

Einführung in die
**Balneologie und medizinische
Klimatologie**

(Bäder- und Klimaheilkunde)

von

Dr. med. Heinrich Vogt

Direktor der Reichsanstalt für das deutsche Bäderwesen
o. ö. Professor an der Universität
Breslau

Mit 48 Abbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

ISBN 978-3-662-01399-1 ISBN 978-3-662-01398-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-01398-4

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

**Copyright 1945 bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag OHG. in Berlin 1945**

Vorwort.

Die Bäder- und Klimaheilkunde, die Wärme- und Hydrotherapie, die aktive und passive Bewegungsbehandlung, die naturgebundenen Heilverfahren sowie die der Natur nachgebildeten Heilverfahren (künstliche Strahler, Elektrotherapie) gelangen mehr und mehr zu Ansehen und Übung. Man erkennt, daß diese Verfahren in der Behandlung vieler Krankheiten Gutes leisten, daß sie aber vor allem für die Erhaltung der Gesundheit, in der Konstitutionstherapie, der Erholungsfürsorge, Ertüchtigung der Jugend und Bekämpfung des vorzeitigen Alterns bedeutungsvoll sind. Das Rüstzeug des praktischen Arztes und die klinischen Verfahren bedürfen nicht selten der Ergänzung durch dieses Gebiet. Ärzte und Patienten wenden sich steigend dem Gebiet zu; die natürlichen Heilweisen sind Pflichtfach im Medizinstudium und Examensfach.

Dann müssen aber die angehenden Ärzte und Ärztinnen die Möglichkeit haben, sich in dem Gebiet zu unterrichten. Angesichts der Belastung des Lehrplanes ist ein kurzgefaßtes Lehrbuch erforderlich. Während in allen anderen Fachgebieten brauchbare Lehrbücher vorhanden sind, fehlt hier ein diesen Anforderungen entsprechendes Lehrbuch, das den Bedürfnissen des Unterrichts dienen und in gedrängter Darstellung die notwendige Unterweisung in diesem wichtigen Gebiet geben kann. Viele Ärzte haben zudem das wachsende Bedürfnis, sich in der Materie zu orientieren, da sie zu ihrer Studienzeit einen Unterricht hierin nicht genossen haben. Es ist notwendig, daß das Gebiet von der wissenschaftlichen Medizin her in Angriff genommen und bearbeitet wird.

Im Rahmen dieser Aufgabe steht die vorliegende Einführung in die Balneologie und medizinische Klimatologie, speziell die Bäder- und Klimaheilkunde. Sie soll, so beabsichtigen Herausgeber und Verlag, der erste Band einer Serie sein, welche die anderen mit den naturgemäßen Heilmethoden befaßten Gebiete darstellen wird. Eine naturgemäße Heilmethode ist in erster Linie die Bäder- und Klimaheilkunde, die ja den Menschen der Städte und Industriereviere in die natürliche Landschaft und damit in die Naturverbundenheit bringt und die als zentraltherapeutisches Fach der Medizin sich nur natürlicher Heilmittel bedient.

Ausgehend von den Unterrichtserfahrungen vor den Studierenden der Medizin ist in dem vorliegenden Bändchen der Balneologie und medizinischen Klimatologie von naturwissenschaftlichen Grundlagen, Geologie, Hydrologie, Meteorologie usw. ausgegangen. Es ist nicht möglich, die Wirkungen von Heilwässern und Heilklima darzustellen, ohne über die Naturgeschichte der angewandten Medien wenigstens grundsätzlich zu berichten. Es ist aber vermieden worden, zu weit in diese Gebiete nach der mathematisch-physikalischen Seite einzudringen.

Die Schrift ist aufgebaut auf den in den letzten Jahren erschienenen Gesamtdarstellungen, insbesondere der Balneogeologie (KAMPE und KNETSCH in H. VOGT, Lehrbuch), Chemie und Pharmakologie der Heilwässer (W. ZÖRKEN-DÖRFER und KÜHNAU, ebenda), Bioklimatik (PFLEIDERER und BÜTTNER, ebenda), ferner Moorforschung (BENADE, SOUCI), Klimatik (WEICKMANN, v. FICKER), Bioklimatik (LINKE), Meteoropathologie (DE RUDDER), Klimatotherapie (BACMEISTER, AMELUNG).

Ich hoffe, daß diese Schrift und im weiteren Rahmen die in Aussicht genommene Serie dazu beitragen mögen, den natürlichen Heilmethoden angesichts ihrer großen volksgesundheitlichen Bedeutung noch weiter den Weg zu bereiten.

Breslau, November 1944.

H. VOGT.

Inhaltsverzeichnis.

Balneologie.

	Seite
Einleitung	1
I. Balneogeologie	2
Bau der Erdrinde	2
Herkunft und Gang des Wassers	5
Mineralstoffe. Entstehung der Mineralquellen	7
II. Die Mineralquellen	13
Allgemeiner Teil	13
Bestandteile	13
Definition und Einteilung	15
Analyse	19
Flora und Fauna der Quellen	21
Spezielle Chemie und Pharmakologie der Mineralquellen	23
Akratothermen	23
Kochsalzquellen	25
Meerwasser	26
Salzseen	27
Alkalische, erdige und Sulfatquellen	28
Kohlensäurehaltige Quellen	34
Schwefelquellen	37
Eisenquellen	39
Arsenquellen	41
Mineralquellen mit wichtigen Spurenstoffen	42
Radiumquellen	44
Quellengase und Gasquellen	48
III. Moorbäder	49
Art und Herkunft der Materialien	49
Physikalische Eigenschaften des Moorbades und deren biologische Wirkungen	52
Chemische Eigenschaften des Moorbades und deren biologische Wirkungen	54
IV. Technische Behandlung des natürlichen Heilgutes	57

Medizinische Klimatologie.

Einleitung	62
I. Klimatologie	63
Strahlung (Allgemeines)	63
Sonnenscheindauer	63
Lichtstrahlung	65
Lufthülle	67
Zusammensetzung der Luft	69
Strahlungsminderung im Luftbereich	70
Wärmestrahlung	72
Gesamtstrahlung	75
Luftdruck	75
Feuchtigkeit, Wolken, Nebel, Niederschläge	76
Wind	79
Föhn	82
Luftkörper	83

	Seite
Luftchemismus (chemische Klimatologie)	85
Luftelektrische Verhältnisse	86
Erdstrahlung	87
Meßmethoden	88
Wetter	89
Wetterkarte und Wettervorhersage	94
Klima und Klimaräume	96
Zeitliche Abläufe	100
II. Bioklimatik	102
Wetter, Klima, Leben	102
Wirkung der Lichtstrahlen	104
Wärmewirkung, Wärmehaushalt	107
Abkühlungsgröße	110
Wirkung der Feuchtigkeit	111
Wirkung des Windes	112
Wirkung des Luftdrucks	113
Wirkung der Luftbestandteile	115
Wirkung der Lufterlektrizität	116
Tagesperiodik beim Menschen. „Kosmische“ Rhythmen	117
Wetter, Klima, Krankheit	118
Wärme- und Kälteschäden	118
Erkältung	120
Meteoropathologie	121
Sonneneruptionsrhythmus und Todesfälle	124
Föhnkrankheit	125
Saisonkrankheiten	125
Rachitis und Tetanie	131
Einfluß des Klimas auf die Ausbreitung von Seuchen	132
Klima als Heilfaktor	134
Klimareaktion, Akklimatisation	135
Klimatherapeutische Wandlungen im Organismus	136
Wachstum und Gewicht	136
Verschiedene Organbereiche	137
Seelische Wirkungen	139
III. Künstliches Klima (Klimatisierung)	140

Bäder- und Klimaheilkunde.

Einleitung	143
I. Die Heilkuren	144
Allgemeiner Teil	144
Badekuren	144
Trinkkuren	153
Inhalationskuren	158
Klimakuren	160
Kuren im Hochgebirge	160
Kuren im Mittelgebirge	161
Kuren an der See	162
Sanatorien in Bade- und Kurorten	164
Spezieller Teil	165
Konstitutionelle Therapie	165
Abhärtung. Vorbeugende und erhaltende Therapie	165
Erholung	167
Ertüchtigung der Jugend. Kinderkrankheiten	168
Bekämpfung des vorzeitigen Alterns. Das Verjüngungsproblem. Alterskrankheiten	170
Behandlung einzelner Krankheitszustände	171
Herz- und Kreislaufkrankheiten	171
Rheumatische Krankheiten und Krankheiten des Bewegungsapparates	173
Frauenkrankheiten	178
Erkrankungen von Magen, Darm, Leber, Galle	180
Stoffwechselkrankheiten	184

	Seite
Tuberkulose	189
Katarrhalische Erkrankungen (unspezifisch)	191
Asthma bronchiale und andere Allergosen	192
Thyreotoxikosen	194
Erkrankungen der Harnwege	196
Blutkrankheiten	197
Hautkrankheiten	199
Nervenkrankheiten	200
Chirurgische Erkrankungen (Wundheilung)	203
II. Gesundheitliche Betreuung der Bäder und Kurorte	204
Allgemeine Hygiene	204
Ernährung und Diät	205
Bewegungstherapie, Sport, seelische Betreuung	206
Schrifttum.	
Balneologie, Bäderheilkunde	207
Medizinische Klimatologie, Klimaheilkunde	208
Sachverzeichnis	210

Balneologie.

Einleitung.

Unter Balneologie versteht man die Lehre von den Heilquellen und Mooren und von ihrer Verwendung im Bereich der Medizin zur Behandlung und Heilung von Krankheiten. Das Wort Balneologie bedeutet eigentlich Bäderlehre. Es hat sich aber die Gepflogenheit herausgebildet, unter Balneologie und Balneotherapie die Lehre und Anwendung von den Wässern und Mooren insgesamt zu Bädern, Trink- und Inhalationskuren sowie Packungen mit Moor und Schlamm zu verstehen. In diesem Sinne werden auch hier die Worte Balneologie und Bäderheilkunde gebraucht.

Die Heilquellen sind sogenannte Mineralquellen, sie unterscheiden sich durch ihren Gehalt, durch ihre Temperatur, auch durch die Beschaffenheit ihres Wassers von den gewöhnlichen Süßwässern. Durch ihre auffallenden Eigenschaften (Temperatur, Geruch, Geschmack) haben sie schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Menschen erweckt, von alters her stehen sie im Ruf einer besonderen Bedeutung für die Behandlung von Krankheiten. Es liegen Anzeichen vor, daß die Etrusker etwa 1000 Jahre vor der Gründung Roms die Quellen des heutigen St. Moritz in den Alpen als Kult- und Heilort besucht haben. Seit Jahrtausenden geht eine bis heute ununterbrochene Wallfahrt kranker und Genesung suchender Menschen zu den Stätten, wo Heilquellen entspringen. Moore und Heilschlamme, im Altertum am Schwarzen Meer, später im 9. Jahrhundert von den Arabern in Spanien benutzt, wurden vor hundert Jahren in Franzensbad hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Verwertung neu entdeckt.

Die Bäderlehre fußt also zum Teil auf einem alten, empirisch gebundenen Wissensgut, zum Teil ist ihre Erkenntnis und Ausübung der neueren Wissenschaft zu danken (CO₂-haltige Quellen, Radiumquellen).

Die Wässer durchrinnen, bevor sie an der Quelle zutage treten, den Erdboden. Sie beladen sich dort mit den Stoffen, die sie mitbringen. Ein Teil ihres Gehalts, vor allem die Wärme, zum Teil das Wasser, manche Feinstoffe stammen aus vulkanischen Tiefen der Erde: so stellen die Mineralquellen nicht selten eine einzigartige enge und ständige Verbindung zwischen den vulkanischen Tiefen der Erde und der Außenwelt her und vermitteln uns Kräfte, die sonst in keiner Weise für uns erreichbar sind.

Wir bewerten und verwerten die Mineralquellen als Heilquellen. Nicht jede Mineralquelle ist von vornherein eine Heilquelle. Die Wissenschaft hat Art und Menge der Stoffe, die den Wässern den Charakter von Heilquellen geben, erforscht; die heutige Systematik und Namengebung ist so aufgebaut, daß die Inhalte, die wir bei einer Mineralquelle sozusagen verlangen, auch einen biologischen Effekt bedeuten. Insofern ist eine Mineralquelle meist auch eine Heilquelle. Strenggenommen kann nur das biologische Experiment und die klinische Erfahrung feststellen, ob eine Mineralquelle auch den Wert eines Heilwassers besitzt.

Die Balneologie hat enge Berührung mit einer Reihe naturwissenschaftlicher Disziplinen, Geologie, Hydrologie, Chemie und Physik. Im Bereich der Medizin ist die Bäderheilkunde eine zentraltherapeutische Disziplin. Sie bewegt sich im Bereich der physikalischen Therapie und fußt zum Teil auf der Wärme- und Hydrotherapie. Sie hat besonders bei den Trinkkuren und Inhalationskuren nahe Beziehungen zur Pharmakologie und allgemein zahlreiche solche zu den klinischen Fächern. Sie stellt im Bereich der naturnahen Medizin ebenso wie die Klimatologie dasjenige Gebiet dar, das am meisten diesem Namen gerecht wird, da sie sich der natürlichen Heilschätze, nicht aber künstlicher Verfahren und Nachahmungen (künstliche Strahler, Biosalze, künstliche Gasbäder) bedient. In des Wortes vollster Bedeutung vermittelt sie die Naturnähe, ihre Übung und Nutzung ist an die Stätten, wo die Quellen entspringen, gebunden. Sie versetzt die Menschen der Städte und Industriereviere zum Zwecke ihrer gesundheitlichen Betreuung in die Landschaft und vermittelt ihnen die unmittelbare Wirkung der Kräfte der Natur.

Abgesehen von den wertvollen Hilfsmitteln in der Behandlung organischer Krankheiten liegt ihre Bedeutung vor allem in der Wirkung auf den ganzen Menschen, in der Umstimmung und damit auf dem Gebiet der konstitutionellen Therapie, der vorbeugenden und erhaltenden Behandlung, der Ertüchtigung der Jugend, Abhärtung und Erholung, der Behandlung der Prä morbiden und der Bekämpfung des vorzeitigen Alterns. Nicht die akuten, sondern die chronischen und subchronischen Zustände, die einer Wandlung des Menschen bedürfen, sind ihr Gebiet. So hat sie auch für die Seuchenbekämpfung (Bäderbehandlung des Rheumatismus, Klimatotherapie der Tuberkulose) große Bedeutung. Ihr volksgesundheitlicher Wert ist daher ein sehr großer.

Dem Arzt stellt sie besondere Aufgaben. Es ist für den Hausarzt und Kliniker gleich wichtig, Kenntnis von den natürlichen Heilgütern und ihrer Wirksamkeit zu haben, um zur richtigen Zeit den richtigen Kranken in das richtige Bad zu schicken, wenn die Hilfsmittel der Praxis und der Klinik dieser Ergänzung bedürfen. Der Arzt, der im Bade- und Kurort selbst wirkt, kann nur durch die an seiner eigenen Seele und seinem eigenen Körper erfahrene Naturverbundenheit seinen Kranken der wahre Führer und Betreuer in den unausschöpfbaren Werten des natürlichen Heilgutes sein.

I. Balneogeologie.

Bau der Erdrinde.

Die Erde, ursprünglich ein feuerflüssiger rotierender Ball, verlor durch die Abstrahlung einen Teil ihrer Wärme; durch diesen Temperaturverlust trat an der Oberfläche eine Erstarrung der flüssigen Materie ein, die zur Bildung einer Kruste und in der weiteren Folge zur Entwicklung der festen Erdschale führte. Der Erdaufbau zeigt außen den Steinmantel (Dicke 30—50 km), dann nach innen die flüssigen Schmelzschalen und zu innerst den Erdkern von hoher Dichte, gasförmig, mit einer errechneten Temperatur von ca. 8000° C; er besteht größtenteils wahrscheinlich aus Wasserstoff H (etwa 30%), ferner sind Anteile von O, Si, Mg, Fe vorhanden (MUCK). Die Materien haben sich bei der Erkaltung (GOLDSCHMIDT) ebenso verhalten, wie wir dies in der Metallschmelze sehen, d. h. nach ihrem spezifischen Gewicht gesondert. So ergab sich erstmalig bei der Erstarrung (Bildung der Erstarrungsgesteine) eine Schichtung. Wir sehen dies am Befund des Erdkörpers bestätigt, wo oben Kieselsäure-, Magnesium- und Aluminiumverbindungen sich finden, diesen in den Schmelzschalen Metalloxyde, -sulfide und -carbide, dann die Nickeleisenverbindungen folgen.

In der erstarrten Erdrinde erfolgten aber weiterhin gewaltige Umsetzungen und Veränderungen. So wurden in der Rinde durch Störungen des Erstarrungsprozesses lokale Magmareste eingeschlossen, die die Ursache des heute noch tätigen Vulkanismus sind. In der Peripherie sollten die Gesteinsschichten eigentlich ihrer Entstehung entsprechend in horizontalen Schichten liegen. Indessen erfolgten durch das Leben und Atmen der Erde Umsetzungen und Veränderungen tiefgreifendster Art, Bewegungen und Faltungen der Erdkruste, Einknickungen und Bruchschollenbildungen, Verschiebungen und Auftürmen großer Schichtpakete des Gesteins zu gewaltigen Bergmassen. So finden wir

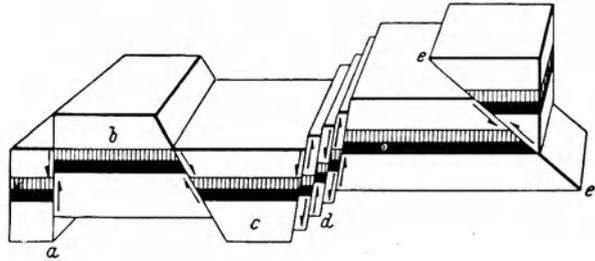


Abb. 1. Schema von Brüchen und Verwerfungen, man sieht die Verschiebung der Schichtfolgen. (Nach KAMPE und KNETSCH.)

nicht mehr die Schichten in ihrer ursprünglichen Anschichtung fortlaufend vor. Einzelne Teile der Erdkruste können herausgebrochen und weit von ihrem Ursprung disloziert sein. An anderen Stellen hat die Schichtenfolge eine völlig andere Richtung eingenommen. Im Modell (Abb. 1) sehen wir diese Vorgänge veranschaulicht. Man sieht das Resultat, das sich aus dem Kampfe der verschiedenen Kräfte, Druck und Widerstand ergibt. Die Verlagerung einzelner Schollen ist dadurch möglich, daß Bruchstellen in der Erdrinde sich bilden; Spalten werden aufgerissen und die Schollen nebeneinander und übereinander in mannigfaltiger Weise verschoben. So entstehen die für die Heilquellen so wichtigen Sprünge, Brüche, Verwerfungen. Wir sehen aus einer der Natur entnommenen photographischen Abbildung (Abb. 2), wie sich in der Tat genau den Verhältnissen des Modells entsprechend die Verschiebungen vollziehen und wie zwischen den verschobenen Partien Stellen verminderten Widerstandes in Form von Rissen und Kanälen die Erdrinde durchziehen. Es ist klar, daß diese Bruchstellen sich vor allem an den Rändern der Gebirge finden; denn die Gebirge sind ja durch die vulkanischen Kräfte in die Höhe getürmte Bruchschollen der Erdrinde.



Abb. 2. Verwerfung im Schichtgestein, der rechte Flügel ist abgesunken, man sieht die Bruchlinie. (Nach KAMPE und KNETSCH.)

Durch die entstehenden Brüche und Risse aber finden Wasser und Gase aus dem Erdinnern nach oben ihren Weg und so sehen wir an den Rändern der Ge-

birge, wie eine Karte der deutschen Landschaft ohne weiteres erkennen läßt, im Wesergebirge, im Taunus, in Schlesien, im Sudetenland, die Quellen oft wie Perlen aneinandergereiht. Große flache Tafelländer wie die Norddeutsche Tiefebene oder die osteuropäischen Ebenen haben keine Quellen. Hier sind, wie die Gestaltung der Landschaft zeigt, eben jene Wandlungen, die die Erdrinde veränderten und den Quellen ihren Weg gaben, unterblieben.

Aber nicht nur von innen, auch von außen wurde die Erdrinde gebildet. Schon die erste Oberfläche (KAMPE) war nicht glatt. Die Absatzbildung in der ersten Erstarrung führte bereits durch ungleiche Wärmezustände, durch das Zäherwerden der Massen und die Verhinderung des Absinkens der schweren Teile zu einer unregelmäßigen Lagerung. In den Mulden und zwischen den Schollen sammelten sich die Wassermassen. Es war die erste Ansammlung des aus der Atmosphäre kondensierten Wassers und damit der Beginn des Kreislaufs des Wassers. Damit aber setzte ein Faktor ein, der wiederum die Oberfläche umgestaltete. Das freiliegende Gestein verwittert und der Abbau durch die Wassermassen beginnt. Die letzteren transportieren die Verwitterungsprodukte talabwärts, Winde, Wärme und Kälte lockern das Gestein und immer neue Massen werden nach unten transportiert. Zu der physikalischen tritt die chemische Verwitterung durch das Eindringen von Wasser in wasserfreie Mineralien, Anhydrit wird zu Gips usw. Durch die nun folgende Abtragung des Gesteins der Gebirgsmassen kommen immer neue Gesteine zum Vorschein. Der Sauerstoff der Luft dringt in sie ein und oxydiert die Verbindungen, z. B. die Sulfide zu Sulfaten. In den Ozeanen und Seen bilden sich aus den herabtransportierten Massen gewaltige Ablagerungen (Sedimente). Auch hier erfolgt die Ablagerung in Form von Schichten, z. B. in den Salzlagern, die als chemische Sedimente in den Salzseen entstanden. Die Reihenfolge der Schichten entspricht ihrer Löslichkeit. Zu alledem kommen dann auf der Oberfläche der Erde bei der Bildung der Ablagerungen die Produkte pflanzlichen und tierischen Lebens und die Einflüsse des Klimas. Alle diese Faktoren wirken durcheinander. Auf die überlagerten Gebilde wirkt von unten der Vulkanismus umlagernd und störend ein. So erklären sich die vielfachen und gewaltigen Umkehrungen und Versetzungen in der Reihenfolge und Aneinanderlagerung der Steine und der Schichten, wie sie uns heute die Erdrinde darbietet (KAMPE).

Die ganze Entwicklung dieses Werdeprozesses erstreckt sich über unvorstellbar lange Zeiträume. Die erdgeschichtliche Zeittabelle unterscheidet eine Erdvorzeit, der das Erdaltertum folgt (Cambrium, Silur, Devon, Carbon, Perm), dann das Erdmittelalter mit Trias, Jura und Kreide und schließlich die Erdneuzeit (Tertiär, Quartär, Diluvium), mit dem noch heute geltenden Alluvium. Die für unsere heutige Beurteilung wichtigsten Umgestaltungen der Erdrinde haben im Tertiär stattgefunden: In diese Zeit fällt die Entstehung der Gebirge, die wir heute vor uns sehen (Alpen, Seitentäler des Rheins usw.); in dieser Zeit sind also auch die Randbrüche der Gebirge entstanden, an denen die Mineralquellen zutage treten (Wiener Thermenlinie am Rand der Ostalpen, Bäder am Rand des Taunus von Wiesbaden bis Nauheim, sudetendeutsche Quellenlinie usw.). Im Silur (PФАННКУСН) treten die ersten Fische, im Devon die ersten Farne und Schachtelhalme auf. Vom Carbon bis zum Jura herrschen die Amphibien, bis zur Kreide die Reptilien. Die Säugetiere beginnen erst in der oberen Kreide. Das Erdaltertum läßt man mit etwa 500 Millionen Jahren vor dem heutigen Zeitpunkt beginnen. Das Alluvium mit den die Erdneuzeit bildenden Perioden wird mit etwa 50 Millionen Jahren angesetzt.

Herkunft und Gang des Wassers.

„Quellen sind die natürlichen Ausflüsse des unterirdischen Wassers auf die Oberfläche der Erde“ (PRINZ). Das Wasser der Quellen entstammt entweder dem atmosphärischen Kreislauf (*vadoses Wasser*), oder es ist neugebildetes, aus den vulkanischen Tiefen der Erde kommendes Wasser (*juveniles Wasser*).

In dem von der Sonne gelenkten atmosphärischen Kreislauf verdunstet das Wasser an der Oberfläche der Erde, Flüsse, Teiche, Meere, je südlicher, desto mehr, und zieht als Wasserdampf der Atmosphäre und in den Wolken fort, um als Niederschlag (Regen, Schnee) zur Erde zurückzukehren. Das niedergefallene Wasser versickert in der Erde, es füllt schließlich die Hohlräume des Untergrundes. Als sogenanntes *Grundwasser* durchfließt es in den wasserführenden Schichten die Porenräume zwischen den Gesteinsteilen (Kies, Sand usw.); es wird dabei vielfach durch wasserundurchlässige Schichten (massives Gestein, Lehm, Ton) gestaut und abgelenkt. Das Grundwasser in der festen Erde überwiegt die Masse des offenen Wassers (KÖHNE). Das Grundwasser kann einen freien Spiegel besitzen, oder es kann zwischen undurchlässigen Schichten eingeschlossen, gespannt sein. Wasser kann sich unterirdisch aber auch in weiten Klüften des Erdinneren in *unterirdischen Wasserläufen* bewegen. Die Speisung der unterirdischen Gewässer erfolgt jeweils aus einem bestimmten *Einzugsgebiet* der fallenden Niederschläge; je höher die Niederschlagsmenge und je größer das Einzugsgebiet, desto reicher fließen die Quellen.

Aus dem feuerflüssigen, langsam erstarrenden Tiefengestein im Erdinneren steigt als verdichtetes Entgasungsprodukt das *juvenile Wasser* auf. Es handelt sich hier um neu entstandenes, noch nicht umweltberührtes Wasser, es spielt in den Mineralquellen, vor allem in den natürlich warmen (Thermen) eine Rolle. An der fortschreitenden Abkühlung der Erde (SCHOBER) haben auch die in der Tiefe liegenden magmatischen feuerflüssigen Massen Anteil. Der Wärmeverlust des Magmas vermindert dessen Aufnahmefähigkeit für Gase, sie entweichen und dringen nach außen der Erdkruste zu. Dieses Entweichen kann stoßartig erfolgen, wenn die Gase eingesperrt sind und sich durch Gegendruck befreien (Vulkanausbruch) oder es kann auf ruhigem Wege erfolgen dadurch, daß die Gase in den Spalten des Gesteins nach oben wandern. Der Natur nach handelt es sich dabei in erster Linie um Wasserstoff. Dieser oxydiert auf seinem Wege zu Wasserdampf, der mehr und mehr nach oben steigend sich durch Abkühlung zu Wasser verflüssigt und als Warmwasser die Oberfläche erreicht (BEAUMONT, SÜSS, SCHOBER). Noch deutlicher wird der Zusammenhang mit dem Vulkanismus, wenn der Wasserdampf noch als solcher ausgehaucht wird. Man spricht dann von Fumarolen. Nicht selten ist der Wasserdampf dann noch von anderen Gasen begleitet. Man nennt das Solfatare. Die Übergänge sind fließend. Die betreffenden Gase (RITTMANN) sind vor allem Schwefelwasserstoff, Kohlendioxyd, Kohlenoxyd, Chlor. Das CO_2 hält am längsten aus und ist deshalb die letzte Lebensäußerung erkaltender Magmaherde (WOLLMANN). Die Thermen sind also rudimentäre Vulkane, die nur noch die Fähigkeit haben, gasförmige Aushauchungen auszustoßen, die eben nach Wandlung das juvenile Wasser bilden. Eine Thermalquelle kann natürlich durch besondere Verhältnisse schließlich nahe der Oberfläche erheblich oder ganz abgekühlt werden, mit vadosem Wasser sich vermischen und dann als laue oder kalte Quelle erscheinen.

In vielen Fällen fließt das vadoso Wasser aus dem Einzugsgebiet in den Schichten der Erde abwärts zum Quellenort. Wir haben dann eine *absteigende Quelle* vor uns (Abb. 3 und 4). An Talrändern, wo einfallende, wasserführende Schichten (womöglich über wasserundurchlässigen) erscheinen, sind die Verhältnisse für die Quellbildung besonders günstig. Aus abfallenden Schichten treten

keine Quellen aus (Abb. 3c). Die Lagerungsverhältnisse der Bodenschichten sind wichtig. Ähnlich erfolgt bei den sogenannten *Überlaufquellen* teils absteigend, teils aufsteigend der Ausfluß.

Bei den *aufsteigenden Quellen* (die Mehrzahl der Mineralquellen sind aufsteigende Quellen) kann das Wasser entweder durch Niveaudifferenz zwischen Einzugsgebiet und Quellort hochsteigen (artesische Brunnen). Alle diese Quellen müssen im aufsteigenden Teil einen abgedichteten Weg, Quellenschlot, besitzen. Das Aufsteigen einer Quelle kann aber auch durch Wasserdampf oder periodischen Gasausbruch (Geiser) und durch Vermischung mit Gasen (gasführende Quellen) verursacht sein.

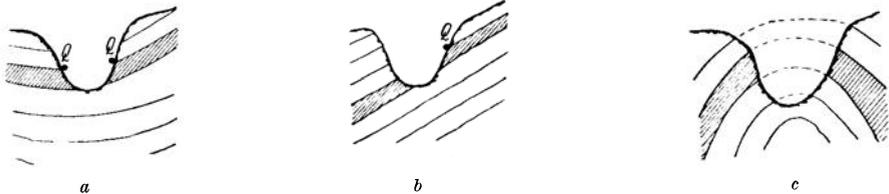


Abb. 3. Schichten an Talrändern mit doppelseitig a und einseitig b einfallenden Schichten, wo Quellen Q austreten. c Quellenloses Tal mit beidseitig abfallenden Schichten (Nach PRINZ und KAMPE.)

Bei den *gasführenden Quellen*, zu denen viele Mineralquellen gehören, vor allem bei kohlenensäurehaltigen Quellen, handelt es sich darum, daß ein Gemisch von Gasblasen und Wasser im Quellenschlot aufsteigt. Das spezifische Gewicht dieses Gemisches ist kleiner als das des Wassers, wodurch sich der statische Druck der Flüssigkeitssäule vermindert; dadurch erfolgt eine Druckabnahme und der Aufstieg des Wassers. Manche Quellen fließen nicht konstant,

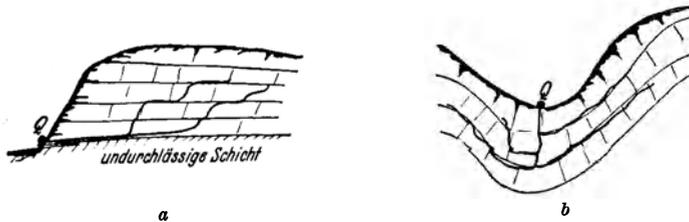


Abb. 4. Absteigende a und aufsteigende b Quelle. (Nach PRINZ und KAMPE.)

sondern diskontinuierlich, auch rhythmisch. Die Ursache kann in heberartigen Vorgängen liegen. *Moorquellen* sind Abflüsse von meist größeren Moorlagern (s. S. 52).

Nicht selten treten Quellen nicht einzeln, sondern in Gruppen aus. Nahe beieinanderliegende gehören meist zu demselben Gebiete, so daß sie sich in Qualität und Temperatur kaum voneinander unterscheiden, sogenannte *Quellensysteme* (Aachen). Der Zusammenhang solcher Quellen zeigt sich manchmal darin, daß sie untereinander vikariieren, wenn die eine zunimmt, nimmt die andere ab. Es gibt auch Systeme (Marienbad), deren einzelne Quellen weitgehend voneinander verschieden sind. Im weiteren Sinne gehören die Quellen einer Quelllinie am Verwerfungsrand eines Gebirges zu einem System, auch ohne daß sie untereinander ähnlich sind (Wiener Thermenlinie).

Von großer praktischer Bedeutung ist das Verhältnis der Mineralquellen zu dem benachbarten Grundwassergebiet. Die aufsteigenden Quellen durchdringen meist, bevor sie die Oberfläche erreichen, Schotter oder eine andere Formation, die von Grundwasser gespeist wird. Kommunizieren die Systeme, so kann eine

Verdünnung des Mineralwassers durch Bodenwasser oder eine Abgabe, also ein Verlust der Quelle an das Grundwasser eintreten. Seitenspalten stellen vielfach die Vermittlung her. Reinliche Scheidung ist eine oft schwierige Aufgabe der Technik. Wenn Mineralquellen nicht öfter, als es der Fall ist, mit Grundwasser zusammenhängen, so kommt das daher, daß die Mineralquellen vielfach durch Ablagerung und Sinterbildung sich selbst gegen die Umgebung abdichten (KAMPE).

Mineralquellen sind ein kostbares Naturgut, sie bedürfen daher des *Schutzes*. Veränderungen im Einzugsgebiet können den Wasserzulauf, Bergbau die Gasführung oder Quellader, Grabungen die Qualität der Quelle gefährden. Man hat daher vielenorts *Quellenschutzgesetze* erlassen, die Schürfung, Bergbau, Grabungen, auch größere Bauten im Umkreis des Quellgebietes verbieten oder einschränken. Die geschützten Bezirke sind sehr verschieden groß, je nachdem sie sich auf den Schutz des Einzugsgebietes oder nur auf die unmittelbare Nähe der Quelle (größere Bauten) beziehen.

Mineralstoffe, Entstehung der Mineralquellen.

Die Mineralquellen durchrinnen in ihrem Verlauf die Erdrinde, bis sie an der Oberfläche zutage treten. Auf diesem Wege nehmen sie aus dem sie umgebenden Gestein die Stoffe auf, die sie mitbringen, soweit diese nicht „juvenilen“ (s. S. 5) Ursprunges sind. Aus der Beschaffenheit der Quelle können wir also bis zu einem gewissen Grade Schlüsse auf ihre Herkunft und die Art des durchlaufenen Gesteins ziehen. Die Erdrinde wird zu 99,51% von folgenden 12 Elementen¹ gebildet: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, H, Ti, Cl, P. Weitere 12 Elemente bilden 0,45% und noch weitere 12 0,04%, so daß insgesamt 99,99% der Erdrinde von 36 Elementen der uns bisher bekannten 90 eingenommen werden, während die restlichen 54 Elemente nur 0,01% der Erdrinde ausmachen (СОУСІ). In der Erdrinde herrschen die Stoffe mit niedrigem Atomgewicht vor. Verwandte Stoffe sind vielfach zusammengelagert. Die hauptsächlich die Erdrinde bildenden Elemente sind die sogenannten einfachen oder plastischen Elemente, die wir demnach auch als die hauptsächlichliche Grundlage, sozusagen als das mineralische Gerüst in allen Heilquellen vorfinden.

Bestimmte Mineralien kommen an manchen Stellen gehäuft vor in sogenannten Schichtpaketen (WALTER) in Salzlagern, Erzgängen: Mineralquellen, die solche Gegenden passieren, müssen sich mit diesen Stoffen besonders anreichern, die dann, besonders wenn die Löslichkeitsverhältnisse günstig sind, als vorwiegende Stoffe in den Quellen erscheinen (Abb. 5).

Außerdem aber ist mit dem Gesetz der Allgegenwart der Elemente in der Erdrinde zu rechnen. Die gewaltige Durchmischung in den Aufbauperioden des Erdkörpers hat eine ubiquitäre Verteilung der Stoffe herbeigeführt. Jedes Gestein der Erde enthält mindestens 0,02% Al und 0,025% Fe (NODDACK u. a.). Aber auch seltene Stoffe sind dispers in der Erdrinde verteilt. So ist es verständlich, daß die Mineralquellen stets größere Mengen auch der feinverteilten Stoffe mitbringen. Von den bekannten 90 Elementen sind bisher 57 in Mineralquellen nachgewiesen, in einzelnen Quellen (Wiesbaden, Vichy u. a.) mehr als 30. Entsprechend den Verhältnissen im Gestein sind manche dieser Stoffe nur in kleinen und kleinsten Mengen (Fein- oder Spurenstoffe) in den Quellen vorhanden. Die Quellen haben durch besondere Eigenschaften, ihre höhere Temperatur, den Gehalt an CO₂ nicht selten ein erhöhtes Lösungsvermögen. Das Gestein erleidet durch Druck und Temperatur im Erdinnern Veränderungen, die die Lösungs-

¹ Im folgenden werden die Elemente stets nur mit ihren Symbolen bezeichnet, siehe Tabelle 1.

werte beeinflussen, manchmal erhöhen. Natürlich werden auch Gase bei diesem Gang der Gewässer aufgenommen. Auch ein Austausch von Bestandteilen findet zwischen Wasser und Umgebung statt, sogenannte Metasomatose (KAMPE).

Das NaCl (Kochsalz- und Solquellen) entstammt den großen Steinsalzlager, die sich in Verbindung mit Kalisalzen, z. B. in Norddeutschland, in Tiefen von 1000 m und mehr vorfinden (KEILHACK). Durch die Bewegung der Erdrinde sind diese Salzlager stellenweise bedeutend gehoben. Dadurch kommen sie in den Bereich des Grundwassers und werden ausgelaugt. Salz finden wir aber außerdem in Salzhorsten und Salzsätteln (Rumänien), ferner in Bruchlinien, in die es durch die unterirdischen Verlagerungen gepreßt ist.

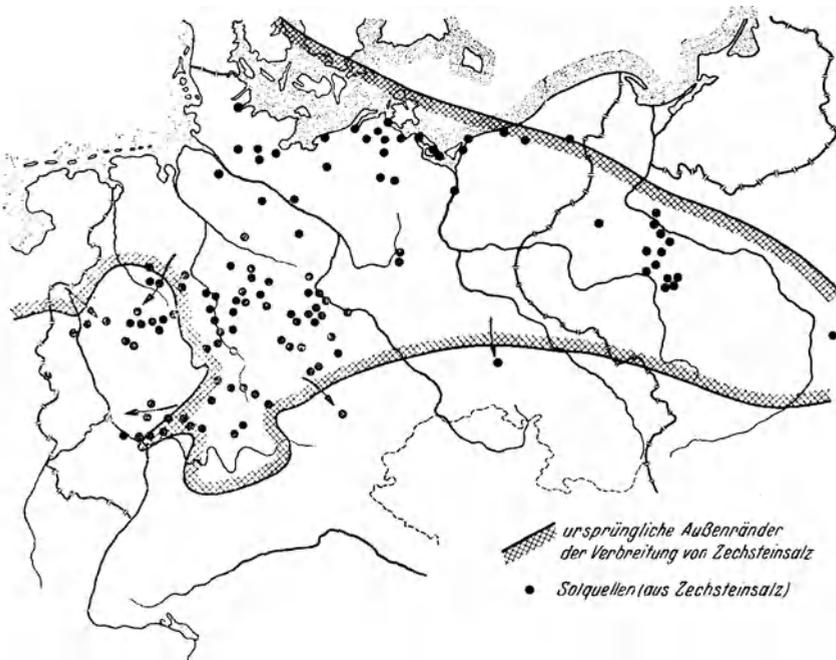


Abb. 5. Die Kochsalz- und Solquellen entspringen über den Salzlager des Zechsteinmeeres.
(Aus KAMPE und KNETSCH nach LOTZE.)

Die zutage tretenden Solquellen Deutschlands sind ein oberflächliches Spiegelbild der darunterliegenden ausgedehnten Salzlager (KEILHACK), s. Abb. 5. Cl, HCl, F und FH können auch juveniler Herkunft sein.

Kalksteine sind massenhaft im Boden ehemaliger Meere ausgeschieden worden. Manche Quellen, welche größere Mengen von Ca enthalten, kann man von dem durchwanderten Kalkstein ableiten (Silurkalk in Baden und Thüringen, Zechsteinkalk in Mittelddeutschland usw.), bei anderen Quellen (Karlsbad) stammt der Kalk aus dem Magma.

Das Mg findet sich weniger in Quellen, da (KAMPE) aus Gesteinen, die Mg und Ca enthalten, das Ca leichter in Lösung geht. Reine Mg-Quellen sind daher selten. Viel Mg enthalten die Quellen aus Serpentin (Marienbad). Das Bittersalz ($MgSO_4$) stammt aus der wechselseitigen Wirkung von Ca-Sulfat und Mg-Carbonat, Bittersalzquellen kommen daher nicht selten aus dem Muschelkalk (der viel Gips und Dolomit enthält).

Fe, ein in den Mineralquellen sehr häufiger Bestandteil, entstammt größtenteils dem Magma, dann aber aus den überall verbreiteten eisenhaltigen Silicaten. Es ist weitverbreitet in der Erdkrinde, neigt (BERG) zu Verwitterungsprozessen und Wanderungen und kennt keine landschaftliche Bindung. So sehen wir auch eisenhaltige Quellen über alle Gebiete der Länder verstreut.

Mn findet sich meist nur in der äußeren Schicht der Erdkrinde (KAMPE). Al tritt trotz seiner großen Verbreitung nur selten und in geringer Menge in den Quellen auf. Das kommt daher, daß es nur in Quellen enthalten ist, die keine HCO_3 und keine HPO_3 enthalten, was selten vorkommt.

Die Schwefelquellen beziehen ihre wichtigen Bestandteile zum Teil aus dem Gips der Salzlagerstätten (süddeutsche und thüringische Schwefelquellen, Slowakei). In anderen Gebieten (Westdeutschland) finden wir Gips und an bituminösen Bestandteilen reiche Lager an Kalk, Schiefer und Mergel. Hier können sich durch Umsetzungen aus Schwefelcalcium und Kohlensäure Schwefelwasserstoffe bilden. Andere Schwefelquellen (Aachen, Schlesien, Budapest) beziehen ihren S aus tiefen magmatischen Bezirken. Im Bereiche des noch tätigen Vulkanismus (Japan) erscheinen Quellen, die freie H_2SO_4 führen.

Bei P, Sr und Ba hat man Anhaltspunkte für die Entstehung aus Gestein, Li, Si, Bo und andere Spurenstoffe sind zum Teil juveniler Herkunft. J stammt meist aus Gestein mit organischen Bestandteilen. Man kann es als Nebenprodukt der Erdölbildung bezeichnen, Jodquellen sind oft Petroleumlagern benachbart (Rumänien). Bei geringer Konzentration hat es weite Verbreitung.

Von den Gasen, die sich in den Mineralquellen finden, haben besondere Bedeutung CO_2 , SH_2 und Radon. Aus den oberen Bodenschichten und der Atmosphäre können O, SH, N in geringer Menge in die Quellwässer gelangen. Gase sind gleichfalls zum Teil juvenil (s. S. 5).

Wir haben in Deutschland große Gebiete erkaltenden Vulkanismus vor uns (Eifel, Wesergebirge, Rheinisches Gebirge). Erst werden starke Säuren ausgeschieden (Schwefelsäure, Salzsäure), dann schwächere, Borsäure, SH_2 und zuletzt CO_2 . In verschiedenen Stadien kann man diesen Prozeß verfolgen, die früheren Stadien vor allem in Japan (WOLLMANN), die späteren in Europa an den noch tätigen Solfataren des Vesuv, den ausgekühlten des Sudetenlandes bis zu den Exhalationsherden und CO_2 -Quellen des westlichen und nordwestlichen Deutschland. In Japan konnte WOLLMANN an den zahlreichen heißen Quellen sowie an den Gasaushauchungen, die an den Seitenaustritten der großen Vulkane zutage treten, den Zusammenhang des Vulkanismus mit den Heilquellen eingehend studieren. In den zahlreichen Fumarolen treten die juvenilen Bestandteile deutlich zutage: Als juvenil konnten festgestellt werden: H_2O , HCl, H_2S , H_2 , CO, CO_2 , Cl_2 , F_2 , HF_2 und SiF_4 . Tritt Luft hinzu, so kann gebildet werden N_2 , A, SO_2 , SO_3 und schließlich freier S. Solange die Fumarolen noch sehr heiß sind, herrschen Chloride und insbesondere die Salzsäure vor. Sinkt aber die Temperatur unter 650° , so wird die Chlorgruppe immer mehr von den Schwefelverbindungen, insbesondere Schwefelwasserstoff, verdrängt. Es nehmen deshalb die Sulfate der Alkalien und des Calciums dann zu. Bei weiterem Absinken der Temperatur zersetzt die Schwefelsäure das Gestein, so daß nunmehr S, ferner Arsen- und Eisenschwefelverbindungen entstehen. Das Kohlendioxyd (CO_2) ist zwar beständiger Begleiter nicht nur in den Solfataren, sondern auch in den Fumarolen in allen Stadien. In den höheren tritt es wegen des Vorhandenseins der genannten zahlreichen anderen Glieder mehr zurück, hält aber am längsten aus und ist deshalb die letzte Lebensäußerung erkaltender Magmaherde. So wird die Tatsache verständlich, daß Japan außerordentlich reich an Eisen-, Vitriol-, Alaunquellen mit teilweiser Übersättigung an freier Schwefel-

säure und freier Salzsäure, ebenso reich an eigentlichen Schwefelquellen ist, dagegen arm an CO₂-Quellen. Der Endzustand der reinen CO₂-Exhalationen, den Japan auf Grund des Zustandes des dortigen Vulkanismus fast noch nirgends erreicht, herrscht in Europa, wo die Erhaltung der Vulkane viel weiter fortgeschritten ist, vor. Der Gehalt an CO₂ gibt unseren Quellen weiterhin ein großes Lösungsvermögen, sein Fehlen setzt das Lösungsvermögen der Wasser herab. So erklärt es sich, daß die japanischen Quellen auffallend mineralarm, unsere auffallend mineralreich sind. Nicht nur die Wässer, die durch den Boden rinnen, beladen sich mit CO₂, außerdem steigt diese frei aus Spalten hoch und bildet die Kohlen säuregasquellen (Pyrmont, Kudowa, Marienbad usw.). Die Mengen, die im Boden für diese Bildung von CO₂ aus den erkalteten Magmen zur Verfügung stehen, sind außerordentlich groß.

Tabelle 1. Vorkommen der Elemente im Pflanzen- und Tierreich („Analytischer Nachweis“), ihre biologische Bedeutung („Biologisch“) und ihr Nachweis in den Mineralquellen. (Spalte 1 bis 5 nach Soucr.)

	Symbol	Ordnungs- zahl	Atom- gewicht	Analyti- scher Nachweis	Biologisch	Nachweis in Mineral- quellen
Aluminium	Al	13	26,97	+ +	+	+
Arsen.	As	33	74,91	+ +	+	+
Barium	Ba	56	137,36	+	(+)	+
Beryllium	Be	4	9,02	+		+
Blei	Pb	82	207,21	+ (+)		+
Bor	B	5	10,82	+ +	+ +	+
Brom	Br	35	79,916	+ +	+	+
Cadmium	Cd	48	112,41	+		+
Caesium	Cs	55	132,91	+		+
Calcium	Ca	20	40,08	+ +	+ +	+
Cer.	Ce	58	140,13	+		+
Chlor	Cl	17	35,457	+ +	+ +	+
Chrom	Cr	24	52,01	+		+
Eisen	Fe	26	55,84	+ +	+ +	+
Fluor	F	9	19,00	+ +	+	+
Gallium	Ga	31	69,72	+		+
Germanium	Ge	32	72,60	+		+
Gold	Au	79	197,2	+		+
Indium	In	49	114,76			+
Jod	J	53	126,92	+ +	+ +	+
Kalium	K	19	39,096	+ +	+ +	+
Kobalt	Co	27	58,94	+ +	+ (+)	+
Kohlenstoff	C	6	12,010	+ +	+ +	+
Kupfer	Cu	29	63,57	+ +	+ +	+
Lanthan	La	57	138,92	+		+
Lithium	Li	3	6,940	+ (+)		+
Magnesium	Mg	12	24,32	+ +	+ +	+
Mangan	Mn	25	54,93	+ +	+ +	+
Molybdän	Mo	42	95,95	+ (+)	+	+
Natrium	Na	11	22,997	+ +	+ +	+
Neodym	Nd	60	144,27	+		+
Nickel	Ni	28	58,69	+ +	+	+
Phosphor	P	15	30,98	+ +	+ +	+
Praesodym	Pr	59	140,92	+		+
Quecksilber	Hg	80	200,61	+		+
Radium	Ra	88	226,05	+		+
Rubidium	Rb	37	85,48	+		+
Sauerstoff	O	8	16,00	+ +	+ +	+
Schwefel	S	16	32,06	+ +	+ +	+
Selen	Se	34	78,96	+		+
Silber	Ag	47	107,88	+		+

Tabelle 1 (Fortsetzung).

	Symbol	Ordnungs- zahl	Atom- gewicht	Analyti- scher Nachweis	Biologisch	Nachweis in Mineral- quellen
Silicium	Si	14	28,06	+ +	+ +	+
Stickstoff	N	7	14,008	+ +	+ +	+
Strontium	Sr	38	87,63	+		+
Tantal	Ta	73	180,88			+
Tellur	Te	52	127,61	+		
Thallium	Tl	81	204,39			+
Thorium	Th	90	232,12	+		+
Titan	Ti	22	47,90	+ (+)	+	+
Uran	U	92	238,07			+
Vanadium	V	23	50,05	+ (+)	(+)	+
Wasserstoff	H	1	1,0081	+ +	+ +	+
Wismut	Bi	83	209,00			+
Wolfram	W	74	183,92	+	(+)	+
Yttrium	Y	39	88,92			+
Zink	Zn	30	65,38	+ +	+ (+)	+
Zinn	Sn	50	118,70	+ (+)	+	+
Zirkonium	Zr	40	91,22			+

Erklärung: Von den 90 bekannten Elementen sind im Pflanzen- und Tierreich bisher 51 nachgewiesen, die in der Tabelle enthalten sind. Es bedeutet in der Rubrik „Analytischer Nachweis“ (Souci): +: auf Grund vereinzelter Angaben bei Pflanzen- und Tierarten unter physiologischen Bedingungen nachgewiesen. ++: unter physiologischen Bedingungen in der belebten Natur allgemein verbreitet. In der Rubrik „Biologisch“ bedeutet (Souci): +: biologische Bedeutung gilt als möglich oder wahrscheinlich, jedoch nicht sicher erwiesen. ++: biologische Bedeutung sicher erwiesen. In den Mineralquellen sind bisher (letzte Rubrik) 57 Elemente nachgewiesen.

Die SH_2 kann vulkanischen Ursprungs sein, auch als Tätigkeitsprodukt noch aktiver Vulkane, kann aber auch durch reduzierende Wirkung organischer Verbindungen auf Gips entstehen. Schwefelbakterien entwickeln z. B. im Schwarzen Meer, aber auch in einigen Schwefelquellen SH_2 .

Das Radium hat eine fast ubiquitäre Verbreitung. Seine Durchdringungsfähigkeit ist bedeutend, seine Zerfallsprodukte findet man in fast allen Gesteinen und Wässern. Sehr viele unserer Süßwasserbrunnen enthalten einige Macheeinheiten Radon. In den Mineralquellen kommt es entweder als Substanz in geringer Menge (Heidelberg), außerdem und hauptsächlich in der Form seines kurzlebigen Zerfallproduktes, der Radiumemanation, vor (Oberschlema, Brambach, Joachimsthal usw.). Es entsteht im allgemeinen aus Uranmineralien (Erzgebirge), aus Porphyry (Kreuznach) oder aus Gneis (Landeck). Da sich Radon besser in Gasen als im Wasser löst, so enthalten die Begleitgase mancher Quellen (Nauheim, Pyrmont) gelegentlich nicht unerhebliche Mengen von Emanation, und zwar mehr als die betreffenden Quellen.

Helium (z. B. im Wiesbadener Kochbrunnen) entsteht bei der Umwandlung radioaktiver Substanzen.

Die Oberfläche der Erde wird von der Eigenwärme des Erdballes, abgesehen von der Umgebung von Vulkanen und von Austrittsstellen heißer Quellen, nicht beeinflusst. Sonnenwärme und Kälte des Weltraumes wirken hier (KAMPE). Im Innern trägt die Erde aber einen ungeheuren Wärmeherd. Deshalb nimmt die Temperatur mit dem Fortschreiten von der Oberfläche zur Tiefe gesetzmäßig zu. Man bezeichnet als *geothermische Tiefenstufe* die Abstände, in denen jeweils beim Vordringen nach der Tiefe die Temperatur um 1° zunimmt. Diese Abstände können sehr verschieden sein, zwischen 15 m und 100 m. In Europa hat man die geothermische Tiefe durchschnittlich mit 32,7 m berechnet. In größeren Tiefen

nimmt die Stufe ab. Natürlich findet man auch eine Zunahme der Temperatur, wenn man seitlich in horizontaler Richtung in ein Gebirge hineinstößt, z. B. beim Bau eines Tunnels.

Viele Quellen zeigen die *Temperatur* des Klimas und der nahen Oberfläche, zuweilen nicht beständig. Konstante Temperaturen, vor allem erhöhte Temperaturen, zeigen an, daß die Quellen aus konstanten unterirdischen Bedingungen gespeist werden. Warme Quellen heißen *Thermen*. In der Nähe von Vulkanen sind die Bedingungen für die Entstehung heißer Quellen besonders günstig (Japan, Haiti, Yellowstone-Park in USA.). Japan besitzt außer zahlreichen, noch nicht gefaßten *Thermen* 584 Bäder mit Quellen über 30°, hiervon 508 mit Quellen über 40° (WOLLMANN). Die höhere Temperatur der Quellen stammt stets aus dem Erdinnern, sie ist also juvenilen Ursprungs, ebenso wie das Wasser vieler der natürlich warmen Quellen. Daß die *Thermen* als letzte Stufen ehemaliger Vulkane zu gelten haben, wurde S. 5 erörtert. Der Karlsbader Sprudel z. B. kommt aus einer fast senkrechten Verwerfungsspalte aus erheblicher Tiefe mit 72° C. Warme Quellen können aber auch vadoses Wasser führen. So haben die Warmbrunner Quellen ihr Einzugsgebiet auf den Höhen des Riesengebirges. Die Wasser steigen zu bedeutender Tiefe hinab, wo sie sich erwärmen, um dann auf dem kürzeren Schenkel wieder in die Höhe zu steigen (KAMPE). Die geförderten Wärmemengen können außerordentlich groß sein. So bringt (KAMPE) der Wiesbadener Kochbrunnen täglich 36 Millionen Cal., der Karlsbader Sprudel 200 Millionen Cal., die Gasteiner Therme 210 Millionen Cal. an die Erdoberfläche.

Die Schüttung der Quellen (Ergiebigkeit) kann sehr verschieden sein. Von einigen l/min kann sie sich steigern auf übergroße Mengen. Die kohlenstoffhaltigen Kochsalzthermen in Cannstatt bringen 22 Millionen Liter, die Schwefelthermen in Baden bei Wien 8 Millionen Liter, die Budapester Quellen 30 Millionen Liter, die Akratotherme in Tschekirge (Türkei) 4.8 Millionen Liter täglich hervor. Dadurch werden auch zum Teil hohe Gehalte an festen Bestandteilen zutage gefördert. Nach KAMPE fördert der Karlsbader Sprudel jährlich 650 Tonnen Chlor und 1700 Tonnen Sulfation, insgesamt 5880 Tonnen Feststoffe (Süss). Hohlräume, die durch die Herausbeförderung dieser enormen Mengen Material entstehen müssen, sind bisher nirgends nachweisbar. Wahrscheinlich stammt das Material aus vulkanischen Tiefen, ist also juvenil, wie die Gase, manche Stoffe und zum Teil Wärme und Wasser. Von der Frage der Ergiebigkeit hängt die Benutzbarkeit der Mineralquellen in Badeorten in hohem Maße ab.

Wie bei der Temperatur ist auch für den Gehalt der Quellen die *Beständigkeit* von großer Bedeutung. Quellen, die aus tieferen Bezirken der Erde kommen, zeigen zuweilen eine fast unbegreifliche Unveränderlichkeit ihres Verhaltens. Genaue Analysen des Wiesbadener Kochbrunnens besitzen wir heute über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren. In dieser Zeit hat sich diese Quelle kaum nennenswert verändert. Als Voraussetzungen für Konstanz der Temperatur, des Wassers und des Stoffgehalts sind von Wichtigkeit ein großer Wasservorrat, der von irgendwelchen störenden Einflüssen unabhängig sein muß, und ein Ausflußkanal, der nicht irgendwelchen Veränderungen in der Abdichtung ausgesetzt ist (WALTHER). Offenbar finden die Wässer unter dem Boden nach langem Wege eine Ruhestätte, dort gewinnen sie ihre definitive Beschaffenheit, und von dort aus treten sie ihren Weg nach der Oberfläche an. Solange nicht menschliches Werk oder Erschütterungen der Erdrinde (Erdbeben) eingreifen, kann diese Beständigkeit sich offenbar über sehr große Zeiträume erhalten. Es hat sich gezeigt, daß Arbeiten in Bergwerken Quellen zum Versiegen brachten (Altwasser) oder an ihnen schwere, nur mit Mühe reparierbare Veränderungen hervorriefen. Erdbeben

können in ihrer Nähe gelegene Quellen stark beeinflussen, meist handelt es sich um vorübergehende Störungen, Abnahme oder Zunahme der Schüttung, Trübung, Gasausbruch, Auftreten neuer Quellen (so an der Wiener Thermenlinie 1875, in Ischia bei Neapel 1880), Erdbeben können aber auch weithin wirken. So hat man an einer Quelle im Sudetenland nach dem Lissaboner Erdbeben vom 1. November 1755 vorübergehende Störungen beobachtet.

II. Die Mineralquellen.

Allgemeiner Teil.

Bestandteile.

Unter Mineralquellen versteht man dünne, wässrige Lösungen von Mineralien in Wasser, auch die sogenannten Süßwässer enthalten aus dem Boden aufgenommene Stoffe. Chemisch reines Wasser kommt in der Natur, auch in den Niederschlägen nicht vor.

Das *Wasser* der Mineralquellen ist verschiedener Herkunft (vados und juvenil, s. S. 5). Es ist wahrscheinlich, daß das juvenile Wasser gemäß seiner Entstehung eine andere Zustandsform des Wassers an sich ist und dadurch auch besondere Wirkungsmöglichkeiten hat. Es bestehen hier Ähnlichkeiten mit dem Kondenswasser der Dampfmaschine (SCHOBER).

In Mineralquellen kommt sogenanntes schweres Wasser vor (Wiesbadener Kochbrunnen, FRESENIUS). Unter schwerem Wasser versteht man das Wasser der chemischen Formel D_2O mit dem Atomgewicht 20 im Gegensatz zu gewöhnlichem Wasser H_2O , Atomgewicht 18. Die Elemente haben sogenannte Isotope, d. h. ein Element kommt nicht nur in dem uns aus der Chemie und Physik bekannten Atom vor, sondern in mehreren Formen, sogenannten Isotopen. Das Isotop des Wasserstoffs Atomgewicht 1 ist das Deuterium D, Atomgewicht 2. Das chemische Verhalten der Isotope ist untereinander weitgehend ähnlich.

Die *Mineralstoffe*, welche die Quellen mitbringen, sind entsprechend dem Verhalten wässriger Lösungen nicht nur als Salzmoleküle, sondern hauptsächlich als Ionen vorhanden. Das elektrisch inaktive Molekül teilt sich in seine elektrisch entgegengesetzt geladenen und dadurch in gegenseitiger Spannung gehaltenen Ionen. Durch dieses Verhalten der Ionen zueinander treten die normalen Eigenschaften freier Ionen nicht hervor; denn sonst würde das Na-Ion das Wasser zersetzen, das Cl dieses färben usw. Die Ionen der positiv geladenen Reihe, die zur Kathode wandern, heißen Kationen, die anderen Anionen.

Die Aufspaltung der Moleküle in ihre Ionen nennen wir *Dissoziation*, sie ist nicht vollständig. Es besteht ein Gleichgewichtszustand zwischen dissoziiertem und nichtdissoziiertem Anteil (Dissoziationskonstante); je größer die Verdünnung einer Lösung, desto weiter geht im allgemeinen die Dissoziation einer Lösung. Den dissoziierten Anteil nennen wir den Dissoziationsgrad. Mineralquellen sind stark dissoziierte, verdünnte Lösungen.

In Lösungen, die mehrere Stoffe enthalten, wie dies für die Mineralwässer ausnahmslos zutrifft, werden die Verhältnisse komplizierter. Im allgemeinen kann man sagen, daß Salze mit gleichnamigen Ionen ihre Löslichkeit und ihre Dissoziation herabmindern, Salze mit ungleichnamigen Ionen sie erhöhen (NERNST). Die Löslichkeit für schwerlösliche Ionenkombinationen kann durch die Anwesenheit anderer erheblich erhöht werden. Hohe Dissoziationsgrade zeigen vor allem die Chloride, Bromide, Jolide, geringere die alkalischen Erden, die Sulfate und die Alkalien.

Während die Salze alle stark dissoziiert sind, weisen Säuren und Basen große Unterschiede auf; denn hier ist eines der entstehenden Ionen das H bzw. das OH, die Dissoziationskonstante bildet hier das Maß für die Stärke der Säuren und Basen, die Acidität bzw. Alkalität einer Mineralquelle wird dadurch bestimmt. Die schwachen Säuren, wie Kieselsäure, Borsäure, bleiben zum großen Teil in molekularer Form in der Lösung.

Neben der Dissoziation kommt auch der entgegengesetzte Vorgang, das Zusammentreten von mehreren Molekülen zu einer neuen Einheit, vor. So bilden sich aus gleichartigen Molekülen *Polymere*. Das kann schon bei den Wassermolekülen allein der Fall sein. Auf diese Weise kommt es zu verschiedenen Formen des Wassers: wir kennen bisher eine höhere komplexe Wasserform, das α -Wasser (vor allem im Eis) und eine im flüssigen Zustand des Wassers überwiegende Form, das β -Wasser. Der Gehalt an α -Wasser beträgt nach REDLICH bei 0° 39%, bei 100° 2,8%. Demnach beeinflusst also die Temperatur den Gehalt des Wassers an den verschiedenen Komplexformen. Es würde sich also ergeben, daß das Wasser der Thermen eine andere Zusammensetzung hat als kaltes Wasser. Weiterhin können aus verschiedenartigen anderen Bindungen z. B. die Hydrate (Salzmoleküle mit Wassermolekülen), ferner Komplexionen entstehen. Diese größeren Aggregate kommen für den kolloidalen Lösungszustand in Betracht, dem BÜRGI für die Mineralquellen eine besondere Bedeutung zugeschrieben hat.

Die *Hauptbestandteile* der Quellen werden von den in der Erdrinde überwiegend vorkommenden Elementen (s. S. 7) gebildet. Es sind dies (HINTZ und GRÜNHUT) die Kationen Na, Mg, Ca, K und die Anionen Cl, SO₄, HCO₃ und CO₂ (freie Kohlensäure). Von diesen Stoffen kommen Mengen über 1 g/kg vor; bei den hochkonzentrierten Kochsalzquellen können (Na und Cl) Mengen bis über 200 g/kg vorhanden sein. Das sind aber Ausnahmen. In geringeren Mengen finden sich die Kationen Sr, Ba, NH₄, Li, Mn, Al und die Anionen NO₃, HPO₄, Br, sowie die schwachen Säuren Kieselsäure (H₂SiO₃), Borsäure (H₂BO₃), Titansäure (H₂TiO₃). Als Hauptbestandteile der Quellen bezeichnet man im allgemeinen diejenigen, die nach der Menge überwiesen. Die *Nebenbestandteile* können für die Wirkung wichtige Begleitstoffe sein.

Darüber hinaus weisen die Mineralquellen stets Stoffe in geringen und geringsten Mengen auf (*Spurenstoffe*), 0,01—1,0 mg pro kg Wasser, gleich einer Konzentration von $\frac{1}{1000000}$ bis $\frac{1}{10000}$ %. Vereinzelt Stoffe, z. B. das Radium und seine Abkömmlinge, kommen in noch viel geringeren Mengen vor, so daß sich insgesamt das Vorkommen der Spurenstoffe in der Größenordnung 10⁻⁸ bis 1,0 mg/kg bewegt. Die wichtigsten Feinstoffe der Mineralquellen, die auch im System eine Rolle spielen, sind Fe, S, As und J, wichtig als Feinstoffe erscheinen ferner nach den neuesten Forschungen die sogenannten vier anorganischen Vitamine Mn, Cu, Zn, Co. (KÜHNAU).

Wir finden in Mineralquellen auch *Gase* gelöst vor (gasführende Quellen); an erster Stelle handelt es sich hierbei um CO₂, ferner um SH₂ und N. Außerdem sind zahlreiche andere Gase in Mineralquellen nachgewiesen, vor allem Wasserstoff, ferner Helium, Argon, Neon, Xenon, Kohlenwasserstoffe verschiedener Art, Radiumemanation, Thoriumemanation.

Die Wasserlöslichkeit der Gase ist sehr verschieden. Sie beträgt für CO₂ etwa 30mal soviel wie für O und 60mal soviel wie für N. Hohe Löslichkeit besitzt auch der Schwefelwasserstoff, doch kommt er nur in kleinen Mengen vor. Die Löslichkeit der Gase hängt aber nicht von ihrer Menge allein ab, sie ist proportional dem Gasdruck, bei Gasgemischen dem Teildruck (Partialdruck) des betreffenden Gases in der Umgebung, vor allem in der Luft.

Die Gase sind nicht wie feste Stoffe zu ihrer Beförderung aus der Erde an den Transport durch das Wasser gebunden. Sie begleiten das Wasser, weil sie naturgemäß vielfach dieselben Spalten in der Erdrinde, die dem Aufsteigen des Wassers dienen, zu ihrem eigenen Wege benutzen. So treten gashaltige Quellen oft begleitet von freien Gasschwaden an die Oberfläche hervor. Außerdem, wie es daraus verständlich ist, gibt es auch reine *Gasquellen*. Auch diese Gasquellen haben zum Teil eine balneologische Bedeutung. Wir kennen Gasquellen, die CO_2 , N, O, Kohlenwasserstoffe, SH_2 , Edelgase, Radon enthalten. Praktisch sind vor allem die CO_2 - und SH_2 -Gasquellen von Bedeutung (MOFETTEN).

Nicht alle Stoffe in den Quellen sind gleich fest mit dem Wasser verbunden (*instabile Stoffe*). Die Quelle setzt sich auf ihrem Wege aus dem Erdinnern an die Oberfläche rasch wechselnden Faktoren aus. Im Innern der Erde herrschen andere Druck- und Temperaturverhältnisse als an der Oberfläche. Beim Austritt der Quelle an die freie Erdoberfläche werden diese weniger fest haftenden Stoffe gelockert und zum Teil aus der Quelle befreit (wichtig für die Behandlung der Quellen in der Technik).

Für die *Veränderung der Quellen an der Luft* (Altern der Mineralwässer) kommt in Betracht: Durch das Entweichen der Gase, insbesondere des am meisten vorkommenden Kohlendioxyds (CO_2) ändert sich in erheblichem Maße der Gasgehalt. Maßgeblich ist der Teildruck des Kohlendioxyds in der Luft; dieses macht nur einen kleinen Teil der Luft (0,03 Vol.-%) aus. Bei Gleichgewicht mit der Luft könnte ein kohlenensäurehaltiges Mineralwasser nur 5 bis 10 mg CO_2 pro kg enthalten, ein gewaltiger Unterschied, wenn man bedenkt, daß es Wässer gibt, die mehr als 2000 mg/kg mitbringen. Die Entgasung geht jedoch nicht plötzlich, sondern nur sehr allmählich vor sich, so daß eine Übersättigung noch lange Zeit bestehen bleibt, was uns ja auch in den Stand setzt, den Kohlen säuregehalt der Mineralwässer zu Bädern sowie als Genußmittel bei Trink- und Tafelwässern auszunutzen. Das Entweichen der CO_2 genügt indessen, um durch die Abnahme der CO_2 ein anderes Löslichkeitsverhältnis für manche Stoffe herzustellen, vor allem die Erdalkalien.

In den Mineralwässern befindet sich im allgemeinen kein Sauerstoff. Die Stoffe sind daher in den Mineralwässern im allgemeinen in einer niedrigeren Oxydationsstufe enthalten, infolgedessen wird bei Luftzutritt mancher dieser Stoffe, die dafür besonders empfindlich sind, so der Schwefel, oxydiert. H_2S und sein Ion HS gehen in höhere Oxydationsstufen über (Polysulfide, Sulfide, Sulfate), zum Teil wird auch freier Schwefel gebildet, dadurch können wichtige Wirkungsstoffe entfallen. Beide vorgenannten Faktoren, das Entweichen der Kohlen säure und der Zutritt des Luftsauerstoffes, wirken auf den Eisengehalt der Wässer. Die Abnahme der Kohlen säure führt zum Ausfällen gelöster Eisenverbindungen (Ferrioxyd bzw. Carbonate des Eisens). Das ausgefallene Ferrohydroxyd ist aber besonders stark oxydierbar.

Vor allem unterliegen radioaktive Wässer einer raschen Abnahme ihres Emanationsgehalts.

Definition und Einteilung.

Eine Mineralquelle liegt dann vor, wenn ein Wasser mehr als 1 g/kg feste Bestandteile (Mineralien) in sich trägt. Hierbei handelt es sich (s. oben) zumeist um die in der Erdrinde verbreiteten plastischen Elemente. Eine Mineralquelle liegt ferner vor, wenn sie seltene, in den Süßwässern nicht oder nur gelegentlich vorkommende Stoffe, sog. *oligodynamisch wirksame Stoffe* in Mengen enthält, von denen ein biologischer Effekt zu erwarten ist; ferner ist eine Mineralquelle charakterisiert durch den Gehalt von 250 g gelöster freier *Kohlen säure* und schließ-

lich dadurch, daß ihre *Temperatur* ständig über 20° C beträgt. Selbstverständlich kann eine Mineralquelle auch mehrere der genannten Voraussetzungen erfüllen, sie kann beispielsweise mehr als 1 g feste Bestandteile enthalten *und* außerdem eine höhere Temperatur als 20° besitzen.

Unter den vorkommenden Stoffen spielen mengenmäßig die *Kationen* Na, Ca, Mg und die *Anionen* HCO₃, Cl, SO₄ eine wesentliche Rolle. Sie sind die banalen Grundstoffe, die den Charakter der Mineralquellen bestimmen. Wir sehen, wie sich aus dem Zusammentreffen dieser Stoffe die Grundtypen der Mineralquellen, im ganzen sieben, aufbauen.

Tabelle 2. Grundtypen des Mineralquellensystems.

Vorwaltende		Anionen		
		HCO ₂	Cl	SO ₄
Kationen	Na	alkalische Quellen	Kochsalzquellen	Glaubersalzquellen
	Ca	} erdige Quellen	} Chlorcalciumquellen	Gipsquellen
	Mg			Bitterwasser

Eine Mineralquelle ist ferner als solche charakterisiert, wenn sie einen (oder mehrere) *Feinstoffe* in einer Menge enthält, die wir als ausreichend für eine biologische Wirkung kennen. In diesem Zusammenhang hat die Heilquellenwissenschaft folgende Grenzwerte festgesetzt: Fe 10,0 mg/kg, für S, As und J je 1,0 mg/kg (Eisenquellen, Jodquellen usw.). Für andere ohne Zweifel wichtige Feinstoffe (Mn, Cu, Zn, Co) existieren noch keine Grenzwerte, die Kenntnis dieser Dinge ist noch zu jung. Für andere Stoffe (Li, Si, Sr, Ba) sind vorgeschlagene Grenzwerte mangels gesicherter Anhaltspunkte wieder fallen gelassen worden.

Für das Radon (Radiumemanation) gilt als Grenzwert: 29,12 nC (Nanocurie) = 80 ME (Mache-Einheiten); 1 Nanocurie = 1 · 10⁻⁹ Curie.

Eine Mineralquelle liegt auch vor, wenn wir mehr als 250 mg/kg *Kohlensäure* nachweisen können. Wir sprechen dann von einer kohlenstoffhaltigen Quelle oder einem Sauerling. Hierbei begegnen wir dem Unterschied zwischen Mineralquelle und Heilquelle. Wir verlangen von einem Sauerling 250 mg/kg CO₂, um ihn als Mineralquelle, 1000 mg/kg CO₂, um ihn als Heilquelle anzuerkennen. Solche Unterschiede existieren auf dem Gebiet der anderen Bestandteile nicht. Es hängt das damit zusammen, daß wir mindestens 1000 mg/kg CO₂ nötig haben, um in der Kreislauftherapie eine Wirksamkeit zu erzielen, während die mit weniger CO₂, aber doch mindestens 250 mg/kg CO₂ versehenen Wasser wertvolle Tafelwässer und zum Teil auch bei Heiltrinkkuren verwendbar sind.

Als weitere Definition für den Begriff der Mineralquellen haben wir eine *konstante Temperatur* von wenigstens 20° C kennengelernt. Kalte Quellen, die einen Mineralgehalt unter 1 g haben, bezeichnen wir als Akratopegen: sie unterscheiden sich nicht von gewöhnlichen Süßwässern. Quellen mit weniger als 1 g Mineralien, die aber warm sind, nennen wir Akratothermen (von a und kraton: „ungemischt“).

Betrachten wir uns nunmehr eine Zusammenstellung der Heilquellen nach den gewonnenen Definitionen, so können wir die in Tabelle 3 aufgestellten Typen erkennen. Damit ist ein grundsätzliches Gerippe der Gesamterscheinung der Mineralquellen gegeben. Wie es in der Tabelle angegeben ist, liegt eine Kochsalzquelle dann vor, wenn unter den festen Stoffen „vorherrschend“ Natrium- und Chlorion bei einer Gesamtmineralisation von mehr als 1 g vorhanden ist. Die verschiedenen Gruppen der Mineralwässer (Kochsalz-, alkalische, erdige, ferner Eisen-, Jodquellen usw.) gehen aus Tabelle 3 hervor.

Tabelle 3. System der Mineralquellen (Heilquellen).

Quellenklasse	Enthalten in 1 kg des Wassers wenigstens
Alkalische Quellen	1 g feste Stoffe, davon vorherrschend Natrium- und Hydrocarbonationen
Erdige Quellen	1 g feste Stoffe, davon vorherrschend Calcium-, Magnesium- und Hydrocarbonationen
Kochsalzquellen	1 g feste Stoffe, davon vorherrschend Natrium- und Chlorionen
Chlorcalciumquellen	1 g feste Stoffe, davon vorherrschend Calcium- und Chlorionen
Glaubersalzquellen	1 g feste Stoffe, davon vorherrschend Natrium- und Sulfationen
(Echte) Bitterwasser	1 g feste Stoffe, davon vorherrschend Magnesium- und Sulfationen
Gipsquellen	1 g feste Stoffe, davon vorherrschend Calcium-, Magnesium- und Sulfationen
Eisenquellen	10 mg Eisen (Fe)
Arsenquellen	0,7 mg Arsen (As) = 1,0 mg HAsO ₂ oder 1,3 mg HAsO ₄
Schwefelquellen	1 mg „titrierbaren Schwefel“ (S)
Jodquellen	1 mg (bzw. 5 mg*) Jod (J)
Radioaktive Quellen	29 nC = 80 ME Radon oder 10 ⁻⁷ mg Radium
Kohlensäurequellen (Sauerlinge) .	1 g freie Kohlensäure (CO ₂)
Thermalquellen	20° C

* Als Neuregelung in Aussicht genommen.

Wir sehen, wenn wir die Analyse des Wiesbadener Kochbrunnens betrachten (Tabelle 4, erste Rubrik mg/kg), daß hier eine Mineralquelle vorliegt, deren Gesamtgehalt an festen Bestandteilen 8,4 g pro Liter beträgt, außerdem hat die Quelle eine konstante Temperatur von 65°. Damit sind also zwei der genannten Definitionsgrundlagen gegeben. Die Tabelle zeigt uns aber zugleich, daß das Natriumion und das Chlorion wohl mengenmäßig vorherrschen, daß sie aber keineswegs allein den Inhalt der Quelle ausmachen, sondern daß eine lange Reihe anderer Bestandteile zu dem Gesamtbild dieser Quelle gehören (Haupt- und Nebenbestandteile s. S. 14).

Jede Quelle wird also charakterisiert durch die vorwiegend in dem Analysenergebnis in Erscheinung tretenden Hauptbestandteile, außerdem aber durch eine Kombination zahlreicher biologisch wirksamer Teile. Dadurch ergibt sich ein ungemein buntes, bei jeder Quelle anders in Erscheinung tretendes Bild. Halten wir die Analysen auch solcher Quellen, die in die gleiche Begriffsklasse gehören, nebeneinander, so werden wir niemals zwei Analysenbilder finden, die sich decken. Das Ansehen der Quellen wechselt von Individuum zu Individuum wie die menschlichen Gesichter. Darauf gründet sich einer der wichtigsten Begriffe der Balneologie, nämlich der Grundsatz von dem *individuellen Charakter der einzelnen Quellen*.

Die Zusammenstellung in Tabelle 5 zeigt uns, in welcher Weise Haupt- und Nebenbestandteile zusammentreten können zu einem überaus wechselvollen Bild, ohne daß sich deshalb der Grundcharakter der Quellen (Kochsalzquellen) zu ändern braucht. Die Tabelle gibt nur die wichtigsten, keineswegs alle Kombinationen.

Für die Charakterisierung der Mineralwässer hat man ferner deren Temperaturen herangezogen und sie je nach ihrem Verhältnis zur Körpertemperatur des Menschen in *hypothermale, isothermale und hyperthermale* eingeteilt. Eine andere Einteilung geht aus von ihrem Verhalten zum osmotischen Druck, bezogen auf den osmotischen Druck der Körperflüssigkeiten, als deren direktes Maß man die Gefrierpunktserniedrigung benutzen kann. Man spricht demgemäß von *hypotonen, isotonen und hypertonen* Mineralwässern.

Tabelle 4. Analyse des Wiesbadener Kochbrunnens¹.
Temperatur: 65,3°. Kochsalztherme.

	mg/kg	Milli-Mol	Millival	mval-%
Kationen:				
K·	95,17	2,434	2,434	1,73
Na·	2664	115,9	115,9	82,36
Li·	3,504	0,5049	0,5049	0,36
Rb·	0,389	0,0046	0,0046	0,00
Cs·	0,271	0,0020	0,0020	0,00
NH ₄ ·	7,000	0,3880	0,3880	0,28
Ca·	343,9	8,582	17,16	12,19
Sr·	11,98	0,1367	0,2734	0,19
Ba·	0,672	0,0049	0,0098	0,01
Mg·	47,56	1,955	3,911	2,78
Fe·	3,037	0,0544	0,1088	0,08
Mn·	0,707	0,0129	0,0257	0,02
			140,7	100,00
Anionen:				
Cl'	4594	129,6	129,6	92,11
Br'	2,508	0,0314	0,0314	0,02
J'	0,018	0,001	0,001	0,00
SO ₄ ''	62,55	0,6512	1,302	0,93
HPO ₄ ''	0,029	0,0003	0,0006	0,00
HAsO ₄ ''	0,156	0,001	0,0022	0,00
HCO ₃ '	597	9,76	9,78	6,94
	8434	270,0	140,7	100,00
HBO ₂	4,235	0,0966		
H ₂ SiO ₃	83,00	1,063		
	8522	271,2		
CO ₂	233	5,31		
	8755	276,5		
ferner Be, Cu				

¹ Analyse von FRESENIUS Wiesbaden 1931, im übrigen sind sämtliche weiteren Analysen entnommen der Schrift: „Großdeutschlands Heilbäder, Seebäder usw.“, herausgegeben vom Reichsfremdenverkehrsverband 1939, mit Ausnahme der Analysen des Pyramonter Brodelbrunnens (Deutsches Bäderbuch), der Darkauer Royerquelle (Österreichisches Bäderbuch, 1. Aufl.), der Dürkheimer Maxquelle (W. ZÖRKENDÖRFER) und der Quelle in Kusatsu (WOLLMANN).

Tabelle 5. Wichtige Gruppen der Kochsalzquellen.

Bezeichnung	Kationen	Anionen	Sonstige wichtige Bestandteile
Einfache Kochsalzquellen	Na	Cl	
Kochsalzsäuerlinge	Na	Cl	CO ₂
Alkalische Kochsalzquellen	Na	Cl, HCO ₃	
Erdige Kochsalzquellen	Na, Ca, Mg	Cl, HCO ₃	
Alkalische Glauberkochsalzquellen	Na	Cl, HCO ₃ , SO ₄	
Bitterkochsalzquellen	Na, Mg	Cl	
Eisenhaltige Kochsalzquellen	Na, Fe	Cl	
Jodhaltige Kochsalzquellen	Na	Cl, J	
Arsenchlorcalciumkochsalzquellen	Na, Ca	Cl	HAsO ₂
Kochsalzthermen	Na	Cl	über 20°

Analyse.

Die Mineralwässer werden beurteilt auf Grund der *chemischen Analyse*. Für diese hat sich eine für die Mineralwässer besonders geformte *Analysennorm* herausgebildet (HINTZ und GRÜNHUT). Wir stellen die Analysen der Mineralwässer in der Form der *Ionenanalyse* unter Annahme einer hundertprozentigen Dissoziation in Milligramm dar, getrennt in Kationen und Anionen. Den ionisierten Bestandteilen folgt eine Aufzählung der nichtdissozierbaren in molekularer Form vorhandenen Bestandteile. Es handelt sich dabei um einige schwache Säuren, Metakieselsäure, Metaborsäure usw. In einem dritten Abschnitt werden die gasförmigen Stoffe aufgezählt. Die Summe der ersten beiden Abschnitte, die ionisierten und die nichtionisierten Bestandteile, geben zusammen die für die Beurteilung einer Mineralquelle wichtige Zahl an, wieviel feste Bestandteile in einer Mineralquelle vorhanden sind. Beim Wiesbadener Kochbrunnen (s. Tabelle 4) sehen wir, daß die Summe dieser beiden Reihen 8522 mg ausmacht. Zu diesen beiden Reihen kann dann noch der Gasgehalt, im vorliegenden Falle 233 mg CO₂, hinzuaddiert werden. In den Mineralwasseranalysen ist ausschließlich die mg-Angabe üblich, bezogen auf 1 kg Quellwasser (Tabelle 4, erste Rubrik mg/kg).

Wir brauchen zur Beurteilung eines Mineralbrunnens nicht nur die Gewichtseinheiten, sondern vor allem auch Anhaltspunkte für das mengenmäßige Verhältnis der einzelnen Bestandteile zueinander. Die Einheit im chemisch-physikalischen Aufbau der Materie ist nicht das Milligramm, sondern das Atom bzw. das Molekül; wir müssen wissen, wie sich die Mengen dieser Einheiten zueinander in einer Mineralquelle verhalten. Diesem Nachweis dient die zweite Rubrik „*Millimol*“. Sie soll uns Aufschluß geben über die Zahl der im Wasser vorhandenen Ionen bzw. die nichtdissoziierten Moleküle.

Berechnet wird die Rubrik in folgender Weise: Gewichtsmengen von Stoffen, die sich verhalten wie die Molekulargewichte, enthalten dieselbe Zahl von Molekülen (Ionen), und zwar $6,1 \cdot 10^{20}$. Das Molekulargewicht als Gewichtsmenge in Gramm gedacht ist das Grammolekel oder Mol. Wir nehmen als Einheit soviel Gramm eines Stoffes, als

Tabelle 6.

Analyse des Pyrmonter Brodelbrunnens.
Temperatur: 12,7°.
Kohlensäure Eisenquelle (erdig-sulfatisch).

	g/kg*	mval-%
Kationen:		
Kaliumion (K ⁺)	0,0072	0,40
Natriumion (Na ⁺)	0,0855	8,22
Lithiumion (Li ⁺)	0,000	0,01
Ammoniumion (NH ₄ ⁺)	0,0009	0,12
Calciumion (Ca ⁺⁺)	0,6024	66,22
Strontiumion (Sr ⁺⁺)	0,0037	0,19
Baryumion (Ba ⁺⁺)	0,0001	0,00
Magnesiumion (Mg ⁺⁺)	0,1246	23,40
Ferroion (Fe ⁺⁺)	0,026	2,44
Manganion (Mn ⁺⁺)	0,0025	0,24
Aluminiumion (Al ⁺⁺⁺)	0,000	0,16
Anionen:		
Nitration (NO ₃ ['])	0,0002	0,01
Chlorion (Cl ['])	0,1119	6,94
Bromion (Br ['])	0,000	0,00
Jodion (J ['])	0,000	0,00
Sulfation (SO ₄ ^{''})	1,136	52,17
Hydrophosphation (HPO ₄ ^{''})	0,0004	0,02
Hydrocarbonation (HCO ₃ ['])	1,130	40,84
Hydrosulfidion (HS ^{''})	0,000	0,00
	3,232	
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0464	
	3,279	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	2,486	
Freier Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,0003	
	5,765	
Spuren von B, N (Methan)		

* Die Rubrik wird hier ausnahmsweise in g/kg anstatt in mg/kg angegeben wegen des Vergleichs mit Tabelle 7.

der Zahl dieses Molekulargewichts entspricht. Das Cl z. B. hat das Molekulargewicht 35, Na das Molekulargewicht 23; 58 g NaCl sind ein Mol oder ein Gramm-molekel NaCl. Der 1000. Teil, womit wir in der Heilwasseranalyse rechnen, ist ein Millimol. Wir berechnen die 2. Rubrik aus der 1., indem wir die gefundene Anzahl von Milligrammen durch das Atom- (oder Molekular-) Gewicht dividieren.

Tabelle 7.
Salztabelle des Pyrmonter Brodelbrunnens.

	Gramm
Kaliumnitrat (KNO ₃)	0,000445
Kaliumchlorid (KCl)	0,01339
Natriumchlorid (NaCl)	0,1707
Natriumbromid (NaBr)	0,000077
Natriumjodid (NaJ)	0,000001
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,05640
Natriumhydrosulfid (NaHS)	0,000065
Lithiumchlorid (LiCl)	0,000271
Ammoniumchlorid (NH ₄ Cl)	0,002915
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,557
Calciumhydrophosphat (CaHPO ₄)	0,000167
Calciumhydrocarbonat Ca(HCO ₃) ₂	0,5818
Strontiumhydrocarbonat Sr(HCO ₃) ₂	0,009087
Bariumhydrocarbonat Ba(HCO ₃) ₂	0,000351
Magnesiumhydrocarbonat Mg(HCO ₃) ₂	0,7489
Ferrohydrocarbonat Fe(HCO ₃) ₂	0,08281
Manganhydrocarbonat Mn(HCO ₃) ₂	0,008305
Aluminiumhydrophosphat Al(HPO ₄) ₃	0,000415
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,04646
	3,280
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	2,486
Freier Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,000394
	5,766

Also für das Na ergibt sich
2664 : 23 = 115,9 Millimol.

Wir haben bis jetzt die absolute Gewichtsmenge der Stoffe und die Menge der Ionen der Stoffe nebeneinander kennengelernt. Jetzt brauchen wir noch Anhaltspunkte für die Beurteilung der *Wertigkeit*. Zweiwertige Ionen binden aber doppelt, dreiwertige dreimal soviel einwertige Ionen wie die einwertigen. Es müssen also, um die Wertigkeiten erkennen zu lassen, die zweiwertigen doppelt, die dreiwertigen dreifach in Anrechnung gebracht werden. Jetzt und nur so erhalten wir auch dieselbe Anzahl in der Summe der Kationen und Anionen, wie das aus der dritten Rubrik „Millival“ (mval) zu erkennen ist. Das Äquivalent ist

also, nach der Wertigkeit gemessen, die Hälfte bzw. ein Drittel des Molekular- bzw. Ionengewichts. Diese Angabe kann nur für die dissoziierten Stoffe gemacht werden.

