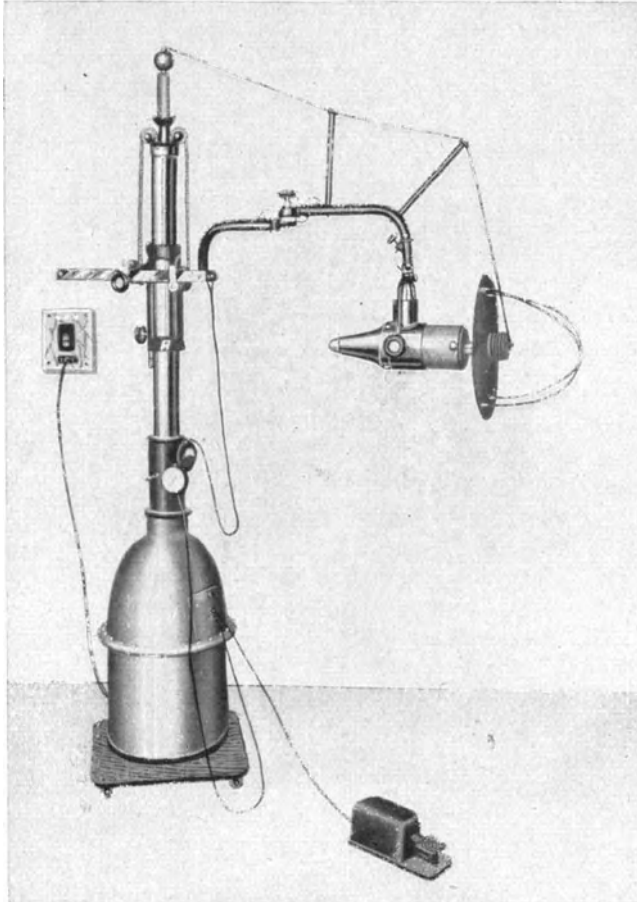


Abb. 13.
Dental-Heliodor-Apparat.

ist ein Strombegrenzer angebracht, der eine automatische Schaltvorrichtung darstellt, welche selbsttätig bei Überlastung ausschaltet und daher nach Art einer Sicherung Apparat und Röhre vor Schädigung bewahrt. Im Gehäuse des Tischchens sind die Widerstände untergebracht.

Der Stromverbrauch des an einer Phase eines Dreh- oder Wechselstromes angeschlossenen Apparats ist bei 110 Volt 1100 Watt, bei 220 Volt 1320 Watt.

Eine den Bedürfnissen des Zahnarztes angepaßte Änderung des Heliodorapparates finden wir im Dental-Heliodor. Der Apparat fällt durch seine Zierlichkeit auf und vereinigt in einem Stück Apparat und Stativ.

Transformator, Anschluß und Reguliervorrichtung sind in einem sockelähnlichen Gehäuse untergebracht, dessen oberer Teil die Stativsäule trägt. Auf der Säule läuft ein in vertikaler Richtung verschieblicher Wagen, an welchem der die Röhre tragende Arm befestigt ist. Der Arm ist bogenartig gehalten und hat einen Öffnungswinkel von über 200 Grad. Die Gelenke des Armes sind feststellbar und einzeln lösbar und besitzen ferner Skalen, um eine beliebige Einstellung markieren und wiederholen zu können.

Die Röntgenröhre (gasfreie Röhre) ist einpolig an den Transformator angeschlossen. Das Hochspannungskabel ist auf einem besonderen Kabelträger an der Stativsäule und an dem Arme entlang geführt. Der andere Pol, sowie sämtliche Metallteile des Apparates sind geerdet. Die Röhre ist in einem strahlensicheren Gehäuse untergebracht. Die zur Verwendung kommende Dental-Coolidge-Röhre weist ebenfalls einen abweichenden Bau anderen Röhren gegenüber insofern auf, als die Elektroden zu einander rechtwinkelig stehen, um einesteiils die größtmögliche Annäherung an das aufzunehmende Objekt zu gestatten und andernteils um ein günstigeres Unterbringen der Zuleitung zur Röhre zu ermöglichen.

In den Apparat ist gleichzeitig ein Zeitrelais eingebaut, welches die beabsichtigte Belichtungszeit im Voraus einzustellen gestattet, worauf nach Ablauf dieser Zeit die Röhre sich automatisch ausschaltet.

Die vom Dental-Heliodor gelieferte Spannung beträgt etwa 50 000 Volt, die die Röhre durchfließende Stromstärke 10 Milliampères.

Wird dem Instrumente noch ein Einankerungsformer zur Erzeugung des erforderlichen Wechselstromes vorgeschaltet, so läßt sich auch der Anschluß an Gleichstrom ermöglichen.

Der Ergos-Röntgenapparat.

Der Ergosapparat (Reiniger, Gebbert und Schall) gehört ebenfalls zum Typ der unterbrecherlosen Apparate und weist eine ähnliche Konstruktion auf, wie der schon erwähnte Heliodorapparat. Seine Verwendung ist ausschließlich nur für diagnostische Zwecke. In sinnreicher Weise vereinigt der Apparat ebenfalls gleichzeitig Umformer und Stativ in einem Stück. Die Aufstellung eines derartigen Instrumentariums dürfte daher überall da angezeigt sein, wo Raumangel herrscht. Zum Betriebe des Instrumentariums ist Wechselstrom oder eine Phase von Drehstrom erforderlich; bei Gleichstrom ist gleichfalls ein Umformer vorzuschalten. Wie beim Heliodor wird eine gasfreie Röhre (Bauart Coolidge) betrieben. Die wesentlichsten Bestandteile des Apparates sind ein Unterbau aus Holz, welcher in seinem Innern den Hochspannungs- und den Heizstromtransformator für die Glühkathode der Röntgenröhre birgt. Der Unterbau dient gleichzeitig als Sockel für das weitausladende leicht bewegliche und verstellbare Stativ. Seitlich des Sockels befindet sich eine pultförmig angeordnete Marmorschalttafel mit den erforderlichen Regulier- und Schaltapparaten. Der Röntgenapparat besitzt keine Sicherungen, dafür aber ebenfalls einen Strombegrenzer, welcher bei Überschreiten einer Stromstärke von etwa 10 Amperes den Strom automatisch ausschaltet. Auf den für die Stromentnahme bestimmten Porzellanisolatoren sind je ein Milliampèremeter zur Messung des die Röhre durchfließenden Stromes sowie ein Amperemeter zur Bestimmung der Heizstromstärke angebracht.

Die Hochspannungsleitungen bestehen aus einem zweiteiligen Heizstromkabel und einem einfachen Bandkabel mit automatischen Spannrollen, so daß eine Berührung zwischen Hochspannungsleitung und Stativ vermieden wird.



Abb. 14. Ergos-Apparat.

Nebenapparate.

Schaltvorrichtung.

Die Schalter sind für eine elektrische Einrichtung das, was für eine Wasserleitung die Wasserhähne sind. Sie dienen in erster Linie dazu, die Stromzuführung zu den Apparaten zu unterbrechen. Die Schaltvorrichtungen sind je nach der Konstruktion des Röntgenapparates verschieden. Die einfachste Schaltung hat ein mit einem elektrolytischen Unterbrecher betriebener Induktor. Bei einem derartigen Apparat kann der Induktor und Unterbrecher durch einen einzigen Schalter bzw. Regulierwiderstand bedient werden.

Etwas komplizierter gestaltet sich schon die Schaltung bei den mittels Motor betriebenen Röntgenapparaten, weil man hier mit zwei voneinander getrennten Stromkreisen zu arbeiten hat. Der eine Stromkreis dient dazu,

den Motor mit Strom zu versehen, durch den andern dagegen wird die Primärspule des Induktors gespeist.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den unterbrecherlosen Apparaten, bezw. Hochspannungstransformatoren. Auch hier haben wir zwei voneinander getrennte Stromkreise, von denen der eine den Transformator versorgt und der zweite den Einankerumformer bezw. den Gleichrichter. Der erwähnte Anlasser ist nichts anderes als ein Ausschalter, mit dem ein der Größe des Motors angepaßter Widerstand verbunden ist.

Zu den Nebenapparaten gehört ferner auch noch ein Amperemeter zur Messung der die Primärspule bezw. den Transformator durchfließenden Stromstärke.

Die genannten Apparate finden wir entweder auf einer Marmortafel als Wandschaltbrett, oder als fahrbares Tischchen aufmontiert und mit dem Hauptapparat durch einen Kabelstrang verbunden.

Die Röntgenröhre.

Die Röntgenröhre stellt einen der wesentlichsten Bestandteile einer Röntgeneinrichtung dar und ist eigentlich ein physikalischer Apparat für sich

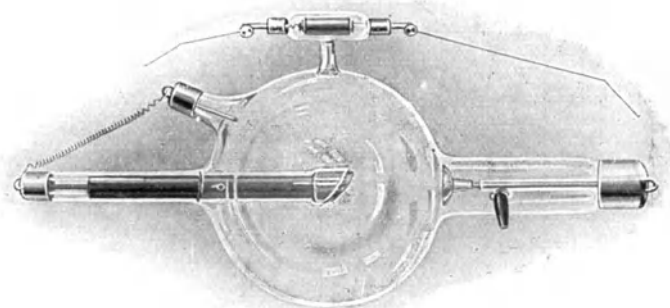


Abb. 15.

Röntgen-Röhren für Zeit- und Momentaufnahmen GM mit Gundelach-Regenerierung.

und schon aus dem Grunde lohnt es sich etwas ausführlicher das Thema zu behandeln. Wollen wir das Zustandekommen der Röntgenstrahlen verstehen, so müssen wir etwas weiter ausholen und auf die Entstehung der Röntgenröhre zurückgreifen.

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen verdanken wir den Versuchen über Entladungserscheinungen in verschiedenen Gasen und im luftleeren Raum. Solche Apparate, welche zu derartigen Versuchen benützt werden, waren die schon vor Röntgen bekannten Geißler'schen Röhren. Sie stellten einen Glaszylinder dar, welcher an den Enden zugeschmolzen war und einen Ansatz besaß, der mit einer Saugluftpumpe in Verbindung stand. In den abgeschmolzenen Enden waren zwei Platindrähte eingefügt, welche zu beiden Seiten in das Innere des Rohres ragten.

Verbindet man die Drahtenden mit den Polklemmen des Induktors, so beobachtet man ein kontinuierliches Funkenband zwischen den beiden Platindrähten. Wird nun die Luftpumpe in Bewegung gesetzt, so tritt gar bald eine Veränderung des ursprünglich bläulich glänzenden Funkens ein. Die Funkenkette verdichtet sich zunehmend zu einem breiten Bande von rötlicher Farbe; je mehr das Auspumpen des Rohres fortschreitet, desto

breiter wird das Band, bis es schließlich das ganze Rohr einnimmt und dasselbe rötlich aufleuchtet.

Wird mit dem Evakuieren fortgefahren, so geht das rötliche Licht allmählich in violett über, dann in blau, blaugrün und schließlich in grün. Je höher das Vakuum wird, desto intensiver wird das grüne Licht. Ist nun bei fortgesetztem Auspumpen das Rohr ganz luftleer geworden, so hört jede Lichterscheinung auf und es findet keine Entladung mehr innerhalb der Glasröhre statt.

Die Entstehung der Röntgenstrahlen ist nun in erster Linie vom Vakuum abhängig und zwar von dem Moment an, wo die Lichterscheinung in blaugrün umschlägt. In diesem Stadium beobachtet man auch, keine das ganze Rohr ausfüllende Lichterscheinung mehr, sondern eine immer deutlicher werdende Abgrenzung des Lichtes, bis schließlich nur noch ein Teil des Rohres grünlich fluoresziert (etwa bei einem Druck von 0,01—0,001 mm Quecksilber). Die Ursache des Aufleuchtens des Glases sind die im Innern des Rohres auftretenden Kathodenstrahlen, welche auf die Glaswand auftreffen und gleichzeitig gebremst werden; dabei geben sie ihre Energie

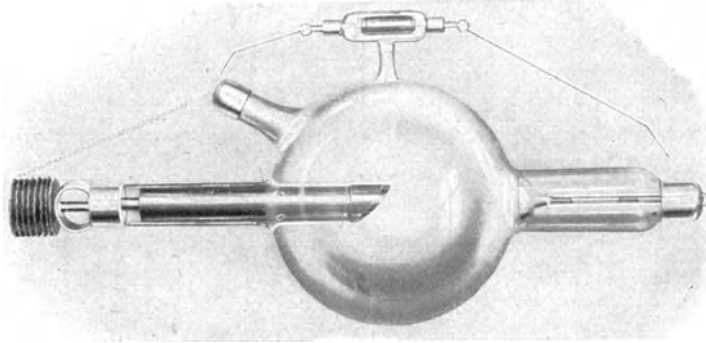


Abb. 16.
Röntgenröhre mit Rippenkühler.

an das Glas ab, das neben der erwähnten sichtbaren Fluoreszenz nun der Ausgangspunkt einer neuen unsichtbaren Strahlung wird, welche Röntgen als X-Strahlen bezeichnete. Die aus der Röhre austretende Menge an Röntgenstrahlen ist sehr gering, weil die sehr weichen Strahlen größtenteils von der Glaswand des Rohres absorbiert werden. Röntgen zeigte nun, daß die Strahlung härter und ausgiebiger wird, wenn die von der Kathode zur Anode übergehenden Elektrizitätsatome (Elektronen) durch Materialien, wie Platin oder Wolfram, die dichter sind als Glas, abgebremst werden.

Die Strahlenausbeute wird fernerhin noch dadurch erhöht, daß man der Kathode die Form eines Parabolspiegels gibt, von welchem die Elektronen senkrecht auf das Bremsmetallstück der Antikathode geschleudert werden; dabei werden die Strahlen in einem Punkte gesammelt, dem Brennfleck. Von diesem Punkte aus verlassen nun die Röntgenstrahlen divergierend die Glaskugel.

Inzwischen hatte man auch die ursprüngliche Birnenform der Röntgenröhren verlassen; man wählte die Kugelform, die auch heute noch beibehalten wird, nur mit dem Unterschiede, daß die beiden Glashälse zur Aufnahme der Anode und Kathode bedeutend verlängert wurden.

Da sich natürlich die Anode sehr stark erhitzt, muß für genügende Ableitung der Wärme gesorgt werden, was dadurch geschieht, daß der Plattenspiegel auf einen massiven Eisenklotz gesetzt wurde, der die Hitze aufnimmt und sie mittels eines Metallrohres nach außen an einen kleinen Rippenkühler weiterleitet.

Eine Hauptanforderung, die wir an eine Röntgenröhre für diagnostische Zwecke stellen, ist möglichst große Bildschärfe; dieselbe ist bedingt durch eine möglichste Verkleinerung des Brennpunktes oder Brennfleckes auf der Anode.

Dieser Streukegel kann bei einer mehrfach gebrauchten Röntgenröhre sehr gut beobachtet werden. Es zeigt sich nämlich, daß die in dem Bereich des Strahlenkegels gelegenen Kugelfläche eine violette Färbung annimmt; dieselbe rührt von dem Eisenkörper her, dem der Platin- oder Wolframspiegel aufgesetzt ist und wird dadurch erzeugt, daß das Eisen beim Aufprall der Elektronen allmählich zerstäubt wird; dabei wird das im Eisen enthaltene Mangan frei und schlägt sich auf dem Innern der Glaswand

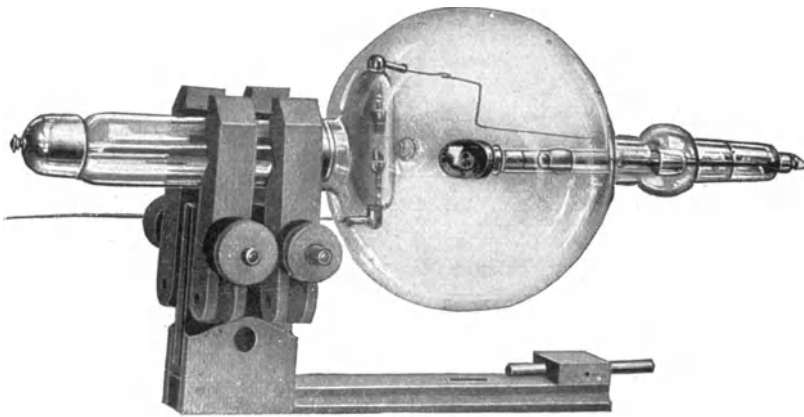


Abb. 17.
Röhrenhalter.

nieder. Die Grenze der Violettfärbung entspricht derjenigen Kugelhälfte, die beim Betriebe der Röhre aufleuchtet, bzw. Röntgenstrahlen aussendet und heißt die aktive Kugelhälfte. Die von einer Röhre ausgesandte Strahlung ist durchaus nicht immer gleich, so spricht man z. B. von verschiedenen Härtegraden einer Röhre. Der Härtegrad eines Rohres ist bedingt durch den Luftinhalt desselben, d. h. je geringer das Vakuum einer Röhre ist, desto weicher ist die ausgesandte Strahlung und umgekehrt, je gasärmer ein Rohr ist, desto härter wird die erzeugte Strahlung ausfallen. Die beiden Extreme schließen natürlich nicht ein Mittelstadium aus und das wäre die Beziehung mittelweich. Die Wirkung der durch verschiedene Härtegrade charakterisierten Röhre ist natürlich auch verschieden und läßt sich dahin zusammenfassen, daß die Röntgenstrahlen um so tiefer in einen Körper einzudringen vermögen, je härter sie sind.

Eine Röhre wird nie den Härtegrad beibehalten, den sie ursprünglich hatte, sondern sie wird mit der Zeit härter werden. Dieser Umstand ist wohl darauf zurückzuführen, daß die in dem Rohre enthaltene Luft durch den ständigen Gebrauch weniger wird, also das Vakuum erhöht wird.

Auch für diesen Übelstand ist Vorsorge getroffen worden in Form der auf der Rückseite einer jeden Röhre angebrachten Regeneriervorrichtung, welche es ermöglicht, die verbrauchte Luft immer wieder zu ergänzen.

In der Regel stellt die Vorrichtung einen kleinen Glaszylinder dar, der durch ein kurzes Glasrohr mit der Glaskugel der Röhre kommuniziert. Die Einrichtung funktioniert auf die verschiedenste Art. Bei vielen Röhren bildet meist der Verschuß des einen Endes des Regenerierzylinders ein Palladiumröhrchen, das beim Erhitzen durch eine Spiritusflamme für Wasserstoff durchlässig wird. Auf die mannigfachen Nachteile dieser Einrichtung, sowie die Gefahr des Zerspringens des Glases usw. brauche ich nicht besonders hinzuweisen.

Sicherer als die eben beschriebene Osmoregulierung ist die Glimmerregulierung. Die Luftzufuhr zur Röhre geschieht durch eine Nebenschlußleitung zur Anode und Kathode in der Weise, daß in dem Glaszylinder von einer Spitze die eine Auflage Glimmer trägt, ein Funke auf eine

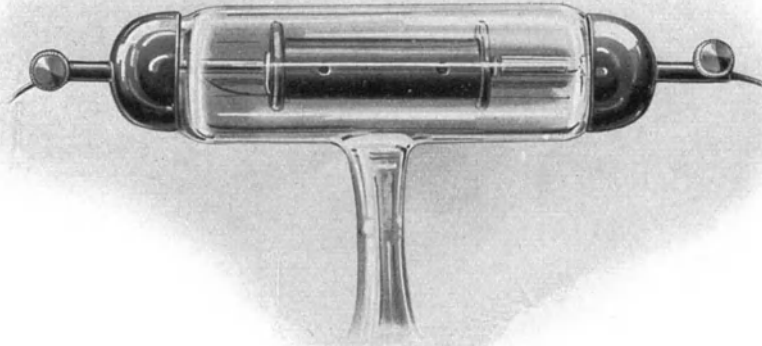


Abb. 18.
Regeneriervorrichtung.

Metallplatte überspringt, dabei erhitzt sich der Glimmer und gibt Luft ab. So praktisch diese Einrichtung ist, so hat doch auch sie ihre Nachteile, die hauptsächlich darin liegen, daß von dem Momente an, von dem die im Glimmer enthaltene Luft aufgebraucht ist, das Rohr seinem Ende entgegen geht. Unbegrenzten Gebrauch dagegen gestattet die von Heinz Bauer erdachte Regenerierung, welche gestattet, eine beliebige Menge Luft in das Rohr einzupumpen.

Die Vorrichtung besteht aus einem Uförmigen gebogenen Kapillarrohrchen, das bis zu $\frac{3}{4}$ mit Quecksilber gefüllt ist. Das Kapillarrohr trägt seitlich ein zweites gebogenes Glasrohr, die sogenannte Filterkammer. Die beiden Öffnungen der Filterkammer sind mit Plättchen verschlossen, welche für Quecksilber dicht, dagegen aber für Luft durchlässig sind. Wird nun vermittels eines Gummiballons Luft in das mit Quecksilber gefüllte Kapillarrohr gepreßt, so sinkt das das Nebenrohr abschließende Quecksilber, die Luft dringt durch die Plättchen in die Filterkammer und von da aus in die Röntgenröhre.

Allein nicht nur dadurch, daß durch den Gebrauch die in einer Röhre enthaltene Luft weniger wird, wird eine Röhre härter, sondern auch durch zu niedrige Belastung. Man erkennt dies äußerlich schon an dem intensiv grünen Licht, ferner am Flackern, sowie an dem unruhigen Verhalten der Meßinstrumente. Aber auch das Ohr kann uns einen Fingerzeig geben, daß eine Röhre härter geworden ist, während sonst eine weiche oder mittelharte Röhre nahezu geräuschlos arbeitet, verrät ein stärkerwerdendes Knistern in den Zuleitungen zur Röhre, daß dieselbe hart geworden ist. Es rührt dies daher, daß bei zunehmender Härtung der Stromdurchgang durch die Röhre immer geringer wird, die an die Röhre angelegte Spannung sucht daher nun einen Ausgleich außerhalb des Rohres und verursacht das erwähnte Knistern.

Ein weiteres Moment, das zur Härtung einer Röhre beiträgt ist der Schließungsstrom, welcher für die Röhre sehr schädlich ist und deren Lebensdauer sehr herabsetzt.

Einer besonderen Erwähnung bedürfen noch die gasfreien oder Hochvakuumröhren, von denen schon die Rede war. Wie die Bezeichnung

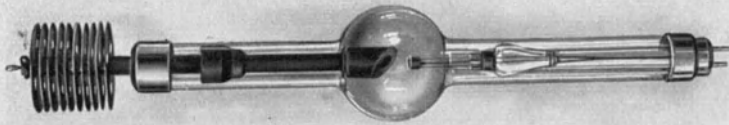


Abb. 19.
Coolidge-Röhre.

schon andeutet, handelt es sich um eine Röhre, welche bis zum Höchstmaß ausgepumpt ist. Die Röhre ist an und für sich nichts neues, sondern stellt nur eine besondere Form der in Amerika schon längst bekannten Coolidge-Röhre dar.

Nach neueren Anschauungen besteht bekanntlich der elektrische Strom aus der Bewegung kleinster Elektrizitätsteilchen, den Elektronen, die frei beweglich oder an eine Materie gebunden sein können. Im elektrischen Strom bewegen sie sich vom positiven zum negativen Pol. Wird eine Röhre bis zum äußersten evakuiert, so ist im luftleeren Raum keine Materie mehr vorhanden, die den elektrischen Strom leiten könnte. Die auf den eingebauten Elektroden befindlichen Elektronen können daher unter normalen Umständen nicht abgestoßen werden und eine derartige Röhre kann, wie wir schon gehört haben, nicht zum Leuchten gebracht werden.

Um nun trotzdem eine solche Röhre in Betrieb setzen zu können, muß die Kathode eine besondere Form aufweisen. Bei den gasfreien Röhren besteht wie bei den gashaltigen Röhren die Kathode aus einem Metallkörper, nur mit dem Unterschiede, daß derselbe gefenstert ist. Unter dem Fenster befindet sich ein kleiner Glühfaden, wie wir ihn in den Glühlampen finden, welcher eine Spannung bis zu 8 Volt verträgt.

Wird nun die Kathode bzw. der Faden in Glut versetzt, so wird die Bindung der auf den Elektroden sitzenden Elektronen gelockert und dieselben können vom positiven zum negativen Pol übergehen und zwar in um so größerer Menge, je höher die Temperatur ist. Da man nun jederzeit die Stärke des Speisestromes des Glühfadens ändern kann, kann man ihn hell oder dunkel glühen lassen und erreicht damit, daß viel oder wenig Elektronen übergehen. Praktisch bedeutet dies das Zustandekommen eines härteren oder weicheren Strahlengemisches. Es ist daher ohne weiteres einleuchtend, daß wir es vollkommen in der Hand haben, mit ein und derselben Röhre einen beliebigen Härtegrad einzustellen. Ja man kann sogar jeden einmal festgestellten Härtegrad beliebig oft reproduzieren, wenn man sich die jeweilige Hebelstellung des Heizstromrheostaten markiert.

Die Hochvakuumröhre kann nicht nur bei den unterbrecherlosen Apparaten verwendet werden, bei denen der erforderliche Heizstrom durch den Heiztransformator erzeugt wird, sondern auch beim Induktorbetrieb. Es darf nur eine Zusatzeinrichtung, bestehend aus einer vierzelligen Akkumulatorenatterie, Voltmeter und kleinem Regulierwiderstand beschafft werden. Erwähnt muß noch werden, daß die Aufstellung der Batterie erdschlußfrei erfolgen muß; zu diesem Zwecke wird die Batterie auf einen sogenannten Isolierschemel gestellt, der nichts anderes ist als ein Brett mit vier mindestens 20 cm hohen Glas- oder Porzellanfüßen. Wenn auch die Verwendung der Coolidge-Röhre für therapeutische Zwecke ausschaltet, so bestehen doch für die Röntgendiagnostik nicht unbedeutende Vorteile, welche zunächst darin beruhen, daß mit ein und derselben Röhre jede vorkommende Aufnahme gemacht werden kann, ohne daß die Röhre jemals ihren Härtegrad ändert. Nicht unbedeutend ist auch für die heutigen Zeitverhältnisse der Umstand, daß an Anschaffungskosten dadurch viel gespart wird, daß nur eine Röhre bzw. eine Reserveröhre angeschafft werden braucht.

Allerdings darf auch nicht vergessen werden, daß bei den gasfreien Röhren die Lebensdauer in erster Linie von der Glühkathode abhängt und daß die Röhre, wenn dieselbe einmal durchgebrannt ist, unbrauchbar geworden ist; jedoch macht es keine besondere Schwierigkeiten noch allzu-große Unkosten, einen neuen Glühfaden einsetzen zu lassen.

Die Vorschaltfunkenstrecke.