Für das Lesen einer Analyse, woraus wir ein Urteil über den Charakter einer Quelle rasch gewinnen wollen, ist es aber notwendig, eine Angabe zu haben, die uns ohne weiteres Aufschluß gibt über den Anteil, den ein Ion an der Gesamtzusammensetzung hat. Diese Orientierung gewinnen wir dadurch, daß wir die Kationen und Anionen der dritten Rubrik mval jeweils nur für sich betrachten und deren Summe = 100 setzen, sogenannte *Millival- oder Äquivalentprozente*, vierte Rubrik. Jetzt sehen wir aus der Tabelle, daß es sich beim Wiesbadener Kochbrunnen um eine Quelle handelt, in der die Ionen Na und Cl weitaus alle anderen überwiegen und daher bestimmend für Charakter und Namengebung sein müssen. Das gilt für die Bestandteile, die in größeren Mengen vorkommen. Die Beurteilung betreffend die Feinstoffe und die Gase muß nach den mg-Angaben (1. Kolonne) erfolgen. Die 1. und 4. Kolonne genügt daher für die geläufigen Bedürfnisse.

Für wissenschaftliche Zwecke bestimmt man gelegentlich noch die Konzentrationsprozente, Gefrierpunktniedrigung, Wasserstoffionenkonzentration.

Grundsätzlich erforderlich ist noch die Angabe betr. *Radioaktivität* in nC = Nanocurie (s. S. 16). Die *Spurenelemente* werden auf Grund spektralanalytischen Nachweises mit ihren Symbolen, natürlich ohne Mengenangaben, verzeichnet. Von sonstigen Angaben ist noch wichtig die *Temperatur*, die *Schüttung* in Liter pro Minute und die Angabe des *Datums*, an dem die Analyse ausgeführt ist, sowie des *Analytikers*, der die Analyse gefertigt hat.

Somit haben wir die Unterlagen zum Lesen einer Mineralwasseranalyse gewonnen. Wir kehren nochmals zum Wiesbadener Kochbrunnen zurück und überzeugen uns, daß hier eine Therme (65° C) vorliegt, es handelt sich um eine Kochsalzquelle (Na und Cl in der 4. Kolonne!), die anderen Stoffe sind für die Charakteristik nicht entscheidend, also eine Kochsalztherme.

Lesen wir eine weitere Analyse: Pyrmonter Brodelbrunnen. Aus der ersten Rubrik erkennen wir, daß mit 26 mg Fe und 2486 mg CO₂ eine kohlensaure Eisenquelle vorliegt. Die Rubrik mval-% sagt aus: als bedeutende Nebenbestandteile machen sich das Ca, Mg und das SO₄ geltend, wir haben also eine erdigsulfatische kohlensaure Eisenquelle vor uns (Tabelle 6, S. 19).

Für die chemische Analyse wurde früher die sogenannte *Salztabelle* benutzt. Vergleichen wir diese Tabelle mit der (Tabelle 6 und 7) Ionenanalyse der gleichen Quelle, so sehen wir, daß es sich in einem Falle um die Darstellung der Ionen, im anderen Falle um die Darstellung der Salze handelt. Die Salzanalyse ist eine Konstruktion. Sie ist eine Ableitung aus der Ionenanalyse und entsteht dadurch, daß mehr oder minder willkürlich die gefundenen Ionen zu Salzverbindungen zusammengestellt werden. Bei der großen Zahl der in einer Mineralquelle vorkommenden Ionen ist eine sehr lange Reihe von Salzen in einer Tabelle möglich. Wir wissen aber nicht, ob diese alle vorkommen, und wir wissen auch nicht, wie sich die Ionen auf die in der Salztabelle angenommenen einzelnen Verbindungen verteilen. Die Salztabelle ist veraltet und kann keine Gültigkeit beanspruchen.

Eine Analyse der bezeichneten Art nennen wir „große Analyse“. Eine solche ist grundsätzlich von jeder zu Heilzwecken verwendeten Mineralquelle erforderlich. Sie bedarf, wenn auch in größeren Zeitabständen, der Erneuerung. Für die fortlaufende Kontrolle genügen Erprobungen geringeren Umfangs, sogenannte Kontrollanalysen (s. S. 60). Für die erste Orientierung, namentlich hinsichtlich der Frage, ob bei einem Wasser eine Mineralquelle vorliegt, kann man sich auf eine weniger umfangreiche Feststellung, eine sogenannte „kleine Analyse“ beschränken.

Flora und Fauna der Quellen.

Die Stelle, an welcher eine Mineralquelle den Erdboden verläßt (s. Abb. 6), ist ein Lebensraum von besonderer Struktur. Das Mineralwasser schafft im Umkreis der Quelle Lebensbedingungen, die sich von den sonstigen Bedingungen des dortigen Raumes unterscheiden durch den Gehalt der zugeführten, aus der Quelle stammenden Stoffe und Kräfte, besonders gegebenenfalls der Wärme. Die Erforschung dieser Lebensräume hat am Quellenort das Vorhandensein



Abb. 6. Natürlicher Zustand einer ungefaßten Quelle am Ursprung. Ladjene, Bulgarien (Phot. Ing. WELTSCHÉFF).

fast für jede Quelle charakteristischer, also individueller Lebensgemeinschaften ergeben. Jede Quelle hat ihre eigene Flora und Fauna, die sich bis zu einem gewissen Grade von anderen derartigen Lebensgemeinschaften unterscheidet, sofern sie nicht (s. u.) fehlen.

In Thermen (VOUK) findet sich eine große Anzahl niederer Algen, vor allem die Blaualgen, die zum Teil große Lager an den Quellenaustritten haben. Diese Lager werden wiederum zu Wohnstätten für niedere Tiere verschiedener Art. Außer den Blaualgen werden Grün- und Kieselalgen gefunden, ferner Konjugate (fadenbildende Formen), Braun- und Rotalgen. Es finden sich ferner Moose verschiedener Art, auch einige Farne. An Bakterien werden Beggiatoa- und Leptotrixarten gefunden, ferner Schwefelbakterien, letztere bilden den als Barégin bezeichneten gallertartigen Überzug am Quellenaustritt, auch in Rohren; der Barégin kann größere Polster bilden, wird auch als Heilmittel verwendet. Eine große Rolle spielen namentlich in den Schwefelthermen sowie in manchen Schlamm- und Moorarten Schwefelbakterien. Diese und aerobe Eisenbakterien haben bei der Bildung der Moore eine wichtige Rolle zu erfüllen (STURZA). Kieselspeichernde Bakterien, auch Eisenbakterien kommen in den Lebensräumen besonderer Quellen vor. In den Mooren können die Bakterien für die Umwandlung der Eiweißstoffe in Betracht kommen. In den Sapropelen (Faulschlamm) ist der vorhandene freie Schwefel ein Produkt der Bakterien.

Aus dem Tierreich (PAX) kommen als Bewohner der Quellenaustritte vor allem niedere Tiere: Protozoen, Rhizopoden, Paramaecien, Ciliaten, ferner einige Würmerarten, Rädertiere, Fadenwürmer, niedere Krebse, Ruder- und Plattfußkrebse, Flußkrebse, ferner Wassermilben in Betracht; zahlreiche Insekten zum Teil im Larven- und Puppenstadium, aber auch als Imagines, schließlich einige Schneckenarten. An Stellen, wo Mineral- und Süßwasser sich mischt oder wo Austrittsteiche am Quellenursprung gebildet werden, haben sich auch Fischarten angesiedelt. Bereits SPALLANZANI hat 1769 im Quellenteich von Thermen Frösche beschrieben, die hier im aktiven Zustand überwintern. Das letztere Phänomen ist heute noch in dem warmen Schlammenteich von Bojnice in der Slowakei vorhanden. Die noch im 18. Jahrhundert beschriebenen Fische in den Budapester Quellenteichen sind nicht mehr vorhanden. Hinsichtlich der Temperatur ist zu erwähnen, daß sich Blaualgen und Bakterien noch bei Temperaturen bis zu 80° (VOUK) in Quellenaustritten nachweisen ließen, prachtvolle Rotpolster, auch Farne findet man z. B. in den Quellenteichen der am Ursprung 92° warmen Kochsalzthermen in Montegrotto (Italien). Die meisten Pflanzen- und Tierarten finden sich in den nicht hoch mineralisierten warmen Quellen mit einer Temperatur um 40°, doch sind auch in den lauwarmen und kalten Quellen Lebensgemeinschaften der bezeichneten Arten nachgewiesen. Nur sind sie hier nicht so reich gestaltet. Das Vorhandensein von Pflanzen und Tieren an Quellenaustritten setzt voraus, daß die Eigenschaften der Quelle eine Biocönose überhaupt ermöglichen. Sehr hoch mineralisierte Salzquellen, reichlich gasführende Quellen (CO₂) lassen daher eine solche Lebensgemeinschaft vermissen.

Jede Lebensgemeinschaft an den Quellen läßt einen weitgehenden Individualismus für die einzelnen Quellen erkennen. Die Spezialforscher der Materie, VOUK, PAX u. a., haben darauf hingewiesen, daß die gesamte Struktur einer solchen Lebensgemeinschaft Rückschlüsse auf den Charakter der Quelle zuläßt und daß man in einzelnen Fällen die Quelle selbst hieraus charakterisieren und erkennen kann. VOUK hat dies zum Anlaß genommen, eine biologische Charakteristik zur Grundlage einer neuen Systematik der Quellen zu machen, an Stelle der zur Zeit herrschenden rein chemischen. Die beachtliche Angelegenheit ist noch in den Anfängen der Entwicklung.

Die Lebensgemeinschaft hat man ferner benutzt, um Schlüsse daraus auf das Alter der Quellen zu ziehen; es sprechen Gründe dafür, daß sich in den Quellen viele Urformen von Lebewesen finden, daß die Bildung der Lebensgemeinschaften eine sehr frühe sei, d. h. eine originäre (Reliktenhypothese). Andere Autoren glauben an eine Einwanderung von Tierformen in späteren, allerdings von uns aus gesehen, noch sehr frühen Erdperioden. Es ist beachtlich, daß sich in schlesischen warmen Quellen Tierformen finden, die heute nur noch im südlichen Afrika vorhanden sind und die aus einer Zeit stammen, in welcher ein tropisches Klima im schlesischen Raum geherrscht hat. Man sieht, daß sich zahlreiche und für das Verständnis der Natur der Heilquellen wertvolle Gesichtspunkte aus dieser Betrachtung ergeben (Pax).

Der Nachweis, daß die Quellen an ihren Austritten gelegentlich die Unterlage besonders gearteter Lebensgemeinschaften sein können, hat dahin geführt, die Frage zu prüfen, inwieweit das Wasser solcher Quellen und der Mineralquellen überhaupt Einfluß auf *biologische Prozesse* hat; man hat das an Versuchen festgestellt, die sich mit dem Einfluß von Mineralwasser auf die Keimung und das Wachstum von Pflanzensamen und jungen Pflanzen beschäftigen (GEHRKE, TRAUNER, BUKATSCH, DYBOWSKI). Bei Thermen hat sich ergeben, daß sie ziemlich übereinstimmend die Keimung hemmen, aber das Wachstum fördern. Als Beobachtungsobjekte haben meistens die Samen und jungen Pflanzen von Mais, Sonnenblumen und Kürbisse (die sogenannten botanischen Kaninchen) gedient. Die radonhaltigen Wässer haben eine Hemmung bei Bakterien und Pflanzenkeimen ergeben, ebenso beeinflussen stärker mineralisierte Wässer naturgemäß übereinstimmend diese Vorgänge. Vor allem haben die akratrischen Wässer und die geringer mineralisierten Quellen, insbesondere die Thermen, einheitlich eine deutlich fördernde Wirkung auf Keimung und Wachstum.

Spezielle Chemie und Pharmakologie der Mineralquellen.

Die Einteilung der Mineralquellen beruht auf chemischen Gesichtspunkten. Wir haben also nunmehr die einzelnen Klassen der Mineralquellen auf ihre chemischen Eigenschaften und ihre biologischen Wirkungen zu studieren. Zwischen den einzelnen Klassen gibt es fließende Übergänge; einzelne Quellen sind häufig so beschaffen, daß neben den Hauptbestandteilen, nach denen sie sich in eine bestimmte Klasse einordnen würden, Nebenbestandteile auftreten, die Beschaffenheit und Wirkung weitgehend mitbestimmen.

Jede Mineralquelle ist eine Individualität (s. S. 17). Wir haben daher mit einer von Fall zu Fall wechselnden und noch durch die Umweltbedingungen, unter denen die Quelle zutage tritt und am Kurort gebraucht wird, gesteigerten individuellen Wirksamkeit zu rechnen.

Akratothermen.

Mineralwässer, welche eine Temperatur über 20° C, dabei aber keine höhere Mineralisation (unter 1,0 g) haben, nennen wir *Akratothermen* (Wildwässer). Es gibt unter ihnen Quellen von auffallend niedriger Konzentration [Villach in Kärnten 574,7 mg/kg, Johannisbad (Sudetenland) 387,1 mg/kg, Gorna Bania in Bulgarien 160 mg/kg, Boñar (Nordwestspanien) 50 mg/kg]. Auch in Akratothermen kann ein Bestandteil nach Art des Konstruktionsbildes echter Mineralwässer überwiegen, nur daß eben die Systemgrenze nicht erreicht wird, so z. B. S in den Wässern von Schallerbach und Warmbrunn.

Die Akratothermen gehören zu den am ältesten bekannten Quellen, auf der anderen Seite ist es bis heute rätselhaft, auf welcher Eigenschaft ihre immer

wieder bewährte Heilkraft beruht. Es ist nachgewiesen (FRITZ), daß Süßwasserbäder, die man am Orte, wo Akratothermen entspringen, Kranke nehmen läßt, weder eine Badereaktion noch sonstige Gesundheitswirkungen hervorrufen, wie sie bei den ortsgebundenen Wildwässern beobachtet werden. Die Wirkung kann also nicht vom Landschaftsmilieu ausgehen. Ob der Gehalt an juvenilem Wasser oder die besondere Wasserform (schweres Wasser, Kondenswasser) oder der Gehalt an Feinstoffen für die Wirkung ausschlaggebend sind, hat man erwogen, aber nicht bewiesen. Auffallend ist, daß radonhaltige Akratothermen ihre Heilwirkung auch dann entfalten, wenn das Radon ausgetrieben wird.

Wildbäder haben eine auffallende und besonders starke Badereaktion zur Folge. Damit im Zusammenhang werden Veränderungen am Blutdruck, BKS, osmotischem Druck, elektrischer Leitfähigkeit des Blutes beobachtet. Die intensive biologische Wirkung dieser Wässer ist vielfach am Einfluß bei Pflanzenkeimlingen fundiert worden, wobei sich eine intensive Anregung der biologischen Wachstumsvorgänge herausstellte (BUKATSCH, DYBOWSKI). Hieraus und aus der ärztlichen Erfahrung, daß die Schilddrüse und die Ovarialfunktion durch Wildbäder beeinflußt werden, hat man geschlossen, daß Wildwässer die fermentativen, hormonalen und Wachstumsprozesse anregen (KÜHNAU, BRÜNING). Festgestellt ist ferner eine starke Anregung der Diurese und eine Verbesserung der zirkulatorischen Leistung. Die letztere scheint aus einer Veränderung der Dynamik im Mesenchym und nicht aus einer Wirkung auf das Myokard hervorzugehen. Auffallend ist die allgemein beruhigende und schlaffördernde Wirkung der Wildbäder, die sich günstig bei schmerzhaften Leiden (Neuralgien) geltend macht. Wildbäder spielen erfahrungsgemäß eine beachtliche Rolle in der Rheumabehandlung, bei Ischias, Muskelschäden und Verletzungsfolgen. Die tiefe Umstimmung des Allgemeinzustandes macht sich besonders in einem starken Einfluß auf die reversiblen Zustände des Alterns geltend. Akratothermen sind daher zu allen Zeiten als sogenannte Verjüngungsbrunnen gefeiert worden. Einige Akratothermen haben kosmetische Wirkungen auf die Haut (Schlangenbad). Die Anwendung geschieht, da gerade unter diesen Bädern eine ganze Reihe sind, die in

Tabelle 8. Analyse der Akratotherme in Villach (Kärnten).
Temperatur: 30° C.

	mg/kg	mval. %
K	3,88	1,45
Na	6,55	4,18
Ca	103,67	75,80
Mg	15,21	18,33
Fe	Spur	0,00
Li	0,003	0,01
Al	0,14	0,23
Cl	4,03	1,66
SO ₄ ''	16,25	4,96
HCO ₃ '	388,4	93,36
HPO ₄ ''	0,04	0,02
H ₂ SiO ₃	13,19	
CO ₂	23,1	
O	0,1	
	574,57	

Spurenstoffe: Sr.

badefertigen Temperaturen zutage treten und große Schüttung haben, vielfach nicht durch Wannenbäder, sondern durch langdauernden Aufenthalt in Gemeinschaftsbädern (Wildbad, Warmbrunn, Villach, Budapest, Hissar u. a.). Gerade die auf diese Weise mögliche Dauerwirkung spricht bestimmt ein wichtiges Wort mit bei den Resultaten. Für die spezielle Anwendung sind namentlich in Frankreich besondere Maßnahmen eronnen worden (Bäder mit an- und absteigenden Temperaturen, Duschen in verschiedenen Formen). Als Trinkkur verwandt, sind Einflüsse auf den Harnsäurestoffwechsel, Senkung des Harnsäurespiegels, erhöhte Ausschwemmung beobachtet worden (GRUNOW).

Wichtige Akratothermen sind Wildbad im Schwarzwald, Villach in Kärnten, Warmbrunn (mit S), Gastein (Radon). Ein ausgedehntes Gebiet zahlreicher Akratothermen findet sich zwischen Balkan und Rhodopengebirge in Bulgarien. Wichtig sind davon Hissar (48°),

Gorna Banja (41°), Sofia (47°); ferner Ragaz Pfäfers (Schweiz), Krapina Teplitz (Kroatien), Alzola und Alhama de Aragon (Spanien), Gerez (Portugal).

Kochsalzquellen.

Bei den Kochsalzquellen (alte Bezeichnung: muriatische Quellen) überwiegt unter den Kationen das Na, unter den Anionen das Cl. Die Konzentration der Quellen schwankt zwischen sehr dünnen Lösungen und den die Grenze der Krystallisation des Kochsalzes erreichenden (ca. 260 g NaCl/l). Man unterscheidet Kochsalz- und Solquellen und bezeichnet als letztere solche, die mehr als 15 g NaCl/l enthalten (Tabelle 9).

Zu Trinkkuren werden die dünneren Kochsalzquellen bis zu 2 g/l, die konzentrierteren und die Solen zu Bädern verwendet. Kochsalzwässer haben eine ausgesprochene schleimlösende Wirkung, was bei Gurgelungen und Spülungen im Rachen, auch bei der Trinkkur im Magen von Wichtigkeit ist. Im Magen steht die säurelockende, also die sekretionssteigernde Wirkung voran. Natürlich warme und heiße Quellen üben diese Wirkung mild und doch energisch aus [Wiesbaden, Baden-Baden, Montecatini (Italien), Cestona (Spanien)]. Erhöht wird diese Wirkung erheblich durch das Vorhandensein freier Kohlensäure (Kissingen). Auch alkalische Kochsalzquellen

und Säuerlinge (Ems) können noch eine sekretionsfördernde Wirkung ausüben, wenn ihr Kochsalzgehalt überwiegt. Das Kochsalz ist in so hohem Maße ein körpereigenes Salz, daß es fast in jeder Konzentration resorbiert wird, hypertonische Lösungen wirken daher im Darm nicht abführend. Viele Sulfatquellen haben einen erheblichen Kochsalzgehalt (Mergentheim), was für den mildernden Ablauf der Sulfatwirkung von Bedeutung zu sein scheint. Auch in manchen antidiabetischen Wässern (Sulfatwässer, alkalische Wässer) wirkt der Kochsalzgehalt mit. Bei der Gicht scheinen Kochsalzwässer eine Erhöhung der Harnsäureausfuhr zu bewirken. Alle Kochsalzwässer, auch die hypotonischen, bewirken eine Hemmung der Wasserausfuhr, schwächere nur im Sinne einer Verzögerung. Bei Neigung zu Wasserretentionen sind sie also kontraindiziert. Die Peroxydasewirkung vieler Kochsalzwässer beruht auf dem häufigen Gehalt an Cu.

Für die Behandlung der Atmungsorgane kommen die Kochsalzwässer zu Mund- und Nasenspülungen und zu Inhalationen in Betracht wegen ihrer schleimlösenden, auch entzündungswidrigen Wirkung. Bei manchen kommt noch ein günstiger Ca-Gehalt hinzu. Die Übergangsformen zu den alkalischen Quellen (Ems, Gleichenberg) haben eine besondere Rolle als Katarrhwässer erworben. Das Kochsalz hat auch expektorierende Wirkung. Nicht nur in der Raum-, sondern auch in der Apparatinhalation und zur Inhalation an Gradierwerken werden Kochsalzwässer verwendet.

Eine souveräne Bedeutung haben die Kochsalzquellen und vor allem die Solquellen, als Bäder. Das *Solbad* hat keine so ausgesprochen spezifische Wirkung, wie sie anderen Bädern, z. B. den CO₂-haltigen (Kreislauf), den Schwefelbädern (Gelenke) zukommt. Das Solbad hat eine ausgesprochene Allgemeinwirkung,

Tabelle 9.
Analyse der Solquelle Edelquelle in Reichenhall (Kalt).

	mg/kg	mval-%
K ⁺ . . .	260,1	0,16
Na ⁺ . . .	94145,4	97,52
Ca ⁺⁺ . .	1186,0	1,41
Mg ⁺⁺ . .	454,5	0,89
Fe ⁺⁺ . .	2,51	0,00
Al ⁺⁺⁺ . .	2,69	0,01
NH ₄ ⁺ . . .	7,08	0,01
Cl ⁻ . . .	145279,82	97,61
SO ₄ ^{''} . .	4789,46	2,38
HCO ₃ ['] . .	10,49	0,00
Br ['] . . .	27,95	0,01
H ₂ SiO ₃ .	25,0	
	246191,0	

Spurenstoffe: Li, Mn, HPO₄.

vornehmlich beim kindlichen Organismus. Es gilt daher als eines der wichtigsten Mittel, wenn es sich um die Hebung des Allgemeinzustandes beim kindlichen Organismus handelt.

Der starke Einfluß auf das, was wir die reaktive Persönlichkeit nennen, macht sich aber auch geltend in der Anwendung des Solbades auf zwei Bereiche beim Erwachsenen: beim Rheuma und in der Gynäkologie. Heiße Kochsalz- und Solquellen (Wiesbaden, Baden-Baden, Salzuflen) nehmen einen bedeutenden Platz in der Rheumabekämpfung ein. Daß eine spezielle Wirkungskomponente auf die Gelenke in Betracht kommt (starke Badereaktion namentlich in den Gelenken) ist möglich (KRONE). Die den Organismus allgemein fördernde Wirkung kommt ferner bei den endogenen Schwächezuständen im Rahmen der Gynäkologie in Betracht (KOBLANCK). Hierbei kann sowohl das Pubertätsalter in Betracht kommen wie der Zustand junger Frauen mit mangelhafter Funktion der Genitalsphäre. Manche spezielle Zustände in diesem Bereich (gynäkologischer Kreuzschmerz) eignen sich besonders für das Solbad. Sehr stark ist die allgemeine beruhigende Wirkung sowohl bei Erwachsenen wie bei Kindern. Auch bei den kohlen säurehaltigen Solquellen und Thermen, die in der Herztherapie eine Rolle spielen (Nauheim, Oeynhausen), schreibt man dem Kochsalzgehalt eine kreislaufberuhigende Wirkung zu.

Nord- und Westdeutschland sind die Gebiete mit zahlreichen und hochkonzentrierten Kochsalz- und Solquellen: Wiesbaden 65°, Baden-Baden 68°, Kissingen, Homburg, Kreuznach, Neuhaus. Viele haben auf Kochsalzgrundlage wichtige Wirkstoffe: Salzuflen, Nauheim (CO₂), Mergentheim (NaSO₄), Dürkheim (As), Hall (Donau) (J), Wiessee (SJ). Größere Gebiete mit Kochsalzquellen sind ferner Norditalien: Montegrotto 92°, Abano 84°, und Nordspanien: Arnedillo und Latoja (Thermen), ferner Passug in der Schweiz 829 m und Balaruc (Frankreich). Wichtige Solquellen sind: Lüneburg, Oeynhausen, Pyrmont, Salzdethfurt, Salzschlirf, Salzuflen, Soden (Taunus), Rheinfelden (Schweiz), Salsomaggiore (Italien). Demgegenüber sind andere weite Gebiete (Südosteuropa, Japan) arm an Kochsalz- und Solquellen (Analyse Kochsalzquellen Tabelle 4, Solquellen Tabelle 9).

Meerwasser.

Das Meerwasser steht analytisch den Kochsalzquellen nahe. Sein Gehalt an Kochsalz (im freien Ozean 3,5%) schwankt erheblich, besonders in der Nähe reich gegliederter Küsten, wo sich der Einstrom der Süßwasserflüsse geltend macht (Ostsee ca. 0,6%). Das Meerwasser enthält außerdem vor allem Mg-, Ca-, K-Salze, Chloride und Sulfate, insgesamt sind 37 Elemente, darunter sehr viele Feinstoffe nachgewiesen. Das Verhältnis der Stoffe zueinander scheint konstant, die Gesamtkonzentration wechselt. Brom steht mit 65 mg/kg an der Spitze der Spurenstoffe; weiter sind nachgewiesen vor allem J, B, Sr, dann in zweiter Linie Si, Al, Li, Ru. Als Ausgangsmaterial dieser Vorkommen muß man die organischen Ausscheidungen und Zerfallsprodukte der Meerbewohner ansehen. Das Meerwasser ist hinsichtlich seiner Reinheit mit den Quellwässern nicht zu vergleichen. PFANNENSTIEL hat vom hygienischen Standpunkte aus Bedenken gegen die namentlich durch die Naturheilkunde in der neueren Zeit wieder üblich gewordene Meerwassertrinkkur geäußert. Dieses Verfahren ist in der Geschichte der Balneologie wiederholt aufgetaucht und wieder verschwunden. Die sogenannte Identität mit dem Blutserum ist eine Phantasie. Man hat dem Meerwasser, als der Urflüssigkeit, aus der alles Leben stammt, besondere biologische Bedeutung zugesprochen. Die Loslösung der landlebenden Tiere vom Meere hat sich aber zu einer Zeit vollzogen, als das Meerwasser eine andere Zusammensetzung hatte als heute, so daß für die heutigen Verhältnisse die beweisenden Zusammenhänge fehlen.

Sehr wichtig ist dagegen, daß im Tierversuch eine echte Transmineralisation erfolgt, und zwar durch eine sehr starke Magnesiumanreicherung und Erhöhung des Quotienten $Mg : Ca$; eine ähnliche Einwirkung kann beim Menschen angenommen werden (KÜHNAU). Der Mineralstoffwechsel und der Gesamtstoffwechsel des Organismus wird durch aufgenommenes Meerwasser anscheinend wesentlich beeinflußt, so daß sich hieraus Anhaltspunkte für die Therapie ergeben. Auch praktisch liegen Anhaltspunkte für die Anregung und Normalisierung des Stoffwechsels sowie der Sekretion und Motilität in Magen und Darm besonders bei Kindern vor (Appetitsteigerung, Verbesserung des Chemismus des Körpers). Über den Stoffwechsel (Mg) erklären sich vielleicht auch die Wirkungen bei Neuralgien; als Indikationen kann man ferner anerkennen die exsudative Diathese, manche postinfektiösen Zustände und Störungen der ableitenden Harnwege.

Die Anwendung zur Trinkkur macht die Verwendung eines keimfreien Meerwassergetränks notwendig (Gewinnung auf hoher See, Pumpengewinnung aus der Tiefe am Strand). Notwendig sind vielfach Geschmacksänderungen. Diese Eingriffe bringen natürlich die Gefahr der Zustandsänderung des Meerwassers überhaupt mit sich.

Als Bademedium spielt das Meerwasser eine bedeutende Rolle: Warme Wannenbäder, denen ungefähr die Wirkung eines schwachen Solbades zukommt, werden in vielen Seebädern verabreicht. Wichtiger ist die Bedeutung des Bades an der Küste als Freibad. Hier kommen die Wirkungen des kalten Freibades (s. S. 150) vereint mit der klimatischen Wirkung zur vollen Geltung. Freibäder an der See bedeuten daher einen wirksamen Faktor bei Kuren zur Erholung, Abhärtung, Ertüchtigung usw. Für Kinder und ältere Leute sind Einschränkungen erforderlich.

Die größte und durch nichts zu ersetzende Bedeutung hat aber die Küste mit ihrer gesamten Milieugestaltung als große Klimaheilstätte (s. S. 162). Hier ergibt sich die Möglichkeit, daß das Wasser des Meeres als Bademedium, für Meerwassertrinkkuren und als Grundlage des großen Freiluftinhalatoriums am Strande, namentlich in der Brandung mitwirkt. Eine besondere Kombination kann sich ergeben, wenn Badeorte mit besonders charakterisierten natürlichen Heilmitteln an der Küste liegen, so Solbäder (Kolberg), Moorbäder (Camin, Ahlbeck, Warnemünde), Schlickbäder (Cuxhaven, Wilhelmshaven). Im südlichen Klima erfährt diese Kombination noch eine Steigerung dadurch, daß die genannten natürlichen Heilmittel sich dort im Freien mit ausgiebiger Sonnenkur benutzen lassen, so die Limanschlamm-bäder an der Schwarzmeerküste und warme Salzbäder in den Limanbarren (Pomoria in Bulgarien, Amara, Bugaz u. a. in Rumänien), ferner Sandbäder (Grado, Italien).

Salzseen.

Die großen isolierten Binnenmeere haben vielfach einen Mineralgehalt, der von dem des offenen Meeres erheblich abweicht: Das Tote Meer enthält hohe Beträge von Cl, Mg, Br und Ca, nur geringe von Na und SO_4 . Im Kaspischen Meer überwiegen die SO_4 -, ferner die Ca- und Mg-Ionen. Die Limanseen an der Küste des Schwarzen Meeres sind mäßig konzentrierte Solen (5%) mit erheblichen Beträgen an schwefelsauren Alkalien.

Es gibt außerdem Salzseen (Leopoldshall), die mehr oder weniger konzentrierte reine Solen enthalten, zum Teil stehen sie in Verbindung mit Salzschächten oder Salzstöcken. Ein Teil dieser Salzseen hat, weil sie warm sind, schon seit langer Zeit zu Bädern Verwendung gefunden (Salzburg bei Hermannstadt, Sowata, Ocna in Rumänien). Die Wärme dieser Seen stammt nicht von warmen Zuflüssen, wie

man annahm, sondern ist durch Speicherung der Sonnenwärme entstanden (ZIEGLER, v. KALECINSKI, STURZA). In den warmen Salzseen von Sowata (STURZA) stammt der Salzgehalt aus Salzstöcken, die in den Boden des Sees hineinragen. In den See münden langsam rinnende Süßwasserbäche ohne Gefälle, die sich nur wenig mit der konzentrierten Sole mischen, diese vielmehr überschichten. Es ergeben sich folgende Konzentrationen und Temperaturen (Bärensee in Sowata, Juni): Oberfläche Konzentration 0%, in 1 m Tiefe 10%, in 2 m Tiefe 23%. Sie nimmt nach der Tiefe noch zu. Die Temperaturen an den entsprechenden Stellen sind: 25°, 45°, 42°. Die Erwärmung geschieht hier nicht durch Wanderung der erwärmten und abgekühlten Teile je nach dem Gewicht, da die spezifisch schwereren, konzentrierten Teile in der Tiefe nicht oder nur wenig bewegt werden. Die Erwärmung erfolgt durch Fortleitung der Wärme. Außerdem stellt die oberflächliche Süßwasserschicht eine Isolierschicht dar und verhindert in der kühlen Jahreszeit das rasche Abkühlen des Sees. Man hat diese Salzseen *Solarthermen* genannt (STURZA). Ähnliches findet sich in Norwegen (Ostrawiksee) und in Sibirien (Salzsee von Kysilhak). Durch die Bewegung des Wassers beim Baden entsteht in Sowata eine Durchmischung, wodurch die Verhältnisse sich zeitweilig ändern. Als Indikationen werden angegeben Rheuma, entzündliche Frauenleiden und Kinderkrankheiten.

Alkalische, erdige und Sulfatquellen.

Unter alkalischen Quellen verstehen wir solche, in denen als Anion das Hydrocarbonat HCO_3 , als Kation Na vorwaltet. Bei den erdigen Quellen finden wir ebenfalls HCO_3 , hierzu Ca und Mg, es überwiegt im allgemeinen das Ca. Noch entscheidender wirkt sich der Ca-Bestandteil in den Gipsquellen aus. Hier finden wir als Anion SO_4 . Das gesamte Gebiet der Sulfatquellen wird von den Gipsquellen, Glaubersalz- und Bittersalzquellen dargestellt. In den beiden letzteren steht

Tabelle 10. Analyse Fachingen, alkalischer Sauerling. Temperatur 11,25°.

	mg/kg	mval.-%
K	39,63	2,06
Na	805,8	71,24
Ca	138,5	14,06
Mg	71,45	11,95
Fe	3,31	0,24
Li	1,02	0,30
NH_4	0,52	0,06
Sr	0,17	0,01
Ba	0,05	0,00
Mn	1,1	0,08
Cl'	215,4	12,35
SO_4 ''	54,19	2,29
HCO_3 '	2560,0	85,32
NO_3 '	0,69	0,02
Br'	0,17	0,01
J'	0,01	0,00
HPO_4	0,08	0,01
HBO_2	1,76	
H_2SiO_3	20,03	
CO_2	2232,0	
	6145,88	

als Kation das Na bzw. das Mg dem Sulfat gegenüber. Das SO_4 setzt sich nur in den beiden letzten Gruppen wirkungsmäßig durch. In die Calciumwässer ragt außerdem von einer anderen Seite (Kochsalzwässer) eine wichtige Gruppe hinein, die der Chlorcalciumquellen, wo sich das Ca dem Anion Cl gegenüberstellt. Übergangsformen zwischen allen genannten Gruppen sind vorhanden, wichtig sind vor allem die alkalischerdigen Wässer, die alkalischen Sulfatwässer und die kochsalzhaltigen Gipsquellen.

Alkalische Quellen: Wo HCO_3 auftritt (W, ZÖRKENDÖRFER), steht es immer in gegensätzlicher Beziehung zu Kohlendioxyd, Hydroxyd und Carbonat. Ein Teil dieser Quellen enthält freies CO_2 , meist über 1 g. Ihre Reaktion ist sauer, es sind die alkalischen Sauerlinge. Diese Benennung ist kein Widerspruch, denn das Alkali bleibt trotz der sauren Reaktion bestehen. Es kommt zwar nicht in dieser, wohl aber in dem sogenannten Säurebindungsvermögen zum Ausdruck, d. h. ein Zusatz von Säure verdrängt das HCO_3 , so daß wir aus dessen Verdrängung einen Maßstab für das vorhandene Alkali gewinnen können. Die reinen alkalischen

Quellen, die neben HCO_3^- - noch CO_3 und OH^- -Anionen enthalten, aber keine freie Kohlensäure, sind noch stärker alkalisch. Ihr Gehalt an festen Bestandteilen liegt meist unter 1 g; besonders gering pflegen Cl und SO_4 zu sein (W. ZÖRKENDÖRFER).

Einen Maßstab für die Alkalität gibt die mval-Rubrik der Analyse betr. HCO_3^- , denn dieses HCO_3^- verleiht ja den Quellen alkalischen Charakter, z. B. Preblau alkalischer Säuerling Alkalität 48 mval CO_3 , Fachingen 66, Bilin 72. Auch Quellen anderer Zusammensetzung (S-, Kochsalz-, Bitterquellen, Glaubersalzquellen) können einen erheblichen Grad von Alkalität besitzen, beispielsweise Aachen Kaiserquelle, Schwefeltherme, Alkalität 16,9, Marienbad Kreuzbrunnen, Kochsalz- und Glaubersalzquelle 48,0, Mergentheim Albertquelle, kochsalz- und bittersalzhaltiger Säuerling 48,0, Nauheimer Kurquelle, Solsäuerling 21,9.

Obenan steht die Verwendung der alkalischen Quellen zur Säureabstumpfung des Magens, diese Einwirkung ist zu den verschiedenen Phasen der Verdauung verschieden. Gibt man alkalische Wässer in den verdauenden Magen, so tritt bald wieder die Säurebildung hervor, das Alkali kann hier nur kurze Zeit alkalisierend wirken (KELLING). Der alkalische Speisebrei kann aber den Magen rasch wieder verlassen, was auch subjektiv angenehm empfunden wird (GRAUL). Gibt man es vor der Mahlzeit, so erreicht man eine stärkere Wirkung. Das hängt damit zusammen, daß alkalische Brunnen, abgesehen von einer direkten Säurebekämpfung, sobald sie aus dem Magen in den Darm gelangen, eine hemmende Wirkung auf die Sekretion ausüben. Läßt man daher das Wasser nüchtern und in kleinen Portionen trinken, so kann man in der Tat bei Hyperaciden eine normale Säurekurve erreichen. Andererseits zeigt sich, daß das dauernde Trinken alkalischer Wässer auf gesunde und subacide Personen wegen der Abstumpfung der Verdauungssäfte nicht angebracht ist. Die Wirkung des Mineralwassers geht nicht über die Neutralisation hinaus, da das HCO_3^- eine schwache Säure ist.

Alkalische Wässer haben auch (СНВОСТЕК) Einfluß auf die Sekretion der Galle. Allerdings treten in dieser Beziehung die alkalischen Wässer hinter die Sulfatwässer zurück. Gerade die wirksamsten Sulfatwässer in der Gallentherapie haben (Karlsbad) alkalischen Charakter.

Ist es möglich, durch die Aufnahme alkalischer Wässer eine Alkalisierung der Gewebssäfte herbeizuführen? Im normalen Leben wirken dem und der damit zusammenhängenden p_{H} -Änderung des Blutes die regulatorischen Einrichtungen des Körpers entgegen: Puffersubstanzen, Ausscheidung eines alkalischen Harns, Atemregulierung (W. ZÖRKENDÖRFER). Beim Diabetes haben wir es mit einer Verringerung der Alkaliereserve infolge der Acidosis zu tun. Es braucht sich hier nicht schon um eine klinisch hervortretende Acidosis zu handeln, diese kann noch kompensiert sein, im höheren Falle treten Säurestoffwechselprodukte auf (auch bei der Urämie). Hier nun werden die Regulationsmechanismen durch die Alkalizufuhr unterstützt. Alkalische Wässer bewirken beim Diabetes zunächst eine Regulierung der Acidosis. Zwischen dieser und dem Zuckerstoffwechsel besteht ein ungünstig wirkender Zusammenhang, indem Säuregaben Glykosurie an sich hervorrufen, damit aber gewinnt die Alkalitherapie Einfluß auf den Zuckerstoffwechsel selbst: Senkung des Blut- und Harnzuckers, Erhöhung der Zuckertoleranz, Steigerung der Insulinwirkung, Herabsetzung der Acetonausscheidung. Diese Wirkung tritt nicht ein beim Gesunden und nicht beim schweren Diabetiker, wohl aber beim leichten und mittleren Diabetiker, in sehr ausgesprochenem Maße dann, wenn noch andere Anionen, vor allem S und Gips die Wirkung unterstützen (MAASE und SALECKER, KIENLE). Alkalische Wässer haben auch Einfluß auf den Harnsäurestoffwechsel; nach WIECHOWSKI wirken sie im Sinne einer verminderten Bildung der Purinkörper und einer erhöhten Ausschwemmung derselben.

Alkalische Wässer verschieben ferner die Reaktion des Harns, auch hier geht die Alkalisierung nicht über den Neutralpunkt hinaus. Praktisch ergibt sich Anwendung in der Therapie der Steinbildung des Harnsystems, besonders bei Harnsäuresteinen, vor allem wird deren Neubildung erschwert. Im alkalischen Harn fallen Phosphate und Carbonate aus. Das Harnsäurelösungsvermögen steigt im Harn nach Aufnahme alkalischer Wässer (PIETSCHE). Auch diese Wässer erhöhen die Harnmenge und damit die Möglichkeit zur Ausspülung der Harnwege. Bedeutend ist die schleimlösende Wirkung der alkalischen Wässer, die vor allem bei Trinkkuren im Magendarm- und Harnsystem und ebenso bei der Inhalation (Katarrh der Luftwege) sich geltend macht. Kohlensäurehaltige alkalische Brunnen werden zu Bädern in der Kreislauftherapie verwendet.

Tabelle 11.
Analyse Altheide, großer Sprudel, erdiger Sauerling. Kalt.

	mg/kg	mval-%
K	46,57	4,51
Na	73,18	15,33
Ca	277,8	66,82
Mg	30,59	12,13
Fe	7,05	1,21
Cl	3,98	0,54
SO ₄ '	31,27	3,14
HCO ₃ '	1216,95	96,30
HAsO ₄	0,09	0,01
HPO ₄	0,13	0,01
H ₂ SiO ₃	20,15	
CO ₂	2371,24	
	4079,0	

Tabelle 12.
Analyse Meinberg, Neubrunnen, reine Gipsquelle. Kalt.

	mg/kg	mval-%
K	1,5	0,11
Na	6,1	0,75
Ca	610,4	85,93
Mg	56,9	13,20
Fe	0,11	0,01
Cl	11,0	0,87
SO ₄ '	1481,0	86,97
HCO ₃ '	256,0	11,84
NO ₂ '	7,0	0,32
H ₂ SiO ₃	16,6	
	2446,61	

Bedeutende alkalische Quellen sind der Oberbrunnen in Salzbrunn (Schlesien), die Quellen von Preblau, Fachingen, Neuenahr, Gießhübel, Gleichenberg. Zu den alkalischen Sauerlingen gehören neben den schon genannten bekannte Tafelwässer (Apollinaris, Selters, Bilin). Alkalische Quellen: Warmer Sprudel in Cannstatt, Helenen- und Königsquelle in Wildungen, ferner Teinach, Gerolstein. Alkalische Kochsalzquellen sind Ems, Niederselters, Cannstatter Wilhelmsbrunnen, Salzbig. Alkalische Glaubersalzquellen: Karlsbader Mühlbrunnen, Bertrich, Elster Königsquelle. Ausland: Tarasp, Vichy und Royat (Frankreich), Montecatini (Italien), Caldas de Malavella 60° („Vichy Catalàn“) in Spanien, Vidago (Portugal), Fatra und Cigelka (Slowakei), Afyonkarahissar (Türkei).

Erdige Quellen: Erdige Quellen sind fast stets Sauerlinge. Mineralisation mehr als 1,0 (HCO₃, Ca, Mg) und mehr als 1,0 CO₂. Viele erdige Sauerlinge haben einen höheren Eisengehalt.

Das Ca kommt in fast allen Mineralwässern vor. Es bildet (CLARKE) etwa 3,5 Gewichts-% der Erdrinde und wird der Masse nach nur von O, Si, Al und Fe übertroffen. Ca-Verbindungen sind in reinem Wasser schwer löslich, doch erhöht für das Calciumcarbonat das Vorhandensein von CO₂ schon in geringer Menge die Löslichkeit. Gips (SOUCI) hat eine Löslichkeit von 2% in Wasser, es können also schon recht große Mengen in Lösung gehen. Calciumchlorid kann sich in Mineralwässern dadurch bilden, daß eine Quelle aus dem Gestein gleichzeitig Kochsalz und Gips oder Carbonat in sich aufnimmt (SOUCI), trotzdem ist

der Gehalt dieser Quellen an ihren charakteristischen Bestandteilen im allgemeinen nicht hoch. Höhere Werte ergibt die Kombination mit Kochsalz (erdige Kochsalzquellen). Zwischen beiden stehen als Übergangsgruppe die *Chlorcalciumquellen*. Das CaCl hat eine hohe Löslichkeit in Wasser, so daß hier hohe Konzentrationen vorkommen.

Im Mineralhaushalt des Körpers spielt das Ca eine wichtige Rolle. Der Ca-Spiegel des Blutes ist von Bedeutung für lebenswichtige Funktionen, Herz, Atmung, Wärmeregulierung, Hormonbildung. Können wir den Ca-Spiegel von außen durch Kalkgaben beeinflussen, insbesondere durch Mineralwässer? Diese Frage ist zu bejahen. Auch hier besteht die Tatsache, daß eine Beeinflussung beim Gesunden kaum gelingt, während eine durch Krankheit bedingte Erniedrigung des Ca-Spiegels zur Norm hin beeinflußt werden kann. Das weist schon darauf hin, daß das Ca bei Mineralwassertrinkuren Neigung hat zur Transmineralisation. Nach Einnahme von Marienbader Rudolphquelle (PENDL) steigt bei einer Versuchsperson der Serumkalk innerhalb 2 Wochen von 8,9 auf 10 mg-%, hiervon das vor allem wichtige ionisierte Calcium von 2,9 auf 4,4.

Das Ca hat wichtige Wirkung auf die Körperkolloide, es wirkt der Quellung entgegen, d. h. verfestigend und gewebisdichtend. So kann es unter Umständen entwässernd wirken und Ödeme zum Schwinden bringen. Man hat es deshalb als fernwirkendes Adstringens bezeichnet (MAYER). Ca hat eine ausgesprochen anti-entzündliche, d. h. eine entzündungswidrige Wirkung. Es behindert schließlich auch eine pathologische Durchlässigkeit der Zellwände, bekämpft die Exsudatbildung und kann auch die Fieberbewegung beeinflussen (HEUBNER).

Die gewebisdichtende Eigenschaft des Ca kann bei Darmerkrankungen nützlich sein: direkter Einfluß auf die Schleimhäute, außerdem hemmender Einfluß auf die Darmbewegungen durch das resorbierte Ca; so können Ca-Quellen auf zwei Wegen obstipierend wirken. Sein vegetativer Einfluß ist im allgemeinen der, daß es dem Vagotonus entgegenwirkt (Anwendung bei allergischen Krankheiten).

Auch im Harnsystem kommt der doppelte Wirkungsweg in Betracht: das in der Harnflüssigkeit erscheinende Ca (obschon Ca hauptsächlich durch den Darm ausgeschieden wird) wirkt direkt auf die Schleimhäute der Harnwege. Das resorbierte Ca hat in der Niere eine diuresesteigernde Wirkung.

Erdige Quellen sind: Altheide, Driburg, Einöd, Neuhaus, Reinerz. Geringen Kochsalzgehalt haben Altheide, Marienbad, Reinerz. Alkalisch-erdige Quellen sind Cannstatt, Gleichenberg, Wildungen, ferner Evian (Frankreich), Bormio (Italien).

Chlorcalciumquellen: Cannstatt Daimlerquelle, Oeynhausener Wittekindquelle, Suderode, ferner Herkulesbad (Rumänien).

Die *Gipsquellen* (früher sulfatische Quellen genannt) sind meist schwach konzentrierte Wässer, die wenig oder keine Kohlensäure enthalten. Gerade diese Klasse hat viel Übergänge zu den gewöhnlichen Süßwässern (ZÖRKENDÖRFER), unter denen ja die kalkhaltigen häufig sind.

Gips gilt in der Pharmakologie als schwer verdaulich. Dem steht aber (WINCKLER) die Erfahrung gegenüber, daß gerade viele als Nutzwasser verwendete Quellen reichlich Gips enthalten und ohne Schäden in langen Generationen genommen werden.

In Gipswässern muß sich die gewebisdichtende Wirkung des Ca mit den stoffwechselfördernden Wirkungen des Sulfates vereinigen, indessen ist die Resorption des Calciumsulfates verzögert. Nur bei hohen Dosen, die praktisch nicht in Betracht kommen, kann die abführende Sulfatwirkung sich durchsetzen. Dagegen macht sich die letztere in sonstigen Stoffwechselbeeinflussungen geltend.

Das gilt vor allem im Bereich der Diabetesbehandlung mit Gipswässern (MAASE und SALECKER, KIENLE). Die Gipswässer haben eine ausgesprochen antidiabetische Wirkung nicht beim schweren, wohl aber beim leichteren und mittleren Diabetes. Harn- und Blutzucker sinken, ebenso die Acidose, die Zuckertoleranz steigt, die Insulinwirkung wird erhöht (KIENLE, s. Abb. 48). Damit steht wahrscheinlich im Zusammenhang die von KIENLE festgestellte Tatsache, daß Gipswässer eine den Blutchemismus günstig beeinflussende Wirkung haben bei chronischen und subchronischen Leberschäden. Hier wird die Leberfunktion selbst reguliert (Rückgang des Ikterus). Die antidiabetische Wirkung ist vor allem den S-haltigen Gipswässern eigen, da hier zwei gleichsinnig wirkende Komponenten zusammenkommen. Gipswässer besitzen von alters her einen Ruf in der Therapie der Gicht. Sie sind (WIECHOWSKI) imstande, den Purinumsatz herabzusetzen und haben erhöhte Harnausscheidung zur Folge (KELLER, STEPANS).

Reine Gipsquellen (möglichst kochsalzfreie) haben auch Wirkung auf die Nierenfunktion (KIENLE). Auch hier wird der Blutchemismus beeinflusst, die Ausscheidungsverhältnisse reguliert. Ferner haben Gipsquellen Wirkung auf chronische Darmkatarrhe (adstringierende Wirkung), bei Harnsteinen von Phosphat- und Carbonatcharakter und entzündlichen Erkrankungen der Harnwege überhaupt. Die verdichtenden Eigenschaften des Calciumions scheinen sich auch bei Hautkrankheiten zu bewähren.

Gipsquellen haben einen starken Einfluß auf das vegetative Gleichgewicht, was besonders von französischen Autoren im Tierexperiment festgestellt wurde (VILLARET, SANTENOISE und Mitarbeiter).

Reine Gipsquellen sind nicht häufig (Tugo-Quelle in Tiengen, Oberrhein, Meinberg). Sonstige Gipsquellen: Lippspringe, Driburg; S-haltige Sebastiansweiler, Nenndorf, Baden bei Wien; Fe-haltig Pyrmont. Besonders zahlreich sind die Gipswässer in der Slowakei (Stuben, Sklene Teplice; Trentschin-Teplitz: S-haltig), alles Thermen, Contrexéville und Vittel in Frankreich, Leukerbad (Schweiz), Alceda und Ontaneda (S-haltig, Spanien).

Glaubersalzwässer (früher salinische Wässer genannt), und *Bitterwässer*: in beiden Gruppen tritt das SO_4 als Anion bestimmend auf. Es ist schwer löslich und schwer diffundierbar. Ihm gegenüber tritt in den Glaubersalzquellen das leicht lösliche Na, in den Bittersalzwässern das schwer lösliche Mg. In den letzteren kommen also zwei schwer lösliche und diffundierbare Elemente zusammen, daher die verstärkte Wirkung. Bitterwässer enthalten stets auch Glaubersalz.

Die hauptsächlichste Wirkung dieser Quellen ist eine solche auf den Darm. Die Erschwerung der Diffusion bewirkt, daß die Resorption aus dem Darmlumen verzögert wird. Bei stärkerer Wirkung tritt auch eine umgekehrte Flüssigkeitsrichtung aus der Darmwand in das Darmlumen ein. Bei den meist isotonischen schwächeren Glaubersalzwässern kommt nur die verzögerte Resorption in Betracht. Sie geben ihr Lösungswasser nicht her und erhalten den Darminhalt daher flüssig. Die Wirkung der Bittersalzquellen ist eine reine Salzwirkung, keine Flüssigkeitswirkung. Dieser ganze Vorgang beginnt schon im Magen, wodurch auch hier eine verzögerte Resorption einsetzt. Das wird so lange fortgesetzt, bis Isotonie hergestellt ist. Indessen hat der Speisebrei einen großen Teil des Dünndarms durchlaufen; nun aber tritt keine wesentliche Resorption mehr ein, weil der nun folgende Dickdarm auf die Bewältigung von Flüssigkeit nicht eingestellt ist. So werden die genannten Quellen zu bedeutenden Mitteln in der Obstipationsbehandlung. Konzentrierte SO_4 -Lösungen werden im Darm so lange durch Wasserabgabe verdünnt, bis sie auf 3% eingestellt sind. Das kann einen stärkeren Wasserentzug und Bluteindickung zur Folge haben. So ergibt sich, daß die Glaubersalzwässer für eine Dauerbehandlung (hier keine Bluteindickung), die größer wirken-

den Bittersalzquellen vor allem für eine einmalige oder von Zeit zu Zeit zu verabreichende Dosis geeignet sind (BUCHHEIM, W. ZÖRKENDÖRFER, K. ZÖRKENDÖRFER).

Die stärkeren Wässer wirken unmittelbar reizend auf die Darmwand, sie erzeugen dadurch eine rasch einsetzende Peristaltik, so daß schon bald nach der Aufnahme des Wassers durch die Fortpflanzung dieser Bewegung ohne die chemische Wirkung eine Stuhlentleerung herbeigeführt werden kann.

Tabelle 13.
Abführende Dosen einiger Glauber- und Bitterwässer. (Nach W. ZÖRKENDÖRFER.)

Quelle (Name und Charakter)	SO ₄ g/kg	abführende Dosis
Sternhof (Bitterwasser)	66,0	50
Franzensbad (Glauber IV)	26,0	150
Saidschitz (Bitterwasser)	14,0	200
Friedrichshall (Bitterwasser)	9,0	300
Mergentheim Albertquelle (Glauber-kochsalzhaltige Bitterquelle, Sauerling)	7,0	400
Elster Salzquelle (Glaubersalzquelle)	4,0	700
Marienbad Kreuzbrunnen (alkalischer Kochsalz-Glaubersalzsauerling)	3,5	800
Grenzach, Grenzquelle (Glaubersalz-kochsalzhaltige Bitterquelle)	3,0	1000

Die Dosis des entscheidenden SO₄ für die Abführwirkung liegt bei 3,0 g SO₄, bei Bitterwässern etwas niedriger, bei Glaubersalzwässern etwas höher. Hiernach

Tabelle 14. Analyse Karlsbad, Großer Sprudel, alkalische Glaubersalztherme. Temperatur: 69,1°.

	mg/kg	mval-%
K ⁺	99,47	2,93
Na ⁺	1694	84,98
Ca ⁺⁺	126,5	7,29
Mg ⁺⁺	44,33	4,20
Fe ⁺⁺	1,62	0,07
Li ⁺	3	0,50
NH ₄	0,13	0,01
Sr ⁺⁺	0,28	0,01
Mn ⁺⁺	0,3	0,01
Cl ⁻	609,2	19,82
SO ₄ ^{''}	1662	39,93
HCO ₃ [']	2121	40,10
Br [']	0,97	0,01
J [']	0,01	0,00
F [']	2,18	0,13
HPO ₄	0,22	0,01
HAsO ₄	0,2	0,00
HBO ₂	3,81	
H ₂ SiO ₃	91,07	
CO ₂	395,2	
	6855,49	

Tabelle 15. Analyse Saidschitz, Hauptquelle. Bitterquelle. Kalte Quelle.

	mg/kg	mval-%
K ⁺	239,4	6,12
Na ⁺	1973	85,78
Ca ⁺⁺	386,3	19,28
Mg ⁺⁺	3011	247,6
Fe ⁺⁺	1,2	0,04
Cl ⁻	210,4	5,93
J [']	4,3	0,03
NO ₃ [']	2740	44,18
SO ₄ ^{''}	1408	293,2
HCO ₃ [']	943,8	15,44
H ₂ SiO ₃	5,9	
CO ₂	Spuren	
	2359	

kann man die Wirkungsdosen berechnen (s. Tabelle 13). Starker Kochsalzgehalt setzt die Wirkung herab.

Glaubersalz- und Bittersalzwässer haben außerdem eine ausgesprochen cholagoge und choleretische Wirkung auf die Leber. Sie entlasten die Leber durch die Entleerung der giftigen Ab-

fallprodukte. Der starke Reiz, den die Wässer auf die Sekretionstätigkeit der Leber ausüben, wird in der Duodenalsondierung mit Bitterwasser nutzbar ge-

macht (HAUG). Die Folge dieser Prozedur ist eine Entleerung und Drucksenkung in Leber- und Gallenblase, eine Erschlaffung der umgebenden Darmabschnitte, eine Eröffnung des Gallenganges und in der weiteren Folge eine Wirkung gegen die Stauung in der Leber. Außerdem verschafft die SO_4 -Komponente dieser Quellengruppe eine Stoffwechselwirkung im Sinne antidiabetischer Wirksamkeit. Vielleicht kommt hier eine Transmineralisation über Leber und Pankreas zustande. Wahrscheinlich ist auch eine (GRAF) den Gesamtstoffwechsel anregende Wirksamkeit, die man bei Entfettungskuren ausnutzen kann.

Reine Glaubersalzquellen sind Hersfeld Lullusbrunnen, Marienbad Kreuzbrunnen, Franzensbad Glauberquelle 4.

Glaubersalz-Kochsalzbrunnen sind vor allem die Mergentheimer Wässer, die Quellen von Melle, Neuhaus, Salzschlirf (Tempelbrunnen). Die Sudetenwässer sind kochsalzarm. Der Karlsbader Mühlbrunnen (69°) ist eine typische alkalische Glaubersalzquelle, eine schwächere ist Bertrich. Ausland: Tarasp (Schweiz), Montecatini und Chianciano 32° (Italien), Cestona 31,5°, Kochsalz-Glaubersalzquelle (Spanien). Bitterwässer: Mergentheimer Karlsquelle und Wilhelmsquelle, beide mit Kochsalz und Glaubersalz, Friedrichshall, Saidschitz (Sudeten), Sternhof und Sedlitz, die beiden letzteren im Protektorat, Ausland vor allem Budapest (Apenta, Franz-Josef und Hunyadi-Janos).

Kohlensäurehaltige Quellen.

Damit eine kohlensäurehaltige Quelle als Heilquelle gilt, muß sie einen Gehalt von 1000 mg/l CO_2 aufweisen. Der Gehalt dieser in Deutschland zahlreichen CO_2 -Quellen schwankt zwischen 1000 und 4000 mg gleich einem Gasgehalt von $\frac{1}{2}$ —2 l CO_2 pro Liter Wasser.

Die Kohlensäure ist juvenilen Ursprungs. Sie strebt in den Gesteinsspalten zum Teil selbständig nach oben. Begleiten sie auf diesem Wege aufsteigende Wasserzüge, so kann sie sich physikalisch mit diesen mischen. Sie verleiht dann (s. S. 6) den betreffenden Wasserzügen einen erhöhten Auftrieb. Die die Wasserader begleitenden Gasschwaden verlassen häufig selbständig durch Klüfte den Erdboden, sie wird in dieser Form technisch und therapeutisch gewonnen und genützt (Kohlensäuregasbäder s. S. 48). Ein Teil der gasförmigen CO_2 geht in Lösung, das ist die *gelöste freie Kohlensäure*. Wir bezeichnen sie so zum Unterschied von der *chemisch gebundenen*. Diese Bindung kann verschieden sein, entweder liegt eine volle chemische Bindung vor, die nur durch einen chemischen Eingriff aufgehoben werden kann (in den sekundären Carbonaten), oder die CO_2 ist loser (in den primären Carbonaten) verankert. In dieser weniger festen Form muß sie im Gleichgewicht stehen mit der im Wasser gelösten freien Kohlensäure. Durch das Austreiben der letzteren (durch Kochen usw.) kann auch sie in Freiheit gesetzt werden, da immer wieder ein Gleichgewichtszustand zwischen beiden Formen hergestellt wird. Wir sprechen daher in diesem Falle von der *halbgebundenen Kohlensäure*.

Die kohlensäurehaltigen Quellen haben verschiedene Konstitution. Es gibt sogenannte einfache Kohlensäurequellen oder Sauerlinge: Mineralisation dieser Quellen unter 1 g (Wernarzer Quelle Brückenau: Mineralisation 0,15, CO_2 2,2 g, Theresienquelle in Charlottenbrunn: 0,8 und 1,04, Lieberda: 0,53 und 2,2), Wenn alkalische oder erdige Quellen einen 1 g übersteigenden Gehalt an CO_2 besitzen, so spricht man von alkalischen oder erdigen Sauerlingen (Fachingen, Preblau, Neuenahr, erdiger Sauerling Altheide). Die sogenannten Eisensauerlinge sind Quellen, die bei sehr verschiedener Mineralisation über 10 mg Eisen und über 1,0 CO_2 enthalten: Elster, Schwalbach, Pyrmont, Liebenstein, Marienbad, ferner Balatonfüred (Ungarn). Schließlich kommen die kohlensäurehaltigen Sol- und

Kochsalzquellen in Betracht, Homburg, Kissingen, Salzuflen, Orb, Soden, Nauheim. CO₂-haltige Quelle auf Gipsgrundlage ist Sliač in der Slowakei. CO₂-haltige Thermen: Nauheim, Oeynhausen, Cannstatt, Sliač (siehe Tabellen 6 und 11, S. 19 und S. 30).

Die technische Behandlung der kohlensäurehaltigen Quellen ist ein wichtiges Problem der technischen Balneologie, denn bei dem niedrigen Partialdruck der CO₂ in der atmosphärischen Luft hat diese die Tendenz zu entweichen. Bei Trinkbrunnen für den Versand ist zu beachten, daß der Verlust der CO₂ das Ausfällen gelöster Bestandteile (s. S. 15) nach sich zieht. Vielen Versandwässern wird künstliche oder aus der Quelle gewonnene CO₂ für den Flaschenversand zugesetzt, teils im Interesse der Haltbarkeit, teils um einer nicht besonders glücklichen Geschmacksrichtung zu genügen. Beim Baden erfordert die Erwärmung der empfindlichen CO₂-Wässer besondere Vorsicht.

Als Trinkbrunnen (in dieser Verwendung als Sauerling bezeichnet) haben die CO₂-haltigen Quellen sich durch ihren erfrischenden Geschmack und die vielfach geringe oder auch wohlschmeckende Mineralisation (alkalische Sauerlinge) einen Platz als beliebte Tafelwässer und Erfrischungswässer erobert.

Im Magen regen CO₂-haltige Wässer die Sekretion kräftig an, besonders wenn das Getränk nüchtern und kalt genossen wird. Die Verweildauer im Magen wird abgekürzt, die Motilität angeregt, es entsteht eine Hyperämie der Magenschleimhaut, dadurch kommt eine anregende Tätigkeit auf die Verdauung zustande. Infolge ihrer schwachen Mineralisation wirken viele CO₂-Wässer diuretisch. Bei dieser Wirkung hilft das häufig vorhandene Calcium mit. Die Diurese kann überschießend sein, jedenfalls übertrifft sie die des reinen Wassers. Die kräftige Diurese schwemmt Schlacken und Mineralstoffe aus, wirkt also demineralisierend. Steine in den Harnwegen werden zwar nicht gelöst, aber die erheblich steigende Harnflut (Verdünnung des Harns) wirkt der Steinbildung entgegen. Das Harnsäurelösungsvermögen steigt in derart verdünntem Harn bedeutend an.

Die größte Bedeutung kommt den CO₂-Quellen in der Verwendung zu Bädern bei Herz- und Kreislaufkrankheiten zu. Sobald der menschliche Körper sich in ein CO₂-Bad begibt, setzen an seinem Körper in großer Menge feine CO₂-Gasbläschen an. Abgestreift oder von selbst sich lösend, werden sie während der Badedauer ersetzt. Die Kohlensäure aus dem Wasser wird rasch von der Haut aus absorbiert, aber nicht aus den genannten Bläschen, sondern nur aus der im Wasser gelösten Kohlensäure. Es werden etwa 30 cm³/min resorbiert (KRAMER), im Gasbad tritt keine Resorption ein.

Von der Wasseroberfläche entweicht ständig Kohlensäure, bei natürlichen Bädern vor allem am Anfang, doch bleibt die Übersättigung noch länger erhalten; jedenfalls besteht besonders am Anfang des Badens die Möglichkeit der Einatmung. Eingeatmete CO₂ geht im Körper ganz andere Wege und hat keinen Anteil an der Wirkung des CO₂-Bades. Eine erhebliche Einatmung ist unerwünscht; man verhindert sie einmal durch das sogenannte Abfächeln, das also nur am Anfang des Bades zu geschehen braucht, beim künstlichen Bad dagegen, wo dauernd CO₂ entweicht, hilft das Abfächeln am Anfang allein nichts. Wichtig ist hierfür die richtige Lagerung des Patienten im Wasser. Die Oberfläche des Wassers soll nicht zu tief unter dem Wannenrand stehen, so daß Mund und Nase des Badenden sich möglichst über dem Wannenrand befinden. Die CO₂ ist schwerer als Luft, die über dem Wasser stehende CO₂ fließt daher über dem Wannenrand ab. Höher befindet sich keine CO₂, in dieser Schicht soll der Kranke atmen.

Die charakteristische Wirkung des CO₂-Bades geht aus von der durch die Haut resorbierten CO₂. Diese wirkt vor allem in und an der Haut. Hier entsteht zunächst

ein Gefühl der Wärme auch im kühlen CO₂-Bad, so daß in diesem Fall die Wassertemperatur nicht entscheidend ist für das ausgelöste Gefühl. Der Indifferenzpunkt eines CO₂-Bades liegt daher niedriger (30°) als der eines Süßwasserbades (35°). Mit der Hyperämie ist eine Hautrötung verbunden. Das begleitende Wärmegefühl verhindert im kühlen CO₂-Bad das reflektorische Zittern. Wärmegefühl entsteht auch im CO₂-Gasbad, wodurch deutlich wird, daß es sich um eine reine Wirkung des CO₂-Gases handelt. Die Blutzufuhr zur Haut im CO₂-Bad ist eine sehr erhebliche. Im indifferenten CO₂-Bad zirkuliert in der Haut etwa 50mal soviel Blut als im kalten Süßwasserbad. Diese Wirkung auf die Haut bedeutet schon eine sehr starke Gesamtwirkung auf den Körper. Auch die weiteren Folgen gehen deutlich in dieser Richtung, so vor allem die nun einsetzende erhebliche Umlagerung des Blutes (ähnlich wie im warmen Süßwasserbad): Umlagerung des Blutes aus den inneren Bezirken, Entleerung der „Blutsümpfe“ in Leber, Milz und Haut, wodurch 250—1300 cm³ mehr Blut in die Blutbahn gelangen, Verdünnung des Blutes durch Nachströmen von Gewebsflüssigkeit: durch diese Vorgänge Erhöhung der Blutmasse. In der Haut spielen sich an den Capillaren bedeutsame Vorgänge ab, die Capillaren werden erweitert, andere werden erschlossen, neue gebildet, das Blut strömt rascher in den Capillaren der Haut.

Die Vorgänge, die das kühle und indifferente CO₂-Bad am Kreislauf auslöst, haben also (s. S. 148) Ähnlichkeit mit den Wirkungsfolgen des warmen Süßwasserbades, nur sind die ersteren intensiver, sie erfassen die Mechanik des Kreislaufs viel stärker und nachhaltiger, denn es ist niemals möglich, mit einfachen Süßwasserbädern eine Herzerlahmung zu heilen, wohl aber mit CO₂-Bädern.

Am Herzen (GOLLWITZER-MEIER) sehen wir eine nicht erhebliche Erhöhung des Minutenvolumens um etwa 30%. Die physikalische Herzarbeit müßte sich nun bei gleichbleibendem Widerstand erhöhen, indessen sinkt der Widerstand in der Strombahn ab, so daß keine Zunahme der Herzleistung gefordert wird. Die Schlagfolge (Puls) sinkt, dadurch werden Sauerstoffverbrauch und Arbeitsaufwand herabgesetzt. Im ganzen resultiert also eine Erhöhung der zentralen zirkulatorischen Arbeitsleistung. Dies geschieht nicht, wie bei der erhöhten Muskelarbeit, durch Steigerung des chemischen Umsatzes, sondern dadurch, daß das Herz unter bessere ökonomische Arbeitsbedingungen gesetzt wird. Die bessere Kreislaufleistung erfordert keine Erhöhung des Kraftaufwandes. Schließlich macht sich am Herzen von der Haut aus die Wirkung der kreislaufwirksamen Vagusstoffe, vor allem des Acetylcholins geltend, die vor allem bei der Erweiterung der peripheren Strombahn mitwirken.

Eine wichtige Folge der zirkulatorischen Wirkungen des CO₂-Bades ist die intensive Diurese, teils eine Folge der allgemeinen Kreislaufwirkung, teils eine Folge des spasmolytischen Einflusses auf die inneren Gefäßbereiche durch die allgemeine zirkulatorische Umstellung (WEBER). Ebenso wichtig ist die Wirkung auf die Atmung, sie stellt sich im CO₂-Bad auf eine Mittellage ein, wird vertieft und beruhigt. Die allgemeine Beruhigung geht aus von dem Einfluß des CO₂-Bades auf die vegetativen und Stoffwechselzentren. Das CO₂-Bad wirkt ermüdend und schlafbringend.

So zeigen also diese Zusammenhänge, daß der ganze Vorgang der Kreislaufwirkung beim CO₂-Bad nicht wie bei der Digitaliswirkung durch den Antrieb der Herztätigkeit infolge eines organspezifisch wirkenden Pharmakons auf den Herzmuskel zustande kommt, sondern durch eine den ganzen Körper und das ganze vegetative Leben in Mitleidenschaft ziehende tiefe Wirkung vor allem bezüglich des Kreislaufbereiches. Eine myokardanregende Wirkung erfolgt erst in der letzten Phase durch die in der Haut gemäß ihrer endokrinen Wirksamkeit gebildeten Stoffe. Die tiefe Allgemeinwirkung kennzeichnet das CO₂-Bad als

eine die gesamte Gesundungstendenz mächtig erregende Maßnahme, was ihm auch einen großen Wert als erholungsförderndes Mittel verleiht. Besonders die leichteren Quellenformen (einfache und eisenhaltige CO_2 -Quellen) eignen sich neben der Herzbehandlung vorzüglich als Erholungskur, schon weil viele Erschöpfungs- und Ermüdungszustände nichts anderes sind als die erste Phase einer klinisch sich noch nicht abzeichnenden Kreislaufüberlastung.

Wenn man Herzkranken Bäder verordnet, so muß man sich daran halten, daß das Einbringen des menschlichen Körpers in ein Vollbad (s. S. 173) an sich schon eine erhebliche Wirkung auf Blutumlauf und Herz ausübt. Zu diesen mechanischen und thermischen Wirkungen kommen bei dem kohlenensäurehaltigen Bad noch die spezifischen Wirkungen des Badeinhalts hinzu. Damit charakterisiert sich das Kohlensäurevollbad als ein immerhin beachtlicher Angriff auf den Körper, der eine Umstellung des Kreislaufs erfordert. Schwerkranken kann man daher Vollbäder nicht verordnen. Da die kreislaufwirksamen Eigenschaften des CO_2 -Bades auch durch die Verabreichung von *Teilbädern* ausgenutzt werden können (die Gefäßreaktionen einer eingetauchten Extremität teilen sich weiteren Bezirken des Körpers mit), so verordnet man bei empfindlichen Kreislaufverhältnissen Teilbäder (vielfach mit einer Apparatur nach Art des Vierzellenbades), von denen man dann über das Halbbad zum Vollbad übergehen kann. So gelangt man zu einer milderer und einschleichenden Form der Behandlung (SCHLECHT).

Die *künstlich hergestellten* gashaltigen Bäder haben nicht dieselbe Wirkung wie die natürlichen; den sogenannten Perlbädern (Luft, Sauerstoff) fehlt die typische Wirkung der CO_2 -Bäder überhaupt. Aber auch künstliche CO_2 -Wasserbäder sind kein vollwertiger Ersatz. Hier entweicht nicht nur am Anfang, sondern dauernd CO_2 , es kommt zu stoßartigen Wirkungen. Die gesamte Wirkung bleibt hinter den natürlichen CO_2 -Bädern bedeutend zurück (PEYER, GOLLWITZER-MEIER).

CO_2 -Gasbäder: Da die CO_2 schwerer ist als Luft, kann man den Körper ohne Gefahr in ein CO_2 -Gasbad setzen. Man verwendet nach oben abgedeckte Wannen, so daß der Patient bis Brust oder Hals in der Gasatmosphäre sitzt. Auch hier sehen wir als Wirkung Hyperämie und Wärmegefühl, dadurch sinkt die Eigenwärme und erhöht sich die Gastemperatur. Die Resorptionsbedingungen sind nur bei feucht angewandten Gasbädern günstig. Die Kreislaufwirkung ist nicht so exakt und auch nicht so deutlich wie beim Wasserbad. Sehr intensiv ist die Capillarisation offener Wundflächen, das CO_2 -Gasbad ist daher ein ausgezeichnetes Mittel zur Behandlung schlecht heilender und größerer Wunden.

Deutschland mit seinem weithin erkalteten Vulkanismus besitzt eine sehr große Zahl hochprozentiger kohlenensäurehaltiger Quellen wie kein anderes Land (Herz- und Kreislaufbäder), die weitestgehende Abstufung ermöglichen. Die hauptsächlichsten Bäder sind oben genannt. CO_2 -Gasbäder in Franzensbad, Kudowa, Marienbad, Nauheim, Karlsbad und Meinberg.

Schwefelquellen.

Der Schwefel steht an der Grenze der Spurenstoffe (im menschlichen Körper 0,21 Gewichts-%). Als S-Quellen bezeichnet man Wässer, die mindestens 1,0 mg/kg titrierbaren Gesamt-S aufweisen. Diese Definition ist gewählt, weil S in sehr verschiedenen Formen in den Quellen vorkommt. Am wichtigsten ist der 2wertige S (in der Hauptsache als H_2S). Er kann indessen auch halbgebunden in Form des primären Iones SH in den Quellen vorkommen. Es wiederholen sich hier die Zusammenhänge, denen wir bei den CO_2 -haltigen Quellen begegnet sind (s. S. 34). Auch H_2S und SH müssen wie CO_2 und HCO_3 im Gleichgewichtszustand stehen. Enthält eine Quelle den S nur in der Form des freien H_2S , so liegt eine reine

Schwefelwasserstoffquelle vor. 2wertiger Schwefel erscheint außerdem in den Polysulfiden und im Thiosulfat. Alle S-Verbindungen sind sehr sauerstoffempfindlich, so daß an der Luft zunächst eine höhere Oxydationsstufe und schließlich reiner S entstehen kann. Dieser kann kolloidal gelöst oder sonst in Lösung gehalten sein, kann sich aber auch ausscheiden. Eine höhere lösliche Oxydationsstufe ist das Thiosulfat, das in Quellen vorkommt, was für die Polysulfide primär nicht erwiesen ist. In den Heilquellen kommt neben der 2wertigen auch die 4- und 6wertige Form des S in den Sulfaten vor, in diesen ist der S infolge seiner chemischen Bindung als solcher unwirksam. Sulfathaltige Quellen sind daher in diesem engeren Sinne keine Schwefelquellen (s. Tabelle 16).

Tabelle 16.
Analyse Nenndorf, Gewölbe-
quelle, Schwefelquelle
(auf Gipsgrundlage).
Temperatur: 10,8°.

	mg/kg	mval-%
K·	6,26	0,39
Na·	160,6	17,02
Ca·	493	60,01
Mg·	107,6	21,58
Fe·	0,23	0,02
Li·	0,13	0,05
NH ₄ ·	1,46	0,20
Sr·	13,17	0,73
Mn·	0,04	0,00
Cl'	132,6	9,12
SO ₄ ''	1383	70,20
HCO ₃ '	473,2	18,92
Br'	0,55	0,02
J'	0,02	0,00
S ₂ O ₃ ''	0,46	0,02
HPO ₄ ''	0,12	0,01
HAsO ₄ '	0,1	0,00
HS'	23,16	1,71
HBO ₂	3,43	
H ₂ SiO ₃	17,47	
H ₂ S	35,75	
CO ₂	153,4	
N	23,45	
NH ₄	0,86	
	3030	

Tabelle 17.
Analyse der Quelle Yubatake-
no-yu in Kusatsu (Japan);
Säure-Vitriol-Alaun-Quelle.
(Nach WOLLMANN.)
Temperatur: 58° C.

	mg/kg
H·	30,8
K·	17,0
Na·	36,7
NH ₄ '	1,1
Ca·	99,7
Mg·	32,7
Fe·	114,4
Al·	170,2
Cl'	645,7
HSO ₄ '	2145,1
SO ₄ ''	1092,8
H ₂ SiO ₃	249,8
HBO ₂	15,2
H ₂ S	5,5
	4656,7
ferner freie HCl	308,5
„ H ₂ SO ₄	2167,4
FeSO ₄	310,7
Al ₂ (SO ₄) ₃	1065,1

Der Schwefelermöglicht infolge seiner vielgestaltigen und unbeständigen Form, in welcher er in den Quellen auftritt, vielfältige Beziehungen zu den inneren

Verhältnissen des Organismus, zumal er durch Trink-, Bade- und Inhalationskuren leicht resorbierbar ist (KÜHNAU). Der balneologisch zugeführte Schwefel bietet hierfür (HEUBNER) eine besonders günstige Form.

Schwefelwässer haben früher (erhöhte Harnstoffausscheidung) als Gichtwässer eine besondere Rolle gespielt. Bedeutungsvoll ist die antidiabetische Wirkung, meist Trinkkuren, aber auch Einatmung (Grotte von Luchon). Bei leichten und mittleren Diabetikern haben Schwefelwässer eine Herabsetzung von Blut- und Harnzucker sowie der Acetonausscheidung und eine Erhöhung der Kohlehydrattoleranz zur Folge. Besonders günstig liegen alkalische Schwefelquellen, da das Alkali auch an sich antidiabetisch wirkt. Der Grund dieser Wirkungen liegt in der Tatsache einer insulinartigen Wirkung der Schwefelwässer und der Erschwerung des Schwefelhaushaltes beim Diabetiker.

Schwefelwässer haben eine spezifische antirheumatische Wirkung. Die Gelenke gehören zu den S-reichsten Teilen des Organismus. Beim Rheuma besteht ein S-Defizit (vermehrte S-Ausscheidung). Durch S wird das Indol im Harn zum Verschwinden gebracht, weil durch genügende S-Zufuhr das ungiftige Indican erzeugt werden kann. S-Zufuhr erhöht außerdem die Kalkanlagerung in den Gelenken.

Bedeutend ist die Rolle der Schwefelbäder in der Dermatologie (vor allem juckende Hauterkrankungen, Psoriasis). Der balneologisch eingeführte S entgiftet Quecksilber und Wismut (bei Syphilisbehandlung).

Schwefelwasserstoffquellen wirken auf die Haut nach Art der kohlenstoffhaltigen Quellen als echte gasführende Quellen im Sinne einer erhöhten Capillarisation der Haut, Umschaltung der gesamten Zirkulation und darauf folgender Verbesserung der Kreislaufverhältnisse. Das hat insbesondere Bedeutung bei den herz- und kreislaufgeschädigten Rheumatikern (EVERS).

S-Quellen sind häufig Kochsalzhaltig (Aachen). Besonders häufig aber erscheinen S-Quellen auf Gipsgrundlage (Baden bei Wien, Nenndorf, Trentschin-Teplitz in der Slowakei). Neben den reinen Schwefelwasserstoffquellen (Deutsch-Altenburg) kommen auch solche vor, die, wenn auch geringe Mengen, CO_2 enthalten. Alkalische Quellen sind unter den S-Quellen nicht selten (Aachen, Rosen- und Sebastianquelle; Gögging). Thermen sind u. a. Baden bei Wien, Aachen; Schwefelquellen im Ausland zahlreich in der Slowakei (Smrdaky, Kochsalzquelle mit 242 mg H_2S), ferner in Griechenland (Thermopylä 41° und zahlreiche in Epirus). Thermen ferner in Budapest (3 mg), Küstendil 13,7 mg, 70° (Bulgarien), Luchon 32 mg, (Frankreich) Bursa 82° (Türkei).

In diesem Zusammenhang müssen die *Säure-Vitriol-Alaun-Quellen* in Japan (WOLLMANN) erwähnt werden. Es handelt sich um einen auf der Erde sonst nicht bekannt gewordenen Quellentyp, der im Bereich des noch tätigen Vulkanismus in Japan entspringt. Die bedeutendste Quelle dieser Art (siehe Tabelle 17) ist die Quelle in Kusatsu, die neben 5,5 mg/kg H_2S über 2000 mg/kg freie Schwefelsäure aufweist. Außerdem enthalten diese Quellen große Mengen an schwefelsauren Salzen, vor allem des Eisens und des Aluminiums. In Japan kommen verschiedene Typen dieser Art vor, so daß im ganzen dort 9 Untergruppen gebildet werden. Die Wirkung dieser Quellen ist eine außerordentlich starke Reizwirkung vor allem auf die Haut, so daß es insbesondere bei der sehr brutalen Anwendungsform rasch zur Ausbildung ausgedehnter Hautausschläge kommt. Der therapeutische Effekt der Bäder in diesen als hochtemperierte Thermen erscheinenden Wässern ist bei rheumatischen Erkrankungen hervorragend.

Eisenquellen.

Wenn eine Quelle nach ihrer gesamten Beschaffenheit den Charakter einer Süßwasserquelle hat, so kann sie nur dann als Eisenquelle gelten, wenn sie mindestens 20 mg/kg Eisen enthält. Ist sie schon an sich eine Mineralquelle, so verleihen 10 mg/kg Eisen ihr den Charakter einer *Eisenquelle*. Diese Unterscheidung ist notwendig, weil unter den Grundwässern sich solche befinden, die mehr als 10 mg Eisen haben, ohne daß sie den Wert einer Mineralquelle beanspruchen können. Viele Eisenquellen sind Sauerlinge, besonders erdige Sauerlinge. In den meisten Eisenquellen liegt das Eisen in der Ferroform vor. Der Bestandteil ist besonders leicht oxydierbar (s. S. 15). Der Gehalt an Eisen ist in den Sauerlingen beschränkt, höher dagegen in den sogenannten Vitriolquellen. Hier überwiegt unter den Anionen das Sulfat, unter den Kationen bei Zurücktreten von Na, Ca, Mg das Fe. Wir haben folgende Formen von Eisenquellen: Schwach mineralisierte Eisensäuerlinge mit ausgesprochenem Eisengehalt: Flinsberg (Schlesien), Karlsbrunn (Sudeten), Schwalbach, Sliac (Slowakei); höher mineralisierte, auch

erdige und alkalische Eisensäuerlinge (s. Tabelle 6 und 7): Driburg, Elster, Franzensbad, Kudowa (auch Eisen-Arsenquelle), Pyrmont, Reinerz; sulfatische, leicht abführende Eisenwässer: Cannstatt, Franzensbad, Hersfeld. Eisenreiche Kochsalzquellen: Homburg, Kreuznach, Salzschlirf; Vitriolquellen: Alexisbad, Lausick, Saalfeld. Eisenwässer verbreitet im Ausland, so daß sich Aufzählung erübrigt, wichtig z. B. St. Moritz (Schweiz) in 1800 m Höhe wegen der gleichzeitigen Heilwasser- und Klimawirkung. Die Empfindlichkeit der Eisenwässer gegen Luft und Versand macht die Trinkkur an der Quelle empfehlenswert.

Die in den Mineralwässern vorkommende *Eisenform* (Ferroion) garantiert die beste biologische Wirksamkeit. Wie das Eisen im Körper seine Wirksamkeit entfaltet, ist nicht in allen Teilen klargelegt, es gibt viele Möglichkeiten: als Ferro- und Ferrieisen, in Ionenform, in komplexer Form und in organischer Bindung. Das in den Mineralquellen dargebotene Ferroeisen zeigt bessere Resorptionsverhältnisse als das Eisen der galenischen Präparate (Aufnahme durch die Darmwand und Bluttransport).

Das in den Organismus aufgenommene Eisen wirkt speziell auf *Blut und Blutbildung*. Wenn sich das Ferrum reductum auch in dieser Beziehung bewährt, so dadurch, daß dieses im Körper in Ferroeisen übergeführt wird; es sind dann aber 10mal höhere Dosen notwendig als bei dem von den Mineralwässern direkt angebotenen Ferroeisen. In den Blandschen Pillen, 6 Stück pro Tag, geben wir 192 mg Fe täglich, bei einer Trinkkur (Pyrmont Hauptquelle 27 mg/kg) im allgemeinen um 20 mg. Der Erfolg ist aber bei der Mineraltrinkkur größer und sicherer. Nicht die Menge, sondern die geeignete Form entscheidet.

Bei der Wirkung des Eisens im Organismus bestehen Beziehungen zu anderen *Spurenstoffen*. Das Cu bewirkt die Umwandlung des im Darm resorbierten Eisens in Blutfarbstoff. Die sogenannte Milchanämie ist nicht durch Eisen allein, sondern nur durch Fe und Cu zu beheben. Auch Ni und Mn sind in diesem Zusammenhang wichtig. Die Mineralwässer führen aber neben Eisen fast stets die genannten Spurenstoffe in den Körper ein (Cu, Ni, Mn, As). Wichtig ist ferner für die Eisenwirkung im Körper der lichtbiologische Einfluß, der bei Trinkkuren in Kurorten und der Art, wie diese getätigt werden, mitwirkt.

Eisenkuren haben aber auch Bedeutung für die *gesamte Zustandslage des Organismus*. Kommt Fe bei der Blutbildung als Baustoff in Betracht, so ist es darüber hinaus ein fermentartig wirkender Stoff. Die Sauerstoffübertragung im Blut und Gewebe wie in den feinsten Substraten des körperlichen Aufbaues auch innerhalb der Zelle und selbst im molekularen Geschehen ist eine Funktion des Eisens (Fe als Katalysator). Eisenhaltige Mineralwässer zeigen aber auch schon bei geringem Eisengehalt starke Peroxydase- und Katalasereaktion (HEUBNER, GLÉNARD). Auch im Atmungsferment spielt das Eisen eine Rolle.

Im Knochenmark wirkt das Eisen als Reizstoff (Zellneubildung und Blutbildung). Ähnliche Zusammenhänge sind bei der Beeinflussung des Wachstums wirksam, hier handelt es sich um dynamische Einflüsse und um solche auf den Gesamtstoffwechsel (KOCHMANN und SIEHL). Die Liebensteiner Quelle hat sich hierin den künstlichen Präparaten gegenüber überlegen gezeigt. Damit hängt die allgemeine *roborierende* und überhaupt die *erholungsfördernde Wirkung der Eisenwässer* zusammen. Auch eine Verstärkung des N-Umsatzes konnte nachgewiesen werden. Setzt man den Körper ins Stoffwechselgleichgewicht und gibt Süßwasser zu trinken, so wird das Gleichgewicht, sobald man Süßwasser durch eine Eisenquelle ersetzt, gestört. Die Nahrung wird jetzt insuffizient, der Körper reichert an infolge der dynamischen Wirkung der Quelle.

Auch aus Eisenbädern wird Fe resorbiert (günstige Wirkung bei Skorbut), lokal wirkt das Eisen adstringierend auf Haut und Schleimhaut.

Arsenquellen.

Das Arsen ist ein in den Mineralquellen häufig vorkommender Feinstoff, allerdings in nur sehr geringen Mengen. Erst wenn 1 mg/l vorhanden ist, spricht man von einer *Arsenquelle*. Es kommt in den Wässern als fünfwertiges und als dreiwertiges As vor. Die meisten Arsenquellen erscheinen auf Kochsalzgrundlage (Dürkheimer Maxquelle, Linda), auch Vitriolquellen (Eugenquelle Kudowa) sind nicht selten Träger höherer Arsenwerte.

Die lange Zeit unbeachtete Beimischung höherer Arsendosen zum Trink- und Nutzwasser des Ortes Reichenstein in Schlesien hat dort eine chronische Arsenvergiftung der Bevölkerung zur Folge gehabt (Reichensteiner Krankheit, KATHE), die erst durch die Versorgung der Gemeinde mit Wasser anderer Herkunft behoben werden konnte. In Mineralwässern ist die wirksamste Form das Vorkommen als arsenige Säure. In der fünfwertigen Form ist die Wirksamkeit geringer, weil langsamer, da diese erst eine Umwandlung im Organismus erfordert. Als Grenzwert gilt 0,7 mg As = 1,0 mg HASO₂ = 1,3 mg HAsO₄.

Das Arsen hat eigenartige *Resorptions- und Ausscheidungsverhältnisse*, es wird nur teilweise vom Darm aufgenommen. Von dem nicht im Darm ausgeschiedenen Anteil wird zunächst ein Teil im Körper zurückgehalten (Leber, Haut) und erst viel später durch die Nieren abgegeben. Die verlangsamte Ausscheidung hat dazu geführt, daß man bei Arsenkurven mit kleinen Dosen beginnt, dann steigt und später wieder abfällt. Das hat nur bei stärkeren Arsenwässern einen Sinn (Dürkheim, Leviko stark), nicht bei schwächeren. As in der Form, wie es in den Mineralwässern vorkommt, ist gut verträglich, besser als in den pharmazeutischen Präparaten. Bei arsenempfindlichen Patienten kann man daher besonders durch die Möglichkeit feinsten Dosierung durch As-haltige Wässer eine Verträglichkeit erreichen, um dann später von der Mineralwasserbehandlung zu höheren Dosen der Arzneipräparate überzugehen (Dermatologie). Man dosiert As mit 5—10 mg As₂O₃ = 4—7 mg As. Die Maximaldosis ist 15 mg As₂O₃ = 11 mg As. Die Dürkheimer Maxquelle enthält 14 mg As, erlaubt also eine sehr wirksame Therapie (s. Tab. 18). Bei den Vitriolquellen kann man wegen des hohen Eisengehaltes nur kleine Dosen (löffelweise) nehmen lassen (Saalfeld, Leviko). Schwächere Kombinationen mit Eisen sind bei der Blutbehandlung nicht selten erwünscht (Eugenquelle Kudowa).

As wirkt ähnlich wie Fe auf die Blutbildung, aber nicht als Baustoff, sondern als Reizmittel, das die Knochenmarktätigkeit anregt. Die Wirkung des Fe wird durch das As angeregt und erhöht. Bei der Inhalation wirken As-haltige Wässer stark schleimhauthyperämisierend. Im Körper entfaltet das As einen ausgesprochenen Antagonismus gegen die Schilddrüse; es entgiftet das Thyreotoxin, wirkt also direkt auf das Schilddrüsenhormon, außerdem aber entfaltet es im Organismus eine der Schilddrüsentätigkeit entgegengesetzte Wirkung durch Hemmung der oxydativen Prozesse und Zunahme von Körperansatz und Gewicht. Auch in Arsenbädern kommt das Arsen zur Geltung.

Tabelle 18. Analyse der Dürkheimer Maxquelle, Arsenquelle.

	mg/kg	mval.-%
K'	505,5	4,73
Na'	4593	73,15
Li'	22,29	1,17
Rb'	1,16	0,005
Cs'	0,75	0,002
NH ₄ '	14,07	0,285
Ca''	976,3	17,84
Sr''	51,80	0,428
Mg''	77,34	2,33
Fe''	2,67	0,005
Cl'	9410	97,16
Br'	19,04	0,087
J'	0,23	0,001
SO ₄ ''	62,04	0,472
HPO ₄ ''	0,05	0,00
HCO ₃ '	379,9	2,28
HCO ₂	25,19	
HAsO ₂	19,56	
	= 13,58 mg	
	As	
H ₂ SiO ₃	15,76	
CO ₂	165,8	
	16350	

Arsenquellen: Dürkheim (Kochsalzquelle mit 18 mg/kg As), Lieberwerda, Ausland: Roncegno 39,9, Vetriolo; Val Sinestra 2,8.

Mineralquellen mit wichtigen Spurenstoffen.

Die Heilquellen enthalten neben ihren Hauptbestandteilen meist eine größere Zahl von Stoffen in kleinen und kleinsten Mengen (Spurenstoffe). Es sind 30 und mehr Gesamtelemente, darunter zahlreiche Spurenstoffe in einzelnen Quellen nachgewiesen (Oberschlema, Wiesbaden, Vichy). Unter den Spurenstoffen sind biologisch wichtige Bestandteile (KÜHNAU).

Im menschlichen Körper sind mit mehr als 10 Gewichts-% beteiligt H, C und O, mit mehr als 1% Ca und N, mit 0,8% P, mit 0,27 K, mit 0,02 Fe, annähernd noch Na, Cl, S und Mg. Diese Stoffe machen zusammen 99,75 Gewichts-% aus, so daß $\frac{1}{4}$ Gewichts-% von den Spurenstoffen eingenommen wird (VERNADZKY, BERG). Im ganzen sind 51 Elemente in den Körpern von Menschen, Tieren und Pflanzen nachgewiesen (s. Tabelle 1). Einzelne Spurenstoffe finden sich im menschlichen Körper an bestimmten Stellen angereichert, J in der Schilddrüse, Ba im Augapfel, Sn in der Zungenschleimhaut, Zn in den Geschlechtsdrüsen, Co und Ni im Pankreas, Cu, ferner Ag, Mn u. a. in der Leber, S in den Gelenken, Ti in der Lunge, As im Menstruationsblut. Während wir die Rolle des J in der Schilddrüse kennen, wissen wir von der Bedeutung der anderen Anreicherungsstellen nichts. Es ist aber anzunehmen, daß diese Stoffe jeweils an den gefundenen Orten eine Funktion ausüben.

Der Körper der Menschen und Tiere nimmt im allgemeinen die Spurenstoffe aus der pflanzlichen Nahrung. In diesem Zusammenhang erweisen sich die Mineralquellen als wichtige Träger und Vermittler für die Heranbringung der Spurenstoffe, und zwar in folgender Hinsicht: im Sinne der Heranbringung des Bedarfs und im Mangelfall als Ersatzstoffe, als Arzneimittel auch im Sinne einer echten Transmineralisation, die für einzelne Stoffe (Cu) nachgewiesen ist. Die Spurenstoffe haben in kleinen Mengen vielfach biologische Wirkungen, sind insofern nachweislich zum Teil lebenswichtig und notwendig, in höheren Mengen jedoch zum Teil ausgesprochen giftig (ARNDT-SCHULZSches biologisches Grundgesetz).

Jod kommt in Mineralquellen nicht selten in kleinsten Mengen vor, kann sich jedoch so anreichern, daß es den Charakter der Quelle bestimmt. Wir sprechen von Jodquellen bei einem Jodgehalt von 1 mg/kg. Das J findet sich meist in Jodidform vor, die Quellen haben häufig Kochsalzgrundlage (Darkau), auch alkalische Form (Luhatschowitz), namentlich in Erdölgebieten sind Jodquellen häufig. Jod findet sich auch im Meer. Je weiter man im Gebirge in die Höhe geht, desto seltener treten Jodquellen auf. Die Schüttung der Jodquellen pflegt gering zu sein. Die Konzentration ist außerordentlich verschieden, Darkau 38 mg (s. Tabelle 19), Salsomaggiore 60 mg (Italien), Saxon les bains 90 mg (Frankreich), Polhora 100 mg (Slowakei), Gowora 204 mg (Rumänien).

J ist außerordentlich flüchtig und teilt sich der Umgebung bereitwillig mit. In Kurorten mit Jodquellen entwickelt sich daher ein ausgesprochenes Jodmilieu (Hall an der Donau). Nicht nur in der Nähe der Quellen wird dauernd J ein-

Tabelle 19.
Analyse der Royerquelle Darkau, jodhaltige Solquelle.
Temperatur 15°.

	mg/kg	mval-%
K'	147,6	0,87
Na'	8488,8	85,78
Ca'	664,6	7,76
Mg'	284,3	5,38
Fe'	22,1	0,02
Cl'	1519,0	99,58
Br'	102,7	0,29
J'	38,4	0,07
SO''	3,7	0,02
HCO ₃ '	10,5	0,04
H ₂ SiO ₃	15,8	
Organisch	102,8	
	11400,3	

geatmet (CAUER, v. FELLEBERG), J teilt sich auch den fließenden Gewässern, der Umgebung, dem Boden und der Luft mit. Die Gradierluft (Kreuznach) sowie die Brandungsluft an der Küste können daher größere Mengen enthalten. In Badeorten kann es durch die Verbreitung im Boden in die Gewächse und in die Milch der Kühe übergehen. Aus den Verschmelzungen des Tangs an den westeuropäischen Küsten findet das J der Luft und in den Wolken eine das Klima weiter Bezirke beeinflussende Verbreitung (s. S. 85).

Jod geht beim Baden, Trinken und Inhalieren leicht in den Körper über und wird besonders von der Schilddrüse, aber auch von der Hypophyse, Ovar und Nebennieren gespeichert und kumuliert. Es besteht daher auch bei balneologischen Kuren die Möglichkeit einer Jodintoxikation (Jodbasedow).

Für die Basedowbehandlung ist die Jodierung mit kleinsten Mengen J in der Heilquellenbehandlung möglich und erfolgreich. Der Jodquotient (Verhältnis des organischen zum anorganischen J) beträgt normal 0,2—0,5, beim Basedow bis 3,9 (GUTZEIT und PARADE). Dosierte Zuführung von J in einer Quellentrinkkur vermag den Quotienten zu normalisieren und dadurch die Schilddrüse zu beruhigen, andererseits sind für die Basedowbehandlung die jodarmen, strahlenreichen, trockenen Klimazonen (s. S. 97) von besonderer Bedeutung.

J vermittelt eine bedeutende Aktivierung der Abwehrkraft namentlich im Gelenkapparat (Rheuma) und am lymphatischen System (Drüsenschwellung). J sensibilisiert für andere Arzneimittel. Besonders wirksam scheinen seine Beziehungen zur Hypophyse und zu den Ovarien zu sein (Erfolg bei Menstruationsstörungen, Klimax, Frühgeburten). Die resorptionsfördernden Eigenschaften des J liegen der Wirkung auf die Alterserscheinungen, namentlich an den Blutgefäßen, bei Hypertonie und Gefäßsklerose, zugrunde. J ist ferner die Domäne der tertiären Lues.

Das *Brom* kommt meist als Bromid vor in kleinen Mengen. Immerhin enthält die Darkauer Royerquelle 102,7 mg/kg, Heilbrunn 45,8 mg/kg. Resorption ist nachgewiesen, so daß das Br an den katalytischen und sedativen Wirkungen mancher Heilquellen beteiligt sein kann.

Das *Fluor* ist meist nur in kleinen Mengen vorhanden, hauptsächlich in alkalischen Wässern (Bilin 1,2 mg/kg, Karlsbader Sprudel 2 mg/kg). Auffällig ist das Vorhandensein in größeren Mengen in den Quellen des nördlichen Portugals und nordwestlichen Spaniens (Gerez in Portugal 11,5 mg/kg F). Trotz der weiten Verbreitung des F ist seine Lebenswichtigkeit unsicher (SOUCI), wohl aber sind schädigende Wirkungen bekannt (Zähne). Man hat daher an die Fixierung nicht eines Mindest-, sondern eines zulässigen Höchstwertes auch bei Mineralwässern gedacht.

Eine besondere biologische Bedeutung beanspruchen in neuerer Zeit die vier sogenannten anorganischen Vitamine Mn, Cu, Zn, Co. *Mangan* ist lebensnotwendig, der Tagesbedarf 6—8 mg. Seine Anreicherung scheint vor allem in den Geschlechtsorganen stattzufinden. Wenn es fehlt, treten Mangelerkrankungen an der Nachkommenschaft auf. Man hat günstige Einwirkungen von Manganwässern bei Frauen- und Kinderkrankheiten beobachtet. Die Manganmangelkrankheiten des Tierreichs spielen sich am Knochensystem ab. Das Mn hat daher Beziehungen zum Rheumaproblem. Die Quellen von Schwalbach, Wiessee, Lamscheid enthalten über 5 mg/kg, 16 weitere deutsche Quellen enthalten mehr als 3 mk/kg.

Das *Kupfer* findet sich in allen pflanzlichen und tierischen Zellen (SOUCI) bevorzugt beim Menschen in Leber, Blut und Frauenmilch. Es bewirkt die Umwandlung des im Darm aufgenommenen Eisens in Blutfarbstoff. Seine Anwesenheit in Eisenquellen ist daher besonders bedeutungsvoll. Wichtig sind seine katalytischen Eigenschaften (Peroxydase), seine Beziehungen zum endokrinen

Apparat (Schilddrüse). Cu entgiftet sowohl Thyroxin wie Bakterientoxine. Man kennt auch eine insulinsparende Wirkung. Tagesbedarf 2—4 mg. Die Quellen von Saalfeld, Rippoldsau, Alexisbad, Brückenau, Melle enthalten mehr als 2 mg/kg Cu.

Besonders hoch scheint der Tagesbedarf von *Zink* zu sein. Die menschliche Leber enthält neben 5 mg Cu und 2 mg Mn 39 mg Zn. Beziehungen sind bekannt zu den Geschlechtsorganen (Wirkungen bei ovarialen Störungen) und zur Hypophyse (Wirkungen auf Fettsucht), ferner eine Art Insulinwirkung durch Hemmung des Adrenalins, es hat also einen anderen Angriffspunkt auf den Diabeteshaushalt als die anderen Feinstoffe. Besonders reich an Zn ist das Meerwasser und die Körper vieler Meerestiere.

Das *Kobalt* ist in geringsten Mengen (etwa $\frac{1}{100}$ Bedarf des Cu) lebensnotwendig. Nachgewiesen ist sein Vorkommen in den Quellen von Homburg, Pyrmont, Oberschiema, Maffersdorf.

Andere Feinstoffe sind Li, Si, Sr, Ba. Man hat als lithiumreiche Wässer solche mit mehr als 3 mg/kg angesehen. Sie sind nicht selten, z. B. Kissingen, Dürkheim, Elster, Münster a. St. Si ist in höheren Mengen in Mineralquellen selten. Es kommt z. B. vor in den Quellen von Kreuznach, Kronthal, Salzschlirf, Glashagen. Die biologische Bedeutung des Li und Si ist nicht geklärt. Eine Rolle in den Wässern kann daher diesen Stoffen einstweilen nicht zugewiesen werden, obwohl zeitweise versucht worden ist, besondere Gruppen der Li- und Si-Wässer aufzustellen. Dasselbe gilt für Sr und Ba.

Radiumquellen.

Der weitaus wichtigste Spurenstoff, der in Mineralquellen vorkommt und bei genügender Menge eine der bedeutsamsten Mineralquellengruppen kennzeichnet, ist die Radiumemanation.

Die Radiumemanation ist ein Zerfallsprodukt des Radiumelementes. Die Ursache der Aktivität bildet der Atomzerfall der radioaktiven Elemente. Die Atome der Elemente mit hohen Atomgewichtszahlen sind nicht konstant. Sie gehen durch dauernden Zerfall in Elemente mit niedrigerer Zahl und verminderter Aktivität über, nach Maßgabe der abgegebenen Strahlen und Teilchen verändern sie sich dabei auch substantiell. Die Zerfallsreihe der radiumaktiven Elemente geht aus vom Uran mit dem Atomgewicht 238 über das Radium, Atomgewicht 226, das nächste Zerfallsprodukt die Radiumemanation, auch Radon genannt, Atomgewicht 222. Dieses zerfällt wieder in eine Reihe von radiumartigen Körpern, Radium A, B, C, D, E, F, und geht schließlich über das Polonium in das stabile, nicht mehr radiumhaltige, dem Blei isotope Element über. Die Radiumemanation ist gasförmig, während alle anderen Zerfallsprodukte feste Körper sind. Dabei ist die Radiumemanation ein sogenanntes Edelgas, d. h. ein Gas, das keine chemischen Verbindungen eingeht und auch chemisch nicht nachweisbar ist.

Die Atome haben einen positiven Kern, um die Elektrone nach Art des Sonnensystems kreisen. Die abgegebenen Strahlungen sind: die α -Strahlen, bestehend aus positiv geladenen Heliumkernen; die β -Strahlen, negativ geladene Elektronen, das sind elektromagnetische Elementarteile, und schließlich die γ -Strahlen, die allein wirkliche Strahlen sind und aus elektromagnetischen Lichtwellen den Röntgenstrahlen analog bestehen.

Ähnliche Zerfallsreihen und Erscheinungen kennt man vom Thorium und vom Aktinium. Auch die Thoriumemanation kommt, allerdings nur in geringen Mengen, in Quellen vor.

Praktisch handelt es sich um das Vorhandensein der Radiumemanation in den Heilquellen. Nachdem 1896 BECQUEREL erstmalig die Strahlung am Uran festgestellt und das Ehepaar CURIE an dem Material von Joachimsthal das Ra-

dium 1898 isoliert hatte, haben SELLA und POCETINO 1902 erstmalig die Radioaktivität von Quellwässern nachgewiesen. Bei der hohen Durchdringungsfähigkeit der Radiumemanation ist es kein Wunder, daß sie weitverbreitet in Quellen nachgewiesen wird, denn in geringen Mengen kommt die Emanation in sehr vielen auch süßen Quellwässern vor. Von einer Radioaktivität einer Mineralquelle kann man sprechen, wenn ein bestimmter, ziemlich hoher Grad von Radongehalt, und zwar 80 ME (Macheeinheiten) = 29,12 nC (Nanocurie) vorhanden ist. Die Maße beruhen auf folgender Überlegung. Leitet man in die Luft eines geschlossenen Raumes Radiumemanation, so wird die Luft ionisiert und dadurch elektrisch leitfähig. Diese Leitfähigkeit mißt man. Ein Strom, der dem Abfließen von 1000 elektrostatischen Einheiten in einer Stunde entspricht, ist eine Macheeinheit. Die Macheeinheit ist ein Konzentrationsmaß. Die Menge Emanation, die diesen Strom von 10^3 elektrostatischen Einheiten unterhält, wird ein Millistat genannt.

Ein Curie ist diejenige Menge Emanation, die in der Zeiteinheit ebenso viele α -Teilchen aussendet wie 1 g Radium, die also mit 1 g Radium im radioaktiven Gleichgewicht steht. Diese Menge Emanation beträgt $6,5 \cdot 10^{-6}$. Der 1000. Teil wird Millicurie (mC) genannt. Wiederum der 1000. Teil Mikrocurie (μ C), hiervon $\frac{1}{1000} = 10^{-9}$ Curie ist 1 Mikromillicurie ($m\mu$ C), gewöhnlich 1 Nanocurie (nC) genannt. Das Curiemaß ist im Gegensatz zur Macheeinheit nicht ein Konzentrations-, sondern ein Mengenmaß. 1 nC gelöst in Wasser ergibt eine Konzentration von 1 Eman. Als Verhältniszahl ergibt sich 1 ME = 3,64 Eman.

In Deutschland war bisher nur das Maß ME üblich. Es ist empfehlenswert, daß auch bei uns auf das international anerkannte und durchgeführte Curiemaß übergegangen wird.

Die radioaktiven Quellwässer enthalten, wie schon gesagt, wenn überhaupt nur kleinste Mengen von Radiumsalzen, dagegen Radiumemanation zuweilen in beträchtlicher Menge. Dieser Gehalt an Radon ist nicht beständig auf Grund des erwähnten Zerfalls, der für die einzelnen radiumartigen Körper mit sehr verschiedener Geschwindigkeit vor sich geht. Strahlungsintensität und Umwandlungsgeschwindigkeit gehen gesetzmäßig proportional. Man erkennt dies aus der sogenannten Halbwertszeit, d. h. aus derjenigen Zeit, nach deren Ablauf die Menge des betreffenden Stoffes um die Hälfte abgenommen hat. Danach muß (s. Tabelle 20) ein Heilwasser, das nur Radiumemanation enthält, nach knapp

Tabelle 20. Zerfallsreihe des Radiums.

	Konsistenz	Halbwertszeit	Strahlen
Radiumelement	fester Körper	1580 J.	$\alpha \beta \gamma$
Radiumemanation	Edelgas	3,85 T.	α
Radium A	fester Körper	3 Min.	α
Radium B	fester Körper	26,8 Min.	$\alpha \beta$
Radium C	fester Körper	19,5 Min.	$\alpha \beta \gamma$
Radium D	fester Körper	16 J.	$\beta \gamma$

4 Tagen seine Radioaktivität zur Hälfte abgegeben haben, da die Halbwertszeit des Radons 3,85 Tage beträgt. Diese Erscheinung dient zugleich als Maß für die Frage, ob ein Heilwasser nur Radon oder auch Radiumsubstanz enthält. Nimmt die Radioaktivität des Quellwassers ab, genau entsprechend dem Zerfallsgesetz des Radons, so kann es nur dieses enthalten. Ist jedoch nach Ablauf einer gewissen Zeit noch mehr Radiumaktivität in dem Wasser vorhanden, als nach dem Zerfall des Radons erwartet werden müßte (sogenannte Restaktivität), so muß noch eine besondere Ursache hierfür vorhanden sein, die dann in dem Gehalt der Quelle an Radiumsalz besteht. Entsprechend dem langsamen Zerfall des

Radiums verändert sich die auf Grund des Gehalts an Radiumsalzen vorhandene Radioaktivität praktisch überhaupt nicht. Der mengenmäßige Gehalt an radioaktiven Substanzen in den Heilwässern ist sehr gering, und auch die stärksten

Tabelle 21.
Analyse Oberschlema Hindenburgquelle, Radiumquelle.
Rn 6660 nC/l. Temperatur: 9,2°.

	mg/kg	mval.-%
K·	3,13	3,48
Na·	7,57	14,30
Ca·	17,38	37,72
Mg·	11,95	42,72
Fe·	1,14	1,78
Cl'	15,88	19,47
SO ₄ '	38,5	34,85
HCO ₃ '	64,1	45,68
H ₂ SiO ₃	18,26	
CO ₂	1,71	
	179,62	

Seltene Bestandteile: Sr, Ba, Al, Mn, Be, Zn, Ni, Co, Cd, W, Mo, Sn, Cu, Pb, Ag, As, B.

Zusammensetzung dieser Wässer ist. Daran wird deutlich, wie sehr ein die Wirkung bestimmender Inhalt den Charakter einer Quelle ausmacht; wir beachten bei diesen Wässern praktisch nicht mehr, welche Grundlage sie im übrigen haben.

Quellen enthalten nicht mehr als einige hundertmillionstel Milligramm pro Liter Wasser. Eine gewichtsmäßige Bestimmung ist daher nicht möglich.

Deutschland ist das Land der weitaus stärksten heute bekannten Radiumquellen (s. Tabelle 21). Die Zahl der Radiumquellen, die als solche bezeichnet werden können, ist im ganzen genommen nicht sehr groß. Insbesondere sind solche mit einem höheren Gehalt auffallend selten. Die zur Zeit bestehende Normierung ist unbefriedigend, denn diejenigen Quellen, welche nur Radiumsalze enthalten und auf Grund der bestehenden Normierung als Radiumquellen anerkannt werden, bleiben, in Radiumemanation umgerechnet, weit hinter dem Gehalt von 29 nC zurück.

Bei den Radiumquellen kann man aus der Tabelle 22 erkennen, wie außerordentlich verschieden, abgesehen vom Radongehalt, die

Tabelle 22. Radiumquellen.

	Charakter der Quelle	Gehalt an Radon/l
Oberschlema ¹	einf. kalte Quelle	6660 nC
Brambach	alk.-erd. Eisensäuerling	826 nC
Joachimsthal	—	700 nC
Masutomi (Japan)	—	518 nC
Valdemorillo (Spanien)	—	220 nC
Guergour (Algerien)	—	120 nC
Flinsberg	Eisensäuerling	115 nC
Gastein	Akratotherme	112 nC
Suludervent (Bulgarien)	Akratotherme	58 nC
Steben	Eisensäuerling	56 nC
Landeck	Schwefeltherme	54 nC
Ischia (Italien)	—	54 nC
Bagnères du Luchon	Schwefeltherme	41 nC
Naretschen (Bulgarien)	alk.-sulfatische Therme	39 nC
Budapest	Schwefeltherme	37 nC
Teplitz-Schönau	alkalische Therme	33 nC

¹ Jeweils stärkste Quelle des Ortes.

Das Radium ist ein körperfremdes Element, dasselbe gilt von seinen Abkömmlingen. Insofern steht die von den Radiumwässern ausgehende Wirkung (KÜHNAU) auf einer ganz anderen Linie als die Wirkung aller anderen Mineralquellen, die körpereigene Substanzen führen. Da das Radon rasch den Körper verläßt, so muß es Aufgabe der Technik sein, Methoden zu finden, die eine Wirkung sichern. Die Zerfallsprodukte des Radons geben im allgemeinen keine nachhaltige Wirkung, obwohl von ihnen die 3 Strahlenarten α , β , γ ausgehen, während das Radon

ja nur Alphastrahlen entsendet. Nur hinsichtlich der Wirkung des langlebigen Radiums D liegen die Verhältnisse anders. Da auch die Zerfallsreihe des Thoriums und Aktiniums in den Radiumwässern eine Rolle spielen kann, so liegen hier Möglichkeiten zu Wirkungen vor, die im einzelnen allerdings noch nicht geklärt sind. Langlebige Folgeprodukte könnten sich höchstens nach und nach bei hoher Dosierung anreichern. Das könnte praktisch einen Wert haben bei der Behandlung chronischer Leiden (Rheumatismus), mahnt andererseits zur Vorsicht. Praktisch kommt für die Balneologie in Betracht, daß die natürlichen Heilmittel alle Alphastrahler sind, daß die durch die Bildung der sogenannten aktiven Niederschläge zustande kommenden Wirkungen der Beta- und Gammastrahlung gering oder überhaupt nicht vorhanden sind. Demgegenüber kommt bei der Radiumstrahlentherapie vor allem die Wirkung der durchdringenden Gammastrahlen zur Geltung. Die balneologische Radiumtherapie schließt in ihrer üblichen Anwendung keine Gefahren in sich (Radiumschwachtherapie).

Die Alphastrahlen haben einen sogenannten Kumulationseffekt, darauf beruht es, daß auch die Radiumschwachtherapie mit Mineralwässern eine recht wirksame sein kann. Die Dosierungsfrage gewinnt hier besondere Bedeutung. Nach RAJEWSKI und KREBS liegt die Höchstdosis für Radon bei der Trinkkur bei 100000 nC pro Tag, bei Bädern und Inhalation bei 20000 nC pro Tag. Die neuere Zeit hat eine wesentliche Herabsetzung in der Auffassung der schädlichen Dosis ergeben. Daraus geht hervor, daß auch früher als schwach und unwirksam angesehene Radiumquellen als wirksam und brauchbar für die Behandlung zu erachten sind.

Bei der Trinkkur läßt man vor allem bei vollem Magen und in kleinen Schlucken trinken, weil die Ausscheidung dadurch verzögert wird, doch wird das durch die Trinkkur aufgenommene Radon verhältnismäßig schnell wieder ausgeatmet. Immerhin erreicht man auf dem genannten Wege einen schlagartigen Effekt im Bereich des Magendarm- und des Pfortadersystems. Die Ausscheidung geht auch über Haut und Niere.

Bei der Inhalation ist die Ausnutzung des Radons besser als bei der Trink- und Badekur. Man kombiniert daher die Inhalation mit der Badekur, indem man durch geeignete Apparate aus dem Badewasser entströmendes Radon einatmen läßt. Eine Einatmung geschieht natürlich auch für sich in Einzelapparaten und Rauminhalation. Auch die radiumhaltige Bodenemanation wird verwandt.

Aus Bädern wird Radon durch die Haut resorbiert. Je höher die Temperaturen und je jünger der Badende, desto besser sind die Bedingungen. Aus CO₂-haltigen Wässern ist der Resorptionseffekt größer.

Das Radon wird mit Vorliebe im Knochenmark gespeichert. Gemäß seiner Affinität zu Fetten reichert es sich außerdem im subcutanen Fettgewebe, Leber, Milz und in den Markscheiden der Nerven an. Auf letzterer Bindung beruht die schmerzlindernde Wirkung des Radons. Die vorteilhaften Lösungsverhältnisse des Radons in Fett benutzt man therapeutisch zur Herstellung wirksamer Radonsalben.

Die Alphastrahlung greift am Zellkern an. Zellreiche Gewebe (Knochenmark) sind deshalb auch ein bevorzugter Ort für das Einsetzen der Wirkung. Die anti-anaphylaktischen Wirkungen der Radonwässer und ihre desensibilisierenden Eigenschaften hat man damit in Zusammenhang gebracht. Grundsätzlich ist die Radonwirkung auf den Zellkern eine schädigende (Hemmung von Wachstum und Zellvermehrung bei Tieren, Pflanzen, Bakterien). Entwicklung und Wachstum werden dabei nicht gleichsinnig beeinflusst. Im Blut werden der Kolloidzustand und die Viscosität verändert. Die gesamte Beeinflussung des kolloidalen Zellmilieus, der Zellmembranen und Zellpermeabilität, die Produktion von Eiweiß-

spaltprodukten hat man als die Grundlage der sehr intensiven allgemeinen Umstimmung durch Radonkuren angesehen. Außer der typischen Badereaktion kommt es meist zu einer zweiten Spätreaktion. Atmung, Oxydation, Assimilation werden außerdem betroffen, die Fermente scheinen unberührt zu bleiben.

Eine typische Wirkung der Radonkuren ist ihre verjüngende Wirkung. Auch hier handelt es sich um allgemeine, zellumstimmende und aktivierende Einflüsse, außerdem aber um spezifische Wirkungen auf das endokrine System. Gerade die hochaktiven Zellen des endokrinen Systems sind auch im bevorzugten Maße der Angriffspunkt, so vor allem die Schilddrüse (Hemmung der Schilddrüsentätigkeit und Kropfbildung in Gegenden mit stärkerer Bodenradiumemanation). Die bekannten Erfolge bei gynäkologischen und rheumatischen Leiden kann man teilweise mit Einwirkungen auf die Keimdrüsen und die Hypophyse in Zusammenhang bringen. Eine spezifische Wirkung der Radiumemanation liegt in der Beeinflussung des Purinstoffwechsels vor. Die Radiumquellen haben von alters her eine Rolle als Gichtwässer gespielt, sie vermehren die Harnsäureausschwemmung. Die ursächlichen Zusammenhänge sind nicht geklärt. Die Wirkung bei Neuralgien ist in der oben erwähnten Affinität zu den Markscheiden zu suchen, der Effekt bei Fettsucht in endokrinen Zusammenhängen. Auch der Mineralstoffwechsel wird beeinflußt, vor allem der Kalkhaushalt (EICHHOLTZ). Calcium wird aus den Knochen ausgeschwemmt (Alphastrahlen). Ferner ist eine Verstärkung des D-Vitamins sowie eine deutliche diuretische Wirkung nachgewiesen. Ausgesprochene Wirkungen liegen bei Hautkrankheiten vor (Ekzem, Prurigo, Sklerodermie, Ulcus cruris). Die Anwendung des Radons aus Mineralwässern ist eine ungewöhnlich vielseitige, wie schon aus dem Vorstehenden hervorgeht, Trink-, Inhalations- und Badekuren, radonhaltige Schlamm-, Radonsalben. Zu Trinkkuren eignen sich nur die konzentrierten Wässer. Bei der Einzelinhalation werden bis 40 nC/l, in Raum- und Dunsthalleninhalation ungefähr 2 nC/l erreicht. Auch die trockene Bodenemanation wird für Inhalationskuren nutzbar gemacht.

Quellengase und Gasquellen.

Von dem Gehalt der Mineralquellen an Gasen ist mehrfach schon die Rede gewesen (s. S. 9). Als wichtige Gasbestandteile von Quellen sind CO_2 , SH_2 , Radon und Methan zu nennen. Die sonstigen gelegentlich vorkommenden selteneren Gase spielen therapeutisch einstweilen keine Rolle. Wichtig erscheint der nicht geringe Gehalt an Helium (z. B. Wiesbadener Kochbrunnen) in manchen Quellen. Bei denjenigen Quellen, die CO_2 , SH_2 oder Radon enthalten, gründet sich der Heilwert hauptsächlich auf diesen Gasgehalt (s. S. 34, 38 und 46).

Außerdem tritt Gas in Verbindung mit Wasseradern oder auch in deren Nähe für sich allein aus. Diese sogenannten Mofetten haben besonders bei den CO_2 -Gasen auch eine therapeutische Bedeutung gewonnen. Bei Verwendung des Radiums zu Inhalationszwecken trennt man die gasförmige Radiumemanation vom Wasser.

CO_2 -Gas-Bäder finden sich in Franzensbad, Karlsbad, Kudowa, Meinberg, Marienbad und Nauheim, SH_2 -Gasbäder in Nenndorf. Die radiumhaltige Bodenemanation ist in Bad Nauheim und Bad Pyrmont von größerem Umfang.

Bei den in der Nähe von Petroleumgebieten entspringenden Quellen, vor allem Jodquellen, wird nicht selten als begleitendes Gas besonders das Methan gewonnen. In dem zu Salsomaggiore gehörigen Salsominore liefern die dort befindlichen sechs Bohrungen (jodhaltige Kochsalzthermen) täglich etwa 20000 m³, das Methan wird dort industriell genutzt. Bedeutende Methanvorkommen finden sich auch in den rumänischen Quellengebieten. Dort werden auch Schlammvorkommen durch Methan gehoben (s. S. 51).

III. Moorbäder.

Zunächst muß eine sprachliche Verwirrung geklärt werden. Nach der wissenschaftlichen Definition der Geologen, Chemiker und Torffachleute, an die wir uns zu halten haben, heißt die Lagerstätte in der Natur Moor, der Inhalt der Lagerstätte, also das zu Bädern, als Brennstoff usw. verwendete Material Torf. Torf ist ein kohlenstoffreiches Gemenge mehr oder weniger zersetzter Pflanzenteile, das erdgeschichtlich jüngste Glied der Verwandlungsreihe der Kohle, die über Torf und Braunkohle zu Steinkohle und Anthrazit führt. Auch im folgenden ist als Torf (Badetorf) das Material, als Moor die Lagerstätte bezeichnet. Der Ausdruck Moorbad bleibt bestehen.

Art und Herkunft der Materialien.

Torf entsteht (BENADE) durch Oxydation von Pflanzensubstanz (Vertorfung). Er besteht aus verschiedenen durch die Zersetzung organischen Materials bei Luftabschluß sich bildenden Produkten (Bitumen, Huminsäuren und deren Salzen) sowie aus noch nicht zersetzten Pflanzenteilen (Blätter, Wurzeln). Luftabschluß kommt in Betracht, weil die Bildung meist unter Wasser vor sich geht. Außerdem sind im Moor anorganische Materialien, Kalke, Quarze, Silicate enthalten. Das typische Kennzeichen ist die schwarze bis braune Farbe (Huminsäure). Badetorf ist plastisch und enthält einen nicht geringen Prozentsatz von Wasser.

Um sich einen Begriff von der *Moorbildung* zu machen, stellt man sich (BENADE) den Idealfall vor, die Entstehung eines Verlandungsmoores aus einem flachen Wasser (See oder Teich): in diesem Wasser sterben dauernd Pflanzen oder Kleintiere ab, deren Leiber mit den durch den Wind zugetragenen Staubteilen, mit der Erde, die sich vom Rande des Sees loslöst, zu Boden sinken. Allmählich füllt sich das Becken, der See beginnt vom Rande her zu verlanden. Langsam wird die Masse fester, Pflanzen siedeln sich an (Schilf, Seggen). Die sumpfige Oberfläche nimmt an Dichte zu, schwimmt aber noch auf dem leichten Untergrund (Schwingwiesen). Allmählich wird der verlandete See ganz durch Vegetation durchzogen (Flachmoor). Jetzt beginnen auch große Pflanzen, Wacholder, Weide, Faulbaum, dann Birken und Eichen sich in lockeren Verbänden anzusiedeln (Bruch-, Waldmoor), doch gedeihen diese Pflanzen auf dem mageren Boden nicht. Über die absterbenden Bäume und Sträucher dehnen sich Torfmoose und Sphagmen aus. Der Wald lichtet sich, Heidekraut und Wollkraut wachsen. Die mittleren, besonders lichten Teile wachsen stärker, so daß es eine hügelige Form (Hochmoor) annimmt. Hochmoor ist also nicht etwa ein im Gebirge hochgelegenes Moor, sondern ein Moor von gewölbtem Wachstum. In der Natur sind 10—15000 Jahre erforderlich, um diesen Vorgang der Moorbildung ablaufen zu lassen. Pro Jahr wächst der Moorboden um etwa 1 mm, so daß 2000 Jahre erforderlich sind, um ein Moor von 2 m Mächtigkeit zu bilden. An Stelle der Verlandung kann auch die Versumpfung eintreten oder bestimmte Teile der Erdrinde können durch Einsinken dauernd unter Wasser gelangen. Moor setzt das Vorhandensein genügender Feuchtigkeit und ein mittleres Klima voraus. In den arktischen Zonen finden sich keine Moore, weil die für den Fäulnisprozeß erforderliche Wärme fehlt, ebenso nicht in den Tropen, weil hier die Zersetzung zu schnell vor sich geht. Ihre Heimat ist die gemäßigte Zone, vor allem deren regen- und wasserreiche Gegenden. Die gesamte Erdoberfläche weist nach BÜLOW 0,67% ihrer Fläche an Mooren, etwa 1 Million km² auf. In Deutschland machen die Moore 4—5% der Gesamtoberfläche aus. Am stärksten sind sie in Norddeutschland sowie an den regenreichen Hängen unserer Gebirge ver-

treten (Bramstedt, Eilsen, Pymont, Steben, Liebenstein, Meinberg, Schwalbach, Kohlgrub, Landeck, Franzensbad u. a.).

Quellmoore bilden sich am Austritt der Quellen, wo das Terrain dauernd feucht bzw. unter Wasser gehalten wird. Hier gehen Bestandteile der Mineralquellen in das Moor über, das durch seine stark reduzierenden Fähigkeiten Teile der Quelle abbaut. So bilden sich die sogenannten *Mineralmoore* (K. ZÖRKEN-DÖRFER), in denen die aus den Quellen kommenden Salze oft schichtweise abgesetzt sind. Man kennt Eisenmoore (Elster, Pymont) bzw. Eisensulfatmoore (Vitriolmoore, Franzensbad, Marienbad), salinische Moore (schwefelsaure Alkalien und Erden) und Schwefelmoore (Pistyan), die freien Schwefel und Schwefelwasserstoff enthalten.

Die gesamten in der Medizin zu Moorbädern, Schlammhädem, Packungen verwendeten Materialien sind sehr verschiedener Herkunft. Man bezeichnet sie insgesamt als *Peloide* und versteht hierunter Substanzen, die durch geologische Vorgänge entstanden sind und die in feinem aufgeteiltem Zustand mit Wasser gemischt medizinische Verwendung finden. Nach der Klassifikation von BENADE teilt man die Peloide ein (Tabelle 23) in Heilsedimente und Heilerden, je nachdem es sich um Unterwasserablagerungs- bzw. um Verwitterungsprodukte handelt. Unter künstlichen Peloiden versteht man diejenigen Materialien, die zu ihrem Gebrauch einen chemischen Zusatz oder eine intensive mechanische Bearbeitung erfordern.

Tabelle 23. Klassifikation der Peloide. (Nach BENADE.)

I. Heilsedimente-Unterwasserablagerungen.	
a) Biolithe: aus organischem Material oder unter Mitwirkung von Organismen entstanden. vorwiegend organisch:	vorwiegend mineralisch:
1. Torfe	3. Schlicke
2. Organische Schlamm (Faulschlamm)	4. Quellenschlamm
	5. Kreiden und Kalke
	6. Erze (Ocker u. a.)
	7. Guren (Kieselgur).
b) Abiolithe: durch Ablagerung von reiner Mineralsubstanz entstanden.	
1. Sedimentton	2. Sand
II. Heilerden-Verwitterungsprodukte von Mineralien.	
Verwitterungstone (Lehm, Löß u. a.).	

Die Gruppe der Peloide zeigt *Torfe und organische Schlamm*. Es handelt sich bei letzteren um die Ablagerung in Binnenseen (Schollener Pelose, Heilschlamm in Eilsen, Bentheim). Der Schollener See (BENADE) ist ein Wasser mit besonders üppigem Pflanzenwachstum; die biologischen Prozesse vermögen die Überproduktion an organischen Substanzen nicht zu bewältigen, der Sauerstoff reicht für die Verarbeitung der absterbenden Substanzen nicht aus. So entsteht der Faulschlamm (Sapropel) nicht durch Humifikation, sondern durch Gärungs- und Fäulnisvorgänge, daher die alkalische Reaktion, während die Moor- und Torfsubstanzen sauer reagieren. Das Produkt ist flockig, stark gequollen, läßt stellenweise noch die grüne Pflanzenfarbe erkennen, enthält keine Huminsäure. Damit nahe verwandt ist die Gytjtja (das Wort stammt aus Schweden, wo das Material häufiger vorkommt), eine Art Halbfaulschlamm (Gyttjebäder Loka und Norrtälje/Schweden); Gehalt an organischen Substanzen bis zu 40% ist dem organischen Schlamm eigen.

Schlicke (Cuxhaven, Wilhelmshaven, ferner Strömstad u. a. in Schweden) sind aus der Flußtrübung entstandene Ablagerungen. Die fließenden Gewässer führen aus dem Geröll der Berge losgelöste Steine und daraus frei gewordene

feinste Partikelchen mit sich, die sich mit dem absterbenden Plankton im Wasser schwebend erhalten und an den Flußmündungen ins Meer gelangen. Der Rhein befördert jährlich etwa 7 Millionen m³ Schlammteile zur Küste. Durch Ebbe und Flut wird dieses schwebende Material hin und her geworfen, bis es schließlich in strömungsarmen Buchten zur Sedimentation gelangt. Hier können größere Anschichtungen im Laufe verhältnismäßig kurzer Zeit entstehen. Der abgesetzte Schlick ist ein toniges, plastisches, blauschwarzes Material, das wenig organische Substanzen, reichliche Mineralien enthält und alkalisch reagiert. Von den absterbenden organischen Substanzen stammt der Schwefel, aus dem Meerwasser das Salz.

Zu den Schlickern gehören auch die *Limane* des Schwarzen Meeres (Pomorie in Bulgarien, Tekirghiol mit 1270 ha großem Limanteich und Balta Alba in Rumänien). Die Limane sind ertrunkene Flußmündungen, die von der Verbindung mit dem Meer durch Barrenbildung abgeschlossen sind (KAMPE, H. VOGT und DAISSKY). Durch die Verdunstung (Sommertemperatur des Limanwassers bis 30° C) entsteht eine Salzlauge, die über den Schlammsschichten lagert und große Mengen schwefelsaure Alkalien bildet (STURZA). Reich ist die Schwefelbakterienflora. Sehr ähnlich ist dieser Materie der schwarze Schlamm der Salzseen der rumänischen Tiefebene (Lacul sarat, L. amara u. a.).

Hierher gehört auch der sogenannte Posido-Heilschlamm, der in Württemberg aus den stark bituminösen Ablagerungsmaterialien des Jurameeres im Tagebau gewonnen wird.

*Quellenschlamm*e sind Verwitterungsprodukte vulkanischer Gesteine; diese werden von Quellen abgebaut, durchgespült und schließlich von ihnen auch zutage gefördert. (Heiße Quellenschlamm Pistyan, Budapest Lukasbad, Héviz, Abano.) In großen Mengen finden sich Quellenschlamm im siebenbürgischen Becken. Es handelt sich um Sand- und Tonmergel marinen Ursprungs. Das Material wird durch salzhaltige Quellen vielfach auch unter starken gleichzeitigen Gasemanationen hochgehoben und ist stark brom- und jodhaltig. Durch den Auswurf großer Mengen von Material entstehen schließlich kraterförmige Öffnungen, sog. Schlammvulkane (Toria in Rumänien) von 6—7 m Durchmesser, die echte Kraterländer bilden. Das austreibende Gas ist Erdgas, kann aber auch Kohlensäure sein. Im letzteren Falle fehlt dann nicht selten das Wasser, so daß echte Schlammofetten entstehen (Cowasna in Rumänien). Kalter Quellenschlamm findet sich in Kolop (Ungarn); in Eilsen und Nenndorf wird Sedimentschlamm aus Schlammseen, in Trentschin-Teplitz Sedimentschlamm aus einem Bachlauf mit der Heilquelle verarbeitet.

Kreiden und Kalke: Die Kreiden sind Ablagerungen des Kreidemeeres (Saßnitz auf Rügen), sie bestehen aus ungeheuren Mengen der kalkhaltigen Foraminiferenschalen. Der Meeresspiegel stand ehemals in der Ostsee 1000—1500 m über dem heutigen Niveau, so daß die Kreideablagerungen als Kreidefelsen beim Rückgang der See zur Erscheinung kamen. Es handelt sich um ein feinkörniges, stark wasserbindendes Material von alkalischer Reaktion.

Unter den *Erzen* spielt der Ocker, ein mit Hilfe von Mikroorganismen aus wäßriger Lösung ausgefälltes Eisenhydroxyd, eine Rolle (Val Sinestra), ferner der Pyrit, ein schlammiger, schwefelhaltiger Sand (Blankenburg im Harz). Das letztere Material reagiert sauer (Gehalt an freier Schwefelsäure). Die *Guren* sind Ablagerungen stagnierender Gewässer mit einem reichen Gehalt an Kieselskeletten abgestorbener Diatomeen. Ihr spezifisches Gewicht ist niedrig, die Wärmehaltung hoch. Sie enthalten 20—30% organische Substanzen. Die feinen Kieselnadeln können einen Hautreiz ausüben (z. B. Baradt bei Kronstadt).

Die *minerogenen Schlamm*e (*Abiolite*) sind durch Ablagerung rein minerali-

scher Materialien entstanden. Bei den Heilerden handelt es sich um solche Materialien, die nicht durch Unterwasserablagerung, sondern durch Verwitterung entstanden sind: Lehm, Mergel, Ton (Homburg). Physikalische und chemische Einwirkungen verursachen eine Zersetzung, von der besonders die Feldspatminerale betroffen werden. Der Homburger Ton ist ein Zersetzungsprodukt des Basalts, der Eifelfango ein Zersetzungsprodukt vulkanischer Gesteine. Die Heilerden Luvos und Diez (Felke-Bad) sind sandige feinkörnige Löße (Kalte Lehm-bäder).

Manche Moore haben einen natürlichen Ausfluß in Form eines Baches, oder sie werden von einem Gewässer durchronnen (Bramstedt, Kitzbühel). Diese Wässer (*Moorsolen*, auch *Schwarzwässer* genannt) haben meist eine bräunliche Farbe, sind von auffallend niedrigem spezifischem Gewicht und haben desinfizierende Eigenschaften (BENADE).

Zu Einpackungen verwandt wird auch der trockene *Sand* (Köstritz). Es handelt sich hierbei um etwas anderes als beim Moor, Schlick usw., weil keine Feuchtigkeit zur Anwendung kommt. Es ist eine Behandlung mit trockener Wärme. Es werden verhältnismäßig hohe Temperaturen gut ertragen.

Es sind außerdem auch noch andere Materialien (Holzschliff, Hefe) zu Bädern angewandt worden. Hierbei handelt es sich um feuchte Warmeanwendung. Das gleichfalls verwandte Paraffin und Moorparaffin (Mischungen mit gemahlenem Torf) hat eine besonders hohe Wärmehaltung. Ersatzpräparate für Moorbäder sind unbrauchbar, wenn sie, wie das vorkommt, aus einem Badepulver bestehen (50—100 g), das im Wasser gelöst niemals ein Moorbad ergibt.

Physikalische Eigenschaften des Moorbades und deren biologische Wirkungen.

Der Torf und die analogen Materialien werden zu Moorbädern und Packungen verarbeitet. Hierbei handelt es sich darum, daß eine in Wasser nichtlösliche, sondern nur mit ihr mischbare Materie durch Zugabe von Wasser in eine breiartige Konsistenz gebracht und damit badefertig gemacht wird. Die Wasserzugabe muß sich in bestimmten Grenzen halten, um die genannte Konsistenz zu gewährleisten.

Das *Wasser* ist im Moor vorhanden: 1. als chemisch gebundenes Wasser (Hydrat- oder Konsistenzwasser nach OSTWALD), nur kleiner Anteil; den Hauptteil macht 2. das Porenwasser (OSTWALD, BENADE und STOCKFISCH) aus, das in den kleinen oder größeren Hohlräumen der Moormasse vorhanden ist. Dazu kommt 3. kolloidal gebundenes sog. Quellungswasser, das an die im Moor vorhandenen quellbaren Substanzen gebunden ist; schließlich finden wir noch 4. intracellulär vorhandenes Wasser. Im fertigen Moorbad werden die wesentlichen physikalischen Eigenschaften von der richtigen Wassermischung bedingt. Den als dickbreiig zu bezeichnenden Zustand eines richtigen Moorbades erreicht man, wenn dem Moorbrei eine Wassermenge beigegeben wird, die mit dem vorhandenen Wasser ungefähr 100% der Wasserkapazität ausmacht, d. h. also eben die Sättigung des Moorbreies mit Wasser beträgt. Man hat damit eine wissenschaftlich bestimmbare Größe. Praktisch sieht die Sache so aus, daß man auf Grund der Erfahrung einen dicken Brei herstellt. In manchen Bädern werden *dünne, normale und dicke Moorbäder* verabreicht. Die breiartige Konsistenz bleibt nur etwa bis zu 200% der Wasserkapazität bestehen, bei noch mehr Wasser kommt nur noch eine Aufschwemmung zustande, in der die festen Teile zu Boden sinken. Setzt man weniger Wasser, unter 100% Kapazität, zu, so entsteht eine feste, mehr plastische Masse, wie wir sie zu den *Packungen* brauchen. Die Grenze, innerhalb der ein brauchbares Packungsmaterial, das eben fließbar und plastisch

sein muß, hergestellt werden kann, ist schmal, denn die Breie gehen nach unten rasch über die Fließgrenze in den dünnen Badebrei, nach oben ebenso rasch in eine mörtelartige zerbröckelnde Materie über, mit der kranke Körperteile nicht mehr gepackt werden können.

Ein Brei hat für den darin badenden Körper andere Eigenschaften als das Wasserbad. Der Brei hat eine verhältnismäßig große innere Reibung. Läßt man in Breien verschiedener Konsistenz, wie sie etwa dem dicken, mittleren und dünnen Moorbad entsprechen, eine bleigefüllte Glaskugel fallen, so braucht sie in einem dünnen Brei $3\frac{1}{2}$ -, einem mittleren 71- und einem dicken 356mal so lange wie in Wasser, um den Boden des Gefäßes zu erreichen (STARK). Eine Korkscheibe kann, auf den Boden des Badegefäßes gebracht, im mittleren und dicken Moorbrei nicht aufsteigen, nur in dünnem Brei überwiegt der Auftrieb über die innere Reibung. Diese Erscheinung bezeichnet man als die Zähigkeit (Viscosität) der Bademasse. Das spezifische Gewicht der Bademedien ist nach BENADE folgendes: Moor in badefertigem Zustand 1,05—1,35, Sapropel 1,2—1,5, Schlick 1,4—1,75, Kreiden und Heilerden 1,6—2,0.

Die für die Moorbehandlung wichtigen physikalischen Eigenschaften beruhen auf seinen *thermo-physikalischen Qualitäten*. Die in Betracht kommenden Größen der Wärmeleitung, Wärmekonvektion und Wärmestrahlung hat W. ZÖR-KENDÖRFER als *Wärmeausgleichsvermögen* zusammengefaßt, weil es praktisch auf jene Größe ankommt, die aus dem Zusammenwirken dieser Faktoren zustande kommt.

Die Wärmeleitung ist der echte Wärmestrom in der Materie. Sie ist beim Moor gering. In der gleichen Zeit von 20 Minuten, in der eine bestimmte Menge Wasser bei einer gegebenen Wärmequelle sich um 75° erwärmt, nimmt Moor nur um $9\frac{1}{2}^{\circ}$ zu. Ein Moorbad von 52° hat bei mittlerer Außentemperatur nach 1 Stunde an der Oberfläche eine Temperatur von 31° , in der Mitte von 52° ; das Wasserbad ist insgesamt in der gleichen Zeit auf 41° abgekühlt. Moor ist also ein schlechter Wärmeleiter.

Wärmekonvektion ist der Wärmetransport durch die Strömung der Masse selbst. Sie ist eine Frage des Aggregatzustandes. Die strömenden Fähigkeiten der Masse fehlen dem Moor, dadurch wird ein höherer Grad von thermischem Gleichgewicht erzeugt, der für den badenden Körper Gleichgewicht der Temperatur während des Badens gewährleistet.

Das Wärmehaltevermögen (die Abkühlungsgröße) ist eine Gesamtwirkung von Leitung, Konvektion und Strahlung. Moore kühlen langsamer ab als Schlamm und vor allem als mineralische Erden. Eine bestimmte Menge Wasser braucht nach LENDEL zu ihrer Abkühlung von 47 auf 42° 20 Minuten. Hierzu brauchen unter gleichen Bedingungen Pyrmonter Moor 70, Schlick 35, Schollener Pelose 60, weißer Sand 30 Minuten.

Durch die Zubereitung der Moorbäder mit verschiedenen Mineralwässern, wie sie in den Badeorten üblich ist, kann die Wärmehaltung beeinflusst werden. Der Zusatz von CO_2 -reichen Wässern erhöht die Wärmehaltung, der Zusatz von alkalischen Wässern setzt sie herab (BENADE).

Die Reibungswiderstände erfordern eine nicht unerhebliche Arbeitsleistung bei Bewegungen im Moorbad, besonders wenn diese Bewegungen nach oben oder seitwärts erfolgen. Daraus ergeben sich auch Einflüsse auf die Atmung. Beim Einsteigen in das Bad ist außerdem noch die Wirkung des Auftriebes zu überwinden. Nehmen wir das Gewicht eines Menschen zu 70 kg, sein spezifisches Gewicht zu 1,01, so entspricht dem ein Volumen von etwa 70 l. Die gleiche Masse Moor wiegt bei 1,3 spezifischem Gewicht 91 kg, der Auftrieb macht also 21 kg aus. Es wäre also kaum möglich, daß der Körper im Moor bliebe, wenn nicht die große innere Reibung, nachdem man mit einer gewissen Gewalt eingetaucht ist, dem

Auftrieb entgegenstünde. Man hat mancherorts an der inneren und unteren Seite der Badewanne Halter angebracht, damit sich der Badende dort festhalten und den Auftrieb überwinden kann. Der hydrostatische Druck übersteigt den des Wassers erheblich, so daß die Exspirationsstellung des Brustkorbes im Moorbad gegenüber dem Wasserbad erhöht ist. Auch bei Packungen kann die Schwere des Materials sich geltend machen.

Das Moorbad ist ein ideales Mittel zum Festhalten von Wärme und damit zur *Wärmebehandlung*. Es ermöglicht die *Anwendung hoher Wärmegrade*, denn der Indifferenzpunkt des Moores liegt auf Grund der angegebenen thermo-physikalischen Eigenschaften (s. o.) sehr hoch (38°), also höher als bei Wasser (35°). Im Moorbrei kann eine Verschiebung der einzelnen Teile nicht oder kaum stattfinden. Die dem Körper anliegende Schicht muß sich mit diesem in Ausgleich setzen. Der Wärmenachschub erfolgt durch die an sich geringe Wärmeleitung nur langsam (BENADE). Diese *Übertragung ist sehr schonend*. Dadurch wird die Erträglichkeitsgrenze besonders bei den schlecht leitenden organischen Materialien nach oben verschoben. Die Haut steht also vom ersten Augenblick an dauernd mit der hochtemperierten Bademasse in Berührung. Es bildet sich rasch eine Art Isolierschicht (SCHADE, KIONKA). Die Haut wird unter Umständen stark, aber allmählich erhitzt, besonders bei den organischen Materialien, so daß die Haut Zeit hat, sich mit den tieferen Körperschichten in Ausgleich zu setzen und dorthin die *Wärme nach der Tiefe* abzuleiten (W. ZÖRKENDÖRFER).

Der Wärmemoorbrei im Bad stellt eine durch besonders begünstigte Wärmeübertragung ausgezeichnete, dem Körper eng anliegende Hülle dar. So ist es naheliegend, daß ein *Einfluß auf die Gesamttemperatur des Körpers* zustande kommt. Auch diese Übertragung erfolgt allmählich. Maximal läßt sich beim Badenden in einem Moorbad von 45° eine Erhöhung der Körpertemperatur um 2,2° erreichen (GUTHMANN), beim 42gradigen Moorbad um 0,9°.

Die Haut nimmt am intensivsten an diesen Wirkungen teil. Die Hyperämisierung kommt nicht nur durch die Wärme des Moorbades zustande, auch mechanische Reize können mitwirken (Sand, Pflanzenteile, die Kieselpanzer der Diatomeen, die Kieselnadeln der Equisetumarten). So kann eine lokale Hitze-therapie ausgeübt werden, die besonders in Form heißer Packungen eine rasch einsetzende lokale Hyperämie und eine anschließende Tiefenwirkung der Wärme hervorbringt. Dabei bleibt dieses Verfahren immer schonend auch für den lokalen Effekt, obschon die Moormasse die Anwendung recht hoher Temperaturen gestattet. Bei Moorpackungen kann man bis 56° C (bei mineralischen Materialien nicht so hoch) gehen, ohne die Haut zu schädigen. Gemäß den Zusammenhängen zwischen Körperinnerem und Haut auf nervösem und zirkulatorischem Gebiet sind hier indirekte Einwirkungen auf die inneren Organe denkbar (Headsche Zonen, H. VOGT).

Von der lokalen sowohl wie von der allgemeinen Hyperämie aus hat man intensive Effekte auf in den Körperhöhlen befindliche entzündliche Prozesse (Veränderung der Adnexorgane) festgestellt als *entzündungshemmende und aufsaugende Wirkung* (auch im Tierexperiment nachgewiesen).

Chemische Eigenschaften des Moorbades und deren biologische Wirkungen.

Wenn auch die Wirkung des Torfes und der anderen Substanzen zum großen Teil auf deren für die Wärmetherapie günstigem physikalischem Verhalten beruht, so spielt doch die Chemie der Moor- und Schlamm-bäder bei der Therapie eine nicht geringe Rolle. Torf, Schlick usw. haben wichtige Substanzen an den Körper abzugeben und befinden sich in einem Austausch mit vom Körper ausgeschiedenen Stoffen.

Die chemischen Bestandteile des Moorbadcs (K. ZÖRKENDÖRFER) stammen aus dem Torfbildungsvorgang, ferner aus dem Heilquellen- oder dem Meerwasser in allen denjenigen Fällen, wo ein solches Wasser mit der Bildung der Moore zu tun hat. Gerade in diesem Falle sind Anreicherungen im Moor, z. B. aus den Mineralien der Quellen, von Bedeutung. Anreicherungen im Moor finden aber auch aus der Luft statt, wie CAUER für die Oberfläche schlesischer Moore nachgewiesen hat (Jodgehalt). Praktisch kann im Moorbad die chemische Wirkung noch durch die vielfach übliche Zubereitung mit den zur Verfügung stehenden Heilquellen (vor allem Kochsalzquellen, Eisenquellen, Meerwasser) eine Rolle spielen.

Unter den anorganischen Stoffen spielen die wasserlöslichen eine bedeutsame Rolle: Sulfate des Al, Ca, K, Mg, ferner Chloride. Bei den Meeresschlickcn kommen erhebliche Beträge von Kochsalz (und KCl) hinzu, auch Spuren von J und Br. Unlösliche Stoffe (BENADE, ZÖRKENDÖRFER) spielen vor allem bei den Schwefel- und Eisenverbindungen eine Rolle. Da nur die löslichen Stoffe für die Therapie in Betracht kommen, so wendet man die Haldenlagerung bei denjenigen Torfen an, bei denen man durch die Luftoxydation solche Stoffe aus unlöslichen gewinnen kann (Eisenvitrioltorfe von Franzensbad, Pretsch, Schmiedeberg). Kalke, Silicate, Erden usw. sind ferner in Mooren aus den Bestandteilen des Erdbodens, hineingewehtem Sand usw. vorhanden.

Von organischen löslichen Bestandteilen (SOUCI, BENADE) sind zu nennen die Pektine (nach SOUCI die Muttersubstanz des Lignins), Zuckerarten, lösliche Eiweißverbindungen, Humussäure, Stärke, Abkömmlinge der Gerbsäure, gelegentlich Fette, Wachse u. a.

Die Huminsäuren entstehen bei der Verrottung. Es handelt sich nicht um einheitliche Körper, sondern um Gemische sog. Humusbegleitstoffe (SOUCI), auch chemische Abkömmlinge der genannten Säuren (Fulvosäuren). Es kommen dazu Eiweißstoffe, durch die Tätigkeit von Mikroorganismen gebildet, celluloseartige und hemicellulose Stoffe.

Die Frage der verschiedenen organischen Stoffe, namentlich hinsichtlich der chemischen Aufspaltung, berührt das Problem des Zersetzungsgrades der Torfe. Die chemische Zersetzung geht mit der physikalischen Hand in Hand. Stärker zersetzter Torf ist feinkörniger (HEIDUSCHKA und MÖLLERING) und hat dadurch eine erhöhte Wirkung auf die Haut, zugleich hat er mehr wasserlösliche Bestandteile. Behandlung mit Moor hat also niemals nur den Effekt, den ein reines Wärmemittel (Warmwasserbäder, Heißpackungen mit Leinsamen usw.) ausübt. Torf und die analogen Materialien enthalten hautpermeable Stoffe, durch deren Aufnahme in den Körper es zu lokalen Wirkungen, darüber hinaus aber zu Umladewirkungen (analog den Mineralbädern) kommen kann. Nach BENADE ist von den selektiven Ionen der Durchgang durch die Haut nachgewiesen für J, As, K und Ba, außerdem für Radon, wahrscheinlich auch für Fe und Mn. Auch an die Aufnahme von Hormonen durch die Haut ist zu denken.

Bei der direkten Hautwirkung besteht, wie schon gesagt, ein wesentlicher Unterschied zwischen den sauren und alkalischen Medien. Der p_H der Moore liegt bei 4,0—7,0. Für die normale Haut beträgt er 3,7. Alle diese stark sauren Stoffe wirken adstringierend. Die Wirkung geht vor allem von den Gerbsäuren, den Humusstoffen, ferner vom Fe und Al aus. Essigsäure Tonerde wirkt noch in der Verdünnung von 1:200000 adstringierend. Die *adstringierende Wirkung* bedeutet eine Verfestigung der Haut, die besonders bei Epithelverlusten, Erosionen, Hautausschlägen sich geltend machen kann. Auch die erreichbaren Schleimhäute werden betroffen. Demgegenüber üben die alkalischen Materialien Schlick, Pelelose, Kreiden eine quellende, auflockernde, erweichende und damit *kosmetische Wirkung auf die Haut* aus. Ein reicher Gehalt von kohlensaurem Kalk

erhöht diese kosmetische Wirkung, da er der Haut eine besondere Glätte verleiht.

Zu dem tritt noch eine deutliche *antibakterielle Wirkung* der Moorsubstanzen. Der Zusatz von Moorlauge zu Gelatinenährböden hemmt das Bakterienwachstum. Nach den Untersuchungen von PFANNENSTIEL und seinen Schülern nimmt in den Moorfeldern der Bakteriengehalt von der Oberfläche nach der Tiefe ab. Gerade diese tieferen Schichten werden aber wegen ihres höheren Zersetzungsgrades balneologisch bevorzugt. Heilschlamme und Moore, auch die Schollener Pelose zeigen einen auffallend niedrigen Gehalt an Keimen. Bekannt ist ferner die günstige Erfahrung, die man in der Chirurgie mit Torfmullverbanden bei stark sezernierenden, schlecht heilenden Wunden sowie in der Decubitusbehandlung mit Torfunterlagen gemacht hat. Eine Aufnahme von Keimen aus dem Moorbad in die Haut ist an sich möglich. Die Wiederverwendung gebrauchten Moores ist daher erst nach genügender Ablagerung statthaft.

Unter den organischen Stoffen spielen neuerdings die Hormone eine Rolle. Träger der Hormone sind die Bitumenstoffe. Sie finden sich also nur in den Torfen und organischen Schlammen, nicht in den minerogenen Materien. Die Hormone (ASCHEIM, BUTENANDT u. a.) stammen aus den Fruchtständen der im Moor untergegangenen Pflanzen. Sie sind identisch mit den weiblichen Sexualhormonen (Follikelhormone). Mit Moorextrakt kann man bei Ratten eine vorzeitige Geschlechtsreife herbeiführen, Moorbäder ändern den Hormonstandard der Frau (WEHEFRITZ und GIERHAKE). Solche östrogene (brunsterregende) Stoffe sind im Erdöl, im Asphalt, Steinkohle usw. nachgewiesen (HOHLWEG). Nach BENADE beträgt der Wirkungsfaktor des aus Torf gewonnenen Extraktes 500 Mäuseeinheiten je kg Torf, die entsprechenden Zahlen beim Erdöl sind 2000, bei Asphalt 10000. Aus den verhältnismäßig kleinen Zahlen hat man Bedenken abgeleitet, ob das im Torf vorhandene Hormon wirksam sein könnte. Ist auch der Übergang nicht nachgewiesen und die Frage an sich problematisch, so soll man doch mit Schlüssen aus der Kleinheit der Substanzen vorsichtig sein, da wir neuerdings gerade von den minimal in den Mineralwässern vorkommenden Stoffmengen bedeutende Wirkungen kennengelernt haben (WEHEFRITZ und GIERHAKE). Seit der Entdeckung des Moorbades steht seine Anwendung in der Sterilitätsbekämpfung obenan. An den günstigen Erfahrungen in immer wiederholten Fällen kann nicht gezweifelt werden. Das Moorbad versetzt den Körper der Frau insgesamt durch umstimmende Wirkung in einen besseren konzeptionsfähigen Zustand; die Wirkung muß aber doch wohl auch auf die Hormone in der Moorsubstanz bezogen werden.

Die *tiefgreifende Allgemeinwirkung* des Moorbades wird schon durch die intensive *Badereaktion* bewiesen.

Die Blutkörperchensenkungsreaktion ist ein empfindlicher Indikator auf das Moorbad und läßt sich prognostisch besonders bei Rheumakranken (s. S. 175) sowie für die Dosierung der Moorbäder benutzen.

Im Blutbild läßt sich das Ansteigen der roten Blutkörperchen vielleicht auf den starken Hautreiz beziehen (Analogon zu den Wirkungen der Strahlen). Die vitalgranulierten Elemente zeigen (NEUMEIER und ECHTLE) eine starke Erhöhung. Im weißen Blutbild fand GUTHMANN eine Erhöhung im Bad. Im ganzen kann man von einer Reizung der Gesamtblutbildner sprechen.

Der Blutzuckerspiegel sinkt (FRONIUS), ebenso Ca und Kochsalz; daraus würde man auf Umstellungen im vegetativen System des Organismus schließen können. Damit können auch weitere Erscheinungen zusammenhängen (Herabsetzung der Magenacidität). Einwirkungen auf Menorrhagien hat man durch Packungen der Mammae (Ausschüttung des follikelhemmenden Mammins) erzielt. Bei den

Einwirkungen auf den Kreislauf spielen Wärme, Druckverhältnisse der Moormasse, aber auch chemische Einwirkungen (Calciumabnahme im Blut) eine Rolle. Im ganzen resultiert neben Pulsbeschleunigung im heißen Moorbad ein Sinken des Blutdrucks. Das Kymogramm zeigt (KNÖLLE) rasch eine Zunahme des Herzschattens, der auf eine Verlagerung des Herzens zu beziehen ist.

IV. Technische Behandlung des natürlichen Heilgutes (Quellen und Torfe).

Wie die Einrichtungen unserer hochentwickelten Bäder erkennen lassen, erfordert die Nutzung des natürlichen Heilgutes zu Bädern, Trinkkuren, Inhalationen umfangreiche technische Einrichtungen. In der wild austretenden Quelle wird unter einfachen Verhältnissen gebadet (s. Abb. 7). Die Wissenschaft von der technischen Behandlung der Quellen und Moore (KAMPE, WOLLMANN) ist ein in der Neuzeit entwickeltes Gebiet, nachdem man sich lange Zeit mit einfachen Methoden, angelehnt an die Behandlung des Süßwassers, bei der technischen Nutzung der Heilschätze begnügt hatte. Gemäß der hohen Entwicklung dieses Spezialgebietes können Anlagen nur durch Spezialingenieure ausgeführt werden. Das Gebiet berührt aber aufs engste nicht nur den Arbeitsbereich der Badeverwaltungen, sondern auch die Tätigkeit der Ärzte; bei diesen Stellen muß dauernd das größte Interesse für die Technik und eine Fühlung mit deren Fragen vorhanden sein, denn von der richtigen technischen Behandlung hängt eine erfolgreiche Verwendung des Heilgutes ab.

Aufgabe der Bädertechnik ist es, das Mineralwasser in möglichst reinem Zustande ohne Verlust seiner wertvollen Wirkstoffe gebrauchsfähig zu Bädern, Trinkkuren, Inhalationen, Spülungen an den kranken Menschen heranzubringen. Viele Wässer enthalten labile Bestandteile, sie sind überaus empfindlich gegen jeglichen Eingriff von außen. Die Bohrung, die Leitung der Wässer oft auf langen Wegen, Speicherung, Erwärmung, Abkühlung setzen die Wässer mannigfachen Einwirkungen aus.

Besonders vorteilhaft liegt die Situation dann, wenn eine ungefähr badefähige Temperatur (etwa 40°), reichliche Schüttung und nächste Nähe der Verwendungsstelle (Badehäuser) vorliegen (Schallerbach, Wildbad, Baden bei Wien). Eine Manipulation der Wässer bleibt dann auf ein Mindestmaß beschränkt. Die moderne Technik hat es aber fertiggebracht, auch dann, da meistens so ideale Verhältnisse nicht vorliegen, eine Heranbringung des Heilgutes an den Menschen in kaum veränderter Qualität zu gewährleisten.

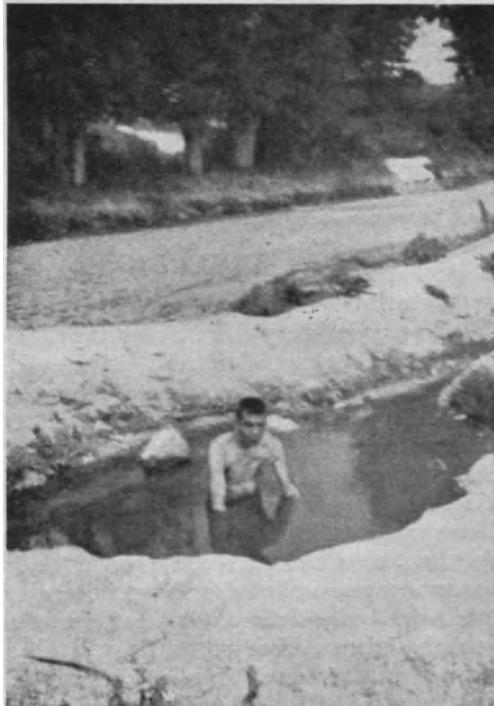


Abb. 7. Bad in einer natürlichen ungefaßten Thermalquelle.
(Phot. Dr. DAISSKY.)

In folgendem können nur Grundlinien des Gebietes gegeben werden. Einzelheiten sind Sache der Spezialliteratur.

Die Technik beginnt mit *Suchen, Finden und Fassen der Quellen*. Viele genützte Quellen sind an dem Orte gefaßt, wo sie zutage treten. Andere sind zufällig gefunden, etwa bei Bohrungen nach Petroleum, andere aus naturwissenschaftlichen Überlegungen gesucht und erschlossen. Das Suchen nach Mineralquellen setzt die Mitarbeit sachkundiger Geologen und Physiker voraus. Neuerdings werden auch Wüschelrutengänger herangezogen. Daß es Menschen gibt, die allgemein nicht vorhandene Sensibilitäten besitzen und für Erdströme usw. empfindlich sind, kann nicht bestritten werden. Eine Wasserfindung durch Wüschelrutengänger ist nicht auszuschließen. Der Unsicherheitsfaktor ist sehr groß. Jedenfalls kann der Wüschelrutengänger nur das Vorhandensein einer Wasserader, aber keine darüber hinausgehenden Angaben über Qualität, Temperatur machen. Alle derartigen Angelegenheiten gehören in das Reich der Fabel.

Faßt man eine Quelle auf freigelegter Basis im Boden, so spricht man von Schürffassung, geht man mittels eines Schachtes in die Tiefe, von einer Schachttäufe. Die Bohrung hat die Aufgabe, das Quellwasser in der mineralwasserführenden Bodenschicht zu erschließen.

Von alters her und heute noch sind vielfach Brunnen und ähnliche *Fassungen*, die aber vor allem keine genügende Abtrennung vom Grundwasser ermöglichen, üblich. Bei den *Steigrohrfassungen* legt man die Quelle bis auf den Austritt aus dem festen Gestein bloß, stülpt mit guter Abdichtung einen Trichter aus Metall oder Stein darüber und leitet das Wasser von da mittels Steigrohr nach oben. Allen Fassungen überlegen ist die *Bohrung*, besonders wenn die Anlage eines recht weiten Bohrloches ausführbar ist. Die Verrohrung bietet dem aufsteigenden Wasser im Vergleich zum natürlichen Quellschlot eine große Widerstandsverringerung, so daß Menge, Wärme und Schnelligkeit des Ausflusses zu steigen pflegen. Auch die Bohrung hat natürlich mit einem Unsicherheitsfaktor zu rechnen, zumal bei den erheblichen Tiefen (über 1000 m), die manchmal erforderlich sind. Am besten befördert man das Mineralwasser nicht durch freien Auslauf aus dem Steig- oder Bohrrohr nach oben, sondern (WOLLMANN) durch eine in 50—100 m Tiefe im Bohrloch angebrachte Tiefbrunnenpumpe. Eigenschaften, die beim Austritt des Wassers an die Luft verlorengehen, bleiben dem so geförderten Wasser erhalten. Das hat größte Bedeutung erlangt für gasführende Quellen, die besonders gegen technische Eingriffe empfindlich sind.

Die gesamte Anlage der Leitungen, die Lichtweite der Rohre, die Krümmungen des Weges, Verengerungen und Erweiterungen, Art der Formstücke und Armaturen müssen Gegenstand besonderer Überlegungen sein, um eine Erhöhung der Reibung, Wirbelbildung, Änderung der Geschwindigkeit, Stauungen und sonstige Gefahrstellen zu vermeiden. Die Art der Werkstoffe, das Rohrmaterial, Dichtungen, Schutzanstriche bedürfen aus gleichen Gründen sachkundiger Überlegung. Ein weiteres schwieriges Kapitel der technischen Behandlung der Mineralwässer ist dadurch gegeben, daß einerseits die Quellwässer durch Ablagerung Sinter bilden, daß das Rohrlumen unter Umständen in kurzer Zeit eingengt oder verlegt werden kann. Andererseits greifen die meisten Wasser das Rohrmaterial an, zerstören es unter Umständen in erstaunlich kurzer Zeit, wenn nicht besonders widerstandsfähiges Material (Holz, Kupfer, einige neue Werkstoffe) gewählt wird (Abb. 8).

Ein besonders schwieriges Gebiet ist das der *Erwärmung gashaltiger Wässer*. Eine 10° warme Kohlensäurequelle ist mit CO₂ gesättigt bei 2318 mg/kg CO₂, für 20° bei 1688 mg/kg. Die bei der Erwärmung unvermeidliche Entgasung geht aber langsamer vor sich, so daß die Quelle stets übersättigt bleibt, namentlich wenn

sie mechanisch wenig bewegt wird. Gasverluste fallen daher bei den CO_2 -Wässern um so geringer aus, je ruhiger das Wasser in die Wanne kommt und je näher an der Wanne es erwärmt wird. Am größten sind daher die Verluste bei der zentralen Boilererwärmung, sie betragen (nach WOLLMANN) bei den anderen Systemen: Durchlauferhitzer vor der Wanne 25%, bei der Erwärmung in der Wanne durch Klappregister oder Dampfschlange 20%, bei der sog. Dampfkanalwanne 17%.

Für die *Trinkkur* ist erforderlich, daß das Mineralwasser in reinstem Zustand bequem und jederzeit frisch an den Kurgast herangebracht werden kann. Bei Quellen, die über Tag austreten, ist die Abnahme des Trinkbrunnens aus Wasserhähnen oder bei genügendem Wasser aus dauernd laufenden Leitungen üblich. Liegt der Spiegel der Quelle tief, so muß das Wasser aus seiner Versenkung heraufgeholt werden (Handreichung oder mechanische Vorrichtung). Auch hier ist die trinkfähige natürliche Temperatur (Bertrich 32° , Neuenahr 35°) besonders vorteilhaft. Die Erwärmung muß vorsichtig, möglichst unmittelbar vor dem Trinken geschehen. Man trinkt aus Gläsern mit 200—250 g Inhalt vielfach mit Röhren (Schutz der Zähne vor Eisen). Die Kohlensäure kann man entfernen durch Umgießen, Umrühren oder Durchblasen von Luft mittels der genannten Röhren.

Die Trinkkur wird in der Form des Umhergehens, beim Sitzen im Freien oder in einer Wandelhalle genommen. Sie ist ein Stück im Tagesprogramm des Kurgastes. Früher, wo sie noch stärker üblich war, war sie eine gesellschaftliche Angelegenheit. Um die Trinkbrunnen haben sich daher von alters her Promenaden, Wandelgänge, gedeckte Hallen entwickelt. Die Anordnung hat zu eindrucksvollen architektonischen Lösungen geführt (s. Abb. 9). Praktisch ist wichtig, daß die Gläserausgabe in einiger Entfernung von der Wasserabgabe, nicht neben dieser stattfindet, damit die Kurgäste zum Hin- und Hergehen gezwungen werden.

Die Vernebelung des Wassers bei der *Inhalation* macht wiederum andere Spezialeinrichtungen erforderlich. Die Verabfolgung geschieht im Rauminhalatorium oder am Einzelapparat. Zu ersterem benutzt man einen Raum, der etwa 30 Personen faßt (Sitzgelegenheiten), gut lüftbar, mit abwaschbaren Wänden und fugenlosem, nach der Mitte zu entwässerndem Fußboden ausgestattet ist. Pro Patient sind 5 m^3 Raum vorgesehen. Spucknapfe mit fließendem Wasser müssen vorhanden sein. Die Patienten betreten den Raum mit einem undurchlässigen Mantel bekleidet. Das Wasser wird durch einen zentralen Vernebler zerstäubt (Raumvernebler). Die Zerstäubung beruht darauf, daß Preßluft durch Düsen geleitet das zu zerstäubende Mineralwasser mitreißt. Die Apparatenutzung erfordert eine gewisse Mitarbeit und Schulung des Patienten. Mund- und Nasenatmung ist möglich. Für die verschiedenen Erfordernisse sind bewährte Systeme vorhanden. Die Einzelapparate werden in halboffenen Kabinen aufgestellt, die zu inhalierende Nebelmenge, ihr Inhalt, die Tröpfchengröße sind regulierbar, auch die elektrische Aufladung ist Gegenstand besonderer technischer Einrichtung. Erwähnt seien hier ferner die für die Therapie der Atmungsorgane wichtigen pneumatischen Kammern und pneumatischen Apparate.



Abb. 8. Sinterbildung einer Mineralquelle (Kalk) verlegt die Rohrleitung.

Freiluftinhalatorien sind Einrichtungen, die den Vorgang der Rauminhalation in das Freie verlegen. An geschützten Stellen im Freien, hinter hohen Hecken können Raumzerstäuber aufgestellt werden, die bei mildem Wetter und Windstille eine Freiluftinhalation ermöglichen. Vor allem ist in der Nähe von *Gradierwerken* eine wirksame Freiluftinhalation möglich. Ursprünglich dienten die Gradierwerke nur der Salzgewinnung. Kochsalzreiche Sole wird in die oberste Etage gepumpt und rieselt von dort über dichtes Schwarzdorngestrüpp nach unten. Auf dem Wege zerstäubt und verdampft ein großer Teil der Flüssigkeit, unten kommt konzentrierte Sole an. Die Zerstäubung teilt sich der umliegenden Luft mit. Bis auf einige 100 m Entfernung enthält die sog. Gradierhausluft wirk-

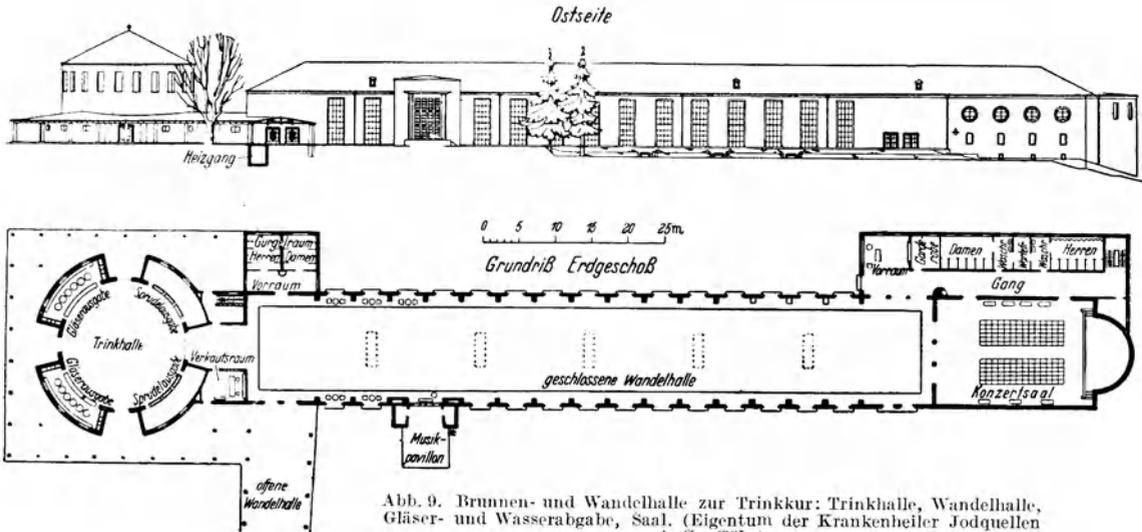


Abb. 9. Brunnen- und Wandelhalle zur Trinkkur: Trinkhalle, Wandelhalle, Gläser- und Wasserabgabe, Saal. (Eigentum der Krankenheiler Jodquellen A. G., Tölz.)

same Bestandteile des zerstäubten Mineralwassers (CAUER). Promenaden, Kinderspielplätze, in der Nähe der Gradierwerke angelegt, vermitteln auch hier eine wirksame Inhalation. Ein Freiluftinhalatorium großen Stiles ist an der Meeresbrandung vorhanden (Salztröpfchen, Jod). In Jodbädern teilt sich bei der Flüchtigkeit des Jodes dieses vielfach namentlich im Bereich der Trinkkureinrichtungen der umgebenden Luft mit. Teile des Kurortes können so eine wirksame Inhalation vermitteln. In manchen Orten bewirkt die radiumhaltige Bodenemanation über Gesteinsspalten ein Ausströmen des Radons, wodurch wiederum Einatmungsmöglichkeiten bestehen. Auf der Achbrücke in Badgastein bewirkt die dortige starke Zerstäubung des radiumhaltigen Thermalwassers eine sehr hochgradige Luftionisation, die sich durch Einatmung den auf der nahen Promenade weilenden Gästen vermittelt.

Bei der technischen Zubereitung zwecks Einatmung radonhaltiger Luft wird eine Trennung des Wassers der Radiumquellen von ihrem Gasgehalt (Radon) vorgenommen. Eine wirksame Einatmung wird dadurch vermittelt. Die Einrichtung erfordert besondere technische Verfahren.

In den Bereich der Technik gehört schließlich auch die *Quellenbeobachtung*. Die Quellen sind im allgemeinen so konstant, daß die vorkommenden Schwankungen den therapeutischen Wert nicht beeinträchtigen. Sie bedürfen jedoch der fortlaufenden Kontrolle, die sich erstrecken muß auf die Ergiebigkeit, Temperatur, den Gehalt an den wichtigen Bestandteilen (Mineralstoffen, Gasen, Radioaktivi-

tät). Ferner ist eine fortlaufende hygienische Kontrolle erforderlich. Vadose Quellen zeigen gelegentlich Zusammenhänge mit Niederschlägen wenigstens in bezug auf ihre Schüttung. Auch die Einflüsse der Veränderungen des Luftdruckes können wenigstens in begrenztem Maße sich bei Quellen geltend machen. Beachtet muß auch das sog. Sintern der Quellen werden, da dieses (s. Abb. 8) die Zu- leitung beeinträchtigen kann. Für die fortlaufende Kontrolle sind keine umfangreichen großen Analysen erforderlich, es genügen hier Proben, die sich auf die hauptsächlichsten Wertbestandteile beziehen, sog. Kontrollanalysen.