Um nun den Schließungsstrom zu unterdrücken, müssen wir zwischen Röhre und Induktor eine Funkenstrecke anbringen. Bekanntlich springt der Funke leichter von einer positiven Spitze zu einer negativen Platte über, als umgekehrt. Wir müssen daher die Anordnung der Funkenstrecke so treffen, daß sich dementsprechend die Platte der Funkenstrecke auf der Kathodenseite der Röhre befindet. Auf diese Weise ist der Stromübergang zwischen Platte und Spitze erschwert, so daß nur der Öffnungsstrom übergeht, während der Schließungsstrom unterdrückt wird. Ähnlich, aber nur sicherer und angenehmer als die Funkenstrecke, wirken die sogenannten Drossel- oder Ventilröhren. Ihre Wirkung beruht auf der Tatsache, daß im luftleeren Raum von einer in einem Glasrohr eingeschlossenen Elektrode der Strom stets von der eingeschlossenen Elektrode auf die freie übergeht. Die Drossel- oder Ventilröhren stellen Glasbehälter von Birn- oder Kugelform dar, die bis auf ein Minimum von Luft ausgepumpt sind. Die Elektroden können verschieden geformt sein und

verschiedene Lagen zueinander einnehmen. Da bei ständigem Gebrauch der Luftinhalt der Röhre geringer wird, so sind auch diese Röhren, ähnlich wie die Röntgenröhren, mit einer Regeneriervorrichtung ausgestattet.

Die Hauptvorzüge der Ventilröhren bestehen darin, daß sie auch bei stärkerer Belastung zuverlässig funktionieren und daß sie vollkommen geräuschlos arbeiten.

Die Glimmlichtröhre.

Um zu prüfen, ob eine Röntgenröhre frei ist von Schließungslicht, bedient man sich der Glimmlichtröhre; dieselbe wird in den Stromkreis der Röntgenröhre geschaltet. Ihrem Bau nach besteht sie aus einem zylindrischen Glasrohr, zu dessen Enden 2 Metallstäbe hereinragen, die sich in der Mitte des Rohres in einem Abstand von nur wenigen Millimetern gegenüberstehen. Arbeitet der Apparat schließungslichtfrei, so leuchtet nur eine Elektrode auf, ist dagegen Schließungslicht vorhanden, so verteilt sich die Lichterscheinung auf die beiden Elektroden.

Das Milliampèremeter.

Da es durchaus nicht gleichgültig ist, mit welcher Stromstärke wir eine Röhre belasten, so müssen wir den Strom, der die Röhre durchfließt, messen. Das geschieht am zweckmäßigsten mit dem Milliampèremeter. Diese sehr exakt messenden Instrumente sind Drehspulen-Instrumente, die ähnlich gebaut sind, wie die Ampèremeter. Wenn ich die Einrichtung kurz beschreiben darf, so handelt es sich um eine kleine, aus weichem Eisen bestehende Spule, die mit Draht bewickelt ist und mittels einer feinen Achse zwischen zwei Lagern spielt. Auf der Achse ist ein Zeiger befestigt, der über ein geeichtes Zifferblatt hinweggleitet. Die Spule wird von einem permanenten Magneten umgeben, dessen magnetischen Kräfte auf den Anker einwirken. Wird nun in das Instrument Strom geleitet, so wird auch der Anker magnetisch und zwar umgekehrt magnetisch, so daß nach dem physikalischen Gesetze: gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an, eine Abstoßung stattfinden muß, die mit zunehmender Stromstärke wächst. Eine kleine Abweichung besteht den Ampèremetern gegenüber noch darin, daß die für Röntgenapparate verwendeten Meßinstrumente noch einen eigenen kleinen Kondensator besitzen. Die Eichung der Apparate erfolgt, wie schon der Name sagt in Milliampères = 0,001 Ampère.

Da die Messung auch vielfach mit Hitzdrahtinstrumenten vorgenommen wird, so sei im nachfolgenden auch eine kurze Beschreibung derselben wiedergegeben.

Bei diesen Meßinstrumenten ist der Stromträger ein feiner Draht aus einer Platin-Rhodin-Legierung, der an beiden Enden fixiert ist, und in dessen Mitte ein Seidenfaden befestigt ist, der über eine Rolle läuft. Eine am Ende des Seidenfadens befindliche Feder hält den Draht gespannt.

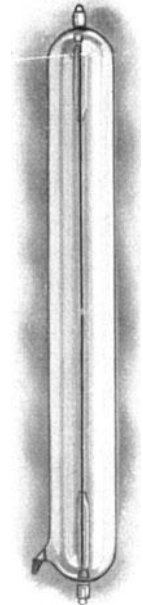


Abb. 20.
Glimmlichtröhre.

Bei Stromdurchgang erfolgt Erwärmung und Ausdehnung des Drahtes und somit Zeigerbewegung.

Der Zeigerausschlag ist abhängig vom Quadrat der Stromstärke (Joulesche Wärme).

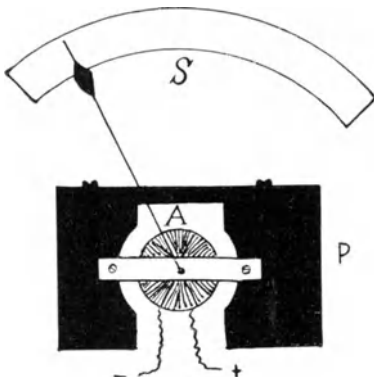


Abb. 21.

Konstruktion eines Ampèremeters.

P Permanent Magnet
A Anker
S Skala

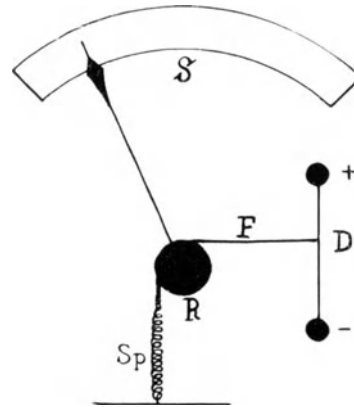


Abb. 22.

Konstruktion eines Hitzdrahtinstrumentes.

D Draht
F Faden
R Rolle
Sp Spiralfeder
S Skala

Das Stativ.

In der Reihe der zur Herstellung von Röntgenaufnahmen erforderlichen Hilfsgeräte ist auch das Stativ zu nennen. Da es eine Menge sehr guter Stative gibt, will ich mich nicht auf einen bestimmten Typ festlegen, sondern ich möchte nur die Haupteigenschaften, die ein für unsere Zwecke brauchbares Stativ besitzen soll, erwähnen. Der Kardinalforderung, die wir an ein Stativ stellen müssen, ist zunächst absolute Stabilität; dieser Forderung werden wir dadurch gerecht, daß wir ein Stativ möglichst massiv bauen und zwar möglichst aus Metall. In zweiter Linie muß ein gutes Stativ große Beweglichkeit nach allen Dimensionen besitzen. Diese Beweglichkeit muß spielend und ohne Kraftaufwand geschehen und muß ferner die feinste Einstellung ermöglichen. Die letztgenannte Forderung ist deshalb sehr notwendig, weil wir im Verhältnis zum übrigen Körper sehr kleine Organe aufnehmen, bei denen zur Vermeidung großer Projektionsfehler sehr exakte Einstellung nötig ist.

Einige wichtige Anforderungen müssen wir ferner auch an den am Hebelarm des Statives befindlichen Röhrenkasten stellen, der zur Aufnahme der Röntgenröhre dient. Die im Röhrenbänkchen befestigte und einmal eingestellte Röhre muß sich ohne weiteres leicht einsetzen und herausnehmen lassen, ohne daß die Einstellung dabei leidet. Der Kasten selbst muß strahlensicher sein, d. h. er darf nur durch die an der Vorderseite des Kastens angebrachte Öffnung Röntgenstrahlen hindurchlassen;

erreicht wird dies dadurch, daß der Schutzkasten mit Bleigummi gefüllt ist.

Noch zweckmäßiger erscheint mir eine Bleiglasschutzhaube, die ebenfalls strahlensicher ist und noch obendrein den Vorzug hat, daß man die Röhre während des Betriebes gefahrlos beobachten kann. Schließlich muß auch der Röhrenkasten so konstruiert sein, daß sich daran ohne weiteres verschiedene Blenden befestigen lassen.

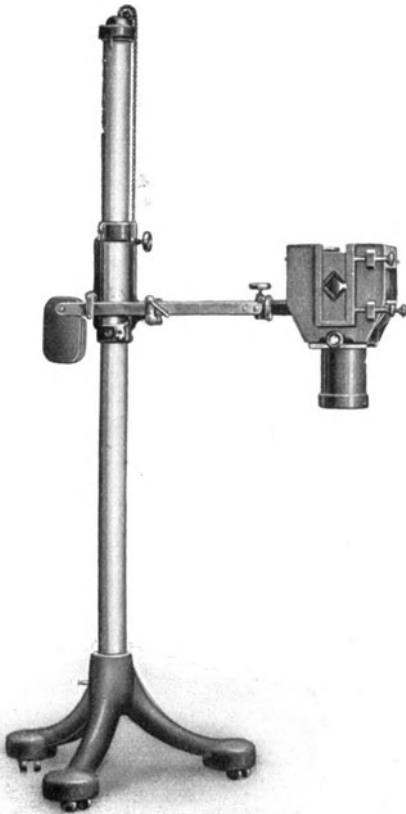


Abb. 23.

Blendenstativ nach Prof. Dr. Jamin.

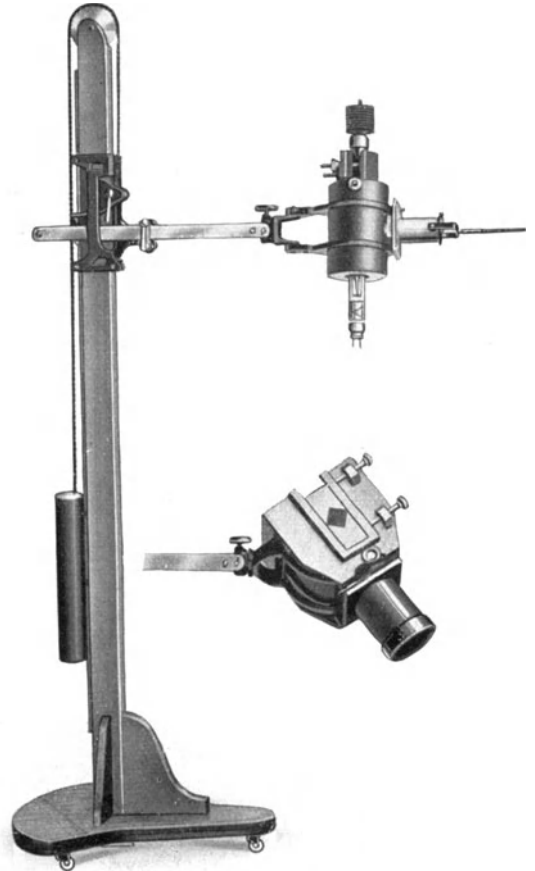


Abb. 24.

Blendenstativ nach Dr. Lambertz.

Die Blenden.

Die Röntgenstrahlen besitzen die Eigenschaft, überall wo sie auftreffen, wieder Röntgenstrahlen zu erzeugen, welche die gleichen Eigenschaften in bezug auf Härte besitzen wie die Primärstrahlen. Diese Sekundärstrahlen entstehen zunächst an der Glaswand der Röntgenröhre und auch in dem sie durchdringenden Körperteil. Es ist daher einleuchtend, daß sie die fotografische Platte in der gleichen Weise beeinflussen, wie die Primärstrahlen. Das Resultat würden nun unscharfe und verschleierte Bilder sein

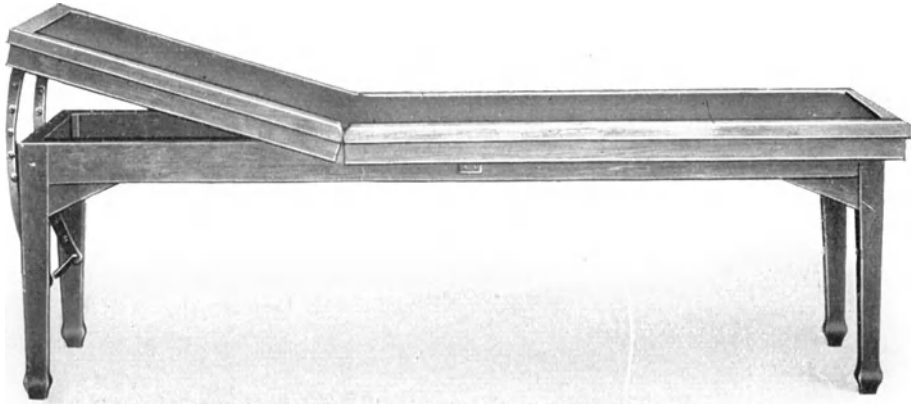


Abb. 25.
Aufnahmetisch.

und besonders in den Fällen, wo wir dickere Körperteile zu durchdringen haben. Wir müssen daher trachten, die die Bildeinwirkung so sehr beeinträchtigenden Sekundärstrahlen soweit als möglich auszuschalten, und dies geschieht durch die Blende. Man versteht darunter eine für die Röntgenstrahlen undurchlässige Metallplatte mit einem kreisrunden Loch, mit dessen Mittelpunkt der Brennfleck der Röhre übereinstimmt. Die Wirkung ist nun so, daß gerade noch die Fokusstrahlen durch das Loch austreten können, während die übrigen Primärstrahlen sowie ein Teil der von der Glaswand ausgehenden Sekundärstrahlen zurückgehalten werden.

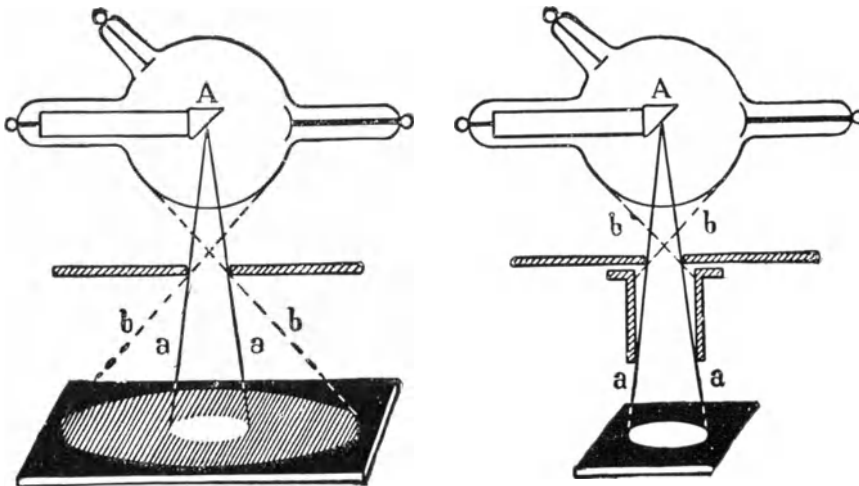


Abb. 26.
Wirkungsweise der Blendeneinrichtung.

A = Antikathode
a = Zentralstrahl
b = Sekundärstrahlen

Da nun aber die Röntgenstrahlen vom Brennfleck bzw. von der Glaswand nicht parallel ausgehen, sondern divergieren, muß auch mit einer Verzeichnung des Bildes gerechnet werden. Dieser Mißstand wird nun dadurch gemindert, daß man über das Loch ein Rohr von größerem Durchmesser, als das Loch ist, setzt. Dadurch wird nun ein großer Teil der divergierenden Sekundärstrahlen von der Rohrwandung aufgenommen, so daß der Rest an Fokusstrahlen das Rohr nahezu parallel verläßt.

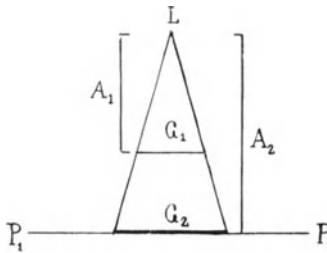
Außerdem hat diese Einrichtung den Vorteil, daß die in dem aufzunehmenden Körperteil entstehenden Sekundärstrahlen auf ein Minimum beschränkt bleiben. Je voluminöser nämlich der zu durchdringende Körperteil ist, desto größer wird auch die Menge der im Körper entstehenden Sekundärstrahlen sein. Aus diesem Grunde erscheint es auch zweckmäßig, nur den wirklich interessierenden Körperteil aufzunehmen und alles andere abzublenzen. Außer der Strahlenbegrenzung kommt auch noch der Rohrblende die Aufgabe zu, den aufzunehmenden Körperteil der Platte anzupressen und daher zu fixieren.



II. Teil.

Die Projektion und Einstellung.

Das Röntgenbild ist eine Zentralprojektion der für die Röntgenstrahlen durchlässigen Körperteile auf die fotografische Platte oder den Durchleuchtungsschirm. Eine regelmäßige Zentralprojektion kann nur dann zustande kommen, wenn die Strahlen auf ihrem Wege von der Röhre zur Platte bzw. Schirm geradlinig verlaufen, d. h. aus ihrer ursprünglichen Richtung durch nichts abgelenkt werden. Tatsächlich gehen die Röntgenstrahlen auch geradlinig durch die für sie durchlässigen Körper hindurch, nur werden sie entsprechend der Körperdicke abgeschwächt.



Wollen wir nun brauchbare, d. h. nicht verzeichnete Bilder herstellen, so müssen wir uns etwas mit den einfachsten Gesetzen der Zentralprojektion vertraut machen. Am besten lassen sich die Gesetze durch nebenstehende schematische Zeichnung ableiten. L ist die Lichtquelle, G_1 die Projektion des Gegenstandes, A_2 der Abstand der Lichtquelle von der Projektionsebene $P_1 P_2$. Das gesuchte Gesetz wird ausgedrückt durch die Formel:

$$G_2 = G_1 \frac{A_2}{A_1}$$

Abb. 27 *).

$$G_2 = G_1 \frac{A_2}{A_1}$$

Die Bedeutung des Gesetzes wird verständlicher, wenn wir auf der rechten Seite A_2 verändern, dagegen aber G_1 und A_1 unverändert lassen und untersuchen, welchen Einfluß diese Veränderungen auf G_2 , das Projektionsbild des betreffenden Objektes, hat. In diesem Falle ändert sich nur der Abstand der Projektionsebene von Objekt G_1 und vom Projektionszentrum L.

Direkt proportional dieser Änderung von A_2 wird dann das projizierte Bild G_2 größer oder kleiner, schärfer oder unschärfer, wenn L von endlicher Ausdehnung ist. Daraus geht hervor, wie es auch in der Praxis immer geschieht, daß wir den Abstand zwischen Schirm und abzubildendem Körperteil so klein als möglich nehmen müssen. Je größer wir A_1 wählen, desto größer wird auch A_2 und desto mehr nähert sich $\frac{A_2}{A_1}$ dem Wert 1, d. h. der natürlichen Größe; denn wenn A_1 und A_2 groß sind, wird der Abstand $G_1 G_2$ im Verhältnis so klein, daß man ihn daher vernachlässigen kann. Aus der Formel geht weiter hervor, daß G_2 umgekehrt proportional A_1 ist. Je kleiner A_1 wird, desto mehr wächst G_1 . Die Objekte der Röntgen-

*) Aus Gehren, Praktische Winke für die Röntgenfotografie.

fotografie sind räumliche und haben fast immer eine beträchtliche Tiefenausdehnung im Sinn der Durchleuchtungsrichtung. Es werden daher die in verschiedenen Tiefen liegenden Teile eines Objektes in verschiedenem Maßstab abgebildet. Die beiden beschriebenen Erscheinungen der Zentralperspektive führen dazu, die Röhre so weit von dem aufzunehmenden Körperteil zu entfernen, als das ohne übermäßigen Lichtverlust möglich ist. In der Abbildung ist angenommen, daß die Röntgenstrahlen von einem Punkt der Antikathode ausgehen. Praktisch trifft dies wohl nicht zu, da die strahlensendende Stelle der Antikathode immer eine gewisse Ausdehnung hat und daher kein mathematischer Punkt ist.

Den Einfluß eines Projektionszentrums von endlicher Ausdehnung zeigt uns Abb. 28. O ist ein Objektpunkt, P ist wiederum das Projektionszentrum, P₁ ist das Bild auf der Projektionsebene. Wir erhalten dann die Formel:

$$P_1 = P \frac{A_2 - A_1}{A_1}.$$

Die Ausdehnung des Zerstreungskreises, der das Bild eines Objektpunktes darstellt, ändert sich also direkt proportional mit der Größe der lichtaussendenden Fläche. Die perspektivische Einwirkung der Veränderung von A₁ und A₂ ist die gleiche wie in Abb. 28. Man wird daher Röhren bauen, bei denen der Brennfleck so klein wie möglich ist, um Unschärfe zu vermeiden.

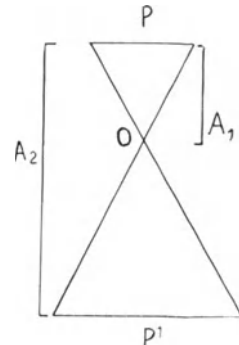


Abb. 28*).

Eine perspektivische Erscheinung, die bei Röntgenbildern oft zu bemerken ist und besonders berücksichtigt werden muß, zeigt Abb. 29. Die beiden gleich großen und gleich weit von dem Schirm entfernten kugelförmigen Objekt O₁ und O₂ werden durch P auf der Platte projiziert;

die Projektion von O₁ ist eine sogenannte gerade Projektion, die von O₂ eine schiefe. In O₁ liegt die Mitte des Objektes auf der Senkrechten, die vom Projektionszentrum P auf den Schirm errichtet ist; in O₂ liegt das Objekt ziemlich weit seitlich von diesem Lot. In O₁ wird daher die Kugel als Kreis, in O₂ als Ellipse auf der Platte abgebildet. Je größer der Abstand der Röhre vom Objekt ist, desto kleiner wird die perspektivische Verzeichnung seitlicher Objektteile sein.

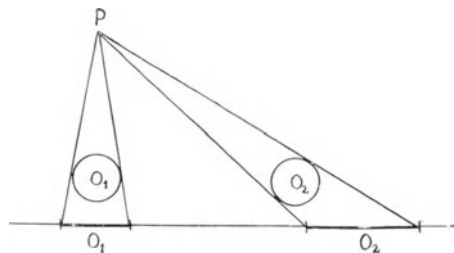


Abb. 29*).

Bei der Kleinheit unserer Objekte, nämlich der Zähne, ist natürlich eine genaue und exakte Projektion von weittragendster Bedeutung. Nachdem nun die Hauptsätze der Projektionslehre bekannt sind, soll nun das Theoretische ins Praktische übersetzt werden.

Um das richtige Größenverhältnis der Zähne auf dem Film darstellen zu können, sind mancherlei Instrumente konstruiert und verschiedene Methoden angegeben worden, die ich nun im Nachfolgenden schildern will, wobei die betreffenden Autoren selbst zu Wort kommen sollen:

*) Aus Gehren, Praktische Winke für die Röntgenfotografie.

So schreiben z. B. Reinmöller und Burchard in ihrer zahnärztlichen Röntgenologie:

„Die meisten Schwierigkeiten bei der Kieferaufnahme macht es, die richtige Stellung der Röhre zum Kiefer, zur Zahnachse und Film herauszufinden. Denn darauf beruht die richtige Projektion der Zähne auf dem Film.

Ist der Neigungswinkel der Zahnachse zu dem senkrecht aus der Blende austretenden Röntgenstrahl, dem sogenannten Normalstrahl (auch Zentral- oder Achsenstrahl genannt) zu groß, so muß der Zahn zu lang projiziert werden; d. h. seine Länge auf dem Bilde verzeichnet erscheinen. Umgekehrt ist der Neigungswinkel zu klein, so wird der Zahn zu kurz projiziert.“

Dick hat durch mathematische Berechnungen den Grundsatz ab-

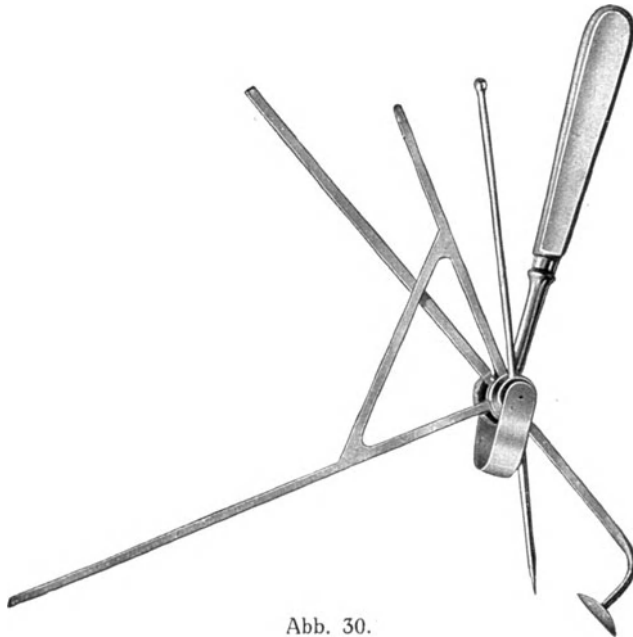


Abb. 30.
Einstellwinkel.

geleitet: „das Röntgenbild des Zahnes muß die richtige Länge haben, wenn der Achsenstrahl über die Wurzelspitze senkrecht auf die Halbierungslinie des Winkels gerichtet ist, welchen die Zahnachse mit der Filmebene bildet. Der Normalstrahl bildet dann mit der Zahnachse einen Winkel von 75° .“

Zur genauen Einstellung des Normalstrahles hat Dick einen sogenannten Einstellwinkel konstruiert (s. Abb. 30).

Das Instrument ist so eingerichtet, daß in einem gemeinsamen Drehpunkt erstens ein verschiebbarer Metallstab, zweitens ein ebenfalls verschiebbarer, am Ende rechtwinkliger umgebogener und mit einer Platte versehener Metallstab, und drittens ein Rechtwinkel kombiniert sind.

Ersterer wird in die Richtung der Zahnachse gebracht, der zweite Stab mit seiner Endplatte auf die Gaumenfläche gelegt, so daß er die Richtung der Filmebene angibt, während der Rechtwinkel nun nach dem Augenmaß so eingestellt wird, daß sein hinterer Schenkel den durch die

beiden erstgenannten Stäbe gebildeten Winkel halbiert; sein anderer Schenkel zeigt dann die Richtung an, mit welcher parallel die Einstellung zu erfolgen hat.“

Dick hat ferner noch einen Tasterzirkel angegeben, um auf der Wange den Zahn bzw. die Stelle zu markieren, auf die eingestellt werden soll. Die Handhabung des Instrumentes geschieht in der Weise, daß der Hautstift auf die Wange und der andere Teil auf die linguale Seite der Zahnkrone aufgesetzt wird.



Abb. 31.
Tasterzirkel.

Eine etwas andere Art der Einstellung gibt Cieszynski an; er äußert sich dazu folgendermaßen:

„Das Schattenbild entspricht der reellen Größe, wenn der Hauptstrahl vertikal zur Mittelebene eingestellt ist; d. h. der Hauptstrahl muß senkrecht auf die Halbierungslinie des Winkels gerichtet sein, den die Zahnachse mit der Filmplatte bildet. Gleichzeitig achte man, daß der Hauptstrahl auf die Wurzelspitze und nicht auf die Schneide des betreffenden Zahnes eingestellt ist.“

Port und Peckert bestimmen die Einstellung durch den Neigungswinkel des Röhrenkastens zu einer Horizontalen. Derselbe soll, wenn der Film dem Gaumen anliegt, 35° — 50° , je nach Höhe des Gaumens

betragen. Für den Unterkiefer dazu soll der Neigungswinkel 90° — 100° betragen.