Bei der Verwendung der Materialien zu *Moor- und Schlamm-bädern* ist eine umfangreiche technische Zubereitung erforderlich. Um Badetorf zu gewinnen,

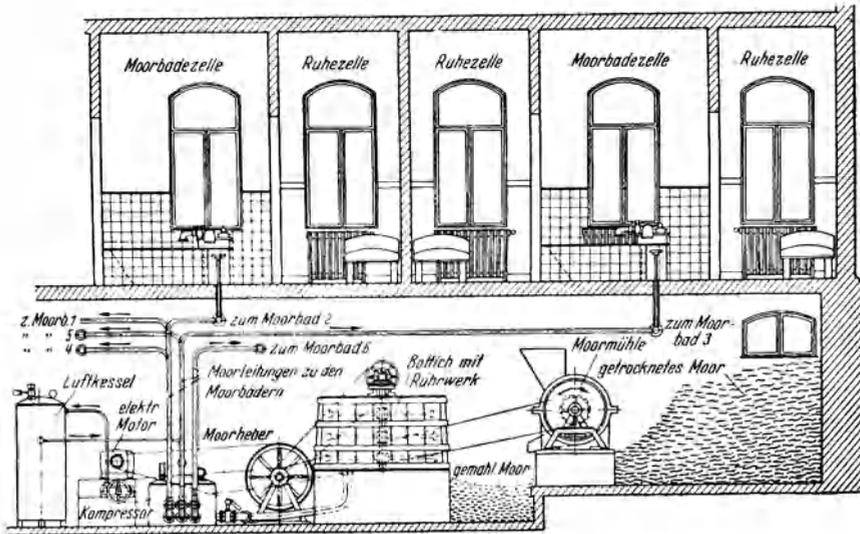


Abb. 10. Ganzmechanische Anlage zur Herrichtung von Moorbadern (Förderung, Aufbereitung und Abtransport des Materials) in Bad Liebenwerda (nach FRIEDRICH)

wird evtl. nach Senkung des Grundwasserspiegels der Torf „gestochen“ oder ausgegraben, oder auch, wenn er unter Wasser gewonnen wird, vom Kahn aus geschöpft. Man lagert dann das Material luftig. Für manchen Torf hat sich die Haldenlagerung eingebürgert, d. h. um bestimmte, für die Therapie als wichtig erachtete Veränderungen am Material durch Luftoxydation herbeizuführen (s. S. 55), läßt man im Herbst und Winter gewonnenen Torf längere Zeit im Freien lagern. Zu Badezwecken muß der Torf aufbereitet, d. h. er muß zerkleinert, von Beimischungen, Gestein, Wurzeln befreit und gemahlen werden. Das Zerkleinern, Schneiden, Mahlen geschieht maschinell oder mit der Hand (in kleineren Betrieben). Der nächste Arbeitsgang ist der des Mischens mit heißem Wasser, Erwärmen und Rührens, was in großen Holzbottichen geschieht. Hier wird der Torf mit Wasser (evtl. aus den vorhandenen Heilquellen) oder unter Einblasung von Wasserdampf zur Quellung, Lösung und Vermischung gebracht, auch erwärmt. Ein maschinelles Rührwerk besorgt die Durchmischung der Bestandteile. Das fertige Material gelangt dann in einen Sammelbehälter und von da in die Wanne. Das fertige Moorbad muß dick- oder dünnbreiig je nach Verordnung sein und gleichmäßige Temperatur haben (Abb. 10).

Die allen Erfordernissen gerecht werdende manuelle Bedienung der verschiedenen Anlagen (Elster, Schwalbach, Pyrmont), mit fahrbaren Wannen, wie

sie noch in unseren größten Moorbädern üblich ist, wird neuerdings besonders für kleinere Anlagen durch ganzmechanische Betriebe ersetzt, wobei der gesamte Gang der Aufbereitung mechanisiert ist mit Druck- und Saugvorrichtung für die Einpressung und Ableitung des Badematerials in die feststehenden Wannen. Eine Moorbadezelle muß neben der Moorbadewanne eine Wanne für die nachherige Reinigung besitzen. Ausreichende Ruheräume sind erforderlich. Der gebrauchte Inhalt der Moorbäder wird nachher in das Gelände abgeführt und in größere Gruben oder Teiche ausgeschüttet. Nach etwa 10jähriger Regenerierung steht seiner Wiederverwendung zu Badern nichts im Wege.

Medizinische Klimatologie.

Einleitung.

Die Wissenschaft, die sich mit der Wirkung des Klimas und Wetters auf den Menschen und darüber hinaus auf Pflanzen und Tiere befaßt, nennen wir *Bio-klimatologie*. Ganz im biologischen Sinne hat ALEXANDER VON HUMBOLDT überhaupt das Wesen des Klimas gesehen und es dahin definiert, daß das Klima in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre umfasse, die unsere Organe merklich affizieren. Um zum Studium der Wirkung des Klimas auf den Menschen zu kommen, müssen wir zuerst den Begriff Klima erfassen und seine Komponenten kennenlernen, denn das Klima ist eine aus vielen Einzel-faktoren zusammengesetzte Größe.

Nach PFLEIDERER ist das Klima die Gesamtheit aller für einen bestimmten Ort und eine bestimmte Zeitepoche typischen atmosphärischen und aktinischen Faktoren und deren Kombinationen, gekennzeichnet durch ihren mittleren Zustand, ihren zeitlichen Verlauf und ihre Häufigkeitsverteilung.

An der Zusammensetzung des Klimas nehmen Faktoren stabilen Charakters und solche, die einen sehr wechselnden Verlauf zeigen, die hauptsächlichsten Wetterkomponenten teil. Der Sonnengang für einen bestimmten Ort ist eine gegebene, nicht wandelbare Größe, bezeichnet doch das Wort Klima die „Neigung“ einer Fläche zur Sonne; konstant sind ferner geographische Breite, Höhenlage (Luftdruck) und die jahreszeitlich bedingten Einflüsse. Dem stehen die in der Luft vor sich gehenden Erscheinungen als wandelbar und „launisch“ und in vielen Gegenden einem fast beständigen Wechsel unterworfen gegenüber. Sie bedingen hauptsächlich den Zustand des Wetters. Das Klima ist nach HELLPACH der gegendliche Typ der Wetterabfolge. Wetter und Klima bauen sich auf folgende Einzel-faktoren auf: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung (Winde), Luft-dichte, Herkunft und Beschaffenheit der Luft (Luftkörper), chemische Beschaffenheit der Luft, Sonnenstrahlung, Strahlung des Himmels und der Erde, Menge und Art der Niederschläge, Bewölkung, Nebel, Schneeverhältnisse, Luft-elektrizität, Luftdruck und seine Schwankungen.

Diese Erscheinungen objektiv zu messen und damit die Wetterabfolge, das Klima zu erfassen und zu definieren, ist die Aufgabe der *Meteorologie oder Klimatologie* (KÖPPEN und GEIGER, WEICKMANN, BÜTNER). Diese Feststellungen sind die Voraussetzungen für die Beurteilung der Wirkungen, welche Klima und Wetter auf den gesunden und kranken Menschen ausüben, *Bioklimatologie* (LINKE, PFLEIDERER und BÜTNER, PIERRY, TICHY, AMELUNG). Wir haben es hier mit einem sehr verwickelten Vorgang zu tun. Die klimato-biologischen Beziehungen (PFLEIDERER) sind dadurch charakterisiert, daß ein kompliziertes System meteorischer Kräfte auf ein ebenso kompliziertes organisches System, den menschlichen Körper, einwirkt. Es ist daher nicht richtig, Erfolge von klimatischen Wirkungen

beim Menschen nur auf *eine* meteorische Größe zu beziehen, es handelt sich immer um einen komplexen Vorgang. Damit steht die Tatsache nicht im Widerspruch, daß einzelne, unter gegebenen Bedingungen sich besonders wirksam geltend machende Bestandteile des Klimas eine die anderen Erscheinungen über-tönende körperliche Reaktion auslösen können (Sonnenbestrahlung, Höhenlage usw.).

Das Klima ist einer der mächtigsten Gestalter auf die in seinem Raume existierenden Lebewesen, Pflanzen, Tiere und Menschen. Die Bioklimatik hat die physiologischen Wirkungen der einzelnen Klimafaktoren (Strahlung, Luftdruck usw.) und die komplexen Erscheinungen (Abkühlungsgröße) zu studieren, ihr fällt ferner die Ergründung der Lebensräume zu, in denen Menschen, Tiere, Pflanzen vorhanden sind; damit gewinnt sie Bedeutung nicht nur für die Medizin, sondern auch für Tier- und Pflanzenzucht, Ackerbau, Forstwirtschaft usw., also für die gesamte Biologie (LINKE, MISSENERD u. a.).

Uns interessiert hier das Klima als Gestalter des menschlichen Lebens nicht nur im physiologischen Bereich, sondern auch hinsichtlich seines Einflusses auf den Ausbruch und Verlauf von Krankheiten, auf Bestand und Gang großer Volks-seuchen: *medizinische Klimatologie*. Die tiefgreifenden Wirkungen auf den menschlichen Organismus haben schließlich dazu geführt, das Klima auch therapeutisch auszunutzen; daraus hat sich die Wissenschaft vom *Heilklima* entwickelt. Die Bioklimatik erweist sich somit in ihrem menschlichen Bereich als ein wichtiger und mehr und mehr unentbehrlicher Bestandteil der modernen Heilkunde.

Die Bioklimatologie ist eine Wissenschaft der neueren Zeit. Nach bescheidenen, grundsätzlich aber bedeutungsvollen Anfängen im Altertum ist sie vor allem mit dem Aufkommen der modernen Naturwissenschaften entwickelt worden. Zu der hohen Bedeutung, die sie heute besitzt, ist sie erst durch die Arbeiten der letzten Jahrzehnte gelangt.

I. Klimatologie.

Strahlung (Allgemeines).

Spender aller Energie auf der Erde ist die Sonne, von ihr kommt alles an Licht und Wärme, was für unser Leben bedeutsam ist, von ihr kommt die wirksame Ultraviolettstrahlung (UV), von ihr kommt die Richtung und Regelung des atmosphärischen Wasserkreislaufs. Vom Mond erhalten wir nur zeitweise geringe von der Sonne stammende Lichtmengen, deren seelische Wirkungen nicht zu unterschätzen, die aber für den physiologischen Bereich unseres Daseins, namentlich des Menschen der modernen Zivilisation ohne Bedeutung sind. Das Mondlicht macht etwa den 10000sten Teil des Sonnenlichtes aus, das der Sterne und der kosmischen Strahlungen noch viel weniger. Die Erdwärme, nur in vulkanischen Gegenden und am Austritt heißer Quellen beachtlich, gibt uns ebenfalls nur geringe Beträge, verglichen mit der Sonne.

Durch die Erdumdrehung und die Stellung der Erdachse zur Sonne bedingt, unterliegt die Sonnenwirkung einem Rhythmus, der sich in Tag und Nacht und im Wechsel der Jahreszeiten kundgibt. Ein anderer Wechsel der Sonnenwirkung ist dadurch veranlaßt, daß Änderungen des Wetters, Wolkenbildungen, stärkere Lufttrübungen oder Hindernisse für das Licht (Horizontüberhöhung durch Berge) das direkte Licht der Sonne zeitweilig nicht zu uns gelangen lassen. Dadurch unterliegt die Einwirkung der Sonne erheblichen Schwankungen.

Sonnenscheindauer.

Die Sonne „scheint“ am Äquator gleichmäßig über das ganze Jahr 12 Stunden täglich, während sich um so mehr zunehmende Tages- und Nachtschwan-

kungen ergeben, je weiter wir uns den Polen nähern. Aus der Neigung der Erdachse zur Sonne ergibt sich auf der Nordhalbkugel im Hochsommer vom Nordpol aus bis zu 66° nördlicher Breite eine 24stündige Tageshelle, während gleichzeitig auf dem entsprechenden Gebiet der Südhalbkugel dauernde Polarnacht herrscht. Um diese Zeit haben wir einen Sommertag von etwa 17 Stunden Länge, der entsprechende Bereich der südlichen Erdhälfte einen Tag von etwa 7 Stunden. Die Neigung der Erdachse von 23° (Ekliptikschiefe) hat den günstigsten Wert: jeder andere Winkel würde eine Vergrößerung der Gegensätze zwischen Pol und Äquator bedeuten.

Wenn die Sonne untergeht, und bevor sie aufgeht, herrscht nicht völliges Dunkel. Der Übergang zur Finsternis und umgekehrt ist ein allmählicher, die Zeit-

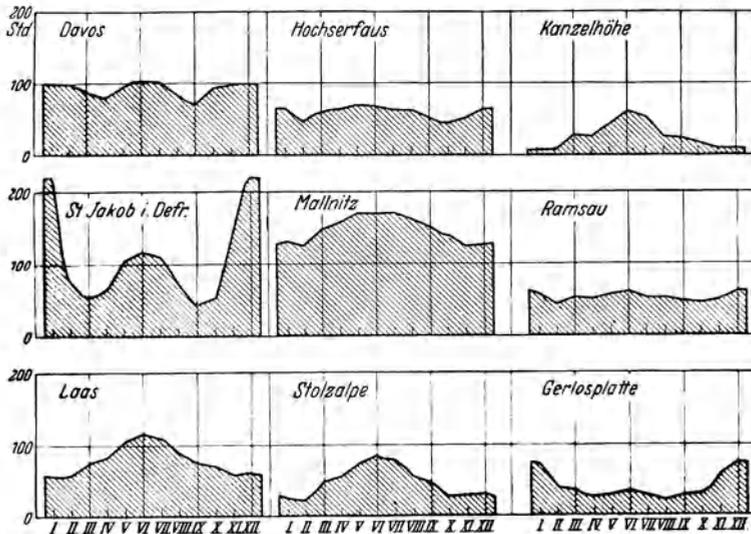


Abb. 11. Verlust an Sonneneinstrahlung im Jahre durch Horizontabschirmung (Schatten benachbarter Berge) bei wolkenlosem Wetter in Stunden pro Monat. (Nach STEINHAUSER.)

spanne der *Dämmerung*. Man spricht von *bürgerlicher Dämmerung* und meint damit jenen Abschnitt, in welchem man im Freien bei klarem Himmel gerade noch lesen kann; sie dauert am Äquator etwa 23, bei uns etwa 40 Minuten. An die bürgerliche Dämmerung schließt sich die *astronomische Dämmerung* bis zum Sichtbarwerden schwacher Sterne (Eintritt der Dunkelheit) an.

Aus Jahreszeit und Breite erkennen wir den Sonnengang für einen bestimmten Ort, daraus ergibt sich, wie viele Stunden die Sonne im Jahre scheinen würde, wenn an 100% der Sonnenstunden ein klarer Himmel herrschen würde; wir nennen dies die *astronomisch mögliche Sonnenscheindauer*. Sie wird an keinem Ort der Erdoberfläche tatsächlich erreicht. Aus der Lage vieler Orte in der Nähe von Bergen ergibt sich eine Abkürzung der Sonnenscheindauer; für bestimmte Tageszeiten, besonders für Sonnenauf- und -untergang, wechselnd in den verschiedenen Abschnitten des Jahres ergeben sich hier oft bedeutende Abkürzungen der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer. Hier ist also nicht die letztere maßgebend, sondern von der Zahl der Sonneneinstrahlung, die sich nach der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer ergeben, müssen die Stunden abgezogen werden, welche durch Abschattung verlorengehen: man spricht dann von der *effektiv möglichen Sonnenscheindauer* (s. Abb. 11).

Der Himmel ist aber nirgends dauernd wolkenlos. Es gehen zahlreiche Sonnenstunden durch die Bewölkung verloren. Von der effektiv möglichen Sonnenscheindauer, die bei ganz flach gelegenen Orten natürlich gleich der astronomisch möglichen ist, gehen weiter die durch Bewölkung verlorenen Stunden ab, es kommen also schließlich praktisch nur die nach Abrechnung der Bewölkung übrigbleibenden *Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer* in Betracht. Die Unterschiede im Jahresmittel für große Bezirke sind im allgemeinen nicht erheblich. So betragen die Prozente der effektiv möglichen Sonnenscheindauer in Deutschland (Altreich) ungefähr ziemlich gleichmäßig im Sommer 45, im Winter 15 %, im Jahresmittel 36 %. Viel Bewölkung haben die Mittelgebirge und im Sommer das Hochgebirge, die Küsten haben im Frühjahr weniger, im Winter mehr Bewölkung als das Inland. Die mittlere Zahl der Sonnenstunden für Europa schwankt zwischen 1500 und 3000 pro Jahr (Tabelle 24).

Tabelle 24. Sonnenscheinstunden pro Jahr für verschiedene Orte.

Berlin . . .	1614	Wien . . .	1804	Graz . . .	1981	Rom . . .	2362
Zürich . . .	1667	Ramsau . .	1907	Hochserfaus	2022	Madrid . . .	2849
Salzburg . .	1796	Stolzalpe . .	1944	Kanzelhöhe .	2192	Costa do Sol .	3200

Lichtstrahlung.

Licht ist ein Teil dessen, was man insgesamt als Strahlung bezeichnet, denn Strahlung umfaßt Licht, Wärme und elektrische Strahlung, wie aus dem Energiespektrum hervorgeht (SCHULTZE), s. Tabelle 25.

Licht geht aus von einem leuchtenden Körper entweder primär (Sonne, Feuer usw.) oder geborgt, d. h. reflektiert, also sekundär (Planeten, Spiegel, alle

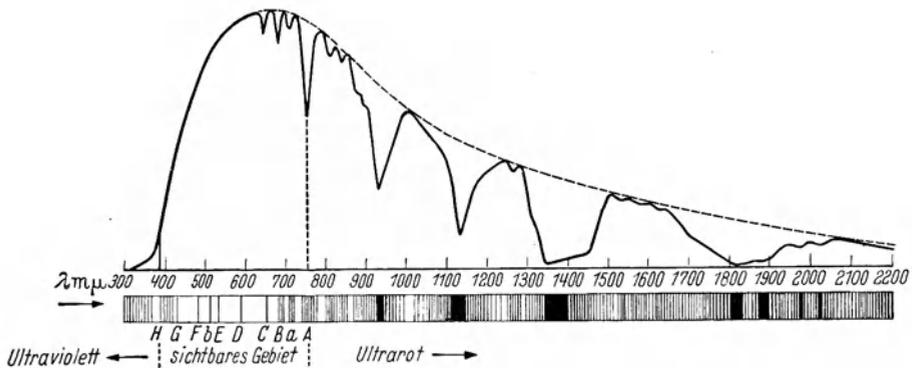


Abb. 12. Energieverteilung (Langley) im normalen Sonnenspektrum. (Nach SCHULTZE aus GROBER.)

belichteten Gegenstände). Bei 500° beginnt jeder feste Körper in Grauglut zu leuchten, bei höheren Temperaturen wächst die Leuchtkraft entsprechend. Die Sonne entwickelt Temperaturen von etwa 6000° , unsere künstlichen Strahler solche von 1400 — 5000° (DEBYE und RAMM, PFLEIDERER und BÜTTNER). Das Licht speziell fällt unter die elektromagnetischen Schwingungen, das sind kurze elektrische Wellen. Alle leuchtenden Körper liefern ein kontinuierliches Spektrum.

Weite und Dauer der Schwingungen, wodurch sich die verschiedenen Formen derselben unterscheiden, werden durch die Wellenlänge (λ) definiert. Innerhalb des gesamten Energiespektrums erscheint das Sonnenspektrum von 3000 bis etwa $290 m\mu$, hiervon ist nur ein Teil, von 780 — $400 m\mu$, sichtbar.

Nicht durchaus sichtbar, aber für den Körper bedeutungsvoll (Hautreaktion usw.) ist die sog. Ultraviolettstrahlung (UV). Man hat diesen Bereich (400—290 $m\mu$) wieder untergeteilt in die Bezirke UVA, der den namentlich für das an das Dunkel gewöhnte Auge noch sichtbaren Abschnitt des sog. Lavendelgrau umfaßt, ferner den eigentlich hochwirksamen Teil des UV, die nichtsichtbare sog. Dorno-Strahlung UVB und schließlich UVC, der nicht im Sonnenlicht, wohl aber in künstlichen Strahlern vertretene Anteil. Auch den Bezirk des Rot und Infrarot hat man noch einmal aufgeteilt. Das Sonnenlicht sollte eigentlich entsprechend der Temperatur eines Strahlers von 5700° C abs. ein Spektrum von 3000—200 $m\mu$ bieten, tatsächlich bricht jedoch das Sonnenspektrum bei 290 $m\mu$ plötzlich ab, und zwar dadurch, daß die uns fehlenden Strahlen in der Ozon-schicht der Stratosphäre absorbiert werden.

Tabelle 25. Energiespektrum. (Nach W. SCHULTZE.)

	Wellenlänge (λ)	
Elektrische Strahlungen	mehrere 1000 km und abwärts bis einige mm	
Unbekanntes Gebiet	bis etwa 0,3 mm	
Temperaturstrahlung	von oberhalb 3000 bis ca. 450 $m\mu$	
Sonnenlicht {	Ultrarot	etwa 3000—780 $m\mu$
	sichtbares Licht	780—400 $m\mu$
	Ultraviolett	400—290 $m\mu$
Buckysche Grenzstrahlen	nur teilweise bekannt	
Röntgenstrahlen (weich)	10—0,01 ÅE	
Röntgenstrahlen (hart)		
Radiumstrahlen		
Kurzwellige Strahlen (durchdringende Höhenstrahlen)		

Im Energiespektrum dienen als Längseinheit für die Wellenlänge λ der mm bzw. $\frac{1}{1000}$ mm = 10^{-3} mm = 1 Mikron (μ), ferner $\frac{1}{1000}$ Mikron = 10^{-6} mm = 1 Millimikron ($m\mu$) ferner die Ångström-Einheit = 10^{-7} mm = 1 ÅE.

Die Temperaturstrahlung fällt teilweise in den sichtbaren Bereich.

Tabelle 26. Aufteilung innerhalb des Ultravioletts.

UVA, noch sichtbares Lavendelgrau .	400—320 $m\mu$
UVB, Dornostrahlung im Sonnenlicht	320—290 $m\mu$
UVC, in künstlichen Strahlern . . .	unter 290 $m\mu$

Bei hochstehender Sonne (kürzeste Weglänge und geringste Luftmasse) liegt das Energiemaximum bei 500—600 $m\mu$. Die Sonne erscheint dann gelb, abends und morgens dagegen rot infolge Strahlungsausfall durch die Lufthülle (s. S. 71). Ebenso unterliegt die UV-Strahlung gesetzmäßigen Schwankungen, sie ist am stärksten mittags und am schwächsten abends und morgens, ferner zeigt sie jahreszeitliche und örtliche Differenzen (s. Abb. 13 und 31). Das Maximum der UV-Strahlung fällt in den Frühsommer, das Minimum in den Winter.

Unter *Helligkeit* (Ortshelligkeit) versteht man die in den verschiedenen Tagesstunden bei wechselndem Wetter vorhandenen allgemeinen Lichtmengen. Sie ist für manche technische Verfahren (Photographie) von großer Bedeutung, weshalb auch hier genauere Feststellungsverfahren erdacht worden sind (Photometrie). Das Auge kann sich sehr großen Verschiedenheiten der Helligkeit anpassen. Die Ortshelligkeit ist von der Sonnehöhe abhängig (DORNO), außerdem aber von der Artung des Milieus: unbelaubter Wald hat 80%, Fichtenwald im Inneren 10—20% der Helligkeit einer freien Fläche.

Für Pflanzen und Tiere und vor allem für den aufrecht stehenden Menschen spielen die verschiedenen *Lichtwege* eine Rolle: Oberlicht, Seitenlicht, Unterlicht. Das Unterlicht kann infolge Reflexion von Schneeflächen oder Sand an der Küste

sehr wirksam sein. Auch die UV-Strahlung wird reflektiert, wofür der Gletscherbrand ein Beweis ist.

Die Reflexion hängt ab von der Bestrahlung selbst, außerdem von der Art der bestrahlten Fläche; Wasser und Eis geben eine Spiegelung, Schnee, Sand, Wolken eine diffuse Reflexion. Eine ideale Reflexionsfläche ist eine unberührte Schneefläche, die ungefähr 100% Reflexion ergibt. Auch unebene Flächen, z. B. Grasflächen, haben immer noch eine gewisse Reflexion.

Das Licht wirkt auf das Auge, aber nicht auf das Auge allein, es enthält auch die unsichtbaren, für die Haut sehr wirksamen UV-Strahlen und ist auch der Bringer der Wärme. Wärmestrahlen werden sowohl im unsichtbaren Spektrum wie im sichtbaren Bereich desselben bis etwa 450μ vermittelt, die gesamte Temperaturstrahlung umfaßt etwa den Bereich von $3000-450\mu$.

Die Gesamtstrahlung der Sonne, so wie sie am Rand der irdischen Lufthülle ankommt, bezeichnet man als *Solar-konstante*; der Name sagt schon, daß sie eine unwandelbare Größe darstellt, die nur dem Wechsel unterworfen ist, der sich aus der größeren oder geringeren Sonnennähe der Erde im Sommer und Winter ergibt. Sie beträgt im Mittel $1,9\text{ gcal pro cm}^2$ und Minute (1,88 am 21. 6. und 2,01 am 21. 12. des Jahres).

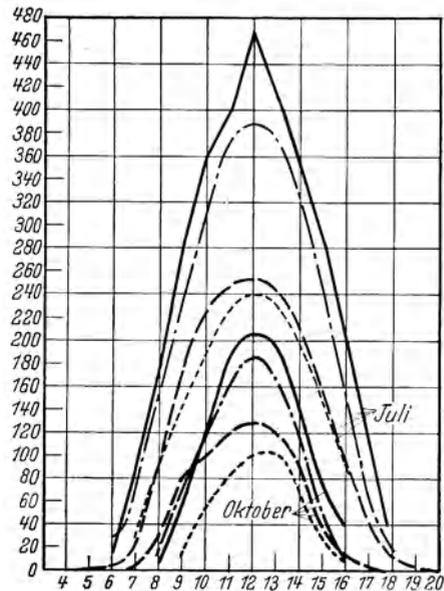


Abb. 13. Tagesgang des UV (Sonneinstrahlung) Juli und Oktober ——— Hochserfaus 1800 m, — — — Davos (Hochalpen) 1600 m, — — — Agra (Sudalpen) 555 m, ····· Gießen (Mittelgebirge) 180 m. (Nach SCHULTZE aus GROBER.)

Lufthülle.

Würde man nach einem sehr anschaulichen Beispiel von WEICKMANN einen Globus herstellen, der genau einer Verkleinerung von 1 : 20 Millionen des Erdballs entspricht, so würde dieser Globus einen Durchmesser von 638 mm haben. Die Dicke der diesen Erdball umgebenden Luftschicht (und zwar der Troposphäre, s. S. 68) würde dann über dem Äquator 0,8, über den Polen 0,4 mm betragen. Die häufigste Höhe des Polarlichtes läge in 5 mm, die höchste gemessene Höhe des Polarlichtes und damit wohl das Ende der Atmosphäre überhaupt würde in 60 mm Entfernung von der Globusoberfläche sein.

Die Erde kann ihre atmosphärische Hülle festhalten gemäß ihrer Anziehungskraft (kritische Molekulargeschwindigkeit). Jeder Himmelskörper hat eine sog. kritische Molekulargeschwindigkeit, jenseits derer die Moleküle sich in den Weltraum zerstreuen. Vielleicht entweichen wegen der besonderen Verhältnisse in den höchsten Schichten der Atmosphäre (Temperaturverhältnisse usw.) dort Teile des Wasserstoffes. Der Mond kann wegen seiner geringen Masse keine Lufthülle festhalten.

Die die Erde umgebende atmosphärische Hülle (v. FICKER) ist nicht einheitlich. Der Erde zunächst liegt die sog. *Troposphäre*, die Luftschicht, in der wir leben. Diese Schicht zeichnet sich aus durch eine starke ständige Bewegung der Luftteile, was gewaltige Mischungsvorgänge der sie zusammensetzenden Ele-

mente zur Folge hat. Ein wichtiger, wenn auch nach der Menge geringer und sehr wechselnder Bestandteil ist der Wasserdampf; die untere wasserhaltige Schicht erstreckt sich etwa 10—15 km in die Höhe. Ihr folgen wasserdampflose trockene und daher meist wolkenfreie Schichten bis in große Höhen hinauf (*Stratosphäre*). Eine scharfe Grenze der Atmosphäre gibt es eigentlich nicht. Die Dämmererscheinungen, die Sternschnuppen spielen sich in Höhen ab von vielleicht 600 km (v. FICKER). Man muß annehmen, daß hier noch Luft oder ein unserer Atmosphäre ähnliches Gas in großer Verdünnung vorhanden ist.

Die Zusammensetzung der Troposphäre nach oben hin ändert sich wegen der ständigen Durchmischung ihrer Teile in vertikaler Richtung nicht. Nach oben hin erscheinen aus dem gleichen Grunde nicht etwa die leichteren Gase für sich getrennt. Die Stratosphäre dagegen ist verhältnismäßig ruhig. Sie zeigt eine blättrige Schichtung. Gehen wir von der Erdoberfläche nach oben, so stellen wir eine ständige Abnahme der Temperatur fest. Sie beträgt 0,5—0,7° für 100 m Steigung. Dieser Vorgang erstreckt sich bis in eine Höhe, die bei uns etwa 10, in den Tropen etwa 17 km ausmacht. Der Erdboden wird von der Sonne geheizt, und er heizt seinerseits durch die Ausstrahlung die unteren Luftschichten. Warme Luft steigt nach oben, weil sie leichter ist. Danach müßte es nach oben hin also wärmer werden. Es ist aber das Gegenteil der Fall: mit zunehmender Höhe wird der Luftdruck geringer, damit dehnt sich die Luft aus, ihre Dichte nimmt ab. Damit aber ist nach physikalischen Gesetzen eine Abkühlung verbunden. Diese sog. *adiabatische Abkühlung* würde pro 100 m Steigung genau 1° betragen, doch gilt dies nur für ganz trockene Luft. Daß die Abkühlung pro 100 m Steigung 0,6 bis 0,7° beträgt, kommt daher, daß feuchte Luft sich weniger ausdehnt, also auch weniger abkühlt. Damit aber haben wir in der Troposphäre zu rechnen.

Die allmähliche Abkühlung der Temperatur nach oben hin hat indessen ihre Grenzen. Jenseits der angegebenen oberen Grenze der Troposphäre (10—17 km Höhe) kommen wir in ein Gebiet, wo eine konstante, nach oben nicht weiter abnehmende Temperatur herrscht. Sie beträgt —55° zwischen 10 und 30 km Höhe. Nur insofern ist die Stratosphärentemperatur nicht gleichmäßig, als sie um so niedriger ist, in je größerer Höhe sich der Übergang von der Troposphäre zur Stratosphäre vollzieht. Da dieser Übergang am Äquator wesentlich höher liegt als an den Polen, so sind die niedrigsten Temperaturen der Stratosphäre über den südlichen Breiten gemessen, —90° über Batavia.

Mit der Steigung ist ferner eine Abnahme des Luftdrucks verbunden. Nach oben hin wird die Luftsäule geringer, also leichter. Die Luft wird weniger dicht. Es erfolgt eine ständige Abnahme des Luftdrucks.

Die Vorgänge in den höchsten Schichten der Atmosphäre, wenn auch diese Verhältnisse der uns umgebenden Luftschicht sehr ferne liegen, sind trotzdem für uns nicht ohne Bedeutung. Wenn z. B. starke Südwindlage herrscht bis in große Höhen hinauf, so wird aus südlichen Breiten in der Troposphäre uns warme Luft zugeführt, darüber jedoch Kaltluft zu uns verlagert. Das hat zur Folge, daß sich bei uns die Grenze zwischen Troposphäre und Stratosphäre in die Höhe hebt. Zunächst werden wir allerdings nur vom Warmlufteinbruch, der sich hier in den unteren Luftschichten abspielt, betroffen, aber der dabei zu erwartende Luftdruckabfall tritt nicht ein, sondern die Zufuhr der Stratosphärenkaltluft bedingt einen Anstieg des Barometers. Ferner enthält die Stratosphäre eine Schicht, die in ungefähr 25 km Höhe gelegen ist und die wegen ihres starken Ozongehaltes *Ozonosphäre* genannt wird. Hier erfolgt (s. S. 66) die Absorption eines Teiles der UV-Strahlen, und zwar jenes Teiles, der, wenn er zu uns dringen würde, für das organische Leben auf der Erde sehr verhängnisvolle Folgen hätte (unter 290 m μ).

Nähern wir uns von den Polen aus dem Äquator, so nimmt im allgemeinen der Ozongehalt der Luft zu. Das kommt daher, daß über dem Äquator der Übergang der Troposphäre in die Stratosphäre höher gelegen ist als bei uns (17 km gegen 10 km). Die Ozonschicht ist über dem Äquator weniger breit und absorbiert daher hier weniger Ozon. Die Ozonschicht hat ferner Bedeutung als Isoliermantel für die Wärme der Erdoberfläche, da sie wahrscheinlich die nach oben strahlende Wärme reflektiert.

Schließlich nehmen wir in Höhen von 100—200 km die sog. *Ionosphäre* an, die mit ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit eine besondere Bedeutung für den Rundfunk besitzt. Hier werden ferner elektrische Strahlen, die von der Sonne kommen, abgeschirmt. In diesen Schichten scheint nach oben hin wiederum eine rasch zunehmende Temperaturerhöhung vorzuliegen. Erinnern wir schließlich daran, daß man den Gedanken erwogen hat, wegen der in der Stratosphäre herrschenden Windstille den Flugverkehr dorthin zu verlegen, so sieht man, daß nicht nur der Troposphäre, sondern auch den höheren Luftschichten Bedeutung für unser Leben zukommt. Wir werden mit zunehmender Erkenntnis voraussichtlich auch noch weitere Dinge kennenlernen, die uns Kenntnis geben von aus dem Weltenraum zu uns dringenden, für unser Leben wichtigen Einwirkungen (kosmische Strahlung).

Zusammensetzung der Luft.

Die atmosphärische Luft ist ein Gemisch verschiedener Gase 78,09 Vol.-% Stickstoff, 20,95% Sauerstoff, 0,93% Argon, 0,03% CO₂ (in der freien Natur, 0,04% in der Stadt); hierzu kommen in kleinerer Menge die Gase Neon, Helium, Krypton, Xenon, Wasserstoff und Ozon. Der der Menge nach geringste dieser Bestandteile ist das Ozon, 1 Millionstel Prozent. Die atmosphärische Luft enthält außerdem stets Wasserdampf in wechselnder Menge bis 3½%, im Mittel etwa 1%. Das Vorhandensein von Wasserdampf ist eine charakteristische Eigenschaft der Troposphäre. Der Wasserdampf der Luft kann, abhängig von den vorkommenden Temperaturen, flüssige oder feste Form annehmen. Das Wasser kommt in allen drei Aggregatzuständen, einschließlich des kolloidalen Zustandes in vier Formen in unserer Umgebung vor. Bekanntlich unterliegt der Wasserdampf dem atmosphärischen Kreislauf. An der Erdoberfläche verdunstet durch die Sonnenwärme ständig ein Teil des Wassers, es entsteht Wasserdampf, der aufwärts und in horizontaler Richtung fortbewegt wird. Als Wasserdampf oder in den Wolken wird das Wasser weithin verfrachtet, fällt als Regen, Schnee, Eiskristalle wieder zur Erde.

Die Luft vermag für verschiedene Temperaturen sehr verschiedene Mengen von Wasserdampf in sich festzuhalten (s. S. 76). Wird der Sättigungsgrad der Luft an Wasser überschritten, z. B. wenn Luft sich abkühlt, so muß sie den überschüssigen Wasserdampf abgeben (Wolkenbildung, Regen). Am kalten Boden kondensiert der Wasserdampf aus der wärmeren Luft als Tau oder er sublimiert als Reif, auch an kalten Wänden.

In der freien Atmosphäre erfolgt die Kondensation von Wasserdampf nur zum Teil beständig schwebend; die Bildung der Tröpfchen geht vor sich um die sog. *Kondensationskerne*, das sind beständige Beimischungen der Luft von äußerster Kleinheit. Wird Luft ionisiert (durch radioaktive Boden- oder Luftstrahlung, wahrscheinlich auch durch die kosmische Höhenstrahlung), so entstehen elektrisch entgegengesetzt geladene Ionen, die sich zu Molekülkomplexen von 10 bis 30 Stück zusammenballen, die sog. *Kleinionen* (LINKÉ). Aus ihnen bilden sich größere Ionen dadurch, daß die vorhandenen Ionenhaufen sich an die in der Luft schwebenden Partikelchen fremder Bestandteile (Rauch, Ruß, Verbrennungs-

produkte, Salzteilchen über den Meeren, Sand über den Wüsten, nitrose Gase usw.) anlagern, die sog. *Großionen*. Die meisten der genannten Stoffe sind hygroskopisch, dadurch absorbieren sie Wasserdampf und eben so werden sie zu Kondensationskernen. Ihre Größe geht bis zu 10^{-5} cm Radius, entsprechend einer Masse von 400 Millionen Molekülen (LINKE). Aus dieser Genese versteht man, daß die Kleinionen vor allem in der freien Natur vorkommen, z. B. in der reinen Luft des Hochgebirges, auch dort sind sie nicht zahlreich. Je mehr wir uns den Großstädten, den Industrievierteln nähern, um so zahlreicher werden die Großionen. In der Luft der freien Natur zählen wir meist einige 100 Kleinionen pro cm, über dem Meere etwas höhere Zahlen, auch Großionen durch Salzmoleküle, über Großstädten mehrere 10000 und mehr Großionen. Das Anzünden einer Zigarette im geschlossenen Raum erhöht sofort das Vorhandensein der Großionen um mehrere 1000. Man spricht von einem Ionenspektrum und bezeichnet den gesamten Befund als das *Aerosol* (SCHMAUSS) der Luft.

Tabelle 27. Ionenspektren verschiedener Orte. (Nach LINKE und ISRAEL.)

Ort	Ultra- großionen %	Groß- ionen %	Mittel- ionen %	Klein- ionen %	Gesamtzahl der Ionen im cm ³
Frankfurt a. M.	50,5	20,3	24,8	6,4	20 900
Kreuznach	27,8	7,5	6,6	58,0	14 100
Wildbad	35,2	35,3	13,6	15,7	9 075
Königstein im Taunus . .	38,0	17,6	29,2	17,2	8 450
Sommerberg bei Wildbad.	22,8	21,5	22,2	28,1	8 074
Badgastein	14,0	10,9	30,8	44,5	6 100
Taunus-Observatorium . .	36,8	29,5	17,6	18,7	5 860
Innsbruck	6,9	8,4	30,0	54,0	4 960
Wyk auf Föhr:					
Landwind	22,4	31,2	5,3	41,0	4 680
Seewind	9,4	31,0	5,5	54,5	4 590

Wenn auch die Kondensationskerne (Klein- und Großionen) zu den ultramikroskopischen Bestandteilen der Luft gehören, so werden die Luftbeimischungen doch gelegentlich sichtbar (Sonnenstäubchen des Zimmers). In den Sandstürmen in den Wüsten, bei den Staubstürmen in den jeden Baumwuchses beraubten Kultursteppe ist die Luft von größeren Mengen fester Bestandteile erfüllt. Durch Südwinde verfrachtet gelangen gelegentlich nach Europa Bestandteile des rötlichen Saharastaubes (Blutregen in den Alpen).

Strahlungsminderung im Luftbereich.

Die Strahlung muß die Schichten der Stratosphäre (Ozonosphäre) und der Troposphäre durchdringen, sie erleidet dabei erhebliche Verluste und zum Teil auch qualitative Änderungen. Zunächst geht ein nicht unerheblicher Teil der Gesamtstrahlung durch die Reflexion verloren. Die Reflexion kann man im Ballon oder Flugzeug, wenn die Sonne von oben auf eine Wolkendecke scheint, wahrnehmen. Der Verlust an den Wolktoberflächen beträgt 33% und mehr durch Reflexion, bei geschlossener Wolkendecke können bis 60% auf diese Weise verlorengehen. In diesem Falle ist die von oben gesehene Wolkendecke von schmerzhaft blendender Helle, während auf der Erdoberfläche gleichzeitig dunkeltrübes Wetter herrscht.

Das Licht wird in den Wassertropfen gebrochen und nach allen Seiten zerstreut; eigentlich müßte es uns dann in den Regenbogenfarben (wovon der wirkliche Regenbogen ein Spezialfall ist) erscheinen. Das geschieht aber nicht, weil die Summe der unzähligen Brechungen der Strahlung in den Wassertropfen und

Eiskristallen der Atmosphäre sich gegenseitig summiert, so daß das gebrochene Licht für uns doch wieder weiß erscheint. Diese *diffuse Zerstreuung* verbraucht ungefähr 25% des Sonnenlichtes. Hiervon werden etwa 9% in den Weltenraum zurückgestrahlt und gehen verloren, so daß 16% des diffus zerstreuten Lichtes unser Auge erreichen. Damit hängt es zusammen, daß wir nicht nur die Sonne als leuchtende Kugel, sondern auch den Himmel hell sehen: ein Teil der *Sonnenstrahlung* wird sozusagen auf die Fläche des Himmels verlegt (*Himmelsstrahlung*). Ohne diese würde uns neben der leuchtenden Sonne der Himmel schwarz erscheinen, wie es in großen Höhen tatsächlich der Fall ist; denn die Himmels-

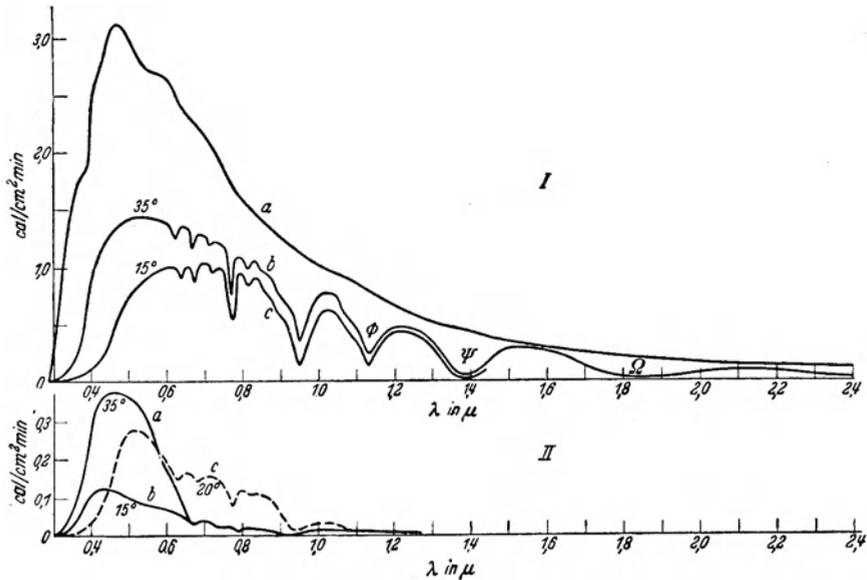


Abb 14. Spektrum der Sonnen- und Himmelsstrahlung in Meereshöhe. Ia: Extraterrestrische Sonnenstrahlung, b und c in 35 und 15° Sonnenhöhe. II: Himmelsstrahlung ohne Sonne, a und b: blauer Himmel bei 35 und 15° Sonnenhöhe, c: bei völlig bedecktem Himmel und 20° Sonnenhöhe. (Nach ALBRECHT aus PFLEIDERER und BÜTTNER.)

strahlung ist naturgemäß an die Atmosphäre und ihre schwebenden Teilchen gebunden, je höher wir steigen, desto dünner wird die Atmosphäre und desto geringer ihr Aerosol. Damit muß die Himmelsstrahlung abnehmen. So kommt also für gewöhnlich ein Teil des Sonnenlichtes auf indirektem Wege zu uns. Die Zerstreuung des Lichtes betrifft nicht alle Spektralgebiete gleichmäßig, sie ist am stärksten bei den Strahlen mit geringer Wellenlänge (UV). Je tiefer die Sonne steht, desto stärker ist der Verlust an kurzwelligeren blauen und violetten Strahlen, weshalb uns die Sonne dann rot erscheint. Die tiefstehende Sonne enthält kaum noch UV-Strahlen unter 320 mμ.

Zu der diffusen Lichtzerstreuung kommt weiter die *Beugung* des Lichtes an den Molekülen der Luft. Diese Vorgänge haben besondere Bedeutung für den Gang der kurzwelligeren Strahlen. Diese werden in erster Linie davon betroffen und so in unser Auge abgelenkt. Bei hochstehender Sonne und stark getrüübter Luft gehen 60—80% der von dem Aerosol abgelenkten Strahlen zur Erde, und zwar in erster Linie die blauen und im unsichtbaren Teile die UV-Strahlen. Das hat zweierlei zur Folge. Der Himmel erscheint uns „blau“, und ferner enthält auch die Himmelsstrahlung erhebliche Teile des UV. Diese kann stärker sein als die von der Sonne selbst, so vor allem an der Küste. So hat die Himmelsstrahlung

überhaupt ihre größte Stärke näher dem UV zwischen 350—500 $m\mu$ als die direkte Sonnenstrahlung, deren größte Stärke zwischen 500 und 780 $m\mu$ liegt (s. Abb. 14).

Wenn wir im Gebirge steigen, so kommen wir aus dem Bereich der vorherrschenden Himmelsstrahlung mehr und mehr in den Bereich der reinen Sonnenstrahlen. Bei der Steigung nimmt pro 100 m die Gesamtstrahlung um 2—4%, die UV-Strahlung im Sommer um 5—10, im Winter, da dann die Luft reiner ist, um 10—20% zu. Die Zahlen gelten für die Erhebung von 300—1700 m Meereshöhe. Je reiner die Luft, desto intensiver die Sonnenstrahlung; je trüber die Luft, desto stärker die Himmelsstrahlung; gleichzeitig ist die Himmelsstrahlung um so kräftiger, je höher die Sonne steht und je dicker die Ozonschicht ist.

Zu Zerstreuung und Beugung kommt schließlich als Strahlungsminderung die *Absorption*. Wir haben die Absorption des jenseits 290 $m\mu$ liegenden UV-Teiles des Sonnenspektrums durch die Ozonschicht der Stratosphäre schon kennengelernt. In der Atmosphäre erfolgt eine weitere Absorption, und zwar durch den Wasserdampf. Der hierbei entstehende Strahlungsverlust von ungefähr 15% geht dem Gehalt der Luft an Wasserdampf parallel: er ist in Trockenluft geringer, stärker im Sommer als im Winter, stärker in der Ebene als im Gebirge. Da die Absorption zu einer Erwärmung führt, geht die durch die Strahlungsminderung verlorene Energie nicht völlig in Verlust. Auch die Absorption ist eine selektive, sie vollzieht sich hauptsächlich im ultraroten Teil des Spektrums.

Wärmestrahlung.

Die Sonne vermittelt uns Licht und Wärme. Im sichtbaren Spektrum reicht die Wärmestrahlung von etwa 780—450 $m\mu$, im infraroten Teil und darüber hinaus geht die Temperaturstrahlung über den Bereich von etwa 3000—780 $m\mu$. Die Temperaturstrahlung liegt also (s. oben S. 66) und Tabelle 25) sowohl im sichtbaren wie im unsichtbaren Spektrum.

Der äußersten Schicht unserer Lufthülle wird von der Sonne ein Wärmebetrag von 1,9 g/cal pro cm^2 /min zugeführt (Solarkonstante s. S. 67). Die Wärmestrahlung, welche die Lufthülle durchdringt, unterliegt ebenso wie das Licht der Beugung, Zerstreuung und Absorption. Die Himmelsstrahlung enthält demgemäß auch Wärmestrahlung, selbst bei bedecktem Himmel. Die Wärmestrahlung erfährt vor allem durch die Absorption in den Wassertröpfchen eine erhebliche Minderung (infrarote Temperaturstrahlen). Schließlich gelangt die Wärmestrahlung zur Erde, auf dem Weg erwärmt sich die Lufthülle infolge des Durchgangs der Wärmestrahlen, jedoch nur wenig, die Zunahme beträgt nicht über $\frac{1}{2}^{\circ}$ pro Tag, die zuströmende Wärme wird vor allem von der Erde selbst aufgenommen.

Da unter mittleren Verhältnissen die Atmosphäre mehr als die Hälfte der Wärmestrahlung durchläßt, so ergibt sich als das Maß der mittleren Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche 1 g/cal pro cm^2 und Minute. Diese Zahl kann man sich anschaulich machen (PFLIEDERER): die genannte Wärmemenge ist imstande, eine ebene Wasserschicht von 1 cm Höhe um 1° in der Minute zu erwärmen, oder eine ebenso hohe Eisschicht in 80 Minuten zu zerschmelzen. Sie ist ferner etwa siebenmal so groß pro Flächeneinheit wie die Wärmeabgabe des Menschen im Grundumsatz auf die gleiche Fläche umgerechnet.

Wirft man die Frage auf, wieviel Wärme erhält die Erdoberfläche von der Sonne, so ergibt sich (v. FICKER) folgende Rechnung: Die äußere atmosphärische Schicht erhält pro 24 Stunden und cm^2 720 g/cal. Hierbei gehen beim Durchgang durch die Atmosphäre, durch Zerstreuung und Reflexion beträchtliche Anteile

verloren, ungefähr 290 g/cal pro cm^2 erreichen in 24 Stunden die Erdoberfläche. Das ist die Mittelzahl für den Verlauf eines Tages für die ganze Erdoberfläche. Periodisch ergeben sich Schwankungen nach der geographischen Breite und Jahreszahl, unperiodisch nach der Bewölkung.

Die Erde strahlt die von der Sonne erhaltene Energie kräftig aus, soweit sie diese nicht verschluckt und zu ihrer eigenen Erwärmung verbraucht. Die unteren Luftschichten werden erwärmt, steigen nach oben und senden dafür kalte Luftschichten herab, die sich ihrerseits am Boden wieder erwärmen. Diese der Erdoberfläche benachbarten Luftmassen strahlen nun aber ihrerseits wieder einen Teil der erhaltenen Wärmemenge zurück, von dem wiederum ein Teil der Erdoberfläche zugute kommt (atmosphärische Gegenstrahlung). So haben wir folgende *Wärmeezufuhren*: Sonnenstrahlung, Himmelsstrahlung, atmosphärische Gegenstrahlung, und folgende Abgaben: Verlust durch Ausstrahlung und Heizung der unteren Luftschichten und Verdunstung des Wassers. Von den obengenannten 290 g/cal Wärmeezufuhr gehen 100 auf die Ausstrahlung und 190, das sog. atmosphärische Betriebskapital, auf die Heizung der unteren Luftschichten und die Verdunstung des Wassers. Dieser letztere Faktor ist der für die Wetterbildung wichtigste, denn die Wärmestrahlung ist es, durch welche die atmosphärische Maschine in Gang gehalten wird (v. FICKER).

Abgesehen von Jahreszeit und geographischen Breiten hängen diese Verhältnisse sehr stark mit der Bodengestaltung zusammen. Denn Wasserflächen verhalten sich in diesen Fragen der Wärmebilanz ja völlig anders als die festen Teile der Erdoberfläche; wiederum verhalten sich ebene Flächen anders als Berge, Steppen anders als Wald und Wiese, Höhenlagen anders als die Niederung.

So erwächst eine große Vielgestaltigkeit dieser Verhältnisse über den einzelnen Erdgebieten. Das Wasser speichert erhebliche Wärmemengen. Es hat einen starken Wärmeumsatz durch die Verdunstung, während das feste Land weniger ausgeglichen ist und rascher wechselnde Extreme zeigt; dadurch besitzen z. B. Nord- und Ostsee einen verspäteten und teilweise abgeschwächten Winter. Temperaturunterschiede zwischen Festland und Meer bedingen wichtige Luftströmungen (Mittagsbrise der Nordsee, Monsun der Tropen), damit hängen weithin reichende Einflüsse zusammen. Tropen und Subtropen versorgen uns im Zuge der atmosphärischen Zirkulation mit Wärme (Warmluftheizung), der Golfstrom mit einer Warmwasserheizung, so daß unsere Heimat klimatisch um 5—10 Breitengrade nach Süden gewinnt (PFLEIDERER). Das sind indirekte Wirkungen der Wärmestrahlung der Sonne.

Linien gleicher Jahrestemperatur, die kartenmäßig eingetragen sind, nennt man *Isothermen*. Sie werden aus den Mittelwerten der Temperatur berechnet. Allerdings muß man, um die in diesem Zusammenhange wichtigen extremen Werte zu erkennen, nicht nur die Mittelwerte, die aus hohen und niederen Temperaturen berechnet sind, betrachten, sondern die Häufigkeitsskala einzelner extremer Temperaturen. Das ist auch für die Betrachtung des Klimas für Kur- und Badeorte wichtig. So ergibt sich als Anzahl der Sommertage pro Jahr (Maximaltemperatur über 25°) für Ostpreußen 25, für Schlesien 36, für das Rheinland 28, für Bayern 30, bei einzelnen Stationen: Sylt 4, Glatz 39, Geisenheim am Rhein 49 (Abb. 15).

Maßgebend für die Lufttemperatur ist die Messung im Schatten, nicht in der Sonne. Von Bedeutung sind die Maximal- und Minimaltemperaturen, also die Extreme zwischen zwei aufeinanderfolgende 21-Uhr-Termine, die schon genannten Häufigkeitsskalen und schließlich auch die Mittelwerte, meist für eine bestimmte Zeit, etwa einen Monat, berechnet.

Auch die Temperatur ist wie das Licht von der geographischen Breite abhängig. Sie ist am Äquator gleichmäßig hoch, im Sommer auch an den Polen beachtlich, hier im Winter aber gleich Null. Die höchsten Werte finden sich in den Wüsten der subtropischen Region mit gleichzeitig tiefen Temperaturen bei Nacht, so Basra am Euphrat $52,5^{\circ}$; die tiefsten Temperaturen sind in kontinentalen Kältegebieten gemessen, Werchojansk in Sibirien -70° .

Die Bodengestaltung beeinflusst die Wärmeverhältnisse erheblich. In kühleren Breiten sind Südhanglagen bevorzugt, weil hier zeitweise die Sonnenstrahlen senkrecht auftreffen. Wie beim Licht treten am Boden Reflexvorgänge auch hinsichtlich der Wärmestrahlen ein. Die nichtreflektierte Wärme kommt dem Boden zugute. Es kann zu erheblicher Erwärmung des Bodens selbst kommen, da dieser, wenn er trocken und locker ist, hohe Leitfähigkeit besitzt. So kann

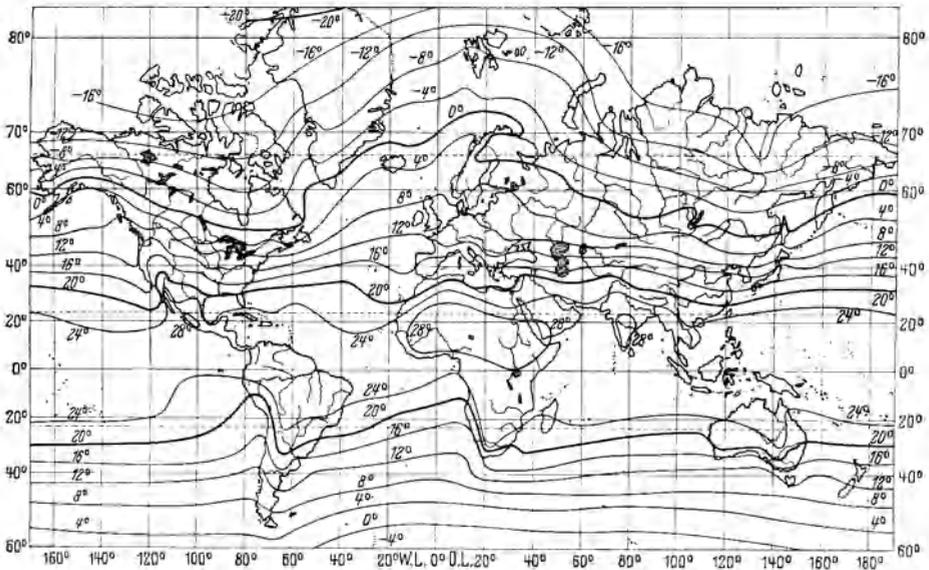


Abb. 15. Jahresisothermen der Erde (nach HANN-SUHRING).

man auf Dünen sand mit bloßen Füßen in der Sonne zeitweilig kaum gehen, vor allem nicht auf dem schwarzen (schwefelhaltigen) Dünen sand der bulgarischen Küste. Daß die Gestaltung von Meer und Kontinent die Temperaturverhältnisse eines Ortes in extremer Weise beeinflussen kann, veranschaulicht folgendes Beispiel (v. FICKER). Die beiden Orte Thorshavn auf den Färöerinseln und Jakutsk in Sibirien liegen auf dem gleichen Breitengrade, 62° nördl. Br., die mittleren Temperaturen betragen im Januar in Thorshavn $+3,2^{\circ}$, in Jakutsk $-42,9^{\circ}$, die mittleren Junitemperaturen $+10,8$ und $18,8^{\circ}$; der Winter ist also in Thorshavn nur um $7,2^{\circ}$, in Jakutsk um 62° kälter als der Sommer. Die ausgleichende Wirkung des Golfstromes setzt in Norwegen im Winter die Abkühlung herab, während in Jakutsk die sibirische Erde im Sommer sich intensiv erwärmt, im Winter herrscht extreme Kälte.

Ganz allgemein wird so die mittlere Jahrestemperatur einer Gegend durch die geographische Breite, aber auch durch die Lage im Kontinent oder an der Küste, durch benachbarte Gebirge usw. bestimmt. Diese Zusammenhänge gehen aus Abb. 16 hervor, auf der die Linien eingezeichnet sind, welche die Differenz

zwischen der Temperatur des wärmsten und kältesten Monats der einzelnen Gegenden darstellt.

Außer Licht und Wärme sendet die Sonne eine sog. *Korpuskularstrahlung* aus, welche aus Alpha- und Betateilchen besteht, ähnlich denen, wie sie beim radio-

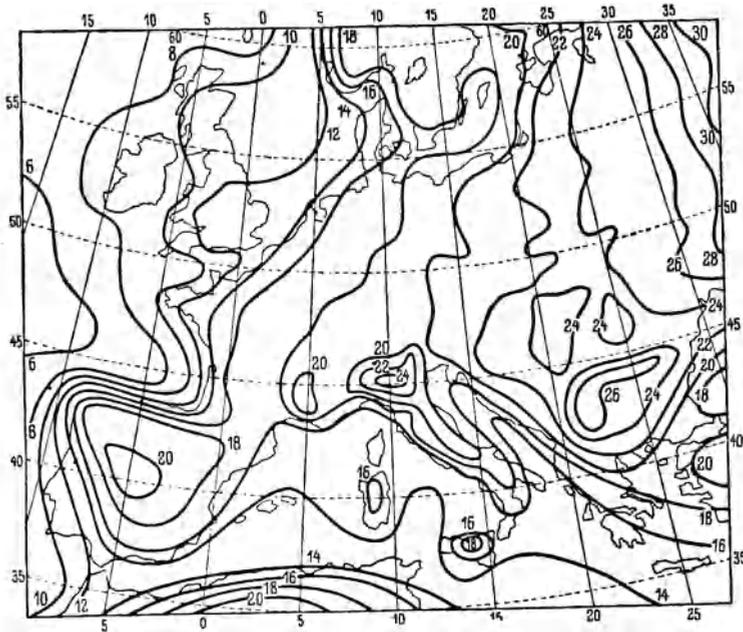


Abb. 16. Linien der jährlichen Temperaturschwankung, Differenz zwischen dem wärmsten und kältesten Monat. (Nach GORCZINSKI aus ALT.)

aktiven Zerfall entstehen. Diese Strahlung gelangt nur bis in die Ionosphäre. Sie ist an der Entstehung des Polarlichtes beteiligt. Eine biologische Wirkung ist nicht nachgewiesen, aber möglich.

Gesamtstrahlung.

Die Solarkonstante (s. S. 67) stellt die *Gesamtstrahlung* dar, so wie sie an der äußeren Seite unserer Erdkugel ankommt. Eine Bilanz der Gesamtstrahlung erhalten wir hieraus und aus den Änderungen und Minderungen der Strahlung die im Laufe des Ganges bis zur Erdoberfläche erfolgen. Bei den langwelligen Strahlen ergeben sich zum Teil Zahlen über 100%. Es findet stellenweise eine Summierung der von der Sonne gelieferten Energie statt ähnlich der Erwärmung, die in einem Treibhaus erfolgt. Man hat deshalb von einer Glashauswirkung der Lufthülle gesprochen.

Luftdruck.

Die Luft hat ein bestimmtes Gewicht und ist zusammendrückbar. Der Luftdruck ist daher eine Druckkraft pro Flächeneinheit. Man mißt ihn durch die Höhe der Quecksilbersäule, die diesem Druck die Waage hält; dieser beträgt in unseren Breiten 760 mm Quecksilber (Barometerstand). Das heute übliche Maß ist das Millibar, $1000 \text{ mb} = 750 \text{ mm Quecksilber}$.

Nach oben hin wird die Luftsäule immer geringer, also leichter. Die Luft wird weniger dicht, nimmt an Gewicht ab. Erhöhte Feuchtigkeit setzt das Luftgewicht herab, da Wasser leichter ist als Stickstoff und Sauerstoff. 1 m^3 Luft wiegt bei

0° und 760 mm 1,92 kg, in 40 km Höhe nur noch 4 g. Die Dichte der Luft sinkt in $6\frac{1}{2}$ km Höhe auf die Hälfte, in 17 km auf $\frac{1}{10}$. Der Barometerstand beträgt in 15 km Höhe 90 mm, in 40 km 1,8 mm.

Bei sinkendem Barometerstand nimmt die Dichte ab, bei abnehmender Temperatur steigt sie. Beide Faktoren wirken mit zunehmender Höhenlage, gleichen sich also bis zu einem gewissen Grade aus. Würde die Temperatur je 100 m Steigung um $3,4^{\circ}$ abnehmen (tatsächlich $0,6^{\circ}$), so würden die beiden genannten Wirkungen sich völlig aufheben und wir hätten dann auch bei steigender Höhe eine unveränderte Luftdichte, sog. homogene Atmosphäre. Normalerweise muß man aber bei zunehmender Höhe mit Abnahme von Druck, Dichtigkeit und Gewicht der Luft rechnen.

Der Mensch hat bei Bergbesteigungen Höhen bis 8000 m (Mount Everest) ohne Sauerstoffatmung, im Ballon (Stratosphärenaufstieg Piccard) bis 24000 m erreicht. Feststellungen in großen Höhen werden durch unbemannte Registrierballons ausgeführt (bis 36000 m).

Aus dem Barometerstand kann man angesichts der großen Gesetzmäßigkeit des Vorganges die Höhenlage eines Standortes ablesen, wie dies in unbekanntem Gegenden und auch beim Flug in der Tat geschieht. Bei uns beträgt der Unterschied pro 10 m Erhebung etwa 1 mm, gesunde Personen spüren diese Differenz z. B. im Fahrstuhl nicht.

Der Luftdruck ist der wichtigste Faktor für das Wettergeschehen. Damit hängt es zusammen, daß auf unseren Barometern heute noch die vor 300 Jahren von OTTO v. GUERICKE eingeführten Bezeichnungen „Schönwetter, Veränderlich, Regen, Wind“ usw. sich vorfinden, obschon der einfache Barometerstand an sich nach unseren heutigen Kenntnissen keine vollständigen Anhaltspunkte für Wetterprognose und Wetterbeurteilung ergibt (s. S. 94).

Feuchtigkeit, Wolken, Nebel und Niederschläge.

Die Luft enthält, wie wir gesehen haben, einen an Größe starkem Wechsel unterworfenen Anteil Wasser in Dampfform, der einen, seinem Anteil entsprechenden Druck (Dampfdruck) ausübt: Partialdruck des Wasserdampfes innerhalb der Luft. Davon abgeleitet ist der Begriff der sog. relativen Feuchtigkeit, der für diese Zusammenhänge einen wichtigen Inhalt darstellt (KÄHLER, SÜHRING).

Der Wasserdampfgehalt der Luft hängt ab von zwei Faktoren: Temperatur und Luftdruck. Luft von bestimmter Temperatur kann Wasserdampf jeweils nur in bestimmter Menge aufnehmen (Tabelle 28).

Tabelle 28. Wasserdampfgehalt der Luft.

1 m ³ Luft kann an Wasserdampf aufnehmen bei					
-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°
1,1 g	2,4 g	4,9 g	9,4 g	17,3 g	30,4 g

Wenn in 1 m³ Luft von +30° sich ein Gehalt von 30,4 g Wasserdampf vorfindet, so ist diese 100%ig mit Wasserdampf gesättigt, man sagt dann, die relative Feuchtigkeit beträgt 100%. Enthält sie jedoch nur 17,3 g, so ist sie nur zu 57% gesättigt ($17,3 : 30,4 = 0,57$). Kühlt man nun die Luft von 30° mit einer relativen Feuchtigkeit von 57% ab auf 20°, so wird die Luft, wenn sie die Temperatur von 20° erreicht, gerade mit Feuchtigkeit gesättigt sein. Nun wird weiter abgekühlt auf 10°, hier kann die Luft bei 100%iger Sättigung nicht mehr als 9,4 g pro 1 m³ halten. Sie muß also einen Teil abgeben, und zwar müssen $17,3 - 9,4 = 7,9$ g Wasserdampf pro 1 m³ abgegeben, d. h. verflüssigt werden. Das bis-

her dampfförmige Wasser wird in Tropfen ausgeschieden, ein Vorgang, der sich bei der Nebel- und Wolkenbildung vollzieht. Atmen wir bei kalter Winterluft ins Freie aus, so wird die mit Wasserdampf angereicherte Ausatemluft in der kalten Umgebung sofort abgekühlt und feinste Tröpfchenbildung wird als Nebel vor unseren Atmungswegen sichtbar; auf demselben Vorgang beruht das Beschlagen der Fensterscheiben bei kalter Außenluft und geheizten Zimmern, ebenso die Tau- und Reifbildung am Boden, wenn letzterer während der Nacht durch Ausstrahlung sich tief abkühlt. Aber auch in größerem Umfange beruht die Bildung der Bodennebel, die nässende Dunstbildung und das Auftreten von Nebeln über dem Meere bei Kaltlufterinbrüchen aus dem Norden auf diesem Vorgang. Dabei handelt es sich um die Versetzung von Luftmassen in horizontaler Richtung, die letzten Endes zu Nebel und Dunst und zu nässenden Niederschlägen, aber nicht zu ausreichender Regenbildung führt.

Nicht nur Abkühlung, auch Druckverminderung führt zur Sublimierung des Wasserdampfes in Tröpfchenform im Luftraum. Wenn wir im Sommer ein sog. Wärmegewitter erleben, so ist der Vorgang folgender: Am Erdboden durch die Sonnenstrahlung übermäßig geheizte Luft steigt vom Boden aus über einem beschränkten Gebiet auf, sie reißt durch Ansaugen aus der Nachbarschaft weitere Luftmassen mit sich nach oben. Hat die Luft (es folgt ein Beispiel von v. FICKER) an der Erde 30° und eine relative Feuchtigkeit von 50%, so sind in 1 m³ 15 g Wasserdampf enthalten. Beim Aufsteigen nach oben dehnt sich die Luft aus (Abnahme der Luftdichte), sie kühlt dabei ab. In 1400 m Höhe ist die Abkühlung so weit fortgeschritten, daß nunmehr Wolkenbildung eintritt. Wir nehmen an, daß das Aufsteigen in unserem Fall bis etwa 4800 m geht. Dort erreicht die Luft eine Temperatur von 0°. 1 m³ hat sich inzwischen auf 1,8 m³ ausgedehnt. Bei 0° kann 1 m³ noch 4,9 g Wasserdampf festhalten, 1,8 m³ also 8,8 g. Von den 15 g müssen also 6,2 g aus der ursprünglich betrachteten Luftmasse in Wasserform ausgeschieden worden sein (15,0—8,8 = 6,2). Das ergibt eine gewaltige Wassermenge, die nun noch einige Zeit freischwebend gehalten wird, denn die aufsteigende Bewegung reißt eine Zeitlang die ausgeschiedenen Wassertropfen und Eisteilchen mit sich. Einmal aber kommt die Bewegung zum Stillstand, und nun fällt Regen oder Hagel in großen Mengen plötzlich herab (Platzregen, Gewitterregen, Hagelschauer). Es gibt Wettervorgänge, bei denen große Luftmassen in beträchtliche Höhe gehoben werden, die aufsteigende Luft kann, wie beim betrachteten Vorgang, große Geschwindigkeiten erreichen, so daß 300 m in ½—1 Minute erreicht werden. Die großen Wolkenmassen eines Gewitters türmen sich zu Höhen bis 6000 m und mehr auf.

Der betrachtete Vorgang lehrt uns; daß Luftbewegungen in vertikaler Richtung eine bedeutsame Ursache für Wolkenbildung, Regen und Niederschläge sein können. Auch der umgekehrte Vorgang, absteigende Luftmassen und Auflösung der Wolken mit Austrocknung und Erwärmung kommt in Betracht.

Die Wolkenbildung zeigt bestimmte mit einer gewissen Gesetzmäßigkeit wiederkehrende Formen. Man unterscheidet die Haufenwolken (cumulus Cu), die vor allem beim Aufsteigen warmer Luft entstehen. Wir sehen sie daher vor allem im Sommer, ferner die Schichtwolke (stratus St) und vor allem die häufige Form des stratocumulus, eine gemischte, gleichmäßige, durch wenig Haufenbildung ausgezeichnete Form. Der reine stratus setzt vor allem die weithin ausgedehnte, ziemlich formlose Wolkenmasse zusammen von großer horizontaler und geringer vertikaler Ausdehnung, die gleichförmig den Himmel bedeckt. Der stratus bewegt sich meist in der unteren Troposphäre, während eine weitere Form, die Federwolken (cirrus Ci) viel höher liegen. Sie entstehen aus dem oberen

Rand von Cumuluswolken und werden mit dem Winde weitergetrieben; den Haufenwolken vorausseilend, sind sie uns als Vorboten von Schlechtwetter bekannt. Auch hier beobachtet man Mischbildungen, den cirrhostratus und andere Mischformen. Schließlich haben wir den nimbus Ni, die formlose niedrige Regenwolke. Die Bezeichnung altus, altocumulus dient der Namhaftmachung der Höhe (s. Abb. 26).

Die Feuchtigkeit der Luft hat Bedeutung nicht nur hinsichtlich des Wetterablaufs, sondern auch für die Gestaltung des Klimas in engeren und weiteren Bezirken. Sie ist von der Jahreszeit, von der Höhenlage, von der geographischen Lage (Küste oder Kontinent) weitgehend bestimmt. Die Küsten haben eine höhere relative Feuchtigkeit als das Inland. Die Nordseeküste zeigt über das ganze Jahr ziemlich hohe gleichmäßige Werte der relativen Feuchtigkeit (im Sommer 80, im Winter über 90%). Im Inland trocknen vor allem die Ostgebiete im Sommer stark aus. Bergige Gegenden haben durch Stauluft und Wolkenbildung im Sommer öfters höhere Feuchtigkeit als im Winter. Die Großstadt ist trockner als das freie Land durch das Fehlen der Wasserflächen und das Abfließen des Regens in Kanäle.

Als *Nebel* bezeichnet man die Kondensationsform in der Nähe des Beschauers.

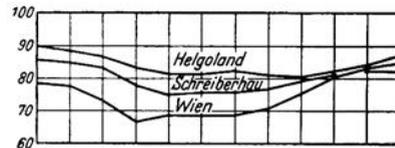
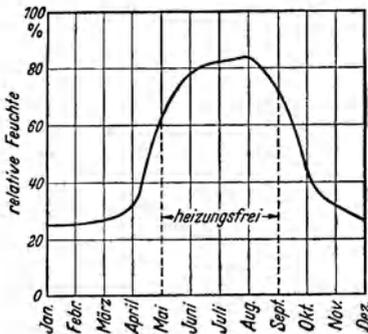


Abb. 17. a) Relative Feuchtigkeit der Zimmerluft (Kiel) und b) der Außenluft (Wien, Helgoland, Schreiberhau). Unterschied zwischen dem Stubenhocker- und Freiklima. (Nach PLEIDERER und BUTTNER)

Über feuchten Bodenlagen, Seen, Flüssen, Küsten ist er häufig. Mit aufsteigenden Luftströmen bildet er sich auch um Bergspitzen. Als Niederschlag erscheint das Wasser in Form von *Regen*, abhängig von den Wettervorgängen. Hier kann es sich um sehr verschiedene Formen handeln: Sprühregen, Landregen, Wolkenbruch, Eisschauer, Schnee. Daß das Wasser in Tropfen sich überhaupt in den Wolken hält und nicht ständig niederfällt, hängt mit den Luftströmungen und Verdunstungsvorgängen zusammen. Wichtig sind die Niederschläge für die Bodenbedeckung. Regen treibt Gase aus dem Boden, beeinflusst die Bodenemanation. Andererseits reinigt er die Luft von schwebenden unreinen Teilen. Die Beschaffenheit der Luft nach Regen teilt sich auch dem Geruchsorgan mit. *Schnee* bildet eine feste Decke, welche die Bodenatmung behindert, andererseits große Bedeutung durch die Reflexionsverhältnisse und die Wärmeregulierung beim Tauvorgang hat. Niederschläge und *Bodenfeuchtigkeit* haben naturgemäß Bedeutung für das Leben von Pflanze, Tier und Mensch und beeinflussen, abgesehen von der Feuchtigkeit, stark die Abkühlungsvorgänge.

Der Mensch erlebt unter den Einflüssen der Domestikation in vieler Beziehung ganz unnatürliche Verhältnisse (PFLEIDERER). Im Sommer, wenn nicht geheizt wird, hat die Wohnung etwa die gleiche relative Feuchtigkeit wie die Außenluft. Im Winter aber wird die Wohnluft der Zimmer erheblich ausgetrocknet; dadurch hat der Mensch umgekehrt den Verhältnissen der freien Natur in unseren Breiten in seiner Wohnung im Winter eine trockene, im Sommer eine feuchte Luft (Abb. 17).

Wind.

Wind ist bewegte Luft. Er entsteht überall da, wo Unterschiede des Luftdrucks benachbarter Gebiete dem nach physikalischen Gesetzen gegebenen Ausgleich zustreben. Einen anschaulichen Maßstab ergeben die offiziellen Wetterkarten, in welchen die Linien gleichen Luftdrucks eingetragen sind (Isobaren). Zwischen den Gebieten verschiedenen Luftdrucks herrscht als Ausgleichsvorgang der sog. *Gradientwind*, den man als den großräumigen Vorgang unterscheidet von dem örtlichen, durch den Wärmeausgleich benachbarter engerer Räume entstehenden Wind, etwa dem Berg- und Talwind in Gebirgstälern usw. Liegen die Isobaren weit auseinander, so sind die Luftdruckunterschiede über größere Räume verteilt. Es steht verhältnismäßig viel Raum für den Ausgleich zur Verfügung. Dieser Ausgleich kann dann ein allmählicher sein. Die entstehenden Winde sind dann schwach. Liegen die Isobaren aber nahe beieinander, so sagt das, daß in relativ engem Raum ein steiles Gefälle vorhanden ist. Der Wind ist dann stark, seine Geschwindigkeit groß.

Die *Windgeschwindigkeit* ist der Weg, den ein Luftteilchen in der Zeiteinheit zurücklegt, ausgedrückt durch m/sec.

Die *Windstärke* (BEAUFORT 1805) zeigt eine 13teilige Skala. Leichter Wind hat 2—3 m/sec, starker 10—12, Sturm 19—21, extreme Fälle, Orkane zeigen bis 60 m/sec. Die gebräuchlichen Instrumente geben Luftbewegungen unter 1 m/sec nicht an, doch haben auch diese schwachen Luftbewegungen bioklimatische Bedeutung (s. S. 112). Für die Windgeschwindigkeit haben wir ein ziemlich sicheres Gefühl durch den Druck, den der Wind auf den Körper ausübt. Er ist im Luv stärker als im Lee, wo z. B. hinter Berg- und Hauswänden Saugwirkung herrschen kann. Der Wind kann gleichmäßig aus einer bestimmten Richtung wehen oder dauernd wechseln. Oft verbindet sich dieser rasche Wechsel in der Richtung auch mit stoßweise auftretenden Veränderungen der Geschwindigkeit. Dann wird der Wind böig. Diese Erscheinung wird namentlich durch Unebenheiten der Bodengestaltung hervorgerufen. Wind in Bodennähe und Höhe pflegt verschieden zu sein. Mit der Höhe nimmt die Stärke des Windes zu, weil hier Behinderungen durch Unebenheiten des Geländes, Wald und Gebäude fehlen. Über großer Ebenen, über dem Meere ist daher die Windgeschwindigkeit größer als über unebenem Gelände. In Städten und im Walde ist die Windgeschwindigkeit geringer als im freien Lande. In den Bodenschichten pflegt die Windgeschwindigkeit einen periodischen Wechsel zu zeigen. Sie ist tags stärker als bei Nacht, wo oft Windstille herrscht. An der Zunahme bei Tag ist die vertikale Luftbewegung durch die Bodenerwärmung beteiligt. Dieser vertikale Austausch führt am Boden vielfach zu Turbulenzerscheinungen, die bei der Lüftung der bodennahen Schichten eine Rolle spielen. Schon der Kopf des Menschen befindet sich auch in dieser Beziehung in einem anderen Klima als die Füße. Nach der Höhe zu unterliegt auch die Windrichtung ändernden Einflüssen (Rechtsdrehung, s. unten). Die vertikalen Winde sind durch die Segelfliegerei zur besonderen Beachtung gelangt.

Wind über weiten Regionen der Erde zeigt große gesetzmäßig erscheinende Strombahnen. Wir haben auf der Erdoberfläche Zonen verschiedenster Temperatur vom Äquator bis zu den Polen. Die notwendigerweise vorhandenen Ausgleichsbestrebungen führen zu Luftbewegungen. Aus den kälteren Gebieten, die sich (wir betrachten die Verhältnisse für die Nordhalbkugel) an den Äquator anschließen, strömt kalte Luft vom Norden zum Äquator. Hier strömt die warme Luft nach oben ab, so daß in der Höhe eine Gegenströmung vom Äquator nach Norden zustande kommt. Einen solchen Luftkreislauf haben wir als gesetzmäßige Erscheinung bis zu 35° nördl. Br. Nun geht aber die Luftbewegung nach

dem Äquator hin nicht einfach senkrecht zu diesem von Norden, sondern der regelmäßig zu beobachtende *Passatwind* ist nicht ein Nord-, sondern ein Nordostwind (auf der südlichen Halbkugel ein Südostwind). Dies kommt von der ablenkenden Kraft der Erdrotation. Jedes Teilchen am Äquator bewegt sich durch die Erdumdrehung rascher als ein Teilchen in höheren Breiten. Letzteres muß

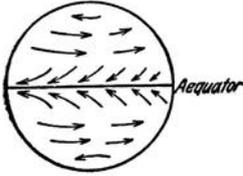


Abb. 18. Luftzirkulation der Erdoberfläche. In den an den Äquator anschließenden Breiten herrscht Wind aus NO (Nordhalbkugel) und SO (Südhalbkugel). (Nach v. FICKER.)

also bei seiner Versetzung dem Ausgangsmeridian voraus-eilen, wenn es sich nach Süden zu bewegt. Auf die Bewegung der Luft wirken also zwei Kräfte ein: eine von Norden nach Süden und eine von Osten nach Westen; alle Winde auf der Nordhalbkugel werden daher durch die Erdumdrehung nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links aus ihrer Bahn abgelenkt, sofern die Bewegung großräumig genug ist. Örtliche Winde wie Land- und Seewinde an beschränkten Küstenabschnitten, Berg- und Talwind in einem Alpental, in noch kleineren Maßstäben der „Zug“ werden hiervon nicht betroffen, weil die Verhältnisse für das Wirksamwerden der großräumigen Faktoren nicht ausreichen.

Ein anderer großräumiger Strömungsvorgang der Luft tritt uns in den sog. *Monsoon* entgegen, die vor allem in asiatischen Breiten eine wichtige Rollen spielen. Es handelt sich um Großraumdifferenzen der Temperatur, hervorgerufen durch die Bestrahlung von Land und Wasser. Die Erwärmung und Ausstrahlung über Wasser und über Land ist grundverschieden. In das Wasser dringen bei

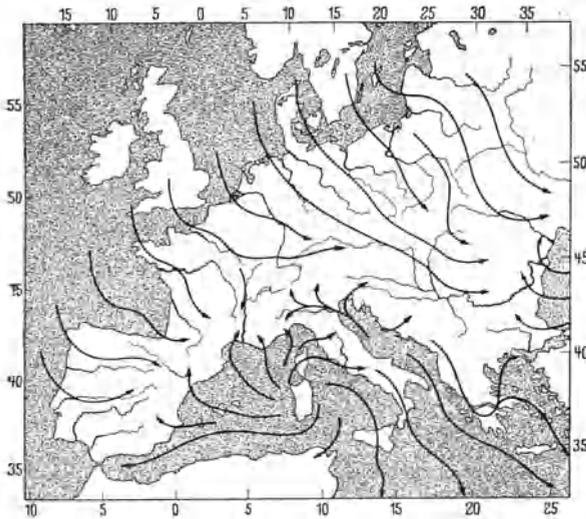


Abb. 19. Europäischer Sommermonsun. (Nach ALT aus WOLTERECK)

der großen Wärmeleitung große Wärmemengen ein, in festen Boden nur ein geringer Teil. Bei Wasser gehen 99,4% zugestrahlter Wärme in den Untergrund, nur 0,6% in die Luft, bei einer Sandfläche gehen 32% in den Untergrund, 68% in die Luft. Boden erwärmt sich stark bei Tag, kühlt nachts stark ab, bei Wasser ist der Ausgleich allmählicher. So kommen am Südrand des asiatischen Festlandes die *Monsoone* zustande, im Sommer fließt kühle Meeresluft nach dem Festlande, im Winter kalte Festlandluft dem Meere zu.

Auch das europäische Festland zeigt (ALT) jahreszeitlich vorherrschende Windströmungen von monsunartigem Charakter (s. Abb. 19, 20). Dabei kann man beobachten, daß der Seewind, weil er durch keine Hindernisse aufgehalten ist, viel größere Stärke entwickelt als der Landwind. Seine Richtung bestimmt daher das Wachstum und Aussehen der Bäume (Abb. 21).

Betrachtet man ein Schema der atmosphärischen Zirkulation der Nordhemisphäre, so sieht man, daß großräumig drei Zonen hinsichtlich der vorherrschenden Windgestaltung sich unterscheiden lassen: Vom Äquator bis zu 35° n. Br. (Roßbreite) herrschen die schon besprochenen Passatwinde von ziemlich stabilem

Charakter. Um den Pol sehen wir abermals eine ziemlich stabile Zone, die von Norden bis etwa 60° n. Br. reicht. Die dort vorhandenen Erscheinungen werden durch das Vorherrschen absteigender Luftmassen, abgelenkt durch die Erdrotation, hervorgerufen. Zwischen diesen beiden verhältnismäßig stabilen Zonen liegt (siehe Abb. 18) von 35° bis etwa 60° n. Br. eine Zone, charakterisiert durch vorherrschende Westwinde und durch große zeitliche und örtliche Veränderlichkeit; auch hier geht der Austausch zwischen Gebieten hohen und niedrigen Luftdrucks vor sich. Aber diese Gebiete sind nicht, wie es für den Passat- und Monsoonwind gilt, durch stabile oder jahreszeitlich regelmäßig wiederkehrende Einflüsse bestimmt, sondern es handelt sich hier um Hoch- und Tiefdruckgebiete, die in ständiger

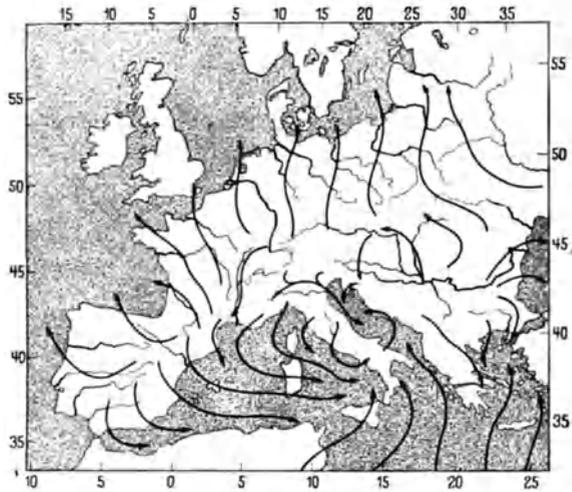


Abb. 20. Europäischer Wintermonsun. (Nach ALT aus WOLTERECK.)

Umwandlung begriffen sind und daher ständig neue Luftströmungen hervorbringen; das Gebiet unterliegt bald polaren (arktischen), bald äquatorialen (tropischen) Auswirkungen, wodurch ständig wechselnde Systeme entstehen. Tief- und Hochdruckgebiete lagern sich nebeneinander (Abb. 22).



Abb. 21. Baumwachstum an der Küste, Deformation durch häufige starke einseitige Winde (nach SEIFERT).

Wir sehen (v. FICKER), daß zwischen beiden Gebieten naturgemäß ein Luftaustausch stattfindet. Die Winde gehen aber niemals in der Gradientenrichtung, sondern sind stets aus den besprochenen Ursachen abgelenkt. Am meisten wirkt dies um den Kern des Tiefs und des Hochs selbst (im Hoch in der Uhrzeigerichtung, im Tief umgekehrt). Die Luft fließt vom Hoch nach dem Tief. In das

Tief fließt von allen Seiten Luft hinein, aus dem Hoch heraus. „Das Hoch ist ein Quellgebiet, das Tief ein Zuflußgebiet von Luftströmungen“ (v. FICKER). Das hat zur Folge, daß in der Höhe die unten einströmende Luft aus den Tiefgebieten

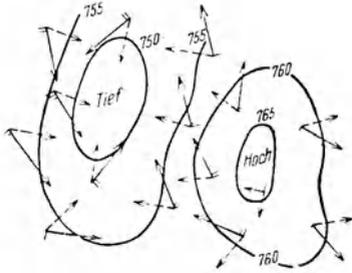


Abb. 22. Luftaustausch zwischen Hoch- und Tiefdruckgebiet. (Nach v. FICKER.)

herausbefördert werden muß, in den Hochgebieten umgekehrt. Damit ist ein Austausch zwischen oben und unten in den einzelnen Hoch- und Tiefdruckgebieten verbunden. Es kommt also neben der horizontalen zu einer vertikalen Luftverschiebung, die für die Wetterbildung von Bedeutung ist.

Föhn.

Unter Föhn verstehen wir eine namentlich am Nordrand der Alpen in Erscheinung tretende charakteristische Wetterlage, die klaren Himmel, trockene warme Luft, rasches Wegschmelzen von Schnee im Winter und Frühjahr, reine

Luft mit größter Sichtweite und einen vom Gebirge her wehenden Fallwind von starker Böigkeit bietet. Innsbruck hat etwa 75 Föhntage pro Jahr. Am Nordrand unserer Mittelgebirge, vor allem des Riesengebirges, auch am Harz, weniger in den anderen Mittelgebirgen, kommt Föhn, wenn auch lange nicht mit der Häufigkeit wie am Nordrand der Alpen, vor. Der Vorgang beim Föhn ist der, daß, bei den Alpen betrachtet, maritimer Luftstrom aus dem Mittelmeer südlich der Alpen nordwärts getragen wird. Die Luft ist warm und feucht, sie findet am Alpenkamm einen mächtigen Stau, der südliche Alpenrand zeigt Nebel und Regen. Die Wolkenmasse wird durch die Fortsetzung der Bewegung nach oben gedrückt bis an den Kamm der Berge, gibt hier unter Abkühlung ihre Feuchtigkeit ab und sinkt schließlich über den Kamm hinüber an der Nordseite ab, nunmehr stark trocken und sich beim Herabfallen um etwa 1° pro 100 m Höhenunterschied erwärmend.