So schön die Methoden auch durchgedacht sind, so sind sie doch für den Praktiker etwas zu umständlich; ich habe mich daher nach einer anderen Art der Einstellung umgesehen, die mir einfacher dünkt und rascher das beabsichtigte Ziel erreicht.

Bevor ich jedoch meine Methode schildere, muß ich eine Beschreibung der Dickschen Einstellvorrichtung vorausschicken, der ich mich bei all meinen Filmaufnahmen bediene.

Die Dicksche Vorrichtung ist eine Rohrblende von 5 cm Durchmesser. Am Ende des Rohrs befindet sich ein Metallbügel, in dessen Mitte sich ein dünnes ausziehbares Röhrchen befindet. Die Blende ist am Röhrenkasten so befestigt, daß der Brennfleck der Röntgenröhre mit dem Loch des Röhrchens übereinstimmt; auf diese Weise ist die Richtung des Achsen-

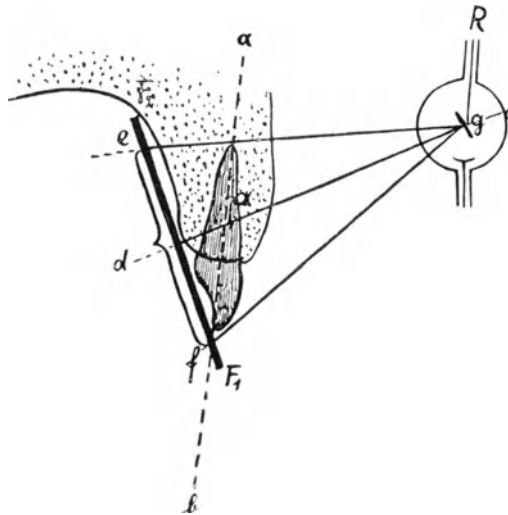


Abb. 32.

Einstellung im Oberkiefer.

(Aus Leix, Grundzüge d. zahnärztl. Elektrotherapie u. Röntgenologie, Berlinische Verlagsanstalt.)

strahls gekennzeichnet. Soll nun eine Aufnahme im Oberkiefer gemacht werden, so wird der Röhrenkasten so gestellt, daß das Einstellröhrchen mit der Längsachse des Zahnes einen spitzen Winkel bildet. Dabei wird das Lumen des Röhrchens etwa in der Mitte der Gesamtlänge des Zahnes aufgesetzt; die Mitte entspricht dabei etwa einer Stelle unmittelbar über der Zahnfleischpapille (s. Abb. 32).

Im Unterkiefer wird in analoger Weise wiederum so eingestellt, daß der Achsenstrahl mit der Längsachse des Zahnes einen spitzen Winkel bildet.

Ein kleiner Unterschied zwischen den beiden Winkeln im Ober- und Unterkiefer besteht darin, daß bei der Einstellung im Oberkiefer die Winkelöffnung nach aufwärts, d. h. der Nase zugelegen ist, während im Unterkiefer der Winkel gegen das Kinn geöffnet ist (s. Abb. 33).

Häufig genug wird auch der Zahnarzt in die Lage versetzt, Schädelaufnahmen vornehmen zu müssen. Diese Aufnahmen werden nach zwei Richtungen vorgenommen, nämlich:

Erstens seitlich, wobei der Patient auf der Seite liegt und die kranke Gesichtseite der Platte auflegt (s. Abb. 34).

Bei Darstellung der einen Oberkieferhälfte wird der Achsenstrahl senkrecht zur Platte eingestellt und etwa auf die Gegend des ersten oberen

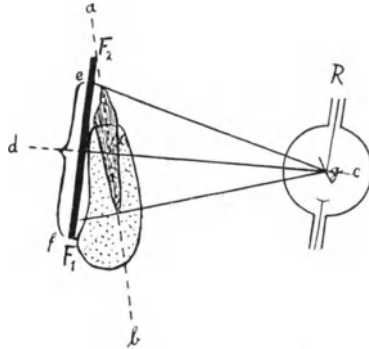


Abb. 33.

Einstellung im Unterkiefer.

(Aus Leix, Grundzüge d. zahnärztl. Elektrotherapie u. Röntgenologie, Berlinische Verlagsanstalt.)

Molaren gerichtet. Die gleiche Lage des Kopfes wird beibehalten wenn es sich darum handelt, das Kiefergelenk aufzunehmen; jedoch wird der senkrecht zur Platte stehende Normalstrahl diesmal auf den Gehörgang gerichtet.

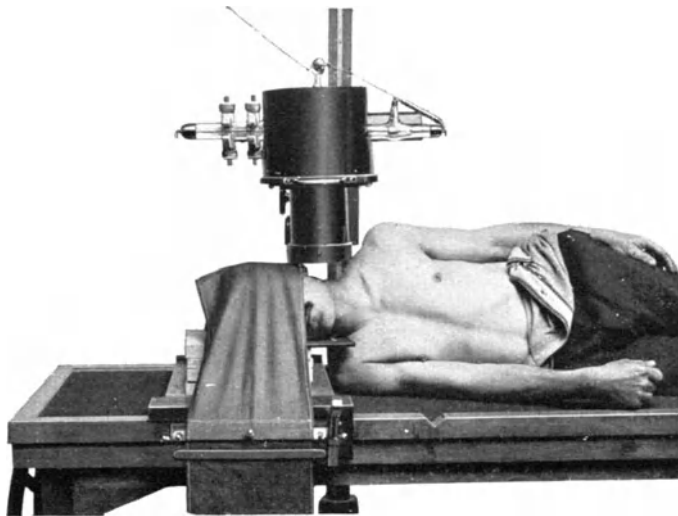


Abb. 34.

Lagerung des Patienten bei seitlicher Aufnahme.

Wollen wir dagegen in seitlicher Lage des Kopfes den Unterkiefer fotografieren, so kann die gesunde Seite etwas in die Höhe projiziert werden. Zu diesem Zwecke neigen wir den Röhrenkasten derart, daß der Zentralstrahl mit der Platte einen Winkel von ca. 80° bildet; dabei wird der Achsenstrahl hart am Kiefferrande vorbeigeleitet.

Als zweite Aufnahmenrichtung wären die dorsoventralen Aufnahmen zu besprechen. Bei derselben nimmt nun der Patient Bauchlage ein und legt zur Darstellung des Ober- und Unterkiefers sowie der Kieferhöhle Nasenspitze und Kinn der Platte an. Auch bei diesen Aufnahmen ist zur Vermeidung des Felsenbeinschattens auf der Platte eine Schrägstellung der Röhre zu wählen und zwar diesmal so, daß der Achsenstrahl auf das foramen occipitale magnum gerichtet ist und eine Tangente zur Schädelbasis bildet (s. Abb. 35).

Erscheint gelegentlich einmal eine Stirnhöhlenaufnahme wünschenswert, so wird Nasenrücken und Stirn der Platte aufgelegt und die Einstellung des Normalstrahles in analoger Weise wie vorher vorgenommen.

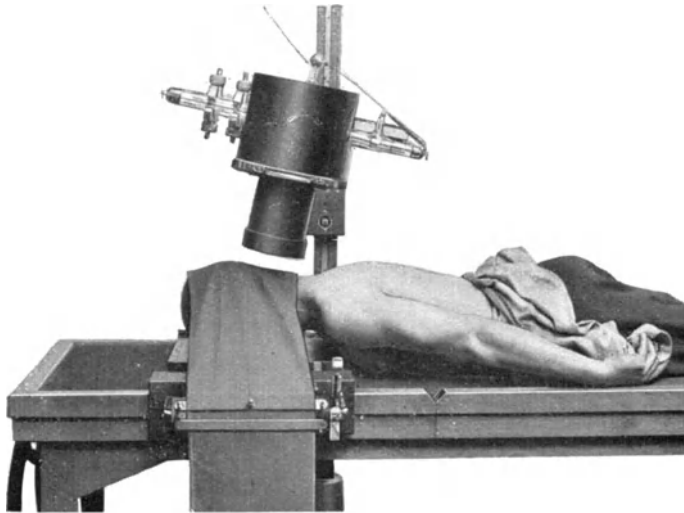


Abb. 35.

Lagerung des Patienten bei dorsoventraler (occipitofrontaler) Aufnahme.

Messung der Röntgenstrahlen.

Die Messung der Röntgenstrahlen wird in doppelter Hinsicht vorgenommen:

1. zur Bestimmung der Qualität,
2. zur Bestimmung der Quantität.

Für die Röntgenfotografie hat die Quantitätsmessung keine besondere Bedeutung; wichtiger dagegen ist die erstgenannte Art der Messung. Ähnlich wie Temperaturen nach Réaumur, Fahrenheit und Celsius gemessen und durch eine Umrechnungstabelle Vergleichswerte erhalten werden, analog verfahren wir in der Messung der Röntgenstrahlen. Auch hier rechnen wir nach bestimmten Einheiten, die nach den Entdeckern der verschiedenen Methoden, Wehnelt, Walter, Benoist, Benoist-Walter, Beez und Bauer benannt sind. Auch für diese Einheiten gibt es eine Umrechnung; die gebräuchlichsten sind die Walter- und Wehnelt-Einheiten.

Der Praktiker hat gewöhnlich soviel Erfahrung, daß er den eine Röhre charakterisierenden Härtegrad weich, mittel oder hart schon durch bloßes

Einschalten der Röhre grob beurteilen kann. Eine weiche Röhre ist schon durch die Art der Fluoreszenz gekennzeichnet, d. h. durch das Auftreten bläulicher Lichtnebel in der aktiven Kugelhälfte.

Hört man beim Einschalten einer Röhre ein knisterndes Geräusch, so weiß der Erfahrene, wie wir schon gehört haben, daß wir eine Röhre vor uns haben, welche die Bezeichnung „mittel“ überschrieben hat.

Eine weitere, wenn auch etwas ungenaue Methode, sich Aufschluß über den Röhrenzustand zu verschaffen, ist die Verwendung des Testobjektes. Als Testobjekt verwendet man meistens ein Handskelett, das mit Paraffin in einen Glacéhandschuh eingegossen ist. Bringt man das Testobjekt hinter einen Durchleuchtungsschirm und betrachtet es mit einer weichen Röhre, so sieht man ein kräftiges Bild des die Weichteile darstellenden Paraffins sowie der Knochen. Je härter dagegen die Röhre ist, desto flauer wird das Bild. Man könnte natürlich ebensogut die eigene Hand dazu verwenden. Allein wegen der hohen Verbrennungsfahr bei den sich summierenden Bestrahlungen ist das Verfahren sehr zu wider-raten, zumal das Testobjekt die Hand vollkommen ersetzt. Will man aber eine zahlenmäßige Messung vornehmen, so bedient man sich des absoluten Härtemessers nach Wehnelt. Der Apparat besteht aus einem Metallrähmchen; in dasselbe sind als Vergleichsobjekte ein Silberblechstreifen und ein Aluminiumkeil, beide von gewisser Stärke, eingefügt. Neben dem Aluminiumkeil befindet sich eine Skala, welche die Härtegrade von 4 bis 12 Wehnelt angibt.

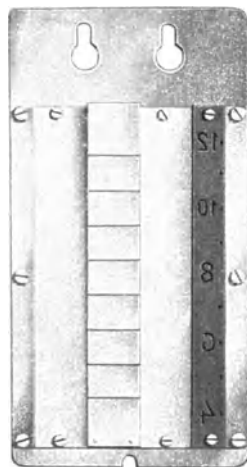


Abb. 36.

Will man mit dem Instrument eine Messung vornehmen, so muß das Zimmer verdunkelt werden. Das Instrument wird dann hinter einen Durchleuchtungsschirm gebracht und das Schirm-bild betrachtet. Durch die keilförmige Beschaffenheit des Aluminiumstreifens ergeben sich natürlich Helligkeitsdifferenzen sowohl innerhalb des Aluminiumstreifens, als auch im Vergleich zu dem neben dem Keil befindlichen Silberblechstreifen. Es wird nun diejenige Stelle aufgesucht, an welcher das Aluminium den gleichen Helligkeitsgrad wie das Silber erreicht hat. An dieser Stelle kann nun an der neben befindlichen Skala die Zahl abgelesen werden, welche den Härtegrad der Röhre bezeichnet.

Will man den Gebrauch der Meßvorrichtung unabhängig vom verdunkelten Raum machen, so empfiehlt sich eine kleine Hilfsvorrichtung in Form eines lichtdichten Kastens anzuwenden, den man sich leicht selbst anfertigen kann. Man verwendet dazu eine Pappschachtel von etwa 40 cm Länge und 12 cm Breite. Auf der Außenfläche der schmalen Seite befestigt man den Härtemesser, auf der Innenseite ein Stückchen Durchleuchtungsschirm von der Größe des Härtemessers. Die dem Schirm gegenüberliegende Seite bleibt offen und wird vor die Augen gebracht. Um nicht durch seitlich eintretendes Licht gestört zu werden, ist es vielleicht zweckmäßig, sich eines schwarzen lichtdichten Einstell-tuches zu bedienen, wie es jeder Fotograf zum Einstellen des Bildes auf der Matt-scheibe seiner Kamera benützt.

Auf dem Prinzip des Vergleiches zwischen Silber und Aluminium beruhen fast alle Härtemesser und auch das im Nachfolgenden zu beschreibende Kryptoradiometer, das von vornherein mit einem lichtdichten Guckkasten (Kryptoskop) versehen ist und infolgedessen auch im nicht verdunkelten Raum benützt werden kann. Die Einrichtung ist folgende:

In der Mitte einer Metallplatte ist ein pfennigstückgroßes rundes Fenster angebracht, das mit einem Stückchen Durchleuchtungsschirm und einem Bleiglasfensterchen überdeckt ist. Die Hälfte des Fensters ist mit Silberblech verschlossen, während die andere Hälfte durch einen verschieblichen Aluminiumkeil verdeckt ist. Seitlich der Metallplatte ist eine Stellschraube so angebracht, daß der Aluminiumkeil nach zwei Richtungen verschoben werden kann. Unterhalb der Stellschraube ist ein kleiner viereckiger Ausschnitt ersichtlich, in welchem die Zahl erscheint, die den Härtegrad der Röhre anzeigt. Aluminiumkeil und Zahlenskala sind miteinander zwangsläufig verbunden, so daß man nur die Schraube drehen darf, um beides in Bewegung zu setzen. Über dem runden Ausschnitt der Platte befindet sich das Kryptoskop. Sieht man nun in das vor die Röhre gehaltene Kryptoskop hinein, so beobachtet man eine kreisrunde Scheibe, die unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen fluoresziert. Von dieser Scheibe ist die eine Hälfte hell, die andere dunkel. Es wird die Schraube nun so lange verstellt, bis die ganze Scheibe gleichmäßig hell erscheint; die dabei auf dem viereckigen Ausschnitt erscheinende Zahl gibt den Härtegrad der Röhre in Wehnelt-Einheiten an.

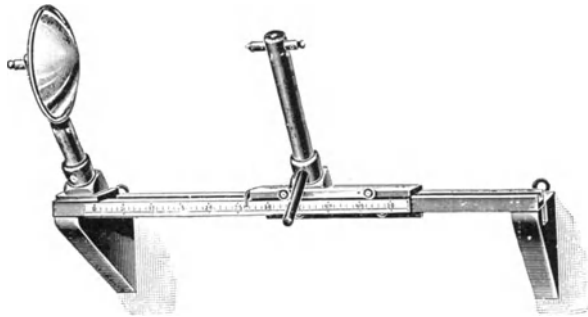


Abb. 37.
Verstellbare Parallelfunkenstrecke.

Eine recht brauchbare Methode, die gleichzeitig auch als Kontrolle der einmal mit dem Härtemesser festgestellten Strahlenqualität dient, ist die Parallelfunkenstrecke. Die Handhabung geschieht in der Weise, daß man zuerst mit dem Härtemesser mißt und dann die Funkenstrecke so einstellt, daß zwischen den beiden Spitzen gerade noch Funken überspringen. Jede Röhre wird dann ihrem Härtegrad entsprechend eine andere Funkenstrecke ergeben, die auf der in Zentimeter eingeteilten Funkenstreckenskala abgelesen werden kann. Hat man beispielsweise für eine Röhre mit dem Härtegrad von 8 Wehnelt eine Funkenstrecke von 11 cm festgestellt, so muß sie, wenn die Röhre konstant bleibt, immer wieder 11 cm betragen. Zeigt die Funkenstrecke mehr als 11 cm, so ist dies ein Zeichen, daß die Röhre härter geworden ist, ergibt die Messung weniger als 11 cm, so neigt die Röhre zum Weichwerden.

Eggert (Einführung in die Röntgenfotografie) gibt bei einer primären Belastung von 5—6 Ampères folgende Daten an:

Wehnelt:	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	Einheiten
Funkenstrecke:	5	6	7	9	12	15	18	21	24	cm

Da in zweiter Linie auch die eine Röntgenröhre durchfließende Strommenge einen Einfluß auf den Härtegrad hat, so ist es natürlich von Wichtigkeit, die Röhre mit der Belastung zu messen, mit der aufgenommen werden soll.

Es gibt fernerhin noch eine Reihe von Methoden, den Härtegrad der Röntgenstrahlen festzustellen, die jedoch mehr den Physiker als den Praktiker interessieren; deshalb sei auch auf dieselben in dem Buche nicht weiter eingegangen.

Absorption und Bildwirkung der Röntgenstrahlen.

Die Röntgenbilder auf der fotografischen Platte oder dem Durchleuchtungsschirm sind Schattenbilder. Die Schatten kommen dadurch zustande, daß die im Strahlengang befindlichen Körper nicht alle auf sie fallenden Röntgenenergiemengen durchlassen, sondern dieselben mehr oder weniger stark absorbieren.

Das Absorptionsvermögen eines Körpers hängt von dessen spezifischen Gewicht ab. Ein Körper absorbiert um so mehr, je dichter die Atome beieinander liegen. Das Absorptionsvermögen gegen Röntgenstrahlen ist eine Eigenschaft der Atome des Körpers, nicht aber der Moleküle. So besitzen gleiche Gewichtsmengen von Graphit, Kohlenstoff und Diamant, in ein Prisma von 1 qcm Querschnitt gebracht, genau das gleiche Absorptionsvermögen, während die genannten Stoffe dem Licht gegenüber ein wesentlich anderes Verhalten zeigen. Es ist schon die Absorption des gewöhnlichen Lichtes durch Graphit und Diamant, die doch beide aus Kohlenstoff bestehen, wesentlich anders. Die Röntgenstrahlen jedoch kümmern sich nicht um diese durch die Moleküle gebrachten Eigenschaften. Für sie sind nur die Atome maßgebend; das Absorptionsvermögen des in der Knochensubstanz enthaltenen Kalkes (CaCO_3) setzt sich (unter Berücksichtigung der in der Verbindung enthaltenen Gewichtsteile) zusammen aus Ca, C und 3mal O.

Würde man also die in der Verbindung enthaltene Gewichtsmenge der Elemente einfach zusammenmischen, so hätte diese Mischung dieselbe Absorptionseigenschaft wie CaCO_3 , während sie gegen sichtbares Licht sich wesentlich anders verhalten würde. Es zeigt sich ferner, daß ein Element die gleiche Strahlenart um so stärker absorbiert, je höher sich seine Stellung im periodischen oder natürlichen System befindet.

In diesem System sind, abgesehen von kleinen Abweichungen, die Elemente nach steigenden Atomgewichten geordnet; Wasserstoff steht an erster, Platin z. B. an 78. und Uran an 72. Stelle.

Wenn wir die Gewebe des menschlichen Körpers betrachten, so finden wir, daß wir es mit den Elementen H, E, O und Ca zu tun haben; während die Weichteile aus Elementen niedriger Atomgewichte zusammen gesetzt sind, spielt beim Aufbau des Knochens das Ca eine wichtige Rolle.

Vergleichen wir nun das Absorptionsvermögen des Ca mit dem des C, so finden wir: Ca steht an 20. Stelle, C an der 6. Stelle. Demnach besitzt

Ca ein mindestens $\frac{20}{63} = \frac{20 \times 20 \times 20}{6 \times 6 \times 6} = 37$ mal. stärkeres Absorptionsvermögen als C. Damit ist die stärkere Schattenwirkung der Knochen erklärt.

Die Durchleuchtung.

Die Durchleuchtung hat den Zweck, den von Röntgenstrahlen durchdringenden Körperteil sofort dem Auge sichtbar zu machen. So praktisch und so beliebt diese Methode in der Allgemeinmedizin ist, so wenig Eingang konnte sie sich in der Zahnheilkunde verschaffen.

Der Grund dafür ist zunächst darin zu suchen, daß die Durchleuchtung immer mit einer gewissen Umständlichkeit verbunden ist, weil der Raum stets verdunkelt werden muß.

Ferner ist der menschliche Schädel derart kompliziert gebaut, daß ein genaues Orientieren auf dem nicht übermäßig hellen und zudem noch flimmernden Schirmbild nicht möglich ist; die Schwierigkeit wird schließlich

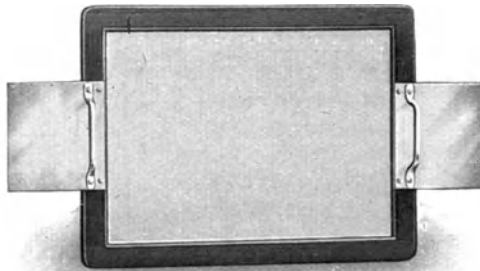


Abb. 38.
Durchleuchtungsschirm.

noch dadurch vergrößert, daß die Gegenseite nicht ausgeschaltet werden kann und noch dazu beiträgt, das Liniengewirr zu vergrößern.

Man hat auch versucht, kleine Durchleuchtungsschirme nach Art unserer Mundspiegel zu konstruieren, allein dies hat auch zu keinem befriedigenden Resultat geführt. Die Unzulänglichkeit derartiger Mundspiegel liegt zunächst darin, daß es nicht leicht ist, diese kleinen Schirme im Munde an die richtige Stelle zu bringen, da die Schirme nur palatinal oder ligual angebracht werden können, und ferner ist die Stelle, die der Schirm sichtbar machen soll, so klein, daß man sich unmöglich über pathologische Veränderungen an den Zähnen oder Kiefer ein richtiges Bild machen kann. Immerhin kann in dem einen oder anderen Falle einmal eine Durchleuchtung zweckdienlich sein, und deshalb möchte ich auch in Kürze die dazu erforderliche Ausrüstung beschreiben.

Um Durchleuchtungen vorzunehmen, muß zunächst der Induktor groß genug gebaut sein, um bei einer stärkeren Belastung immerhin mindestens 5 Minuten aushalten zu können.

Auch an die Röhre müssen verschiedene Anforderungen gestellt werden; so vor allen Dingen muß bei stark beanspruchten Röhren für genügende Ableitung der Wärme gesorgt werden. Es sind daher für Durchleuchtungen Röhren mit Rippen- oder Wasserkühlung vorzuziehen.

Um das Röntgenbild dem Auge sichtbar machen zu können, muß man sich eigens dazu präparierter Durchleuchtungsschirme bedienen, welche die Eigenschaft haben, an den Stellen, an welchen sie von Röntgenstrahlen getroffen werden, aufzuleuchten. Der bekannteste dieser Schirme ist der Baryumplatincyanürschirm, der aber nach einiger Zeit dadurch unbrauchbar wird, daß sich die Schicht durch die Röntgenstrahleneinwirkung zersetzt und die Bilder an Deutlichkeit verlieren. Man ist daher dazu übergegangen, andere Schirme zu konstruieren, die unter den verschiedensten Namen in den Handel kommen und die von unbegrenzter Haltbarkeit sind. Eine der Hauptforderungen, die wir namentlich bei häufigen Durchleuchtungen an einen Schirm stellen, ist die, daß er dem Arzt genügend Schutz bietet. Aus diesem Grunde muß der Rahmen, in welchem die Leuchtfläche eingespannt ist, mit Bleiblech bedeckt sein; es müssen ferner die Handgriffe des Rahmens mit genügend großen Blechstücken umgeben sein, so daß Verbrennungen hintangehalten werden. Sehr wichtig ist ferner der Augenschutz des Beschauers, welcher dadurch erreicht wird, daß der Schirm mit Bleiglas bedeckt wird. Will man genau sehen, so genügt nicht allein ein gänzlich Abdunkeln des Raumes durch Vorhänge etc., sondern es muß auch dafür gesorgt werden, daß keine Lichtstrahlen aus dem Röhrenkasten oder der Ventilröhre austreten; deshalb muß unbedingt die Röhre oder Ventilröhre mit schwarzen Tüchern am besten mit Samt verhängt werden.

Die Durchleuchtung wird so vorgenommen, daß man den zu durchleuchtenden Körperteil vor die Röhre bringt und auf den Körperteil unmittelbar den Schirm auflegt. Man betrachtet zunächst beispielsweise bei Schädeldurchleuchtungen das Bild in toto und prüft es auf seine Helligkeit und Deutlichkeit; dann erst sucht man die Details. Um dieselben besser erkennen zu können, wird das Bildstück herausgeblendet. Als Blenden benützt man Metallscheiben mit verschieden weiten Ausschnitten, die man als Steckblenden vor den Röhrenkasten befestigt.

Bessere Dienste erweisen jedoch die Irisblenden, wie wir sie an fotografischen Apparaten finden, nur in entsprechender Größe. Wie bei den Aufnahmen, so muß auch bei Durchleuchtungen der Röhrenkasten geerdet werden, d. h. es muß Vorsorge getroffen werden, daß die sekundäre Aufladung im Röhrenkasten abgeleitet wird, damit der Patient frei ist von jedem prickelnden oder faradisierenden Gefühl.

Es wird dies am besten dadurch erreicht, daß man an den Röhrenkasten eine Metallkette befestigt, welche den Kasten mit dem Fußboden verbindet.

Das Anwendungsgebiet der Durchleuchtungen ist, wie schon erwähnt, sehr gering und beschränkt sich hauptsächlich auf Retentionen, Fremdkörper, insbesondere Projektile und Projektilteile, größere Zysten, Kieferbrüche und eventuell noch Antrumempyeme. Schwer oder gar nicht erkenntlich sind abgebrochene Nadeln, Granulome oder der Verlauf der Wurzelkanäle.

Die Aufnahmetechnik.

Das Gelingen guter d. h. wirklich brauchbarer Röntgenbilder ist, abgesehen von der richtigen Projektion, noch von einer Menge anderer Faktoren abhängig, auf die im nachfolgenden hingewiesen werden soll.

Wenn auch in weitaus den meisten Fällen der Zahnarzt mit oralen Aufnahmen auskommt, so gibt es doch noch eine ganze Reihe von Erkran-

kungen, in denen wir Schädelaufnahmen machen müssen. Ich darf hiebei nur an die Fälle erinnern, wo es infolge von Kieferklemme unmöglich ist, einen Film in den Mund einzuführen. Es wird ferner auch nicht immer gelingen, umfangreiche Zysten auf einem Film festzuhalten. Handelt es sich weiterhin um ein Empyem des Antrums, so wird es auch meistens nicht möglich sein, die ganze Ausdehnung des Antrums auf den verhältnismäßig kleinen Film zu bannen. Um ein Vergleichsobjekt zu haben ist es in solchen Fällen immer von Vorteil, das Antrum der gesunden Gegenseite zur Betrachtung heranzuziehen. Ferner sind Kieferverletzungen meist nicht auf einen Film zu bekommen. Schließlich muß auch an die Fälle gedacht werden, in denen das Auffinden von Fremdkörpern, wie abgebrochene Kanülen, Projektile etc., notwendig ist.

Um nun derartige Übersichtsaufnahmen herstellen zu können, bedient man sich fotografischer Platten in der Größe 9:12 bis zu 24:30. Die geläufigsten Formate sind jedoch 13:18 und 18:24; wenn man auch nur einigermaßen Übung im Einstellen hat, so kommt man auch mit den beiden genannten Größen aus. Es empfiehlt sich auch schon wegen des Kostenpunktes, heutzutage die Platte so klein als möglich zu wählen, denn erstens sind große Platten erheblich teurer, zweitens beanspruchen sie ein größeres Quantum von Bädern, die ebenfalls heute sehr kostspielig sind.

Die extraoralen Aufnahmen können nicht gut auf dem zahnärztlichen Operationsstuhl — auch wenn er umlegbar ist — vorgenommen werden. Zunächst kann man am Operationsstuhl nicht gut die Platte so befestigen, daß sie nicht wackelt, ferner ist der Stuhl eine zu große Eisenmasse, die leicht beim Auftreffen von Röntgenstrahlen zu sekundärer Aufladung Anlaß geben kann. Der Patient verspürt dann am Körper durch kleine überspringende Fünkchen ein Prickeln, hält nicht stille und verwackelt somit die Aufnahme.

Man nimmt daher zweckmäßigerweise die Aufnahmen entweder auf einem eigens für diese Zwecke gebauten Aufnahmetisch vor oder auf einem Liegesofa.

Beide tragen den erwähnten Umständen Rechnung und gestatten überdies dem Patienten ein bequemes Liegen. Da Schädelaufnahmen etwas länger dauern, so muß der Patient unbedingt still halten, und das kann er natürlich nur dann, wenn er in einer bequemen Lage ist. Da das Verwackeln der Aufnahmen einen der häufigen Fehlerquellen darstellt und es heutzutage auch noch recht unrentabel ist, wenn die Aufnahmen wiederholt werden müssen, so hat man auf verschiedene Mittel gesonnen, um den Kopf des Patienten so gut wie möglich zu fixieren.

Alle diese Methoden zu erwähnen wäre zu weitläufig, und ich will mich daher nur auf die einfachsten und praktischsten Mittel beschränken.

Der einfachste Fixierungsapparat, der auch für alle Körperteile angewendet werden kann, ist das Gurtkompressorium (s. Abb. 39).

Der Apparat besteht aus einer festen Eisenunterlage, auf welche die Platte gelegt wird. Der Kranke legt den Kopf dem Zwecke der Aufnahmen entsprechend auf die Platte; über den Kopf wird nun ein Stoffgurt gespannt, welcher durch einen auf der Seite befindlichen Stellhebel festgeklemmt wird und zwar so fest, daß es für den Patienten gerade noch erträglich ist.

Eine etwas primitivere aber ebenfalls sehr zweckentsprechende Vorrichtung ist ein etwa 20 cm breiter Stoffstreifen, welcher dem Patienten über die Stirn gelegt wird. Der Streifen hat nicht ganz in der Mitte seiner

Länge einen Schlitz, durch welchen das eine Ende des Stoffes so durchgeschoben wird, so daß eine Schlinge entsteht, in welcher der Patient den Kopf hat. An den beiden Enden des Stoffes werden nun Sandsäcke oder Ziegelsteine gehängt, welche durch ihr Gewicht den Kopf niederdrücken (Abb. 39).

Die zur Verwendung kommende fotografische Platte muß natürlich vor Tageslicht oder künstlichem Licht geschützt sein. Zu diesem Zweck wickelt man sie doppelt in lichtdichtes, schwarzes Papier ein, oder man bezieht schon solche fertige Einzelpackungen. Obwohl die Einzelpackungen insofern sehr praktisch sind, weil man teilweise die Dunkelkammer entbehren kann, so möchte ich ihrer Verwendung aus zweierlei Gründen wider raten. Erstens brechen insbesondere große Platten sehr leicht, zweitens sind die schon fertig eingelegten Platten meistens schon durch längeres Lagern verdorben, oder wenn sie frisch waren, verderben sie sehr bald durch die chemischen Ausscheidungen des sie umhüllenden Papiers; es sei denn, daß sie sehr rasch verbraucht werden.

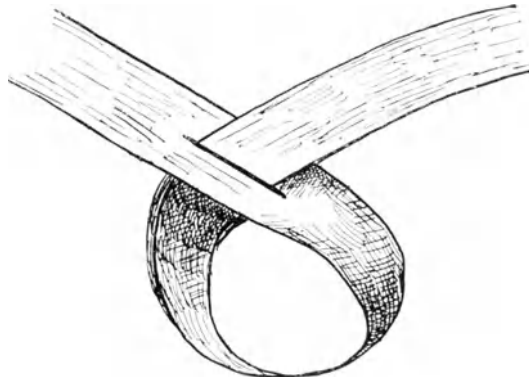


Abb. 39.

Improvisiertes Gurtkompressorium.

Viel zweckentsprechender sind die sogenannten Aufnahmekassetten, welche man wie ein Buch aufklappt, in der Dunkelkammer einlegt und wieder schließt. Die Kassetten sind absolut lichtdicht, während es bei den eingewickelten Platten doch hin und wieder vorkommt, daß durch feine Papierporen Licht eindringt, welches die Platte unbrauchbar macht. Tückischer Weise kommen dann Lichtflecken gewöhnlich an Stellen zum Vorschein, wo man sie am allerwenigsten gebrauchen kann. Das ruhige Daliegen für längere Zeit, wie es eine Schädelaufnahme erfordert, ist für viele Menschen sehr schwer und die meisten bringen es nicht fertig; man wird deshalb bemüht sein, die Aufnahme so kurz als möglich zu machen. Kurze Aufnahmen, die trotzdem brauchbare Bilder liefern, lassen sich aber nur mit Hilfe eines Verstärkungsschirmes erreichen, der in die Kassette mit eingelegt wird.

Der Verstärkungsschirm oder kurzweg die Folie genannt, besteht aus einem Stück Karton, welcher auf einer Seite mit einer Masse präpariert ist, die die Eigenschaft besitzt, beim Auftreffen von Röntgenstrahlen aufzuleuchten. Es erfolgt demnach eine Belichtung der fotografischen Platte von beiden Seiten, in der Art, daß die Platte primär durch die Röntgenstrahlen und sekundär durch den Schirm belichtet wird.

Die Folie muß, da sie sehr empfindlich ist, recht behutsam behandelt werden. Zunächst muß sie vor jedesmaligen Gebrauch mit einem feinen Haarpinsel abgestaubt werden; ferner muß verhütet werden, daß die präparierte Seite mit dem Finger berührt wird, da diese leicht Abdrücke hinterlassen, welche sich unter Umständen auf der Aufnahme widerspiegeln. Sehr empfindlich ist der Verstärkungsschirm gegen Fixierbad- oder Entwicklerflecken, welche durch unvorsichtiges Hantieren in der Dunkelkammer entstehen können. Aus diesem Grunde ist es ratsam, die Kassette sofort nach Entnahme der Platte zu schließen.

Die Belichtungszeit der Schädelaufnahmen läßt sich nicht gut angeben, da dieselbe größtenteils von den instrumentellen Verhältnissen und ferner von der Empfindlichkeit der verwendeten Platte abhängig ist. Im allgemeinen aber läßt sich anführen: je länger die Funkenstrecke des Apparates ist, desto kürzer muß die Exposition gewählt werden. Durchschnittlich werden für seitliche Schädelaufnahmen mit einem Induktor von 35 cm Funkenlänge und 5 Milliampère Röhrenbelastung 20 Sekunden erforderlich sein, um kontrastreiche Bilder erzielen zu können; bei dersoventralen

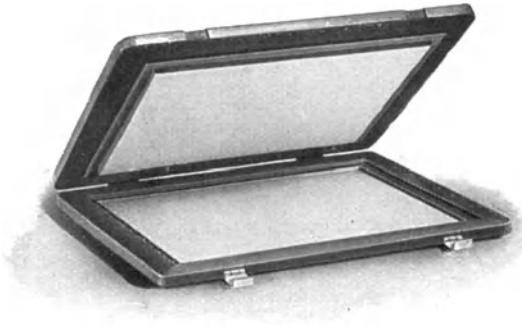


Abb. 40.
Aufnahmekassette.

Aufnahmen hingegen wird unter gleichen Verhältnissen die doppelte Zeit erforderlich sein. Man kann annehmen, daß die Folie die Aufnahmezeit etwa um die Hälfte verkürzt; es wird daher ohne Folie mit der doppelten Zeit, also mit 40 bzw. 80 Sekunden zu rechnen sein.

Ich wende mich nun der weitaus häufigsten Art von zahnärztlichen Röntgenaufnahmen zu, nämlich den oralen Aufnahmen. Da bei diesen Aufnahmen die fotografische Platte in den Mund kommt, so muß auf mancherlei Rücksicht genommen werden.

Zunächst muß auf die Verwendung von Glasplatten Verzicht geleistet werden, da dieselben nicht ohne Zwischenraum an die Weichteile der Mundhöhle angebogen werden können; weit bessere Dienste leisten uns die Planfilme. Dieselben müssen ebenso wie die Platten vor Tageslicht geschützt sein.

Da kleine Kassetten zu unhandlich sind und wiederum das Anschmiegen vereiteln würden, werden die Filme ausschließlich in schwarzes Papier eingeschlagen. Da die Emulsionsschicht der Filme gegen Feuchtigkeit sehr empfindlich ist, muß man sie vor Zutritt des Speichels schützen, was am besten dadurch geschieht, daß man die Filme nochmals in gewachstes Papier einschlägt oder sie in eine kleine Tasche schiebt, die man sich leicht aus einem Stückchen Kofferdam und einer Gummilösung, wie sie zum Repa-

rieren von Pneumatikdefekten verwendet wird, klebt. Man kann derartige Zahnfilme aber auch gebrauchsfertig beziehen und hat aber dann mit dem Nachteil zu rechnen, daß man an eine bestimmte Größe gebunden ist, während man in der Praxis oft größere oder kleinere Formate benötigt.

Schneidet man die Filme sich selbst zurecht, was meistens aus dem Format 6×9 oder 9×12 geschieht, so hat man darauf zu achten, daß die Schichtseite auf dem Päckchen markiert wird. Man klebt daher entweder auf die Seite, auf welcher sich die Schicht befindet, ein kleines Etikett oder man gewöhnt sich von vornherein an, das Einwickelpapier so umzuschlagen, daß die Enden des Papiers auf der der Schicht gegenüberliegenden Seite zu liegen kommen.

Sehr wesentlich ist das Anpassen des Filmes im Munde. Es ist eigentlich selbstverständlich, daß der Film dem aufzunehmenden Zahn bzw. dem Alveolarfortsatz gut aufliegen muß; um dies zu erreichen, wurden auch mancherlei Apparate erdacht, die teilweise recht umständlich und für den Patienten durchaus nicht angenehm sind. Nach meinen Erfahrungen sind alle Haltevorrichtungen entbehrlich; die einfachste Methode ist wohl die, den Film an der gewünschten Stelle andrücken und durch den Finger des Patienten festhalten lassen. Will man sich aber doch eines Halters bedienen, so dürfte der abgebildete, speziell für den Unterkiefer konstruierte



Abb. 41.
Filmhalter.

Halter der handlichste sein. Das Instrumentchen besteht aus einem U-förmig gebogenen Blech zum Einklemmen des Filmes mit beiderseitigen Korkauflagen. Bei der Aufnahme läßt man den Patienten auf den Kork beißen, wodurch der Film an der gewünschten Stelle festgehalten wird.

Der einfachste und zugleich billigste Halter ist der von Hauptmeyer angegebene, nämlich ein rechtwinklig zugeschnittener Flaschenkork mit eingesägtem Schlitz, in welchem der Film eingeklemmt wird. Diese Haltevorrichtung hat ferner noch den Vorzug, dass sie für Röntgenstrahlen vollkommen durchlässig ist und daher keinerlei Schattenbildung verursacht; außerdem kann man sich leicht beliebig viele Korke zurechtschneiden, so daß man bei jedem Patienten wechseln kann.

An dieser Stelle sei auch auf eine Neuerung hingewiesen, welche die Agfa-Werke bringen; nämlich Filme mit doppelseitiger lichtempfindlicher Schicht. Ich stand ja wohl dieser Neuerung anfänglich etwas skeptisch gegenüber; eingehende Versuche haben mich aber belehrt, daß sie doch wesentliche Vorteile bringt, die vor allem darin liegen, daß die Bilder äußerst kontrastreich werden, obwohl die Expositionszeit ganz bedeutend (etwa die Hälfte) abgekürzt ist. Ganz besonders deutlich tritt der Vorteil der kurzen Exposition bei Schädelaufnahmen zutage durch Verwendung zweier Folien, zwischen welche der Film gelegt wird.

Stereoskopische Röntgenaufnahmen.

Das Stereoverfahren hat den Zweck, plastisch wirkende Röntgenbilder zu erzielen. Es kann in der Zahnheilkunde nur zur Anfertigung von

Schädelaufnahmen Verwendung finden und dient vor allem dazu, die Lage innerer Organe, wie z. B. des Atrums einzelner Knochenpartien oder der Zähne räumlich festzustellen. Sehr wertvolle Dienste hat das Verfahren im Kriege geleistet bei der Behandlung der Schußfrakturen sowie bei der Messung und Lagebestimmung von Fremdkörpern, die äußerst präzise ausgeführt werden kann. Sehr verdient um das Verfahren hat sich vor allem Hasselwander gemacht, und besonders durch die plastische Rekonstruktion von Kieferbrüchen aus Gips.

Für eine stereoskopische Röntgenaufnahme sind zwei Einzelaufnahmen erforderlich, die auf folgende Weise hergestellt werden. Der aufzunehmende Kopf wird in der sonst üblichen Weise auf eine tunnelartige Kassette fixiert, die es ermöglicht, nach der ersten Aufnahme die Platte zu wechseln ohne dabei die Lage des Patienten zu verändern. Nach der ersten Aufnahme wird die Röhre von rechts nach links um den Augenabstand parallel zur Platte, also etwa um 7 cm verschoben. Der Abstand des Röhrenbrennpunktes zur Platte beträgt 60 cm. Zu große oder geringe Seitenverschiebung der Röhre hat eine zu seichte oder zu tiefe Plastik zur Folge. Zur

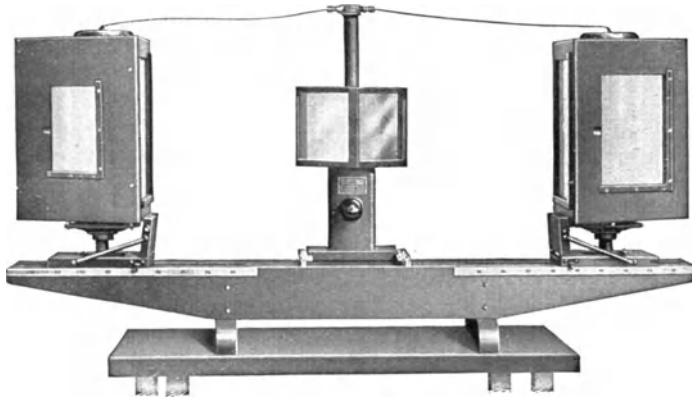


Abb. 42.
Spiegelstereoskop.

Besichtigung der fertigen Aufnahme verwendet man einen besonderen Apparat, das sogenannte Spiegelstereoskop mit zwei elektrisch beleuchteten Plattenschaukästen. Wesentlich verbessert sind die Apparate nach Hasselwander.

Es ist nicht möglich, im Rahmen dieses Buches alle Apparatesysteme einzeln zu beschreiben, sondern es muß auf die genaue Beschreibung und Gebrauchsanweisung der Apparate auf die umfangreichen Lehrbücher von Albers-Schönberg, Gocht, Fürstenau-Immelmann-Schütze und Dessauer-Wiesner hingewiesen werden.

Fremdkörperlokalisierung.

Die Anwendung des Verfahrens dürfte in der Zahnheilkunde in den Fällen wünschenswert sein, in denen die Lagebestimmung eines Projektils, einer abgebrochenen Injektionskanüle oder auch eines retinierten Zahnes bezw. sein Lageverhältnisses zum Atrum oder Nasenhöhle gebraucht wird. Ähnlich wie beim Steroverfahren werden nacheinander zwei Auf-

nahmen mit dazwischenliegender Röhrenverschiebung vorgenommen; die in vorhergehendem Abschnitt erwähnten Betrachtungsapparate sind hauptsächlich für diese Zwecke eingerichtet.

Die einfachste Art der Lagebestimmung von Fremdkörpern birgt die Methode von Mackenzie-Davidson in sich, bei welcher zwei Aufnahmen mit entsprechender Röhrenverschiebung auf einer Platte gemacht werden, so daß auf dem fertigen Röntgenbild zwei Schatten des Fremdkörpers zu sehen sind. Die Tiefe des Fremdkörpers kann nun leicht nach folgender Formel berechnet werden:

$$x = \frac{a \cdot f}{r \cdot f}$$

- Hiebei ist: a Brennpunkt-Plattenabstand,
 f Abstand korrespondierender Punkte der Fremdkörper-
 schatten voneinander auf der Platte,
 r Verschiebung der Röntgenröhre,
 x Höhenlage des Fremdkörpers über der Platte.

Schädigung durch Röntgenstrahlen.

Da die Röntgenstrahlen nicht allein pathologisch verändertes Gewebe angreifen, sondern auch eine schwere Schädigung des gesunden Gewebes verursachen können, so ist für Jeden, der tagtäglich mit Röntgenstrahlen umzugehen hat, äußerste Vorsicht geboten. Die Unkenntnis dieser Eigenschaften der Röntgenstrahlen ist zu Beginn der Röntgenepoche für manchen Forscher verhängnisvoll geworden.

Die Schäden, welche durch Röntgenstrahlen entstehen, finden wir in erster Linie bei den Röntgentechnikern und dann bei den Ärzten sowie dem Hilfspersonal. Wenn auch noch nicht das erstemal, so führen doch die sich summierenden unbeabsichtigten Bestrahlungen einzelner Körperpartien mit der Zeit zu einer unausbleiblichen Schädigung derselben.

Am meisten Schaden leiden naturgemäß diejenigen Hauptpartien, welche der aktiven Kugelhälfte der Röhre am nächsten waren; das wären der Handrücken, die Streckseite der Finger und die Fingernägel; selten getroffen werden Brust und Bauch. Von den Eingeweiden sind am empfindlichsten Hoden und Eierstöcke; eine oft nur vorübergehende kurze Einwirkung der Röntgenstrahlen auf diese Organe kann eine vorübergehende, oft auch dauernde Impotenz bzw. Sterilität verursachen.

Die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Haut teilt man in vier Grade ein, die sich, abgesehen von rein äußerlichen Merkmalen, besonders durch ihre verschieden lang dauernde Latenzzeit unterscheiden, wie aus der nachfolgenden Übersicht hervorgeht.

Wenn auch eine Schädigung von Patienten bei unseren Aufnahmen soviel wie garnicht vorkommt, so möchte ich doch nicht unerwähnt lassen, daß ich es nicht für ganz ausgeschlossen halte, daß bei dem einen oder anderen Patienten eine Idiosynkrasie gegen Röntgenstrahlen besteht.

Zu der Annahme haben mich zwei Fälle bewogen, bei denen nach normalen Schädelaufnahmen ein vorübergehender Ausfall der Kopfhaare eintrat.

Es ist deshalb für alle, die mit Röntgenstrahlen arbeiten, strenge Pflicht, sowohl den Patienten als ganz besonders die eigene Person sowie das Hilfspersonal durch geeignete Schutzeinrichtungen vor Schädigungen zu bewahren.

Röntgndermatitis.

Grad	Latenzzeit	Symptome		Prognose	Folgeerscheinungen
		Subjektiv	Objektiv		
I.	zirka 3 Wochen	Leichtes Wärmegefühl	Haarausfall, leichte Pigmentierung	resstitutio ad integrum	Keine
II.	2 Wochen	Leichter stechender Schmerz, Spannungs- und Juckgefühl	Hyperämie, Schwellung und Infiltration der Haut. Die Entzündung hält einige Tage an, dann völliger Haarausfall und Abschuppen der Haut	resstitutio ad integrum	Selten bestehende Pigmentierung
III	1 Woche	Heftige Schmerzen	Starkes blaurotes Erythem der Haut mit Blasenbildung und Exsudat. Haarausfall mit partieller Zerstörung der Papillen, sowie der Talg- und Schweißdrüsen	Nicht günstig. Heilung in 6—12 Wochen	Partieller Haardefekt, Trockenheit der Haut, häufige Teleangiektasiebildung
IV.	1 Woche	Heftige Schmerzen	Dunkles, misfarbiges Erythem, Zerstörung der Kutis, tiefe Gewebnekrose, stark absondernde Geschwüre	Ungünstig. Heilung nach Monaten oder Jahren	Dauernde Aloepxie, Hautatrophie, Teleangiektasie, Narbenbildung
chronische	als Folge der akuten	Schmerzhafte Ragaden	Exkorationen, Ulzera	Sehr ungünstig	Verkrüppelungen, Verhornungen, raue Haut. Verstümmelung der Nägel und Nagelbetten

Vor allen Dingen hüte man sich, zur Ermittlung des Härtegrades einer Röhre seine eigene Hand zu durchleuchten, sondern man bediene sich stets des Härtemessers, der Funkenstrecke oder eines Testobjektes.

Außerdem vermeide man unter allen Umständen bei Zahnaufnahmen den Film im Munde des Patienten selbst festzuhalten oder durch das Hilfspersonal festhalten zu lassen, sondern man veranlasse, wie schon erwähnt, den Patienten, sich den Film selbst zu halten.

Werden häufig Durchleuchtungen vorgenommen, so arbeite man stets mit einem bleiglasüberdeckten Durchleuchtungsschirm; sehr empfehlenswert ist das Tragen von Bleiglasschutzbrillen. Sehr wesentlich ist, daß man sowohl zum Schutze des Arztes als auch des Patienten nur solche Röhrenkästen benützt, die entweder ganz aus Bleiglas sind oder mit dickem Bleigummi gefüttert sind. Die sonst üblichen Schutzvorrichtungen, wie Bleischürze, Maske, Handschuhe, Schutzgehäuse u. dgl. sind wohl für ein Röntgeninstitut angebracht, nicht aber für den Zahnarzt oder Arzt, der seinen Apparat nur einigemal in der Woche benützt.

Zum Schlusse seien die Leitsätze wiedergegeben, welche die deutsche Röntengesellschaft 1913 auf ihrem Kongreß aufgestellt hat.

Merkblatt 1913 der D.R.G. über den Gebrauch von Schutzmaßregeln gegen Röntgenstrahlen.

1. Die öfter wiederholte Bestrahlung irgend eines Teiles des menschlichen Körpers mit Röntgenstrahlen ist gefährlich und hat auch schon mehrfach zu namhaften Schädigungen, ja sogar zum Tode von Röntgenärzten und anderen häufig mit Röntgenstrahlen arbeitenden Personen geführt. Deswegen ist es unbedingt nötig, daß sowohl derartige Personen selbst, wie auch eventuell deren Vorgesetzte oder Arbeitgeber darauf sehen, daß in ihren Betrieben genügende Schutzvorrichtungen vorhanden sind und daß alle Personen auch von der Notwendigkeit mit dem Gebrauche dieser Vorrichtungen genügend unterrichtet sind. Letzteres dürfte am zweckmäßigsten dadurch erreicht werden, daß das vorliegende Merkblatt in allen derartigen Betrieben öffentlich ausgehängt wird.

2. Als mindest erforderlicher Schutz gegen länger dauernde Bestrahlung gibt eine Bleischicht von 2 mm Dicke, die so groß ist und so angebracht sein muß, daß sie mindestens die ganze Person gegen die direkte Bestrahlung der Röhre abdeckt. Das Blei ist seiner Giftigkeit wegen beiderseits mit Deckmaterial wie Holz, farbigem Lack oder dergleichen zu bekleiden.

3. Das Blei der Schutzschicht kann ganz oder teilweise durch Bleigummi oder Bleiglas für Röntgenzwecke ersetzt werden, jedoch muß in diesem Falle die Dicke der Materialien, entsprechend ihrer geringeren Schutzwirkung, erheblich größer genommen werden, als beim reinen Blei, bei gutem Bleigummi nämlich etwa viermal und bei gutem Bleiglas etwa fünf- bis zehnmal so dick, d. h. also etwa 8 und 10—20 mm. Eine Verkleidung ist bei diesen Stoffen nicht nötig.

4. Auch bei Anwendung einer solchen Schutzschicht ist es empfehlenswert, zumal, wenn es sich um länger dauernde Bestrahlungen handelt — sich soweit als möglich von der im Betriebe befindlichen Röhre zu entfernen.

5. Der beste Schutz wäre zwar ein solcher, bei welchem eine der genannten Schutzschichten entweder die ganze Röhre als Schutzkasten oder

den ganzen Untersucher als Schutzhütte umgibt; im Interesse der Beweglichkeit der Röhre erscheint es jedoch zweckmäßig, den Schutz in der Weise zu bewirken, daß man die Röhre nur mit einer Kappe oder einen Kasten von etwa ein Viertel der oben angegebenen Schutzwirkung umgibt, dann aber außerdem noch eine Schutzwand vorzieht, hinter welcher sich der Untersucher während des größten Teils der Arbeitszeit der Röhre aufzuhalten hat.

6. Auch der Durchleuchtungsschirm und die übrigen, im direkten Strahlenkegel der Röhre zu benutzenden Apparate wie Härteskalen, Fokometer und dergl. müssen in ihren durchlässigen Teilen mit einer Bleiglaschicht hinterlegt sein, jedoch braucht dieselbe in diesen Fällen, da es sich meistens nur um eine vorübergehende Benutzung handelt im Interesse der Handlichkeit nur etwa halb so dick sein, wie bei der für den dauernden Schutz bestimmten Schicht, d. h. also bei gutem Bleiglas etwa 5—10 mm.

7. Jede der unter 1. genannten Personen soll ihre Schutzvorrichtungen möglichst selbst prüfen, was am einfachsten vermittels einer Durchleuchtung oder röntgenografischen Aufnahme unter Benutzung einer harten Röntgenröhre geschieht.

8. Von der unter 1. genannten Personen darf niemand wiederholt als Versuchsobjekt zur Beurteilung der Güte eines Röntgenapparates oder einer Röntgenröhre verwandt werden.

9. Jeder Assistent, Praktikant, Volontär, jede Krankenschwester und jeder vom übrigen Hilfspersonal hat das Recht, die Weisung, Röntgenarbeiten ohne genügende Schutzvorrichtungen auszuführen, abzulehnen. Eine solche Weigerung darf niemals den Grund zur Entlassung bilden. Dasselbe gilt für das Personal von Fabriken und Magazinen, die Röntgenapparate, Hilfsapparate und Röhren anfertigen oder verkaufen.