Wir sehen (Abb. 23), daß die Luft, die beim Aufsteigen von Süden aus 10° Wärme hat, im Norden, wo Föhn herrscht, mit 16,4° ankommt. Die von Süden aufsteigende Luft kühlt sich nur relativ wenig ab, um 0,5 anstatt 1,5° pro 100 m Steigung, weil durch die Niederschlagsbildung auf der Südseite des Gebirges

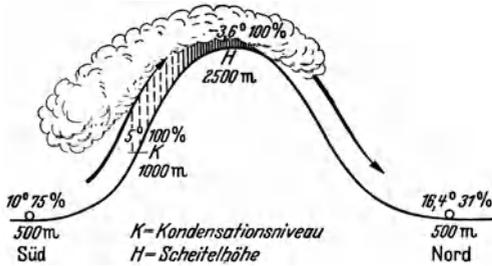


Abb. 23. Föhn (Nach WEICKMANN aus WOLTERECK)

(Verflüssigung von Wasserdampf) Wärme frei wird. Dagegen erwärmt sich die von der Höhe absinkende Luft im Norden um etwa 1° pro 100 m Gefalle bei gleichzeitiger Abnahme der relativen Feuchtigkeit, so daß im Norden ein Wärmeüberschuß gegenüber dem Süden resultieren muß. Die Luft, die im Süden bei 10° Temperatur zu 75% feuchtigkeitsgesättigt ist, erreicht in 1000 m Höhe bei 5° ihre 100%ige Sättigung. Nun tritt bis zum Wege über den Kamm Niederschlag ein. Die absteigende, ausgetrocknete Luft am Nordrand hat bei 16,4° nur noch 31% Feuchtigkeit. Zu erklären bleibt dabei, warum die sich erwärmende Luft auf der Nordseite herabsinkt, da wir doch gewohnt sind, warme Luft aufsteigen zu sehen. Dafür gibt die Beobachtung eine Erklärung, daß die Kaltluft im Tal nördlich des Gebirges gleichzeitig mit der Föhnerscheinung talwärts abfließt. Ursache hierfür pflegt ein nordwärts vorbeiziehendes Tief zu sein, welches die

Niederschlag ein. Die absteigende, ausgetrocknete Luft am Nordrand hat bei 16,4° nur noch 31% Feuchtigkeit. Zu erklären bleibt dabei, warum die sich erwärmende Luft auf der Nordseite herabsinkt, da wir doch gewohnt sind, warme Luft aufsteigen zu sehen. Dafür gibt die Beobachtung eine Erklärung, daß die Kaltluft im Tal nördlich des Gebirges gleichzeitig mit der Föhnerscheinung talwärts abfließt. Ursache hierfür pflegt ein nordwärts vorbeiziehendes Tief zu sein, welches die

Luftmassen ansaugt, da ja in ein Tief von allen Seiten Luft einfließen muß. Durch diese Saugwirkung wird die nordwärts der Alpen liegende Luftmasse zum Abfließen gebracht, ein Vorgang, der weiterhin die Luft am Nordrand des Gebirges und über den Kamm herüber (Fallwind) ansaugt (v. FICKER).

Es gibt übrigens auch einen sog. *Nordfohn*, der von Norden her die Alpen (und auch andere Bergzüge) überschreitet, der sich aber wegen des Übertritts in eine wärmere Zone weniger charakteristisch auswirkt. Der Föhnvorgang macht aber im ganzen anschaulich, in welcher Weise sich die Wind- und Wetterverhältnisse an Gebirgsketten abspielen, die quer zur vorherrschenden Windrichtung liegen. Hier fallen auf der Luvseite zuweilen gewaltige Regenmengen, während auf der Leeseite Trockengebiete bestehen können.

Föhn kommt aber außerdem *in der freien Atmosphäre* vor. Eine ruhende Luftmasse kann hier wie ein Gebirgsstock wirken, wenn er von einer feuchtwarmen bewegten Luftmasse überweht wird. Beim Passatkreislauf der Luft liegt eine dem Föhn ähnliche Erscheinung vor. Feuchtwarme Tropenluft steigt in den äquatorialen Zonen unter gewaltigen Regengüssen auf und sinkt in den Roßbreiten, wo sich infolge der Trockenheit große Wüsten entwickelt haben, herab.

Luftkörper.

Die Luft der klimatischen Großräume, etwa in der äquatorialen Zone oder an den Polen, ist nicht nur durch die Temperatur unterschieden. Die Luft dieser verschiedenen Zonen bietet auch Unterschiede in ihrem ganzen Aufbau. So ist die polare (arktische) Luft ausgezeichnet durch niedrige Temperatur, große Reinheit, Fehlen der Trübungselemente, wenig Großionen, dagegen zahlreiche Kleinionen (s. S. 70). Sie ist trocken und gestattet weite Sicht. Die tropische Luft dagegen ist warm, feucht, trübe, wolkenreich, reich an Kernen (Salzteile über dem Meer) und dadurch reich an Großionen, arm an Kleinionen. Die Luft über den Kontinenten ist im Winter kalt, im Sommer warm, trocken, staubreich, reich an Kernen und Großionen, arm an Kleinionen; die Luft dagegen, die von den Meeren kommt, die maritime Luft, ist im Sommer kühl, im Winter warm, feucht, wolkenreich, enthält wenig Kerne und Großionen, viel Kleinionen. Nehmen wir diese vier Luftzonen, also die arktische und tropische, die maritime und kontinentale, so haben wir zugleich, nach Himmelsrichtungen geordnet, die vier Hauptgebiete, die Europa umgeben und aus denen bei der Veränderlichkeit unserer Wind- und Wetterverhältnisse unser Gebiet, vor allem Mitteleuropa, seine Luftzufuhr bezieht. Über Mitteleuropa herrscht ein ausgesprochenes Mischklima, das sich durch die genannten immer wechselnden Windströmungen aus den heterogensten Elementen zusammensetzt. Wir können bei Nordwind durch die Zufuhr polarer Luftmassen das Klima des nördlichen Norwegen und bei Zufuhr aus Süden ein unter subtropischen Einflüssen stehendes Klima haben, ja, diese Einflüsse können sich in raschem Wechsel ablösen und folgen. Es handelt sich also darum, daß bei West- und Ostwind nicht nur Wind aus entgegengesetzter Richtung weht, sondern darum, daß hierbei Luftkörper (LINKE) oder Luftmassen (SCHINZE) aus weitentfernten klimatisch ganz verschiedenen gestalteten Gebieten zugeführt werden. Dieser Wechsel der Einflüsse ist naturgemäß vor allem mit den Wettervorgängen verbunden. Jedenfalls wird das gesamte Klima unserer Breiten durch den Einfluß dieser Luftkörper und ihren ständigen Wechsel weitgehend bestimmt. Natürlich geht die Wirkung der Luftkörper auf den Menschen vor allem von den am Boden befindlichen in den Raum des Menschen eindringenden Luftkörpern aus. In der Höhe, auf Bergspitzen, können ganz andere Luftkörper vorhanden sein. In die einzelnen Teile von Deutschland

ragen Luftkörper verschiedener Herkunft bevorzugt hinein. So steht naturgemäß das westliche Deutschland stark unter maritimen, das östliche unter kontinentalen Einflüssen, so daß die klimatischen Unterschiede der einzelnen Teile Deutschlands mit der Wirksamkeit der Luftmassen zusammenhängen. Die Einteilung der Luftkörper nach Bezeichnung, Herkunft und Einzelheiten kann man mehr vom klimatischen Gesichtspunkt aus (LINKE) oder mehr vom dynamischen (SCHINZE) betrachten. Im wesentlichen meinen beide Systeme dasselbe. Eine Zusammenstellung, die beide Aufstellungen vereint nach PFLEIDERER und BÜTTNER, gibt die nachfolgende Tabelle.

Tabelle 29. Einteilung der Luftkörper. (Nach LINKE und SCHINZE aus PFLEIDERER u. BÜTTNER.)*

Hauptluftmassen		Die für Mitteleuropa wichtigen Luftmassen				
allgemein	bei groß- zügiger Boden- beein- flussung <i>m</i> = maritim <i>c</i> = kontinental	unterteilt nach Ursprung <i>A</i> tief gestellt = arktischen Ursprungs	unterschieden nach Strömungsrichtung von Norden von Süden		hauptsächliche Ursprungsgebiete	Hauptzeit des Auftretens
		<i>T</i> tief gestellt = tropischen Ursprungs	als Kalt- luft = <i>K</i>	als Warm- luft = <i>W</i>		
Arktische Luftmasse <i>A</i>	<i>mA</i>	<i>mA</i> (<i>PM</i>)	<i>mA</i> <i>K</i>		Grönland, Spitzbergen	ganzjährig
	<i>cA</i>	<i>cA</i> (<i>P</i> , <u><i>PC</i></u>)	<i>cA</i> <i>K</i>		Nowaja-Semlja, Barentsmeer, <u>Nordrußland</u> (Kaltepol)	ganzjährig } selten Juli- Aug.
Luftmasse gemäßigter Breiten <i>G</i>	<i>mG</i>	<i>mG_A</i> (<i>M</i>)	<i>mG_A</i> <i>K</i>	<i>mG_A</i> <i>W</i>	Nordlicher Atlantik bzw. Kanada	ganzjährig
		<i>mG_T</i> (<i>M</i>)	<i>mG_T</i> <i>K</i>	<i>mG_T</i> <i>W</i>	Nordlicher Atlantik um 50° nördl. Breite	besonders kältere Jahreszeit
	<i>cG</i>	<i>cG_A</i> (<i>C</i>)	<i>cG_A</i> <i>K</i>	<i>cG_A</i> <i>W</i>	Innerrußland, Fennoskandien	besonders kältere Jahreszeit
		<i>cG_T</i> (<i>C</i>)	<i>cG_T</i> <i>K</i>	<i>cG_T</i> <i>W</i>	Südrußland- Balkan	besonders wärmere Jahreszeit
Subtropische Luftmasse <i>T</i>	<i>mT</i>	<i>mT</i> (<i>T</i> , <u><i>TM</i></u>)		<i>mT</i> <i>W</i>	<u>Subtrop. Meere.</u> <u>Azoren.</u> Mittelmeer	ganzjährig
	<i>cT</i>	<i>cT</i> (<i>T</i> , <u><i>TC</i></u>)		<i>cT</i> <i>W</i>	Subtropische Landmassen, Nordafrika, <u>südl. Balkan</u>	ganzjährig
Äquatoriale Luftmasse <i>E</i> (<i>T</i>)	<i>mE</i>	Die äquatorialen Luftmassen gelangen in der Regel nur in der warmen Jahreszeit als Antipassat (in der Höhe über antizyklonalen Gebieten) nach Mitteleuropa.				
	<i>cE</i>					

* Die eingeklammerten Zeichen entsprechen den Angaben von LINKE, die unterstrichenen Zeichen gehören zusammen, *P* bedeutet polar = arktisch.

Chemismus der Luft (chemische Klimatologie).

Die Luft ist auch Träger chemischer Stoffe. Auch diese sind als wichtige klimabildende Anteile anzusprechen neben den physikalischen und meteorologischen Faktoren. Die Betrachtung dieser Vorgänge und Zusammenhänge bildet den Inhalt einer neuen wissenschaftlichen Disziplin (chemische Klimatologie H. CAUER).

Salze und Gase aus Mineralquellen, Gradierwerken, Quellverwerfungsspalten, die Salze aus der Brandung des Meeres, die Gase aus Watten und Schlick gelangen als Schwebestoffe in die Luft und beeinflussen die Umgebung ihres Ursprungs. Naturgemäß wird davon am meisten die Luft in der Nähe des Quellaustritts, des Gradierwerks usw. betroffen, doch können sich diese Stoffe auch über einen größeren Raum verbreiten und das Ortsklima merklich beeinflussen. So kann vor allem das Jod am Ursprung jodreicher Quellen (Bad Hall, Goisern usw.) sowie in der Nähe tang- und planktonreicher Küstenstriche einen wesentlichen Inhalt der dortigen Luft bilden, so daß hier dem Menschen eine weit über die täglich notwendige Norm (50 millionstel Gramm) hinausgehende Jodmenge durch die Atemluft zugeführt wird.

Für Bäder und Kurorte ist es wichtig, daß nicht nur das Ortsmilieu eine chemische charakteristische klimatische Gestaltung auf diese Weise finden kann, sondern daß vor allem in der Nähe der Quellen, in den Badehäusern und speziell in den Badekabinen auf diese Weise ein besonderes Badeklima entsteht (KOSMATH). Aus dem Badewasser können dabei für die Einatmung unerwünschte Bestandteile der Luft zugeführt werden. So enthält die Freiluft im allgemeinen nicht mehr als 0,03 Vol.-% CO_2 , über dem Wasserspiegel kohlenaurer Bäder (Nauheim, Altheide) sind 0,4—4 Vol.-%, in der Höhe des Mundes des Badenden noch 0,3—0,7 Vol.-% CO_2 gemessen worden. Man kann diese sich immerhin nur auf kleinen Raum erstreckenden Beimischungen durch geeignete Manipulationen beseitigen (s. S. 35). Dagegen können andere Bestandteile einen Dunstkreis um die Quelle, um das Bad bilden, der selbst wieder auf dem Wege der Atmung wichtig für die Gesamtwirkung der Kur ist. Das gilt z. B. von dem H_2S in Schwefelbädern, vom Radon. In den Kabinen über den Badewässern in Goisern (Jodschwefelbad) wurde ein Jodgehalt festgestellt, der bis 6mal größer als derjenige der Freiluft war (CAUER, WAGNER).

Aber nicht nur die am Orte wirkenden Faktoren tragen zur chemischen Gestaltung der Luft eines Ortsmilieus bei, sondern es können auch von fern her wirkende Einflüsse sich geltend machen. Das Jod in unseren Breiten (im allgemeinen 0,4 γ pro m^3) stammt größtenteils aus den Tangverschmelzungen an den westlichen und nordwestlichen Küsten Europas (H. CAUER), von wo es mit den Winden über den Kontinent getragen wird. Mit den Niederschlägen geht es über dem Kontinent, besonders auch an den West- und Nordwesthängen unserer Mittelgebirge nieder, entsprechend der Zugrichtung der bei uns hauptsächlich herrschenden Wettervorgänge. Die Südhänge unserer Gebirge, namentlich der vom Ausgangspunkt weit entfernten (schlesisches Gebirge, Tatra), sind von dieser Ausaat frei. Dadurch können wieder besonders jodarme und jodfreie Gebiete entstehen, die therapeutisch (Basedow) wichtig sind. Die Grenze des kontinentalen und des vom Meere beeinflussten Klimas zeigt sich bis zu einem gewissen Grade darin, daß der Chloridgehalt (aus dem Meerwasser) dort seine Grenze findet. Die sog. Chloridvorstöße vom Meer her reichen über Mitteleuropa bis zum Riesengebirge und den schlesischen Gebirgen, eben den klimatischen Grenzräumen.

Unter den Bodenexhaltationen spielt die *Radiumemanation* eine Rolle. Im allgemeinen nur spärlich vorhanden, kann sie sich besonders in der Nähe von Heilquellen erheblich anreichern, insbesondere wird dies auch beobachtet in der

Nähe von Mineralwässern, die selbst kein Radon führen. Das Radon ist in Gas besser löslich als im Wasser und entweicht daher nicht selten gemeinsam mit den Gasschwaden, die namentlich die Austrittsstellen CO₂-haltiger Quellen begleiten (Nauheim, Pyrmont). Hierbei kann es sich immerhin um Werte handeln, die physiologische Wirkungen ausüben.

Aber auch die aus den Großstädten stammenden Beimengungen aus Schornsteinen und Baustellen, Schwelprodukte, Öle, hygroskopischer Staub, die vor allem Beimengungen von Sulfat und Ammoniak bringen, können weithin mit den Winden über das Land getragen werden und klimawirksam sein. Für Kur- und Badeorte ist es wichtig, daß solche Bestandteile aus der Luft von Industriebezirken möglichst als Bestandteile nicht in Betracht kommen.

Die Luftkerne sind größtenteils Träger der chemischen Substanzen. In der Großstadt zählt man bekanntlich (s. S. 70) 10—100000 Kerne pro cm³. Diese Kerne bestehen aus den Staub- und Rauchprodukten der Großstadt. Andererseits kann die Luft bei Gradierwerken auch in größerer Entfernung ebensoviel Kerne enthalten wie die Großstadt. Hier besteht sie aber aus gasförmigen Bestandteilen des Quellwassers und aus den Salztröpfchen der Quelle. Es bestehen also keine Beziehungen zwischen der Kernzahl und dem chemischen Charakter der Kerne.

Die Feinchemie der Luft gelangt neuerdings auch zu besonderer Bedeutung bei der Beurteilung der Luft in geschlossenen Räumen (Fabrikräume, Luftschutzräume).

Luftelektrische Verhältnisse.

Als Elektrizitätsträger der Luft (KÄHLER, ISRAEL, SCHMID, LINKE) sind in erster Linie (ELSTER und GEITEL) die elektrisch geladenen *Ionen der Atmosphäre* anzusehen. Ihre Zahl beträgt 100—80000 in 1 cm³. Sie sind entgegengesetzt elektrisch geladen, wodurch sie sich im Gleichgewichtszustand halten.

Im elektrischen Felde der Atmosphäre herrscht nahe der Oberfläche pro Meter Höhenunterschied ein Spannungsgefälle von 100—200 Volt. Die Erdoberfläche hat das negative Potential. Das Potential ist der Spannungsunterschied zwischen Erdboden und Luft. Es zeigt große zeitliche und örtliche Unterschiede, über jeder Bodenerhebung, über Türmen, Bergen ist es höher, im geschlossenen Raum verschwindend klein. Es zeigt ein tägliches Maximum und Minimum, im Winter eine einmalige, im Sommer eine doppelte Welle. Am stärksten ist es in der reinen Luft des Hochgebirges. Es nimmt mit der Kernzahl ab, besonders stark ist es an der Grenze zweier Luftmassen. Die größte Änderung geht beim Gewitter vor sich, wobei durch Emporstrudeln der Luft und die Zerreißen der Tröpfchen elektrisch hochgeladene Wolken mit den bekannten Folgeerscheinungen entstehen. In diesen Bereich gehören ferner die elektromagnetischen Wellen. Die kosmische Ultrastrahlung (durchdringende Höhenstrahlung oder HESSsche Strahlung) gehört in das Gebiet der Corpuscularstrahlen.

Beim *Erdmagnetismus* (PFLEIDERER) kommt der permanente Magnetismus, ausgehend von einem großen Magneten in der Erde (Kompaßnadel) in Betracht und ferner die magnetischen Stürme, die von kosmischen Kräften besorgten Änderungen des magnetischen Erdfeldes. Diese Einflüsse gehen von der Sonne aus, welche elektrische Corpuscularstrahlen aussendet, wodurch eine Ionisation der höchsten atmosphärischen Schichten entsteht. Dieser ionisierte Zustand und die Bewegung dieser ionisierten Schichten bewirken die magnetischen Störungen, die sich an der Erde und vor allem in deren Umkreis abspielen.

Die Sonne zeigt in ihrem Strahlenbereich die bekannten *Flecken*, die als riesige Zyklonen zu denken sind und von denen eine starke elektrische Wirkung ausgeht. Von den Flecken werden corpusculare Strahlen ausgesandt. Wenn die

Erde ein solches Strahlensystem passiert, so treten Nordlicht und elektromagnetische Erscheinungen auf; diese Erscheinungen zeigen einen 27tägigen Rhythmus, sie unterliegen ferner einer 11jährigen Periodik.

Die hohe Atmosphäre enthält eine elektrisch leitende Schicht, die als Aufnahme- und Reflektor der elektrischen Wellen eine große Rolle im Funkverkehr spielt (KENNELLY-HEAVISIDE-Schicht).

Schließlich seien die elektrischen Wellen der Atmosphäre, sog. elektrische Parasiten genannt, die aus Schwingungen der verschiedensten Wellenlängen (hauptsächlich lange Wellen) bestehen. Auch sie haben eine gewisse Parallelität mit den Sonnenflecken und anderen von der Sonne ausgehenden Erscheinungen, auch 11jährige und 27tägige Periodik. Sie sind ferner vom Wetter stark abhängig und erleiden Änderungen beim Durchgang von Fronten, haben ferner Beziehungen zur Tages- und Jahreszeit, zum Untergrund und erweisen sich damit dem Bereich geophysikalischer und biologischer Vorgänge benachbart.

Erdstrahlung.

Den Fragen der Erdstrahlung hat sich die Wissenschaft erst in letzter Zeit zugewandt. Das ist um so notwendiger, als in der Laienpropaganda gutgläubiger und anderer Art auf diesem Gebiet unerfreuliche Erscheinungen zutage getreten sind. Nach LINKE ergeben sich die folgenden vielseitigen Möglichkeiten als Kraftquellen aus dem Erdboden.

Die *Bodenexhalation*: Hier sind vor allem CO₂- und radonhaltige Exhalationen von Wichtigkeit. Kohlensäure strömt in der Nähe von kohlensäurehaltigen Quellen (in den sog. Mofetten, s. S. 15) vielfach frei aus dem Boden. In manchen Badeorten wird das auf diese Weise zu gewinnende CO₂-Gas zur Kohlensäuregastherapie benutzt. An anderen Stellen haben diese Erscheinungen Bedeutung für industrielle Zwecke erlangt. Auch als Träger und Vermittler von Radon können CO₂-haltige Exhalationen eine Rolle spielen, weil das Radon in Gas leichter löslich ist als im Wasser und es sich daher den Gasschwaden, welche die Quellen begleiten, leichter beimischt als dem Quellwasser selbst (LOSINITZER, ISRAEL-KÖHLER). Die radonhaltige Bodenluftemanation (s. S. 85) tritt vor allem in Verwerfungsspalten aus, böige Winde, Wärmeausstrahlung des Bodens, Sinken des Luftdrucks begünstigen den Vorgang. Der Austritt von Radon in die Luft bewirkt eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit und damit eine starke Ionisation. Diese kann hohe Grade erreichen (Badgastein).

Die sog. *Erdströme* können entweder durch Änderungen des magnetischen Feldes entstehen oder als sog. Thermostrome. Wo ein leitendes Material mit einem anderen in Kontakt ist, können bei verschiedenen Temperaturen Ströme auftreten, auch hierfür kommen die Schichtgrenzen (Verwerfungen) in Betracht, an welchen durch Luftdruckschwankungen, geologische Vorgänge, lunare Einflüsse Ströme entstehen können.

An Gesteinsgrenzen über Erzlagern können sich durch den Unterschied zwischen den Erzen und den anliegenden Schichten *kontaktelektrische Ströme* ergeben.

Der vertikale Leitungsstrom der Atmosphäre, der auf die Erdoberfläche auftrifft, muß zu *Ausgleichströmen in der Erde* führen. Dies kann bei Gewittervorgängen (schnell wechselnde Impulse) von Bedeutung sein.

Sogenannte *Diaphragmenströme* entstehen überall, wo Flüssigkeiten durch Poren austreten. Das ist in der Erde bei der Bewegung des Grundwassers, bei Untergrundströmungen usw. der Fall. Die pulsierende Bewegung in Drainröhren weist auf Impulse hin, die von solchen Einwirkungen ausgehen können. Ob Wirkungen der Schwerkraft hier Beziehungen ergeben, ist zweifelhaft.

Meßmethoden.

Die in den Anlagen der Kurorte vielfach sichtbaren sog. *Freilandhütten* (Englische Hütte, WILDSche Hütte u. a.) sind Thermometerhütten, in welchen Instrumente zur Messung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit untergebracht sind. Die Instrumente müssen gegen störende Außenwirkungen, insbesondere auch Strahlen geschützt sein. Um für die Messungen möglichst günstige Luftverhältnisse zu schaffen, sind die Häuschen mit jalousieartigen Doppelwänden versehen. Ihre Aufstellung an dem geeignetsten Ort ist eine Angelegenheit besonderer Überlegung.

Die Hütten enthalten ein Maximum- und ein Minimumthermometer, einen Psychrometer mit einem trockenen und einem feuchten Thermometer und einem Aspirator nach AUGUST, einen Thermographen, einen Hygrographen, ein Haarhygrometer.



Abb. 24. Englische Hütte.
(Aus KLEINSCHMIDT.)

Die Instrumente zur *Luftdruckmessung*, wie Quecksilberbarometer, Aneroidbarometer mit Barograph sind an anderer Stelle in einem Innenraum angebracht.

Während die genannten Instrumente möglichst windgeschützt aufgestellt werden müssen, muß man zur *Windmessung* selbst einen möglichst windexponierten Ort wählen. Ebenso verlangen auch die anderen Meßinstrumente örtliche Wahl je nach der Aufgabe, um die es sich handelt.

Für die Windmessung dient das Schalenkreuzanemometer; der Wind bläst in 1—2 Schalen von im ganzen 3—4, die in einem Kreuz angebracht sind, hinein, die konvexe Seite kehrt gegen den Wind zurück. Unter $\frac{1}{2}$ —1 m/sec Windgeschwindigkeit erfolgt wegen der Reibungswiderstände keine Registrierung. Beim Anemometer von ALBRECHT werden vier Platindrähte benutzt. Sie müssen so fein sein, daß sie der Strahlung keinen Angriffspunkt bieten, zwei von den Drähten sind geheizt, zwei nicht. Der Unterschied des Widerstandes für den

Durchgang von elektrischem Strom wird gemessen. Bei zunehmendem Wind wird der Unterschied immer kleiner, so daß die Registrierung der Messung der Windgeschwindigkeit dienen kann. Ein weiteres Verfahren beruht auf der Messung des Winddruckes mittels Staudruckdüsen. Die fortschreitende Registrierung dieses Verfahrens gibt ein Bild der Windstruktur.

Der *Niederschlag* (Regen) wird in cm-Regenhöhe pro m² gemessen. Der *Feuchtigkeitsmessung* diente ursprünglich das Haarhygrometer, basierend auf der Tatsache, daß das Haar sich durch trockene und feuchte Luft in seiner Ausdehnung ändert. Die primitiven, im Volk gebräuchlichen Wettergeräte beruhen auf dieser Einrichtung. Ein exaktes wissenschaftliches Gerät ist das sog. Aspirationspsychrometer. Es besteht aus zwei Thermometern, von denen das eine einen angefeuchteten Überzug (Gaze) hat, die Luft wird durch Aspiration an den Thermometern vorbeigesogen. Das feuchte Thermometer kühlt durch die Verdunstung um so mehr ab, je trockener die Luft ist.

Die Bedeckung des Himmels wird mit einer zehnteiligen Skala geschätzt. 0 bedeutet wolkenfrei, 10 bedeutet völlig bedeckter Himmel. Die Beurteilung der Wolkenformen spielt hierbei (s. S. 91) eine wichtige Rolle.

Bei der *Strahlung* interessiert zunächst die Sonnenscheindauer (Sonnenschein-

autograph). Die Strahlungsgeräte für die Sonnenstrahlung heißen Aktinometer, die für den Himmel Pyranometer. Im Gebrauch sind Thermoelemente (Apparatur nach LINKE u. a.) und Bimetal (ROBITZSCH).

Cadmium-Photozelle und UV.-Dosimeter der I.G. Farben sind geeignete Geräte für die UVB.-Messung. Das vor allem gebräuchliche Dosimeter der I.G. Farben besteht in einer farblosen Flüssigkeit, welche sich durch Bestrahlung mit UVB. unter 330μ rötet.

Für die Messung der *Beimengungen der Luft* (Aerosol) dienen der OWENSSche Staubzähler und das Conimeter von Zeiß. Hierbei wird die Luft mit hoher Geschwindigkeit auf Glasplatten gepreßt, wo sich die Staubteile niederschlagen. Zahl und Größe werden dann mikroskopisch bestimmt. Bei den Messungen der Kondensationskerne sollen alle Teile erfaßt werden, welche Kerne bilden, ohne Rücksicht auf Größe und Art der Substanzen. Dafür benutzt man den Kernzähler. Plötzlich durch Pumpen ausgedehnte Luft (adiabatische Abkühlung) bringt den kondensierten Wasserdampf in den Kernen zum Niederschlag, wodurch sie gezählt werden können. Der *Messung der Ionenzahl* dienen die Ionenmeßgeräte. In doppelwandigen Rohren wird eine Spannungsdifferenz zwischen Außen- und Innenrohr erzeugt, wodurch die Ionen nach ihren Vorzeichen getrennt werden können; Zahl, Vorzeichen und Beweglichkeitsgrenze der Ionen sind feststellbar.

Eine wichtige Aufgabe ist es, nicht nur wie bei den bisher erwähnten Verfahren einzelne Teilgrößen des Klimageschehens, sondern auch komplexe Erscheinungen zu messen. Dieser Aufgabe dienen die Geräte, welche die *Abkühlungsgröße* erfassen sollen. Beim Katathermometer von HILL handelt es sich um ein Flüssigkeitsthermometer mit stark vergrößertem Vorratsgefäß; es wird auf 37° erwärmt und dann seine Abkühlungsgeschwindigkeit gemessen. Beim Frigorigraphen von PFLEIDERER und BÜTTNER trägt eine doppelwandige Kupferhohlkugel von 15 cm Durchmesser an der inneren Kugel eine Heizvorrichtung, zwischen den Schalen einen Platindraht, dessen Temperatur widerstandselektrisch gemessen wird. Das Instrument mißt nicht die Abkühlung, sondern die Oberflächentemperatur unter möglichster Angleichung an die Verhältnisse der menschlichen Haut. Die äußere Kugel trägt daher einen gelblich-roten Anstrich (Farbe der menschlichen Haut).

Diese Hinweise auf die Meßmethoden des Gebietes müssen genügen. Zweck dieser Ausführungen ist, für die Einführung in das Gebiet einen annähernden Begriff von den Meßverfahren zu geben. Für das Studium der Methoden ist die Spezialliteratur erforderlich.

Wetter.

Wettervorgänge sind Geschehnisse, welche sich in der unseren Erdball umgebenden Lufthülle abspielen, und zwar größtenteils in den unteren Abschnitten der Troposphäre, jedoch sind an manchen Erscheinungen auch die oberen Schichten der Troposphäre und die Stratosphäre beteiligt. Diese Vorgänge sind in den einzelnen Breiten sehr verschieden; während sich tropische und subtropische Gebiete durch eine gewisse Konstanz der Verhältnisse auszeichnen, herrschen in unseren und in nördlichen Zonen ständig wechselnde Wetterverhältnisse.

Als Hauptursache ist wahrscheinlich das Zusammentreffen der warmen Trift westlicher und südwestlicher Winde mit der kalten aus Ost, Nord und Nordwest kommenden Polarluft anzunehmen. Den Pol bedeckt und umgibt eine Kaltluftmasse, aus der zeitweise größere Mengen Kaltluft auslaufen. Die Grenze der Polarfront gegen die gemäßigten Breiten ist das Ursprungsgebiet der in den letzteren auftauchenden sog. *Zyklonen*. Das Nebeneinander so gegensätzlich beschaffener Luftmassen kann keinen dauernden gleichmäßigen Zustand in sich

schließen. Die nebeneinander strömenden warmen und kalten Luftmassen „verzahnen sich“, wie die Meteorologen sagen; dadurch wird warme Luft nordwärts, kalte Luft südwärts abgelenkt. Es entsteht eine Wellenbewegung an der Grenzfläche der sich in entgegengesetzter Richtung bewegenden Luftmassen. Die Polarluft strömt von Osten nach Westen, also gegen die Erdumdrehung, die Warmluft des Südens umgekehrt. Aus diesen Wellen der Polarluft entwickeln sich (BJERKNES, BERGERON u. a.) die Kerne für die Tiefdruckgebiete (Zyklonen). Die warme Südluft drückt auf der Vorderseite die Kaltluft vor sich her. Dadurch

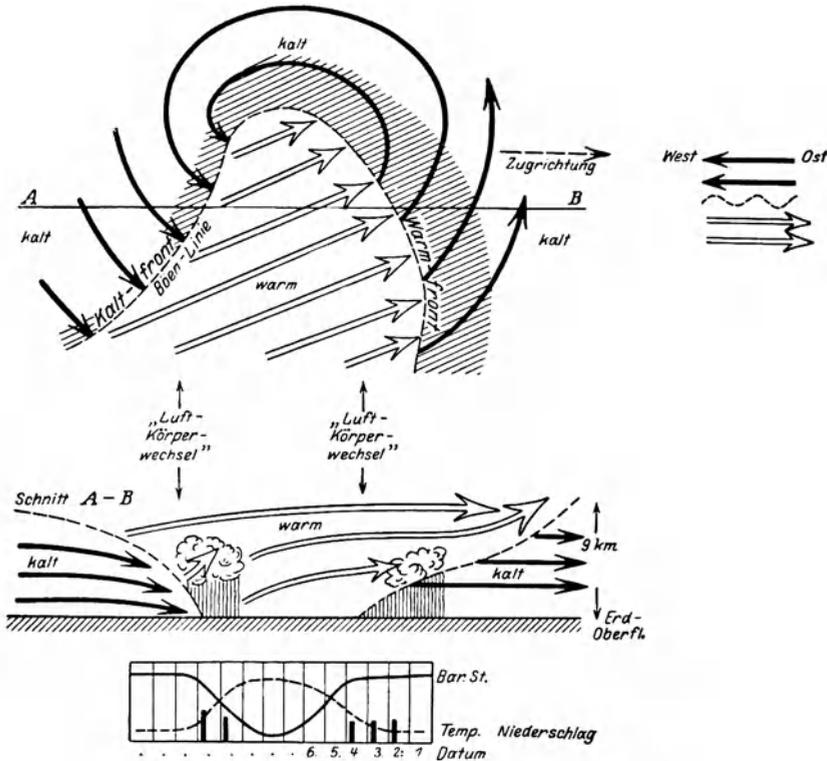


Abb. 25. Schema einer Zyklone. (Nach BJERKNES aus DE RUDDER.)

wird diese in Wirbelbewegung entgegen der Uhrzeigerichtung versetzt, auf der Rückseite des Warmkernes stößt Kaltluft nach. So zeigt dieses Gebilde niedrigen Druck, die Zyklone auf der Vorderseite eine Warm-, auf der Rückseite eine Kaltfront (manchmal noch einen Warmsektor). Die Zyklonen wandern bei uns fast ausnahmslos von West nach Ost. Sie sind mehr oder weniger raschem Wechsel unterworfen durch den ständig erfolgenden Ausgleich der Luftmassen und Strömungen.

Als *Front* bezeichnet man die Grenzen, d. h. die Übergangsschicht zwischen zwei verschiedenen Luftmassen. Wenn Kaltluft durch Warmluft verdrängt wird, so gleitet die Warmluft dem Gewicht entsprechend auf die Kaltluft auf (*Aufgleitfront*). Die Grenzflächen stehen dann im spitzen Winkel schräg, und die Berührung dieser schrägen Grenzfläche mit dem Boden ist eben die Front. Die vertikalen und horizontalen Schnitte durch eine Zyklone zeigen den Vorgang und die dabei auftretende Wolkenbildung (Abb. 25—27). Wir sehen, was wir er-

Eine Okklusion kann auch dann auftreten, wenn der ganze Vorgang sich nicht am Erdboden, sondern in höheren Schichten abspielt. Am Boden bleibt dann meist der Temperaturwechsel aus. Die Warmluft wird in die Höhe gehoben, und am Boden begegnen sich nur die beiden Polarluftkörper. Es findet also auch kein Luftkörperwechsel statt, nur Bewölkung und Druckfall können zustande kommen. Der Vorgang wird festgestellt durch Messungen auf Bergen oder in großen Höhen durch Registrierballons. Allerdings kann der Fall auch unter Temperaturänderungen vor sich gehen, freilich nicht auf dem Wege der Einwanderung anderer

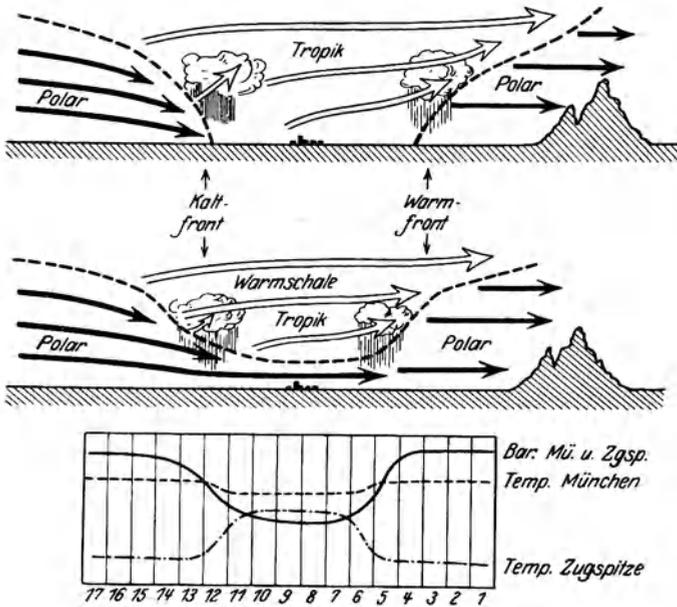


Abb. 27. Okklusion einer Zyklone, entgegengesetzte Temperaturänderung am Boden und in der Höhe. (Nach DE RUDDER.)

(kalter) Luftmassen, sondern dadurch, daß die Vorgänge in der Höhe eine Ausdehnung der am Boden liegenden Luftmassen bedingen: wandert oben Warmluft, die leichter ist, ab, so müssen sich die am Boden liegenden Luftmassen ausdehnen, sie kühlen damit ab (adiabatische Temperaturveränderung).

Eine Einbruchs- wie eine Aufgleitfront bringen nicht nur Temperaturwechsel, sie führen, wie schon erwähnt, neue Luftströmungen mit veränderten Luftbeimischungen, Aerosol, veränderte elektrische Verhältnisse und Luftkerne mit sich. Auch diese neuen Verhältnisse unterliegen der erwähnten Auflösung. Die eingewanderten Luftmassen nehmen auch in dieser Beziehung den Charakter der Zone an, in die sie eingedrungen sind, und werden dadurch *indifferent*. Andererseits können aber Fronten mit Schnelligkeit sich ablösen, zumal manchmal nicht eine Zyklone allein, sondern ganze *Zyklonenfamilien* rasch hintereinander erscheinen. Wir sehen dann die besprochenen Vorgänge rasch einander folgen. Das Wetter ist von Fronten beherrscht, sog. *Advektionswetter*. Für den Charakter und die Häufigkeit der einwandernden Zyklonen spielt die erwähnte Zugrichtung eine Rolle. Meistens kommen die Zyklonen, die unser Wetter beherrschen, in der allgemeinen Westdrift zu uns. Dabei ist es von Wichtigkeit, daß die von Nordwest kommenden Einbrüche vielfach nicht mehr als ausgesprochene Fronten zu

uns gelangen, sondern schon mehr oder weniger okkludiert sind, weil sie bei der Wanderung über den Atlantik einen Teil ihrer schroffen Eigenschaften durch den Austausch über dem Meer verloren haben (Abb. 28).

Die gewohnten Zugstraßen können durch große Gebirge eine erhebliche Einwirkung erfahren. In Europa werden die mit der allgemeinen Westdrift herinkommenden Kaltluftleinbrüche von den meist westöstlich ziehenden Gebirgen in ihrer Richtung nur wenig beeinflusst. In Nordamerika mit seinen nordsüdlich ziehenden hohen Gebirgen können Kaltluftleinbrüche weit abgelenkt und durch

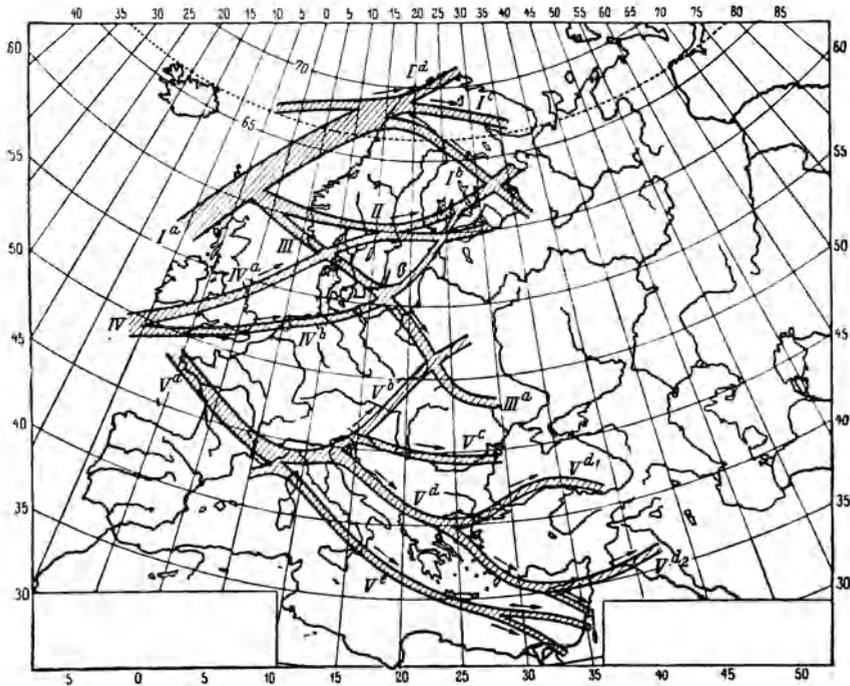


Abb. 28. Zugstraßen der Zyklone. (Nach BERBER und WEICKMANN aus PFELEDERER und BÜTTNER.)

die genannten Verhältnisse nach Süden verschoben werden, so daß mitunter bis nach Florida die Auswirkung der nördlichen Kaltluftleinbrüche wirksam wird. Auch das nordöstlich ziehende Uralgebirge kann gelegentlich Veranlassung sein, daß Kaltwellen von Norden bis in die südlichen Teile des Kaspischen Meeres plötzlich starke Kalteinbrüche bringen.

Im Bereich eines Schönwettergebietes herrscht sog. *Konvektionswetter*, d. h. im Gegensatz zu dem obengenannten Advektionswetter wird hier das Wetter nicht durch Fronten beherrscht, sondern durch Strahlung, die am Orte selbst wirkt. Durch die aufgehende Sonne entsteht Erwärmung des Bodens und die ihr nachfolgenden, hauptsächlich vertikalen Luftbewegungen, erhöhte Bodenwärme, Abnahme der relativen Feuchtigkeit usw. Die kleinen Kreisläufe der Luft zwischen Berg und Tal, Land und See setzen ein. Es kann mittags zu Haufenwolken (Schönwetterwolken) kommen, die sich abends, wenn die Strahlung nachläßt, wieder auflösen. Bei Nacht kühlt sich der Boden rasch ab, es kommt zu Tau oder Bodennebel. Im ganzen bestimmt dies einen stabilen Zustand.

Über den Azoren besteht ein beständiges dynamisches Hoch, das nicht wan-

dert, das aber auf die in seiner Peripherie auftauchenden Störungen einen starken Einfluß ausübt, indem es deren Richtung steuert. Auch im Norden befindet sich ein Hochdruckgebiet (Kältehoch).

Wetterkarte und Wettervorhersage.

Um das Wetter auch begrenzter Gebiete oder einzelner Standorte zu beurteilen und Anhaltspunkte über seine weitere Entwicklung zu gewinnen (Vorhersage), sind weiträumige Beobachtungen erforderlich (КНОСН). Der Wetterdienst fußt daher auf der täglichen und stündlichen Beobachtung zahlreicher Stationen,

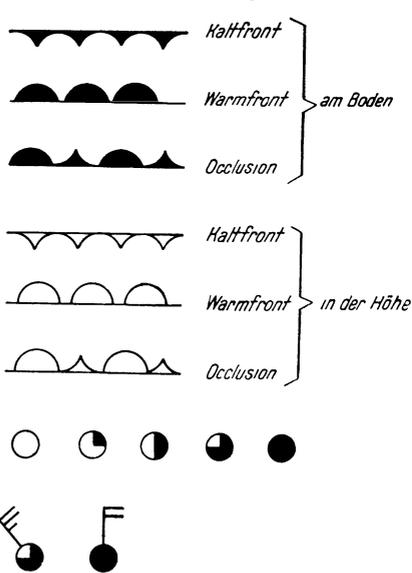


Abb. 29. Wetterkartensymbole (Zeitungswetterkarte). Vorletzte Zeile: Stufen des bedeckten Himmels (Wolkenmenge). Links klarer Himmel, rechts völlig bedeckter Himmel. Letzte Zeile: Zeichen für Windrichtung und Windstärke, verbunden mit Wolkenmenge.

die sich in Europa fast über den ganzen Kontinent erstrecken und die einen zusammenhängenden Aufbau der Feststellungen ermöglichen. Die Beobachtung erstreckt sich nicht nur auf die mit reichem Inventar ausgestatteten Stationen selbst, sondern auch auf fortlaufende Ballon- und Flugzeugaufstiege, vor allem auch auf Feststellungen in großer Höhe bis 20 km durch sog. Radiosonden, unbemannte Ballons mit drahtlos meldenden Einrichtungen. So erhalten die Großstationen fortlaufend Material, aus denen die Wetterkarten festgestellt werden. Aus dem der Öffentlichkeit in den Zeitungen übergebenen Kartenmaterial ersieht man neben den Linien gleichen Drucks (Isobaren) Feststellungen über Stand und Verlauf der Fronten und Luftmassen, Bewölkung, Windrichtung, Windstärke und Niederschläge. Die gebräuchlichen Symbole siehe Abb. 29. Die im eigenen Dienst der Meteorologie üblichen Karten sind weit eingehender. Sie enthalten nähere Angaben über die Bewölkung, Höhe und Dichte der Wolken-

decke, Sichtweiten, über 30 Arten von Niederschlägen, Richtung und Art der Winde, Feuchtigkeitsangaben usw. Auf einer deutschen Wetterkarte sind jeweils mehrere tausend Einzelangaben verarbeitet, die etwa 2 Stunden nach Eingang der Meldungen der Stationen, mehrere hundert in Europa, festgestellt sind. Für die *Lesung und Beurteilung einer Wetterkarte* wird hier die von v. FICKER gegebene Darstellung einer Wetterkarte (Westwetterlage im Winter, Tauwetter) wiedergegeben.

„West- und Mitteleuropa sind im allgemeinen von einem mächtigen Westwindstrom beherrscht, der fast in ganz Europa Tauwetter bringt. Nur in Schweden, Finnland und Ostrußland liegen die Temperaturen unter Null. Der Weststrom ist zwei Zyklonen zugehörig, die westlich Norwegens durch einen schmalen Rücken hohen Druckes voneinander getrennt sind, aber zur gleichen Zyklonenfamilie gehören. Beide Zyklonen haben einen Warmsektor, sind also noch nicht absterbend. Besonders auffällig ist die Warmfront der westlichen Zyklone, längs der — vom nördlichen Irland durch England und Frankreich bis in das westliche Deutschland — ein Regengebiet entwickelt ist. Die südliche Kaltfront der östlichen Zyklone könnte auch bereits als ‚Okklusion‘ aufgefaßt werden, wenn nicht die sehr niedrigen Temperaturen im östlichen Rußland zur Einzeichnung

einer Warmfront nötigen würden. Zwischen beiden Zyklonen, und zwar auf deren Südseite, krümmen sich die Isobaren antizyklonal — ein Zwischenhoch, auf dessen Ostseite (in der Deutschen Bucht) Nordwestwinde entwickelt sind, während auf der Westseite (über England) südwestliche Winde wehen. Die Gegend von Berlin wird zunächst in dieses Zwischenhoch kommen. Die Bewölkung wird bei leicht sinkenden Temperaturen abnehmen. Wer ohne Wetterkarte das Wetter voraussagen will, kann leicht zur Meinung kommen, daß der Weststrom von einem

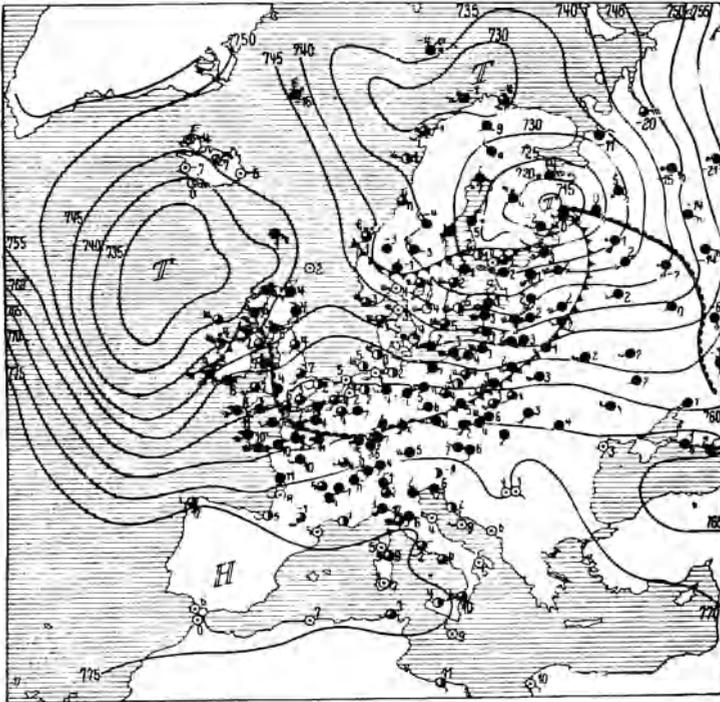


Abb. 30. Wetterkarte 10. 2. 28, 8 Uhr vormittags, Westwetterlage im Winter, Tauwetter. (Nach v. FICKER.)
H Hochdruckgebiet, T Tief.

Polarstrom abgelöst werde. Ein Blick auf die Wetterkarte zeigt aber, daß nach Durchzug des flachen Zwischenhochs Berlin bald wieder in den Bereich der Warmfront der westlichen Zyklone kommen muß. Die Vorhersage für Berlin muß demnach lauten: Nach vorübergehender Aufheiterung und geringfügiger Abkühlung neuerdings Bewölkungszunahme und Niederschläge bei milden, westlichen und südwestlichen Winden.“

Hieraus ergibt sich, daß aus der gegebenen Situation der Wetterkarte zugleich eine *Prognose* für die weitere Entwicklung des Wetters abgeleitet wird. Diese kurzfristige Wettervorhersage auf zwei bis drei Tage ist heute weitest entwickelt und für das praktische Leben, besonders auch für den Flugdienst, Reise, Land- und Forstwirtschaft, Operationstätigkeit in Krankenhäusern von größter Bedeutung geworden. Darüber hinaus gibt es eine *langfristige Prognose* (BAUR), welche versucht, aus dem Ablauf der Witterung in ähnlichen Lagen aus der Vergangenheit und aus Analogieschlüssen im Wetterablauf bei bekannten Situationen Schlüsse zu ziehen. Diese langfristige Prognose (etwa zehntägige Vorhersage) hat bereits beachtliche Ergebnisse aufzuweisen.

Für den mit dem Bäder- und Klimadienst befaßten Arzt ist die Kenntnis und Verfolgung des Wetterdienstes und die Fähigkeit, Wetterkarten zu lesen und daraus selbst gewisse Schlüsse zu ziehen, verbunden mit einer dauernden Aufmerksamkeit gegenüber dem lokalen Ablauf, von großer Bedeutung.

Gewisse regelmäßige Zusammenhänge sind für Kurreisen von allgemeiner Bedeutung (PFLEIDERER und BÜTTNER). An der Nordsee hat man bei Westwetter kräftige Seewinde, wechselnde Bewölkung, teilweise Sonne, also ein ausgesprochenes Abhärtungswetter zu erwarten, bei Hochdruckwetter Sonne, Wärme und Landwind. Im Hochgebirge bringt Warmfront Schneefälle. Eine nachstoßende Kaltfront kann zu einem dynamischen Hoch überleiten. Bei Föhn verschwindet an der Nordseite die Schneebahn. In den höheren Lagen pflegt dann das Wetter schlecht zu sein, das aber meistens in der Folge von gutem Wetter abgelöst wird.

Klima und Klimaräume.

Die geographische Breite bedingt die großklimatischen Unterschiede, die wir in weiten Räumen an der Erdoberfläche sehen. Gürtelförmig umziehen klimatisch unterschiedene Großräume die Erdkugel (DEFANT, OBST). Das ist in erster Linie die äquatorial- oder tropenklimatische Zone, die vom Äquator beiderseits nach Süden und Norden reicht, daran schließen sich die sog. Subtropen, ihnen folgen die gemäßigten Breiten, die in die arktischen Bezirke übergehen. Mit diesen Bezeichnungen verbindet schon der Laie klimatisch ganz bestimmte Vorstellungen.

Das *Tropenklima* ist ausgezeichnet durch ununterbrochene Wärme. Die Mitteltemperatur des kältesten Monats beträgt über 18° (s. Abb. 15), dazu kommt der Mangel der jahreszeitlichen Cäsuren, es herrscht keine Pflanzenruhe, hohe Feuchtigkeit, meist reichliche UV-Strahlung im Freien. Im subtropischen Bereich herrscht teilweise ein den Tropen ähnliches Klima in etwas abgeminderter Form; gerade dieses Klima zeigt teilweise ausgesprochene Extreme. Während das tropische Klima ausgezeichnet ist durch den sog. tropischen Regenwald, finden wir im Bereich der Subtropen ausgedehnte Steppen und Wüsten, verursacht durch föhnartige Trockenwinde. Wir haben hier hohe Sonnenstrahlung, wenig Bewölkung, vielfach auch wenig Regen (die höchsten Temperaturen der Erde werden hier gemessen), regelmäßig und vielfach starke Winde.

Haben wir bisher Gebiete mit geregelter Luftzirkulation vor uns, so kommen wir in den *gemäßigten Breiten* in den Bereich mit turbulenter Zirkulation und ausgesprochenen Jahreszeiten. Das Gebiet ragt vielfach noch in die Subtropen hinein, soweit es sich um die Zone des warm gemäßigten Klimas (auf der Nordhalbkugel Mittelmeer, zum Teil auch Südwesteuropa) handelt. Die Sonne ist nur im Sommerwetter bestimmend, die Wärme dieser Zone ist vielfach eine durch Zufuhr aus südlichen Breiten bezogene (Golfstrom, südliche Luftmassen). Unperiodische Klimaschwankungen sind für die gemäßigten Breiten bestimmend.

Daran fügt sich bei uns nach Norden das *polare (arktische) Klima*, das mehr und mehr nach dem Nordpol zu in das *Klima des ewigen Frostes* übergeht; das sog. *Tundrenklima* leitet vielfach über.

In diesen genannten Bereichen herrscht aber nicht gleichmäßig die zonale Ausprägung der klimatischen Verhältnisse, da auch andere Faktoren, so vor allem die Verbreitung von Land und Meer, die Höhenlage, die Pflanzendecke in weiten Räumen Unterschiede schaffen und dadurch wieder besondere Klimaregionen hervorbringen. So fehlt naturgemäß über den Ozeanen das die Subtropen vielfach beherrschende Steppenklima; hier geht das tropische Klima direkt in das gemäßigte über. In den Tropen kann die Höhenlage über 1000 m (Ostafrika, Himalaja, Mexiko) Verhältnisse schaffen, die zu einem subtropisch

gemilderten, aber regenreichen und mit reichlicher Vegetation ausgestatteten Klima führen. Andererseits bedingen die Urwaldzonen eine Verschärfung der die Tropen kennzeichnenden feuchten Wärme. Steppen und Tundren sind durch die kontinentale Lage herbeigeführte Bereiche, die dem nach der geographischen Breite zu erwartenden Klima eine besondere Ausprägung geben. Das gleiche gilt vom *borealen* Klima, das auf der Südhalbkugel fehlt und das durch die Verschärfung der kontinentalen Note (große jährliche Temperaturamplitude) ausgezeichnet ist (hauptsächlich Ostsibirien).

Es handelt sich hier um *klimatische Großräume*, für welche auch die zonale Verteilung der Regen auf der Erde eine Anschauung vermittelt. Die Steigungsregen der Tropen, die Windsysteme der Passate, die Trockengebiete der Roßbreiten und die Zonen der Westwinde in den gemäßigten Breiten sind vom Sonnengang bestimmt. Die Verteilung von Land und Wasser bedingt die feuchten Seewinde. Das Innere der Kontinente ist trocken. Ein großer Unterschied besteht zwischen der West- und Ostseite der Kontinente. An der ersteren liegen (Roßbreite) die trockenen Wüsten, die Ostseite wird von dem Monsunregen mit Feuchtigkeit überschüttet.

Innerhalb der großklimatischen Räume trennen sich, verursacht durch die Unterschiede von Strahlung, Niederschlägen, Temperatur einzelne Landschaftsklimate ab. Hierfür sind außerdem Unterschiede der Verteilung von Land und See, Höhenlage, geographische Breite, Lage und Zugrichtung von Gebirgen bestimmend. Im europäischen Bereich sind dies die Küstenregionen unserer Nord- und Ostsee, der adriatische Küstenbereich, die Mittelmeerländer. Hierzu ist ferner zu rechnen der holländisch-ostfriesische Raum, die Po-Ebene, die Gaue an den deutschen Mittelgebirgen, der mittlere Rhein mit seinen Seitentälern, die Höhenregion der Alpen usw. Hier handelt es sich um Landschaftsbezirke, deren Ausmaß sich nach 100 km oder einigen 100 km bemißt. Die klimatischen Differenzen können auch in diesen Räumen große sein. Gerade auf dieser Gestaltung beruht der Abwechslungsreichtum der klimatischen Bezirke in Mitteleuropa.

Innerhalb dieser Zonen befinden sich besondere kleinere Bereiche, die wir klimatisch unter dem Begriff des *Kur- und Heilklimas* zu sehen gelernt haben. Unter Kur- und Heilklima versteht man Klimalagen, die erfahrungsgemäß einen günstigen Einfluß auf den Organismus des Menschen haben und die meist durch die Beschaffenheit des Gesamtaufbaues ausgezeichnet sind. In großen Unterschieden gesehen, kommt hierfür in Betracht das Hochgebirgsklima, das Klima der Mittelgebirge und das Seeklima.

Das *Hochgebirgsklima* (DORNO, v. PHILIPPSBORN) ist gekennzeichnet durch die Höhenlage über 1000 m. Meist kommen Höhen bis 1800 m in Betracht, selten bei uns höhere, weil diese im Sommer schon in der Wolkenregion liegen. Charakteristisch ist für das Hochgebirgsklima der erniedrigte Luftdruck, an der See 760 mm, in 1000 m 674 mm, in 2000 m 590 mm. Damit ist eine Luftverdünnung verknüpft, womit man die Abnahme des Partialdrucks des für die Atmung notwendigen Sauerstoffes meint. Im Hochgebirge herrscht erhöhte Strahlung, Zunahme der UV-Strahlung (s. S. 72), hohe Lufttrockenheit. Die durchschnittliche Feuchtigkeit beträgt in 2000 m Höhe noch etwa die Hälfte der an der Küste. Höhere Lagen zeigen meist niedrigere Temperaturen, die im Hochsommer und Hochwinter einen gleichmäßigen Gang erkennen lassen. In diesen Jahreszeiten herrscht meist ruhiges Wetter, die Luft ist rein, arm an Großionen, enthält hauptsächlich Kleinionen, die Trübung ist also gering, die elektrische Leitfähigkeit hoch.

Der Tagesgang der Strahlen (s. Abb. 13) zeigt ausgeglicheneren Verhältnisse

als im Tiefland. Auch der Jahresgang (s. Abb. 31) ergibt eine gleichmäßige und intensive Strahlung besonders im UV-Bereich, welche die des Tieflandes übertrifft. Sonnige Tage sind auch im Winter häufig; die Abkühlungsverhältnisse daher auch in dieser Zeit günstig.

Das *Seeklima* (HÄBERLIN, PFLEIDERER, BÜTTNER) ist durch intensive Luftbewegungen und ausgeglichenen Gang der Temperatur, Abschwächung der Temperaturoegensätze ausgezeichnet. Wir haben an der Nordseeküste durch die Einflüsse des Golfstromes besonders bevorzugte Verhältnisse für Milde und Ausgeglichenheit der Temperaturen. Diese fast stets bewegte Luft (Brise) hat eine anregende Wirkung, die Niederschläge sind zeitlich und im Tagesgang günstig verteilt. Die Strahlungsverhältnisse an der See sind insofern vorteilhaft, als die Himmelsstrahlung reichlich vorhanden ist und der Verlust an UV-Sonnenstrahlung dadurch weitgehend ausgeglichen wird. Die Luft ist als rein zu bezeichnen (Seewind), wenn sie auch nicht arm an Großionen ist; diese Großionen stammen aber nicht von Kernen durch Verunreinigung der Luft, wie sie in der Nähe großer Städte und Industriereviere vorherrschen, sondern sie sind auf Salz-

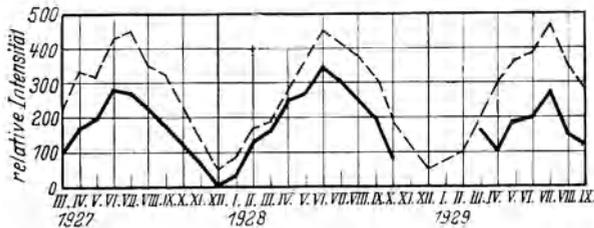


Abb. 31. Jahresgang der UV-Sonnenstrahlung. (Nach SCHULTZE aus GROBER.) — Gießen, - - - Hochsersfaus.

teilchen (Brandung, Wellengang) zurückzuführen. Der Seewind gibt natürlich hier bessere Verhältnisse als der Landwind. Die elektrische Leitfähigkeit der Luft ist bei Seewind höher als bei Landwind.

Das *Mittelgebirge* (AMELUNG, BACMEISTER) steht in vielen Beziehungen dem

Hochgebirgsklima nahe. Manche unserer Mittelgebirge ragen mit ihren höher gelegenen Kurgeländen in die Hochgebirgszone hinein. Die in den Alpen liegenden Orte in der Höhe der durchschnittlichen Mittelgebirgslage bis 800 m sind durch die alpine Gestaltung ihrer Verhältnisse ausgezeichnet, so daß sie mehr alpinen als Mittelgebirgscharakter haben, auch in der sogenannten Voralpenzone. Das Mittelgebirge hat oberhalb 400—500 m bereits beachtlichen Strahlungsgenuß, namentlich wenn, wie in den Sudeten und im Riesengebirge, durch die vorherrschenden durchsichtigen Luftkörper des Sommerwetters den Alpen ähnliche Luftverhältnisse gegeben sind. Mittelgebirgslagen zeigen vielfach milde abendliche Abkühlung, besonders Gegenden mit großen Waldbeständen oder in der Nähe von Binnenseen; die Südhanglagen sind klimatisch besonders günstig.

In allen diesen Bezirken (Hochgebirge, Mittelgebirge, See) kommen noch besondere regionale Gestaltungen in Betracht. So ist die Nordsee mehr maritim, die Ostsee mehr kontinental gestaltet. In den Alpen sind die Lagen südlich des Alpenkammes begünstigt, da sie den vorherrschenden Nordwestwinden weniger ausgesetzt sind. Unvorteilhaft sind ausgesprochene Föhnlagen, ferner manche Lagen in Hochtälern, in denen sich stagnierende Kaltluftseen bilden können. Im Mittelgebirge kommen (LINKE) einige wertvolle Sonderlagen in Betracht, so das Hangklima des Mittelgebirges mit besonderer Abschwächung der Temperatur-extreme, weniger Frost, keine Luftstagnation, dann das Talklima mit größeren Extremen, geringeren Windstärken, das Waldklima mit Milderung der Extreme, Windschutz, größerer Bodenfeuchtigkeit. Auch die Ebene kann klimatisch wertvoll sein (Heide, Binnenseen, Wald).

Wir kommen zu klimatischen Bezirken noch begrenzter Art (*Bezirksklima*), deren Ausmaß etwa mit 10—25 km bemessen ist; indessen kann und muß man

die klimatischen Räume noch weiter aufteilen: *Ortsklima*, *Stadtklima*, *Kleinklima*.

Die unmittelbare Gestaltung eines an sich kleinen Bereichs kann bedeutenden Einfluß auf die klimatische Beschaffenheit haben, etwa durch Bestrahlungs-



Abb. 32. Oberländer Kanal Ostpreußen, erbaut 1840—1865. (Nach SEIFERT.)

oder Schattenwirkung im Gebirge, durch Hang- und Tallagen mit viel Wind, abgeschlossene Senken mit Kaltluftseen. So kommen wir zum begrenzten Ortsklima mit Ausdehnungen von 100 m und mehr, in deren Bereich wiederum, etwa



Abb. 33. Mittellandkanal, erbaut 1905—1935. Vernichtung der naturgebundenen Werte der Landschaft. (Nach SEIFERT.)

durch die Schattenwirkung vor oder hinter großen Gebäuden, sich gesonderte Klimabezirke ausbilden können.

In der Nähe des Bodens herrscht allgemein ein wesentlich anderes Klima als in 2 m Höhe, also ungefähr in der Kopfhöhe des Menschen. Die Bodenpflanzen

sind durch die starke Erwärmung des Bodens bei Tage, die gegebenenfalls intensive Ausstrahlung bei Nacht wesentlich schrofferen Klimaunterschieden ausgesetzt als der aufrechte Mensch. Das *bodennahe Klima* (GEIGER) zeigt also eine besondere Charakteristik.

In weiterer Fortsetzung dieser Betrachtungen gelangen wir schließlich zu den letzten Feinheiten, dem Klima, das ein Lebewesen umgibt; hierher gehört das sogenannte *Privatklima* innerhalb der menschlichen Kleidung, der überhaupt individuell gestaltete Kleinklimaraum um einen Baum, ein Pflanzenblatt und schließlich die klimatische Gestaltung im Lebensraum der Mikroben (*Kleinklima* und *Ultraleinklima*).

Von Bedeutung in diesem Zusammenhang sind schließlich die *künstlichen Abwandlungen*, welche klimatische Verhältnisse namentlich durch den Eingriff des Menschen erfahren. Wir denken dabei in erster Linie an das *Großstadtklima*, das durch die charakteristische Dunsthaube, wodurch die Strahlung des Himmels größtenteils abgeschirmt wird, gekennzeichnet ist (Großstadtdunkel). Mauerwerke und betonierte Bauten in und an der Erde heben die Einflüsse der terrestrischen Strahlung auf. Die Pflasterung der Straße, die Häuserzeilen mit ihren schroffen Nord- und Südfronten schaffen jeweils besondere Verhältnisse für die Gestaltung und Lenkung der Feuchtigkeit, der Strahlung usw. Das Großstadtklima wird im Sommer durch den Fahrverkehr, im Winter durch die Heizung noch besonders geformt.

Aber auch in der freien Natur hat der Mensch meist nicht mit besonders glücklicher Hand in die klimatischen Verhältnisse eingegriffen. Die Entwässerung weiter Strecken hat durch Austrocknung der Teiche und Wassergräben zur Senkung des Grundwassers und dadurch zu einer unvorteilhaften Entwässerung mancher Gebiete geführt. Die im Interesse der Ergiebigkeit der Landwirtschaft durchgeführte Rodung des Baumbestandes, die Entfernung der Hecken, Raine hat zur Bildung von Kulturstebpen, zur Austrocknung der Landschaft, Verminderung der Taubildung, zu Sandstürmen, die den fruchtbaren Boden wegragen, geführt, die Anlage des Nutzwaldes und Beschränkung auf eine Holzart in weiten Wäldern hat den Wald bei Schädlingsinvasion (Insekten) gefährdet, die Brandgefahr erhöht. Hier gehen hohe Kulturwerte, die Schönheit der Landschaft, der Reichtum der Tier- und Pflanzenwelt verloren. Eine höhere Nutzbarmachung wird dabei keineswegs immer erreicht. Es bleiben folgenschwere Eingriffe in das natürliche Klima (Abb. 32, 33), die freilich vielfach durch die unabwiesbaren Anforderungen des modernen technischen Lebens bedingt sind.

Schließlich ist man zur Herstellung eines *künstlichen Klimas* in geschlossenen Räumen durch weitgehende Nachahmung der Bedingungen der Atmosphäre (*klimatisierte Räume*) gekommen. Die hohe Entfaltung der modernen Technik hat hier früher ungeahnte Möglichkeiten geschaffen, die für manche Aufgaben des modernen Lebens von Bedeutung geworden sind (s. Kapitel „Künstliches Klima“, S. 140).

Die zeitlichen Abläufe.

Schon *Tag und Nacht* bringen Unterschiede in Wetter und Klima. Tagesgang des Sonnenstandes, der Einstrahlungsverhältnisse schaffen periodische Abwandlungen. Abschattungen durch Berge können weitere Periodizitäten im Sonnengenuß mit sich bringen (s. Abb. 11). Berg- und Talwind, Land- und Seewind sind durch Tag- und Nachtfolge herbeigeführte tägliche periodische Erscheinungen. Auch das Wetter unterliegt zeitlich wechselnden Einflüssen; die lunaren Einwirkungen bei einer Schlechtwetterperiode sind bekannt. Nächtlich kann es klarer werden, die Winde flauen ab, die dann am Tage wiederkehren.

Große zeitliche Abläufe sind in den *Jahreszeiten* gegeben, eine Erscheinung,

welche die Tropen nicht, die Subtropen nur in Andeutung kennen, doch deutet die Regenzeit der Tropen bereits zeitliche Abstufungen an. Sonst ist (Passat- und Monsunwinde) das äquatoriale und diesem benachbarte Gebiet durch langfristige gleichmäßige Abläufe gekennzeichnet. Die Jahreszeitenfolge mit ihren großen belebenden Unterschieden ist ein Vorzug der gemäßigten Breiten; ihnen schließen sich die polaren Zonen mit einem gleichfalls vorhandenen ausgesprochenen Rhythmus im klimatischen Geschehen an (Mitternachtssonne, Polarnacht).

Die jahreszeitliche Periodik ist bekanntlich verursacht durch die wechselnde Stellung der Erdachse zur Sonne. Die Jahreszeiten erscheinen aber nicht im gleichen Tempo mit diesen Änderungen, sondern verspätet. Der wärmste Tag ist nicht Ende Juni, wenn Sonnenhöchststand herrscht, sondern einen Monat später, in der zweiten Julihälfte, der kälteste Monat ist ebenso der Januar. Ursache hierfür sind die Verhältnisse der Luftmassenverlagerungen mit den ihnen folgenden Bewölkungsveränderungen (Tabelle 35, 36).

Ebenso wie die gesamten Erscheinungen des Klimabildes unterliegen auch die einzelnen Elemente dem jahreszeitlich bedingten Ablauf; Temperatur, Feuchte, Luftdruck zeigen dementsprechend charakteristische periodische Abwandlungen. Hierbei entscheidet aber nicht allein die geographische Breite, sondern auch die Verteilung von Land und Meer. Daraus ergeben sich die bekannten Differenzen des kontinentalen und maritimen Klimas mit ihren jahreszeitlichen Unterschieden. Meeresnahe Klimalagen haben ausgeglichenen Gang der Temperatur im Jahresbild, mehr Feuchtigkeit, ein Luftdruckmaximum im Sommer, ein Minimum im Herbst; kontinentale Lagen haben hohe Temperaturdifferenzen im Sommer und Winter (s. S. 74), mehr Trockenheit, ein Luftdruckmaximum im Winter, ein Minimum im Sommer. Differenzen der Höhenlage schaffen weiter Unterschiede.

Über alle diese Bedingnisse hinaus kennen wir noch periodische mit einer gewissen Regelmäßigkeit wiederkehrende Erscheinungen (Eisheilige, Tauwetter zu Weihnachten, Altweibersommer, Kälte im Juni). Bei einigen dieser Erscheinungen (Juni, Altweibersommer) scheint es sich um monsunartige Auswirkungen im europäischen Bereich zu handeln, doch sind diese Auswirkungen in unseren Breiten verhältnismäßig kurzfristig und nicht von bestimmendem Einfluß auf das Großklima, während in anderen Lagen, z. B. im asiatischen Raum, diesen sogenannten kalendermäßigen Verankerungen von Witterungserscheinungen (WEICKMANN) eine sehr hohe Bedeutung zukommt. Der Einsatz des Monsuns in China, die sommerliche Regenzeit, die Hauptsturmperiode zu Winterbeginn (HAUDE) kehren mit großer Pünktlichkeit wieder.

Schließlich hat das Wetter in seinem eigenen Ablauf gewisse Eigengesetzlichkeiten, die Einfluß auf seine Gestaltung nehmen. Man spricht von einer *Erhaltungstendenz des Wetters*. Die Aufeinanderfolge gleichartiger Tage spielt in unserem Wettergeschehen eine große Rolle. Die Wahrscheinlichkeit, daß nach zwei aufeinanderfolgenden warmen Tagen ein kühler Tag folgt, beträgt statistisch $\frac{1}{4}$, nach sechs heiteren Tagen jedoch nur noch $\frac{1}{6}$. Nach längeren Trocken- oder Naßperioden vollzieht sich ein Umschwung schon für den Laienbeobachter mit einer gewissen Schwierigkeit. Das gilt besonders für längere Abschnitte. Ein kalter Januar hat meist auch einen kalten Februar im Gefolge. Einem milden Winter pflegt eine Kälteperiode erst im Frühjahr, einem strengen Winter ein kühler Sommer zu folgen.

Auf die Wettergestaltung und auf die klimatische Gestaltung wirken ferner in 27 tägigem Wandel wiederkehrende *Sonneneruptionen* ein. Es handelt sich dabei um Auswirkungen auf das magnetische Feld der Erde. Von langjährigen Perioden wird heute eine 11 jährige Periodik der Sonnentätigkeit anerkannt. In

11jährigem Rhythmus treten Sonnenflecken auf, wodurch zwar nicht die Solar-konstante, wohl aber elektrische und corpusculare Ausstrahlungen der Sonne beeinflußt werden. Das äußert sich durch Einwirkungen auf die Ionosphäre. Die früher vielgenannte Brücknersche Periode sowie eine 200jährige Periodik sind ungewiß und können hier außer Betracht bleiben. Beachtlich aber sind die geschichtlich nachweisbaren Perioden, die in weiten Zeitabständen bedeutende Schwankungen unserer Klimalage erkennen lassen. So ist eine kühle Klimalage etwa bis zum Jahre 600 vor Zeitwende anzunehmen, der in unseren Lagen und im südlichen Europa eine wärmere Periode folgte. Im Zeitraum von etwa 100 bis 300 nach Zeitwende nehmen wir eine feuchte kühlere Zeit mit stärkerer Moorbildung in den nördlichen Lagen unserer Breiten an, eine Trockenzeit von 350 bis 600, eine heißere Trockenzeit etwa für die Jahre 1050—1300 mit nachfolgender erheblicher Abkühlung. Für die Annahme dieser Perioden bestehen starke Gründe (MARTINI).

II. Bioklimatik.

Wetter, Klima, Leben.

Wetter, Klima, Landschaft und Boden sind die Umweltfaktoren (HELLPACH), die auf alles Leben auf Erden entscheidend einwirken.

Wetter und Klima üben dabei einen bevorzugten Einfluß aus, Pflanzen, Tier und Mensch sind gleicherweise von ihnen abhängig und durch sie daseinsbedingt. Das Pflanzenkleid der Erde weist nach dem Klima jeweils charakteristische Formen auf. Die Pflanzen zeigen eine erstaunliche Breite ihres Anpassungsvermögens, denn Algen kommen (PIERY) in den Polargegenden bei mittleren Temperaturen von -18° , andererseits am Austritt heißer Quellen bei $+80^{\circ}$ vor (VOUK). Die Pflanze ist durch ihre Ortsgebundenheit dem sie umgebenden Klima völlig verhaftet. Andererseits wird nicht nur das Bild der Landschaft, sondern auch das Klima durch die Entwicklung der Pflanzendecke entscheidend geändert. Jedenfalls ist der Zusammenhang von Klima und Pflanzenkleid ein den Charakter der verschiedenen Erdregionen bestimmendes Element. Man hat daher gerade den Pflanzenbestand zur Charakterisierung bestimmter Klimaregionen herangezogen. Die vollständigste Systematik der Klimate der Erde, die wir besitzen (KÖPPEN), basiert auf den Beziehungen des Klimas zur *Pflanzenwelt*.

KÖPPEN bezeichnet als tropische Tieflandklimen das sogenannte Lianenklima (tropischer Regenurwald) und das Savannenklima (Grassteppen). Es sind das die von ihm angegebenen Klimen Af und Aw. Als Trockenklimate werden die Klimalagen mit xerophilen Stauden und Gräsern benannt (B). Bei den gemäßigten Wärmelagen übernehmen Kamelien, Mais, Oliven, Eriken, Fuchsien und weiterhin in den kühleren Regionen Eiche und Buche die Führung im Pflanzenbild. Großdeutschland gehört in diese Klasse: feuchtes Sommerklima (Cf), für welches die Buche der charakteristische Baum ist. Ein Teil Deutschlands liegt aber bereits in der borealen D-Stufe, Waldwuchs und Winter mit fester Schneedecke, daher sogenanntes Schneewaldklima, mit der Birke als führender Pflanzenerscheinung (Harz, Alpen, Sudeten, Teile von Schlesien und Ostpreußen, Warthegau). Das gesamte Bild wird abgeschlossen durch das Tundrenklima (ET), das in das vegetationslose Gebiet des ewigen Frostes (EF) hinüberführt.

Für das *Tierreich* gelten naturgemäß ähnliche Beziehungen direkter und indirekter Art. Große Teile des Tierreichs sind ja auf die klimatisch bedingte Pflanzendecke als Nahrung, andere Tiere wiederum auf die regional vorhandenen Lebewesen ihrerseits zur Nahrung angewiesen. Das tiergeographische Bild wird vor

allem vom Klima bestimmt. Einen Einfluß des Klimas auf die Tierwelt erkennt man aber auch daran, daß bestimmte Klimatelemente Einfluß haben auf die charakteristische Gestaltung und Ausprägung von Tierformen. Das ist vor allem an solchen Arten erkennbar, die sich über zwei oder mehr Großklimaregionen verbreiten. Manche Tierarten haben einen weiten klimatischen Spielraum. So kommt der Zaunkönig (*Troglodytes troglodytes*) vom Mittelmeer bis Island, der amerikanische Eisvogel (*Chloroceryta americ.*) von Texas bis Uruguay vor. Nach der Bergmannschen Regel zeigen eigenwarme Tiere eine verschiedene Körpergröße entsprechend der durchschnittlichen Wärmelage des Klimas; die Körpergröße wächst nach der kälteren Region zu. Diese Beobachtung gilt auch im Gebirge, wo die Wärmeregionen ja rasch wechseln; der Baumläufer (*Certhia familiaris*) ist in den Alpen größer als in der Ebene (HESSE). Klimatische Einwirkungen, vor allem die Wärme, können die Art wenigstens nach ihrem sichtbaren Kleide völlig umgestalten, wie es der Saisondimorphismus einer Schmetterlingsart bei uns zeigt. Beim Tagfalter *Araschnia levana* erscheint als Frühjahrsform ein ganz anderer Schmetterling als im Sommer (*Araschnia prorsa*). Lange Zeit hat man diese beiden Wechselformen als besondere Arten beschrieben. Auch der Farbwechsel von Hermelin, Marder, Reh, Schneehuhn usw. gehört hierher.

Tabelle 30. Dichtigkeit der Fauna im Gebirge in verschiedenen Höhen. (Nach HESSE.)

Geht man im Gebirge bergan, so erlebt man beim Eindringen in die höheren Regionen dieselbe fortschreitende Verarmung im Tierreich, wie wenn man

	m	Vogelarten
Kulturregion . . .	250—700	178
Bergregion . . .	700—1800	178
Alpenregion . . .	1800—2700	90
Schneeregion . . .	2700—4800	8

sich in großen Abständen polwärts bewegt. Für die Schweizer Alpen ergeben sich (STUDER und v. BURG aus HESSE) die aus Tabelle 30 ersichtlichen Zahlen.

Dabei kann sich aber eine so eintönige Gegend wie die nordische Tundra in der kurzen Zeit ihres Sommers mit einer reichen vorübergehend eingewanderten Tierwelt bevölkern (Insekten, Vögel, Nagetiere, Renntiere, Wolf): man findet dann ein in den verschiedenen Jahreszeiten durchaus verschiedenes klimatisch bedingtes Tierbild vor (RANGNOW).

Auch das menschliche Leben ist im weiten Ausmaße klimabedingt. An der *Formung der menschlichen Rassen* hat das Klima einen bevorzugten Anteil, die Menschenrassen bleiben ihrem Klima stark verhaftet. Für die weiße Rasse gilt das in ganz besonderem Maße, denn die Anpassungsfähigkeit der einzelnen Rassen ist weitgehend verschieden. Die weiße Rasse ist bekanntlich den Tropen auf die Dauer überhaupt nicht, den Subtropen und allen südlichen Klimatalagen nur beschränkt gewachsen (HELLPACH), während die Mongolen klimaindiferent sind; sie wohnen in einem Raum, der sich vom südlichen Wendekreis bis über den nördlichen Polarkreis hinaus erstreckt. Wie schon der ganze Aufbau der Menschenrassen in ihren körperlichen und seelischen Eigenschaften, ihrer Lebensart, Wohnung und Kleidung mit durch das Klima bestimmt ist, so hat das Klima auch einen gewaltigen Einfluß auf die Entwicklung der menschlichen Zivilisation und Kultur.

Nach HUNTINGTON und OLBRICHT ist die Entwicklung der menschlichen körperlichen und geistigen Energie an bestimmte klimatische Voraussetzungen geknüpft, insofern man eine günstige Klimagestaltung feststellen kann für die Höchstzüchtung leistungsfähiger Menschenrassen, diese liegt bei einer Isotherme von etwa $+10^{\circ}$, unregelmäßigem Zustand der Witterung, mittlerer Wärme und Feuchtigkeitsgehalt. Wie das Klima *Kulturen* mit aufbaut, so kann es sie auch

zerstören. Weite Länderstrecken können durch Seuchen unbewohnbar, durch Viehseuchen wirtschaftlich unbrauchbar werden. Dadurch, daß bestimmte Klimlagen namentlich der wärmeren Zonen die Existenz vieler Krankheitserreger und vor allem der Krankheit übertragenden Insekten hervorragend begünstigen, können diese Räume zu einem Großkampfraum zwischen der Insektenwelt und dem Menschen sich gestalten. Geschichtliche Ereignisse haben durch klimatische Einflüsse Wandel, Störung und Vernichtung erfahren.

Wirkung der Lichtstrahlen.

Für die lebende Welt ist das Reich der Strahlen von größter Bedeutung. Die Pflanzen können ihre assimilierende Tätigkeit im Kreislauf des Kohlenstoffes nur unter Ausnutzung der Sonnenenergie vollziehen. Das Tier und ebenso der Mensch,

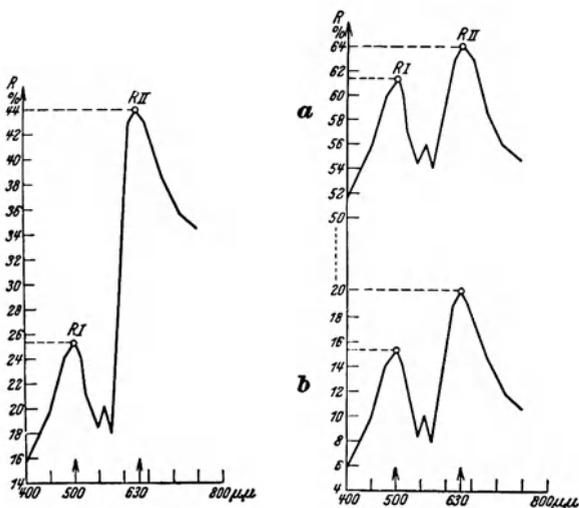


Abb. 34. Reflexe der sichtbaren Strahlen von der Haut: Blasse Haut (Fig. R oben) wirft gleicherweise kurze und lange Strahlen in hohen Prozente zurück; rötliche Haut (Fig. 1 i) reflektiert sehr stark im Rot, schwach im Blau; pigmentierte Haut (Fig. R unten) hat eine geringe Gesamtreflexion. (Nach BODE.)

selbst unter den weit der Natur entrückten Verhältnissen der Zivilisation ist in der Periodik seines Daseins vom Lichte bestimmt.

Die Strahlenwirkung auf den Menschen geht über die Aufnahmeorgane Auge und Haut. Beim Auge handelt es sich nicht allein um das Sehen, sondern auch um chemische, d. h. hormonale Reizwirkungen. Die Lichtperzeption des Auges hat Änderungen in der Hormonproduktion der Hypophyse im Gefolge, damit wirkt das Licht auf die Keimdrüsen-tätigkeit. Die „vegetative“ Sehbahn ist beim Menschen sichergestellt (FREY, SCHARRER, MARX). Das Hypophysenhinterlappenhormon nimmt in der Dunkelheit zu. Nach JORES hat die so vom Auge ausgehende hormonale Tätigkeit Beziehungen zum Tagesrhythmus des Menschen (s. S. 117).

Bei der *Strahlenwirkung auf die Haut* kommen in Betracht die Wärmewirkung der von der Haut aufgenommenen und von ihr abgestrahlten Energie, ferner die photochemische Wirkung auf die Haut. An dieser sind beteiligt Strahlen des sichtbaren und unsichtbaren Spektrums (UV). Schon allergeringste Strahlenenergien haben biologische Wirkungen: so bewirkt die Lichtmenge, die von einem Stern 6. Größe ausgeht, bereits physiologisch-chemische Umsetzungen in der Netzhaut (DÜLL). Auch die durch Strahlung hervorgerufene Produktion der Cholin- und Acetylcholin-Körper bewegt sich im Bereich kleinster und doch wirksamer Mengen. Acetylcholin wirkt noch in der Verdünnung von $1 : 10^{16}$ auf die Muskelfasern der Froschlunge: auch Strahlenmengen, die nur geringste Erzeugung solcher Stoffe verursachen, üben also bereits eine biologische Wirkung aus.

Ein Teil der die Haut treffenden Strahlen wird von dieser reflektiert. Diese Reflexion ist durchaus verschieden für die einzelnen Wellenbereiche, aber auch verschieden je nach der Beschaffenheit der Haut (s. Abb. 34, 35).

Die Hautoberfläche reflektiert (PFLEIDERER und BÜTTNER, DE RUDDER) ungefähr im UV 1%, im sichtbaren Licht 50—65%, im Infrarot 5%. Blasse Haut reflektiert ganz anders als gerötete oder pigmentierte; erstere zeigt durchaus hohe Reflexzahlen, pigmentierte Haut niedrige. Bei roter und pigmentierter Haut wird von den Rotstrahlen mehr zurückgeworfen als von den kurzwelligen. Die Negerhaut zeigt eine durchschnittliche Gesamtreflexion von nur 15% gegenüber etwa 50% beim Europäer. Wir nehmen also von der für uns so kostbaren Strahlenenergie weit weniger auf als der Bewohner des schwarzen Erdteiles, für den die niedrige Reflexion eine wesentliche Belastung seines Wärmehaushaltes ist.