III. Fotografischer Teil.

Die Dunkelkammer.

Da bekanntlich weder Wände noch Türen mit Bestimmtheit das Durchdringen der Röntgenstrahlen verhindern können, so ist es zweckmäßig, die Dunkelkammer möglichst weit weg vom Röntgenzimmer einzurichten und schon allein aus dem Grunde, weil die Dunkelkammer der geeignetste Ort ist zur Aufbewahrung der Platten und Filmvorräte sowie der fotografischen Lösungen. Der als Dunkelkammer zur Verwendung kommende Raum soll stets gleichmäßige Temperatur haben und darf vor allen Dingen nicht feucht sein. Am zweckmäßigsten ist natürlich eine dunkle Kammer, die ohne weiteres für derartige Zwecke verwendbar ist; aber auch in allen Fällen, wo man solche nicht zur Verfügung hat, läßt sich mit wenigen Mitteln eine brauchbare Dunkelkammer einrichten. Zunächst muß darauf gesehen werden, daß die Türen und Fenster lichtdicht schließen; ist dies nicht der Fall, so kann man leicht durch Einkleben von Sammt oder Stoffstreifen in die Falze die gewünschte Abdichtung erreichen. Sind Oberlichte vorhanden, so verklebt man sie am besten mit schwarzem Papier. Ebenso werden eventuell auch die Fenster mit schwarzem Papier verklebt bis auf eine Scheibe, die man entweder mit spektroskopisch geprüftem Sherrystoff oder Rubinglas versieht. Als Beleuchtung wählt man elektrisches Licht, das man mit einer roten Überbirne versieht oder eine Glühlampe aus Rubinglas. Zweckdienlich sind eine gelbe Lichtquelle sowie eine weiße gewöhnliche Lampe.

Als Einrichtungsgegenstände gehören in die Dunkelkammer ein kleines Schränkchen zum Aufbewahren der Platten und Filme, ferner ein kleines Wandetagère, um die Lösung und Chemikalien unterzubringen. Sehr zu empfehlen sind schließlich noch zwei Tische, von denen der eine ausschließlich zu den Trockenarbeiten, d. h. zum Wechseln der Platten und Zurechtschneiden der Filme etc. benützt wird, während auf dem andern die Schalen mit den Bädern gestellt werden. Zu dem Inventar der Dunkelkammer zählen noch die Entwicklungsschalen, die wir, um Bäder zu sparen, in verschiedenen Größen vorrätig haben müssen, und zwar für Zahnfilme 6×9 , für Platten 13×18 und 24×30 . Im allgemeinen begnügt man sich in der Röntgenfotografie nur mit der Herstellung von Negativen, sollten aber hin und wieder doch von den Negativen Kopien gemacht werden, so muß man sich auch mit den entsprechenden Formaten von Kopierrahmen vorsehen.

Das Negativ-Verfahren.

Um ein fotografisches Bild herzustellen, muß die Platte besonders behandelt werden; diesen Vorgang nennt man den Negativprozeß; derselbe wird eingeteilt:

1. in die Belichtung,
2. in die Entwicklung,
3. in die Nachbehandlung.

Die Belichtung stellt wohl den wesentlichsten Faktor dar, und bedarf wohl daher auch der meisten Übung und Erfahrung. Im allgemeinen läßt sich der Satz aufstellen, daß man nur so lange belichten soll als nötig ist. Zu lange Exposition ergibt flauere Bilder, zu kurze Belichtung bedingt undeutliche und lückenhafte Aufnahmen. Die richtig belichtete Platte macht für gewöhnlich keine Schwierigkeiten beim Entwickeln.

Ein Bild entwickeln heißt, dasselbe hervorbringen; wir haben dabei zweierlei zu unterscheiden:

1. das Wachsen des Bildes und
2. das Vordringen desselben in der Schicht.

Eine belichtete Platte unterscheidet sich äußerlich in keiner Weise von einer unbelichteten; erst wenn man sie in die Entwicklerlösung bringt, werden die Veränderungen, die sich in der Schicht vollzogen haben, dem Auge sichtbar. Das auf eine Platte treffende Licht ruft eine Schwärzung des in der Schicht enthaltenen Silbersalzes hervor. Je stärker das auftreffende Licht war, desto intensiver wird die Schwärzung ausfallen und desto rascher wird die geschwärzte Stelle erscheinen. Umgekehrt wird dann auch das schwächste Licht zuletzt sichtbar. Die nun zwischen dem Maximum und Minimum gelegenen Lichteindrücke werden daher entsprechend zum Vorschein kommen. Auf diese Weise erklärt sich das Wachsen des Bildes. Dieses erste Stadium der Entwicklung vollzieht sich lediglich immer in der Oberfläche der Schicht; durch längeres Verweilen des Bildes in der Entwicklerlösung erfolgt das zweite Stadium des Entwicklungsprozesses, nämlich das Durchdringen der Schicht. Man kann diesen Vorgang sehr leicht kontrollieren dadurch, daß man die Platte oder den Film von Zeit zu Zeit im durchfallenden roten Licht betrachtet, wobei man ein zunehmendes Kräftigwerden des anfänglich hellen Bildes beobachten kann. Ein Zeichen, daß die Entwicklung schon ziemlich weit vorgeschritten ist, ist der Umstand, daß das Bild allmählich beginnt, auch auf der Glasseite der Platte ersichtlich zu werden.

Hat die Aufnahme nun die nötige Dichtigkeit erlangt, so wird sie dem Entwickler entnommen und mit reinem Wasser abgespült. Unmittelbar daran schließt sich die Nachbehandlung der fertig entwickelten Platte an, welche darin besteht, die nicht vom Licht getroffenen Stellen gegen Tageslicht unempfindlich zu machen. Zu diesem Zweck legt man die Platte ins Fixierbad, in welchem sie so lange zu verweilen hat, bis die Schatten klar erscheinen und auf der Platte keinerlei milchige Flecken mehr sichtbar sind. Die beendigte Fixage erkennt man auch auf der Glasseite daran, daß dieselbe bei der Aufsicht vollkommen gleichmäßig schwarz erscheint. Ist nun der gewünschte Effekt eingetreten, so muß sofort dafür gesorgt werden, daß das überschüssige Fixiersalz aus der Schicht entfernt wird und zwar aus dem Grund, weil das zum Fixieren verwendete Natron subsulf. der größte Feind der Gelatineschicht ist und dieselbe schon nach ganz kurzer Zeit zerstört. Dieses Entfernen geschieht

am schnellsten und sichersten dadurch, daß man die Platte eine halbe Stunde lang in fließendes Wasser legt.

Nach dem Wässern werden die Platten auf den bekannten Trockenständern zum Trocknen aufgestellt, die Films dagegen hängt man am besten auf. Die Zeit des Trocknens ist verschieden lang und hängt vor allem von der Luftfeuchtigkeit, der Temperatur sowie der Luftbewegung in dem Raum ab, in dem getrocknet wird. Je rascher die Platte trocknet, desto weniger treten schädliche Einflüsse auf. Nachdem ich nun in großen Zügen den Werdegang eines Negatives beschrieben habe, muß ich noch einige Details erwähnen. Hinsichtlich der Art der Entwicklung kommen in Betracht:

1. Die Schalenentwicklung,
2. Die Standentwicklung.

Die weitaus gebräuchlichste Art der Entwicklung ist die Schalenentwicklung und zwar aus folgenden Gründen: Zunächst wird erheblich an Bädern gespart, zweitens ist die Methode übersichtlicher und drittens liefert sie viel kontrastreichere Bilder. Die Standentwicklung kann schließlich nur da von Vorteil sein, wo es sich darum handelt, eine größere Menge möglichst richtig belichteter Platten ohne Zeitverlust zu entwickeln. Zur Standentwicklung benützt man große Gefäße mit Rillen, in welche die Platten senkrecht hineingestellt werden. Der Entwickler wird ziemlich verdünnt über die Platten bis zum Rande des Gefäßes gegossen. Da infolge der starken Verdünnung des Entwicklers das Bild langsam herauskommt, kann man ruhig aus der Dunkelkammer gehen, nachdem man vorher das Gefäß mit einem Deckel verschlossen hat und die Entwicklung sich selbst überlassen; nur darf man nicht vergessen, von Zeit zu Zeit einmal nachzusehen. Sind die Bilder kräftig genug, so werden sie in der bereits angegebenen Weise weiterbehandelt. Bei allen Entwicklern ist auf folgende allgemeine Gesichtspunkte zu achten: Die Temperatur der Entwicklerlösung soll nicht mehr als 18—20° C. und weniger als 12° C. betragen. Zu warme Entwicklerlösungen geben leicht Anlaß zur Schleierbildung und liefern außerdem leicht flauere Bilder. Zu kalte Lösungen haben zu wenig entwickelnde Kraft; der Entwicklungsprozeß dauert dann sehr lange. Stärkere Lösungen geben kontrastreiche Bilder. Von der Entwicklungszeit ist zu sagen, daß der Helligkeitsgegensatz im Bilde, d. h. die Kontrastwirkung des Bildes, mit der Entwicklungszeit steigt. Es ist daher besser, etwas überzuentwickeln, so daß das Bild zunächst dunkel erscheint, da es dann beim Fixieren von selbst zurückgeht.

An Entwicklern gibt es eine große Menge; aber erstens würde es zu weit führen, wenn ich sie alle mit ihren Vor- und Nachteilen aufzählen wollte und schließlich sind viele auch nicht für die Röntgenfotografie geeignet. Ich möchte mich daher nur auf einen beschränken, den ich schon innerhalb zehn Jahren erprobt habe und der vielfach ausschließlich für die Röntgenfotografie verwendet wird; es ist dies der Glyzinentwickler, der nach folgendem Rezept hergestellt wird:

Lösung I:

Glycinamin (Hauf oder König)
 Kal. carbon. 40,0
 Natron sulfuros. 150,0
 Aqua dest. 1000,0.

Lösung II:

Kal. carbon. 100,0

Aqua dest. 1000,0.

Beim Gebrauche wird Lösung I und II zu gleichen Teilen gemischt. Soll die Entwicklung beschleunigt werden, so gibt man von Lösung II mehr als einen Teil hinzu. Ist eine Verzögerung, insbesondere bei überexponierten Platten, erwünscht, so setzt man dem Entwickler tropfenweise Bromkali (1:10) zu. Dieser Entwickler liefert neben dem Hydrochinon oder Hydrochinon-Metol-Entwickler sehr kontrastreiche Bilder und hat nebenbei noch die angenehme Eigenschaft der unbegrenzten Haltbarkeit, insofern die Lösungen getrennt aufbewahrt werden.

Zum Fixieren der Platten verwendet man saures Fixierbad von folgender Zusammensetzung:

Aqua dest. 1000,0

Natron subsulfuros. 250,0

Bisulfitlauge 50.

Soll das nasse Negativ sofort nach dem Fixieren betrachtet werden, so wendet man, um eine Beschädigung der Schicht zu vermeiden, ein härtendes Fixierbad an; dasselbe besteht aus:

Aqua dest. 1000,0

Natron subsulfuros. 200,0

Chromalaun 5,0

Bisulfitlauge 12,0.

Die Temperatur des Fixierbades soll etwa 15—18° C. betragen. Richtig entwickelte und belichtete Negative bedürfen weiter keiner Nachbehandlung mehr. Wenn dagegen das Negativ überbelichtet oder überentwickelt war, so ist ein Nachbehandeln desselben erforderlich, welches im Abschwächen des Bildes besteht. Für die Röntgenfotografie eignet sich am besten der Farm'sche oder Blutlaugensalzabschwächer, der aus zwei getrennten Lösungen besteht und folgende Zusammensetzung hat:

Lösung I:

Aqua dest. 100,0,

Natr. subsulfuros. 100,0.

Lösung II:

Aqua dest. 100,0,

Rotes Blutlaugensalz 100,0.

Kurz vor Gebrauch mischt man 100,0 der Lösung I mit 5,0—10,0 der Lösung II.

Die Behandlung der Platte mit dieser Lösung beseitigt einen etwaigen Schleier, sie macht die Platte durchsichtiger und zugleich, vorausgesetzt, daß sie kräftig entwickelt war, kontrastreicher. Nach Beendigung der Abschwächung muß die Platte gründlich (mindestens $\frac{1}{2}$ Stunde) in fließendem Wasser gewässert werden. Bemerkt sei noch, daß die Platte nach dem Fixieren ohne vorheriges Wässern sofort in den Abschwächer gelegt werden kann.

Zu flauere Negative können entstehen durch Überbelichtung, durch zu kurze Entwicklung und durch Unterbelichtung. Zu stark unterbelichtete Bilder können im allgemeinen nicht mehr gerettet werden und es empfiehlt sich daher, dieselben wenn möglich nochmals aufzunehmen. Zu flauere Negative werden verstärkt.

Es kann vorkommen, daß das Negativ sehr dicht und doch flau ist. In solchen Fällen schwächt man zuerst mit dem oben angegebenen Abschwächer ab und verstärkt dann.

Die Verstärkung geschieht in folgendem Bade:

Aqua dest. 1000,0,
Quecksilberchlorid 20,0,
Bromkalium 20,0.

Das Negativ wird zunächst in diesem Bade gebleicht; soll intensiv verstärkt werden, so läßt man es so lange im Bade, bis es auch von der Glasseite aus weiß geworden ist, dann wird tüchtig abgespült und in einer der beiden folgenden Schwärzungslösungen geschwächt.

1. Schwärzungslösung:

Aqua dest. 1000,0,
Natrium sulfit 200,0.

Die Platte verweilt in diesem Bade so lange, bis sie, auch von der Rückseite betrachtet, vollkommen schwarz aussieht.

Die Schwärzung kann auch mit Amoniak vorgenommen werden, jedoch ist zu bedenken, daß die mit Amoniak geschwärmten Negative sich zwar sehr schön schwärzen aber wenig haltbar sind. Eine sehr intensive und zugleich haltbare Schwärzung liefert die in nachfolgendem Bade ausgeführte Schwärzung, die zugleich die Annehmlichkeit besitzt, daß ein derartiges Negativ mit Erfolg auch einer zweiten Verstärkung unterzogen werden kann.

2. Schwärzungslösung.

- a) Aqua dest. 1000,0,
Neutrales oxalsaures Kali 250,0.
- b) Aqua dest. 300,0,
Eisenvitriol 100,0,
Zitronensäure 1,0.

Kurz vor Gebrauch mischt man 1 Teil von b mit 4 Teilen von a. Ehe die Platte verstärkt wird, muß sie gut fixiert und gründlich gewässert sein. Zwischen dem Bleichungs- und Schwärzungsbad ist ein 5 Minuten langes Wässern erforderlich.

Sehr flau und dabei überentwickelte Platten lassen sich in der Weise wieder korrigieren, daß man sie zuerst abschwächt und dann verstärkt. Um die Schicht der Platten zu schützen und um die Platte etwas transparenter zu machen, kann man sie, nachdem sie gut getrocknet ist, mit einem in jedem Fotogeschäft käuflichen Negativlack überziehen und dann in Ruhe betrachten.

Um alle Feinheiten einer Aufnahme genau studieren zu können, bedient man sich einiger kleiner Hilfsmittel. Unsere Zahnaufnahmen schiebt man am besten in ein kleines Rähmchen, das nach Art der Handspiegel mit Griff versehen ist und statt der Spiegelscheibe Beinglas enthält.

Am besten hält man das Rähmchen gegen eine elektrische Lampe und kann dann in der durch das Beinglas ganz gleichmäßig hervorgerufenen Beleuchtung die feinsten Unterschiede wahrnehmen.

Da wir häufig genug in die Lage versetzt werden, auch größere Plattenaufnahmen studieren zu müssen, so empfiehlt es sich schon, einen Beleuchtungsapparat zu benutzen. Da die käuflichen Apparate erstens sehr teuer, zweitens für unsere Zwecke unhandlich und auch nicht rentabel

genug sind, habe ich mir einen derartigen Apparat selbst konstruiert, der vollkommen seinen Zweck erfüllt und sehr billig zu beschaffen ist. Der Apparat besteht aus einem Holzkasten, in welchen das Licht einer 100-kerzigen Glühlampe von oben hereingeworfen wird, es entsteht dadurch eine ziemlich gleichmäßige Beleuchtung der Beinglasscheibe; dieselbe wird dadurch erhöht, daß das Licht durch das weißgestrichene Innere des Kastens von allen Seiten gleichmäßig gegen die Scheibe reflektiert wird. Auf der rechten Seite des Beleuchtungskastens ist ein kleiner Widerstand angebracht, um die Helligkeit der Lampe der Dichtigkeit des Negatives anpassen zu können und der auch gleichzeitig als Ausschalter dient.

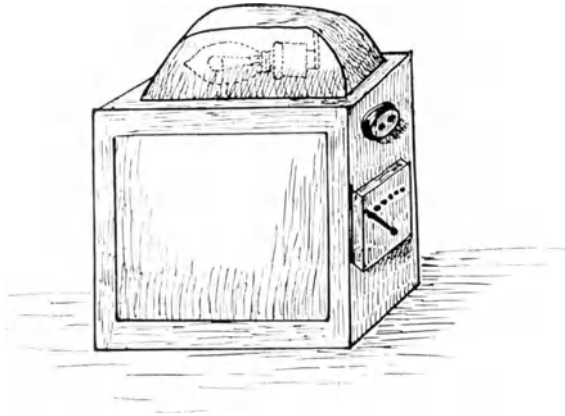


Abb. 43.
Beleuchtungskasten für Negative.

Hat man nun eine Platte genau in all ihren Einzelheiten studiert und die Diagnose gestellt, so trägt man den Befund in das Röntgenjournal ein. Zu diesem Zweck müssen die Platten oder Films signiert werden, was am besten dadurch geschieht, daß man die Aufnahmen fortlaufend numeriert. Bei den kleinen Filmaufnahmen trägt man die Nummer mit weichem Blei auf die Schicht ein, bei den Platten bringt man ein kleines Etikett an, wie es das abgebildete Muster zeigt, das Nummer, Name des

Röntgenlaboratorium	No.
Dr. R. Leix,	Name
prakt. Zahnarzt	aufgenommen

Patienten, sowie Datum der Aufnahme trägt. Die gleichen Daten werden natürlich auch in das Buch eingetragen. Bei Filmen mit doppelseitiger Schicht gewöhne man sich im Vorhinein daran, die Schichtseite, d. h. diejenige Seite, welche den Zähnen angelegen hat, dadurch kenntlich zu machen, daß man die Nummern stets auf diese Seite einträgt. Werden mehrere Aufnahmen hintereinander gemacht, so muß dafür gesorgt werden, daß beim Entwickeln keine Verwechslung eintritt; aus diesem Grunde wird die fortlaufende Nummer sowie Name und Datum zuerst im Buch eingetragen und dann sofort der Film oder die Platte mit der gleichen Nummer mit Blei (nicht Tintenblei) vor Einlegen in den Entwickler versehen. Werden die Aufnahmen nicht mehr benötigt, so werden sie dem Archiv einverleibt, und zwar am besten nach laufenden Nummern. Um

die Platten vor Bruch zu bewahren, legt man sie in die leeren Trockenplattenschachteln, die Filme steckt man in die käuflichen Papierdüten und legt sie der Nummer entsprechend dazwischen. Bei dieser Anordnung des Archivs ist es ein Leichtes, an Hand des Journals noch nach Jahren eine Aufnahme wiederzufinden.

Der Positiv-Prozeß.

Das Kapitel über die Herstellung von Positiven kann insofern sehr kurz behandelt werden, als dieselben, wie schon erwähnt, für den Röntgenologen keine besondere praktische Bedeutung haben, es sei denn, daß von Röntgennegativen Kopien angefertigt werden, die zur Illustration einer Krankengeschichte dienen oder Kopien zum Mitgeben für den Patienten gemacht werden. Zur Sicherung einer exakten Diagnose ist eine Kopie deshalb nicht geeignet, da die Helligkeitsunterschiede einer Platte niemals in demselben Grade auf einer Kopie wiedergegeben werden können.

Will man von einer Aufnahme ein Duplikat haben oder mehrere, so empfiehlt es sich, ein oder mehrere Filme oder Platten in schwarzes Papier einzuschlagen und darauf die Aufnahme zu machen. Entwickelt man diese Aufnahmen alle auf einmal gleich lang, so bekommt man durchwegs lauter gleichgeartete Negative.

Will man aber trotzdem ein Positiv einer Aufnahme haben, so kann man entweder das Tageslichtkopierverfahren wählen oder das Bromsilberverfahren. Beim Tageslichtverfahren legt man das Negativ mit der Schichtseite nach oben in einen der Größe des Negativs entsprechenden Kopierrahmen und bedeckt die Schichtseite mit lichtempfindlichem Cellodinpapier; hierauf wird der Deckel des Kopierrahmens geschlossen und dasselbe dem Tageslicht ausgesetzt, bis die Kopie die gewünschte Stärke erreicht hat. Da die Bilder beim darauffolgenden Tonungsprozeß zurückgehen, empfiehlt es sich etwas überzukopieren. Den fortschreitenden Kopierprozeß kontrolliert man durch zeitweises halbseitiges Öffnen der Rückseite des Kopierrahmens.

Nachdem die Bilder kräftig genug kopiert sind, kommen sie sofort ins Tonfixierbad, das einmal den Zweck hat, dem Bild einen gewissen Farbton zu verleihen und zweitens die Lichtempfindlichkeit des Papiers aufzuheben.

Die Zusammensetzung der Tonfixierbäder ist ziemlich kompliziert und es empfiehlt sich daher nicht, dieselben selbst anzusetzen.

Während das Tageslichtkopierverfahren etwas zeitraubend ist, dafür aber die Annehmlichkeit hat, daß man die Dunkelkammer entbehren kann, muß das Arbeiten mit Entwicklungspapieren in der Dunkelkammer vorgenommen werden, geht aber dann dafür bedeutend rascher.

Bei der letztgenannten Art des Kopierens wird der Rahmen am besten je nach der Dichtigkeit des Negativs auf nur einige Sekunden dem Gasglühlicht oder einer gewöhnlichen elektrischen Glühlampe ausgesetzt; die Weiterbehandlung des kopierten Papiers erfolgt dann in der gleichen Weise wie eine Platte, nur mit dem Unterschiede, daß gelbes statt rotes Licht verwendet werden darf. Sollen die Bilder haltbar sein, so müssen dieselben mindestens $\frac{1}{2}$ Stunde in fließendem Wasser liegen. Nach dem Wässern werden die Kopien zum Trocknen an einem staubfreien luftigen Ort aufgehängt. Erst nachdem sie vollkommen trocken sind, können sie mit Stärkekleister (nicht Gummi arabicum, Leim oder ähnlichem) in die Krankengeschichte eingeklebt oder auch auf einen Karton aufgezogen werden.

IV. Teil. Diagnostik.

Die Anatomie und Pathologie im Röntgenbild.

Wie schon hervorgehoben wurde, sind Röntgenbilder Schattenbilder; sie unterscheiden sich von gewöhnlichen Schattenbildern dadurch, daß sie transparent sind. Diese Transparenz, welche durch die Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlen hervorgerufen wird, bringt es daher auch mit sich, daß wir gleichzeitig auch einen Einblick in das Innere der harten Gebilde bekommen. Betrachten wir z. B. ein anatomisches Knochenpräparat, so sehen wir wohl die äußere Form des Präparates in plastischer Weise, nicht aber sein Inneres; anders verhält es sich mit dem Röntgenbild; dasselbe veranschaulicht uns neben einer nicht zu verleugnenden plastischen Wirkung auch den inneren Aufbau des Knochens. Wenn wir nun die normale Schattenbildung des Knochens kennen, so ist es nicht schwer, krankhafte Veränderungen und Defekte in der Knochenstruktur nachzuweisen, welche sich durch abweichende meist sehr intensive Schattenbildung kennzeichnen.

Wie ich schon an anderer Stelle erwähnt habe, sind der Knochen und besonders die Zähne die dankbarsten Röntgenobjekte; weit schwieriger ist schon die Wiedergabe des Knorpels. Am schwierigsten aufzunehmen sind die Weichteile und zwar aus dem Grunde, weil sie den sie durchdringenden Röntgenstrahlen keinen oder fast keinen Widerstand entgegenzusetzen. Man kann auf Röntgenaufnahmen wohl die Konturen der Weichteile erkennen, aber es läßt sich keine Struktur unterscheiden.

Wollen wir daher lernen, ein Röntgenbild richtig zu deuten, so müssen wir uns zunächst mit der normalen Anatomie im Röntgenbild vertraut machen. Diesem Zwecke sollen nun die folgenden Aufnahmen und Skizzen dienen.

Das erste Bild zeigt uns die Zahnwechsel röntgenografisch dargestellt (s. Tafel II, 4, 5).

Die Aufnahme wurde in der Weise angefertigt, daß die Seitenteile und das Mittelstück der Kiefer aufgenommen und dann der Wirklichkeit entsprechend zusammengesetzt wurden; dadurch sind die Zahnreihen in eine Ebene projiziert und man gewinnt den Eindruck, als sei der Kiefer auseinander gebogen. Der größeren Deutlichkeit halber wurden zur Aufnahme Schädelpräparate verwendet. Wir sehen auf dem Bilde die Frontzähne mit noch sehr weitem Foramen, wie man es bei jugendlichen Individuen immer antrifft, ferner den Milcheckzahn und daran anschließend die Milchmolaren. An die letzteren reiht sich der erste bleibende Backenzahn. An der Bildgrenze ist schließlich auch noch der zweite bleibende Backenzahn ersichtlich.

Außerdem zeigt uns der Unterkiefer noch beiderseits den aufsteigenden Kieferast mit dem *Processus condyloideus* und *coronoideus*. Bei den weiteren Bildern, welche Skizzen von Röntgenbildern sind, lassen sich die anatomischen Verhältnisse am besten aus den jedem Bilde beigegebenen Erläuterungen studieren.

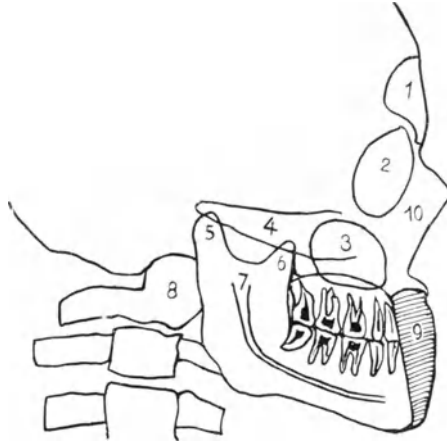


Abb. 44.

Seitliche Schädelaufnahme.

- | | |
|--------------------------|---|
| 1 Stirnhöhle | 7 Canalis mentalis |
| 2 Orbita | 8 Halswirbel |
| 3 Antrum | 9 Horizontaler Unterkiefer-Ast in die Höhe projiziert |
| 4 Os cygomaticum | 10 Nasenraum |
| 5 Processus condyloideus | |
| 6 Processus coronoideus | |

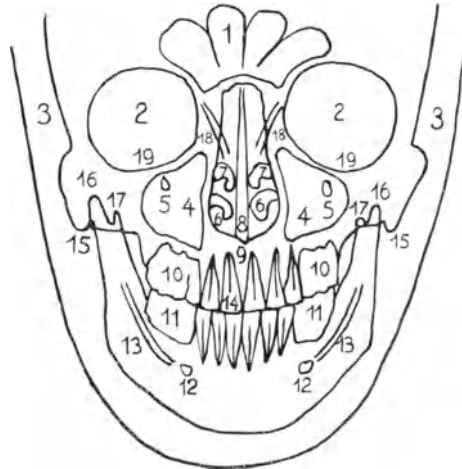


Abb. 45.