Was nicht reflektiert werden kann, wird absorbiert; erst durch Absorption kann die Strahlung im Körper wirksam werden. Die absorbierte Strahlenenergie wird entweder in Wärme oder in chemische Wirkung umgesetzt. Die Haut zeigt in den verschiedenen Schichten ihres anatomischen Baues durchaus verschiedene Aufnahmeverhältnisse für die Strahlung: vom UV wissen wir, daß es von der Oberschicht der Haut sehr stark absorbiert wird, es gelangen nur etwa 25% in tiefere Schichten. Vom sichtbaren Licht läßt die Oberhaut einen großen Teil passieren, und zwar in allen Wellenbereichen, es erfolgt in den tieferen Lagen (Blutgefäße) teilweise eine Absorption dieser Strahlen. Für die langwelligen Strahlen (rot und infrarot) besteht, ähnlich wie für die kurzwelligen, eine stärkere Absorption in der Oberschicht der Haut.

Der Effekt der auf diese Weise im Körper wirksam werdenden Strahlenanteile hat im langwelligen Teil eine Erwärmung, und zwar nicht nur der Oberhaut, sondern auch der tieferen Schichten zur Folge. Der sich am stärksten erwärmende Teil liegt etwa 2 mm unter der Oberfläche; wir empfinden in der Tat starke Sonnenstrahlung auf der Haut bei kühler Luft ganz anders als warme Luft bei wenig Sonne.

Aus den betrachteten Verhältnissen von Reflexion und Absorption ergibt sich zugleich, daß gut pigmentierte Haut beim Europäer und vor allem Negerhaut mehr Wärme aufnimmt als blasse Haut. In der Tat ist die Negerhaut bei Besonnung 2° wärmer als die weiße Haut; ob allerdings das Pigment einen Schutz für die tieferen Hautschichten (Nervenendigungen) darstellt, ist nicht sicher gestellt (PFLEIDERER und BÜTTNER).

Die bedeutendste Auswirkung der Strahlenwirkung auf die Haut liegt im Bereich des UV, sie zeigt sich in zwei Erfolgen: *Erythem und Pigmentbildung*. Das Maximum der Erythembildung geht aus von Strahlen im Wellenbereich 310—297 $m\mu$, dem entspricht die Wirkung auf die Haut bei hohem Sonnenstand. Steht die Sonne tief, so erfolgt auch bei längerer Exposition kein Erythem, ebenso tritt es bei starker Abkühlung langsamer auf. Auch das Himmelslicht allein kann Erythem erzeugen, ebenso kann (im Gebirge) auch bei Nebel die Strahlenwirkung sich bis zum Erythem steigern. Es handelt sich hierbei nicht um Wärmewirkung, sondern um chemische Wirkung. Im Gegensatz zu den Wärmestrahlen sind die chemisch wirkenden UV-Strahlen beim Auftreffen auf die Haut zunächst nicht fühlbar, wir haben also in unserem Empfinden keinen Gradmesser; erst

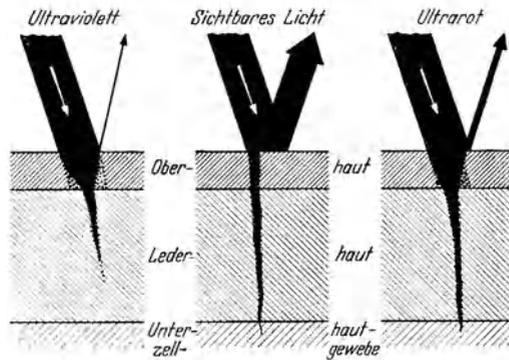


Abb. 35. Reflex und Absorption der Strahlung durch die menschliche Haut. (Aus WOLTERECK nach DE RUDDER.)

einige Zeit nachher tritt deren Wirkung hervor, manchmal recht unangenehm, und zwar in Form des Erythems. Auch Wärmestrahlen machen Rötung (sogenanntes Wärmeerythem), diese verschwindet aber mit nachlassender Wärme, wenn keine Verbrennung eintritt; sie hinterläßt keine Folgen, besonders keine Pigmentierung. Das UV-Erythem tritt erst einige Stunden nach Strahlenwirkung auf; es dauert meist einige Tage (1—3 Tage) und hinterläßt Pigmentierung. Das Zustandekommen des Sonnenerythems beruht auf einer direkten Einwirkung auf die Hautzellen, es werden histaminartige Stoffe gebildet, welche Gefäß-erweiterung, erhöhte Capillarisation und gegebenenfalls Blut- und Serumaustritt aus den Gefäßen herbeiführen. Die *klinischen Erscheinungen eines Sonnenerythems* (DE RUDDER) sind 1. Grad Rötung und Schwellung der Haut, Ödem, Hitzegefühl, erhöhte Hauttemperatur, Druckempfindlichkeit der Haut und spontane Schmerzhaftigkeit, Follikelschwellung; 2. Grad blasige Abhebung der Oberschicht mit nachfolgender Abschuppung. Die lange Latenzzeit verführt leicht zu einer Übertreibung der Strahlenexposition, die Verleitung dazu ist namentlich im Frühjahr gegeben, wenn nach langer Winterzeit die Frühlingssonne die ersten Strahlen sendet. Künstliche Strahler haben noch längere Latenzzeiten als das Sonnenlicht. Subjektiv kann das Erythem recht unangenehm sein, es macht zuweilen eine Behandlung mit reizmildernden Stoffen (Puder, leichte Beruhigungsmittel usw.) erforderlich. Vorübergehend können Mattigkeit, Schüttelfrost, Fieber auftreten, übertriebene Bestrahlung kann latente Krankheitsprozesse, namentlich solche tuberkulöser Art aktivieren.

Die Empfindlichkeit für Erythem ist durchaus verschieden, sowohl individuell (hellfarbige und blonde Menschen sind empfindlicher) als hinsichtlich des Alters. Kindheit und Alter sind weniger empfindlich als Erwachsene; das Pubertätsalter ist besonders empfindlich. Nervöse Menschen, besonders solche mit gesteigerter vegetativer Erregbarkeit reagieren besonders stark. Ferner ist die Empfindlichkeit der Menschen im Frühjahr größer. Ein Teil dieser Erscheinungen legt eine Erklärung aus hormonalen Gründen nahe.

Das Erythem pflegt eine Pigmentierung zu hinterlassen, es gibt ein Sofortpigment und ein solches, das erst nach einigen Tagen entsteht. Es gibt auch ein ohne Erythem entstandenes Pigment, das vor allem durch die UVA-Strahlung herbeigeführt wird. Das sogenannte Sofortpigment entsteht in einem anderen Wellenbereich (460—300 m μ). Praktisch von Bedeutung ist nur das genannte Spätpigment, es ist eine direkte Folge der durch das Erythem herbeigeführten Zellschädigung, als deren Folge Farbstoffe aus tieferen Schichten in die Haut wandern. Ob es, wie man gedacht hat, einen wirklichen Schutz gegen die Bestrahlung bildet, ist zu bezweifeln (s. o.). Durch die Bestrahlung wird die Eigentätigkeit der Haut sehr stark angeregt, weiterhin werden im vegetativen Haushalt gemäß der netzartigen Verflechtung der endokrinen Funktionen tiefgreifende Umstellungen durch die Bestrahlung herbeigeführt (Anwachsen des Calciumblutspiegels, Blutdrucksenkung, Änderung des Blutbildes). In der Zeit der übertriebenen Besonnungsmanie und der Mode der Indianerbräune obliegt dem Arzt die wichtige Pflicht, vor Übertreibungen zu warnen und, soweit möglich, den Strahlungsgenuß sinngemäß zu lenken und zu dosieren. Die Exposition der licht- und luftentwöhnten Menschen unserer Breiten gegenüber der Sonnenbestrahlung und auch die Verwendung der künstlichen Strahler namentlich im Bereich des Großstadtalters, kann, sachgemäß verwendet, großen gesundheitlichen Nutzen stiften. Die Bestrahlung ist aber nicht allein ausschlaggebend etwa für den Erfolg eines Hochgebirgsaufenthaltes, sie ist in diesem Falle nur ein Teil der klimatischen Gesamtfunktion.

Wärmewirkung, Wärmehaushalt.

Das den Menschen am meisten in Mitleidenschaft ziehende Klimatelement ist die ihn umgebende Temperatur (*Lufttemperatur*). Fast alle Einrichtungen des menschlichen Lebens sind darauf abgestellt, unter den verschiedenen Breiten den Ausgleich des Daseins mit den Temperaturverhältnissen der betreffenden Gegend zu finden. Dem Menschen wird, da er als eigenwarmes Lebewesen seine Temperatur konstant erhalten muß, in dieser Beziehung von der Gestaltung der Umweltfaktoren ziemlich viel zugemutet. Betrachtet man die höchsten und niedrigsten Temperaturen, die an Orten, wo Menschen leben, gemessen sind (s. S. 74), so kommt man zu dem erstaunlichen Resultat, daß der Mensch einen Temperaturunterschied von etwa 120° auszuhalten und für die Erfordernisse seines Organismus anzugleichen vermag. Das kann nur geschehen, weil die Regulationsvorrichtungen des menschlichen Körpers exakt arbeiten.

Setzt sich der Mensch der Sonne aus, so hat er mit bedeutenden Einstrahlungsmengen zu rechnen. Im Sonnenbad (PFLEIDERER) beträgt die Wärmezufuhr für den Körper des Menschen bei senkrechtem Strahleneinfall $3,7\text{—}5,5$ kg cal/min, bei schrägem Einfall $1,0\text{—}1,65$ kg cal/min. Damit wird der Eigennüchternumsatz übertroffen ($1,18$ kg cal/min).

Das Optimum der Innentemperatur des menschlichen Körpers, die für die Inangahaltung der Lebensvorgänge notwendig ist, liegt bei $37,5^{\circ}\text{C}$, sie wird erzeugt durch die ständig vor sich gehende Verbrennung der aus der Nahrung stammenden Stoffe, der Fette und Kohlehydrate, während das Eiweiß vorwiegend dem Zellenaufbau dient. Die produzierte Wärme wird jedoch im Überschuß geliefert, der Körper ist darauf angewiesen, daß ihm die Umgebung ständig einen Teil derselben abnimmt; der Mensch heizt also ständig seine Umgebung.

Ein Mensch von 60 kg Gewicht bildet nüchtern und bei Ruhe 1700 kgecal pro 24 Stunden (= 71 kgecal pro Stunde). Könnte er diese Wärmemenge nicht abgeben, so müßte sich sein Körper stündlich um $1,14^{\circ}\text{C}$ erwärmen. Wir wissen, daß dieser sogenannte Ruhe-, Nüchtern- oder Grundumsatz sich beträchtlich erhöht, sobald Nahrung aufgenommen oder Arbeit geleistet wird, bei Ruhe, aber Verdauungsarbeit bis auf 2100 , bei mittlerer körperlicher Arbeit bis 3000 , bei schwerer körperlicher Arbeit bis etwa 4000 kgecal. Diese innere Heizung kann der Mensch nicht abstellen, er muß also Wärme abgeben. Andererseits kann der Körper bei Abnahme der Außentemperatur seine *chemische Wärmeregulierung* anpassen, d. h. in diesem Fall seine Verbrennungsvorgänge erhöhen.

Der Körper ist gegen Unterkühlung und Überhitzung gleichermaßen empfindlich und besitzt in diesen beiden Richtungen nur geringe Ausgleichsmöglichkeiten. Sinkt die Körpertemperatur um etwa $0,5^{\circ}$, so tritt erhöhte Wärmeproduktion ein, steigt die Körperwärme nur um wenige Zehntel Grad, so setzt die Abgabewärmeregulierung ein. Ist die Wärmeabgabe erschwert, so kann Wärmestauung eintreten. Die dadurch zustande kommende Überwärmung des Körpers bezeichnet man als Hyperthermie (Wärmezufuhr von außen zum Unterschied vom Fieber, das durch den Reiz auf die Wärmeregulierungszentren, z. B. durch Bakterien-Toxine, im Körper selbst zustande kommt). Fieber kann auch Heilfieber sein. Bei Überwärmung des Körpers hat man Temperaturen bis $43,5^{\circ}$, bei Unterkühlung Temperaturen bis $22,5^{\circ}$ ohne nachbleibenden Schaden beobachtet.

Die gesamte Wärmeabgabe beim Menschen hat folgende Möglichkeiten: Wärmeabgabe durch die Haut durch Leitung, Abstrahlung und Konvektion, Wärmeabgabe durch Schweißbildung, Wärmeabgabe durch die Ausatemungsluft der Lunge und durch Abgabe von Wasserdampf durch die Lunge.

Das Temperaturgefälle zwischen Haut und Umgebung bestimmt die Wärmeabgabe durch Abstrahlung und Konvektion. Bei gewöhnlicher Zimmertempe-

ratur hat der nackte Körper im allgemeinen eine Übertemperatur von 12° , doch können hier Unterschiede sich vorfinden; so hat der Körper im heißen Wüstensand eine Untertemperatur von etwa 20° , im Heißlufttraum bis 50° , bei großer Kälte eine Übertemperatur bis 70° (PFLEIDERER). Die Haut hat nicht die Temperatur des Körperkernes. Von hier aus erfolgt ein Wärmestrom nach der Haut hin, der um so größer ist, je höher die Durchblutung und je größer das Temperaturgefälle in der Haut ist. Die Hauttemperatur zeigt große Schwankungen, besonders ist sie an den freien Stellen niedriger als z. B. in der Achselhöhle, sie schwankt im allgemeinen zwischen 20 und 34° , für einzelne Hautstellen sind auch hier weit auseinanderliegende Werte (-6° bis $+45^{\circ}$) gemessen worden. Das Gefühl der Wärme erhöht die Blutzufuhr zur Haut, das der Kälte verringert sie entsprechend der Erweiterung und Verengung der Hautgefäße. Sehr plötzliche Wärmeeinwirkungen haben allerdings erst Verengung, dann Erweiterung zur Folge. „Behaglich“ nennen wir einen Zustand, bei dem die Hauttemperatur bei 33° liegt. Durch die Kleidung, die uns vor allem vor kühler Außentemperatur schützen und uns einen ständigen Behaglichkeitzustand in dieser Beziehung verschaffen soll, setzen wir die Schnelligkeit der Wärmeabgabe herab; zwischen den verschiedenen Schichten der Kleidung herrscht jeweils bei kühler Außenluft eine von innen nach außen abnehmende Temperatur.

Die Abstrahlung ist die Abgabe der Wärme an die in einer Temperaturdifferenz befindliche Umgebung (Zimmerwände, Wolken, Luftraum). Sie hat ihre größten Werte in klaren windstillen Nächten. Unter Umständen kann die Strahlung sich umkehren, z. B. bei einem Aufenthalt unter einem Sonnensegel im Sommer, hier können die Gefahren der Überwärmung eintreten. Abstrahlung (und Leitung) erfolgen vor allem bei Mangel an Wind. Besteht letzterer, so wirkt fast allein noch die Konvektion: unter dieser ist die Umspülung eines warmen Körpers durch die Luft zu verstehen. Der Körper ist umgeben von einer wenige Millimeter betragenden Übergangsschicht, die bei Wind sehr dünn wird, bis wenige $\frac{1}{10}$ mm; im Zimmer und bei Ruhe bildet sich über dem Körper ein aufsteigender Luftstrom. Gegenüber diesen Werten nimmt die Leitung eine untergeordnete Stellung ein.

Genügt bei zunehmender Außentemperatur die Abgabe der Wärme durch Abstrahlung und Konvektion nicht mehr, so sucht sich der Körper durch Schweißbildung seiner erhöhten Wärme zu entledigen. Eine unmerkliche Abgabe von Wasser durch die Haut erfolgt stets als Teil der Funktion der Hautdrüsen und durch die Verdunstung an der Oberfläche auch ohne Schweißbildung. Wird unter den bekannten Bedingungen Schweiß gebildet und tritt er vor allem in größerer Stärke auf, so wird dem Körper sekundär durch die Verdunstung des auf der Körperoberfläche ausgeschiedenen Wassers Wärme entzogen. Wenn der menschliche Körper auf diese Weise 500 g Wasser durch die Haut ausscheidet, so sind etwa 300 kcal Wärme zur Verdunstung erforderlich. Nur der verdunstende, nicht aber der in Wasserform abfließende Schweiß hat eine Wärmeentlastung zur Folge. Der ganze Vorgang zeigt, daß der Körper dabei große Wassermengen verbraucht, die natürlich wieder zugeführt werden müssen.

Wärme- und Wasserabgabe durch die Haut vollziehen sich physiologisch (nicht rein physikalisch). Die Wärmeabgabe durch die Lunge ist teils eine direkte Wärmeabgabe durch die Atemluft, teils eine solche durch Wasserdampf. Diese Vorgänge unterliegen ausschließlich rein physikalischen Gesetzen, sie können vom Körper aus nicht gesteuert oder reguliert werden. Die durch die Lunge eingeatmete Luft wird im Körper aufgeheizt; die Ausatemluft hat eine konstante Temperatur von 36° C, das Atemvolumen pro Stunde beträgt $0,4 \text{ m}^3$. Bei normalen Außenbedingungen beträgt daher die Wärmeabgabe durch die

Lunge pro Stunde etwa 9 kcal (LINKE), bei stärkerer Arbeitsleistung und kühlem Wetter wird man aber zu viel höheren Zahlen kommen; denn je niedriger die Außenwelt temperiert ist, desto größer muß die abgegebene Wärme auf diesem Wege sein, dazu kann die Steigerung der Atemfrequenz und erhöhte innere Wärmebildung durch Arbeit kommen. Der Vorgang der Wärmeabgabe durch die Lunge ist unentrinnbar, er kann auch durch die wärmste Kleidung nicht beeinflußt werden, so daß er bei sehr starker Kälte einen ständigen beachtlichen Wärmeverlust bedeutet. Die Ausatemluft hat, wie schon gesagt, eine Temperatur von 36° C und außerdem einen Feuchtigkeitsgehalt von 100%: die ausgeatmete Wassermenge muß abhängen vom Sättigungsgrad der Einatemluft und von der Atemfrequenz. Unter normalen Außenbedingungen beträgt der Gehalt der Ausatemluft pro m³ ungefähr 42 g Wasserdampf. Die Gesamtmenge, die der Erwachsene bei Ruhe in 24 Stunden abgibt, schwankt zwischen 250 und 500 g Wasser. Haut und Lunge geben also ständig Wasser ab (sogenannte perspiratio insensibilis). Von den beiden Vorgängen überwiegt die Wasserabgabe durch die Haut die der Lunge bedeutend.

Tabelle 31.

Wärmehaushalt für den menschlichen Körper. (Nach PFLEIDERER und BUTNER.)

Einnahmen	Ausgaben
1. Energiebildung durch Oxydation	1. Verdunstung durch die Haut
2. Aufnahme von Sonnenstrahlung	2. Verdunstung durch die Atmung
3. Aufnahme warmer Speisen und Getränke	3. Abgabe durch Konvektion
	4. Abgabe durch Abstrahlung
	5. Trockenabgabe bei der Atmung
	6. Äußere Arbeit
	7. Speicherung

Setzt man die Wasserabgabe durch die Lunge gleich 1, so beträgt im gemäßigten Klima die durch die Haut im allgemeinen 3,3; im Höhenklima ist die Wasserabgabe durch die Lunge erhöht, das Verhältnis wird dann 1:1,2; im Wüstensand, wo die Wasserabgabe durch die Haut beträchtlich anwächst, ergibt sich das Verhältnis 1:5,3.

Die Reaktion auf die Veränderung der äußeren Wärmeverhältnisse von seiten des Organismus zeigt individuell Unterschiede, hierbei spielen die verschiedene Reaktionsfähigkeit der Haut und die Konstitution eine Rolle. So setzt die Wärmeproduktion bei Abkühlung rascher ein bei Stubenmenschen als bei solchen, die im Freien zu leben und zu arbeiten gewohnt sind. Eine Anpassung (was zur Akklimatisation gehört) kann aber rasch erfolgen. Ebenso reagiert der Fettleibige anders als der normal Beschaffene, ersterer friert und schwitzt leichter, bei ihm tritt die chemische Wärmeregulation und ebenso die Schweißbildung früher auf als beim Mageren. Der Unterschied beträgt 3—5°.

Wenn wir den Körper erwärmen, so lösen wir Reaktionen aus, die im Grunde als Abwehrreaktionen gegen die Erwärmung einsetzen, dabei aber Effekte zeitigen, die wir therapeutisch ausnutzen (THAUER). An diesen Reaktionen sind Stoffwechsel, Kreislauf, Wasserhaushalt und Atmung beteiligt.

Bei steigender Außentemperatur (0—10°) sinkt der Stoffwechsel steil ab, weil die Wärmeproduktion jetzt eingeschränkt werden kann. In einer mittleren Zone bis zu etwa +25° bleibt das Stoffwechselverhalten ziemlich indifferent. Bei höherer Temperatur wird infolge der steigenden Blutwärme der Stoffwechsel erhöht, jedoch nicht dauernd, da gleichzeitig eine Einschränkung im Dienste der chemischen Wärmeregulation erfolgt (THAUER). Zunächst werden stickstofffreie Substanzen, über 39,5°, auch das Körpereweiß, abgebaut.

Wärme- und Wasserabgabe durch die Haut vollziehen sich physiologisch, unterliegen damit der *Steuerung und Regulierung* durch die übergeordneten *Nervenzentren*. Bei Erwärmung (und Abkühlung) treten Kreislaufreaktionen schon nach 0,5—2 Sekunden auf (REIN). Für eine so kurze Spanne Zeit würde die Vermittlung durch die erhöhte Bluttemperatur nicht ausreichen. Für diese Regulierung ist das Wärmezentrum, bei höheren Tieren und beim Menschen der Hypothalamus bestimmend, jedoch unterliegt die Wärmeregulation nicht einer ausschließlich zentralen, sondern auch einer peripheren und hormonalen Steuerung.

Auch die Reaktionen auf lokale *Wärmezufuhr* kommen auf dem Wege über cutaneo—viscerale Reflexe zustande, während die Wärmetiefenwirkung durch direkte Weiterleitung im Gewebe nur eine verhältnismäßig geringe Bedeutung hat, denn die Hyperthermie der Haut und der darunterliegenden Gewebsteile wirkt zugleich als Kühlstrom, indem das rascher zirkulierende Blut den Abtransport der Wärme aus den betreffenden Partien begünstigt. Der genannte Nervenreflexbogen vermittelt es, daß bei Hyperthermie eines bestimmten Hautabschnitts (HEADSche Zone) zugleich eine Hyperämie der im gleichen Nerven-segment gelegenen Eingeweide herbeigeführt wird. Das gilt sinngemäß auch für andersgeartete Reize, besonders für Kälte.

Damit mündet die lokale Wärmezufuhr aus in die Zusammenhänge der allgemeinen Erwärmung des Körpers. Bei lokaler Erwärmung oder Abkühlung einer Hautstelle reagieren nicht nur die Gefäße der betroffenen Stellen, sondern weithin ausgedehnte Bereiche der Körperoberfläche, schließlich die ganze Oberfläche des Körpers im gleichen Sinne: *Gesetz der konsensuellen Reaktion*. Zwischen oberflächlichen und tiefen Gefäßen besteht bis zu einem gewissen Grade ein antagonistisches Verhalten. Erweitern sich die Gefäße der Haut, so müssen sich entsprechende Partien des inneren Gefäßbereichs verengern, weil sonst die Gefahr einer Verblutung in die eigenen peripheren Gefäße eintreten würde. Im großen und ganzen geht die Haut mit Schleimhäuten und Nierenbereich parallel, während Hirn- und Darmgefäße gegensinnig reagieren: DASTRE-MORATSche *Gesetz*. In dieser Form sind die Zusammenhänge nicht allgemein anerkannt. Dagegen scheint eine ausgesprochene Gegensätzlichkeit zwischen dem Bereich von Herz und Lunge (*Kesselbereiche*) einerseits und der Hautmuskulatur und den inneren Drüsenorganen andererseits zu bestehen (HAUFFE).

Abkühlungsgröße.

Bioklimatisch kommt es darauf an, welche Wirkung wir durch die Temperaturvorgänge der Atmosphäre am Menschen beobachten. In unseren Breiten sehen wir fast ständig ein Temperaturgefälle vom Körper nach der Umgebung hin; durch diesen Vorgang wird eine Abkühlung des Körpers herbeigeführt. Auf diesen Vorgang wirkt aber nicht die Wärme der Luft allein ein, sondern folgende fünf Größen: Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Sonnenstrahlung, Wind und Feuchtigkeit. Mit Ausnahme weniger schwüler Tage entscheiden die ersten vier Faktoren allein. Als Maß der Abkühlung hat man die „gefühlte effektive Temperatur“ (LINKE) genommen und die sogenannte „Abkühlungsgröße“, die man definiert als die Calorienmenge (in $\frac{1}{1000}$ cal), die pro sec und cm^2 einem Körper von $36,5^{\circ}$ Temperatur durch die bezeichneten Klimafaktoren entzogen werden. Während wir in der Klimatologie (s. S. 62) bisher gesehen haben, daß einzelne Klimakomponenten gemessen werden (Temperatur, Strahlung, Niederschlagsmenge usw.), wird hier eine Komplexgröße gemessen, und zwar eine solche, welche sich als Wirkung beim Menschen aus einer Summe von klimatischen Einwirkungen ergibt. Für die medizinische Beurteilung eines Klimas hat die Ab-

kühlungsgröße Bedeutung gewonnen. Die Abkühlung eines physikalischen Körpers im Schatten ist definiert durch die Lufttemperatur und Windstärke: danach läßt sich auch am nackten menschlichen Körper, dessen Hauttemperatur gemessen wird, die Wärmeabgabe der Körperoberfläche bestimmen. Ein Körper von 32° (mittlere Hauttemperatur) und 1½ m² Oberfläche (mittlere Oberfläche eines erwachsenen Menschen) verliert bei 20° Außentemperatur pro Stunde 92 kcal, die mittlere Wärmeproduktion eines Menschen pro Stunde liegt bei 100 kcal. Natürlich sind diese Zahlen, die für den nackten Menschen gelten, nicht auf den bekleideten Menschen übertragbar.

Auf die Vorgänge der gesamten Wärmewirkung, namentlich auch hinsichtlich der eben erwähnten Abkühlung, haben nun die Faktoren der Luftfeuchtigkeit und die Windverhältnisse großen Einfluß.

Wirkung der Feuchtigkeit.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse der umgebenden Luft haben bei mittleren Temperaturen in unseren Breiten keine große Bedeutung, jedoch teilen sich die verschiedenen Feuchtigkeitsgrade, welche einzelne Wetterqualitäten begleiten, deutlich unserem Gefühl mit. Wir brauchen uns nur warmtrockenes Wetter im Sommer oder den Zustand im überheizten Zimmer im Winter zu vergegenwärtigen im Vergleich mit kühl trockenem oder naßkaltem Herbstwetter oder den feucht-warmen Zustand in der Waschküche. Bei extremen Temperaturgraden und gleichzeitig hohen oder niedrigen Feuchtigkeitswerten können deutliche Wirkungen eintreten. Eine Luft von 18—20° bei 40—60% relativer Feuchtigkeit ist für den leichtbekleideten Menschen angenehm, wie wir sagen „behaglich“. Sinkt die Temperatur auf 12—15° und steigt dabei womöglich noch die Feuchtigkeit an, so haben wir das Gefühl der feuchten Kälte; 21—22° Wärme und Feuchtigkeit um 75% empfinden wir als Schwüle, dasselbe Gefühl kann auftreten, wenn bei 65% Feuchtigkeit eine Temperatur von 25° oder bei 45% Feuchtigkeit eine Temperatur von 30° erreicht wird. Derartige Schwülegrenzen werden in den Tropen noch überschritten, z. B. Batavia Januar 25° und 88% Feuchtigkeit. Man sieht, daß hier die Gefühlswerte sehr stark in Mitleidenschaft gezogen werden. Rein objektiv scheidet die Haut ihre Feuchtigkeit unabhängig von der Feuchtigkeit der Luft ab; sie ist aber sehr stark abhängig von der Temperatur, unter deren Wirkung bei anhaltender Steigerung die reine Verdunstung durch die Schweißbildung abgelöst wird (s. S. 108).

Bei ruhiger trockener Luft fängt der normale Mensch bei 30° zu schwitzen an, wenn etwa 22% Feuchtigkeit bestehen; Verhältnisse, wie sie bei uns im trockenen Binnenklima im Sommer vorkommen. In feuchtwarmer Luft (25° und 60% Feuchtigkeit) tritt Schweiß an der Grenze von 25° ein. Im trockenen Wüstensand kommt Schweiß erst bei 35°. Auch hier macht sich in allen Fällen die Konstitution geltend, der Fette schwitzt früher als der Magere, also z. B. bei 25° anstatt bei 30°, wenn mittlere Feuchtigkeit vorhanden ist (s. S. 109).

Wasserverlust durch *Schwitzen*: die Vorgänge im Wärmehaushalt haben (Schwitzen) zuweilen den Verlust erheblicher Wassermengen für den Organismus zur Folge. Der Körper gibt immer nur Teile seines Wassers ab, er sucht eine zu weitgehende Austrocknung zu vermeiden, trotzdem kann doch eine erhebliche Wasserverarmung eintreten. Der Verlust von 500 g Schweiß ist schon ein erheblicher Verlust, wenn man bedenkt, daß die gesamte Blutmenge kaum über 3500 g hinausgeht. Die im Schweiß abgehende und zunächst der Blutbahn entzogene Wassermenge wird aus den Gewebedepots nachgesogen. Die Wasserverarmung hat im Gewebe wahrscheinlich Veränderungen des kolloidalen Zustandes sowie Ionenverschiebungen zur Folge. Mit dem Schweiß werden auch Stoffe ausge-

schieden. Die Ausscheidung der Schlackenstoffe hat keine große Bedeutung, wohl aber die des Kochsalzes. Die NaCl-Konzentration des Schweißes beträgt etwa $\frac{1}{4}$ von der des Blutes. NaCl ist vor allem vorhanden in Haut, Niere und Blut, weniger in den anderen Organen, abgesehen vom Muskel. Es ist daher vorteilhaft, nach starkem Schweißverlust reichlich Flüssigkeit zuzuführen, am besten in häufigen kleinen Gaben und außerdem für NaCl-Ersatz zu sorgen. Gewöhnliches Wasser macht wegen des Kochsalzverlustes oft Magenkrämpfe. Schiffsheizern, die bei 4stündiger Arbeit bis 5 Liter Schweiß verlieren, gibt man nicht Wasser, sondern dünne Schleimsuppen (Salzgehalt) zum Ausgleich des Verlustes. Ebenso können Kochsalzzufuhren, wenn Mangelerscheinungen nach starkem Schweißverlust auftreten von seiten des Kreislaufs oder des Nervensystems, schlagartig helfen.

Wirkung des Windes.

Die als Wind bezeichnete Luftbewegung hat große bioklimatische Bedeutung. Sie wirkt entscheidend mit bei der Abkühlung (s. S. 110) und bei der Verdunstung, sie erzeugt durch Winddruck einen ausgesprochenen Hautreiz und sie gestaltet durch die Heranführung wechselnder Luftmassen aus verschiedenen Gebieten der Windrose die uns umgebende Luft ständig um in bezug auf Temperatur, Feuchtigkeit, Kerngehalt usw. Windstille ist nicht wünschenswert, denn bewegte Luft hat etwas Belebendes für uns. Über Städten erzeugt Windstille eine stagnierende, mit Gasen, Ruß usw. angereicherte Luft. Wind bedeutet also Durchmischung und Erneuerung der Luft.

Die Abkühlung des Körpers wird durch Wind gefördert. Wind steigert den Wärmeverlust, auch Wind, den wir subjektiv nicht empfinden. Wind von 0,1 m/sec Geschwindigkeit erzeugt schon Temperaturabfall. Auch Wind, den die Meßinstrumente noch nicht angeben, hat bereits bioklimatische Folgen. Wind ist also ein sehr aktiver Faktor.

Wird die Luft, die den Körper umgibt, bewegt, also die an die Haut angrenzende Luftschicht ständig weggeführt, so wird das Temperaturgefälle zwischen Haut und Umgebung erhöht und dadurch die Abkühlung beschleunigt. So kann bei großer Hitze leichter Wind angenehm kühlend wirken, bei geringer Kälte Wind aber bereits unerträglich sein. Sehr tiefe Temperaturen werden dagegen bei Windstille gut vertragen. Große Hitze wird durch Wind erträglich, heiße Winde in den Tropen schaffen unbeschreiblich unangenehme Zustände. Ganz ähnlich wie der Einfluß des Windes auf die Abkühlung ist der Einfluß auf die Verdunstung, auch hier spielt sich ein durch den Wind begünstigter und gesteigerter Austausch in der Umgebungsschicht der Haut ab.

Wir spüren den Wind als Winddruck und Windsog am eigenen Körper an der dem Wind zugewandten bzw. abgewandten Seite, auch die Kleidung wird besonders bei starkem Wind durchweht, wir sprechen von einer Hautmassage durch den Wind. Es handelt sich um einen mechanischen, besonders für starke Naturen angenehmen, in hohen Graden aber unerwünschten Reiz, der vor allem durch die notwendige Schwerpunktverlegung des Körpers beim Gang gegen oder mit dem Wind ermüdend wirken kann. Besonders der stoßweise erfolgende böige Wind wirkt störend. Die mechanischen Wirkungen hängen natürlich vor allem von der Stärke des Windes (Windgeschwindigkeit) ab, der Körper hat ein ziemlich feines Gefühl für diese Reize. Bei schneller Bewegung z. B. im Auto kann der mechanische Hautreiz unangenehm werden.

Die bioklimatische Bedeutung des Windes liegt aber vor allem darin, daß er als Bewegter der Luftmassen in unseren Breiten uns ständig Luft aus anderen Regionen heranführt. Der ganze Luftkörperwechsel, der ständig große Unterschiede von Temperatur, Feuchtigkeit, Aerosol bringt, hängt mit dem Winde zu-

sammen, ebenso wie die Verschiedenheiten zwischen Land- und Seewind an der Küste, Berg- und Talwind im Gebirge. Für Städte hat der Wind besonders große Bedeutung durch seinen entlüftenden Charakter, er trägt sichtbar die Rauchfahnen großer Städte und Industriereviere 100 km und mehr weithin über die Lande.

Der Wind ist auch ein ständiger Gestalter der Landschaft. Er bestimmt vielfach Art und Form des Baumwuchses (s. Abb. 21); die Kahlheit der Küste und der Hochgebirge ist durch den Wind bestimmt, er gestaltet ständig die Oberfläche der Erde um (Dünenwanderung). Die Wichtigkeit der Erhaltung von Bäumen und Sträuchern in großen landwirtschaftlichen Bezirken liegt vor allem auch darin, daß hierdurch das Wegtragen der fruchtbaren Scholle durch den Wind verhindert wird. In der Nichtbeachtung dieses Grundsatzes liegen die Mängel und Gefahren der sogenannten Kultursteppe.

Wirkung des Luftdruckes.

Im Bereich des meteorologischen Geschehens, dem wir an unserem Wohnsitze ausgesetzt sind, spielt die Änderung des Luftdruckes, etwa beim Wechsel von Tief- und Hochdruckgebieten bioklimatisch keine Rolle. Der Luftdruck ist mit allen anderen Elementen des Wettergeschehens verbunden, Temperatur, Feuchtigkeit, Wind usw., so daß eine isolierte Wirkung nicht beobachtet werden kann. Bei vermindertem Luftdruck können die Bodengase in erhöhtem Maße aus dem Boden ausgetrieben werden, das kann zu erhöhter Emanation von Radon, Methan, auch von Kloakengasen und zu erhöhter Möglichkeit ihrer Einatmung führen. Sonnenschein und Wind begünstigen, Schneedecke und Wasser vermindern diese Möglichkeit ebenso wie die entsprechenden Änderungen des Luftdruckes.

Setzen wir uns starken Änderungen des Luftdruckes aus (Bergsteigen, Flug, Unterdruckkammer), so stellen sich im Ohr taube Empfindungen ein. In der Paukenhöhle herrscht der Luftdruck des Ausgangsortes, das Trommelfell wird daher bei fallendem Luftdruck nach außen, bei steigendem nach innen vorgewölbt. Durch die Ventilation auf dem Wege über die Eustachische Röhre mit Hilfe des Schluckaktes (gesunde Verhältnisse vorausgesetzt) lassen sich diese Druckercheinungen ausgleichen. Die jedesmalige Ventilation eines Schluckaktes leistet aber immer nur einen Teilbetrag. Beim Abstieg aus 5000 m im Flugzeug z. B. sind 12—30 Schluckakte zum Ausgleich erforderlich (PFLEIDERER), ebenso macht sich bei starken Druckunterschieden die Wirkung der Darmgase bemerklich: mit zunehmender Höhe vermehrt sich der Innendruck gegen die Bauchwand. Die Gase müssen daher dementsprechend abgegeben werden, beim Steigen bis 5000 m, wo noch $\frac{1}{2}$ des Druckes im Meeresniveau herrscht, bis zur Hälfte, andernfalls tritt vermehrte Bauchfüllung mit Zwerchfellhochstand und Behinderung von Atmung und Kreislauf ein.

Erhebliche Abnahme des Luftdruckes tritt bei steigender Höhe ein. Erscheinungen am Menschen, die hier bioklimatisch von Bedeutung werden, sind jedoch nicht der Luftdruckabnahme allein, sondern der *Abnahme des Partialdruckes des Sauerstoffes* zuzuschreiben. Da der Sauerstoff etwa $\frac{1}{5}$ Anteil am Luftvolumen hat, so beträgt sein Partialdruck in Meereshöhe (Gesamtdruck 760 mm) ungefähr 150 mm Hg. Hiervon hängt direkt der O-Gehalt der Alveolarluft ab, und zwar beträgt in Meereshöhe der Sauerstoffteildruck in der Alveolarluft etwa 110 mm Hg, da die Alveolarluft ja ein Gemisch aus der eingeatmeten Außenluft und der sauerstoffarmen, aber CO₂- und wasserdampfreichen Restluft der Lunge, welche nicht völlig ausgeatmet wird, ist. Der abnehmende Sauerstoffteildruck in den Alveolen verhindert nun seinerseits die Sauerstoffsättigung des

Hämoglobins. Da es sich hierbei um eine ununterbrochene Kausalreihe handelt, kann die Sauerstoffsättigung des Hämoglobins direkt auf den Sauerstoffteildruck in der Atmosphäre bezogen werden.

Tabelle 32. O-Teildruck der Luft und O-Sättigung des Hgb in verschiedenen Höhen. (Nach DE RUDDER.)

Höhe m	Barometer mm Hg	O-Teildruck der Luft mm	O-Sättigung des Hgb %
0	760	150	96
3000	520	104	90
4000	460	92	88
5500	380	75	80
7000	330	39	75

Der Mensch vermag beim Aufstieg in die Höhe die veränderten Verhältnisse lange Zeit gut zu kompensieren, und zwar bis zu der in etwa 4500—5000 m hochgelegenen sogenannten Störungsschwelle, bei welcher die Hämoglobin-Sauerstoffsättigung noch 80% beträgt: man spricht hier von einer Integritätsgrenze, weil von hier an die Unversehrtheit der Funktionen zu leiden beginnt. Alles was vorher, also bei einem Aufstieg bis in diese doch beträchtliche Höhe, geschieht, ist

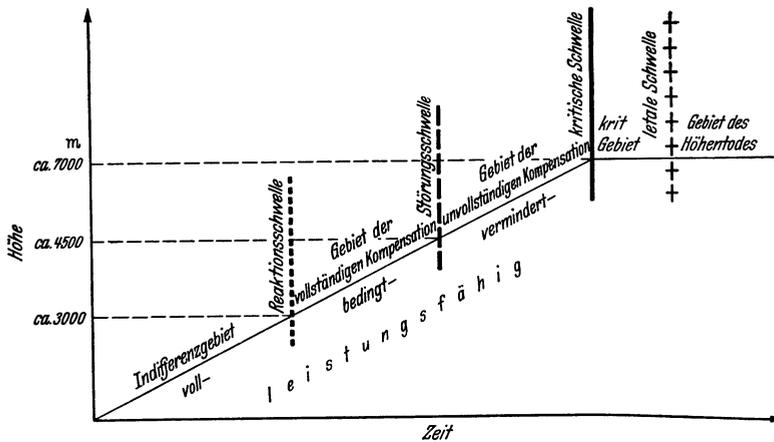


Abb. 36. Die Zonen der biologischen Höhenwirkung. (Nach RUFF und STRUCHOLD.) Annäherungswerte, die individuell und nach der Schnelligkeit des Aufstiegs schwanken.

nichts anderes als der Bereich gesunder physiologischer Reaktionen gegenüber dem allmählich zunehmenden O-Mangel.

Bis 3000 m sind Erscheinungen überhaupt nicht wahrzunehmen. Man nennt diesen Bereich daher die Indifferenzzone. Um 3000 m treten die ersten deutlichen Reaktionen auf (Reaktionswelle), jedoch ist bis etwa 4500 m ein völliger Ausgleich durch vermehrte Atemzüge, tiefere Atmung, stärkere Herzstätigkeit möglich. Man nennt daher den Bereich von 3000—4500 m die Zone der vollständigen Kompensation, ihr folgt jenseits der Störungsschwelle (etwa 4500—5000 m, s. o.) die Zone der unvollständigen Kompensation, 5000—7000 m. Von hier tritt ein progressives Nachlassen physiologischer und seelischer Funktionen ein. Bei weiterem Anstieg gelangt der Mensch in die Gefahrenzone des Höherentodes (Euphorie, Erregung, Schlafsucht). Der leistungsfähigste Bereich scheint beim Alter von 35 Jahren, also nicht bei den jüngsten Kräften, zu liegen. Alter und

Gesundheit spielen eine entscheidende Rolle, aber auch andere Momente. Hungerzustand beschleunigt den Eintritt der Störungen; die Schnelligkeit des Aufstieges und die Verweildauer in der betreffenden Zone wirken entscheidend mit. So kann sich die alveolare CO_2 -Spannung beim langsam steigenden Touristen allmählich der veränderten Lage anpassen, das gleiche gilt vom Kreislauf, Blutbild usw. Beim Bergsteigen kommen die körperliche Arbeit, das Schwitzen, die Einwirkungen der UV-Strahlung hinzu. Grundsätzlich bedeutet das keine Änderung der Verhältnisse, es ist aber die Ursache, warum der Ablauf der Erscheinungen hier sich etwas anders vollzieht als beim Fliegen und auch anders als beim Experiment in der Unterdruckkammer. Die Himalajaexpedition der deutschen Forscher hat gezeigt, daß bei genügendem Training eine Bergbesteigung bis 8000 m ohne Sauerstoffatmung möglich ist. An sich setzt diese letztere die Reaktionsstufe natürlich erheblich herauf: dieselbe Reaktionsstufe, die gewöhnlich bei 3000 m liegt, wird bei Sauerstoffatmung erst mit 11800 m erreicht, die äußerste Grenze liegt hierbei in 14 km Höhe. Im Flugzeug treten die Erscheinungen kombiniert mit anderen Wirkungen durch die Schnelligkeit, veränderte Körperlage usw. natürlich relativ schneller ein. Zwischen Bergsteigen und Fliegen liegt die Beförderung durch die Bergbahn. Die Erscheinungen sind den Höhenlagen entsprechend. Trotzdem treten hier Störungen bei Reisenden schon unterhalb 3000 m auf, weil die Bergbahn eben von vielen nicht höhenfesten Personen der bequemen Beförderung wegen benutzt wird. Die hohen Bergbahnen Südamerikas (bis 5375 m) zeigen schwerere Erscheinungen fast bei allen Reisenden.

Wirkungen der Luftbestandteile.

Die Lunge atmet täglich etwa 12 m^3 Luft. Nimmt man die Verhältnisse einer Großstadt mit etwa 50000 Kernen in cm^3 , so werden täglich etwa $2 \frac{1}{2} \text{ cm}^3$ Festmaterial eingeatmet. Das Schicksal der Kerne im Körper ist sehr verschieden. Die größeren werden in den äußeren Luftwegen, in der Nase usw., niedergeschlagen. Die kleinsten gelangen in die Lunge ($2\text{--}3 \mu$). Der atmosphärische Staub hat im allgemeinen einen nicht unwesentlichen Bestand an solch kleinen Teilen der Größenordnung um 3μ . Gerade auch die Quarz- und Kohlebestandteile der Luft halten sich in dieser Größenordnung, worauf die bekannte gesundheitsgefährdende Bedeutung dieser Materien beruht. In englischen Fabrikquartieren sind bis 300 g pro m^2 Kohlenniederschlag bei Regen gemessen worden. Wüstenstaub erscheint bei Südwind als rötlicher Niederschlag in den Hochgebirgsregionen der Alpen, man hat ihn mit physiologischen Wirkungen (für die Behandlung der Tuberkulose) in Zusammenhang zu bringen versucht. Davon ist keine Rede.

Für die Atmung ist der chemische Gehalt der Luft von großer Bedeutung. Der wichtigste Bestandteil in dieser Beziehung ist der Sauerstoff, der Wasserdampf ist der am meisten variable Bestandteil der Luft. Ob die Luft trocken oder feucht ist, teilt sich bis zu einem gewissen Grade auch der Empfindung mit (siehe S. 111). Der Anteil der Kohlensäure (0,03 Vol.-%) kann in bewohnten Räumen bei großen Menschenansammlungen bis 0,5 und mehr ansteigen. In der Laienpropaganda findet man häufig das Ozon hervorgehoben. Von den in Betracht kommenden Größen seines Vorhandenseins in der uns umgebenden Außenluft sind keine Wirkungen bekannt.

In der Großstadtluft dürften die Kerne des Mineralöls, das durch Verdampfung an den Getriebeteilen der Motorfahrzeuge in die Luft gelangt, besonders ungünstig sein, denn es führt zur Bildung dünnster Häutchen, die einen Teil der Oberfläche der Lunge bedecken und die Hautgänge abschließen können. Die Verölung der Luft wird also in Zukunft besonders bei der Lenkung des Motorverkehrs von Kur- und Badeorten ferngehalten werden müssen (CAUER).

Die Luftkerne der Klima- und Kurorte, die Bestandteile aus den Quellen (Jod), die Satzteilchen von Gradierhäusern, von der Brandung des Meeres bestehen dagegen aus physiologischen Stoffen, oder sie verdunsten sofort mit dem Wasser wieder wie die Nitrite der Hochgebirgsluft (CAUER). Hier können im einzelnen bestimmte örtlich intensive Reize entstehen, keinesfalls tritt aber eine Verschmierung ein wie beim Mineralöl, was eine Behinderung des Zutritts von Sonne und Luft zur Folge hat.

Die chemischen Bestandteile, die sich aus Quellen, Baderäumen, Meeresbrandung der Luft mitteilen, haben also physiologische Wirkungen. Die kontinentale Luft ist jodarm. Sie enthält bis 0,01 Gamma pro m³. Sehr viel höher ist dagegen der Jodgehalt der Luft, die uns mit den nordwestlichen Meereswinden zugeweht wird (s. S. 85). Auch die radiumhaltige Bodenluftemanation ist in der Nähe von Quellen sicherlich physiologisch bedeutungsvoll, da dort doch recht ansehnliche Mengen von Emanation ausgehaucht werden. Auch die indirekten Wirkungen des Emanationsgehalts der Luft wie in Gastein sind therapeutisch von Bedeutung (Ionisation der Luft).

Auf diese Weise entsteht also ein Dunstkreis in der Umgebung von Quellen. Am besten bekannt ist das vom Jod, hat aber sicherlich auch für andere Bestandteile (Schwefelwasserstoff, Radon usw.) Bedeutung. Es besteht für die in Bädern Heilung suchenden Kranken ein großes Interesse, sich möglichst viel während des Kuraufenthalts in dem auf diese Weise geschaffenen Dunstkreis der Quellen und Bäder aufzuhalten. Spielplätze und Promenaden in nächster Nähe der Gradierwerke liegen daher sehr im Interesse der Kranken. Die Dauer des Bades ist immer nur gering. Von dem Aufenthalt in dem hier erwähnten Dunstkreis gehen aber, wenn im einzelnen auch geringe, so in der Summierung sicherlich sehr bedeutungsvolle Wirkungen aus und es bestehen Anhaltspunkte dafür anzunehmen, daß die Heilerfolge gerade in den Bädern besonders günstig sind, in denen ein soches Dunstkreismilieu um die Quellen besteht.

Die Radioaktivität der Bodenluft hat ferner Beziehungen zum Kropfproblem, Diese Zusammenhänge sind noch nicht genügend geklärt. In Gegenden mit stärkerer Radioaktivität des Bodens ist Kropf selten (VON PFAUNDLER, LANGE). Länger bekannt ist das Kropfvorkommen bei Jodmangel des Bodens (endemisches Kropfvorkommen in Gebirgstälern), demgegenüber fehlt der Kropf an der Meeresküste.

Wirkung der Luftelektrizität.

Nach den Arbeiten von DESSAUER, TSCHJEWSKI u. a. soll unipolar aufgeladene Luft beim Menschen bestimmte Wirkungen ausüben, die positiven Ionen im ungünstigen, die negativen im günstigen Sinne. Die Versuche arbeiteten mit Ionenkonzentrationen, die auf die Verhältnisse in der Natur nicht übertragbar sind. Man muß daher die Frage nach der biologischen Wirksamkeit künstlich ionisierter Luft als noch nicht geklärt ansehen (KREBS). Die Ladung scheint insofern in Betracht zu kommen, als sie das Wirksamwerden der chemischen Komponente begünstigt oder ermöglicht (RAJEWSKY, KREBS). Immerhin wird der veränderte Zustand mancher Menschen bei Gewitter aus der Erhöhung der Ionenzahlen erklärt, auch Zustände wie die Bergkrankheit sollen mit erhöhter Raumladung zusammenhängen. Die übrigen elektrischen Luftverhältnisse gestatten noch keine Beziehungen zum physiologischen Geschehen. CASPARI fand in den Alpen eine Stelle mit erhöhter Ionisation, an der die Bergsteiger besonders leicht bergkrank werden. Hunde sollen nach POHL sich nicht gern an Stellen lagern, wo Stromimpulse der Erdelektrizität nachgewiesen sind. Beweise für diese Zusammenhänge fehlen einstweilen. Das Problem der Gewitterfähigkeit weist, wie schon erwähnt, auf diese Zusammenhänge hin, ebenso Erscheinungen wie da

Ausflocken der Milch bei Gewitter, demnach könnte man auf kolloidalchemische Vorgänge schließen. Auch muß man daran denken, daß die Diathermie und die Kurzwellenbehandlung diese Dinge schon in den Bereich der Therapie gezogen haben und daß es sich hierbei (PFLEIDERER) nicht nur um die hierbei entstehenden Wärmewirkungen handeln kann.

Tagesperiodik beim Menschen. „Kosmische“ Rhythmen.

Zahlreiche Vorgänge in unserem Organismus verlaufen rhythmisch, nicht nur Wachen und Schlafen, die Nahrungsaufnahme, sondern vor allem die dem vegetativen System zugeordneten Funktionen. Als rhythmisch gebunden erweisen sich außer der Temperatur (JORES) die Schwankungen der Herzfrequenz bei Tag und Nacht, der Blutdruck, die Capillarweite, der Augendruck: das Maximum dieser Rhythmen liegt um 17—18 Uhr, das Minimum um 5—6 Uhr (Abb. 37).

Ebenso verhalten sich O-Verbrauch und CO₂-Abgabe, die Formbestandteile des Blutes (die Erythrocyten zeigen Schwankungen bis zu $\frac{1}{2}$ Million, die Leukocyten bis zu 100000), die Blutsenkung, ferner die Wasserausscheidung und die Ausscheidung fester Bestandteile. Wichtig

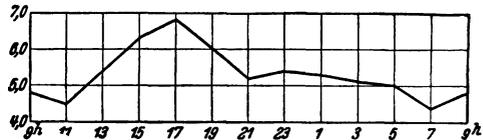


Abb. 37. 24-Stunden-Rhythmus. (Nach JORES.)

scheint vor allem der sogenannte Leber-rhythmus mit entgegengesetztem Gehalt der Leber an Glykogen und Galle; in demselben Sinne existiert ein Rhythmus der Magenacidität, der Tätigkeit der Nebenniere und Hypophyse. Rhythmische Schwankungen zeigen ferner die Blutspiegel (Calcium, Zucker usw.). Das Tageshormon ist das Adrenalin, das Nachthormon das sogenannte Melanophorenhormon, d. h. bei Tag ist der Blutgehalt an Adrenalin, bei Nacht an Melanophorenhormon überwiegend. Man kann im ganzen sagen, bei Nacht überwiegt der Sympathicus, bei Nacht der Vagus. Diese Rhythmen sind nicht abhängig vom Wachen und Schlafen, von der Nahrung oder sonstigen wiederkehrenden Gestaltungen unseres Lebens wie Bewegungsvorgängen, Arbeit, Ruhepausen, sondern sie verlaufen nach einem scheinbar eigengesetzlichen Rhythmus. Sie besitzen große Konstanz, bei Ortswechsel stellt sich z. B. der Temperaturwechsel auf die neue Ortszeit um. Wenn man bei Säuglingen (DE RUDDER) das Leben völlig nivelliert durch den Ausgleich aller Tages- und Nachtdifferenzen, so wird der Temperaturrhythmus doch unverändert behalten.

Die rhythmisch gesteuerten vegetativen Vorgänge beim Menschen erinnern lebhaft an ähnliche Vorgänge bei den Pflanzen. Als Ursache hat man eine Wirkung kosmischer Faktoren angenommen, auch die Wirkung des Lichtes hat man zur Erklärung herangezogen im Hinblick auf die Tatsache, daß der Sehakt (siehe S. 104) eine hormonsteuernde Wirkung auf dem Wege über das Zwischenhirn ausübt (JORES, MARX). Daß auch bei Blinden diese Rhythmen existieren, braucht mit der zuletzt genannten Annahme nicht im Widerspruch zu stehen, da man annehmen kann, daß auch die Haut lichtempfindlich und nicht nur strahlenempfindlich ist.

Man muß sich erinnern, daß fast alle atmosphärischen und geophysischen Erscheinungen periodisch verlaufen: die Strahlung und von ihr abhängig die Boden-, Luft- und Wassertemperatur, ferner Luftdruck und Feuchtigkeit, bis zu einem gewissen Grade auch Bewölkung und Winde, das luftelektrische Verhalten, die Ionenzahlen, die Bodenexhalation und die kosmische Höhenstrahlung. Alles also, was uns aus der Atmosphäre entgegenwirkt, ist periodisch geordnet und zeigt rhythmische Schwankungen. Es ist sehr wohl möglich anzunehmen, daß

die vorhandenen, noch nicht erklärbaren Phänomene biologischen Geschehens im Tageslauf und auch in längeren Perioden auf derartige Erscheinungen zurückzuführen sind (LINKE, DE RUDDER). Es liegt aber nahe, dabei auch an extraterrestrische, sogenannte kosmische Ursachen zu denken. Es ergeben sich Tatsachen, die auf solche Zusammenhänge von Ursprüngen außerhalb der menschlichen Natur und ihres Erdbereiches hinweisen. Es gibt Mondeinflüsse, bei der

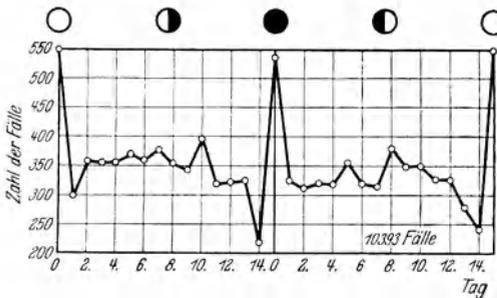


Abb. 38. Mond und Menstruation. (Nach GUTHMANN und OSWALD.)

Menstruation (s. Abb. 38), Geburten an der Küste zeigen Beziehungen zu den Gezeiten (Ebbe und Flut.)

Sonnenperiodische Einflüsse sind von DE TSCHIJEWSKI angenommen worden in Form der 11 ½-jährigen Sonnenfleckenperioden. Ein Einfluß des 27-tägigen Sonnenrhythmus (magnetische Stürme, s. S. 87) auf die Zahlen der Todesfälle (DÜLL) ist mit hoher Wahrscheinlichkeit als vorhanden anzunehmen.

Der Rhythmus ist eine allgemeine Grundfunktion unseres Daseins; die Erhaltung eines natürlichen Rhythmus ist daher ein Garant für ein gesundes Leben. Die paulose Hast der modernen Zivilisation, die Belichtungsverhältnisse der Großstadt, die Unregelmäßigkeit der Nahrungsaufnahme, die Verwischung der Saisonunterschiede in Nahrung und Lebensweise gefährden beim Menschen die natürlichen Rhythmen und rühren damit an den Grundbedingungen unseres Daseins. Belehrung und Erziehung der arbeitenden Menschen muß daher auf die Erhaltung des gesunden Rhythmus in den zugänglichen Bereichen bedacht sein.

Wetter, Klima, Krankheit.

Wärme- und Kälteschäden.

Es gibt Situationen, in welchen die Gefahr einer Überwärmung des Organismus eintreten kann (Wärmestauung), denn der Körper kann (s. S. 107) die chemische Wärmebildung nicht abstellen, andererseits können die für die Abkühlung vorhandenen Einrichtungen sich als nicht ausreichend erweisen. Gefahr der *Überwärmung* besteht bei Sonnenstrahlung oder überwärmter Umgebungsluft, namentlich wenn in beiden Fällen erhöhte körperliche Arbeit geleistet wird (Schiffsheizer, Arbeiter in den Tropen usw.). Überwärmung wird begünstigt durch dicke Kleidung und Wasserverarmung. Bei starkem Wasserverlust tritt (s. S. 112) auch ein beachtlicher Kochsalzverlust ein, dem untrainierte, beim Sport stark schwitzende Menschen besonders ausgesetzt sind. Die klinischen Erscheinungen des bedrohlichen Kochsalzverlustes sind denen der Überwärmungserscheinungen merkwürdig ähnlich. Fieberzustände, Giftwirkungen, starke Blutverluste können die Erscheinungen unterstützen. Es kann in diesen Fällen zu lebensbedrohlichen Zuständen kommen, die man als *Hitzschlag* und als *Sonnenstich* bezeichnet. Als Hitzschlag hat man mehr die Folgen der Überwärmung des Organismus, als Sonnenstich mehr die Folgen einer direkten Insolation bezeichnet, es läßt sich aber ein Unterschied zwischen beiden Zuständen nicht machen, jedenfalls spielt beim Sonnenstich die allgemeine Wärmestauung stets auch eine Rolle. Die direkte Bestrahlung des Kopfes wird in den heißen Zonen gefürchtet und tunlichst vermieden (Tropenhelm). Man nimmt an, daß bei direkter

Bestrahlung des Kopfes die Wirkung penetrierender Strahlen in Betracht kommt. Die klinischen Erscheinungen sind Kopfschmerz, Beeinträchtigung des Bewußtseins, Krämpfe, Aufregungszustände und Benommenheit, denen oft allgemeine Mattigkeit, Übelkeit, Schüttelfrost vorausgehen. Bessert sich der Zustand nicht so kann unter Krämpfen, Delirium, Kreislaulerlahmung der Tod eintreten. Bei Temperaturen über $41,5^{\circ}$ verlaufen viele, bei Temperaturen über 43° sämtliche Fälle tödlich. Die Therapie ist gegen den ausgesprochenen Zustand machtlos, wichtig daher die richtige Vorbeugung durch Sonnenschutz, Lüftung, Pausen in Arbeit und Marsch, ruhige Lagerung usw. Die Übererwärmung spielt ferner die entscheidende Rolle bei der früher so verbreiteten Sommersterblichkeit der Säuglinge (s. S. 128). Lokale Wärmeschäden spielen in der Bioklimatik keine Rolle.

Kälteschäden können allgemein oder lokal sein. Es gibt Menschen, die auf eine starke Durchkältung mit einer Hämoglobinurie reagieren (kommt auch bei Tieren vor). Allgemeine Unterkühlung des Organismus löst reflektorisch Muskelzittern aus (im Interesse der Wärmebildung); in solchen Situationen sucht der Mensch auch durch eigene Muskularbeit, Umhergehen, willkürliche Anspannung einzelner Muskeln der Wärmebildung nachzuhelfen. Die Gefahr der Erlahmung in einem solchen Falle (Einschlafen durch Kälte nach Alkoholgenuß usw.) ist groß. Die eigene Muskularbeit hilft nur eine Zeitlang und kann bei fortbestehender Gefahr den Tod nicht aufhalten. Langes Schwimmen in kaltem Wasser kann die gleiche Gefahr in sich schließen. Bei langdauerndem sportlichem Schwimmen fetten sich daher die Schwimmer mit sehr starken Vaselinschichten ein, um die Wärmeleitung von der Haut aus zu verlangsamen.

Lokale Kälteschäden führen zu Gewebsschädigungen, hierfür ist die Empfindlichkeit des Trägers und vor allem die Reaktionsfähigkeit seines Gefäßsystems ausschlaggebend. Auf Kältereizung tritt eine Verengerung der Hautgefäße ein; je nachdem diese Verengerung die Hautkapillaren oder die tiefen Gefäße trifft, kann der Effekt verschieden ausfallen. Da die Kapillaren die Farbe, die tiefen Gefäße die Temperatur der Haut beherrschen, so kann, wenn nur ein Abschnitt auf die Kälte reagiert, die Haut kühl, aber rot, oder blaß, aber warm sein; sind beide Abschnitte betroffen, so ist die Haut kühl und blaß. Die Kälte braucht nicht zu direkter Erfrierung zu führen, kann aber trotzdem die Gewebe schädigen (Frostbeulen). Es läßt sich keine Temperatur angeben, bei der ein solcher Erfolg eintritt, da die Ergebnisse von der Reaktionsfähigkeit des einzelnen Individuums abhängen. Auch die äußeren Umstände, Wind und Kälte, Durchnässung und Kälte, Bewegungslosigkeit bei Kälte können das Resultat beeinflussen und gegebenenfalls erhöhen. Dauernde Kälteeinwirkung kann zu Schutzreaktionen der Haut führen (Blaufärbung, Verdickung).

Extreme Kältewirkungen (KILLIAN) haben neben den erwähnten Reaktionen des Stoffwechsels und der Muskulatur, die beide auf erhöhte Wärmeproduktion hinauslaufen, am Kreislauf jene Erscheinungen zur Folge, durch die der Körper auf dem Wege über die Verengerung der peripheren Gefäße sein Kerngebiet schützt und damit die Funktionen der lebenswichtigen Organe möglichst lange aufrechterhalten sucht; damit wird freilich die Peripherie des Körpers, vor allem die Extremitäten, durch die Herabsetzung der Erwärmung und Sauerstoffzuführung besonders gefährdet. Die allgemeine Unterkühlung wird bis zu einer Bluttemperatur von ungefähr 23° C ertragen, weiteres Absinken bedeutet irreparable Veränderungen und den Tod. An der allgemeinen Unterkühlung sind vor allem zwei Organe, die auf Temperatureinwirkung besonders sensibel reagieren, maßgebend beteiligt: Schilddrüse und Nebennierenrinde. An beiden Organen erfolgt erst eine Leistungssteigerung, die über die Schilddrüse eine Stoffwechsel-

förderung und über die Nebenniere eine Steuerung von Wasserhaushalt-, Kreislauf- und Wärmeregulation bedeutet; höhere Kältegrade führen aber zu einer Erschöpfung dieser beiden Organe und damit in der zweiten Phase der Unterkühlung neben den Allgemeinwirkungen zu einer Erhöhung des örtlichen und allgemeinem Sauerstoffmangels, Erstickung des Gewebes und zum Übergang des normalen Zellenstoffwechsels in einen Gärungs- und Erstickungsstoffwechsel.

Lokal wirken schwere Kälteschäden, abgesehen von den Einflüssen, die durch den allgemeinen Unterkühlungsvorgang zustande kommen, auf das Gewebe in der Weise ein, daß schließlich Entmischung des Zelleiweißes und Auskristallisierung des Zellwassers erfolgen. Ausschlaggebend ist hierbei weniger die allgemeine Herabsetzung der Bluttemperatur, als die extreme Zusammenziehung der peripheren Gefäße mit ihren verhängnisvollen Folgen: Sistieren der Wärmezufuhr und der Sauerstoffversorgung (BÜCHNER).

Erkältung.

Ein besonders wichtiges Problem in diesem Bereich ist die sogenannte Erkältung. Die Erscheinungen der *Erkältungskrankheiten* haben gewisse charakteristische Initialsymptome, Niesen, Reizschnupfen usw. Der Verlauf ist im übrigen sehr mannigfaltig; oft tritt die Erkältung nach Art einer kurzdauernden Infektionskrankheit mit Vorliebe im Bereich individueller krankhafter Reaktionen auf am sogenannten *locus minoris resistentiae*, also in der Form von Neuralgien, Myalgien, Katarrhen der Atmungsorgane, Blasen-, Nieren-, Darmstörungen usw. Die Erkältungskrankheiten werden daher von mancher Seite als kurzdauernde Infektionskrankheiten, von anderen als thermische Reaktionen (A. WEBER), wieder von anderen als Ausdruck einer Minderung der Stoffwechselfvorgänge (Hypoxydationstheorie von PFLEIDERER), ferner als Reaktionsschwäche der Vasomotoren (HÄBERLIN) aufgefaßt. Die Vermutung, daß Domestikation und Verweichlichung eine Schwächung der gesunden Gefäßregulierung mit sich bringen, so daß das Kapillartraining, das zum Ausgleich plötzlicher Kälte- und Nässeinwirkungen nötig ist, fehlt, hat vieles für sich, wenn auch die anderen Auffassungen manches als beweisend anführen können. Auch bei Kälteeinwirkungen gelten die lokalen und allgemeinen Steuerungen der Blutverteilung, wie wir sie bei den Wärmereaktionen kennengelernt haben (s. S. 109). Ein Reiz auf eine Hautstelle wird nicht von dieser allein, sondern von ausgedehnten Partien der näheren und ferneren Umgebung, unter Umständen von der gesamten Körperoberfläche gleichsinnig beantwortet (Gesetz der konsensuellen Reaktion). Haut und Eingeweide reagieren vielfach gegensätzlich: Dastre/Moratsches Gesetz und Kesselfunktionen nach HAUFFE (s. S. 110). Lokale Kältewirkungen, so schließt man, können also ferner liegende Teile beeinflussen. Ein elastischer trainierter Organismus wird diese Schwankungen überwinden, seine Reaktionen werden von vornherein nicht so labil verlaufen. Im ermüdeten Zustand verlaufen, wie die Erfahrung lehrt, die Reaktionen weniger sicher, man erkältet sich dann leichter, als wenn man körperlich oder geistig angespannt ist.

Die Disposition zur Erkältung hängt mit der Frage der durch die Domestikation herbeigeführten Verweichlichung zusammen. An erster Stelle steht hier der dauernde Aufenthalt in künstlich geheizten Räumen, die zumeist überheizt sind. In überwärmten Räumen ist die Schleimhautdurchblutung erhöht; das führt zu einer Erhöhung der Schleimhauttemperatur. Damit aber tritt ein dauernder Wärmeverlust der Schleimhaut bei der Rückkondensation von Wasserdampf ein (PFLEIDERER und BÜTTNER). Ferner wird durch die Überwärmung der Kreislauf belastet. Wenn nicht dazwischen immer wieder kühlere Räume aufgesucht werden, was bei Häusern mit Korridor- und Treppenheizung wegfällt, so leidet

die Gefäßreaktion der Haut dauernd. Dazu kommt die sitzende Lebensweise und der gesamte Verlust des Anschlusses an die natürlichen Rhythmen, die das Leben des Städters mit sich bringt. Das Problem der Überwindung dieser Zustände liegt auf dem Gebiet der Abhärtung.

Meteoropathologie.

Wir verfügen heute über sehr viel mehr Erfahrungen betreffs der Wettereinflüsse auf den kranken als auf den gesunden Menschen. Wir kennen die zahlreichen psycho-physischen Beziehungen zwischen Wetter und Mensch. Wir sprechen von einem erfrischenden Wetter bei klarer Luft und kühler Temperatur, von idealem Schönwetter, das uns körperlich und seelisch belebt, von ermattendem und schwülem Wetter, vom Unbehagen bei Regen, Nebel und Kälte, von drückender Hitze und strengem Frost, von der Gewitterangst. Die Einstellung des einzelnen Menschen zum Wetter ist grundverschieden, vielen macht das Wetter überhaupt nichts aus. Viele Menschen, und zwar nicht nur die Städter, die sich weitgehend vor seinen Unbilden schützen können, beachten das Wetter kaum und reagieren nicht darauf. Andere sind weitgehend davon beeinflusst, in ihrer Leistungsfähigkeit vom Wetter bestimmt, ja in ihrer ganzen körperseelischen Verfassung vom Wetter abhängig; sie fühlen die Wettervorgänge und fühlen sie sicher voraus, noch bevor die üblichen Instrumente einen Umschlag des Wetters anzeigen. Wir sprechen dann von *Wetterfähigkeit* (die auch im Tierreich eine große Rolle spielt) und vom *Wettervorfühlen* (HELLPACH).

Die tägliche Beobachtung lehrt einen Zusammenhang zwischen Wettervorgängen und Krankheitsgeschehen. Viele Menschen leiden an sogenannten *Wetter-schmerzen*, Schmerzen an alten Narben, lokalisierten, auf Wetter prompt einsetzenden Neuralgien, Schmerzen an Amputationsstümpfen, akuten Steigerungen von chronischen, rheumatischen und arthritischen Prozessen. Auch die lanzinierenden Schmerzen der Tabiker zeigen solche Zusammenhänge. Die Erscheinung besteht darin, daß bei jedesmaligem Wetterwechsel die Schmerzen sich mit der Sicherheit eines Wetterindikators einstellen (*Wetterempfindlichkeit*). Diese Erscheinung der Wetterempfindlichkeit geht natürlich fließend in das obengenannte Gebiet der Wetterfähigkeit über. In beiden Fällen handelt es sich um den gleichen Vorgang an der Grenze menschlicher Gesundheit und Krankheit. Wichtig ist für das Verständnis dieser Erscheinungen, daß sie eine gewisse Unentrinnbarkeit zeigen. Dafür empfindliche Menschen erkranken daran, ganz gleichgültig, ob sie sich viel im Freien bewegen oder sich vor der Außenwelt zu schützen gewohnt sind, auch Bettlägerige zeigen die Erscheinung. Bei akut erkrankten Personen tritt sie nicht auf, also etwa im Bereich eines akuten Gelenkrheumatismus, auch nicht bei frisch Verletzten, sie begleitet aber viele chronische und subchronische Kranke. Das Einsetzen der Schmerzen verläuft der Wetterveränderung synchron. Bei Schauerwetter mit rasch einander folgenden Schüben zeigt sich ein An- und Abswellen der Krankheitserscheinungen in deutlichem Parallelismus zum Wetter. Mit den ersten Regentropfen läßt die Erscheinung bei einer Wetterveränderung nach oder hört auf. Es handelt sich also um einen Vorgang, der mit dem Einsetzen der Wetterveränderung, mit den sogenannten Fronten (s. S. 90), einen deutlichen Zusammenhang zeigt.

Zahlreiche Krankheitszustände, bei denen solche Zusammenhänge beobachtet werden, fassen wir unter dem Begriff des *Meteorotropismus* zusammen. Die bei gewissen Krankheiten beobachteten zeitlichen Häufungen fallen dann zusammen mit bestimmt definierbaren atmosphärischen Vorgängen und mit bestimmten Abläufen des Wettergeschehens. Am 6./7. Februar 1930 (Abb. 39) setzte nach längerer gleichmäßiger Kälteperiode in Süddeutschland eine plötzliche Wetterver-

änderung ein. Die Aufzeichnung zeigt hohen Temperaturanstieg, sinkenden Luftdruck, im ganzen eine Warmfront mit Tauwetter. Gleichzeitig treten im Verlauf von 36 Stunden 5 Fälle von akutem Kehlkopfcroup in Erscheinung (Beobachtung von DE RUDDER). In Abb. 40 sehen wir beim Einbruch einer typischen Kaltfront mit plötzlichem stürmischem Absinken der Temperatur und Luftdruck-erhöhung wiederum mehrere Croupfälle auftreten.

Der akute Kehlkopfcroup der Kinder war diejenige Krankheit, bei welcher den Klinikern und Ärzten etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts der Zusammenhang zwischen Wetter und Krankheit immer wieder auffiel. Man sprach daher in Anbetracht der zunehmenden Atmungsbehinderung, die mit den Wetterveränderungen einsetzt, von einem Stenosewetter. Seitdem hat sich gezeigt, daß auch zahlreiche andere Krankheitszustände diese Wetterabhängigkeit

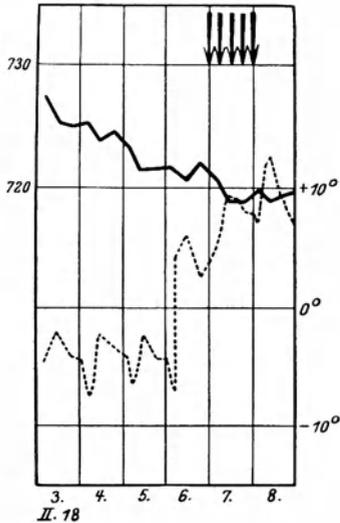


Abb. 39. Croupfälle bei Warmfront mit Tauwetter, München, Februar 1918 (Nach DE RUDDER.)

— Barometerstand,
 - - - Lufttemperatur,
 ↓ ↓ ↓ ↓ Krankheitsfälle.

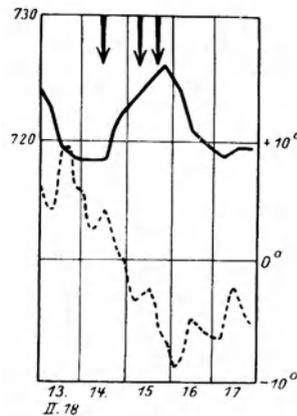


Abb. 40. Croupfälle bei Kaltfront, München, Februar 1918. Zeichen wie vorige Figur. (Nach DE RUDDER.)

zeigen. Eine Zusammenstellung nach DE RUDDER ergibt das in Tabelle 33 dargestellte Bild.

Man hat lange versucht, Abhängigkeiten dieser Vorgänge von einzelnen Wetterkomponenten festzustellen. Man hat die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit, des Luftdrucks, der Temperatur, des Windes mit den Krankheitserscheinungen in Zusammenhang gebracht. Die wetterempfindlichen Menschen bezeichnete man als lebende Barometer, weil die Luftdruckveränderungen im Wettergeschehen und die Änderung im Befinden dieser Menschen gleichen Schrittes miteinander gehen. Es handelt sich bei den besprochenen Vorgängen aber einzig und allein darum, daß nicht ein einzelner Faktor im Wettergeschehen, sondern daß nur die Gesamtheit dieser für die Krankheitsauslösung verantwortlich gemacht werden kann. Schon aus den Abb. 39 und 40 haben wir gesehen, daß das Eintreten von Wetterfronten, also ein sehr komplexer atmosphärischer Vorgang, der wirkende Faktor ist. Dabei zeigen aber bereits diese beiden Beobachtungen, daß sowohl eine Kaltfront wie eine Warmfront die Krankheitsauslösung besorgen kann. Ja, es ist gar nicht erforderlich, daß ein sogenannter Wettersturz erfolgt. Es braucht sich gar nicht um einen sinnlich so wahrnehmbaren Vorgang zu handeln, auch eine sogenannte Okklusion, bei welcher der

Frontenwechsel kaum wahrnehmbar ist, kann auslösend wirken. Als bestimmend ergibt sich daraus, daß die Frontendurchgänge, also die atmosphärischen Vorgänge an den Grenzschichten der Luftkörper, krankheitsauslösend wirken.

Tabelle 33.
Meteorotropismus verschiedener Krankheitszustände. (Nach DE RUDDER.)

Sehr ausgeprägt und klinisch bzw. statistisch gesichert:	Sehr wahrscheinlich:
„Wetterschmerzen“: Narbenschmerzen (Operations-, besonders Amputationsnarben), Tuberkulöse Narben der Lunge, Rheumatische Schmerzen, Neuritische Schmerzen, Lanzinierende Schmerzen bei Tabes, Schmerzattacken bei Prostatahypertrophie, Gallen- und Nierensteinkolik Gestations-Eklampsie Akuter Kehlkopfcroup (Masern-, Diphtherie-, Grippecroup) Haemoptoe Pneumonie (croupöse und Broncho-) Säuglingstetanie (Spasmophilie) jeden Typs: Carpedalspasmen, Laryngospasmen, Eklampsia infantum, Bronchotetanie Akuter Glaukomanfall Apoplexie Diphtheriebeginn Eintritt des Todes überhaupt	Phlyktänenschübe Postoperative Komplikationen Angina pectoris-Anfälle Tod an Coronarsclerose Asthmaanfälle Migräneanfälle Malariaanfälle Anginen der Gaumentonsillen „Erkaltungskrankheiten“ (Grippe, Influenza)

Zieht ein solcher Wettervorgang, eine Front oder eine Okklusion über ein Gebiet hinweg, so werden alle darin wohnenden Menschen von den für den Gesunden großenteils unmerklichen Vorgängen betroffen, ein Teil aber (Gruppenbildung!), bei dem offenbar besondere Bedingungen vorliegen, erkrankt oder stirbt. Unter dem Einfluß eines solchen Frontdurchganges besteht aber keine feste Beziehung zwischen Wettervorgang und bestimmter Krankheit. Schon bei den Abb. 39 und 40, Eintritt des Kehlkopfcroups bei Wettersturz, müssen wir uns erinnern, daß der Kehlkopfcroup zwar meist eine Diphtherie als Ursache hat, daß aber auch Masern oder Grippe die Grundkrankheit sein kann. Unter den durch Wettersturz herbeigeführten Erkrankungen an Kehlkopfcroup finden sich daher (DE RUDDER) in buntem Wechsel Fälle dieser drei Arten. Auch hat sich ergeben, daß dieselbe Wetterfront verschiedene Krankheiten auslösen kann, wie die Beobachtung Tabelle 34 eines gleichzeitigen Auftretens von Croup und Eklampsie offenbar unter Einfluß desselben Wetterdurchganges zeigt. Als krankmachender Einfluß ist nach SCHITTENHELM nicht nur der plötzlich eintretende Luftkörper- und Frontenwechsel zu werten, sondern die Bevölkerung eines geschlossenen Wohngebietes wird durch ungünstiges und wechselndes Wettergeschehen, das wochenlang bestehen kann, in ihrer Abwehrkraft gegenüber einer drohenden Epidemie geschwächt, bis dann der Volkskörper bei einer nun eintretenden Front der Schädigung nicht mehr gewachsen ist, so daß nunmehr das gehäufte Auftreten von Krankheiten, gegebenenfalls eine Endemie oder Epidemie, erfolgt.

Es ist also nicht die einzelne Krankheit, sondern einzig und allein der Mensch in seiner jeweiligen Reaktionslage, der durch die Wettervorgänge beeinflusst

Tabelle 34. Gleichzeitiges Auftreten von Croup und Eklampsie unter einer Wetterfront. (Nach DE RUDDER.)

Monat	Datum der Erkrankungstage sämtlicher Eklampsiefälle Münchens	„Gleichzeitige“ Croup-erkrankungsdaten Münchens		Datum der Erkrankungstage sämtlicher Eklampsiefälle des nahen Innsbruck
		—	vgl. —	
Januar	3., 20., 21.	2., 23.	27., 29.	28.
Februar	3.	4.	4.	4.
März	11., 19.	10., 11., 11., 11., 21.	7., 7., 8., 8.	7.
April	3.	1.	21.	22.
Mai	9.	—	—	—
Juni	20.	20.	—	—
Juli	—	—	—	13.
August	—	—	—	—
September	3., 4., 23.	4., 24.	—	—
Oktober	1., 3.	1.	—	4., 25., 25.
November	—	—	—	—
Dezember	2., 18.	1., 1., 19., 20.	—	—

wird. Man faßt das vegetative System als den Vermittler krankmachender Wetterwirkungen auf. Schon in gesunden Tagen reagiert der Mensch unmerklich auf die sogenannten Frontendurchgänge; nachgewiesen in dieser Beziehung sind Schwankungen im Blutdruck, in der Capillardurchblutung und anderer Funktionen, die der vegetativen Steuerung unterliegen. Gerade unter den sogenannten meteorotropen Krankheiten (Tabelle 33) sind eine Reihe solcher, die engste Beziehungen zum Gefäßsystem haben (Apoplexie, Embolie, Angina pectoris, Eklampsie). Bei anderen sind die Beziehungen zum vegetativen System direkt gegeben (Bronchialasthma, Nieren- und Gallenkoliken, Wetterfühligkeit, Wetterschmerzen, Darmkoliken). So wird es klar, daß der Wettersturz, der eine vegetative Belastung darstellt, bei vorhandener Krankheitsbereitschaft auslösend auf die Krankheit wirken kann, weil er die sonst noch vorhandene Steuerungsmöglichkeit des Organismus erschöpft und zum Erliegen bringt. Nicht die Art der Wetterfront, sondern die vorhandene Krankheitsbereitschaft bestimmt also die Art der auftretenden Erkrankung. Sie muß im ganzen betrachtet eine vielgestaltige sein.

Nun bleibt noch die Frage zu beantworten, ob in den besprochenen atmosphärischen Vorgängen ein sogenannter biotroper Faktor (DE RUDDER) nachgewiesen werden kann, d. h. enthält der atmosphärische Vorgang ein Agens, das von den Fronten ausgeht und im menschlichen Körper wirksam wird. Es sind Anhaltspunkte vorhanden, daß man hierbei an die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre bzw. im Ionenmilieu (s. S. 87) denken muß.

Zu erwähnen ist noch (SCHITTENHELM), daß auch in der Reaktionsfähigkeit des Körpers gegenüber krankmachenden Einflüssen deutliche Unterschiede in geographischer Beziehung bestehen. Zwischen Nord und Süd im Altreich zeigt die Bevölkerung in dieser Beziehung durchaus verschiedenes Verhalten. Man kann annehmen, daß hier regional bestimmte konstitutionelle Eigenschaften sichtbar werden, die zu dem in den einzelnen Gegenden unterschiedlichen Verlauf der Grippeepidemien usw. führen.

Sonneneruptionsrhythmus und Todesfälle.

Die Sonne zeigt einen 27tägigen Rhythmus der Sonneneruptionen, bei welchen mächtige Elektronenmassen und andere Materien in den Weltenraum und auch in den Bereich unserer Stratosphäre geschleudert werden (*Elektroinva-*

sionen); das führt zur Neuentstehung von Sonnenflecken, Erscheinungen von Calciumflecken und erdmagnetischen Stürmen. T. und B. DÜLL haben in klimatisch weit auseinanderliegenden Bereichen (Kopenhagen, Zürich, Hamburg, Frankfurt a. Main, Budapest) an nahezu 200000 Todesfällen das Zusammenreffen des Todeseintritts mit diesen Erscheinungen geprüft und die Annahme wahrscheinlich gemacht, daß eine gehäufte Auslösung der Sterbefälle durch die gesteigerte Eruptionssonnenätigkeit in der Zentralzone erfolgt. Andere Versuche, zwischen kosmischen, also extraterrestrischen Vorgängen und Erscheinungen im Bereich pathologischen Geschehens Beziehungen herzustellen, sind bisher nicht beweiskräftig gelungen. Man kann auf Grund dieser Feststellungen von T. und B. DÜLL auch weitere wichtige Zusammenhänge auf diesem Gebiet erwarten, und man darf nicht vergessen, daß so viele Vorgänge unseres Lebens in gesunden und kranken Tagen (s. S. 118) von atmosphärischen und geophysikalischen Erscheinungen abhängig sind.

Föhnkrankheit.

Eine Sonderstellung nimmt der Föhn ein. Er ist als Auslöser von Krankheitszuständen bekannt, und hierfür gilt durchaus das oben vom Wetter Gesagte. Es gibt aber außerdem eine sogenannte *Föhnkrankheit*. Viele Menschen reagieren auf das Eintreten des Föhns mit charakteristischen Krankheitszeichen, Reizbarkeit, allgemeiner Unlust, Schlaflosigkeit, Kopfschmerz, Herabsetzung der Leistungsfähigkeit. Diese Erscheinungen können für sich auftreten und wieder abklingen, es kann aber auch zur Verschlechterung vorhandener krankhafter Zustände kommen. Eigenartig ist, daß Krankheiten, die im allgemeinen auf Wetterfronten reagieren, so z. B. die Apoplexie, beim Föhn kein gehäuftes Auftreten zeigen. Die Eingeborenen der Gegenden, in denen Föhn vorkommt, sind weniger empfindlich; Zugezogene erwerben meist keine Gewöhnung, vielmehr oft eine Steigerung (Sensibilisierung).

Saisonkrankheiten.

Wir haben in unseren Breiten einen ausgesprochenen Jahreszeitenwechsel, verursacht durch die wechselnde Neigung der Erdachse zur Einfallrichtung der Sonnenstrahlen. Der Jahreszeitenwechsel drückt sich im rhythmischen Klimawechsel aus, der sich in fast allen meteorischen Elementen kundgibt (Tabelle 35). Den Wechsel der Jahreszeiten verbinden wir im allgemeinen mit unseren Vorstellungen von den Kalenderdaten. Es ist aber zu beachten, daß die *Kalenderjahreszeiten* und die *biologischen Jahreszeiten* (DE RUDDER) nicht zusammenfallen. Als biologischen Winter müssen wir die Zeit des geringsten Strahlungsgenusses, als biologischen Sommer die Zeit intensivster Sonnenstrahlung ansehen. Es ergeben sich jedoch beträchtliche Verschiebungen zwischen Kalender-rhythmus und biologischem Rhythmus (Tabelle 36).

Der Jahreszeitenrhythmus beeinflusst das Leben von Pflanzen, Tier und Mensch und ist bestimmend für die Gestaltung unseres Daseins in den verschiedenen Jahreszeiten. Das wechselnde Jahreszeitenklima verlangt eine Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse, was zur Ausbildung einer sogenannten *Jahreszeitenkonstitution* geführt hat. Wir kennen beim Menschen eine ganze Reihe von Änderungen, die im Organismus nachweisbar sind und die mit dem Jahreszeitenwechsel zusammenhängen.

Hierher gehört die sogenannte Winterruhe im Längenwachstum der Kinder. MALLING-HANSEN sagt, daß das Wachstum von März bis August am stärksten, im Spätherbst am geringsten ist. Die Erscheinung hängt mit der jahreszeitlichen Schwankung des Stoffwechsels (PFLEIDERER und BÜTTNER) zusammen. Der

Tabelle 35. Jahrgang der meteorologischen und geophysikalischen Elemente für Deutschland. (Nach FLACH und PFLEIDERER.)