Dorsoventrale Schädelaufnahme.

- | | |
|--|---|
| 1 Stirnhöhle | 11 Zusammenprojizierte Zähne des Unterkiefers |
| 2 Orbita | 12 Foramen mentale |
| 3 Weichteilschatten | 13 Canalis mentalis |
| 4 Antrum | 14 Pulpencavum |
| 5 Foramen infraorbitale | 15 Processus mastoideus |
| 6 Concha nasalis super. | 16 Processus condyloideus |
| 7 Concha nasalis med. | 17 Processus coronoideus |
| 8 Crista septi nasal. | 18 Ductus naso-lacrimalis |
| 9 Spina nasalis | 19 Orbitarand |
| 10 Zusammenprojizierte Backenzähne des Oberkiefers | |

Diagnostik.

Im Interesse einer bequemeren Übersicht über die Verwendbarkeit des Röntgenapparates zu diagnostischen Zwecken in der Zahnheilkunde, wollen wir die Aufnahmen in vier Gruppen einteilen und zwar:

1. Chirurgie.
2. Konservierende Zahnheilkunde.
3. Technische Maßnahmen.
4. Orthodontie und Dentitionsvorgänge.

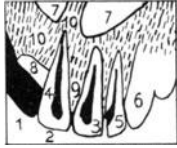


Abb. 46.

- 1 Brückenglied
- 2 und 3 mittlere Schneidezähne
- 4 Wurzelfüllung
- 5 seitlicher Schneidezahn
- 6 Zusammenprojizierter Eckzahn und l. Praemolar
- 7 Nasenhöhle
- 8 Alveolarand
- 9 Septum interalveolare
- 10 Knoschensponchiosa des Kiefers
- 11 Septum nasale

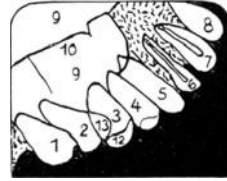


Abb. 47.

- 1 II. Molar
- 2 I. Molar
- 3 II. Praemolar
- 4 I. Praemolar
- 5 Caninus
- 6 Incisivus lateralis
- 7 und 8 Incisivus medialis
- 9 Antrum
- 10 Septa im Antrum

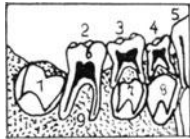


Abb. 48. Zahnwechsel.

- 1 Anlage des II. Molaren
- 2 Bleibender I. Molar
- 3 II. Milchmolar
- 4 I. Milchmolar
- 5 II. Milchmolar
- 6 Pulpencavum
- 7 II. Praemolar
- 8 I. Praemolar
- 9 Knoschensponchiosa

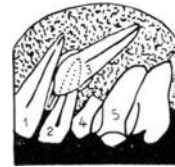


Abb. 49.

- 1 Großer Schneidezahn
- 2 Kleiner Schneidezahn
- 3 Retinierter Eckzahn, durch welchen schwach der Wurzelverlauf des seitlichen Schneidezahnes ersichtlich ist
- 4 Persistierender Milchzahn
- 5 I. Praemolar

1. Zahnärztliche Chirurgie.

Den weitaus ausgedehntesten Gebrauch der Röntgenaufnahmen wird wohl die Chirurgie zulassen. Im großen und ganzen soll uns das Röntgenbild hier Aufschluß geben über krankhafte Veränderungen im Innern des Alveolarfortsatzes und des Kieferkörpers, ferner über Erkrankungen der Nebenhöhlen, sowie über Verletzungen des Kieferskelettes. Schon bei dem verhältnismäßig einfachsten chirurgischen Eingriff nämlich dem Extrahieren der Zähne kann uns eine Aufnahme von großem Werte sein. Dem

geschicktesten und geübtesten Extrakteur gelingt es nicht immer, den Zahn in toto zu entfernen, es hat dies seinen Grund darin, daß die Zahnschubstanz manchmal derart morsch ist, daß sie dem Instrument keinen Widerstand mehr zu leisten vermag; es kommt daher zur Fraktur und der Zahn muß stückweise entfernt werden.

Durch die eintretende Blutung wird die Operationswunde unübersichtlich und nicht selten können oft alle Wurzelreste entfernt werden. In derartigen Fällen kann uns nur ein Röntgenbild Klarheit verschaffen, sowohl hinsichtlich der Größe der zurückgebliebenen Wurzelfragmente als auch in Bezug auf ihre Lage.

Jeder Praktiker kennt ferner die Schwierigkeit, welche oft die Extraktion eines einzelnen Zahnes in einer sonst völlig intakten Zahnreihe verursacht. Vielfach zeigt uns die Aufnahme, worin die Schwierigkeit besteht; entweder sind die Wurzeln abnorm gespreizt, so daß es nicht möglich ist, dieselben durch die Alveole zu ziehen, oder sie sind schraubenzieherartig gewunden, oder kolbenartig verdickt.

Oft kommt es vor, daß ein zu extrahierender Zahn der Zange großen Widerstand bietet und nicht luxiert werden kann. Betrachtet man eine in solchen Fällen angefertigte Aufnahme, so sieht man meistens sehr dünne Wurzeln aber einen dafür umso dickeren Kieferknochen der sich natürlich bei der Extraktion nicht dehnen läßt und in der Regel bei zu großer Kraftaufwendung die Fraktur des Zahnes zur Folge hat. Erinnerung sei schließlich noch an die Schwierigkeit der Extraktion bei gekrümmter Wurzelspitze oder bei Verschmelzung der Zahnwurzel mit dem Kieferknochen. Nicht immer ist es möglich, die Krümmung der Wurzelspitze eines Zahnes auf den Film zu bannen; insbesondere dann nicht, wenn die Krümmung in der Projektionsrichtung liegt. Ein derartiges sonst ganz kontrastreiches Röntgenbild zeigt anstelle einer scharf konturierten Wurzelspitze eine leichte Verschwommenheit derselben. Aus einem derartigen Bilde schließt der erfahrene Röntgenologe sofort, daß die Wurzelspitze gebogen ist und nur eine Ausmeißelung des Zahnes in Frage kommen kann.

Ähnlich verhält es sich mit den Aufnahmen, bei denen das sonst klare Bild keine markante Abgrenzung der Wurzel zeigt. In solchen Fällen kann man ohne weiteres die Diagnose stellen: Verwachsung der Wurzel mit dem Kieferknochen.

Als *extractiones difficiles* sind bisweilen die dritten Molaren des Unterkiefers bekannt, wo wir es manchmal mit extrem gespreizten Wurzeln zu tun haben, von denen die eine oft im aufsteigenden, die andere im horizontalen Kieferast liegt. Es empfiehlt sich daher, in zweifelhaften Fällen bei der Extraktion der Weisheitszähne sich vorher durch eine Aufnahme zu vergewissern. Ein dankbares Röntgenobjekt sind auch Wurzeln, die fast gänzlich vom Zahnfleisch überwachsen und äußerlich kaum oder gar nicht erkenntlich sind.

Nicht unerwähnt dürfen die Fälle gelassen werden, bei denen nach einer schon vor längerer Zeit erfolgten und lege artis ausgeführten Extraktion eine Eiterung aus dem Zahnfleisch unterhalten wird. Fertigt man eine Aufnahme der betreffenden leeren Alveole an, so sieht man häufig kleine Knochensequester, welche dem Alveolarande entstammen und die Ursache der Eiterung bilden.

Unerläßlich sind Aufnahmen ferner bei der Osteomyelitis, sowie bei der Feststellung der Schäden, die durch toxische Stoffe wie Phosphor, Quecksilber und Arsen hervorgerufen werden.

Nicht minder wertvolle Dienste leistet uns das Röntgenogramm bei der Untersuchung der tückischsten aller Mundkrankheiten, der Alveolarpyorrhoe. Wir erhalten hierbei Aufschluß über die Art und den Umfang der Knochen- und Wurzeinschmelzung, sowie über den Fortschritt oder Stillstand der Erkrankung und über eventuelle äußerlich nicht erkennbare Zahnsteinablagerung in der Tiefe an den Zahnwurzeln. Besonderes Interesse hatten von jeher bei der Therapie der Alveolarpyorrhoe die Zahnfleischtaschen mit ihren oft zahlreichen Nischen und Buchten.

Um dieselben röntgenologisch darstellen zu können, bedarf es der Anwendung eines Hilfsmittels; dasselbe besteht darin, daß man die Zahnfleischtaschen für die Röntgenstrahlen undurchlässig macht, dadurch, daß man dieselben mit einem dünnen Brei von Jodoformpulver oder Bismutum subnitricum oder subgallicum ausspritzt. Am besten rührt man das Pulver mit Glycerin zu einem dünnen Brei an, so daß er noch leicht von einer Injektionsspritze mit stumpfer und nicht allzu dünner Kanüle eingesaugt werden kann. Das feinverteilte Pulver dringt natürlich in alle Buchten ein und bildet gleichsam einen Abguß derselben, der auf dem Film sehr gute Kontraste gibt. Einen ähnlichen Zweck verfolgt auch die von Weski angeführte Guttaperchapointsondierung.

Wohl einer der dankbarsten Röntgenfälle sind die chronischen Periodontiden. Die Zahl derselben ist außerordentlich groß und ich glaube es ist nicht zuviel gesagt, wenn ich behaupte, unter 10 Aufnahmen befinden sich mindestens zwei mit einer chronischen Periodontitis, die keineswegs immer Beschwerden machen muß.

Röntgenologisch kann man drei Stadien beobachten. Beim ersten Stadium, das wohl als das leichteste anzusprechen ist, sieht man auf der Aufnahme in der Regel einen mehr oder minder breiten Saum, der sich in der Regel gegen die Wurzelspitze etwas verbreitert. Es ist dies ein Zeichen, daß die Wurzelhaut verdickt ist.

Mit dem zweiten Stadium geht die Erkrankung schon in den chronischen Zustand über. Man bemerkt dann an der Wurzelspitze des betreffenden Zahnes meistens eine Verbreiterung des Saumes oder eine diffuse Aufhellung des den Apex umgebenden Knochengewebes; dasselbe macht den Eindruck, als wäre der Knochen teilweise entkalkt.

Ein bekanntes Bild liefert schließlich das dritte Stadium, bei dem es zur Bildung des typischen Granulationsgewebes gekommen ist. Das Granulationsgewebe als solches ist natürlich auf der Aufnahme nicht erkenntlich. Wir können den Umfang des Granuloms nur indirekt durch die Größe des Knochendefekts feststellen, der durch die Granulombildung verursacht wird.

Klinisch bestehen verschiedene Symptome, welche auf die Anwesenheit eines Granuloms schließen lassen. In vielen Fällen besteht eine von Zeit zu Zeit sezernierende Fistelöffnung, welche mit dem Herd kommuniziert. Das Fistelmaul kann am Zahnfleisch, bukal sowie palatinal bzw. linguall ersichtlich sein, oder aber auch es kann in vereinzelt Fällen zur Perforation der äußeren Haut kommen und wir haben dann das Bild einer Wangen- oder Kinnfistel vor uns. In dem zuletzt genannten Krankheitsbild ist es oft unmöglich, ohne Röntgenaufnahme den schuldigen Zahn herauszufinden und insbesondere dann, wenn oft mehrere verdächtige Zähne neben einander stehen. Es hat sich daher als sehr vorteilhaft erwiesen, in den Fistelgang eine Metallsonde einzuführen und so die Aufnahme zu machen. Das Einschleiben der sterilen Sonde muß natürlich sehr vorsichtig ausgeführt werden; vor allem hüte man sich, irgend welchen Druck anzu-

üben. Die Sonde muß hinreichend lang sein, so daß immerhin noch 1—2 cm aus der Fistelöffnung herausragen. Damit der Patient die aufzunehmende Seite bequem auf die Platte legen kann — denn nur eine Plattenaufnahme kann in derartigen Fällen in Frage kommen — faßt man das Sondenende mit einer starken Pinzette unmittelbar vor der Fistelöffnung und biegt es an die Haut an. Damit die Sonde nicht herausfällt, klebt man das umgebogene Ende mit einem Streifen Leukoplast an der Haut fest.

Was die Ätiologie der Granulone betrifft, so soll sie nur soweit erwähnt sein, als sie röntgengologisches Interesse hat.

Da die Bildung von Granulationsgewebe nichts anders ist als eine Schutzmaßnahme des Organismus, so muß dieselbe dann einsetzen, wenn es sich darum handelt, das Vordringen eines Fremdkörpers zu verhindern. Wir sehen daher auf unseren Röntgenbildern Veränderungen an der Wurzelspitze eines Zahnes vielfach dann auftreten, wenn eine abgebrochene Nervnadel, ein abgebrochener Bohrerkopf, eine Guttaperchaspitze das foramen apicale überragt oder aber auch dann, wenn die Wurzelfüllungsmasse durch das foramen durchgepreßt wurde.

Neben den Wurzelgranulomen sind für die Röntgenfotographie ein nicht minder dankbares Objekt die Zysten. Sie unterscheiden sich auf dem Röntgenbild Granulomen gegenüber dadurch, daß sie scharfe Abgrenzung zeigen, während die Granulome verschwommene Konturen haben.

Wenn wir eine Zyste aufnehmen, so interessiert uns zunächst einmal die Ausdehnung derselben, von welchen Zähnen geht sie aus und in zweiter Linie ihre Lage zu Nachbarorganen; als solche wären im Oberkiefer zu nennen die Nasenhöhle und das Atrum. Im Unterkiefer ist von Wichtigkeit, ob die Zyste nicht in nächster Nähe des canalis mandibularis ist, oder ob nicht eine Kommunikation mit demselben besteht.

Dermoidzysten sind durch das Röntgenbild nur dann diagnostizierbar, wenn sie kalkhaltige Substanzen, wie versprengte Zahnkeime oder Kalkkonglomerate enthalten. Schwer oder gar nicht nachweisbar sind, wie es zuweilen vorkommt, die in der Dermoidzysten enthaltenen hornigen Substanzen, wie Haare oder Nägel.

Ebenfalls unentbehrlich ist das Röntgenbild bei der Untersuchung der Tumoren. Zweifellos liefern die klinischen Untersuchungsmethoden wie Probeexzision etc. bessere Resultate, doch wird es wohl einige Fälle geben, wo auch die Röntgenuntersuchung sichere Schlüsse zuläßt. Können wir durch Palpation einen Tumor von weicher Beschaffenheit feststellen, so wird uns die Aufnahme nicht viel nützen, es sei denn, daß wir feststellen können, welchen Umfang die Knocheneinschmelzung durch den Tumor genommen hat, wie z. B. bei Sarkomen. Anders verhält es sich mit den harten Tumoren; hier interessiert uns vor allem, ob der Tumor tatsächlich aus Knochen besteht oder ob eine Verknöcherung stattgefunden hat. Hierher gehören die Osteome, Exostosen sowie die Bindegewebstumoren, bei denen oftmals eine Kalkeinlagerung nachweisbar ist. Bei den Sarkomen zeigt uns vielfach die Knocheneinschmelzung den Umriß der Geschwulst an. Auch auf die Benignität bzw. Malignität läßt die Aufnahme Schlüsse zu. Sehen wir auf dem Röntgenbild eine Aufhellung mit unscharfen Konturen, die allmählich in Knochengewebe übergeht, so ist meistens die Diagnose maligner Tumor am Platze. Daß es bei großen bösartigen Geschwülsten leicht zu Spontanfrakturen des Unterkiefers kommen kann, ist genügend bekannt; auch darüber verschafft uns das Röntgenogramm Aufschluß.

Von der segensreichen Wirkung der Röntgenstrahlen bei der Behandlung der großen Zahl von Kieferverletzten im Weltkriege braucht nicht besondere Erwähnung getan werden.

Wenn wir bei Kieferverletzungen Aufnahmen machen, so soll uns das Bild vor allem den Sitz, die Art und den Umfang der Verletzung zeigen. Wir wollen ferner wissen, ob es sich um eine einfache Fraktur, eine Infraktion oder eine Zersplitterung des Knochens handelt, und welche Schädigungen der Nebenhöhlen und Nachbarorgane betroffen wurden. Die Aufnahme muß uns ferner orientieren über die Anwesenheit von Projektilen, Granat- oder Gesteinssplitter. Sehr wichtig ist weiter die Feststellung, ob nicht etwa in der Frakturlinie ein Zahn steht, der für das Zusammenheilen der Bruchenden hinderlich ist, bzw. die Vereinigung derselben hintanhält.

Nicht mit Sicherheit anwendbar ist das Röntgenverfahren zu der Feststellung, ob ein Bruch verheilt ist oder nicht. Es kann daher das Röntgenbild einen noch klaffenden Spalt zwischen den Bruchenden aufweisen, während die klinische Untersuchung eine Verheilung des Bruches zeigt; der Grund für diese Erscheinung liegt darin, daß wohl eine bindegewebliche Vereinigung der Bruchenden stattgefunden hat, welche röntgenografisch nicht darstellbar ist.

Die knöcherne Vereinigung des Bruches kann erst später, d. h. in der Zeit nachgewiesen werden, in welcher die Kalksalzeinlagerung in das junge Gewebe stattgefunden hat.

2. Konservierende Zahnheilkunde.

Nicht minder wesentlich ist das Röntgenbild bei unseren konservierenden Maßnahmen. Neben anderen Methoden (Endoskopie) kann uns das Röntgenbild gelegentlich bei anscheinend äußerlich ganz intakten Zähnen eine zervikal gelegene versteckte Karies aufdecken, die trotz genauester Untersuchung verborgen blieb.

Sehr wichtig ist natürlich die genaue Wiedergabe der topografischen Verhältnisse des Pulpenkavums und der Wurzelkanäle durch das Röntgenogramm. Ebenso wie bei den Granulomen oder Zysten kann auch die Pulpa als weiches Gewebe nicht aufgenommen werden, sondern nur das die Pulpa umschließende Knochengebilde des Zahnes.

Dagegen lassen sich sehr gut größere in die Pulpa eingelagerte Dentikel darstellen, die oft wandständig oder aber auch frei in der Pulpa anzutreffen sind (s. Tafel VII, 36).

Wohl das meiste Interesse werden die Wurzelfüllungen in Anspruch nehmen. Hier stellt die Aufnahme das einzige zuverlässige Mittel dar, eine Kontrolle über das Gelingen einer Wurzelfüllung zu gewinnen. Voraussetzung dafür ist, daß die Wurzelfüllung mit einer solchen Masse vorgenommen wurde, die für die Röntgenstrahlen schwer durchlässig ist und das sind hauptsächlich Metalloide. Jedem Praktiker kann trotz aller Vorsicht einmal das Mißgeschick passieren, daß ein Nervextraktor oder eine Sonde abbricht und im Wurzelkanal stecken bleibt. In derartigen Fällen tut man natürlich gut, sich durch eine Aufnahme zu vergewissern, wo die Nadel steckt. Liegt dieselbe inmitten des Wurzelkanals, so ruft sie unter Umständen keine Erscheinungen hervor.

Anders liegt der Fall, wenn die Nadel das Foramen überragt. Hier muß sie unbedingt als Fremdkörper wirken und eine Reizung der Wurzelhaut herbeiführen.

Glücklicherweise kommt es selten vor, daß ein Bohrerkopf abbricht und ähnliche Lage einnehmen kann wie die Nervnadel.

Zu den sonderbarsten Fällen gehören diejenigen, bei denen aus ungeklärten Ursachen Resorption der Wurzelspitze bleibender Zähne eintritt. Meistens wird dann von der Wurzelspitze soviel resorbiert, daß die Wurzelfüllungsmasse frei ins Knochengewebe ragt und dauernd reizt. Einen Mißerfolg der Wurzelfüllung zeigen auch diejenigen Röntgenbilder, bei denen eine durch das Foramen eine durchgepreßte Guttaperchaspitze oder Wurzelfüllungsmasse erkenntlich ist.

Sehr schöne Kontraste liefern uns alle unsere Füllungsmaterialien, sowohl die Silikate wie Phosphate und in erhöhtem Maße natürlich die Metalle (s. Tafel I, 3), deshalb ist es ein leichtes, mittels Röntgenfotografie eine überstehende Füllung zu erkennen, die unangenehme Störungen hervorrufen kann, besonders dann, wenn sie am Zervix sehr tief unter dem Zahnfleisch liegt.

Manchmal ist es recht schwer, bei mehreren nebeneinander stehenden gefüllten Zähnen den Ruhestörer herauszufinden. Die Röntgenaufnahme zeigt dann in solchen Fällen vielfach eine Füllung, die sich in bedenklicher Nähe der Pulpa befindet und dieselbe irritiert hat oder es besteht eine Kommunikation der Füllung bezw. Unterlagefüllung mit dem Pulpakavum.

Unentbehrlich sind schließlich auch noch Röntgenaufnahmen bei der Behandlung persistierender Milchzähne, wobei es sich hauptsächlich um die Topografie der Wurzelkanäle und um die Feststellung von Resorptionserscheinungen handelt.

3. Prothetik.

Wenn auch das Anwendungsgebiet der Röntgenfotografie in der Zahnersatzkunde ein beschränkteres ist, so gibt es doch einige Fälle, in denen wir eine Aufnahme nicht missen können.

Ich denke zunächst an diejenigen Zähne, die zur Aufnahme einer Krone, eines Stiftzahnes und besonders solche, die als Stützpfiler für eine Brücke bestimmt sind. Bei den heutigen hohen Edelmetallpreisen halte ich es erst recht für notwendig, in allen zweifelhaften Fällen sich durch eine Aufnahme zu vergewissern, ob diese oder jene Wurzel für die eine oder andere Maßnahme tauglich ist. Bei Stiftzähnen kommt es vor allem darauf an, die Bohrrichtung im Kanal festzustellen. Vor unangenehmen Täuschungen kann uns das Röntgenogramm auch dann bewahren, wenn es sich um gekrümmte Wurzeln handelt, die leicht eine Perforation zulassen.

Bei Brücken kann es dadurch zu unangenehmen Komplikationen kommen, daß Fischgräten sich einklemmen, oder daß Knochensplitterchen, die der Nahrung entstammen, sich unter der Brücke festgesetzt haben und gelegentlich einer Röntgenaufnahme erkannt werden können. Auch bei der Anfertigung von Kronen kann eine Aufnahme insoferne recht gute Dienste leisten, als wir erkennen können, ob der Kronenring am Zervix korrekt sitzt und nicht etwa durch abstehende Ränder eine Reizung hervorruft.

Schließlich kann es vorkommen, daß beim Aufzementieren der Krone oder Stiftzahnes kleine Zementteilchen unter das Zahnfleisch geraten und unangenehme Erscheinungen hervorbringen können.

4. Orthodontie und Dentitionsvorgänge.

Ebenso wie in allen anderen Fächern der Zahnheilkunde kann auch der Orthodontiker bei der Regulierung der Zähne das Röntgenbild nicht entbehren. Ihn interessieren vor allem die Dentitionsvorgänge und auch die Retention von Zähnen. Nach meinem Dafürhalten muß unbedingt vor Inangriffnahme einer Regulierung sowohl der Ober- als auch der Unterkiefer geröntgt werden. Stellt sich dabei heraus, daß ein Zahn verlagert ist, so kann man sofort seine Lage erkennen und dementsprechend die Therapie einstellen. Ferner sind auch die Wurzelverhältnisse der Zähne für die Orthodontie nicht belanglos. So können namentlich bei sehr engen Kiefern, in welchem die Zähne dicht gedrängt stehen, abnorme Wurzelkrümmungen bestehen, die eine Regulierung sehr erschweren können. Nicht unwesentlich erscheint mir auch eine Orientierung über den später zu erwartenden dritten Molaren. Vor Beginn einer Regulierung müssen natürlich auch alle etwa im Kiefer bestehenden Erkrankungen wie Granulome, Zysten und dergleichen beseitigt sein. Dieselben können natürlich nur durch vorherige Röntgenuntersuchung entdeckt werden.

Mit den vorstehenden Ausführungen habe ich nur einen summarischen Überblick über die vielseitige Verwendungsmöglichkeit des Röntgenbildes in der Zahnheilkunde gegeben. Die folgenden und aus täglichen Fällen der Praxis zusammengestellten Aufnahmen sollen einesteils eine kleine Illustration des Gesagten darstellen, andernfalls sollen sie aber dazu beitragen, den Blick für das Lesen von Röntgenogrammen und deren richtige Deutung zu schärfen. Aus den genannten Gründen habe ich auch, wie schon eingangs erwähnt, von der sonst üblichen Art, Röntgenbilder als Positive wiederzugeben, Abstand genommen.

Täuschungen im Röntgenbild.

Zweifellos liefert der größte Teil unserer Röntgenaufnahmen klare Diagnosen; immerhin aber sind in einzelnen Fällen Täuschungen möglich, auf die im nachfolgenden hingewiesen werden soll.

Diese Täuschungen können hervorgerufen werden:

1. durch Fehler im fotografischen Verfahren,
2. durch falsche Projektion,
3. aber auch können sie in der Natur des Falles begründet sein.

Was die erste Art betrifft, so kann z. B. eine Luftblase, die sich zufällig gerade an der Stelle angesetzt hat, an der die Wurzelspitze eines Zahnes sich befindet ein Granulom vorspiegeln. Ferner kann es vorkommen, daß durch unvorsichtiges Hantieren in der Dunkelkammer eine Spur Fixiermatron an eine kritische Stelle des Filmes gelangt und dann einen Krankheitsherd vortäuschen kann. Bei doppelschichtigen Filmen kann es aber auch passieren, daß eine kleine Stelle am Boden der Entwicklungschale anklebt, es bleibt daher an der Stelle die Entwicklung zurück und erweckt schließlich den Eindruck eines Krankheitsherd an der betreffenden Stelle.

Anlaß zu Fehldiagnosen kann auch eine Pore des den Film umhüllenden Papiere geben, durch welche Licht eindrang und eine kreisrunde Schwärzung des Filmes wie bei einem Granulom verursachte.

Die weitaus meisten Irreführungen läßt wohl die zweitgenannte Art zu, nämlich falsche Projektion. Besonders kritisch in dieser Hinsicht ist der Oberkiefer, indem sowohl falsche Lagebeziehungen der Frontzähne zum Nasenraum, als ganz besonders der Backenzähne zum Antrum eintreten können. So kommt es nämlich gar nicht selten bei der palatinalen Wurzel der Molaren vor, daß dieselbe auf dem Röntgenbild aussieht, als wenn sie den Boden des Antrums durchbohrt hätte; in Wirklichkeit aber zieht sie unter dem Boden der Kieferhöhle hinweg. Ähnlich kann es auch mit den buccalen Molarenwurzeln gehen, die in Wirklichkeit unter oder vor dem Antrum liegen. Der im Lesen von Röntgenogrammen Geübte wird gar bald hinter den Irrtum kommen und zwar dadurch, daß es in Wirklichkeit wohl selten oder gar nicht vorkommen wird, daß Wurzeln von Zähnen so ganz unvermittelt ins Antrum ragen; sind die Wurzeln wirklich abnorm lang, so daß sie mit dem Antrum in Kollision kommen, so ist der Antrumsboden in der Regel den Wurzelspitzen entsprechend ausgebuchtet.