Lfd. Nr.	Element	Der Jahresverlauf besitzt sein	
		Minimum	Maximum
1	Sonneneinstrahlung		
	a) Solarkonstante	Juni	Dezember
	b) wirksame Wärmestrahlung auf der Erdoberfläche	Dezember	Marz—April
	c) wirksame Ultraviolettstrahlung	Dezember	Juli
	d) wirksame Wärmestrahlung von Sonne und Himmel	Dezember	Juli
	e) Ultraviolettstrahlung von Sonne und Himmel	Dezember	Juli
2	Bodentemperaturen		
	a) Erdoberfläche	Jan.—Febr.	Juli—Aug.
	b) in 10 cm Tiefe	Jan.—Febr.	Juli—Aug.
	c) in 40 cm Tiefe	Januar	August
3	Wassertemperaturen (Meeres- und Seetemperatur)	Februar	August
4	Lufttemperaturen		
	a) in 1—3 m Höhe über dem Erdboden	Januar	Juli
	b) Temperaturabnahme mit der Höhe	Januar	Juni
	c) Veränderlichkeit der Temperaturmonatsmittel	September	Januar
5	Luftdruck	Juli	Januar
6	Dampfdruck (absolute Feuchtigkeit)	Januar	Juli
7	Äquivalent-Temperatur (Lufttemperatur plus zweimal Dampfdruck)	Januar	Juli
8	Relative Feuchte, Tiefebene, Tal	Juli	Januar
	Berge	Dezember	Juli
9	Nebeltage, Tiefebene	Juni	Okt.—Nov.
	Küste	August	Januar
	Berge	Januar	Juli
10	Wolkenformen		
	a) Nebelschichtwolke (Stratus)	Juni—Juli	Dez.—Jan.
	b) Haufenwolke (Cumulus)	Dez.—Jan.	Juni—Juli
11	Bewölkungsgrad		
	Niederung	August	Dezember
	Alpengipfel	Januar	Mai
12	Sonnenscheindauer (wirkliche Dauer)	Dezember	August
13	Niederschlagsmenge (kontinuierliche Orte)	Februar	Juni
14	Wind		
	a) am Erdboden	Aug.—Sept.	Nov.—Dez.
	b) auf den Bergen	Sommer	Wintermitte
15	Abkühlungsgröße (Dorno-Frigorimeter)	Juli—Aug.	Jan.—Febr.
16	Gewitter (Anzahl)	Nov.—Dez.	Juni—Juli
17	Luftkörper		
	a) mittlere Häufigkeiten 1924—1930 in Frankfurt a. M.		
	1. polare Luftmassen	Januar	April
	2. tropische Luftmassen	Dezember	April
	3. maritime Luftmassen	April	Juli
	4. kontinentale Luftmassen	Oktober	Februar
	5. polar-maritime Luftmassen	Februar	Juni
	6. polar-kontinentale Luftmassen	Juli—Aug.	Marz
	7. tropisch-maritime Luftmassen	Juni	Oktober
	8. tropisch-kontinentale Luftmassen	Mai—Sept.	Dezember
	9. indifferente Luftmassen	Februar	November
	10. Mischluft	September	Januar
	b) Tage mit Luftkörperwechsel (1936 in Bad Elster)	Juni u. Nov.	Febr. u. Okt.
18	Luftelektrisches Potentialgefälle	Juni	Januar
19	Luftleitfähigkeit	Januar	Juli
20	Vertikaler Leistungsstrom	Sommer	Winter
21	Kleinionen	Januar	Juli—Aug.
22	Großionen, Tiefebene, Binnenland	Juli	Januar
23	Kerne	Sommer (Herbst)	Winter (Frühling)
24	Emanation	Winter	Sommer
25	Kosmische Höhenstrahlung	Dezember	Juni

Tabelle 36. Kalenderjahreszeiten und biologische Jahreszeiten. (Nach DE RUDDER.)

Kalender- jahreszeit			Biologische Jahreszeit
Winter	Dezember	21. Sonnenwende	Dezember
	Januar		Januar
	Februar		Februar
Frühling	Marz	21. Nachtgleiche	März
	April		April
	Mai		Mai
Sommer	Juni	21. Sonnenwende	Juni
	Juli		Juli
	August		August
Herbst	September	23. Nachtgleiche	September
	Oktober		Oktober
	November		November
	Dezember		Dezember
		21. Sonnenwende	

anorganische Phosphatspiegel im Blut zeigt ein winterliches Minimum. Wir kennen ferner eine winterliche Grundumsatzruhe beim Menschen. Beim Tier prägt sich in vielen Klassen diese winterliche Stoffwechseldepression im Winterschlaf aus, der sozusagen eine exzessive Steigerung dieses ganzen Erscheinungskomplexes darstellt (Mangel an UV-Strahlung). An der Regelung der mit dem Grundumsatz zusammenhängenden Stoffwechselfvorgänge ist das innersekretorische System maßgebend beteiligt. Es ist daher für diese Vorgänge von Bedeutung, daß die Schilddrüse, deren enger Zusammenhang mit dem Stoffwechsel bekannt ist, in eklatanter Weise auf die Bestrahlung ihres Trägers reagiert. Dunkelratten zeigen einen hochgradigen Kolloidschwund der Schilddrüse, Höhensonnenratten dagegen eine starke Ansammlung von Kolloid. Für das wirksame Agens darf man dabei die kurzwellige Strahlung ansehen. Daraus ist der Schluß zu ziehen, daß der Jahreszeitenwechsel der kurzwelligen Strahlen auf die Gestalt und Funktion der Schilddrüse bestimmend einwirkt. Auch der Jodgehalt der Schilddrüse zeigt jahreszeitliche Schwankungen mit Höchstwerten im Sommer und niedrigen Werten im Winter (Abb. 41, 42).

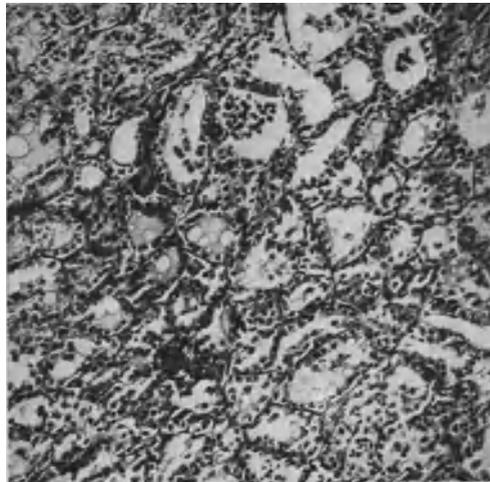


Abb. 41. Schilddrüse einer „Dunkelratte“. Kolloidschwund und Follikelvermehrung. (Nach DE RUDDER.)

Jahreszeitliche Kurven kennen wir ferner vom Serumkalkspiegel mit einem Minimum Ausgang Winter und einem Maximum Ende Sommer, ebenso ist die CO_2 -Bindefähigkeit des Blutes, die Zahl der Eosinophilen und Retikuloeyten, der Blutdruck (also Erscheinungen sehr verschiedener Art) jahreszeitlich gebunden. Wichtig sind ferner die Änderungen im Seelenleben, die mit der Jahreszeitenkurve einhergehen. Das Frühjahr hat man als die Zeit der inneren Sekretion bezeichnet, es läßt Ansteigen der Empfängnisziffern, gesteigerte Aktivität, erhöhte Triebhaftigkeit, erhöhte Selbstmordzahlen erkennen.

Das Tiefland und vor allem die Großstadt (s. S. 66) haben einen hochgradigen Mangel an kurzwelligen Strahlen im Winter. Es ist daher der Reiz der wiederkehrenden UV-Strahlung, der sich vor allem im Frühjahr fühlbar auswirkt und der auch zu einer Heilung der winterlichen Schäden führen kann. Dahin gehört die Reaktivierung im Stoffwechsel und in den Organfunktionen, von der oben die Rede war. Aber die erhöht einsetzende Wirksamkeit der Strahlung hat auch zur Folge, daß Reizerscheinungen bis an die Grenze des Krankhaften auftreten können.

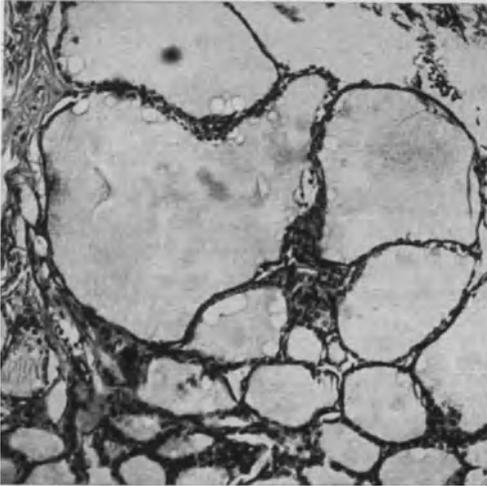


Abb. 42. Schilddrüse einer „Höhensonnenratte“. Kolloidvermehrung und Follikelschwund. (Nach DE RUDDER.)

Damit haben wir das Gebiet der jahreszeitlich bedingten Krankheitserscheinungen erreicht; denn die Dorno-Strahlung als Reiz auf die Haut kann sich in einer erhöhten Erythemempfindlichkeit der Haut, in erhöhter Ekzemneigung kundgeben. Die Vorgänge im Bereich der Schilddrüse führen zu einer Reaktivierung im Bereich dieses Organs über die physiologische Grenze hinaus und damit zu einem gehäuften Auftreten thyreotoxischer Krankheitsbilder (Basedow). Das

gleiche gilt auf dem Gebiet der Beeinflussung der Zirkulation und zeigt sich in der Häufung von Todesfällen infolge Kreislaufschäden (Apoplexie).

Daß nicht wenige Krankheiten einen ausgesprochenen jahreszeitlichen Rhythmus haben, war schon den alten Ärzten bekannt. Wir fassen klimatische Faktoren ebenso wie das Wetter als Einwirkung auf das vegetative System auf (s. S. 124). Daher ist es nicht verwunderlich, daß vor allem solche Krankheiten, die enge Beziehungen zur vegetativen Innervation besitzen, einen Frühjahrgipfel zeigen, d. h. sie setzen besonders zu der Zeit gehäuft ein, wenn die verstärkte Strahlung der Frühjahrs-sonne erscheint: Magen- und Darmulcus, akutes Glaukom, Pylorospasmus der Kinder, Chorea, Menstruationsanomalien.

Banaler und einfacher sind die Zusammenhänge, die sich aus der erhöhten Sommerwärme ergeben (DE RUDDER). Die erhöhte Schweißbildung führt zu Friesel, Ekzem, auch zu Furunkulose. Die sommerliche Überhitzung kann zu Wärmeschäden bis zu Hitzschlag und Sonnenstich führen. Die früher sehr verbreitete, dank der modernen Säuglingsfürsorge seltener gewordene Sommersterblichkeit der Säuglinge ist eine Krankheit, die man als Folge der Überwärmung des Säuglingskörpers auffassen muß. Sie wurde vor allem bei Kindern in überheizten Dachwohnungen, in schwülen Küchenräumen usw. beobachtet. Gesetzmäßigen Jahreszeitenverlauf (Sommergipfel) zeigt ferner eine Reihe in-

fektiöser Darmkatarrhe (Paratyphus, Typhus, infektiöse Enteritis, Ruhr). Die Ursachen sind mannigfaltige, man denke an Speiseeis- und Kartoffelsalatinfektion, an den Genuß roher Nahrungsmittel, verunreinigtes Wasser, Übertragung durch Insekten. Ungeklärt, aber feststehend ist der Sommergipfel der Poliomyelitis und der wahrscheinlich kausal ähnlich liegenden sogenannten Bornholmer Krankheit im Spätsommer und Herbst (Myelitis acuta epidemica).

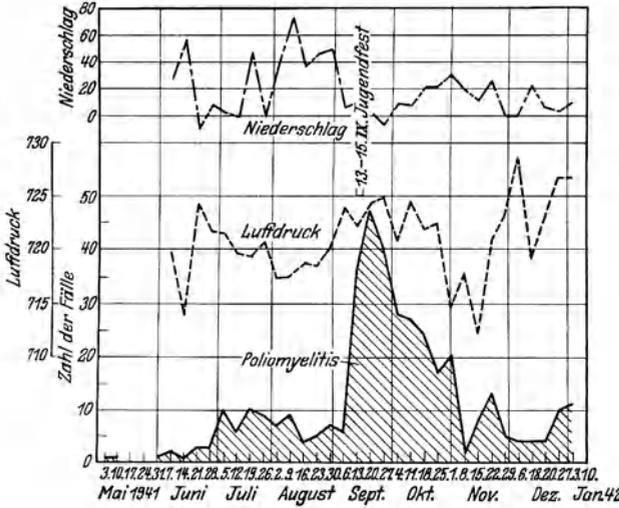


Abb. 43. Saisonbedingtheit der Poliomyelitis. Bezichungen zum Witterungscharakter. (Nach v. NEERGAARD.)

Auch andere Infektionskrankheiten zeigen ausgesprochene Saisonrhythmen, so die Angina (Spätwinter), Pneumonie (Frühjahr), Scharlach und Diphtherie (Winter und Frühjahr), Malaria (Sommer). Natürlich kommen als Saison-gipfel bei Infektionskrank-

heiten nicht nur die direkten Einwirkungen des jahreszeitlich gebundenen Klimas in Betracht, sondern es müssen (DE RUDDER) drei Bedingungen erfüllt sein,

heiten nicht nur die direkten Einwirkungen des jahreszeitlich gebundenen Klimas in Betracht, sondern es müssen (DE RUDDER) drei Bedingungen erfüllt sein,

- Corylus avellana (Haselnuß)
- Salix (Weide)
- Populus (Pappel)
- Hyacinthus (Hyacinthe)
- Anthoxanthum odoratum (Ruchgras)
- Convallaria majalis (Maiglöckchen)
- Syringa vulgaris (Flieder)
- Tulipa (Tulpe)
- Alopecurus pratensis (Fuchsschwanz)
- Holcus lanatus (Honiggras)
- Lolium perenne (Lohr)
- Robinia pseudacacia (Akazie)
- Secale cereale (Roggen)
- Festuca (Schwingel)
- Bromus (Trespe)
- Agrostis (Straußgras)
- Arrhenatherum (Glatthafer)
- Dactylis glomerata (Knäuelgras)
- Ligustrum vulgare (Liguster)
- Phalaris arundinacea (Rohrglanzgras)
- Philadelphus coronarius (Jasmin)
- Poa (Rispengras)
- Sambucus nigra (Holunder)
- Tilia (Linde)
- Trisetum flavescens (Gelber Wiesenhafer)
- Cynosurus cristatus (Kammgras)
- Phleum pratense (Lieschgras)
- Zea mays (Mais)
- Chamomilla vulgaris (Kamille)

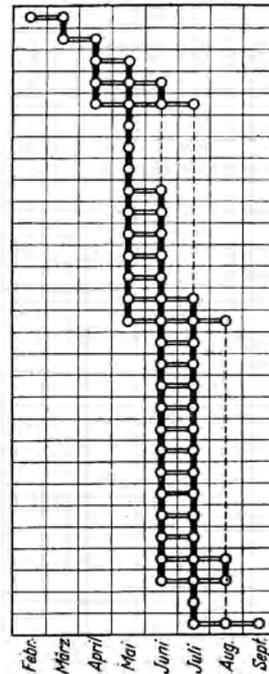


Abb. 44. Blütezeit der Heufieberpflanzen. (Nach einer Zusammenstellung der Behring-Werke aus PFLEIDERER und BÜTTNER.)

das Vorkommen der spezifischen Erreger, die Übertragungsmöglichkeiten auf den Menschen und die Gegenwart empfänglicher Menschen. Auf die beiden zuerst

genannten Faktoren haben die jahreszeitlichen Verhältnisse entscheidenden Einfluß. Auch an die jahreszeitlich veränderte Disposition beim Menschen ist zu denken.

Dazu kommt, daß eine allgemein verbreitete Erkrankung, die Tuberkulose, einen ausgesprochenen Saisonrhythmus zeigt. Die Tuberkulosesterblichkeit ist in allen Ländern unserer Breiten vom März bis Mai erhöht, eine Zunahme zeigt in dieser Zeit vor allem die Meningitis tuberculosa, die Hämoptoe und die Conjunctivitis phlyktaenosa. Auch hier dürfte es sich um die Auswirkung von jahreszeitlichen Dispositionsschwankungen handeln, die wiederum maßgebend sind für den Immunkörperbestand. Auch mehr indirekte Zusammenhänge bewirken einen saisonmäßigen Verlauf von Krankheitserscheinungen: so Veränderungen der Vitaminzufuhr durch die jahreszeitlich wechselnde Ernährung (Hypovitaminosen), die veränderte Lebensweise überhaupt. Hierher gehört auch das Heufieber, das in seinem Auftreten bestimmt ist durch die Blütezeit verschiedener Gräser und Blütenpflanzen (s. Abb. 44).

Rachitis und Tetanie.

Die *Rachitis*, einstmals nahezu unheilbar und so verbreitet, daß sie im späteren Mittelalter als eine normale Stufe der kindlichen Entwicklung gegolten haben muß (wie sich aus bildlichen Darstellungen ergibt, DE RUDDER), ist heute weitgehend zurückgedrängt. Es ist schon lange bekannt, daß sie (PALM) bei Sonnenmangel besonders stark auftritt. Sie ist fast ausschließlich über die gemäßigten Zonen verbreitet, vor allem in den Großstädten und Industrievierteln. Von hier stammt auch (GLISSON) über das Vorkommen in Glasgow die erste klassische Beschreibung, daher Englische Krankheit. In den Subtropen und Tropen ist sie nahezu unbekannt, nur in den Pfahlbauten in Afrika und in indischen Bezirken, wo (Indien) durch den religiösen Ritus die Kinder unter Lichtabschluß großgezogen werden, kommt sie vor (mohammedanische Sekte der Purdah). In Indien haben die vom Lichte nicht abgeschlossenen Hindu-kinder dagegen keine Rachitis. In unseren Breiten ist sie vor allem im Tiefland vorhanden, im Hochgebirge nicht. An den Sonnenseiten der Alpentäler fehlt sie, an den Schattenseiten ist sie vorhanden (BERNHARD). SCHMORL hatte bei Sektionen gefunden, daß rachitische Kinder Heilungsvorgänge am Knochen-system erkennen lassen im Frühling und Sommer, nicht aber im Herbst und Winter: alle diese Beobachtungen ergeben eine deutliche Beziehung der Krankheit zur Sonnenstrahlung. Nachdem HULDSCHINSKI 1919 die Heilbarkeit der Rachitis durch Höhensonnenbestrahlung nachweisen konnte, wurde man aufmerksam, daß nicht das ganze Sonnenspektrum, sondern die UV-Strahlung das Wesentliche sei. Es ließ sich dann weiter zeigen, daß ein verhältnismäßig enger Bereich von Strahlen (313—297 $m\mu$) rachitisheilend wirkt. Spätere Untersuchungen ergaben, daß die Strahlen in der Haut von den Sterinen aufgenommen und daß diese an sich inaktiven Sterine durch die Bestrahlung antirachitisch aktiviert werden. Man faßte daher die Sterine als Provitamine auf. Die Zusammenhänge wurden durch die Arbeiten von WINDAUS, POHL und HESS geklärt: es handelt sich um das Ergosterin, einen Abkömmling des Cholesterins, oder um das damit verwandte 7-Dehydro-Cholesterin. Das wirksame Prinzip wurde schließlich von WINDAUS auch chemisch isoliert (Vitamin $D_2 + D_3$).

Weiter ergab das Tierexperiment, daß nicht nur durch die Bestrahlung mit UV-Strahlen ein rachitisches Tier geheilt werden konnte, sondern man konnte rachitische Ratten auch dann heilen, wenn man ihnen die bestrahlte Haut von anderen Tieren als Nahrung gab. Damit war also gezeigt, daß man das wirksame Prinzip entweder durch Bestrahlung im kranken Körper aktivieren oder

auch per os einführen konnte. Der ursprünglich unvereinbare Widerspruch in den Beobachtungen wurde schließlich geklärt. Dieser Widerspruch bestand darin, daß einerseits Rachitis durch Sonnenmangel entsteht und daß sie durch UV-Strahlung heilbar ist, daß man sie andererseits durch Gaben von Lebertran heilen konnte. Nun war es im Tierexperiment gelungen, Rachitis künstlich bei Ratten herbeizuführen. Damit hatte man eine sichere Unterlage für die Feststellung antirachitisch wirksamer Nahrung. Diese Zusammenhänge führten zu dem Versuch, auch Nahrungsmittel zu bestrahlen, um womöglich in ihnen durch die Bestrahlung ähnlich wie beim lebenden Tierkörper das antirachitische Prinzip zu aktivieren. Der Versuch gelang vollständig. Bestrahlt man Milch (und viele andere Nahrungsmittel), so gewinnt man eine Milch mit antirachitischer Wirksamkeit, denn Milch enthält an sich nur wenig rachitiswirksame Vitamine, wohl aber reichlich Provitamine, welche durch die Bestrahlung aktiviert und wirksam werden. So hat also die lichtbiologische Forschung hier einen großartigen Erfolg zu verzeichnen. Darüber hinaus sind wichtige Erkenntnisse betreffend das Knochenwachstum und betreffend die Erhaltung des Skeletts beim Erwachsenen gewonnen worden, aus den Arbeiten über das Vitamin D und seine Abkömmlinge.

Natürlich ist Voraussetzung, daß ein aktivierbares Provitamin sich in der Haut des zu bestrahlenden Kranken vorfindet. Es kann, wie es z. B. durch die Hungerblockade nach dem Weltkrieg oder bei einseitiger Nahrung beobachtet werden konnte, das Provitamin fehlen, so daß dann die Bestrahlung auch nichts aktivieren kann. Extreme Situationen können dann auch beim Erwachsenen ähnliche Krankheitsprozesse hervorrufen (Osteomalacie).

Schon längst wußte man, daß die *Tetanie* (Spasmophilie der Kinder) vor allem bei rachitischen Kindern, und zwar als ausgesprochene Saisonkrankheit im Frühjahr vorkommt (MORO u. a.). Im Verlauf der Rachitis verarmt der Körper an Phosphat und an Kalk, während die Wirkung der UV-Strahlung im Frühjahr ziemlich rasch zu einem Wiederanstieg des anorganischen Blutphosphats führt. Nun kommt es darauf an, in welchem Tempo dieses geschieht. Wenn etwa durch die Unvernunft der Mütter die Kinder im Frühjahr bei der ersten Sonne dieser sehr intensiv ausgesetzt werden und wenn auf langes trübes Nachwinterwetter plötzlich sehr starker Strahleneinfall folgt, dann kann es zu einem plötzlichen Anstieg der Serumphosphate beim rachitischen Kind kommen. Dieser Anstieg hat aber zwangsläufig ein Absinken des Kalkspiegels im Blut zur Folge, die Spasmophilie aber ist bedingt durch die Abnahme des ionisierten Blutkalks. Die Tetanie tritt also sozusagen (ROMINGER) als eine Heilkrisis der Rachitis auf. Sie kann vermieden werden, wenn die Bestrahlung im Frühjahr mäßig dosiert wird und vorsichtig erfolgt, so daß die Spiegel des Phosphats und des Kalks im Blut sich langsam angleichen können. Damit hat also der Frühjahrs-gipfel der Tetanie seine Aufklärung gefunden in der am rachitischen Organismus angreifenden Dorno-Strahlung (DE RUDDER).

Einfluß des Klimas auf die Ausbreitung von Seuchen.

Manche Seuchen werden direkt von Mensch zu Mensch übertragen (Geschlechtskrankheiten, Tuberkulose) oder auf einem zwar indirekten, aber kurzen Wege (Typhus, Paratyphus, manche Hautkrankheiten). Hier können sich klimatische Einflüsse nicht oder kaum entfalten. Sobald aber die Erreger sich für ihre Entwicklung und Übertragungsfähigkeit eines Zwischenwirtes bedienen müssen (Malaria, Pest u. a.), wobei oft umständliche Wege außerhalb des menschlichen Körpers zurückgelegt werden, dann kommt der Einfluß des Klimas bestimmend in Betracht; denn die Zwischenwirte sind meistens frei lebende Tiere, zum Teil

poikilotherme Tiere, deren Dasein klimabedingt ist. Die Verhältnisse sind sehr mannigfaltig. Auch ohne eigentliche Zwischenwirte können Krankheiten von frei lebenden Tieren auf den Menschen übergehen, auch hier spielen klimatische Faktoren mit.

Die *Tularämie* ist eine Krankheit kleiner Nager, vor allem der Ratten, die Träger der Krankheit sind Trockentiere, deren Lebensraum die Steppe ist. Treten Überschwemmungen ein, so verlassen die Tiere ihren Wohnraum und gelangen in die Nähe menschlicher Siedlungen. Eine Überschwemmung kann gegebenenfalls durch Regengüsse, auch Schneeschmelze, im weit entfernten Oberlauf des Flusses herbeigeführt sein. Es kann sich also um Fernwirkungen klimatischer Art handeln. In der Nähe der menschlichen Siedlungen werden die kleinen Nager ihres Pelzes wegen vielfach gejagt. Dann kommen Menschen mit ihnen in unmittelbare Berührung und die Übertragung ist gegeben. Die Änderung der Feuchtigkeitsverhältnisse einer Gegend ist also hier der klimatische Faktor, der das Auftreten der Seuche beim Menschen bestimmt, die außerdem noch durch eine Bremse direkt übertragen werden kann.

Beim Ausbreitungsgebiet der *Malaria* erweist sich der Wärmefaktor als ausschlaggebend. Die Malaria (Darstellung nach MARTINI) ist eine Krankheit warmer Zonen. Ihre Ausbreitung folgt den Sommerisothermen (s. Abb. 15). Im Winter hält sich der Malariaerreger (Plasmodiumart) im Blut der Warmblütler meist im latenten Zustand, im Sommer aber wird er übertragen; das geschieht außerhalb des Menschen unter Mithilfe einiger Mückenarten der Gattung Anopheles. Plasmodien haben ihre besten Entwicklungsbedingungen bei 25—28°. Das gilt sowohl für die Tertiana wie für die bösartige Malaria. Unter 16° entwickeln sich die beiden Arten nicht mehr. Die 16°-Juli-Isotherme zeigt daher annähernd die nördliche Ausbreitungsgrenze der Malaria an. Niedrige Wintertemperaturen werden dabei besser vertragen als das Fehlen ausreichender Wärme im Sommer, weil die letztere für die Entwicklung der Erreger und das Leben der Zwischenwirte entscheidend ist. So wird die Malaria noch in Moskau (kontinentales Klima mit kalten Wintern und heißen Sommern) beobachtet, fehlt aber in vielen Küstengebieten Europas, die durch ihr ausgeglichenes maritimes Klima im Winter längst nicht so kalt sind wie das Innere Rußlands, im Sommer aber aus dem gleichen Grunde nicht die optimale Wärme erreichen. Das kann sich vorübergehend in sonst malariefreien Gegenden ändern, wenn besonders heiße Sommer auftreten. Daraus erklären sich gelegentliche Malariaepidemien im Küstengebiet der Nordsee, England usw. Dort wird dann vorübergehend eine Wärme von 16° im Tagesmittel erreicht, womit die Ausbreitungsbedingungen gegeben sind.

Das *Gelbfieber* (MARTINI) ist in tropischen Gebieten in den Niederungen weit verbreitet, meidet aber die höheren Regionen, es kann höhere Gebirge nicht überschreiten. Die Tsetse-Fliege der *Schlafkrankheit* braucht Wärme, Schatten und Luftfeuchtigkeit. Ihre Ausbreitungsgebiete sind daher warme Kerngebiete mit schützender Vegetation. Sie wächst in der Regenzeit, geht in Trockenperioden zugrunde. Das Ausbreitungsgebiet vieler Seuchen ist gleichbedeutend mit der geographischen Begrenzung bestimmter Insektenarten. Die *Nagana-Viehseuche* ist an das Ausbreitungsgebiet der Zungenfliegen (Glossinaarten), die *Pest* an die Verbreitung des Rattenflohes usw. gebunden. In allen angezogenen Beispielen sehen wir das Klima als entscheidenden Faktor für Ausbreitung und Gang der Seuchen.

In der Vergangenheit haben diese Zusammenhänge oft eine entscheidende Rolle für das Schicksal geschichtlicher Ereignisse, für Ausbreitung großer Reiche, für den Untergang ganzer Kulturen gespielt. Zeichnet man eine Kurve der ver-

schiedenen kalten und warmen Perioden, die über Europa, soweit geschichtliche Aufzeichnungen Aufschluß geben, hinweggegangen sind (nach CELLI und MARTINI), so findet man die Gipfelpunkte der kälteren Perioden ungefähr um 700 v. Zeitw., im 2.—4. Jahrhundert n. Zeitw., ebenso im 9.—10. und 14.—16. Jahrhundert, dazwischen liegen die wärmeren Perioden (s. S. 102). Das Ganze verläuft ungefähr in einer Sinuskurve. In die wärmeren Perioden fallen die großen geschichtlichen Seuchen, die Pest des Thukydides im 3. und 4. Jahrhundert v. Zeitw., die Pest des Galen im 2. und 3. Jahrhundert n. Zeitw., die große Volksseuche in England im 6. und 7., der Schwarze Tod in Mitteleuropa im 13. und 14. Jahrhundert, die Malariaepidemie in Italien und Deutschland im 16. bis 18. Jahrhundert. Was die geschichtlichen Aufzeichnungen als Pest bezeichnen, sind teilweise Malariaepidemien gewesen. Der Pest des Thukydides ist die Kultur Griechenlands zum Opfer gefallen. Die ungeheuren kulturellen Verheerungen des Schwarzen Todes in Europa sind bekannt. Die Malaria hat Italien wiederholt bis vor die Tore Roms in eine Öde verwandelt (CELLI). In kleinerem Maßstabe haben klimatische und regionär bedingte Seuchen die Kreuzzüge, die Romfahrten der deutschen Kaiser, den Feldzug Napoleons in Rußland entscheidend beeinflußt. MARTINI sagt mit Recht, daß jede geschichtliche Epoche uns nur lebendig wird, wenn wir wissen, in welchem Klima sie sich abspielt habe.

Das Klima als Heilfaktor.

Die Erfahrungen besonders der letzten Jahrzehnte zeigen in steigendem Maße, daß das Klima als ein Heilfaktor ersten Ranges anzusehen ist und daß geeignete Klimakuren, zur rechten Zeit angewandt, bei vielen Krankheiten wunderbare Erfolge zeitigen können. Das gilt für die Behandlung einer so bedeutungsvollen Krankheit wie der Tuberkulose, das gilt auch für viele andere Krankheitszustände, wie Asthma, Kreislaufstörungen, Blutkrankheiten, Kinderkrankheiten, Erschöpfungszustände und für alle in die Erholungsfürsorge fallenden Zustände.

Man macht die Erfahrung, daß gewisse Erholungsreaktionen sich bei der Verschiebung von Menschen in allen Klimatalagen erzielen lassen, im Hochgebirge, an der See, im Mittelgebirge, in den Walderholungsstätten nahe den Industriezentren. Das sind vor allem Steigerung des Stoffwechsels, Besserung des Blutbildes, Änderung der Haut- und Schleimhautreaktionen, Gewichtszunahme. Man hat das aufgefaßt als die Folge des Klimawechsels, insofern gegenüber dem gewohnten Klima der Umgebung das neue *Klima* wirksam, man sagt *different* ist.

Indifferent ist im gleichen Sinne eigentlich nur das gewohnte Klima, in welchem der Mensch aufgewachsen ist oder in dem er wohnt. Es gibt aber Fälle, in denen Menschen, in eine andere Umgebung verpflanzt, sich an das neue Klima trotz jahrelangen Aufenthalts nicht gewöhnen können, so daß dieses für sie dauernd *different* bleibt. Daraus sieht man, daß die Begriffe *different* und *indifferent* nicht an der Beschaffenheit des Klimas hängen, sondern an der Reaktionsweise des einzelnen Menschen. Eine Einteilung der Klimatalagen nach ihren Komponenten in *different* und *indifferent* Klimen, wie man es versucht hat, ist nicht möglich.

Ebenso lassen sich die Klimate nicht in *spezifische* und *unspezifische* sondern. Man hat als *spezifisch* die Klimate bezeichnet, welche Bestandteile enthalten, die anderen Lagen nicht eigen sind, so den verminderten Luftdruck bei Höhenlagen, die feuchte Wärme der tropischen Niederung usw.

Als *Schonklima* hat man ein Klima mit reiner Luft, wärmeren behaglichen Temperaturen, geringer Luftbewegung usw., als *Reizklima* ein solches mit starken Unterschieden der Tag- und Nachttemperatur, häufiger Luftbewegung, inten-

siven Strahlungsverhältnissen bezeichnet. Manche Klimen nehmen die körperlichen Reaktionen und Regulationen sehr stark in Anspruch. Dahin gehört der verminderte Sauerstoffdruck im Gebirge, die feuchte Wärme der Tropen, die unreine Luft der Industriereviere. Man spricht dann von einem *Belastungsklima*. Alle diese Einteilungen berücksichtigen zu wenig die Tatsache, daß nicht die Komponenten des Klimas, sondern im Bereich der Anwendung auf den Menschen als Kur- und Heilklima die Art der *individuellen Reaktionsfähigkeit* entscheidet.

Dagegen ist von großer Wichtigkeit (PFLEIDERER) sich klarzumachen, daß es in den verschiedenen Klimatalagen *unentrinnbare und entrinnbare Bestandteile des Klimas* gibt, daß demgemäß die ersteren nicht, die letzteren aber dosierbar sind. Unentrinnbar sind solche Faktoren, welche auch durch geeignete Kleidung oder Standortänderung (Aufenthalt im Bett) nicht abgeändert werden können; dahin gehört der verminderte Luftdruck im Gebirge, die feuchte Schwüle vieler Küstenlagen der wärmeren Regionen, aber auch die Sommerwärme mancher unserer Gegenden, gewisse Eigenschaften des Aerosols (Großstadt, Seeküste), die ständigen Bodenexhalationen z. B. von Radium in der Nähe mancher Quellen, bis zu einem gewissen Grade auch die Himmelsstrahlung. Entrinnbar sind alle anderen Faktoren, so vor allem die Bestrahlung durch die Sonne, die Einwirkung von Wind und Wetter. Es ist die Aufgabe des Kurarztes, durch richtige Verteilung und richtige Auswahl von Ort und Zeit eine Abstufung der entrinnbaren Einwirkungen zu erzielen, so können Freiluftliegekuren durch Anwendung im Zimmer, geschlossener Veranda, offener Liegehalle, im Schatten von Bäumen, auf freier Wiese weitgehend abgestuft werden. Damit und durch die richtige Verteilung von Ruhe und Bewegung werden sehr unterschiedliche Reizqualitäten erreicht.

Klimareaktion, Akklimatisation.

Daß Klimawirkungen eine Umstellung des Organismus zur Folge haben, geht schon aus der sogenannten *Klimareaktion* und aus den *Akklimatisationsbeschwerden* hervor. Analog der Badereaktion beobachtet man auch bei Klimakuren Reaktionen, die sich bald nach Aufnahme des Kurgebrauchs einstellen. Die Erscheinungen sind der Badereaktion völlig analog: allgemeine Unlust, Schlaflosigkeit, Appetitmangel, Kopfweh, Beschwerden an alten empfindlichen Stellen, Nervenschmerzen, Neuralgien. Der Eintritt dieser Beschwerden (PFLEIDERER, BACMEISTER) liegt im Hochgebirge etwa am dritten, an der See am dritten bis zehnten Tag, im Mittelgebirge in der dritten Woche.

Wir sehen aus der raschen Einstellung, mit der der Organismus auf veränderte Verhältnisse reagiert (Sauerstoffpartialdruck, Temperatur usw.), daß der Organismus sich in mancher Beziehung kurzfristig umstellen kann. Diese kurzen schroffen Ausschläge können zu einer Daueränderung überleiten. Derartige Schwankungen teilen sich dem Gefühl mit. In extremen Klimatalagen, Hochgebirge, Nordsee, bei empfindlichen Menschen, bei Kindern braucht die Anpassung Zeit. Wiederholte Aufenthalte bringen bei manchen Menschen jedesmal dieselben Akklimatisationsbeschwerden. Es gibt Menschen, denen die Anpassung schlecht gelingt. Sie bleiben empfindlich gegen bestimmte Klimareize (*Klimasensibilisierung*). Für den Organismus bringt im allgemeinen dieser Vorgang einen willkommenen Reiz, durch den die Umstimmung des Organismus, die zur Erholung und Genesung überleitet, ebenfalls ähnlich den Badekuren, eingeleitet wird. Gerade aus diesem Grunde wählen wir ja für Klimakuren solche Lagen, die ein vom Aufenthalt verschiedenes Klima haben.

Die Anforderungen der Anpassung sind sehr verschieden, je nach dem Kontrast, der Jahreszeit, auch dem Lebensalter. Umsiedlungen oder Rückkehr nach jahrelangem Aufenthalt aus den Tropen in den mittel- oder nordeuropäischen

Raum, zumal in der sonnenarmen Jahreszeit, können einen schweren Kälteschaden auslösen. Ein Wechsel unter ähnlichen, aber nicht so schroffen Differenzen kann immerhin Akklimatisationsbeschwerden im Sinne einer echten Erkältungskrankheit zur Folge haben. Andererseits werden besonders schnelle Umstellungen im Frühjahr aus dem Norden in südlichere Breiten (Sizilien, Azoren) von älteren Leuten mit Gefäßschäden (Arteriosklerose) oft schlecht vertragen (Apoplexiegefahr). Auch im geschichtlichen Geschehen hat dies Bedeutung hinsichtlich der klimatischen Einpassung ganzer Völker in einen neuen Wohnraum (Inklimatisation nach HELLPACH).

Klimatherapeutische Wandlungen im Organismus.

Wenn wir erfahrungsgemäß feststellen, daß nach Klimakuren die Menschen gesünder und leistungsfähiger werden, daß sie weniger anfällig sind, daß ihre Reaktionen ruhiger und stabiler verlaufen, ihre Abweherscheinungen kräftiger werden, so stellen wir damit einen durch die Klimakuren herbeigeführten Wandel der Persönlichkeit fest; wir sprechen dann von einer *konstitutionellen Wirkung*. Es kann heute kein Zweifel darüber bestehen, daß Klimakuren Einfluß auf die Konstitution ausüben.

Die Einwirkungen auf das Leben von Pflanze, Tier und Mensch, die stammes- und rassebildenden Eigenschaften des Klimas zeigen das im großen Maßstabe und lassen erkennen, daß hier *langfristige Einwirkungen*, die sich über Generationen erstrecken können, vorliegen. Bei der Konstitutionswandlung im Verlauf von Klimakuren handelt es sich dagegen um *kurzfristige Einwirkungen*. Trotzdem darf auch hier, wie die praktische Erfahrung des beobachtenden Arztes lehrt, an einen konstitutionellen Wandel gedacht werden.

Es ist nicht immer einfach, die Erfolgerscheinungen von Klimakuren klar zu definieren. Viele der im folgenden mitgeteilten nachweisbaren Ergebnisse der Kuren, die Zunahme von Wachstum und Gewicht bei Kindern, von Gewicht auch bei Erwachsenen, die Änderungen des Stoffwechsels, des Blutbildes, der psychophysischen Reaktionen gehören in diesen Bereich und machen in ihrer Gesamtheit die erwähnte Umstellung aus. Hier bestehen weitgehende Ähnlichkeiten zwischen Klima- und Badekuren. In beiden Fällen handelt es sich um Ganzheitswirkungen auf den Organismus.

Man hat mit mehr oder weniger Recht einzelne Klimafaktoren in Zusammenhang gebracht mit bestimmten Erfolgerscheinungen im Organismus. Die spezifische Wirkung einer meteorischen Komponente wird deutlich sichtbar bei der Strahlenwirkung (Bräunung, Blutbild) oder bei der Höhenlage (Höhenhypererythrocytose). Im Experiment zeigt sich, daß die UV-Strahlung eine Herabsetzung des Sympathicotonus zur Folge hat, Senkung des Blutzuckers (auch beim Diabetiker), Steigerung des Blutcalciums und -phosphors (ROTHMANN, CALLENBERG), in vermindertem Luftdruck soll eine Erhöhung des Sympathicotonus mit Blutzuckerzunahme (HOLMQUIST) einsetzen. Nach Luftkörperwechsel sind Schwankungen des p_H des Blutes, des Cholesteringehalts des Blutes (PETERSEN) u. a. nachgewiesen. Das, was wir die Klimawandlungen im Organismus nennen, ist aber nicht auf einzelne Faktoren des meteorischen Geschehens zu beziehen, es handelt sich stets um Auswirkungen des gesamten klimatischen Milieus. Nicht nur das Hochgebirge mit seinen in die Augen fallenden Reizen, alle Klimatalagen lassen solche Wirkungen erkennen.

Wachstum und Gewicht.

Die Kinder, welche zu Klimakuren verschickt werden, zeigen vielfach in Wachstum und Gewicht einen Rückstand. Es fehlt hier an einem ausgeglichenen

Stoffwechsel als Grundlage für Verbrauch, Ersatz und Ansatz. Nun haben gerade die Klimakuren gezeigt, daß nicht künstlich anreichernde Mastkuren und Bewegungsschonung Wachstum und Gewicht steigern, sondern Bewegung, Hautreize durch viel Aufenthalt im Freien, Liegekuren in wenig bekleidetem Zustand; auch die den Konsum steigernden Klimalagen im Hochgebirge und an der See haben scheinbar die meiste Einwirkung auf Wachstum und Gewicht. Es handelt sich also nicht um die Erfolge einer bevorzugten schonklimatischen Behandlung (PFLEIDERER). Auch die Anregung der Atmung (Bedeutung der Spiele) scheint, zumal in differenter Luft am Strande, in der Nähe von Graderhäusern wichtig zu sein. Bei Kindern darf man zur Beurteilung nicht einfach die absoluten Zahlen wahllos heranziehen. Man muß die Relation Länge, Gewicht, Brustumfang berücksichtigen. Beim Erwachsenen sind gleichfalls Normalzahlen für Gewicht, bezogen auf die Länge, bekannt. Beim Kind hat das Wachstum im Frühjahr, die Gewichtszunahme im Herbst ein physiologisches Maximum. Der UV-Genuß und die Vitamin-D-Bildung in der Haut beeinflussen, wie man annimmt, auch das Skelettwachstum und wahrscheinlich sogar die Skelettverhältnisse beim erwachsenen Menschen.

Die Gewichtszunahme betrifft Muskulatur, Fettgewebe und Eiweißansatz. Man hat Anhaltspunkte für eine Zunahme der muskulären Leistungsfähigkeit, wenn auch die Dynameterprüfung nicht ausreicht. Das UV-Erythem scheint die muskuläre Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Bei Gewichtszunahme, das gilt sowohl für Kinder wie für Erwachsene, ist stets mit einer Zunahme des Fettpolsters zu rechnen (PFLEIDERER und BÜTTNER).

Der magere Organismus hat schlechtere Bedingungen bezüglich des Wärmeausgleichs. Die typisch kalten Extremitäten des Mageren zeigen, daß der Magere die Hautdurchblutung der Extremitäten drosselt. In der Tat ist die Differenz zwischen der Hauttemperatur des Bauches und der Extremitäten beim Mageren größer als beim Normalen. Dadurch leiden natürlich die Regulationen zur Abwehr von Erkältungen. Der Magere muß unter kühlen Bedingungen durch Stoffwechselsteigerung ausgleichen. Unter warmen Bedingungen ist er auch schlechter gestellt, da sein Schweißdrüsenapparat nicht mit derselben Präzision arbeitet wie der des Normalen oder Fettes (PFLEIDERER). Wir müssen also einen normalen Fettansatz durchaus erstreben, natürlich keine Verfettung, denn der Fette ist ja wiederum in der Abkühlung usw. schlechter gestellt als der Normale (siehe S. 109), ganz abgesehen von anderen Gründen. Auch darf eine Gewichtszunahme nicht durch erhöhte Wasserretention (Frage der Diät) vorgetäuscht werden.

Verschiedene Organbereiche.

Der erwähnte Muskelansatz ebenso wie die Vermehrung der Blutzellen und jede Organvergrößerung überhaupt spricht für *Eiweißansatz*: der Verlauf von Klimakuren und der allgemeine Eindruck der Erholung machen dies wahrscheinlich. Im Hochgebirge und an der See tritt N-Retention ein (VERAGUTH, NOTHAAS). Da die N-Retention hierbei erst langsam und später schneller verläuft, während die Gewichtszunahme bei Kindern vor allem erst schneller verläuft und später nachläßt, so hat man geschlossen, daß in der ersten Zeit hauptsächlich Fett angesetzt wird und daß der Ansatz von Muskelgewebe erst im späteren Verlauf der Kur nachfolgt.

Die chemische Wärmeregulation (s. S. 107) bedingt es, daß die Klimaverhältnisse den *Umsatz* steigern, was für Luft- und Sonnenbäder, wenn keine Wärme einwirkung vorliegt, wichtig ist. Bei warmen Verhältnissen tritt eine Steigerung dann ein, wenn durch eine Kreislaufbelastung erhöhte Kräfte notwendig werden, also erst bei höheren Graden. Hinsichtlich Sonnenstrahlung und Umsatz steht

die Sache so, daß die Erythemwirkung der UV-Strahlen den Umsatz erhöht, vielleicht durch Eiweißabbauprodukte; die UV-Strahlung als solche hat keinen Einfluß.

Was die einzelnen Klimatalagen betrifft, so scheint nur das Höhenklima eine Steigerung des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes zu zeigen, und zwar (PFLEIDERER) läßt sich sagen, daß in etwa 2000 m Höhe der Umsatz um 10% erhöht ist. Dagegen werden andererseits manche Stoffwechselfvorgänge durch das Höhenklima herabgesetzt, was (PFLEIDERER) für die Kurerfolge der Basedowschen Krankheit wichtig sein könnte. An der See tritt eine Steigerung nur an der freien Nordseeküste und unter den Einwirkungen der Brandungszone auf, ebenso bei kalten Seebädern.

Was die *körperliche Leistungsfähigkeit* anbelangt, so ist im Seeklima und im Hochgebirge durch die kühlen Bedingungen eine erhöhte Leistungsfähigkeit und das Gefühl einer leichteren Bewältigung körperlicher Arbeit gegeben (PFLEIDERER). Daher wachsen auch die psychomotorischen Antriebe.

Kühle Klimabedingungen steigern den *Sympathicotonus* und damit die Adrenalinausschüttung, sie erhöhen den Blutzuckerspiegel. Wärme hat eine entgegengesetzte Wirkung. Diese Erfolge treten schon bei kurzfristiger Wirkung ein: die Bestrahlung (UV) hat einen blutzuckersenkenden Effekt, auch bei künstlichen Strahlern. Die Zuckertoleranz wird durch Sonnenbäder erhöht, damit stimmt überein, daß sowohl an der See wie im Hochgebirge der Diabetiker mit geringeren Insulingaben auskommen kann. Von der erwähnten Veränderung der Blutspiegel unter klimatischen Einwirkungen wird vor allem der Quotient K/Ca betroffen. UV-Bestrahlung erhöht den Ca-Spiegel, übrigens auch den von Magnesium und Natrium, ebenso erhöhen Seebäder den Calciumwert. Man muß in Rechnung stellen, daß die Blutspiegel jahreszeitliche Schwankungen zeigen (STOLTE).

Bekanntlich verschieben gewisse Krankheitszustände die *Stoffwechsellage*, so die Rachitis in den azidotischen, die Tetanie in den alkalotischen Bereich. Bei Kuren muß man beachten, daß die vitaminarme Winterkost eine azidotische, die vitaminreiche Sommerkost eine alkalotische Lage begünstigt. Aufenthalt in größeren Höhen begünstigt die Azidose. Das ist einleuchtend, weil die CO₂-Bindung des Blutes dort herabgesetzt ist, wodurch saure Stoffwechselfprodukte im Blute und eine Verminderung der Alkalireserve erscheinen.

Veränderungen im *Blut* spielen sich vor allem bei Höhenkuren ab. Hier muß infolge der Abnahme des Sauerstoffpartialdruckes eine Vermehrung der Erythrocythen einsetzen. Die funktionellen Regulierungen, die bei erhöhter Muskelarbeit mehr Blut in die Blutbahnen bringen, genügen hier nicht mehr; es muß die Oberfläche des Sauerstoffträgers des Blutes vergrößert werden, da das O-Angebot aus der Luft abnimmt. Es handelt sich um eine echte Neubildung von roten Blutkörperchen, die aus der normalen Zahl von 4 Millionen mit der Höhe ansteigen: es sind bei Erhebungen bis 700 m bis zu 6, bei Erhebungen auf 15—1800 m Werte von 6½—7 Millionen gemessen worden. Vor allem zeigen sich bei diesen Vorgängen zahlreiche Retikulocyten in größeren Höhen. Erythroblasten, also jugendliche Formen der roten Blutkörper, sind Beweise für eine gesteigerte Tätigkeit des Knochenmarks. Man kann von einer erhöhten, zum Teil sogar überstürzten Neubildung sprechen (PFLEIDERER). Bei 1800 m Höhe dauert der Ausbau der Komponenten 1—2 Wochen und entspricht damit der Akklimatisationszeit, dies steigert sich noch in größeren Höhen. Auch das Hämoglobin nimmt im Hochgebirge zu. Das weiße Blutbild zeigt ein Vorwiegen bestimmter Elemente im Hochgebirge, die Mononucleären und die Übergangsformen nehmen zu.

Soweit liegt bei den erwähnten Blutveränderungen, der *Höhenhypererythrocytose*, eine Kompensationserscheinung vor, welche die Antwort auf eine klima-

tische Belastung infolge der verminderten Sauerstoffversorgung ist. Diese Erscheinung darf also nicht etwa im Falle einer Anämie von vornherein als eine Heilung der Krankheit angesehen werden. An und für sich nimmt beim Normalen die Höhenhypererythrocytose im Tiefland rasch wieder ab, das Blut stellt sich auf normale Werte ein. Übrigens zeigt das Blutbild Saisonschwankungen, der Hämoglobingehalt ist im Tiefland im Winter 10—20% niedriger als im Sommer. Es darf nicht vergessen werden, daß an dem gesamten Effekt, den die Höhenlage auf das Blutbild ausübt, außer der verminderten O-Spannung auch die Strahlung und die gesamten Luftverhältnisse des Hochgebirges beteiligt sind.

Es ist Tatsache, daß nicht nur in ausgesprochenen Höhenlagen, sondern auch im Mittelgebirge und an der See vorhandene Anämien meist rasch ausheilen (AMELUNG, HÄBERLIN). In jedem Klima kann bei rationeller Anwendung der Klimafaktoren eine Normalisierung des Blutbildes erreicht werden.

Klimatische Wirksamkeiten prägen sich auch im *Verhalten des Kreislaufs und des Herzens* aus. Es handelt sich hierbei zum Teil um indirekte Einflüsse der Abkühlung oder Überwärmung. Kühle Klimen setzen die Pulszahl herab, warme steigern sie wegen der erhöhten Anforderung an den gesamten Kreislauf. Das Hochgebirge steigert den Blutdruck. Von der See ist das nicht nachgewiesen, doch wirkt Seeaufenthalt auf Hypertoniker im allgemeinen nicht günstig. Von großer Bedeutung ist die beruhigende Wirkung auf den gesamten Kreislauf, die besonders von schonungsklimatischen Lagen (Mittelgebirge, Voralpen, Waldlandschaft) ausgeht und die ausgiebig zur Erholung der vegetativ gesteigerten Funktionen des Kreislaufs beiträgt (AMELUNG). Das macht sich z. B. bei der Basedowkrankheit besonders vorteilhaft bemerkbar (s. S. 194).

Die *Atmung* zeigt bei den aus den Bereichen der Großstadt in die Landschaft Kommenden eine Vertiefung. Es entspricht dies dem jedem Laien bekannten Gefühl, wonach in der Reinheit der Luft einer freien Landschaft, erhöht durch die Duftstoffe der Wiesen und Wälder, das Bedürfnis tief zu atmen sich einstellt. Die Verteilung des Sauerstoffes im Hochgebirge bedingt weiterhin eine Erhöhung des Atemvolumens, es wird ausgiebiger geatmet.

Die an der *Haut* vor sich gehenden Veränderungen durch Wärme und Licht, Rötung, Erythembildung, Vitamin-D-Bildung haben wir schon kennengelernt, ebenso die Vorgänge der Hautverdunstung, Schwitzen, der Perspiratio insensibilis. Viele der besprochenen organischen Umstellungen werden auf dem Wege über die Haut vermittelt, denn diese ist das Organ, das am nächsten und direktesten mit den Klimawirkungen in Kontakt kommt.

Seelische Wirkungen.

Seelische Wirkungen (HELLPACH), denen man schon früher die Aufmerksamkeit zugewandt hatte (CARUS, ALEXANDER VON HUMBOLDT), gehen in erster Linie von der *Landschaft* aus. Die Landschaft wird erlebt, es sind die Eindrücke der Bodengestaltung, die Farben und Formen der Berge, die Helligkeitseffekte, die Duftstoffe in Wald und Feld, die auf unsere Sinne wirken und die insgesamt ein Bild der Landschaft in uns hervorbringen. Unter mannigfaltigen, die Seele mächtig in Mitleidenschaft ziehenden Eindrücken, etwa Sonnenaufgang im Gebirge, Mondschein auf einem See, Brandung des Meeres, Wettergewalten in der freien Natur formt sich allmählich der Begriff und die Empfindung der Naturnähe: ein grundsätzliches Erlebnis für jeden Bad- und Kuraufenthalt. Hier gibt es noch etwas wie ein Geheimnis auch für den nüchternsten Menschen der Großstadt. Daraus erwächst wiederum eine größere Empfänglichkeit für die Eindrücke der stündlich und täglich umgebenden Natur und eine weitere Vertiefung

des Naturerlebnisses. Diese Eindrücke erwecken namentlich auch nach einer dem Gewaltigen abgekehrten Seite, wie z. B. das harmonische und liebenswürdige Bild der Mittelgebirgslandschaft Stimmungen, Gefühle, Empfindungen, die den Ausgleich vorhandener Spannungen des seelischen Lebens und eine Normalisierung unserer nervös-seelischen Beschaffenheit fördern. Man geht nicht zu weit, wenn man annimmt, daß ein Teil der Heilwirkungen einer Klimakur, und zwar nicht nur bei Nervösen, auf die Einwirkung der Landschaft und des Landschaftserlebens zu setzen ist.

Die Formung des modernen Lebens ist wenig geeignet, die natürlichen, besonders für unser Nerven- und Seelenleben, aber auch für das gesamte vegetative Dasein wichtigen *Rhythmen* (s. S. 118) zu erhalten. Wenn die Steuerung dieser Rhythmen etwas mit der Lichtwirkung zu tun hat (s. S. 117), so ist das moderne Leben ja besonders geeignet, die Grundlagen der natürlichen Rhythmen zu gefährden. Man hat viele, namentlich neuzeitliche Krankheiten auf den Verlust der natürlichen Rhythmik bezogen (J. H. SCHULZ, HÄBERLIN). Die Versetzung des Menschen in das naturgebundene Milieu der Kur- und Badeorte schaltet für einige Zeit den Menschen bis zu einem gewissen Grade wiederum ein in die natürliche Rhythmik. Ohne Zweifel erleben nicht wenige Menschen hier wieder die natürliche Folge von Tag und Nacht und eine gesunde Periodik von Ruhe, Betätigung, Mahlzeiten usw. Damit werden wieder natürliche Zusammenhänge gewonnen. Auch das kommt der Konstitution des Menschen zugute. Wenn man auch nicht eine direkte Einwirkung aus den Kuren auf die gestörte vegetative Rhythmik ableiten kann, so bleibt doch die Tatsache bestehen, daß gerade die Störungen der nervös vegetativen Rhythmik in Bädern und Kurorten eine deutliche Neigung zur Besserung zeigen (Sekretionsneurosen, Schlafstörungen, Atemstörungen). Im vegetativen Leben wurzelt ein großer Teil unserer seelischen Gesamtlage, mindestens das Allgemeingefühl, die Gefühlslage überhaupt, die Stimmung, die Aktionsbereitschaft. Nicht nur die Sinneswahrnehmung der Landschaft, sondern das gesamte Milieu des Kuraufenthalts ist geeignet, in diesem Sinne günstig zu wirken.

III. Künstliches Klima (Klimatisierung).

Überall, wo der Mensch in die Natur eingreift, entstehen Verhältnisse, die eine Änderung des Klimas in sich schließen. Das gilt von der Rodung der Wälder, der Ablenkung von Wasserläufen, der Eintrocknung von Teichen und Sümpfen, der Anlage der Kultursteppe, dem Bau von Siedlungen und Städten. In allen diesen Fällen handelt es sich um ein künstlich abgewandeltes bzw. neugestaltetes Klima. Erst recht gilt dies vom Klima des Wohnhauses, in dessen Räumen ein künstliches Klima entsteht; ebenso von der Kleidung, die das persönliche Eigenklima um den einzelnen Menschen schafft und erhält.

Ein *Raumklima* ist immer ein künstliches Klima. Man war bisher gewöhnt, nur den Schutz des Menschen vor den Einwirkungen der Außenwitterung, im Winter Heizung, einige primitive Gesichtspunkte der Ventilation ins Auge zu fassen, um in den Räumen, wo Menschen leben und arbeiten, möglichst ein *Behaglichkeitsklima* herbeizuführen. Im Winter kann die Kälte durch Heizung reguliert werden. Im Sommer sind in Mitteleuropa Tage, an welchen die Behaglichkeitszone durch die Außenwärme überschritten wird, selten (LINKE). Nach den Angaben des Reichsgesundheitsamtes ist als behaglich eine Raumtemperatur zwischen 17,5 und 18,5° anzusehen, unter 17° werden Räume als kalt, über 21° als überheizt empfunden.

Die *Klimatisierung (Bewetterung) von Räumen* (LINKE, AMELUNG, BREZINA

und SCHMITT) ist insofern etwas grundsätzlich ganz anderes, als sie durch den Einbau künstlicher Vorrichtungen ein Raumklima schafft, das in seinen Eigenschaften völlig unabhängig von den Luft- und Wetterverhältnissen der Außenwelt gehalten werden kann. Das Bedürfnis hierzu ergab sich vor allem auf medizinischem und technischem Gebiet. Die praktische Gestaltung ist eine technische Frage. Es handelt sich darum, neben der Erwärmung der künstlich klimatisierten Räume die Feuchtigkeitsverhältnisse, Luftkörper, Strahlung, Luftstrom, Ionisierung, Allergenfreiheit und Luftdruckverhältnisse besonders zu regeln. Die Technik vermag alle diese Fragen zu lösen. Auf diese Seite der Angelegenheit und auf die Apparaturen wird hier nicht eingegangen.

In der praktischen Medizin lag es nahe, vor allem den Operationssaal in Angriff zu nehmen. In der Tat konnte man hier durch Abnahme der Bronchitis der Operierten und durch die besseren Arbeitsverhältnisse für den Chirurgen und sein Hilfspersonal viel erreichen. Die Luft in großen Krankenhäusern, namentlich solchen, die in Großstädten und Industrierevieren liegen, muß weiter als ein berechtigtes Arbeitsgebiet gelten. Die Klimatisierung von Räumen, in denen größere Menschenmassen zusammenkommen oder arbeiten, erscheint weiterhin als eine wichtige Aufgabe (Versammlungslokale, Fabriken). In der Industrie erfordert ferner die Luft- und Wetterempfindlichkeit von Rohstoffen und Fertigfabrikaten eine Klimatisierung; hierbei ist es ein Problem, die Anforderungen für den Arbeiter mit den reinen industriellen Gesichtspunkten zu vereinigen. Auf allen diesen Gebieten ist Wertvolles erreicht worden.

Bioklimatisch gesehen interessieren zwei Fragen: Die *Klimatisierung der Wohnungen und Arbeitsstätten* und die Frage, ob man durch die Klimatisierung von Räumen ein *künstliches Heilklima* schaffen, evtl. ob man den Kurklima-aufenthalt in klimatisierte Räume verlegen kann. In welcher Weise unterscheidet sich das Raumklima auch bei weitgehender Technik, vollkommener Nachbildung der natürlichen Faktoren vom freien Klima und Wetter? Die Heizung der Räume schafft starke Bewegung der Luft, vor allem eine lebhaftete Strömung am Boden der Zimmer, während im Freien die Luft am Boden relativ wenig bewegt ist, hier nimmt die Bewegung nach oben zu. Namentlich von den Heizkörpern kann ein lebhafter Luftstrom ausgehen. Für die Belüftung ist wichtig, daß die Frischluftzufuhr nicht als Zugluft in Erscheinung treten darf. Andererseits fehlt im Raum die umspülende Wirkung des Windes und die Turbulenz der Luft, die bei Wärme den Aufenthalt im Freien erst angenehm machen kann. Die Bewegung der Luft im Freien hat ja gerade große gesundheitliche Werte (Abhärtung). Die natürliche Strahlung ist im klimatisierten Raum aufgehoben (Sonnen- und Himmelsstrahlung). Der menschliche Körper strahlt im geschlossenen Raum einen großen Teil seiner Wärme ab, hierfür wichtig ist die Temperatur der Wände. Das Aerosol der Luft ist von dem der Außenwelt verschieden. Es wird „durch Klimatisierung nicht gelingen, die Innenluft nach ihrer gasigen, chemischen und kolloidalen Struktur der Außenwelt anzupassen“ (AMELUNG). In schlecht gelüfteten Räumen steigt die Kernzahl an. Außerdem ist, verglichen mit der freien Natur, Kernzahl nicht gleich Kernzahl (AMELUNG). Das ist wichtig, weil ein erheblicher Prozentsatz der eingeatmeten Kerne in den Atemwegen zurückbleibt. Nach LINKE wächst auch in technisch guten Anlagen die Kernzahl vom trockenwarmen über den normal klimatisierten zum feuchtwarmen Raum. In geschlossenen Räumen bleibt die Reinheit der Luft ein Problem, auch hinsichtlich der Vermeidung von Gerüchen. Ohnedies entbehrt die Raumluft die wertvollen Duftstoffe der Atmosphäre in klimatisch bevorzugten Gegenden (Wiese, Wald). Die Frage der künstlichen Ionisierung der Räume ist noch nicht so gelöst, daß sie medizinisch (KREBS, s. S. 116) in Rechnung gestellt werden

kann. Physiologisch und bioklimatisch betrachtet, handelt es sich bei Freiluft und klimatisierter Raumluft, auch wenn eine vollkommene technische Einrichtung vorhanden ist, um zwei verschiedene Dinge.

Die Klimatisierung von Wohnungen ist namentlich in Amerika versucht worden. Man hat die Erfahrung gemacht, daß sie sich nicht bewährt, weil sie zur Verweichlichung der Einwohner führt. Wir sehen ja schon, daß auch ohne Klimatisierung die Menschen, die in Häusern mit Korridor- und Treppenheizung leben und arbeiten, sich besonders leicht erkälten, daß ferner in den Winterfeldzügen, beim harten Leben im Freien kaum Erkältungen vorkommen. Das dauernde Leben in klimatisierten Häusern schaltet die Regulationsmechanismen des menschlichen Körpers fast völlig aus und macht ihn unfähig, eintretenden Schwankungen der Außenluft mit den gesundheitlich notwendigen Abwehr- und Einstellungsreaktionen zu begegnen.

In der *Krankenbehandlung* hat sich die Klimatisierung auf einzelnen Gebieten bewährt. Die Unterdruckkammer ist ein wichtiger und wertvoller Bestandteil für die Behandlung von Atmungs- und Kreislaufstörungen geworden, ebenso leistet die allergenfreie Kammer in der Asthmabehandlung Gutes. Eine Kombination von Unterdruck mit allergemfreiem Raum stellt die Klimakammer von ZEUZEM (Regulierung der Wärme, Feuchtigkeit, Unterdruck, Luftstrom, Ionisierung, Allergenfreiheit) dar: hier liegen gute Erfahrungen bei verschiedenen Krankheiten vor, so bei Katarrhen, Ohr- und Nasenkrankheiten, Rheuma, nervöser Erschöpfung. JOCHIMS hat die Klimakammer (System STECKEL) mit Erfolg angewandt bei kindlichen Pneumonien, wenn genau definierte Klimareize in der Umgebung fehlen (städtische Verhältnisse, Jahreszeit). Es handelt sich im gegebenen Fall um friskühle Klimareize. Hier erlangt zweifellos die künstliche Klimabehandlung Bedeutung für die Behandlung eines besonderen Krankheitszustandes, hier liegt auch der Weg für den weiteren Fortschritt: künstliche Klimabehandlung unter eindeutiger Indikation und unter Anwendung genau abgrenzbarer klimatischer Reize. Die große Bedeutung der Klimatisierung des Operationssaales ist schon erwähnt.

Kann man nun in klimatisierten Räumen ein ausgesprochenes Heilklima erzeugen, kann man in diesen Räumen eine Klimakur, so wie wir sie in klimatischen Kurorten durchführen, zur Anwendung bringen? Das künstliche Klima bleibt immer nur im geschlossenen Raume anwendbar, hier liegt der wesentliche und kennzeichnende Unterschied. Die Gegebenheiten des natürlichen Klimas, seine reiche Variabilität, die Freiluftkur fehlen. Der enge Raum der Klimakammer ist damit nicht vergleichbar. Es fehlt die Bewegung der Luft, der Einfluß der Wetterfaktoren, die Duftstoffe, es fehlt vor allem die Möglichkeit zur Bewegung im Freien, und es fehlen völlig die seelischen Einwirkungen der erlebten Landschaft. Die natürliche Sonnen- und Himmelsstrahlung kann nicht durch künstliche Strahler ersetzt werden, die Bereiche der wirksamen UV-Strahlung im Sonnenlicht und in den künstlichen Strahlern sind nicht identisch. In der natürlichen Strahlung ist namentlich auch im Bereich der Himmelsstrahlung gerade das langwellige UV vertreten. Die „Höhensonne“ erzeugt vor allem eine Strahlung, die kurzwelliger als 300 $m\mu$ ist, sie enthält also reichlich Strahlen, die die natürliche Sonne nicht enthält. Bei anderen künstlichen Strahlern (Cadmiumlampe, Ultravitalux usw.) ist das kurzwellige UV entweder nicht vorhanden oder abgefiltert. Für den Vergleich der künstlichen Strahler kann (AMELUNG) nur Sonnenstrahlung und Himmelsstrahlung herangezogen werden. Daß die künstlichen Strahler biologisch wertvoll sind, daß sie in der klinischen und ambulatorischen Behandlung zur Zeit des winterlichen Großstadtdunkels Gutes leisten, daß sie sich in der Behandlung der Rachitis bewährt haben, kann niemand

bezweifeln. Trotzdem liegen, im ganzen gesehen, die biologischen Verhältnisse beim natürlichen Licht günstiger als bei den künstlichen Strahlern (AMELUNG, MÖRIKOFER). Die Brauchbarkeit der künstlichen Strahler in dem gegebenen Rahmen bleibt unbestritten.

Das künstliche Klima ist eine wertvolle Bereicherung unserer Therapie, wenn man sich seiner Grenzen bewußt ist. Es kann das natürliche Klima nicht ersetzen und in diesem Sinne nicht als Heilklima gelten. Der Aufenthalt in der Klimakammer ist niemals gleichbedeutend mit einer Klimakur mit allen Gegebenheiten eines Aufenthalts in der freien Natur, im Hochgebirge, am Strand des Meeres, in den Wäldern des Mittelgebirges und mit den Eindrücken der erlebten Landschaft.

Bäder- und Klimaheilkunde.

Einleitung.

Wir senden Kranke in Bäder und Kurorte, um ihnen die Nutzung der dortigen Heilmittel und Kraftquellen der Natur zu ermöglichen. Auch in der Zeit einer hochgearteten Medizin, die auf dem Gebiet der spezifischen Therapie so vieles leistet, bleibt die Notwendigkeit, die klinische und häusliche Behandlung durch die Einwirkungen der Bäder- und Klimakuren zu ergänzen, bestehen. Die letzteren haben eine Ganzheitswirkung, eine Umstimmung, eine Einwirkung auf die reaktive Persönlichkeit, die keiner anderen Behandlung zukommt und die bei manchen chronischen Krankheitslagen in der Behandlung von entscheidender Bedeutung ist. Es kommt darauf an, den richtigen Kranken zur richtigen Zeit in das richtige Bad bzw. Kurort zu senden.

Niemals haben Nachahmungen die gleiche Wirkung, wie sie den natürlichen Bäder- und Klimakuren zukommt. Vom chemischen Standpunkt aus ist die Nachbildung der Heilwässer einstweilen ein ungelöstes Problem (ULSAMER). Den Nachahmungen fehlen wirkungsvolle Stoffe, die flüchtigen Bestandteile, die kolloidalen und die katalytisch wirkenden Faktoren. Das Milieu der Kurorte und Bäder ist unnachahmlich, die Einwirkungen des Himmels und der Erde, der Landschaft sind in einer Kur in der Stadt niemals erreichbar. Auch die Behandlung in klimatisierten Räumen hält mit den natürlichen Klimakuren (s. S. 142) keinen Vergleich aus. Künstliche Verfahren (Arzneibäder, künstliche Strahler usw.) haben ihren besonderen Wert im Rahmen der häuslichen und klinischen Behandlung. Sie sind aber etwas für sich und etwas anderes als Bade- und Klimakuren.

Mit dieser Auffassung hängt es zusammen, daß eine Kur im Badeort zum Zweck der Anwendung der natürlichen Hilfsmittel in ihrer unverfälschten Form geschehen muß. Die moderne Technik (s. S. 57) ist mit Erfolg bemüht, die natürlichen Kurmittel in reinsten Form an den Kranken heranzubringen. Es ist ein Unfug, natürliche Quellen Mischungen zu unterwerfen, Salze, Kohlensäure, aromatische Extrakte in Heilquellen zu geben und damit irgendwelche Bäder herzustellen. Wer Kohlensäurebäder braucht, gehört in ein Bad mit kohlensäurehaltigen Quellen, andere Bäder haben andere Aufgaben. Fichtennadel- und aromatische Zusätze gibt man in Süßwasser.

Der Aufenthalt in Bade- und Kurorten ist immer nur ein kleiner Ausschnitt meistens aus langem Krankheitsgeschehen, da Kurorte und Bäder ja vor allem bei den chronischen Zuständen in Betracht kommen. Es gilt also, die Zeit auszunutzen. Für den Kranken, der einen Bade- oder Kurort benutzt, steht an erster Stelle die Anwendung der ortsgebundenen Heilmittel, nicht die Aus-

übung von Methoden, die ebensogut in der Stadt anwendbar sind. Man muß. Kranke so in Kurorte schicken, daß sie sofort mit der Kur beginnen können. Die notwendige Digitalisbehandlung eines Herzkranken, die Ausführung eines operativen Eingriffs (Hals, Frauenleiden) gehört vorher in die Hände des Arztes am Heimatort. Bei den üblichen Vierwochenkuren absorbiert die Erledigung notwendiger derartiger Vorbehandlungen zuviel Zeit.

Trinkkuren, Bäder, Mooranwendungen, Klima kommen nur dann zur vollen Wirkung, wenn sie nicht durch interkurrente Behandlung gestört werden. Es verrät wenig Respekt vor den großen Zusammenhängen der Natur und wenig Verständnis für die gesamte medizinische Therapie, wenn in die Bäderbehandlung umfangreiche andere Behandlungsverfahren eingeschaltet werden, die ihrerseits den Körper in Anspruch nehmen. Die überaus großen Erfolge der Bäder- und Klimabehandlung erfordern die Konzentration von Arzt und Patient auf die natürlichen Kurmittel.

In der Balneologie wird im allgemeinen zu niedrig dosiert. Nur intensive Kuren, abwägend verordnet, zwingen den Körper zur Umstimmung und beeindrucken die reaktive Persönlichkeit. Bei vielen Krankheitszuständen (Rheuma, Gynäkologie) hängt davon der ganze Erfolg ab.

Die Domäne des Kurarztes sind also die natürlichen Kurmittel. Ihm obliegt es aber auch, den Kranken in das Milieu der Bäder und Kurorte einzuführen, ihm die Naturnähe zu vermitteln und ihm ein Führer zu sein in das Erlebnis in Bädern und Heilklimakurorten einzudringen. Je größer die Hingegenheit des Patienten an die Kräfte der Natur, desto sicherer der Erfolg. Auch für den Großstädter des 20. Jahrhunderts hat das noch Bedeutung. Die Naturverbundenheit des Kurarztes ist daher eine unentbehrliche Voraussetzung für ihn als Berater und Führer seiner Kranken. Die Bedingungen für die Ausübung der ärztlichen Praxis, für das Verhältnis Arzt zu Patient sind besonders günstig. Der Kranke kommt mit Erwartung, hat Zeit für ein kurgemäßes Leben, das Milieu wirkt mit bei der Einstellung des Kranken.

Ein Erfolg der Kur ist nur dann sicher, wenn kurgemäß gelebt wird. Auch die kleinen Notwendigkeiten der Tageseinteilung, der zeitlichen Vorschriften für Trink- und Badekuren soll der Patient lernen ernst zu nehmen. Sie sind tausendfältig bewährt, Bäder und Kurorte sind aber nicht nur Behandlungsplatz; sie sind geeignet, beizutragen zur Erziehung der Menschen überhaupt im Sinne einer naturgemäßen und gesunden Lebensführung. Hier ist Gelegenheit, dem Menschen den Wert naturgebundener Ernährung, sinnvoller Abwechslung von Ruhe und Arbeit und den Wert der Anlehnung an die Natur überhaupt beizubringen, um dies dann im eigenen Leben zu verwerten.

Die Kurdauer soll nicht zu gering sein, Kurzkuren haben keinen Wert. Der Körper braucht Zeit für die Verarbeitung der dargebotenen Reize.

Im Interesse der Kranken ist eine möglichst enge Beziehung zwischen Haus- und Kurarzt insbesondere bei Beginn und Abschluß der Kur erforderlich.

I. Die Heilkuren.

Allgemeiner Teil.

Badekuren.

Eine fundamentale Tatsache im Bereich der Badekuren ist die Erscheinung der sogenannten *Badereaktion*, die wir nach allen Arten von Mineralbädern, aber auch bei Trinkkuren und Klimakuren (s. S. 135) auftreten sehen. Es handelt sich um eine schockartige Erscheinung, die meist nach dem 3.—6. Bad bei der Mehr-

zahl der Patienten, nicht bei gesunden Personen, auftritt. Sie besteht in allgemeinen Veränderungen des Zustandsbildes des Kranken. Der Patient sieht schlecht aus, schläft nicht, ist verstimmt, appetitlos, es kann Fieber auftreten, oder es können sich bis an die Grenze der Depression streifende psychische Veränderungen einstellen. Oft ist die Erscheinung von lokalen Reaktionen begleitet, namentlich im Bereich älterer Krankheitsvorgänge, sogenannte Herdreaktionen: Alte Narben, die jahrelang keine Beschwerden gemacht haben, fangen wieder zu schmerzen an, Gelenkschmerzen, Koliken, Erbrechen, Hauteruptionen, asthmaartige Beschwerden, katarrhalische Erscheinungen, Durchfälle, gynäkologische Reizsymptome treten auf. Aber auch immer gesunde Organe können beteiligt sein. Die Erscheinung ist wertvoll für den beobachtenden Badearzt als Maßstab der Reaktion des kranken Organismus und als Wegweiser für Anwendungsform und Dosierung der Bäder (WAGNER). Zur Erzielung eines Heilerfolges ist sie nicht Bedingung, denn auch Kranke, deren Kur ohne Badereaktion verläuft, machen erfolgreiche Kuren.

Bisher fehlt ein Anhaltspunkt für den Vorgang im Organismus, der zur Badereaktion führt. Zweifellos handelt es sich darum, daß die im folgenden zu besprechenden Einwirkungen des Bades überhaupt, Einwirkungen physikalischer und chemischer Art Wandlungen im Organismus und in seinen einzelnen Organismen herbeiführen. Der Organismus muß sich auf diese Änderungen umstellen. Der Ausdruck dieser Umstellung, namentlich wenn die Behandlung brüsk einsetzt und die Reizbarkeit des Patienten groß ist, ist eben die Badereaktion. Sie deutet also gewissermaßen die Umänderungen, die durch das Bad im Körper herbeigeführt werden, an. KÜHNAU und SCHLÜTZ haben gezeigt, daß beim Rheumatiker die Badereaktion mit einem Anstieg des Pseudoglobulinanteils (innerhalb der Globulinfraction und innerhalb des gesamten Plasmaeiweißes) verbunden ist. Daraus ist zu schließen, daß die Badereaktion nicht nur mit einer Zustandsänderung der Körperkolloide einhergeht, sondern auch eine Änderung der Abwehrkräfte des Organismus in sich schließt, denn die Plasmaeiweiße sind die Träger des Komplementcharakters und der Immuneigenschaften des Blutes. Insofern ist die erste Begründung für die schon seit längerer Zeit behauptete protoplasmaaktivierende Eigenschaft der Heilbäder gegeben (SCHÖBER). Jedenfalls kennzeichnet die Badereaktion von vornherein das Erlebnis des Mineralbades als ein tiefes Eingreifen in die gesamten Funktionen des Organismus, als eine *Zustandsänderung allgemeinen Charakters*. Sie bringt das zum Ausdruck, was man immer als die *Umstimmung durch die Kur* bezeichnet hat, gerade also das, was man wünschen oder erreichen will, sichtbar oder unsichtbar, als das entscheidende Ergebnis einer Heilbadekur überhaupt. Die im folgenden zu erörternden physikalischen und chemischen Wirkungen des Bades laufen auf Umschaltungen im Bereich des vegetativen Systems hinaus. Die Badereaktion ist der Indikator, daß das vegetative System die ihm zugeführten Reize aufnimmt und beantwortet, so daß wir mit einer Verarbeitung dieser Reize im Organismus rechnen können.

Das Einbringen des menschlichen Körpers, der an der Grenze von Erdboden und Luft zu leben gewohnt ist, in ein Bad, also die Umgebung des Körpers in mehr oder weniger vollständiger Ausdehnung mit Wasser (mit alleiniger Ausnahme des Kopfes), hat zunächst *mechanische Wirkungen*. Man kann diese nur im indifferenten, körperwarmen Wasserbad, das keine Temperaturreaktionen auslösen kann, feststellen. Als mechanische Wirkungen bezeichnen wir die Erscheinungen des Auftriebs und des hydrostatischen Druckes.

Der *Auftrieb* entsteht dadurch, daß namentlich in stärker mineralisierten Bädern die Gewichts Differenz zwischen dem menschlichen Körper und dem Ge-

wicht eines gleich großen Volumens des betreffenden Badewassers eine negative wird. Allgemein schwimmt der Körper im Wasser mit dem Gewicht, das sich aus der genannten Differenz ergibt. Der menschliche Körper (spezifisches Gewicht entsprechend der respiratorischen Mittellage des untergetauchten Körpers = 1,025) wiegt im Süßwasser, wenn wir ein Gewicht von 70 kg (Gewicht des Kopfes und oberen Halsteils etwa 4,9 kg), also Rumpf und Extremitäten 65,1 kg annehmen, nur noch etwa 6,5 kg. Im Nauheimer Sprudel Nr. 12 (spez. Gew. 1,02) beträgt das Gewicht nur noch 5,2 kg. In einem starken Solbad (Reichenhaller Edelquelle, spez. Gew. 1,18) ist die Gewichts-differenz —4,9 kg. Der Auftrieb beträgt also 4,9 kg. Im Moorbad (spez. Gew. 1,3) wird der Auftrieb noch wesentlich höher, jedoch vermindert durch die innere Reibung, die im Wasser wegfällt (s. S. 53). So schwebt also der Körper im Mineralbad und besonders im Solbad. Die Bewegungen werden dadurch gewaltig erleichtert. Teilweise oder hochgradig gelähmte Glieder können gut bewegt werden. Widerstände der Bewegung, die von Gelenken, Bändern usw. ausgehen, z. B. beim Rheumatiker, vermindern sich. Für die Behandlung von Lähmungen, z. B. nach Poliomyelitis, sind diese Verhältnisse außerordentlich bedeutungsvoll, sie werden therapeutisch genutzt. Ist der Auftrieb sehr stark, so erfordert seine Überwindung eine gewisse Kraftanstrengung, was sich in der Herzarbeit, im Blutdruck, in der Atmung geltend machen kann.

Als *hydrostatischen Druck* bezeichnet man die Druckwirkung durch das den Körper umgebende Wasser, die sich auf die Weichteile und die Körperhöhlen geltend macht. Man versteht die Verhältnisse am besten, wenn man sie in der Richtung der venösen Strombahn betrachtet, denn an den Extremitäten werden Capillaren und Venenwände, besonders in den oberflächlichen Gewebsgebieten, betroffen, ein nicht unerheblicher Teil des Druckes setzt sich auf das Innere der Extremitäten fort. Nach längerer Badedauer im Stehbad wird eine Verkleinerung des Fußvolumens beobachtet.

Der Bauchumfang nimmt im Bade um 2,5—6,5 cm ab. Der hydrostatische Druck pflanzt sich bis zu 80% in das Innere der Bauchhöhle fort, so daß der intra-abdominelle Druck ansteigt. Hierdurch wird der Rückfluß aus dem Bauch nach den Herzvenen erhöht; von den Beinvenen her wirkt gleichzeitig ein höherer Druck, dem aber die Druckzunahme im Bauchraum entgegenwirkt, was eine Behinderung der Einströmung aus den unteren Extremitäten zur Folge hat. In dieser Beziehung heben sich jedoch beide Faktoren ungefähr auf. Die Druckzunahme im Bauchraum beträgt bis 18 mm Wasser.

Am wichtigsten ist natürlich der Einfluß des Wasserdruckes auf den Brustkorb. Der Brustumfang nimmt um 1,0—3,5 cm ab. Der Druck pflanzt sich bis zu 70% auf das Thoraxinnere fort, auch im Brustkorb steigt der Druck an und zwar proportional zur Höhe des Wasserspiegels. Der Wasserdruck im Thorax steigt bereits, bevor der Wasserspiegel die untere Thoraxgrenze erreicht hat, denn der erhöhte Bauchinnendruck bringt das Zwerchfell zum Hochstand und erschwert die Inspiration. Der Gesunde kann das durch Abgabe der Reserve-luft zunächst ausgleichen. Taucht man den Körper unter Wasser (bei Schlauch-atmung), so nimmt der auf der Brustwand lastende Druck pro cm Tauchtiefe um 0,5 kg zu. Die Grenze der Atmungsfähigkeit ist erreicht, wenn die Wassersäule 35 cm = 17,5 kg Wasserdruck beträgt.

Die Vorgänge bewirken eine erhebliche Beeinflussung der Kreislaufverhältnisse durch Druckveränderung im Brustinnenraum. Das Druckgefälle in den herznahen Venen bleibt erhalten (intra- und extrathorakal) zusammen mit der Rückflußbegünstigung im Bereich der unteren Hohlvene und der Pfortader; der Rückfluß des venösen Blutes zum Herzen wird erleichtert. Es erfolgt auch eine Be-

günstigung der systolischen Herzleistung; allerdings darf der Druck einen gewissen Grenzwert nicht überschreiten (kritischer Spannungswert). Damit im Zusammenhang findet eine Entleerung der abdominellen und der in der Haut gelegenen Blutdepots statt. Das vermehrt in die Blutbahn einströmende Blut bewirkt eine Zunahme der Herzarbeit (Anstieg des Minutenvolumens). Im Röntgenbild läßt sich mit geeigneten besonderen Methoden (Röntgenkymogramm BÖHM-ECKERT) eine Veränderung der Herzform und der Herzbewegung während des Vollbades nachweisen.

Der Wasserdruck komprimiert gleichzeitig den Brustkorb mehr als die Lunge nachgibt. Die Lunge erfährt also eine Abnahme des Luftgehalts und der Blutfülle. Die Atmung wird um eine herabgesetzte mittlere Lage fixiert (und zwar schon, sobald der Wasserzustand den Nabel erreicht). Auch das Atemvolumen nimmt ab. Im Wasserbad sinkt die Kapazität der Lunge um etwa 1 Liter Luft. Dies geschieht durch die obengenannte Abgabe der Reserveluft beim Gesunden, während der Kranke (Stauungslunge, Emphysem) diese Abgabe nicht leisten kann. Es kommt durch den erhöhten Druckanstieg im Brustraum zu Beklemmungen, Dyspnöe, verschlechterter Herzdurchblutung (gefährlich bei Coronarsklerose).

Solange das Bad einen indifferenten Charakter hat (sowohl hinsichtlich der Temperatur als des Fehlens besonderer Stoffinhalte), übt es einen zentralberuhigenden Einfluß aus, der sich in einer Blutdruckverminderung kundgibt. Auch im EKG sind die im ganzen erheblichen Einwirkungen des hydrostatischen Drucks auf den Kreislauf nachweisbar: Im Teilbad nimmt die Austreibzeit, im Vollbad die gesamte Systolendauer zu. Die erwähnten Kreislaufumstellungen haben auch Änderungen im gesamten Stoffwechsel zur Folge. Die Diurese zeigt nach Bädern einen Anstieg; diese Wirkung tritt ein, wenn der Wasserspiegel höher als der Nabel steht, sie dürfte mit der erhöhten Nierendurchblutung zusammenhängen. Die Bädertherapie hat bisher (KÜHNNAU) die zweifellos wertvollen Einwirkungen des hydrostatischen Drucks kaum beachtet, nur im erleichterten Auftrieb im Solbad usw. hat man für gelähmte und bewegungsbehinderte Kranke eine nützliche Therapie eingerichtet.

Außer den mechanischen sind vom Bade aus Einwirkungen der Temperatur und des Chemismus auf den menschlichen Körper zu erwarten. Diese Dinge kann man nur verstehen, wenn man sich über die *Rolle der Haut* als eines hochbedeutenden Organs für den Wärmehaushalt und den chemischen Haushalt im klaren ist. Die Haut ist nicht allein Bedeckung. Sie läßt keinen Vergleich mit den Verhältnissen im Tierreich zu; sie ist nicht eine einfache Membran, Osmose kommt nicht in Betracht. Sie ist ein durchaus dem menschlichen Körper eigenes und mit besonderen Funktionen und Fähigkeiten ausgestattetes, auch im Bau besonderes Organ. Sie ist fast in ihrer ganzen Ausdehnung ohne Kopf und Hals den Reizen des Bades ausgesetzt und befähigt, diese Reize in das Körperinnere weiterzugeben, sie aber in eine für die verschiedenen Organe und Organ Komplexe verständliche Sprache zu übersetzen. Sie vermittelt diese Reize über das vegetative System, dessen Mitwirkung ausschlaggebend ist für die Nutzbarmachung der Bäder- und Klimareize. Die Haut ist das vegetative Sinnesorgan (E. F. MÜLLER). Die vielseitigen Umstellungen, die unter den Einflüssen der thermischen und chemischen Faktoren des Bades sich im Körper vollziehen, sind die Folge einer einzigen Wirkung, nämlich einer *Funktionsänderung des Hautorgans*.