In analoger Weise liegen die Verhältnisse im Unterkiefer; auch hier können durch unrichtige Einstellung des Normalstrahles Irrtümer entstehen und namentlich dann um so leichter, wenn die Zahnwurzeln von Haus aus schon ziemlich lange sind; sie können dann den Anschein erwecken, als wenn sie in den Mandibularkanal ragen. Aus dem gleichen Grunde kann eine vorhandene Zyste eine Kommunikation mit dem Canalis mandibularis vortäuschen. Es kann aber auch vorkommen, daß ziemlich lange Molarenwurzeln nur scheinbar noch durch ein ganz dünnes Knochenplättchen vom Nervkanal getrennt sind. Ist zufällig an einer Zahnwurzel in einem solchen Falle ein unscheinbarer periapikaler Prozeß vorhanden, so kann derselbe sehr wohl das dünne Knochenplättchen durchbohrt haben und mit dem Nervkanal in Verbindung stehen. Für neuralgiforme Schmerzen in solchen Fällen wird wohl die klinische Untersuchungsmethode das einzige sein, denn eine Röntgenaufnahme wird stets ein negatives Resultat ergeben.

Nicht nachweisbar können beispielsweise auch dentale Antrumempyeme sein und zwar dann, wenn eine Fistel ins Antrum führt, die meistens so klein ist, daß sie auf einem Röntgenbild nicht zum Ausdruck kommt.

In mehrfacher Beziehung können Röntgenbilder ferner nicht richtigen Aufschluß über Lage und Größe von Granulomen geben. Z. B. können wir vor uns eine Aufnahme haben, welche aussieht, als wenn ein Granulom sich über zwei Wurzeln erstreckt. In Wirklichkeit aber ist das Granulom nur an einem Zahne und liegt vielleicht palatinal oder buccal und die Wurzelspitze des andern Zahnes ist in dasselbe hineinprojiziert.

Auch hinsichtlich der Größe des Granuloms ist das Röntgenbild nicht immer ausschlaggebend. Wie aus der Abbildung 50 ersichtlich ist, werden verschiedene Formen eines Granuloms immer ein und denselben Schatten geben.

Die sonderbarsten Zufälle aber kann man bei anormaler Zahnstellung erleben und zwar dann, wenn bei Raummangel im Kiefer die Zähne hintereinander geschoben sind. In solchen Fällen kann beispielsweise der buccal stehende Zahn ein Granulom haben, während die Röntgenaufnahme den palatinalwärts stehenden Zahn als Ursache angibt. Ebenso können natürlich beide Zähne in der gleichen Weise erkrankt sein, wobei dann die Granulome ineinander projiziert erscheinen. Handelt es sich dabei um ein großes und ein kleines Granulom, so kann durch das Zusammenprojizieren der Verdacht einer Dermoidzyste auftreten.

Bestehen nun irgend welche Zweifel, so empfiehlt es sich immer, eine zweite Aufnahme noch zu machen und zwar wenn es die Verhältnisse gestatten nach einer anderen Ebene. Freilich ist das bei den Zähnen nicht immer so leicht, wie bei Extremitäten oder irgend einem anderen Körperteil; immerhin aber sind solche Aufnahmen, die nur der Lagebestimmung eines Zahnes oder eines Krankheitsherdes dienen, möglich, wenn man dabei auch auf die sonst gewohnte Schärfe und Deutlichkeit der Aufnahmen verzichten muß. Befindet sich zufällig neben dem zweifelhaften Zahne eine Lücke, so ist das Unterbringen eines Filmes in einer anderen Ebene insoferne möglich, als es gelingen kann, den Film der Schmalseite eines Zahnes anzulegen. Ist jedoch keine Lücke da, so muß man sich auf eine andere Art helfen und zwar dadurch, daß man einen Film in der Größe des Unterkieferbogens in den Mund parallel zum Gaumen schiebt und ihn durch Zubeißen festhalten läßt. Die Einstellung des Normalstieles erfolgt dann für den Oberkiefer vom Os frontale aus senkrecht zur Längsachse des Zahnes.

Bei derartigen Aufnahmen werden die Zähne natürlich sehr verunstaltet sein, aber immerhin läßt sich erkennen, ob ein Krankheitsherd oder eine Retention palatinal oder buccal liegt. Bei diesen Aufnahmen darf

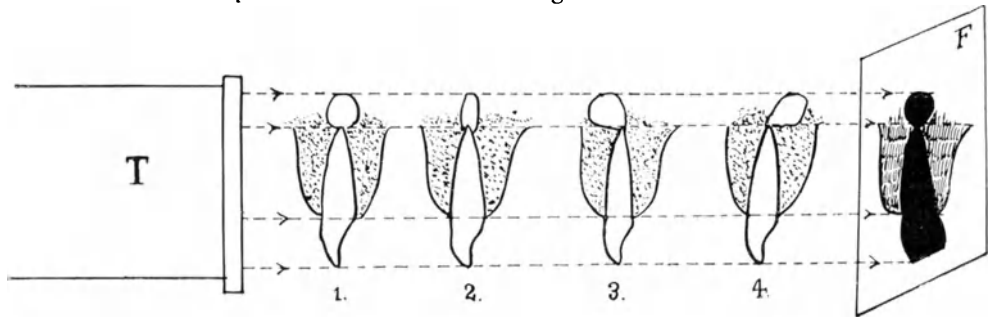


Abb. 50.

natürlich nicht übersehen werden, daß die Belichtungszeit etwa um die Hälfte verlängert werden muß entsprechend der größeren Knochenmasse, welche die Röntgenstrahlen auf ihrem Wege zum Film zu durchdringen haben. Müssen derartige Aufnahmen im Unterkiefer gemacht werden, so können es nur extraorale Aufnahmen sein. Man wird daher den Film unter das Kinn, bezw. auf die Basis mandibulae legen und den Achsenstrahl soweit als möglich senkrecht auf die Kaufläche der Zähne richten.

Täuschungen können natürlich um so größer sein, je ausgedehnter der Krankheitsherd ist und je mehr Zähne in dessen Bereich gezogen sind. So können beispielsweise Zysten alle möglichen Komplikationen mit den Nebenhöhlen vortäuschen, die aber in Wirklichkeit gar nicht zu bestehen brauchen; Schuld daran ist größtenteils wieder die unrichtige Einstellung.

Am Schlusse des Abschnittes seien noch die Fälle erwähnt, welche von vornherein Trugschlüsse zulassen. Als solche sind vor allem zu nennen Kontrollen über Wurzelfüllungen, welche mit Substanzen vorgenommen werden, welche für Röntgenstrahlen durchlässig sind. Wie an anderer Stelle schon erwähnt wurde, können auch frisch verheilte Kieferbrüche, bei denen die Kalkeinlagerung in das die Bruchenden verbindende Bindegewebe noch nicht sehr weit vorgeschritten ist, zu Täuschungen bezw. Enttäuschungen

führen, weil das junge Gewebe die Röntgenstrahlen nicht absorbiert, und daher auf dem Bilde einen klaffenden Spalt erkennen läßt.

Letzten Endes seien noch Kontrollaufnahmen nach Extraktionen erwähnt, bei welchen nach einiger Zeit eine Zyste diagnostizierbar ist, obwohl seinerzeit der Zahn mit den daranhängenden Granulationsmassen entfernt wurde. Die Ätiologie derartiger nachträglich entstandener Zysten dürfte folgende sein:

Bei der Extraktion wurden wohl die Granulationsmassen entfernt, der Zystensack aber blieb zurück. Nach einiger Zeit hat der durch die Extraktion eröffnete Zystensack sich wieder geschlossen und gefüllt und ist in die Wunde mit eingeheilt.



Anhang.

Wenn auch der in der Großstadt wohnende Zahnarzt weniger in die Lage kommt, auch andere Aufnahmen machen zu müssen als die fach-einschlägigen, so ist es doch denkbar, daß der eine oder andere auf dem Lande oder in der Provinz wohnende Zahnarzt, der im Besitze eines Röntgenapparates ist, manchmal genötigt wird, auch Aufnahmen für den praktischen Arzt machen zu müssen. Natürlich kann es sich dabei nur um einfach herzustellende Aufnahmen handeln wie Extremitäten und höchstens noch Schulter- und Beckenaufnahmen. Die Herstellung von Aufnahmen innerer Organe ist ziemlich schwierig und kann nur von einem geübten Spezialisten vorgenommen worden. Um auch den Wünschen dieser Kollegen gerecht zu werden, die Gelegenheit haben, sich über den Rahmen der zahnärztlichen Röntgenologie hinaus zu betätigen, seien im Nachfolgenden einige kleine Winke zur Anfertigung solcher Aufnahmen gegeben.

1. Kopfaufnahmen.

Die Kopf- und Zahnaufnahmen kann ich an dieser Stelle übergehen, da sie bereits eingehend besprochen wurde. Von Interesse sind höchstens noch Aufnahmen der Augen, um festzustellen, ob eingedrungene metallische Fremdkörper oder Gesteinsplitter im Bulbus selbst oder in der Augenhöhle liegen. Zu diesem Zwecke nimmt der Kopf die gleiche Lage ein, wie bei Stirnhöhlenaufnahmen. Der Patient wird aufgefordert, zu Beginn der Aufnahme den Bulbus nach der einen Seite zu drehen und nach Ablauf der ersten Hälfte der Expositionszeit nach der anderen Seite zu drehen. Ist der Fremdkörper im Augapfel, so bewegt er sich mit demselben und es müssen auf der Platte zwei Schatten des Fremdkörpers erkenntlich sein.

2. Halswirbel.

Die Aufnahme kann in Seiten- und Rückenlage gemacht werden. Im ersten Fall ist die Lagerung des Kopfes die gleiche, wie bei den seitlichen Kopfaufnahmen. Zu Halswirbelaufnahmen verwendet man am besten keine Kassette, sondern nur eine Platte, die in doppelt schwarzes Papier mit oder ohne Folie eingewickelt ist, denn da der Rand der Kassette immer etwas aufrägt, ist es sonst leicht möglich, daß man den untersten Wirbel nicht mehr auf die Platte bringt. Die Aufnahme der obersten Halswirbel erfolgt stets in Rückenlage bei geöffnetem Munde. Röhrenhärte ohne Verstärkungsschirm 8 Wehnelt, Belichtungszeit 20 Sekunden bei 5 Milliamperèbelastung; mit Verstärkungsschirm 6 Wehnelt, 5 Milliampèrs, 7 Sekunden.

Diese sowie die im Nachfolgenden angeführten Daten sind zutreffend für einen Induktor mit 35 cm Schlagweite, Gasunterbrecher und Gundelach-Momentröhre. Werden Agfa-Doppelschichtfilme und zwei Verstärkungsschirme verwendet, so verringern sich die Belichtungszeiten etwa um die Hälfte.

3. Schulter.

Der Patient nimmt Rückenlage ein. Die Platte wird unter die Schulter geschoben, während die gesunde Seite durch Unterlage von Sandsäcken erhöht wird; auf diese Weise erreicht man ein gutes Anliegen der aufzunehmenden Schulter auf die Platte. Nach Lilienfeld lassen sich auch Profilaufnahmen des Schulterblattes herstellen, um zu sehen, ob ein Fremdkörper vor oder hinter dem Schulterblatt steckt. Zur Herstellung dieser Aufnahmen läßt man die Innenseite des Ellbogengelenkes möglichst nahe an den Hals heranbringen und dreht den Patienten vollständig auf die Seite.

Aufnahmedaten: ohne Schirm 7 We. 5 M.A. 50 Sek.
mit Schirm 6 We. 5 M.A. 10 Sek.

4. Becken.

Die Beckenaufnahme erfolgt in Rückenlage mit nach einwärtsgedrehten und mit Sandsäcken beschwerten Füßen. In Betracht kommen Übersichtsaufnahmen bei 60 cm Röhrenabstand (stets gemessen vom Kathodenhals zur Platte) oder Detailaufnahmen mit vorgeschalteter Tubesblende. Bei der Darstellung des Gelenkes überzeuge man sich durch Abtasten in der Leistenbeuge über die Lage des Gelenkes.

Aufnahmedaten: ohne Schirm 9 We. 5 M.A. 65 Sek.
mit Schirm 7 We. 5 M.A. 30 Sek.

5. Oberschenkel.

Die Lage des Patienten ist die gleiche wie bei No. 4. Übersichtsaufnahmen bei 60 cm Abstand. Bei Seitenaufnahmen wird der Patient auf die Seite gelegt, so daß die Außenseite des Schenkels der Platte anliegt.

Aufnahmedaten: 9 We. 5 M.A. 25 Sek.
mit Folie 7 We. 5 M.A. 10 Sek.

6. Kniegelenk.

Die Lagerung und Belichtungszeit ist bei sonst gleichen Daten die nämliche wie bei den Unterschenkelaufnahmen. Bei seitlichen Aufnahmen ist die Lage mit den seitlichen Unterschenkelaufnahmen übereinstimmend.

7. Unterschenkel und Fußgelenk.

Seitenlage des ganzen Körpers bei Unterschenkelaufnahmen. Unter die Kassette werden so viel Brettchen geschoben, bis die Höhe des andern Fußes ausgeglichen ist. Bei Gelenkaufnahmen Rückenlage und Auflegen der Fersen auf die Platte. Die Aufnahme wird zur Erzielung einer scharfen Struktur mit Tubus gemacht.

Belichtungszeit: ohne Schirm 8 We. 5 M.A. 15 Sek.
mit Schirm 7 We. 5 M.A. 5 Sek.

8. Fuß von oben.

Der Patient sitzt auf einem Stuhl; auf einen Schemel wird die Platte gelegt und die Fußsohle auf dieselbe gelegt. Man kann die Aufnahme entweder mit 60 cm Abstand oder Tubus vornehmen.

Günstigste Röhrenhärte: ohne Schirm 8 We. 5 M.A. 15 Sek.
mit Schirm 7 We. 5 M.A. 5 Sek.

9. Arm und Ellbogen.

Am besten läßt man den Patienten so auf einem Stuhl sitzen, daß er sich hineindrücken kann in einen Winkel, der gebildet wird von der Stuhllehne und Tischkante. Der Tisch soll so hoch sein, daß die Unterseite des Armes flach aufliegt. Ist dies nicht möglich, so muß der Arm durch Unterlage von Brettchen erhöht werden. Bei seitlicher Aufnahme liegt nur die Schmalseite des kleinen Fingers auf, während der Daumen nach oben sieht. In dieser Lage ist die Fixierung durch Sandsäcke oder Kompressorium unbedingt notwendig. Zweckmäßig ist die Verwendung eines Brettes mit senkrechtstehenden Zapfen, den die Hand umklammert.

Günstige Aufnahmedaten: ohne Schirm 8 We. 5 M.A. 12 Sek.
mit Schirm 7 We. 5 M.A. 3 Sek.

10. Hand.

Die Hand stellt wohl eine der einfachsten aller Aufnahmen dar. Man läßt dieselbe mit leicht gespreizten Fingern flach der Platte auflegen.

Günstigste Aufnahmedaten: ohne Schirm 8 We. 2 M.A. 5 Sek.
mit Schirm 7 We. 2 M.A. 2 Sek.

Zur Ermittlung einer beliebigen Belichtungszeit läßt sich die Donath'sche Formel benützen, welche lautet*):

$$t_x = t \cdot w_x \cdot \left(\frac{b}{25}\right)^2$$

und folgendermaßen angewendet wird: Zunächst ermittelt man durch Vorversuche die Zeit t , die nötig ist, um mit einem gegebenen Instrumentarium, Röhre und Aufnahmematerial eine gutdurchlichtete Aufnahme einer Hand bei 25 cm Entfernung herzustellen. Die gesuchte Belichtungszeit t_x für irgend ein anderes aufzunehmendes Objekt in anderer Entfernung b ergibt sich dann nach der genannten Formel indem man für die Größe w_x den in nachfolgender Tabelle angegebenen Zahlenwert einsetzt. Z. B. die richtige Belichtungszeit für eine Handaufnahme in 25 cm Entfernung sei 3 Sekunden, dann ist die Expositionszeit für eine Zahnaufnahme, wenn $b = 45$ cm ist und $w_x = 1,5$ nach der Tabelle ergibt

$$t_x = 3 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{45}{25}\right)^2$$

$$t_x = 4,5 \cdot 3,51$$

$$t_x = 15,945 \text{ Sekunden.}$$

Die Rechnung stimmt natürlich nur dann, wenn die Röhrenbelastung immer die gleiche ist.

*) Aus Egger, Einführung in die Röntgenfotografie.

w_x -Werte für verschiedene Körperteile.

Schädel, Magen, Darm, Niere, Blase	4—6
Zähne (Film im Munde), Ellbogen	1,5
Halswirbel	3
Schultergelenk, Kniegelenk, Thorax (Herz, Lunge) } Oberschenkel	3—4
Handgelenk	1,4
Hand, Fußspitze	1
Becken, Hüfte	7—8
Fußgelenk, Unterschenkel	1,8



Literaturverzeichnis.

- Borutau und Mann, Handbuch der gesamten medizinischen Anwendung der Elektrizität, einschließlich der Röntgenlehre. Band 2. Verlag Dr. W. Klinkhard, Leipzig.
- Cieszinsky, A., Die Röntgenuntersuchung der Zähne und Kiefer. Verlag J. H. Barth, Leipzig. 1913.
- Über die Einstellung der Röntgenröhre bei Zahnaufnahme (neue Hilfsapparate zur genauen und leichten Einstellung der Röntgenröhre mit speziellem Hinweis auf ihre Vorteile bei Zahnaufnahmen). Korrespondenzblatt für Zahnärzte. Heft 2. Juni 1907.
- Röntgenphotographie. Korrespondenzblatt für Zahnärzte. 1907. Band 36, Heft 2.
- Christen, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Band 15, Heft 6.
- Dieck, Anatomie und Pathologie der Zähne und Kiefer im Röntgenbild mit besonderer Berücksichtigung der Aufnahmetechnik. Hamburg 1911.
- Eggert, John, Einführung in die Röntgenfotografie. Verlag Aktiengesellschaft für Anilin-Fabrikalien, Berlin SO 36.
- Faulhaber, Bernh. und Neumann, Rob., Das Röntgenbild als diagnostisches Hilfsmittel. Berlin 1920.
- Fridberg, Die Röntgenstrahlen in der Zahnheilkunde. Zeitschrift für Zahnheilkunde. Nr. 3, Band 4, S. 33.
- Kuchendorf, Einführung in die Röntgentechnik für Ärzte, Studierende und das Hilfspersonal. Mediz. Verlag Schweizer & Co., Berlin und Leipzig.
- Leix, Grundzüge der zahnärztlichen Elektrotherapie und Röntgenologie. Berlinische Verlagsanstalt. 1920.
- Einiges aus der Strahlenbiologie. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1920. Heft 7.
- Messung und Dosierung der Röntgenstrahlen. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1921.
- Meusser, Demonstrationstafeln (Zahnaufnahmen). Berlin 1912.
- Pfaff und Schönbeck, Kursus der zahnärztlichen Kriegschirurgie und Röntgentechnik. Verlag von Dr. W. Klinkhard, Leipzig.
- Port und Pекert, Über die Röntgenphotographie in der Zahnheilkunde. Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen. Heft 11. Leipzig 1909.
- Reiniger, Gebert und Schall, Praktische Winke zur Herstellung von Röntgenaufnahmen. Eigenverlag, Erlangen.
- Reinmöller und Burchard, Die zahnärztliche Röntgenologie. Berlinische Verlagsanstalt.
- Rieder und Rosenthal, Lehrbuch der Röntgenkunde. Band 1.
- Robinson und Spitzer, Zahnärztliche Röntgenologie in Scheffs Handbuch der Zahnheilkunde. 3. Auflage. Band I, Seite 569—590. Wien und Leipzig 1908.
- Salamon und Szabo, Röntgenologische Kontrolle der Diagnostik und Therapie bei Kieferbrüchen. Verlag von Gg. Thieme, Leipzig.
- Schiller und O'Donnell, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Band 16, Heft 4.
- Schönbeck, Die Elektrotechnik in der Zahnheilkunde. Verlag der Dykschen Buchhandlung in Leipzig.
- Witzel, Über die Röntgenphotographie in der Zahnheilkunde. Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen. Heft 11. Verlag Gg. Thieme, Leipzig.



Sachregister.

- Abschwächer 57.
Achsenstrahl 31.
Akkumulatorenbatterie 1.
Aktive Kugelhälfte 23.
Alveolarpyorrhöe 64.
Anker 7.
Anlasser 14.
Anode 22, 23.
Antikathode 22, 23.
Antrum 61, 69.
Arm- und Ellbogenaufnahmen 76.
Aufnahme des Fußes von oben 74.
Aufnahmekassetten 45, 46.
Aureole 13.
- Baryumplatincyanürschirm 42.
Beckenaufnahme 75.
Bindegewebstumoren 65
Bisulfitlauge 56.
Bleiglasschutzhaube 29.
Bleiglastubus 51.
Bleigummi 51.
Blende 29, 30.
Brennfleck 23, 31.
Bromkali 57.
- Canalis mentatis 61.
Cal. carbon 56.
Caries 66.
Crista septinasalis 61.
Chromalaun 56.
Concha nasalis medialis 61.
Concha nasalis superior 61.
Coolidge-Röhre siehe gasfreie Röhre 25.
Cyste 43, 65.
- Dentikel 66.
Dentitionsvorgänge 68.
Dermoidzysten 65.
Diaphragmaunterbrecher 8, 9.
Dielektriken 10.
Dorsoventrale Aufnahmen 87.
Drehspulensinstrument 27.
Drehstrom 18.
Drosselröhre siehe Ventilröhre 26.
Ductus naso-lacrimalis 61.
Durchleuchtung 42.
- Durchleuchtungsschirm 42.
Dynamomaschine 1.
- Einankerumformer 14, 15.
Einstellung 32.
Einstellwinkel und -Zirkel 34, 35.
Eisenkern 5, 14.
Eisenvitriol 57.
Elektroinduktion 2.
Elektrolytischer Unterbrecher 8.
Elektromagnet 2, 3.
Elektromotorische Kraft 3.
Elektronen 22, 23, 25.
Entwickler 55, 56.
Entwicklerlösungen 55, 56.
Ergosapparat 19.
Exostosen 65.
Extraktio diffizilis 63.
Extraströme 4.
- Filterkammer 24.
Filmhalter 41.
Fistel 64.
Fixierbad 56.
Fokusstrahlen 31.
Foramen incisivum 61.
Foramen infraorbitale 61.
Foramen mentale 61.
Fremdkörper in Wurzelkanälen 67.
Füllungsmaterialien 67.
Funkenstrecke siehe Parallelfunkenstrecke
6, 13, 40.
- Gasfreie Röhre siehe Coolidge-Röhre 25.
Gasunterbrecher 10, 12.
Geißler'sche Röhren 21.
Gleichrichter 16.
Glimmerregenerierung 24.
Glimmlichtrohre 27.
Glühkathode 26.
Glyzin 53.
Granulome 43, 69.
Gurtkompressorium 44, 45.
- Halswirbel 61, 74.
Hammerunterbrecher 7.
Handaufnahmen 74.
Hauptleitung siehe Primärspule 2, 5, 6.

Härtemesser 39.
 Heizstrom 26.
 Heizstromtransformator 26.
 Heliodor-Röntgenapparat 17, 18.
 Hochspannungstransformator 16, 17.
 Hochvakuumröhre s. Coolidge-Röhre 25, 26.

Induktion 2, 3.
 Induktor siehe Induktionsapparat 5, 6, 7.
 Infraktion 66.
 Irisblende 42.
 Isolierschemel 26.

Kalium carbonicum 55, 56.
 Kalkkongremente 65.
 Kathode 22.
 Kathodenstrahlen 22.
 Kieferhöhlenaufnahmen 38, 69.
 Kieferverletzungen 66.
 Kniegelenksaufnahmen 75.
 Knochensequester 66.
 Kondensator 5, 6.
 Konsolidierung 66.
 Kontakträdchen 10.
 Kopfaufnahmen 74.
 Kryptoradiometer 40.
 Kryptoskop 40.

Magnetfeld 4.
 Magnetismus 2, 3.
 Magnetoinduktion 2.
 Mechanischer Unterbrecher 9.
 Milliampèremeter 27.

Nasenraum 61.
 Natrium subsulfurosum 56.
 Natriumsulfit 57.
 Natrium sulfurosum 55.
 Negativprozeß 54.
 Neutrales oxalsaures Kali 57.
 Normalstrahl 37.

Oberschenkelaufnahme 75.
 Öffnungsfunke 8, 9.
 Öffnungsstrom 4.
 Öffnungsextrastrome 13.
 Orale Aufnahme 43, 46.
 Orbita 61.
 Os cygomaticum 61.
 Osmoregulierung 24.
 Osteome 65.
 Osteomyelitis 63.
 Oxalsaures Kali 57.

Palladium 24.
 Parallelfunkenstrecke 41.
 Perionitis 64.
 Permanenter Magnet 3, 27, 28.
 Planfilm 46.
 Pohlwender siehe Gleichrichter 14, 16.
 Primärspule 5, 6.

Processus codyloideus 61.
 Processus coronoideus 61.
 Processus mastoideus 61.
 Projektion 32, 33.
 Pulsierender Gleichstrom.

Quecksilberchlorid 57.
 Quecksilbertauchunterbrecher 7.

Regeneriervorrichtung 24.
 Retention 43.
 Rippenkühler 22, 42.
 Rohrblende 30, 36.
 Rotes Blutlaugensalz 56.
 Röhrenhalter 23, 28.
 Röntgendermatitis 50.
 Röntgenröhre 6, 14, 21, 22, 23.

Schalententwicklung 55.
 Schaltvorrichtung 19.
 Schließungsfunke 8.
 Schließungslicht 25, 27.
 Schuleraufnahme 75.
 Sekundärspule siehe Nebenleitung 5, 14.
 Sekundärstrahlen 30.
 Selbstinduktion 4, 8.
 Septum interalveolare 62.
 Septum nasale 61, 62.
 Simonunterbrecher 9.
 Solenoid 4.
 Spiegelstereoskop 48.
 Spina nasalis 61.
 Spontanfraktur 65.
 Stativ nach Lambert 29.
 Stativ nach Jamin 29.
 Stirnhöhle 37, 61.
 Stirnhöhlenaufnahme 37.

Tonfixierbad 59.
 Transformator 14, 15, 18.
 Tumoren 65.

Umformer 16.
 Unterbrecher 1, 7.
 Unterbrecherlose Apparate 1.
 Unterschenkel- u. Fußgelenkaufnahme 75, 76.

Vakuum 22, 23.
 Verstärker 56.
 Verstärkungsschirm siehe Folie 45.
 Voltainduktion 2.
 Vorschaltfunkenstrecke 26.

Wechselstrom 10, 11, 14.
 Wehneltmesser 39.
 Wehnelunterbrecher 5.
 Weichteilschatten 61.
 Wolfram 22.
 Wurzelfüllungen 66.

Zahnfilm 47.
 Zentralprojektion 32.
 Zitronensäure 57.

Namenverzeichnis.

Albers 48.
Bauer 24.
Borutau 76.
Burchard 34.
Christen 76.
Cieszynski 35.
Davidson 12.
Dessauer 48.
Dieck 34.
Eggert 41, 71.
Faraday 2.
Faulhaber 76.
Foucault 6.
Friedberg 76.
Fürstenuau 48.
Geißler 21.

Gocht 48.
Gundelach 21.
Hasselwander 48.
Hauptmeier 47.
Immelmann 48.
Jamin 29.
Joules 28.
Kuchendorf 76.
Lambertz 29.
Leix 6, 36, 37, 76, 78.
Mackenzie 12.
Mann 76.
Maxwell 4.
Neeff 7.
Port und Peckert 33, 76.
Reimöller 34.

Reiniger, Gebbert & Schall
76.
Rieder und Rosenthal 76.
Robinson und Spitzer 76.
Röntgen 1.
Salamon und Szabo 76.
Schiller 76.
Schönberg 48.
Schütze 48.
Simon 9.
Walter 38.
Wehnelt 8, 39.
Wiesner 48.
Witzel 76.



Erläuterung zu Tafel I.

- 1a Aufnahme mit zu weicher Röhre.
- 1b Aufnahme mit zu harter Röhre.
- 1c Aufnahme mit normaler Röhre aber unterbelichtet.
- 1d Aufnahme mit richtiger Röhre und richtig belichtet.
- 2a Aufnahme des Härtemessers nach Wehnelt mit einem Härtegrad von 4 Wehnelt-Einheiten.
- 2b Aufnahme des Härtemessers mit einem Härtegrad von 8 Wehnelt-Einheiten.
- 3 Die Durchlässigkeit verschiedener zahnärztlicher Materialien.
 - 1 Albrecht's Wurzelfüllung.
 - 2 Paraffin-Tymol-Wurzelfüllung.
 - 3 Jodoformpaste.
 - 4 Zinkoxydpaste.
 - 5 Guttapercha (der schwarze Fleck ist eine Luftblase).
 - 6 Amalgam.
 - 7 Phosphorzement.
 - 8 Silikat.
 - 9 Zitoperchaverschlußmasse.
 - 10 Eine kleine Kautschukprothese.
 - 11 Ein Kramponzahn.
 - 12 Daviskrone mit Stift.

Zu Tafel II.

- 4 Aufnahme eines kindlichen Unterkiefers zur Zeit des Zahnwechsels.
- 5 Aufnahme eines kindlichen Oberkiefers zur Zeit des Zahnwechsels.
- 6 Getrennte Wurzeln eines unteren Molaren, von denen die eine vom Zahnfleisch überwachsen war, auf die andere wurde fälschlicherweise eine Krone gesetzt.
- 7 Schlecht sitzende Krone mit herausgepreßter Zementmasse, wodurch Nekrose der Papille und des Septums interalveolare eintrat.
- 8 Kleiner Knochensequester an der Stelle des ersten Prämolaren, ferner zusammenhängende Füllungen; überstehende Füllung am ersten Molaren über demselben Zyste.

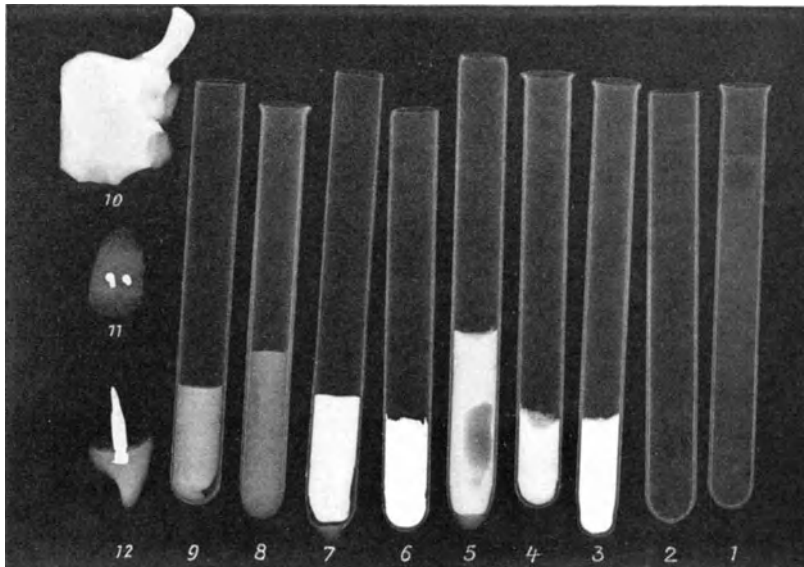
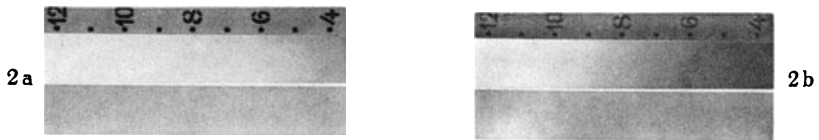
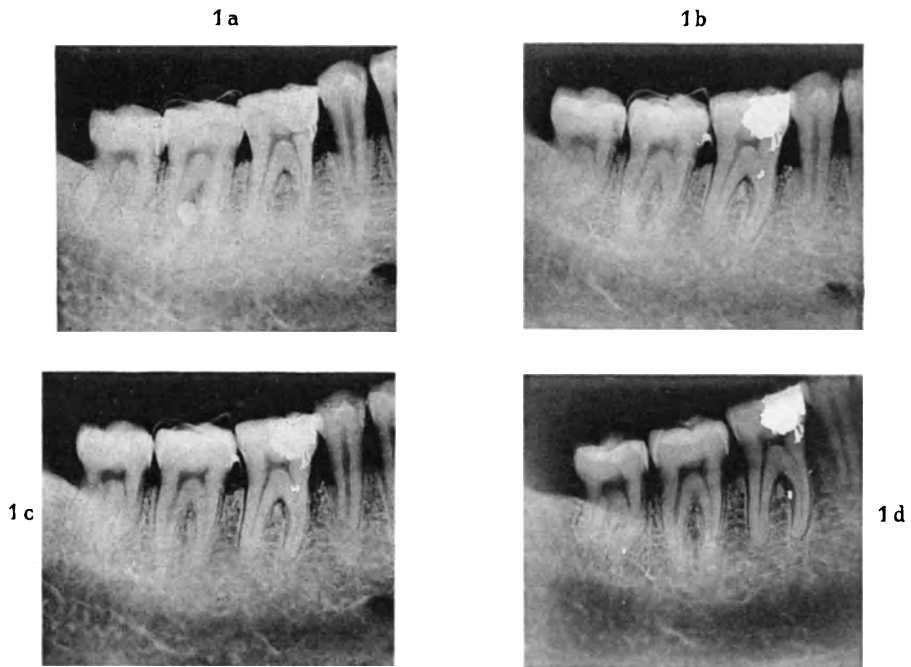
Zu Tafel III.

- 9 Empyem des rechten Antrums, welches im Vergleich zum linken undurchsichtig ist.
- 10 Kontrollaufnahme nach einer Extractio difficilis.
- 11 Knochensequester.
- 12 Zurückgebliebener, in Granulationsgewebe eingebetteter Wurzelrest.
- 13 Scharfe Knochenkanten, welche neuralgiforme Erscheinungen hervorriefen.
- 14 Das Foramen apicale umgebendes Granulom.
- 15 Seitlich vom Foramen gelegenes Granulom.

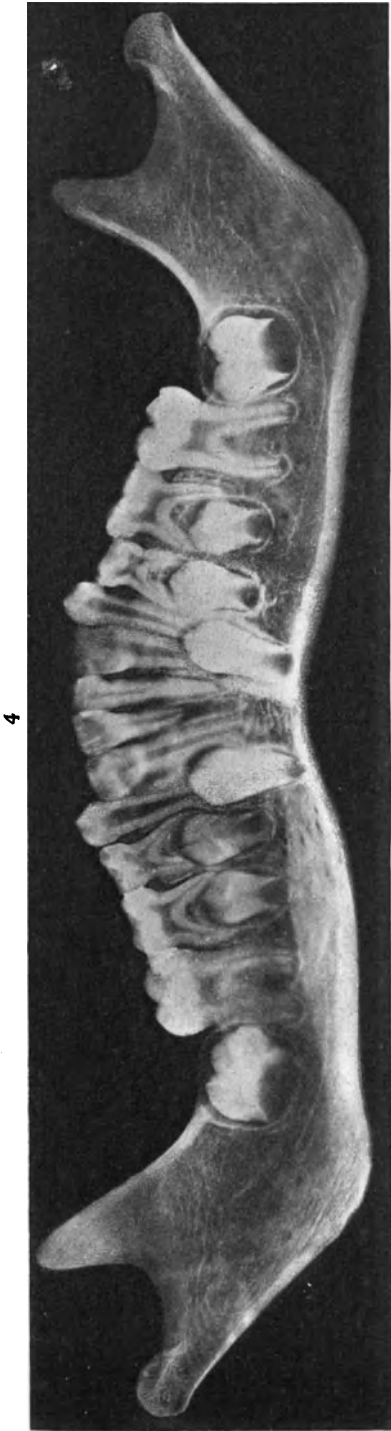
Zu Tafel IV.

- 16 Auflockerung der Wurzelhaut und Verdickung derselben am Foramen des zweiten Prämolaren. Marginale Erkrankung nach der Tiefe führend und nekrotische Stellen im Septum des ersten Prämolaren; die breite Schwärzung deutet auf Zerstörung des Knochens hin, an dessen Stelle Granulationen getreten sind.
- 17 Granulationsgewebe zwischen und unterhalb der Wurzeln eines unteren ersten Molaren.
- 18 Perforation einer Wurzel mit Granulationsbildung an der Perforationsstelle.
- 19 Perforation mit Knocheneinschmelzung und teilweiser Entkalkung der Zahnwurzel.
- 20 Nekrose der Septa.
- 21 Durchgepresste Wurzelfüllungsmasse und abgetrennte Wurzelspitze, welche bei einer Apitektomie nicht entfernt wurde.
- 22 Größerer Knochendefekt vom Septum ausgehend mit teilweiser Entkalkung des Zahnes.
- 23 Nekrotische Stelle im Septum.
- 24 Kleine nekrotische Stelle im Kieferknochen.

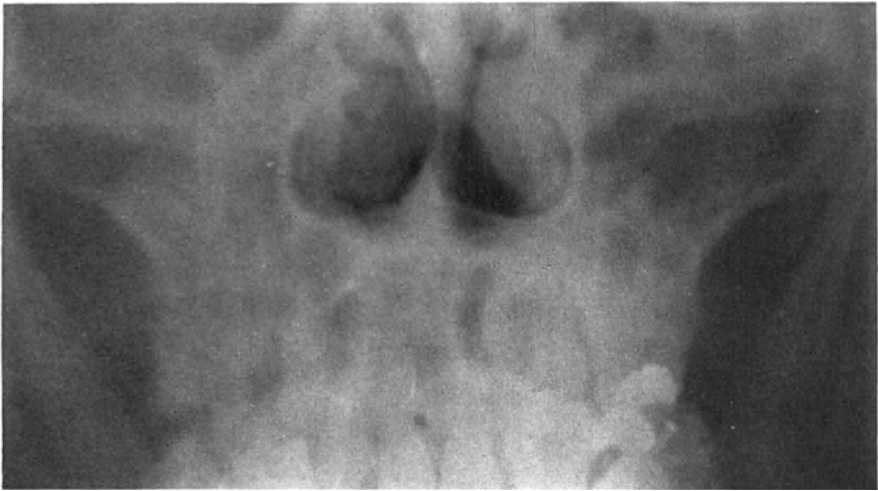
Tafel I.



Tafel II.



Tafel III.



9



10



11



12



13



14



15

Tafel IV.



16



17



18



19



20



21



22

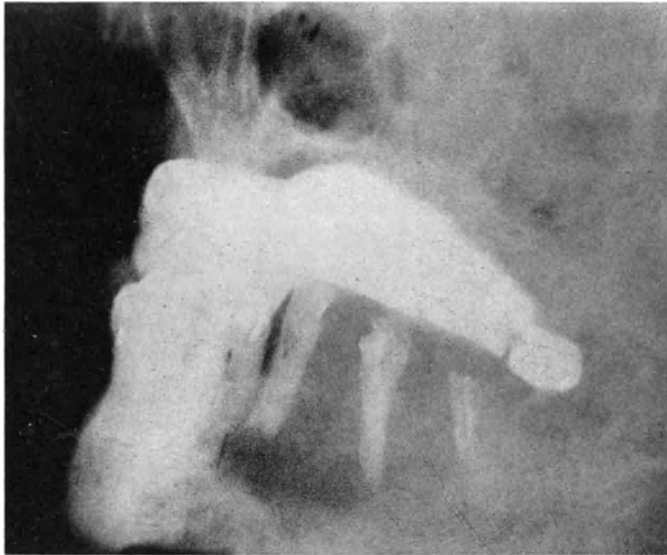


23



24

Tafel V.



25



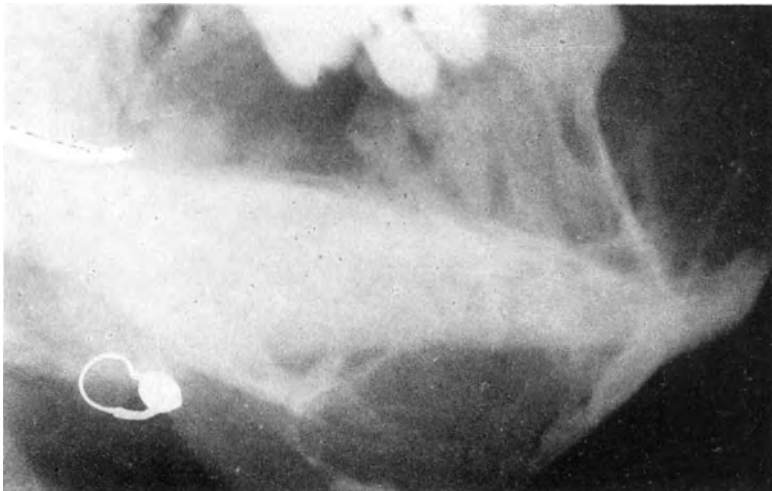
26



27

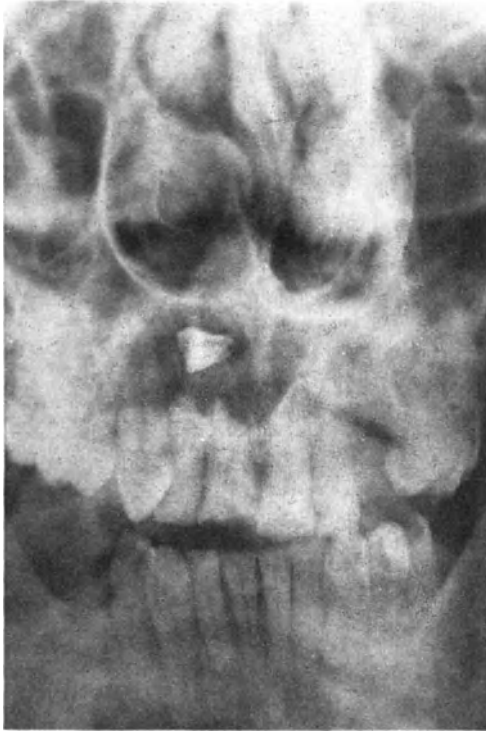


28



29

Tafel VI.



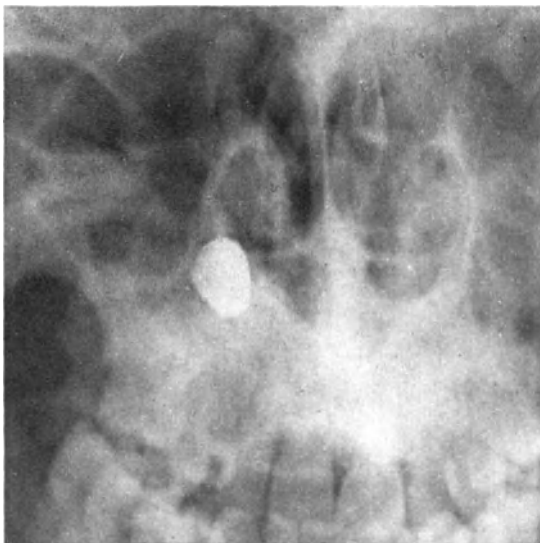
30



32



33



31



34

Tafel VII.



35



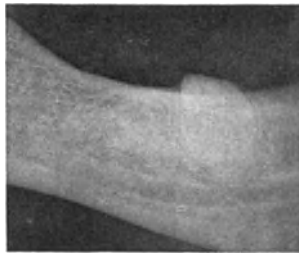
36



37



38



39



40



41



42



43

Tafel VIII.



44



45



46



47



48



49



50

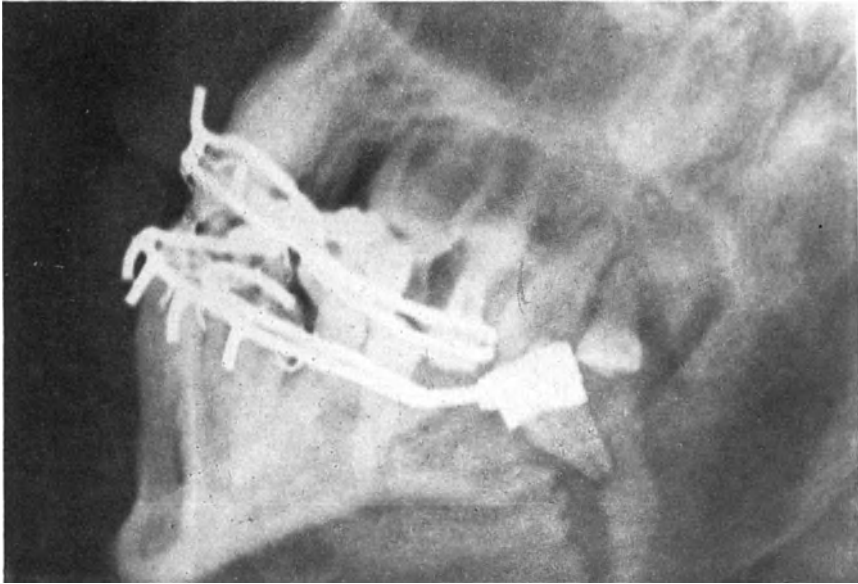


51



52

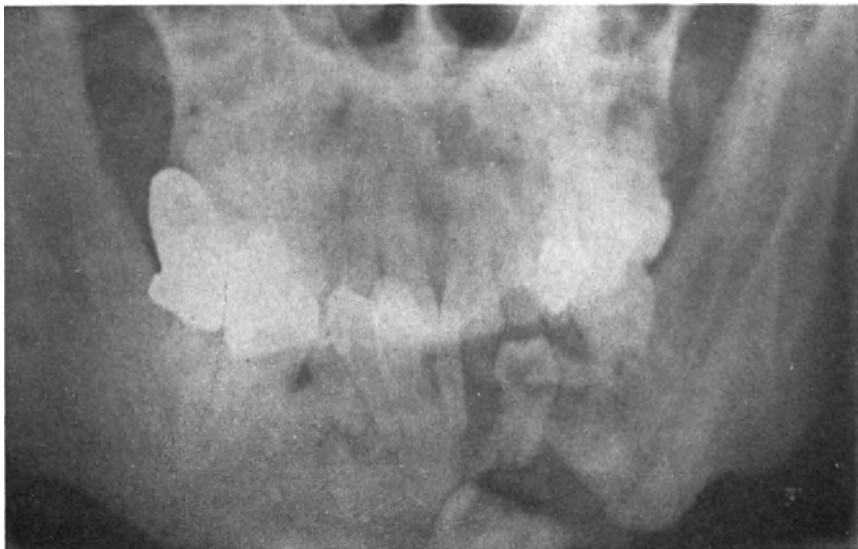
Tafel IX.



53

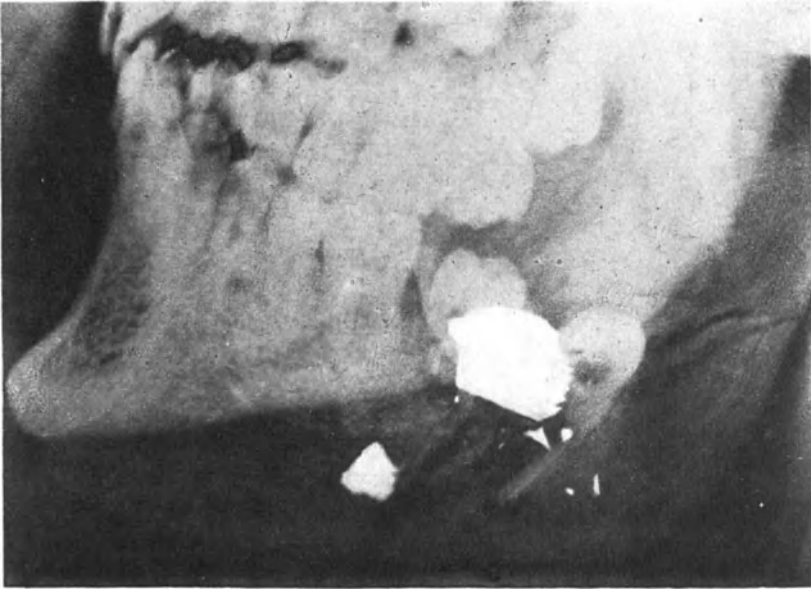


54



55

Tafel X.



56



57

Verzeichnis der Abbildungen.

- 1 Zustandekommen der Induktion Seite 2.
- 2 Induktionserscheinungen 3.
- 3 Längsschnitt durch einen großen Induktor und Kondensator 5.
- 4 Schaltungsweise einer Induktoreinrichtung 6.
- 5 Quecksilber-Hammerunterbrecher 7.
- 6 Apex-Gas-Unterbrecher 10.
- 7 Fahrbarer Röntgenapparat 11.
- 8 Apex-Dentalapparat m. Gasunterbr. 12.
- 9 Schema einer unterbrecherlosen Röntgeneinrichtung 14.
- 10 Geöffneter Idealapparat 15.
- 11 Drehstrom-Gleichstrom-Umformer 16.
- 12 Heliodorapparat 17.
- 13 Dental-Heliodor-Apparat 18.
- 14 Ergos-Apparat 20.
- 15 Gundelach-Momentröhre 21.
- 16 Röntgenröhre mit Rippenkühler 22.
- 17 Röhrenhalter 23.
- 18 Regeneriervorrichtung 24.
- 19 Coolidgeöhre 25.
- 20 Glimmlichtöhre 27.
- 21 Konstruktion eines Ampèremeters 28.
- 22 Konstruktion eines Hitzdrahtinstrumentes 28.
- 23 Blendenstativ nach Jamin 29.
- 24 Blendenstativ nach Lambertz 29.
- 25 Aufnahmetisch 30.
- 26 Wirkungsweise der Blendeneinrichtung 30.
- 27 Zentralprojektion 32.
- 28 Einfluß eines Projektionszentrums vermeindlicher Ausdehnung 33.
- 29 Gerade und schiefe Projektion 33.
- 30 Einstellwinkel nach Dick 34.
- 31 Tasterzirkel nach Dick 35.
- 32 Einstellung bei Zahnaufnahmen im Oberkiefer 36.
- 33 Einstellung bei Zahnaufnahmen im Unterkiefer 37.
- 34 Lagerung bei seitlicher Aufnahme 37.
- 35 Lagerung bei dorsoventraler (occipitofrontaler) Aufnahme 38.
- 36 Härtemesser nach Wehnelt 39.
- 37 Verstellbare Parallelfunkenstrecke 40.
- 38 Durchleuchtungsschirm 42.
- 39 Improvisiertes Gurtkompressorium 45.
- 40 Aufnahmekassette 46.
- 41 Filmhalter 47.
- 42 Spiegelstereoskop 48.
- 43 Beleuchtungskasten für Negative 58.
- 44 Röntgenskizze für seitliche Aufnahme 61.
- 45 Röntgenskizze für dorsoventrale Aufnahme 61.
- 46, 47, 48, 49 Röntgenskizzen 62.
- 50 Projektionsfehler 70.

VERLAG VON J. F. BERGMANN IN MÜNCHEN.

Lehrbuch der Zahnheilkunde von Professor Dr. Port, Direktor des zahnärztlichen Instituts an der Universität Heidelberg, und Professor Dr. Euler, Vorstand des zahnärztlichen Instituts an der Universität Erlangen. Zweite und dritte Auflage herausgegeben von Professor Dr. Euler. Mit 620 teils farbigen Abbildungen. 1920. Gebunden GZ. 32,5

Die Praxis der Zahnextraktion einschließlich der örtlichen Schmerzbetäubung. Kurzgefaßtes Lehrbuch für Zahnärzte, Ärzte und Studierende von o. ö. Professor Dr. B. Mayrhofer, Vorstand des zahnärztlichen Universitätsinstituts in Innsbruck. Mit 62 Abbildungen im Text. Zweite und dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. 1920. Gebunden GZ. 3

Die zahnärztliche Vorprüfung. Repetitorium für Studierende von Professor Dr. Georg Blessing in Heidelberg. Zweite und dritte umgearbeitete Auflage. 1920. GZ. 5

Die westdeutsche Kieferklinik in Düsseldorf und ihre Wirksamkeit. Ein Bericht, erstattet von dem Leiter der Anstalt Professor Dr. Chr. Bruhn. Mit 42 Abbildungen. 1922. GZ. 2

Handbuch der Zahnheilkunde. Unter Mitwirkung von Fachgenossen, herausgegeben von Geh. Med.-Rat Professor Dr. C. Partsch, Breslau; Professor Dr. Chr. Bruhn, Düsseldorf und Professor Dr. G. Kantorowicz, Bonn a. Rh. Erster Band: **Die chirurgischen Erkrankungen der Mundhöhle, der Zähne und Kiefer.** Bearbeitet von Professor Dr. Partsch, Breslau, Professor Dr. Williger, Berlin und Zahnarzt Dr. Hauptmeyer, Essen. Herausgegeben von Professor Dr. C. Partsch. Zweite Auflage im Druck. Erscheint voraussichtlich zu Weihnachten 1923. — Zweiter Band: **Zahnärztliche Orthopädie.** Bearbeitet von Prof. Chr. Bruhn, Düsseldorf und Zahnarzt Dr. Alfred Körbitz, Partenkirchen. Herausgegeben von Professor Dr. Chr. Bruhn, Düsseldorf. — Dritter Band: **Die konservierende Zahnheilkunde.** Herausgegeben von Professor Dr. G. Kantorowicz, Bonn a. Rh. — Vierter Band: **Die zahnärztliche Prothetik.** Herausgegeben von Professor Chr. Bruhn, Düsseldorf.

Die Bände II—IV befinden sich in Vorbereitung und erscheinen voraussichtlich Ende 1923.

Jeder Band bildet ein für sich abgeschlossenes Ganze und ist einzeln käuflich.

Die Grundzahlen (GZ) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.