Im warmen Bad rötet sich die Haut, die Haut wird stärker durchblutet. Diese Wirkung kommt zustande auf zwei Wegen, einmal auf direktem Wege durch unmittelbare Reizung der Gefäßnerven mit dem Erfolg einer vasomotorischen Wirkung, ferner dadurch, daß die wärmeempfindlichen Nerven mittels eines zen-

tralen Reflexes über Rückenmark und Hirnstamm eine Gefäßerweiterung herbeiführen. Die Erweiterung der Hautgefäße im Warmbad ist weiter eine Wirkung von Stoffen, die in der Haut selbst vorhanden sind bzw. durch das Warmbad ausgeschieden werden (endokrine Funktion der Haut). Es handelt sich um dreierlei Stoffe: das Histamin (das nur im kalten Bade gebildet wird), das Acetylcholin und die Adenylsäure. Am wichtigsten ist das Acetylcholin, der sogenannte Vagusstoff. Durch ihn, also durch das Warmbad, wird die Reaktionslage der gesamten Haut im Sinne eines erhöhten Vagotonus umgestellt (STAHL). Das kalte Bad schließt einen erhöhten Sympathicotonus in sich. Der im Warmbad gesteigerte Erregungszustand des Hautvagus greift auf den Organismus über; das Acetylcholin hat Wirkung auf Stoffwechsel, Kreislauf, Muskulatur, Blutbeschaffenheit. Die Hauttemperatur muß bei erhöhter Durchblutung ansteigen. Außerdem werden noch andere Reaktionen in der Haut ausgelöst, so Veränderungen des elektrischen Hautwiderstandes (Abnahme im Warmbad). Am wichtigsten erscheint die schmerzherabsetzende Wirkung des warmen und die steigernde des kalten Bades. Das Warmbad verändert ferner die Ionendurchlässigkeit der Haut. Sie wird namentlich in den tieferen Partien erhöht: sogenannte Thermoreaktion der Haut (REIN).

Die genannte Ausstrahlung der Gefäßwirkung in der Haut vollzieht sich zunächst am Kreislauf, denn die vermehrte Durchblutung der Haut führt zu einer Entleerung der inneren Gefäßbezirke. Es entsteht eine Art Autotransfusion in die Peripherie (GOLLWITZER-MEIER), die durch Verengung der Gefäße des Splanchnicus und der anderen inneren Bereiche kompensiert wird. Gleichzeitig wird aber im Sinne dieses Ausgleichs die umlaufende Blutmenge erhöht durch Entleerung der sogenannten Blutsümpfe (Ansammlung des nicht zirkulierenden Teils des Blutes) in Leber, Milz und Haut (s. o.). Diese Vorgänge treten auch ein, wenn das Warmbad kein Vollbad, sondern nur ein Teilbad ist. Es kommt dann zur sogenannten *konsensuellen Reaktion*, d. h. weite Bezirke der Haut, ja die ganze Ausdehnung des Körpers, nehmen an der im Teilgebiet vor sich gehenden Reaktion teil. Auch die inneren Bezirke, Magen, Darm usw., können sich beteiligen, auch die Coronargefäße, soweit nicht die inneren Bezirke sich zur Peripherie im Sinne der Gesamtsteuerung entgegengesetzt verhalten müssen (DASTRE-MORATsches Gesetz). Die Strömungsgeschwindigkeit ist in warmen Bädern stark erhöht, in kalten verlangsamt. Die erhöhte Durchblutung bringt Sauerstoff in einer den Bedarf übersteigenden Weise an die Peripherie. Das Venenblut bleibt daher an der Peripherie hellrot (denn der Hautstoffwechsel steigt nicht gleichzeitig). Alle diese Dinge (Erhöhung der peripheren Durchblutung und Erhöhung der umlaufenden Blutmenge) zwingen das Herz zu erhöhter Arbeitsleistung. Das Minutenvolumen steigt an (etwa 25%), ebenso die Pulsfrequenz; beide Größen sinken im mittleren Kaltbad. Bei sehr heißen Bädern dagegen nimmt der Puls rasch zu, und es ist dann keine ausreichende Zeit zur genügenden Ventrikelfüllung, das Minutenvolumen nimmt ab. Auch diese Verhältnisse übertragen sich von Teilbädern auf den gesamten Kreislauf (Erhöhung des Minutenvolumens nach HAUFFESchen Teilbädern mit ansteigender Temperatur). Die erwähnten Reaktionen haben auch eine jahreszeitliche Komponente. Sie sind im Sommer ausgesprochener als im Winter. Der Blutdruck sinkt im warmen Bade ab, steigt im heißen und ebenso im kalten. Das heiße Bad stellt eine erhebliche Vermehrung der Herzarbeit dar, so daß bei längerer Dauer ein Versagen des Kreislaufs auch beim Gesunden möglich ist.

Die Atmung wird sowohl hydrostatisch (s. o.) wie thermisch beeinflusst. In warmen Bädern wird die Atmungsfrequenz vertieft. Im mittelwarmen Bad kann durch die Vertiefung der Atmung eine Überventilation eintreten als Folge der

erhöhten Bluttemperatur und der Wärmereize. Die Hyperpnoe führt zu einer Alkalose des Blutes.

Die schon erwähnte Vermehrung der Blutmenge aus physikalischen Ursachen (s. o.) erfährt durch die Wärme gleichfalls eine weitere Steigerung, indem Gewebsflüssigkeit in das Blut einströmt. Das Blut wird im warmen Bade also nicht nur vermehrt, sondern auch verdünnt, im kalten verdickt. Die erstere Erscheinung wird wiederum durch Schwitzen und Diurese ausgeglichen. Aber nicht nur die Verdünnung (oder Eindickung) kommen einfach in Frage, auch einzelne Blutbestandteile ändern sich. Im warmen Bade stellen wir Abnahme des Phosphorgehalts, des Blutzuckers, des Glutathion fest, vor allem aber ändert sich die aktuelle Reaktion des Blutes. Warme Bäder bewirken eine Alkalose, kalte eine Acidose des Blutes durch Änderung der alveolären CO_2 -Spannung (KROETZ). Die Acidose im Kaltbad erklärt die schlechte Verträglichkeit von Bädern für Diabetiker. Änderungen lassen sich auch im Urin nachweisen (Einfluß auf Ammoniak-, Harnsäure- und Chlorausscheidung). Indirekte Einflüsse durch Erwärmung der Bauchhaut sind im Verdauungskanal nachgewiesen. Im warmen Bade nimmt die Peristaltik zu, die Ausscheidung der Magensäfte ab: das Kaltbad bewirkt Hyperacidität.

Überwarme Bäder bis 41° werden im Rahmen der hyperthermischen Verfahren namentlich zur Behandlung von Spätluet, Poliomyelitis, Fleckfieber und Rheuma angewandt (LAMPERT). Bei der künstlichen Malaria-Infektion, beim Pyriker, bei der Elektropyrexie wird durch die Erregung der Wärmezentren die künstlich erhöhte Temperatur erzeugt. Bei der Behandlung mit überwarmen Bädern wird die Wärmeerhöhung von außen an den Körper herangebracht, der Körper wird aufgeheizt. Die Methode besteht in der Verwendung ansteigender heißer Bäder bis zu einer Stunde Dauer, wobei die erhöhten Erscheinungen des warmen Bades auftreten. Gegenanzeigen sind Pulsfrequenz über 140 oder Ausbleiben des Schwitzens nach 30 Minuten Badedauer. Die erhöhte Körpertemperatur (bis ca. 40°) fällt im Verlauf von 1—2 Stunden zur Norm ab.

Will man eine *Skala der Wirkungen der Bäder* namentlich auch mit Hinsicht auf das Erscheinen und die Intensität der Badereaktion aufstellen, so kann man etwa folgende Abstufungen nennen: warmes Süßwasserbad mit aromatischen Zusätzen, verdünnte entgaste Sole, Kochsalzquellen, Solbäder in steigender Konzentration, Wildbäder, Jodbäder, Schwefelbäder, Schwefelthermen, Moorteilbäder, Radiumbäder, Moor-, Schlamm- und Schlickvollbäder.

In der *Anwendung der Wärme* kann man folgende Skala aufstellen: trockene Wärme (Wärmeflasche, Diathermie), feuchter Umschlag, heiße Sitzbäder, heiße Vollbäder, heiße feuchte Packungen (Moor). Durch Kombination kann man die Wirkung verstärken, z. B. Diathermie mit feuchten Packungen. Die höheren Grade wirken wärmestauend und hyperthermisch.

Man wendet Mineralbäder nur rein an und nicht mit Zusätzen. Es entzieht sich unserer Kenntnis, welche Änderungen an den Mineralbädern und ihren Wirkungen geschehen, wenn man einen Badezusatz irgendwelcher Art hinzufügt. Von Süßwasserbädern mit Zusätzen kann man einen zu Mineralbädern überleitenden Gebrauch machen. Süßwasserbäder mit Fichtennadelzusatz oder Kalmus haben einen beruhigenden, Süßwasserbäder mit Kleie einen für die Haut vorteilhaften kosmetischen Einfluß. Natürlich kann man auch auf dem Wege über das Bad (Resorption durch die Haut) dem Körper Arzneien einverleiben, das geschieht mit Erfolg z. B. in der Arzneibehandlung des Rheumatismus durch salicylhaltige Bäder (Salhum'in).

Die *Wirkungen des kalten Bades* sind im großen und ganzen denen des warmen entgegengesetzt, doch kann man den Unterschied nicht allgemein auf eine so ein-

fache Formel bringen: im Warmbad erweitern sich die Gefäße, im Kaltbad verengern sie sich im allgemeinen grundsätzlich. Jedoch erfolgt im sehr kalten Bad eine Erweiterung der Capillaren, während die kleinen Arterien und Venen eng bleiben (Cyanose).

Praktisch ist wichtig, die drei Stadien des Reizes des kalten Bades zu beachten. Dem Frostgefühl beim Einsteigen, namentlich in kühleres Wasser, folgt die reaktive Hyperämie mit dem angenehmen Erwärmungsgefühl, das gesteigert wird durch bewegtes Wasser. Das schließliche Stadium besteht, namentlich bei längerer Dauer und Abkühlung außerhalb des Wassers, in einer venösen Stase mit Frösteln und bläulicher Hautverfärbung. Es kann zu einer allgemeinen Abgespanntheit kommen.

Das kalte Bad spielt in der Balneologie eine Rolle als *Freibad im Rahmen klimatischer Kuren* zu Zwecken der Erholung, Abhärtung und körperlicher Erleichterung. Es handelt sich hierbei im allgemeinen nicht um kranke Menschen. Für Kinder und alte Leute sind hier ziemlich enge Grenzen gesetzt, da diese beiden Altersklassen für Abkühlung empfindlicher sind. Von der Abkühlung der Fußsohle gehen auch reaktive Beeinflussungen auf die Schleimhäute der Atemwege aus.

Gesunde, der Erholung bedürftige Menschen finden beim Freibad in den äußeren Einwirkungen meistens eine einigermaßen richtige Selbstkorrektur, die von der Temperatur des Wassers, der Beschaffenheit des Wetters, dem Wind genommen wird. In der klimatischen Kur spielt das Freibad eine große Rolle. Kurorte und Sommerfrischen sind fast ausnahmslos mit Freibadanlagen versehen.

Die *Freibäder* in den Kärntner Seen, deren Wasser eine milde, natürliche Wärme hat, sind namentlich im Sommer eine milde Form des Freibadens. Ihnen schließen sich die Binnenseen, in denen Temperaturen bis 18 und 20° erreicht werden, namentlich in windgeschützten Lagen, als ebenfalls milde Freibadeform an. In freieren Lagen kommt der Wind als wesentliches Moment hinzu. Die Ostsee (Sommertemperatur um 15°) nimmt eine Mittelstellung zwischen den Binnenseen und der Nordsee ein. Hier kommt bereits das bewegte Wasser in Betracht. Den Höhepunkt bildet die salzige, windbewegte Brandung der Nordsee mit stärksten Einwirkungen von bewegtem Wasser und Wind.

Die klimatischen Faktoren spielen also im Rahmen des kalten Freibades eine wesentliche und bestimmende Rolle. Aus den Richtungen des Windes können sich hier nicht nur wechselnde Einwirkungen auf den nackten Körper ergeben, sondern auch auf die Temperatur des Wassers. So sinkt an der Ostsee bei warmem Ostwind das Wasser auf verhältnismäßig niedrige Temperaturen (BRAND), weil der Wind die oberen erwärmten Schichten abtreibt und kalte aus der Tiefe heraufkommen. Ähnliche Eigenschaften kennt man auch von anderen Küsten (Westwind an der Westküste des Schwarzen Meeres).

Sauna. Die finnische Sauna ist ein Verfahren, das man als eine Kombination von Warmeanwendung mit Freibad, Schnee- und Klimatherapie bezeichnen kann. Die Original-Sauna besteht aus einem einfachen geschlossenen Holzbau mit einer Eingangsschleuse, die zugleich als Garderobe oder Umkleieraum dienen kann. Der Hauptraum enthält mehrere treppenförmige übereinander angeordnete Bänke, in der Ecke eine Feuerstelle zum Erhitzen von Feldsteinen. Die Feuerung sowie der Wasserverbrauch sind sparsam eingerichtet. Der letztere besteht darin, daß von Zeit zu Zeit die erhitzten Feldsteine mit Wasser übergossen werden.

Die Sauna ist also grundsätzlich ein trockenes Heißluftbad, in dem von Zeit zu Zeit durch die stoßweise Entwicklung von Wasserdampf eine vorübergehende Feuchtigkeitsatmosphäre geschaffen wird. Sie ist nicht ein Dampfbad und hat

mit dem russischen Dampfbad, mit dem sie häufig verwechselt wird, nichts zu tun. Die in der Sauna Badenden halten sich zunächst in dem unteren Teil des Saunaraumes auf und begeben sich dann stufenweise auf die höheren Pritschen, wodurch sie in steigende Temperaturbezirke kommen. Auf der obersten Etage sind Trockentemperaturen bis 90 Grad gemessen.

Nach den Feststellungen v. KNORRES bringen die Feuchtigkeitsstöße die durchschnittliche Sättigung von 25% stoßweise bis auf 70%. Das Saunabad ist also gekennzeichnet durch hohe Wärme, niedere relative Feuchte, die aber stoßweise erhebliche Steigerungen erfährt. Zu dem thermischen Badereiz kommt der mechanische durch das Rutenschlagen (Birkenzweige) und der Reiz durch die Duftstoffe des Laubes. Gleich nach dem Betreten des Baderaumes steigt die Körpertemperatur (v. KNORRE) unter Beschleunigung der Atmung und des Pulses, Rötung der Haut, Erweiterung der Hautkapillaren, rasch ansteigende Schweißsekretion, das Herzminutenvolumen steigt, der diastolische Druck sinkt, der systolische Druck kann steigen, die peripheren Kreislaufwiderstände nehmen ab, die Blutdepots werden entleert, der Grundumsatz steigt, von der Haut aus werden die Vagusstoffe in die Zirkulation geworfen. Gewichtsverlust nach einem Saunabad 500 g, evtl. höher. Es kommt zu einer Eindickung des Blutes, der Blutzucker sinkt ab, die aktuelle Blutreaktion wird im Sinne einer Alkalose umgestimmt. Im Saunabad wird nach allmählicher Abkühlung Aufenthalt im Freien genommen, evtl. Bad in dem anliegenden See, auch Schneeabad in der Sonne, dann wiederum Übergang vom Freien in den geschlossenen Raum. Der Gesamteffekt des Saunabades (v. KNORRE, VIHERRJUURI) ist eine gewaltige Umstimmung des Organismus.

Die Finnen nehmen etwa *ein* Saunabad pro Woche. Die Verbreitung der Saunaeinrichtung in Finnland beträgt ungefähr ein Saunabad pro Familie ohne Mitzählung der Großstadt. Für die Erhaltung und Förderung der Gesundheit, für die sportliche Betätigung ist das Saunabad von großer Bedeutung. Sein Wert für die Krankenbehandlung ist noch nicht ausreichend erprobt.

Chemische Wirkungen gehen von den *Mineralbädern* aus, die ja eben durch einen besonderen Gehalt an Wirkstoffen ausgezeichnet sind. Es können von den chemischen Inhalten der Heilwässer spezifische und unspezifische Wirkungen ausgehen. Spezifische Wirkungen kommen dann zustande, wenn die im Badewasser enthaltenen Stoffe die Haut durchdringen, so daß sie dann im Körper ihre pharmakologischen Eigenschaften entfalten können. Das ist nur möglich bei lipoidlöslichen Substanzen (SCHWENKENBECHER). Andere Stoffe werden in der Haut vielfach in lipoidlösliche Form umgesetzt. Lipoidlöslich sind CO₂, SH₂ und Radon, die arsenige und Thioschwefelsäure, Jod- und Brom-Wasserstoffsäuren (KÜHNAU und MARCHIONINI), ferner Chloride, Bicarbonate und Salze von Schwermetallen (Fl, Cu, Mn, Ba, Co). Der Gehalt an diesen Stoffen ist in den Mineralwässern daher wichtig.

Von einer ganzen Reihe derartiger Stoffe, die in die Haut eindringen, sind Wirkungen bekannt. Schwefelbäder wirken auf den Diabetikerhaushalt, haben spezifische Wirkungen beim Rheumatiker. Arsenbäder senken den Blutzucker, machen das Thyroxin unwirksam. Radiumbäder wirken auf den Purinhaushalt (Mobilisation und Ausscheiden der Harnsäure). Von Eisenbädern sind günstige Wirkungen bei Fällen, wo Eisenmangel herrscht, bekannt. Kalium, das in die Haut eindringen kann, erhöht die Wirkung der Vitamine, woraus sich ein Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Bäderbehandlung und Diät ergibt (KÜHNAU). Ferner wird das Glutathion durch heiße Bäder und Schwefelbäder erhöht. Die chemischen Werte der Bäder greifen besonders an den Fermenten an (KÜHNAU). Aus allen diesen Zusammenhängen erhellt mit Deutlichkeit, in

welch tiefgreifender Weise durch die Eigentätigkeit der Haut im Zusammenhang mit Bädern der Gesamtorganismus ergriffen werden kann.

Das kommt noch mehr zum Ausdruck bei den unspezifischen Wirkungen, die von den chemischen Inhalten der Bäder ausgehen. Es handelt sich darum, daß ein Teil der Wirkstoffe des Bades in ionisierter Form in die Haut eindringt und in dieser eine Transmineralisation (Veränderung des Mineralsbestandes der Haut) verursacht. Dadurch aber entsteht ein veränderter Funktionszustand der Haut, der sich auf das vegetative Nervensystem auf endokrinem und nervösem Wege auswirkt. Dadurch wird wiederum der Gesamtorganismus erfaßt und eine Zustandsänderung des ganzen Körpers herbeigeführt. Die Haut verhält sich nach KÜHNAU wie ein einheitlich gebauter Eiweißkörper, dessen isoelektrischer Punkt bei $3,7 p_H$ liegt, also im sauren Gebiet. Der Normalzustand der Haut schließt eine negative Ladung in sich, nur Kationen können in die Haut eintreten, d.h. die Haut ist selektiv permeabel für diese. Dieser Zustand kann durch Einfluß der Bäder geändert werden, wenn eine Verschiebung in das stark saure Gebiet erfolgt. Dieses ist aber ohne weiteres möglich bei Mineralbädern auch durch das Hinzutreten von Kationen in geeigneten Lösungen und genügender Konzentration. Die Haut wird dann für Anionen passierbar. Das Ionengemisch in den Quellen vermag diese Verhältnisse mannigfaltig zu gestalten. Das Eindringen der Anionen bedingt aber eine totale Umschaltung der Reaktionslage der Haut und infolgedessen des Organismus. Dazu kommt, daß nicht nur ein Eindringen von Ionen in die Haut, sondern auch eine Ausscheidung aus der Haut stattfindet. In sauren Badewässern werden vor allem Kalium und Calcium, in alkalischen CO_2 und Cl vorzugsweise abgegeben. Insgesamt ermöglicht dieser wechselweise vor sich gehende Austausch auch seinerseits Änderungen des Mineralbestandes und der Reaktionslage von Haut und Organismus.

Die *Anwendung der Bäder* hat in den einzelnen Ländern sehr verschiedene Richtungen genommen. Während bei uns das Wannbad üblich ist, haben namentlich die südlichen Länder, in denen vor allem warme Quellen genutzt werden, das Gemeinschaftsbad entwickelt. Das Wannbad ist unbedingt erforderlich bei solchen Wässern, die bei stärkerer Manipulation im Gemeinschaftsbad ihre wirksamen Bestandteile verlieren. Das sind die kohlenensäurehaltigen Wässer, die radonhaltigen Wässer und die schwefelwasserstoffhaltigen Quellen. Es ist anzunehmen, daß auch andere Umsetzungen sich in der Wanne dem ruhenden Körper intensiver mitteilen als in dem bewegten Gemeinschaftsbad. In der Wanne ist bei empfindlichen Wässern eine ruhige Lage des Patienten erforderlich.

Das Gemeinschaftsbad eignet sich vor allem für natürlich warme Quellen, die eine badefähige Temperatur besitzen. Ein großer Vorteil, wenn ausreichende Wassermengen zur Verfügung stehen, besteht darin, daß das Gemeinschaftsbad zeitlich lange ausgedehnt, durch Pausen unterbrochen und dann wieder aufgenommen werden kann, so daß die Patienten stundenlang im Dunstkreis der Quelle leben, was mit zum Teil erheblichen therapeutischen Wirkungen dieser Badeart zusammenhängt. Gemeinschaftsbäder werden auch namentlich in südlichen wärmeren Klimatalagen als Freibäder eingerichtet, wo durch die klimatische Lage ein neuer therapeutisch bedeutungsvoller Faktor hinzukommen kann. So werden auch Schlammäder und Sandäder in besonders sonnigen Gegenden (Schwarzes Meer, Japan) vielfach im Freien genommen. Die Einwirkungen z. B. auf rheumatische Prozesse sind bedeutend.

Größere Badebecken, sogenannte *Piszipinen*, eignen sich vor allem auch zur Unterwasserbehandlung bewegungsgeschädigter Patienten. Die Behandlung geschieht hier mit mehr Vorteil als in der Wanne, sofern nicht besonders große

Wannen zur Verfügung stehen. Das Badepersonal muß in der Piszine mit Aufstellung nehmen, um Unterwassermassage, Bewegungsübungen, Unterwasserstrahlbehandlung vorzunehmen.

Teilbäder werden angewandt namentlich dann, wenn das Vollbad für den Patienten zu riskant ist, z. B. bei schweren Kreislaufschäden. Von Teilbädern gehen erhebliche Gesamtumstellungen auf den Organismus aus. Teilbäder werden vor allem auch in der Schlammtherapie angewandt, um lokal höhere Temperaturen zur Anwendung zu bringen und intensivere lokale Einwirkungen zu erzielen (Sitzbäder, Hand- und Fußbäder usw.).

Die Frage der *Dauer des Bades*, das *Verhalten vor und nach dem Bad*, die besonderen *Anwendungsformen* (Teilbad, Wannenbad, Piszine) sind Sache des Einzelfalles und müssen von dem sachkundigen Badearzt angeordnet und überwacht werden. Kleine Unterschiede können erhebliche Wirkungen ausmachen. Im Wannenbad nimmt man mit Vorliebe eine Badedauer von 15—20 Minuten, schon deshalb, weil empfindliche Wässer (CO₂-haltige Quellen usw.) nach dieser Zeit ihre Wirksamkeit an den menschlichen Körper abgegeben haben. Warme und heiße Bäder sind auch in längerer Ausdehnung besonders für empfindliche Kranke anstrengend. In Gemeinschaftsbädern, bei Erholungskuren, bei der Notwendigkeit längerer Einwirkung höherer Temperaturen müssen zeitlich ausgedehntere Bäder und Teilanwendungen verordnet werden.

Duschen und ähnliche zur Hydrotherapie gehörige Anwendungsformen sind nicht Sache der Balneotherapie.

Es gibt Quellen, die in *natürlichen Grotten* entspringen. Bei heißen Quellen entstehen dadurch *Dunsthöhlen* im Sinne feuchter Kammern, in denen die Luft eine höhere Temperatur und eine Sättigung mit Wasserdampf aufweist. Eine solche Dunsthöhle von 37,5° Temperatur und 100° Feuchtigkeit stellt die Grotte von Monsumano in Italien dar. Es handelt sich um eine 37grädige Kochsalztherme von geringer Konzentration, die in einer etwa 100 m in den Berg hineinreichenden Höhle entspringt. Der Raum ist zugänglich, mit Sitzgelegenheiten ausgestattet, so daß man dort in längeren Sitzungen Schwitzprozeduren vornehmen kann, an die sich warme Bäder und Ruhekuren (Bettruhe) anschließen. Ähnliche kleinere natürliche Grotten existieren auch anderwärts (Bagni die Lucca). An anderen Orten sind diese künstlich nachgebildet, werden aber von natürlichen Thermen gespeist (Montegrotto). An anderen Orten dienen derartige Dunsthöhlen zur Einatmung der Quellgase (Luchon).

Trinkkuren.

Wenn wir eine Mineralquelle als Trinkkur einverleiben, dann müssen wir das Analysenbild der Quelle uns vor Augen halten, das uns die Zusammensetzung einer Quelle aus zahlreichen Elementen vorstellt. Wir können wohl annehmen, daß die überwiegend vorhandenen Stoffe, namentlich wenn sie wirkungskräftig sind, auch im Vordergrund des pharmakologischen Vorganges stehen. Jedenfalls kommen aber stets auch die anderen Stoffe mehr oder weniger für sich selbst, oder insofern sie die Wirkung des Hauptstoffes beeinflussen, zur Geltung.

Nur ausnahmsweise handelt es sich, wenn wir Wirkstoffe durch eine Mineralquelle dem Körper zuführen, um intensive momentane Wirkungen, wie z. B. bei den abführenden Bitterquellen oder auch bei starken Radiumwässern. Meistens werden geringe Dosen zugeführt, die auf Grund des regelmäßig wiederholten Angebots einen Einfluß auf den Mineralbestand des Körpers ausüben.

Ein Schluck Wasser (MARX), auch wenn er keinen sogenannten Zündstoff enthält (Salze, Coffein usw.), übt schon an sich auf die empfindliche Magenschleimhaut einen Reiz aus. Körperwarmer Flüssigkeiten haben in diesem Zu-

sammenhang keinen Einfluß. Dagegen üben sowohl kalte wie heiße Flüssigkeiten einen Einfluß auf die Bewegungen des Magens, und zwar einen verzögernden Einfluß aus. Das hängt damit zusammen, daß im Magen Wasser, das eine andere Temperatur hat als der normale Mageninhalt, durch ein Zurückhalten im Magen der Körpertemperatur zunächst angeglichen wird. Die Darmbewegungen selbst werden durch warmes Wasser beruhigt, durch kaltes Wasser erregt. Ein Trunk kalten Wassers kann daher schon durch seine Temperatur in der Fortleitung der rasch erregten peristaltischen Welle eine Darmentleerung herbeiführen, bevor das Wasser selbst in den Darm gelangt.

Im Magen werden im allgemeinen Salze, Wasser im oberen Dünndarmabschnitt resorbiert. Hier besteht die Fähigkeit zur Bewältigung großer Flüssigkeitsmengen. Der in Nahrung und als Getränk zugeführte Tagesbedarf eines erwachsenen Menschen mag etwa $1\frac{1}{2}$ Liter betragen. Dazu kommen jedoch die reichlichen Flüssigkeiten der Verdauungssäfte. Diese betragen: Speichel 800—1000 g, Magensäfte 1000—2000, Galle 600—1000 g, Pancreas etwa 800 g. Es sind also normal im oberen Darmabschnitt mehr als 5 Liter Wasser pro Tag zu bewältigen. Schon daraus sieht man, daß nicht das Wasser an sich, sondern seine Beinhaltung einen Einfluß auf die Darmbewegung ausübt. Durch die Wasseraufsaugung wird im oberen Dünndarm der Speisebrei auf einen Gehalt von 8—12% fester Bestandteile eingengt. Im Laufe des Dünndarmes schreitet die Einengung bis zu einem Gehalt von 20—25% fester Bestandteile fort. Der Dickdarm leistet keine Wasserresorption. Auch beim Trinken großer Wassermengen, wie etwa beim Diabetes insipidus, ändert sich dieser Zusammenhang nicht. Auch in diesem Falle tritt kein Durchfall ein. Das wird erst dann anders, wenn das Wasser Bestandteile enthält, die ein Aufsaugen des Wassers im Dünndarm unmöglich machen.

Normalerweise tritt das Wasser aus dem Dünndarm in den ersten großen Wasserspeicher, die Leber über, welche bei der raschen Aufnahme großer Wassermengen eine Volumenvergrößerung erkennen läßt. Große Wassermengen gehen nicht einfach durch das Organ hindurch, bei Diabetikern oder Ikterischen führt das Trinken großer Wassermengen zu einer Steigerung des Blutzuckers oder des Gallenfarbstoffes im Blute. Diese Stoffe werden von den passierenden Wassermassen mitgerissen. Der nächste große Wasserspeicher ist das Blut. Hier kann die Aufnahme größerer Wassermengen in einer Verdünnung nachweisbar sein; das Hämoglobin kann bis um 12% abnehmen. Weitere Wasserspeicher sind Muskeln, Bindegewebe, innere Organe und schließlich die Haut, die allerdings weniger für die Wasserspeicherung als für die Wasserausscheidung in Betracht kommt. Sie ist ein großer Wasserverbraucher. Diesen Überleitungsvorgängen gehen auch Ausscheidungen und Umwälzungen der Wassermasse im Organismus parallel. Deshalb ist nach Aufnahme großer Wassermengen die Blutverdünnung nicht in einer einfach ansteigenden Kurve erkennbar. Vielmehr zeigt die Blutverdünnung eine zweigipflige Kurve (MARX). Auch andere Organe, der Kreislauf (Erhöhung des Minutenvolumens) nimmt an diesen Änderungen teil, bis schließlich die Niere erst auf einem komplizierten Umweg die Ausscheidung der Wassermenge übernimmt, wobei sie Stoffwechselprodukte mobilisiert und ausscheidet (Spülkuren). Der ganze Vorgang unterliegt der Steuerung und Regulation durch das übergeordnete zentralnervöse und hormonale System (Hypophysenvorderlappenhormon). Neben diesem Weg, der schließlich zur renalen Wasserausscheidung führt, wird die extrarenale Ausscheidung des Wassers durch Lunge und Hautsystem unterstützt (s. S. 108).

Da nach FALCK bei einer Aufnahme von 1000 g Wasser 489 g im Harn erscheinen, während bei 4000 g am Tag der Harn 3911 g ausmacht, so sieht man, daß das Trinken größerer Wassermengen Flüssigkeiten aus dem Körper mit-

reißt. Es werden dabei vor allem die überschüssigen Wassermengen renal ausgeschieden.

Mineralwassertrinkkuren bringen Minerale in den Körper und beeinflussen den Mineralhaushalt. Ein 70 kg wiegender menschlicher Körper gibt nach der Veraschung 3 kg Asche. Zieht man das Wasser ab, so ist $\frac{1}{10}$, zieht man auch das Skelet ab, immer noch $\frac{1}{25}$ anorganisch (HEUBNER). Man sieht daraus, daß schon mengenmäßig die Mineralien eine bedeutende Rolle im Körper spielen. Während früher nur das Kochsalz in diesem Zusammenhang betrachtet wurde, hat man neuerdings einen großen Kreis mineralischer Stoffe und in jüngster Zeit auch eine ansehnliche Menge von Feinstoffen als lebensnotwendig erkannt. Die Mineralien finden sich im Blut und in den Gewebssäften in einer ziemlich konstanten Zusammensetzung. In einzelnen Organen überwiegen nach neueren Untersuchungen besondere mineralische Stoffe (s. S. 42). Der Körper hat die Tendenz, das gegenseitige Mengenverhältnis der Mineralien im Blut und in den Gewebssäften mit großer Konstanz festzuhalten (*Isoionie*), um so mehr muß es wundernehmen, daß gerade die Zuführung von Mineralien auf dem Wege des Trinkens von Heilbrunnen in diesen Mineralbestand des Körpers einzugreifen vermag.

Da größere Wassermengen die Stoffdepots im Körper zu mobilisieren vermögen, so ist es zu verstehen, daß besonders dünn mineralisierte Wasser eine Ausschwemmung von Mineralien (*Demineralisation*) zur Folge haben können. Hier müßte bei stärkerem Gebrauch zunächst eine wirksame Entschlackung des Körpers, in der weiteren Folge aber eine fühlbare Demineralisation eintreten. Ausgeschieden werden in erster Linie die harnfähigen Stoffe, ferner Sulfate, Phosphate, weniger das Kochsalz. Durch Mineralwässer, die wir zuführen, können aber Mineralien auch im Körper angesetzt werden (*Mineralisation*). Das gilt vor allem vom Kochsalz. Der wichtigste Vorgang beim Trinken von Mineralwasser besteht aber darin, daß entweder eingeführte Mineralien gegen vorhandene ausgetauscht werden, so Na gegen K, Ca gegen Mg, Br gegen J und umgekehrt, oder, was noch bedeutsamer ist, daß durch die Zuführung bestimmter Mineralwässer andere in den Mineralwässern nicht oder nur spärlich vertretene Stoffe sich im Körper anreichern. Das kann natürlich nur dadurch geschehen, daß in diesem Falle der Körper die angereicherten Stoffe der Nahrung entnimmt. Führen wir in Mineralwässern Chloride oder Carbonate des Na oder K in erhöhter Menge zu, so finden wir eine Anreicherung im Körper an Ca und P. Der Karlsbader Mühlbrunnen führt bei Haferkaninchen (SGALITZER) zu dieser Vermehrung von Kalk und Phosphor. Ähnliches konnte KELLNER im Selbstversuch nach dem Trinken erdiger Wässer nachweisen. Im Tierversuch führen dauernde Gaben von Meerwasser zu Magnesiumanreicherung. Man nennt diesen Vorgang *Transmineralisation*. Die durch Mineralwassertrinkkuren herbeigeführte Umgestaltung im Mineralzustand des Körpers muß einschneidende Folgen auf lebenswichtige Organfunktionen haben.

Die Wirkung des in den Körper gebrachten Mineralgemisches liegt sowohl auf physikalischem wie chemischem Gebiet. Die Resorption der Salze, die zum Teil im Magen, zum Teil im Dünndarm stattfindet, geschieht sowohl auf dem Wege der Osmose als auch auf biologischem Wege durch Aufsaugung von seiten der Epithelzellen und Aufnahme in die Intracellularräume. Der physikalische Vorgang für die einzelnen Bestandteile geschieht dabei nach dem Gesetz der HOFMEISTERSchen Reihe. Diese gibt die Reihenfolge der Diffusionsgeschwindigkeit und damit auch der Resorptionsgeschwindigkeit der einzelnen Ionen an. In steigender Progression sieht die Reihe für die Anionen so aus: NO_3 , Br, Cl, SO_4 für die Kationen NH_4 , K, Na, Ca, Mg. Für den Gesamtcharakter eines Mineralwassers hinsichtlich seines Schicksals im Körper hat WIECHOWSKI geltend gemacht, daß

eine Wirkung am ehesten dann zu erwarten wäre, wenn das Mineralwasser von der Körperflüssigkeit nicht abweicht. Das gilt im allgemeinen für isotonische Lösungen, die Aussicht haben, resorbiert zu werden, während hypo- und hypertotonische Lösungen im Magen erst angeglichen werden müssen. Das hängt damit zusammen, daß die Aufnahme von Mineralstoffen überhaupt für die Isotonie der Gewebsflüssigkeiten und damit für das Schicksal der Gewebe, für ihren Quellungszustand, für die Zellenmembran, die Zellenkolloide von Bedeutung ist. Die Zufuhr reinen Wassers in größeren Mengen hat eine ausgesprochene Giftwirkung, ebenso wie umgekehrt große Salzzufuhren (Salzfieber) eine ähnliche Wirkung hervorbringen. Aber auch isolierte Stofflösungen haben ungünstige biologische Effekte. Kochsalz z. B. in der im Meerwasser vorkommenden Konzentration allein wirkt auf Meerestiere ausgesprochen giftig. Erst die Kombination der Salze, das Ionengleichgewicht, das wir in den Gewebssäften vor uns haben, macht die Salzmische zu einer wichtigen und lebensnotwendigen Grundlage des Daseins. In diesem Sinne müssen Mineralwässer als wichtige Zubringer und Erhalter des Mineralstoffgleichgewichts im Körper angesehen werden. Für uns ergibt sich (ZÖRKENDÖRFER), daß zur normalen Organfunktion eine Mehrheit von Ionen anwesend sein muß und daß weiter jede Verschiebung in ihrem gegenseitigen Verhältnis einen Einfluß auf lebenswichtige Funktionen ausübt.

Für die Entfaltung der Stoffe, die eine Mineralquelle mitbringt, im Körper ist deren Löslichkeit im Wasser, die gegenseitige Beeinflussung der Stoffe im Gesamtgemisch, die sowohl eine Förderung wie eine Minderung der Wirkungseigenschaften des einzelnen Körpers bedeuten kann, wichtig. Die Aufnahme im Körper wird gleichfalls durch das gegenseitige Mischverhältnis mitbestimmt. Das Vorhandensein von Kohlensäure hat sowohl für die Löslichkeit wie für die Resorption der Stoffe Bedeutung. Natürlich wirken auch die Verdauungs- und Darmsekrete hier mit. Auch die Vitamine haben auf Löslichkeit und Resorption der Mineralstoffe Einfluß. Dazu kommt (ZÖRKENDÖRFER), daß im Darm selbst Umsetzungen, reduzierende Vorgänge an den Bestandteilen der Mineralwässer eintreten können. So werden Sulfate zum Teil in Schwefelwasserstoff verwandelt. In Blut- und Körperzellen dagegen überwiegt die Oxydation. Füllungs- zustand, Bewegungen und der zufällige Darminhalt durch die Nahrungsstoffe beeinflussen weiter das Schicksal der Mineralwasserbestandteile im Körper.

Für die Wirkung der Mineralstoffe im Körper kommt zunächst die *lokale Wirkung* namentlich im Magen-Darm-Kanal in Betracht, weiterhin die *Auswirkung einzelner namentlich vorherrschender* oder in ihrer Wirkung besonders intensiver Stoffe im Haushalt des Körpers, sowie schließlich die *Gesamtbeeinflussung des Mineralbestandes* und des Ionengleichgewichts der Gewebssäfte, wie sie schon erörtert worden ist.

Bei den einzelnen Stoffen handelt es sich zum Teil um grobe Salzwirkungen, so bei den die Magensekretion reizenden Kochsalz- oder kohlen säurehaltigen Quellen. Der Inhalt schwer diffundierbarer Salze in Mineralwässern beeinflusst durch die Verzögerung der Wasseraufnahme die Resorption und wirkt abführend. Alkalische Wässer stumpfen die Magensäure ab. Vom Darm aus resorbiert ist vor allem die Leber ein Betätigungsfeld der aufgenommenen Mineralgemische, die sich namentlich bei alkalischen, sulfatischen, kochsalzhaltigen Quellen in Einflüssen auf die Gallenproduktion und Gallenausscheidung kundgibt. Kochsalzquellen bewirken außerdem auch Umsätze im Blut. Weiterhin resorbiert können die Mineralwasserbestandteile auf Steinbildungen im urogenitalen System einwirken. Säuernde Wirkungen werden bei Phosphatsteinbildungen, alkalisierende Wirkungen auf Uratsteine geltend werden. Eine Alkalisierung der Gewebssäfte kann der diabetischen Acidose entgegenwirken. Entzündliche Prozesse nicht nur

im Darm, sondern auch in den urogenitalen Wegen sind der Einwirkung der aufgenommenen Mineralien ausgesetzt. Bei den Atemwegen kommt in Betracht, daß die unmittelbare Einatmung kochsalzhaltiger, alkalischer, schwefelhaltiger Brunnen direkt die Schleimhäute erreicht.

Die oligodynamischen, d. h. in kleinsten Mengen wirksamen Bestandteile, vor allem Eisen, Jod, Arsen bei der Trinkkur aufgenommen, haben Einwirkung auf die Blutbildung, auf resorptive und rückbildungsfähige, entzündliche und Abnutzungsprozesse. Schwefelbrunnen können Ersatzleistungen bei der Schwefelverarmung des Rheumatismus ausüben. Auch die sog. Feinstoffe, besonders Cu, Zn, Mn, Co kommen, in Trinkkuren zugeführt, in Betracht für Ersatzleistungen bei Ausfallerscheinungen und als pharmakologische Therapie.

Trotz dieser bedeutsamen Einzelwirkungen kann doch die hauptsächlichste Bedeutung der Mineralwassertrinkkuren in der Allgemeinwirkung auf den Mineralbestand des Körpers gesehen werden. Die Calciumvermehrung z. B., die auf verschiedenem Wege bei Mineralwassertrinkkuren zustande kommt, verändert die Gesamtreaktionslage des Körpers. Calcium selbst hat auf das Gewebe einen adstringierenden Einfluß (adstringierende Fernwirkung). Die durch Senföl hervorgerufene Entzündung der Hornhaut beim Kaninchen ist durch Mineralwasserabgaben (Ca) zu hemmen (HESSE). Die Magnesiumnarkose kann durch Calciumaufnahme durch Mineralwasserkuren aufgehoben werden. Wie v. DUNGERN nachgewiesen hat, wirken Mineralwässer entgiftend (Aufhebung der Sparteinvergiftung bei Versuchstieren durch den erdigen Altheider Säuerling). Die Blutbactericidie, also die Infektionsfestigkeit der Gewebssäfte, erfährt durch manche Mineralwässer eine Erhöhung (PFÄNNENSTIEL). Auch körpereigene Säfte, wie z. B. das Thyroxin, können durch die in Mineralwässern enthaltenen Schwermetalle, besonders Eisen, Arsen, Kupfer, entgiftet werden (HESSE). Das Wachstum und die Blutbildung junger Tiere wird durch Eisengaben in Mineralbrunnen stärker gefördert als durch die gleiche Menge in pharmakologischen Präparaten.

Auf dieser Gesamtumstellung des Mineralhaushalts beruhen schließlich eine Reihe von wichtigen Stoffwechselwirkungen der Mineralbrunnen. Der Zuckerstoffwechsel erfährt durch das Trinken alkalischer, gipshaltiger und schwefelhaltiger Brunnen einen grundsätzlichen Wandel (s. S. 184): Abnahme des Zuckers in Blut und Harn und der Acetonausscheidung, Verstärkung der Insulinwirkung. Durch kalk- und radonhaltige Wässer werden harnsaure Depots ausgeschwemmt und ein vermehrter Abbau der Harnsäure erreicht. Kalkhaltige Brunnen vermögen den endogenen Purinumsatz einzuschränken. Manche kochsalzhaltigen Brunnen ermöglichen ein geringeres Eiweißminimum. In richtiger Zusammensetzung ist der Mineralbestand für den gesamten Eiweißstoffwechsel von Bedeutung. Auch der Fettstoffwechsel erfährt durch die Zufuhr von Mineralien in Brunnen eine Wandlung. Glaubersalz vermindert den Fettansatz in der Leber und bringt die Ketonurie zum Schwinden. Jodhaltige Wässer beeinflussen den Schilddrüsenstoffwechsel, Arsen- und Eisenwässer haben außer der direkten Blutwirkung auch ihrerseits dynamische Wirkungen auf den Fettstoffwechsel. Sind diese Einwirkungen auch noch keineswegs alle therapeutisch auszunutzen, so zeigen sie doch ausnahmslos die Bedeutung der Mineralienzufuhr auf dem Wege über die Heilbrunnen für den Haushalt und den Stoffwechsel des Körpers.

Trinkkuren haben ihre wesentliche Bedeutung durch das *regelmäßig wiederholte Mineralangebot* (HEUBNER). Gerade hier ist daher die Einhaltung eines gewissen Rhythmus im Tagesgeschehen von Bedeutung. Mineralwässer werden als Pharmaka zur einmaligen Wirkung höchstens bei Benutzung starker Bitterwässer gebraucht. Sonst, auch bei der häuslichen Trinkkur, handelt es sich stets um eine

sogenannte Kur, d. h. um ein länger hinausgezogenes Verabreichen, um eine nachhaltige Wirkung und Umstellung im Organismus.

Die *Form der Kur* ist durchaus eine Aufgabe des Einzelfalles. Es ist ein Unterschied, ob nüchtern oder auf vollen Magen, morgens oder zu anderen Tageszeiten, kalt oder warm, stoßweise oder portionsweise, liegend oder im Umhergehen getrunken wird. Die Einflüsse auf die Sekretions- und Bewegungsverhältnisse zunächst des Magens, dann auch der weiteren Abschnitte des Verdauungsröhres, die Verträglichkeit (z. B. bei Eisenbrunnen) sind zu berücksichtigen. Die erforderliche Menge kann sehr verschieden sein. Sogenannte Durchspülungskuren erfordern höhere Mengen, 2 Liter über den Tag verteilt und mehr. Im allgemeinen läßt man etwa 1 Liter, möglichst nicht weniger, über den Tag nehmen. Die Temperatur des Wassers, natürlich oder künstlich, ist eine Angelegenheit, die weitgehend die Wirkung bestimmt. Von größter Bedeutung ist die Ordnung der Diät. Behelfsweise kann man Trinkkuren auch zu Hause ausführen. Die heutige Technik sichert eine schonende Behandlung der Wässer bei Abfüllung und Transport in der Flasche. Nach dem ganzen Wesen der Heilwasserkuren kann eine häusliche Kur aber niemals eine solche an der Quelle ersetzen.

Inhalationskuren.

Die Heilwässer werden zum Zwecke der Einatmung vernebelt. Bei der Einatmung handelt es sich 1. um die Aufnahme von Flüssigkeitsnebeln durch die Atmungswege; diesen Nebeln sind in vielen Fällen 2. Gase beigemischt (CO_2 , H_2S), so daß eine Einatmung von Flüssigkeit und Gas zusammen erfolgt. In manchen Dunstgrotten (Luchon) wird diese Form der Einatmung von alters her geübt. Bei den radonhaltigen Quellen trennt man die Flüssigkeit technisch vom Gasinhalt durch besondere Verfahren. Schließlich erfolgt bei der Inhalation 3. auch eine Aufnahme von festen Partikeln, wenn auch in geringen Mengen. Aus H_2S kann durch Oxydation fein verteilter kolloidaler Schwefel entstehen, der neben Flüssigkeit und Gas inhaliert werden kann (KÜHNNAU).

Wichtig ist vor allem die Einatmung vernebelter Flüssigkeit, für welche besondere technische Verfahren bestehen. Bei der Einzelinhalation benutzt man Apparate, durch welche das Heilwasser verstäubt und ein unter Druck stehender Gasstrom dem Atmungsorgan entgegengetrieben wird. Bei der Rauminhalation wird ein geschlossener Raum mit dem Nebel gefüllt, der nur durch die Tätigkeit der Atmungsorgane eingesogen wird.

Bei der Inhalation kommt es auf folgende Faktoren (HEUBNER) an: 1. Die Nebelmenge, das ist die Menge des Gases (meist Luft), das durch seinen Druck die Vernebelung erzeugt und miteingeatmet wird. In Apparaten mit Sammelbeuteln werden 6—9 l/min, ohne solche (da dann der während der Ausatmung verbrauchte Nebel für die Inhalation verlorengeht) etwa 20 l/min verbraucht. 2. Die Nebeldichte, das ist die Menge des vernebelten flüssigen Materials; von dieser Größe hängt die Wirkung der Inhalation ab. Die Nebeldichte soll 30 mm³/l Luft betragen. Bei höheren Temperaturen geht ein Teil der Flüssigkeit in Nebelform verloren. 3. Der Nebelgehalt; darunter versteht man die Menge der nichtflüchtigen Substanz in mg/l. Gerade diese Größe gibt Auskunft, wieviel wirksame Substanz inhaliert ist. Es werden im allgemeinen 0,5—2,0 mg/l Nebel erreicht. 4. Der Zerstäubungsgrad (Anteil der großen und kleinen Tröpfchen im Nebel). 5. Die Nebeltemperatur.

Der Zerstäubungsgrad ist von besonderer Bedeutung, denn er entscheidet über die Frage, wieviel und an welchen Stellen des Atmungsorgans der Nebel niedergeschlagen, also therapeutisch wirksam wird. Hierbei spielen der Druck der Inspirationsluft und die Konzentration des Mineralwassers eine entscheidende

Rolle. Es bilden sich stets kleinere und größere Tröpfchen, deren Schicksal im weiteren Verlauf der Inhalation sehr verschieden ist. Die Tropfen haben im allgemeinen eine Größe von 1,0—1000 μ . Kleine Tröpfchen sind an sich veränderlich und neigen zu Umsetzungen, große sind stabiler, aber kleine Tropfen haben mehr Chancen, in die Tiefe der Atemwege zu kommen, werden allerdings auch leichter wieder ausgeatmet, wenigstens bei mittlerer Temperatur. Bei warmer Inhalation können die kleinen Tropfen an den kühleren Atemwegen niedergeschlagen werden. Große Tropfen erreichen meist nur Mund- und Rachenhöhle sowie die obersten Luftwege. Für kleine Tropfen ist vor allem die Einzelinhalation wertvoll, weil hierbei der Inhalationsstrom mit einer gewissen Gewalt in die tieferen Luftwege hineingeschleudert wird. Für den Niederschlag sind die Wirbelbildungen zwischen Ein- und Ausatmung (auch die Erschwerung und Verlangsamung der Ausatmung bei gewissen Krankheiten) günstig. Die Resorptionsbedingungen sind also bei feinem Nebel, die lokalen Wirkungen namentlich in den stärkeren Bronchien bei gröberen Nebeln günstig.

An sich ist die Menge der in Betracht kommenden Wirkstoffe gering, die Resultate sind aber erfahrungsmäßig bei sachgemäßer Anwendung und Gewissenhaftigkeit der Patienten sehr erheblich.

Man hat folgende Berechnung angestellt (EVERS). Während einer Rauminhalation werden in einer Sitzung etwa 0,6 g Mineralwasser in feiner Zerstäubung (Tropfengröße 2—5 μ) eingeatmet. Das würde für Emser Wasser eine Inhalation von 30 mg Salzbestandteile ergeben, wovon 12 mg resorbiert werden. Die Inhalationsnebel enthalten ferner Salzkerne (LINKE); sie werden gleichfalls mit-eingeatmet und üben am Ort des Niederschlages einen chemischen Reiz aus. Diese Salzkerne (Zählung mit dem Kernzähler s. S. 89) können erhebliche Zahlen erreichen, bis 170000 pro cm^3 im Inhalatorium, aber noch über 100000 in der Freiluftinhalation nahe den Gradierwerken. Schließlich ist mit dem Zerstäubungsvorgang an sich eine elektronegative Ladung verbunden, diesen Umstand hat man therapeutisch benutzt durch künstliche Aufladung, womit wiederum Einflüsse auf den Dampfdruck und Kernbildung, also therapeutische Auswirkungen erreicht werden.

Die inhalierte Flüssigkeit wirkt lokal und durch Resorption. Man hat (EVERS) den Einfluß hyper- und hypotonischer Wässer auf die Flimmerbewegung der Epithelien nachweisen können. Die Inhalation führt erhebliche Mengen Wasserdampf zu, was bei trockenen Katarrhen wichtig ist, während man bei feuchten Katarrhen trockene Einatmung zur Anwendung bringt. Die lokalen Wirkungen der eingeatmeten Bestandteile Kochsalz, Calcium, Schwefel u. a. entsprechen den pharmakologischen Wirkungen dieser Stoffe. Kochsalz übt einen leichten Reiz aus, wirkt schleimlösend, fördert die Absonderung kranker Sekrete, auch die Expektoration. Ca wirkt festigend, entzündungswidrig, S antibakteriell. S lockert außerdem die Sekrete, As hyperämisiert.

Wie bei der Anwendung der Heilwässer kommen auch nach der Inhalation die resorptiven Wirkungen in Betracht. So ist die Calciumwirkung auf dem Wege über die Einatmung weiterhin im Körper nachgewiesen (HEUBNER). Es handelt sich hier um eine Wirkung im Sinne der Transmineralisation. Nach der Einatmung siliciumhaltiger Wässer soll im Blute ein die inhalierte Menge übersteigender Si-Gehalt nachweisbar sein, was auf eine Mobilisation im Körper hindeuten würde. Das Radon wird mit seinen die ganze Körperlichkeit in Betracht ziehenden Wirkungen vor allem auf dem Wege über die Inhalation wirksam.

Inhalation wird ausgeübt durch Einzelapparate und Rauminhalation. Wichtig ist ferner die Inhalation im Freien (s. S. 60). Im einzelnen ist die Anwendungsweise ein Problem des Krankheitsfalles. In manchen Fällen werden die Wässer bei der technischen Zerstäubung auch als Träger von Medikamenten benutzt.

Klimakuren.

Die extremen klimatischen Lagen (Tropen, Wüste, Arktis) scheiden für heilklimatische Fragen aus. Das *Tropenklima* ist gekennzeichnet durch intensiven Sonnenschein, damit verbundene hohe Lufttemperatur und UV-Strahlung, meistens auch hohe Feuchtigkeit nicht nur im tropischen Regenwald, beständige Witterung. Das Tropenklima wirkt im allgemeinen erschlassend und ermüdend, aber auch steigernd auf die Reizbarkeit (Tropenkoller). Das meist subtropisch gelegene *Wüsten- und Steppenklima* hat besonders hohe Temperaturen (s. S. 96), hohe UV-Strahlung, große Trockenheit. Das letztere Klima wurde vor allem in Ägypten, das unter dem Einfluß der benachbarten Wüstenregion steht, von Europa aus therapeutisch genutzt [Katarrhe, Nierenkrankheiten (s. S. 196)].

Das *Klima der Arktis und Subarktis* hat hohe Kälte, geringe Sonnenstrahlung, extreme Jahresrhythmen, Polarnacht und Polarsommer mit Mitternachtssonne, dazu unbeständige Witterung; es wirkt in der Dunkelheit depressiv, in der Helle ungünstig excitierend mit gesteigertem Tätigkeitsdrang.

Das *Klima der gemäßigten Breiten* läßt die extremen Eigenschaften der Wärme und Kälte mit deren Folgen vermissen, es ist seinerseits charakteristisch gekennzeichnet durch den ausgesprochenen rhythmischen Jahreswechsel und das Vorherrschen zyklonaler Vorgänge. Es steht indessen mit den angrenzenden extremen Klimagebieten in Wechselwirkung und bezieht auch wichtige Zuwendungen von dort: Golfstrom, warme Luftzufuhr, andererseits Kälte aus Alaska und Sibirien. Das alles bedingt innerhalb der gemäßigten Territorien einen großen Wechsel der Klimalagen, dazu kommt die bewegte Landschaft der gemäßigten Breiten sowohl in der Höhenausdehnung wie in der Verteilung von Festland und Meer. Das gilt vor allem für Europa. Dieses verschafft uns ein überaus abwechslungsreiches, in seinen Qualitäten variables Klima, das weite Möglichkeiten für die therapeutische Nutzung gewährt. Wir haben uns gewöhnt, in dieser Beziehung das Hochgebirgsklima, das Mittelgebirge mit den ihm verwandten Bereichen und das Seeklima besonders zu betrachten.

Kuren im Hochgebirge.

Wir sprechen von Hochgebirgskuren bei Aufenthalt in 1000—1800 m Höhe. Über 2000 m sind keine Kurgelände mehr in unseren Breiten vorhanden. Auch niedriger als 1000 m gelegene Orte haben im Gebirge durch die Artung des großklimatischen Raumes, zu dem sie gehören, meist einen mehr alpinen Charakter, zeigen aber keine scharfe Prägung der typischen Hochgebirgseigenschaften.

Bei der Versetzung in das *Hochgebirge* stellen sich folgende Erscheinungen am Körper ein: Zunahme der Erythrocyten und des Hämoglobins, der gesamten Blutmenge, Zunahme der Atemtiefe und bei längerem Aufenthalt Kräftigung des Herzmuskels, Bräunung der Haut, Umstellung des Kreislaufs, Einflüsse auf den gesamten Stoffwechsel und das Nervensystem (s. S. 97 und 200). Mit diesen Erscheinungen sind die meßbaren Größen angegeben, es ist aber keineswegs die ganze Wirkung gekennzeichnet, die ausgeht von einem Aufenthalt im Gebirge und die sich besonders auf den Sohn der Ebene auswirkt. Das Klima des Hochgebirges ist ein starker Reiz, dessen Verarbeitung eine gewisse Elastizität der Körperregulationen erfordert. Der Gesunde leistet sie spielend besonders in jüngeren Jahren, älteren auch gesunden Leuten wird die Anpassung schon schwieriger. Hier können gegebenenfalls Störungen besonders am Kreislauf eintreten. Bei richtig ausgewählten Kranken ist die heilende Kraft des Hochgebirges und seine Erholungswirkung hervorragend. Kein Klima hat so starke und charakteristische Ausprägungen. Bei empfindlichen Leuten empfiehlt es sich, den

Übergang besonders aus der Tiefebene in höhere Lagen nicht in einer Tour zu machen, sondern eine Zwischenstation in 600—800 m einzuschieben.

Die Neu- und Umbildung des Blutes, eine spezifische Wirkung des Höhenaufenthalts macht sich vor allem in der Jugend, dann aber namentlich bei Anämischen rasch geltend. Die erwähnten Senkungen des Basalstoffwechsels (s. S. 138) kommen den Schilddrüsenkranken zugute, auch schwerere Basedowfälle können gute Erfolge haben. Die Anregung des Kreislaufs als Folge der mit der Sauerstoffverarmung der Luft zusammenhängenden veränderten Zirkulation kommt vielen, besonders leicht Herzkranken zugute. Nur leichte Herz- und Kreislaufschäden ohne Dekompensation eignen sich. Eine dosierte Bewegung unter Beachtung der Ansprüche bei der Steigung bedeutet oft ein ausgezeichnetes Training. Kranzadererkrankungen sind nicht geeignet. Von den Erkrankungen der Atmungsorgane kommen leichtere Katarrhe der gröberen Luftwege bei der reinen Luft meist rasch zur Heilung. Das Hochgebirge ist die Domäne des Asthmas besonders im Kindesalter, bei Erwachsenen vor allem für solche Fälle, die sekundäre Erscheinungen (Bronchitis, Emphysem) noch nicht zeigen. Für Rheumatiker kann in strahlungsreichen trockenen Hanglagen Ausgezeichnetes erreicht werden (v. NEERGARD). Das Klimakterium verträgt das Hochgebirge meist schlecht. Höhere Lagen eignen sich für Heufieberkranke (Fehlen der Pollenallergene).

Im Bereich der Tuberkulose ist die sogenannte chirurgische Tuberkulose (BERNHARD, ROLLIER) bei genügend langer Kurzeit ein ausgezeichnetes Behandlungsobjekt, ebenso die gutartige produktive Lungentuberkulose. Die Atmungsfläche muß ausreichend groß, die Fähigkeit zur Verarbeitung genügend sein (s. S. 195, Kapitel Tuberkulose). Der starke Reizcharakter des Hochgebirgsklimas ist stets zu beachten (Zustandsdiagnose). Kontraindiziert für Hochgebirgskuren sind empfindliche Katarrhkranken, exsudative Tuberkulose, die reizempfindlichen Rheumatiker, Nervöse mit hoher Labilität, Klimakterische. Auch für lediglich Erholungsbedürftige, nicht Kranke, muß man die nervös-seelische Konstitution, die Verarbeitung der gewaltigen und schroffen Natureindrücke berücksichtigen. Einfache Erholungskuren 3—4 Wochen, Asthma, Tuberkulose ebenso viele Monate und länger.

Kuren im Mittelgebirge.

Das *Mittelgebirge* hat keine so charakteristischen symptomatischen Änderungen im Gefolge wie das Hochgebirge. Seine Einwirkungen sind aber prinzipiell nicht anderer Art. Sie vollziehen sich sanfter, erreichen mit der Zeit aber beträchtliche Ausmaße. Die Erfolge bei Mittelgebirgskuren stehen hinter anderen Klimakuren nicht zurück. Man rechnet Lagen bis etwa 800 m zum Mittelgebirge, begreift hierunter jedoch auch die Wald- und Hügellandschaften und die in die Ebene ausstrahlenden Höhenzüge; das bergige Vorgelände der Alpen zeigt klimatische Übergangserscheinungen zwischen Hochgebirge und Mittelgebirge. Auch die Landschaft der Binnenseen steht dem Mittelgebirge nahe. Landschaftlich handelt es sich um ein abwechslungsreiches, vielgestaltig bewegtes, vielfach besonders liebenswürdiges und harmonisches Landschaftsbild. Das Mittelgebirge eignet sich hervorragend für alle Arten von Erholungskuren für sensiblere Menschen, für stark Erschöpfte. Die Schlaflosigkeit Nervöser gleicht sich hier oft rascher aus als an der See oder im Hochgebirge. Die milden Reize der Landschaft und des Klimas machen das Mittelgebirge zum bevorzugten Aufenthalt vieler Nervöser, Neurastheniker, psychisch Labiler, der nervös Stigmatisierten (v. BERGMANN). Hieraus erklären sich die vielfach guten Erfolge bei *Ulcus ventriculi* und bei nervöser Dyspepsie (AMELUNG). Für die meisten aus den Tieflagen kommenden verweichlichten Großstädter und Zimmermenschen ist das Mittelgebirge

das geeignete Terrain, um die vorhandene Anfälligkeit zu überwinden und um Freiluftmenschen aus ihnen zu machen (AMELUNG). Die Reize des Mittelgebirges stehen denen der Heimat meist nicht so schroff gegenüber wie offene See und Hochgebirge. Herz- und Gefäßkranke, namentlich die verschiedenen Formen des Hochdrucks, vor allem die essentielle Hypertonie, der rote Hochdruck und die älteren Hypertoniker, bei denen Ruhe und Freiluftkuren ausgezeichnet wirken, haben gute Erfolge, das gleiche gilt für die Angina pectoris, namentlich in den Frühstadien, sowie in den für balneologische Maßnahmen nicht geeigneten Fällen. Die geringere und sanftere Beanspruchung von Atmung, Herz- und Nervensystem erweist sich bei Erkrankung des Myokards besonders vorteilhaft (MICHAUD). Die Ruhigstellung von Herz und Nervensystem kommt den Basedowkranken zugute, soweit nicht eine besondere Eignung des regionalen Klimas vorliegt, wie die Jodfreiheit des Milieus in der Tatra, im Glatzer Bergland. Auch die Heilanzeigen für das Asthma bronchiale (DIENER, SEELIGER, AMELUNG) beruht vor allem auf der günstigen Beeinflussung der nervös-konstitutionellen Komponente. Das gilt auch für andere Allergosen. Man vergesse nicht, daß die Allergosen (AMELUNG) Großstadtprodukte sind. In diesem Zusammenhang erweist sich auch die Migräne als ein dankbares Objekt für die Kuren im Mittelgebirge. Da diese Kranken sehr wetterempfindlich sind, auf plötzliche Störungen im Wettergeschehen (nicht etwa bloß auf Föhn) ungünstig reagieren, so ist einleuchtend daß die milden und ausgeglichenen Lagen des Mittelgebirges hier besonders geeignet sind. Die Katarrhe der Atmungswege, auch das Emphysem, finden in der reinen Luft waldreicher Mittelgebirgslagen Erleichterung. Für den Rheumatiker, der Trockenheit und Wärme braucht, sind südliche Hanglagen wichtig. Hier kommen im Sommer auch Tieflagen, z. B. das Klima der Heide oder der Norddeutschen Tiefebene als wertvoll in Betracht. Besonders bevorzugt scheinen Klimakuren für Altersveränderungen zu sein. Die mäßigen Freiluftreize, Bewegung, vorsichtiger Sport, Wandern sind der Hinausschiebung des Involutionsprozesses günstig und erhalten jung. Für die Tuberkulose kommen die weniger widerstandsfähigen Formen, die exsudativen und zur Verkäsung neigenden Krankheitsfälle, in Betracht (s. S. 189, Kapitel Tuberkulose).

Kontraindiziert sind das Heufieber, für Katarrhkranken Gegenden mit schmalen Tälern, ausgedehnter Bewaldung, relativ hoher Feuchtigkeit. Sonst kann das Mittelgebirgsklima kaum schädlich sein. Die milde Gestaltung der Reize, die relative Konstanz bewirken immer eine energetische Schonung und geben eine Zuflucht für Kranke und Erholungsbedürftige, für welche reizstarke Lagen des Hochgebirges und der See nicht verträglich sind.

Kuren an der See.

Auch für das *Seeklima* lassen sich so deutlich abgegrenzte Wirkungen nicht feststellen, wie sie das Hochgebirge zeigt. Das Seeklima hat durch die stets bewegte Luft, den häufigen Wechsel des Wettergeschehens, die Luftverhältnisse der Brandung, den Charakter des Aerosols, die Ansprüche an die Abkühlungsgröße, die Strahlungsverhältnisse, den gleichmäßigen Gang der Temperatur Wirkungen von zum Teil erheblichem Ausmaß im Körper zur Folge. Besonders stark scheint die Stoffwechselwirkung eines Aufenthalts an der See zu sein. Das gilt vor allem vom ausgesprochenen Seeklima, also der Lage an der Küste und den vorgelagerten Inseln. Land- und Seewind bringen immer erhebliche Unterschiede (s. S. 98). Ausgesprochen maritim ist bei uns die Nordsee, die Ostsee steht unter kontinentalen Einflüssen. Während das Hochgebirgsklima in allen geographischen Breiten ziemlich gleichartig ist, zeigt das Seeklima in dieser Beziehung und auch je nach der Gestaltung von Land und Meer, gestreckte oder

zerklüftete Küste ziemlich erhebliche Unterschiede. Ein bioklimatisch wertvolles Klima haben die Mittelmeerküsten und atlantischen Küsten von Europa, Frankreich, Spanien und Italien, ebenso das Schwarze Meer, vor allem die Krim und der Westabhang des Kaukasus: feuchte Wärme, reiche Strahlung. Gleichmäßig warmgestaltetes Klima ist von großer Bedeutung für die Tuberkulosebehandlung, Rheuma, Katarrhe und vor allem auch für wärmebedürftige Alterszustände. Die nachfolgenden Bemerkungen beziehen sich auf die Nordsee und Ostsee.

Die Küste ist das ideale Klima zur Behandlung von Erkältungskrankheiten. Es hat vor allem durch die systematische Beeinflussung der den Anfälligkeitstendenzen zugrunde liegenden Reaktionsschwäche Bedeutung für alle Überempfindlichkeitszustände, die exsudative lymphatische Diathese, die allergische Diathese. Auch die für manche Rheumakranken guten Erfolge des Seeklimas in der warmen Jahreszeit dürften auf einer günstigen Beeinflussung der Wetterempfindlichkeit des Rheumatikers beruhen. Ebenso geeignet ist das Seeklima für die Behandlung der Katarrhe, vornehmlich der groben Luftwege Nase, Rachen, Kehlkopf, Luftröhre, grobe Bronchien. Die Entzündungsbereitschaft dieser Luftwege und vor allem die trockenen Katarrhformen haben gute Erfolge. Das kindliche Asthma findet auch an der See erfolgreiche Behandlung.

Für das Heufieber sind einige Küstenlagen (Helgoland) geeignet. Hierfür sowie für die Migräne haben Seeklimakuren (PFLIEDERER) günstigen Einfluß auf die krankhafte Reaktionsbereitschaft. Bei Wetterempfindlichen wirken sich gerade die ständig wechselnden Wettergeschehnisse und die stets bewegte Luft günstig aus. Diese Verhältnisse schaffen ein ausgezeichnetes Training für die genannten Patienten. Der Strand bietet dazu ideale Aufenthaltsverhältnisse im Freien wie kein anderes Kurmilieu. Es gestattet dabei kleine Ablenkungen, Beschäftigungen, Spiele, Ruhemöglichkeiten, schonende und reichliche Bewegung und hilft ausgezeichnet, den Stadtmenschen unmerklich zum Freiluftmenschen umzugestalten. Immer werden die energischen Wirkungen des Seeklimas auf den Stoffwechsel hervorgehoben. Das scheint vor allem mitzuwirken bei der Kräftigung und Ertüchtigung der Kinder und hat auch für Erwachsene Bedeutung. Nach PFLIEDERER ist überall, wo durch Anregung und Kräftigung physiologischer Reaktionen eine Überwindung krankhafter Zustände zu erreichen ist, ein Erfolg mit Seekuren zu erwarten. Für die Tuberkulose spielen Seeklimakuren eine große Rolle, namentlich bei der extrapulmonalen Tuberkulose. In Betracht kommt die Nordsee, vor allem aber die strahlungsreiche Küste der südeuropäischen Länder (Atlantische und Mittelmeerküste). Kontraindiziert sind die Seekuren für Basedowkranke und für Schilddrüsenkranke überhaupt sowohl wegen des Jodreichtums der Brandungsluft besonders an der Atlantischen und an der Nordseeküste, dann aber auch durch die Bewegtheit des Milieus (Luft, Wasser). Erregbare Nervöse, Schlaflose, Geräuschempfindliche fühlen sich namentlich an den stark bewegten Küsten nicht besonders wohl, hier besser Ostsee oder Binnensee. Ebenso sind organische Krankheiten des Herzens (besonders auch Coronarsklerose), der Niere, des Magendarmkanals, ausgesprochene gynäkologische Leiden, Rheumatiker mit Neigung zu frischen Attacken und progressiven Veränderungen nicht geeignet.

Die Behandlung im Seeklima wurde vor allem durch HÄBERLIN bei uns in der Neuzeit gefördert. Auch Seereisen sind immer wieder für Kuren empfohlen worden. Zu beachten ist, daß auch die nordatlantische Küste, selbst die Nordsee, ausgezeichnete Verhältnisse für Winterkuren bietet.

Das Wesentliche bei Seekuren ist die klimatische Einwirkung. Das Seebaden hat vor allem für erholungsbedürftige, widerstandskräftig Gesunde ausgezeichneten Wert. Beim Freibaden spielt die Luft und das bewegte Wasser als starker

Reiz eine besondere Rolle. Abgemildert kann man in geschlossenen Kabinen und auch im Wannenbad noch Nutzen aus den Bädern ziehen. Das warme Wannen-seebad ist dann einem abgemilderten Solbad vergleichbar (3% Sole). In manchen Küstenorten haben sich noch besondere Behandlungsmöglichkeiten ergeben durch die Nutzung des vorhandenen Seeschlicks (s. S. 50), die bei uns den klimatischen Verhältnissen entsprechend (analog den Moorbädern) in Badehäusern geübt wird. Im Süden (Limane der Schwarze-Meer-Küste) wird auch diese Behandlungsart im Freien geübt. Hier ergeben sich also für Rheumatiker besondere Bademöglichkeiten. Auch durch das Vorhandensein von Heilquellen (Solquellen an der deutschen Ostsee) können Seekurorte noch einen besonderen Charakter als Heilorte gewinnen. Neuerdings wird das Meerwasser zu Trinkkuren benutzt (s. S. 26).

Sanatorien in Bade- und Kurorten.

Eine fruchtbare Therapie in Bädern und Kurorten kann im Krankheitsfall nur unter der Leitung eines sachkundigen Arztes ausgeführt werden. Sache des Arztes ist es, die natürlichen Heilmittel dem Krankheitsfall entsprechend anzuwenden und zu dosieren. Das gilt nicht nur von Bädern, Trinkkuren, Inhalationskuren und Mooranwendungen, sondern auch vom Klima. Auch hier muß die Einwirkung nach zeitlichem Ausmaß, örtlicher Anwendung, Ruhe und Bewegung, Wirksamkeit der Strahlung ärztlich verordnet werden. Die ärztliche Anweisung hat sich aber nicht nur auf Bade- und Trinkvorschriften zu erstrecken, sondern sie muß führend sein für die ganze Lebensgestaltung im Bade- und Kurort, für die Tageseinteilung, Ruhe und Bewegung, insbesondere aber für die Ernährung, für die erforderliche Diätbehandlung und Bewegungstherapie.

Natürlich kann sich der nur Erschöpfte und der Rekonvaleszent bei einem Aufenthalt in einem Bade auch unter Selbstverordnung leichter indifferenter Bäder unter den klimatischen Bedingungen eines schönen Landaufenthaltes bei vernünftiger, der Natur angepaßter Lebensweise auch ohne ärztliche Beratung erholen und regenerieren. Erfahrungsgemäß reicht das aber nicht aus, sobald Krankheitszustände vorliegen, sobald die Empfindlichkeit des Patienten eine große ist und sobald es sich darum handelt, durch die richtige Anwendung der balneotherapeutischen und klimatotherapeutischen Faktoren tiefergreifende Einwirkungen auf Organe oder den ganzen Organismus zu erzielen. Für die Tuberkulose ist es allgemein anerkannt und wird auch praktisch so geübt, daß klinisch eingerichtete und geführte Anstalten in klimatisch günstigen Lagen errichtet sind, daß dort also eine Verbindung der klinischen Beobachtung und Behandlung mit der klimatischen Therapie erfolgt. Auch bei anderen Behandlungsgebieten hat sich, z. B. bei Herzkrankheiten, bei Rheumatismus und Stoffwechselleiden, eine Behandlung in Kursanatorien oder geschlossenen ärztlich geführten Kurheimen auf das beste bewährt. Gerade die Verbindung mit der klinisch geführten Krankheitsbehandlung macht die Bäder- und Klimaheilkunde oft erst wirklich fruchtbar. In der Kinderverschickung gewährleistet nur die Unterbringung in guten Kinderheimen mit entsprechender Milieugestaltung (Erziehung, Unterricht) einen, dann aber auch besonders günstigen Erfolg.

Die Notwendigkeit der ärztlichen Führung bei vielen Kuren kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß die differenten Heilmittel, insbesondere Moorvollbäder und die Anwendung der Radiumwässer, Sprudelbäder, hochaktive Thermen, nicht ohne ärztliche Verordnung verabreicht werden. Eine erfolgversprechende Kur wird der Kurgast aber in jedem Fall, auch wenn er nicht in einem Kurheim oder Sanatorium wohnt, nur dann durchführen können und zu seinem eigenen Vorteil gebrauchen, wenn er sich der Führung eines mit der Balneologie und Klimatherapie und den lokalen Verhältnissen vertrauten Arztes übergibt.

Spezieller Teil.

Konstitutionelle Therapie.

Wir sind gewöhnt, den therapeutischen Wert eines medizinischen Gebietes nach dem Erfolg zu beurteilen, den seine Heilmittel für die Behandlung einzelner faßbarer ausgeprägter Krankheitszustände besitzen. Unter diesem Gesichtspunkt wird seit Jahrzehnten auch allein die Aufgabe der Bäder- und Klimaheilkunde gesehen. Es gibt aber noch ein anderes großes Gebiet der Krankenbehandlung, das man unter dem Namen der vorbeugenden Therapie zusammenfassen kann. Es handelt sich dabei nicht oder weniger um die Behandlung des bereits an einer Krankheit leidenden Menschen, sondern um die Fürsorge für die Gesundheit des einzelnen und darüber hinaus für das Volksganze im Sinne der Ertüchtigung, Erholung und Krankheitsvorbeugung. Es ist das große Gebiet, welches umfaßt die Ertüchtigung der heranwachsenden Jugend, die Festigung gegenüber den Konstitutionsschäden, die Abwehr gegen die Erkältungsgefahren, die Abhärtung, die Erlangung der Infektionsfestigung gegenüber drohenden Seuchen, die Erholungsfürsorge und Wiederherstellung nach schweren Krankheiten, die gesamte Prophylaxe und schließlich den Kampf gegen vorzeitige Alterserscheinungen, also das Verjüngungsproblem. Alle diese Aufgaben greifen an der Konstitution an, alles was genannt ist, ist echte *Konstitutionstherapie*.

Ohne weiteres wird sichtbar, um welche großen Aufgaben es sich handelt. Die Klinik war und ist im höchsten Maße mit der fortschreitenden Erkenntnis und der Behandlung umschriebener Krankheitsprozesse beschäftigt. Das hier genannte Gebiet ist lange Zeit übersehen worden, zumal auch diejenigen Behandlungswege, die allein hier fruchtbar sind, die natürlichen Heilweisen, Bäder- und Klimaheilkunde, erst jetzt ihre richtige Wertung erlangen.

Das Problem liegt nicht in der gezielten Behandlung krankhafter Symptome oder Symptomkomplexe, sondern in der *Erfassung des ganzen Menschen*. Damit befinden wir uns im ureigensten und tausendfach bewährten Wirkungsgebiet der Quellen und des Klimas. Es handelt sich um die Einwirkung auf die *reaktive Persönlichkeit* (s. S. 144). Wir wollen erreichen, daß der untüchtig entwickelte, krankheitsgefährdete, mit drohender Versagungsschwäche ausgestattete, erschöpfte, vorzeitig alternde Mensch Elastizität und Kraft gewinnt und aufbringt, die notwendig sind, um die Gefahren der drohenden Krankheitsentwicklung zu vermeiden. Wir suchen dies in unserem Bereich durch die wirksame *Umstimmung* herbeizuführen.

Abhärtung. Vorbeugende und erhaltende Therapie.

Durch die *Erkältungskrankheiten* gehen im Rahmen eines großen Volkskörpers jährlich Millionen von Arbeitsstunden verloren. Es erscheint wichtig genug, auch einer an sich so banalen Erscheinung wie der Erkältung mit den Mitteln eines wirksamen Heilgebietes entgegenzutreten. Die Neigung zur Erkältung kann konstitutionelle Schwäche sein, gefördert durch Domestikation und Verstädterung (s. S. 120). Der Organismus verliert durch die Bedingungen der Großstadt, die sitzende Lebensweise die gesunden natürlichen Reaktionskräfte. Das capillare Reaktionsbild ändert sich, flacht ab. Die von außen erreichbaren Schleimhäute (Mund, Nase, Luftwege), die dauernd überwärmt und zu stark durchblutet sind, nehmen Schädigungen von außen auf, die Wärmeregulation des Körpers leidet. Jeder sogenannte Zug bedingt schon ein starkes Kältegefühl mit nachteiligen Folgen. Hier kann nur Abhärtung helfen, am besten schon in der Kindheit und Jugend. Erziehung und harte Lebensweise leisten hier Bedeutendes. Abhärtung

kommt aber in keinem Lebensalter zu spät. Bäder- und Klimaanwendung erlauben uns die erforderlichen, besonders auf ein ausgedehntes Capillartraining abzielenden Einwirkungen. Bäder und Kurorte, besonders auch die See, sind unter der Voraussetzung einer sachkundigen ärztlichen Führung und Dosierung auch der Klimaheilmittel das ideale Behandlungsgebiet.

Es gilt zunächst, die Furcht vor kurzdauernden Abkühlungen zu bekämpfen. In allen Kurgebieten, auch an der See, können richtig dosierte Nacktliegkuren nützlich sein. Man muß die Patienten in Gruppen nach ihrer Empfindlichkeit einteilen (AMELUNG, PFLEIDERER) und nach Feststellung der wirksamen Klimakomponenten, am besten mit Hilfe des am Behandlungsort aufgestellten Frigoriographen die Abkühlungsgröße je nach Wetter, Tageszeit, Jahreszeit bestimmen, auch UV-Wirkung und persönliche Empfindlichkeit klären. Auch Schattenliegkuren sind brauchbar. Gerade in diesem Sinne wirken die in nordischen Ländern eingeführten kurzdauernden heißen Bäder mit nachfolgender Freiluftbehandlung (Sauna). An eine Nutzung der Mineralbäder mit einer starken Wirkung auf die Hautzirkulation (CO_2 , SH_2) ist bisher nicht herangegangen worden. Die gesamte Lebensweise muß sich in den Dienst einer solchen Behandlung stellen. Man muß bei der Jugend, aber auch bei den Erwachsenen das Schlafen bei offenem Fenster durchsetzen (PFLEIDERER), bei kühlen Perioden Heizung des Schlafzimmers vermeiden; kühle Morgenwaschungen mit Frottieren in kühlem Raum, sinnvolle Gestaltung der Kleidung, Vermeidung zu warmer Unterkleidung, evtl. Wiederholung der Waschung am Abend sind durchzusetzen. Im Laufe des Tages kann die Lebensform nach der Behaglichkeit gewählt werden, Aufwärmung während des gemäßigt kühlen Gesamtregimes unterstützt ja nur die Gefäßtätigkeit, zeitweise einsetzende Schwankungen und Unregelmäßigkeiten im thermischen Verhalten sind nützlich.

In diesen bewährten Bereich gehört auch der Kampf um die *Erhöhung der Infektionsfestigkeit* gegenüber eintretenden Epidemien und Endemien. Die Erkältung verläuft oft unter dem Bilde eines leichten Infektes (s. S. 120). Dieses Gebiet ist volksgesundheitlich nicht weniger bedeutend als das Erkältungs- und Abhärtungsproblem. Wettersturartige Katastrophen führen zu Krankheitshäufungen (s. S. 121, meteorotrope Krankheiten). Nach unserer heutigen Kenntnis müssen wir es für erreichbar halten, daß durch eine abhärtende Behandlung mit den natürlichen Heilfaktoren Erkältungs- und Infektionsgefahren bis zu einem gewissen Grade, auch vom Volksganzen aus gesehen, überwunden werden können. Die Umstimmung bedeutet eine die ganze Lebensfunktion erfassende Wirkung. Es kann wohl angenommen werden, daß von einer solchen Kreislauffähigkeit, Stoffwechsel, Blutbeschaffenheit, Atmung erfassenden Änderung ein Wandel der reaktiven Persönlichkeit erreicht wird, daß also ein konstitutioneller Eingriff erfolgt, der sich in der veränderten und verbesserten Reaktionslage gegenüber den Wetterschäden und den hierdurch erhöhten Infektionsgefahren auswirkt. Die praktische Erfahrung spricht dafür, daß Kinder durch sachgemäße Kuren eine Verbesserung ihrer Infektionsfestigkeit erfahren, sie weniger anfällig werden, daß ihre Reaktionen stabiler verlaufen, sie also gesünder werden.

Bei Kindern haben Solbäder und Seebäder in diesem Sinne eine ausgesprochen konstitutionsfördernde Wirkung auf den Organismus, aber auch Erwachsene können mit geeigneten Klimakuren, Mittelgebirge, See, hier sehr gute Erfolge verzeichnen, so namentlich in der Behandlung der infektiösen Katarrhe (AMELUNG). Die Heilung im günstigen klimatischen Milieu führt dann zu einer Desensibilisierung und damit zu einer geringeren Empfindlichkeit gegenüber neuen Infekten. Man darf dabei nicht vergessen, daß Personen, die dauernd oder für lange Zeit im Hochgebirge leben, bei Rückkehr in das Großstadtmilieu

besonders infektionsempfindlich sind, weil in der reinen Luft des Hochgebirges die Abwehrrichtungen des Körpers außer Übung gekommen sind. Einen allgemein konstitutionsfördernden Einfluß haben ferner das milde CO₂-Bad und die akrotischen Thermen. Auch hiervon kann man bei diesen Fällen Gebrauch machen. Nach PFANNENSTIEL verbessert das systematische Trinken mancher Heilbrunnen die Blutbactericidie. Es ist hier an einen Einfluß über den Mineralhaushalt zu denken.

Große Bedeutung kommt Quellen und Klima in der allgemeinen *Krankheitsprophylaxe* zu. Leisten Bäder bei vollentwickelten Krankheiten des Herzens und des Kreislaufs auch Bedeutendes, so ist auf diesem Gebiet die vorbeugende Therapie noch wichtiger. Zustände des mit Erlahmung drohenden Herzens künden sich durch große allgemeine Ermüdbarkeit an, ohne daß klinisch ein krankhafter Nachweis an Herz und Kreislauf geführt werden kann. Nur Belastungserscheinungen machen manchmal darauf aufmerksam. In diesem Stadium haben CO₂-Bäder oft einen phantastischen Erfolg. Sie sind geeignet, die drohende Erlahmung des Kreislaufs für lange Zeit zu vertagen oder ganz zu überwinden, auch Klimakuren evtl. mit Übungs- und Terrainkuren können hier Gutes leisten, namentlich solche Klimalagen, die eine rasche Besserung der Gehfähigkeit durch die erleichterten Atmungsverhältnisse in geeigneter Luft herbeiführen (Sudeten: Marienbad, Karlsbrunn). Allgemein sollen Klimalagen für solche Anforderungen keine schroffen Wirkungen zeigen, vor allem ausreichende Abkühlung (Waldlagen, Gebirgslagen) bieten. Während ausgesprochene Herzranke sich für das Hochgebirge meist nicht eignen, ist die vorbeugende Herztherapie sehr wohl im Hochgebirge ausführbar. Namentlich auch die sich ankündende Coronarsklerose ist ein dankbares Objekt für die vorbeugende Therapie mit klimatischen Kuren (auch milde CO₂-Bäder).

Beim Rheumatismus leidet unsere Therapie zu sehr daran, daß wir zu wenig vorbeugende Therapie treiben, das gilt namentlich von der Bädetherapie. Die wichtigste vorbeugende Therapie wäre eine frühzeitig ausgeübte Fokalsanierung der für die Rheumaentwicklung wichtigen Herde (Zähne, Tonsillen). Der frühzeitig sich ankündende Rheumatismus ist ein ausgezeichnetes Behandlungsobjekt für die klimatische Wärmetherapie, für Sol- und akrotische Bäder. Namentlich jugendliche Rheumatiker, die aus Rheumatiker- und Tuberkulosefamilien stammen, sollte man frühzeitig einer antirheumatischen Therapie (Solbäder, Kochsalzbäder, milde Schwefelthermen) zuführen (WAGNER), sie vor allem auch einer geeigneten Klimabehandlung (VON NEERGARD) anvertrauen.

Beim Asthma kann die Frühbehandlung schicksalsentscheidend werden. Kindliche Asthmatiker genesen namentlich im Hochgebirge fast ausnahmslos. Die spätere Behandlung, besonders wenn sekundäre Erscheinungen hinzugekommen sind (Bronchitis, nervöse Umstimmung usw.), ist viel weniger aussichtsvoll. Auch Mittelgebirge und See leisten Gutes (AMELUNG). Ähnlich steht es mit der vorbeugenden Therapie bei Katarrhkrankheiten verschiedener Art.

In diesen Bereich gehört auch die energische und das volle Problem richtig erkennende Bäder- und Klimabehandlung aller *prämorbid* Zustände, abgesehen von den genannten Gebieten, namentlich auch bei Magen-, Darm-, Leber- und Stoffwechselkrankheiten. Besonders erwähnt seien die Katarrhe des Magens und Darms, die habituelle Obstipation, der leichte und mittelschwere, langsam sich geltend machende Diabetes (s. die betreffenden Kapitel).

Erholung.

Auch die gesamte *Erholungstherapie* gehört in diesen Rahmen. Die ausreichende Sicherung der Wiederherstellung nach schwerer Krankheit, Blutver-

lust, überwältigenden Strapazen und Erlebnissen, tiefgreifender Erschöpfung durch körperliche und seelische Belastung aller Art entscheiden nicht selten über das weitere Schicksal des Menschen. Die Möglichkeit zu einer ausreichenden Regeneration, sogenannte Neuordnung der Kraftlinien im Körper (KRAUS), schafft vorbeugend auch die besten Bedingungen für das weitere Standhalten im Leben. Die gesamte Klimatherapie, abgestuft nach den individuellen Reaktionsmöglichkeiten und viele erholungsfördernde Formen der Bäderbehandlung (Solbäder, CO₂-Bäder, akrotische Quellen) leisten hier Bedeutendes.

Auf der Höhe des Lebens pflegen Beanspruchbarkeit, Widerstandskraft und Regenerationsfähigkeit groß zu sein. In dieser Epoche gibt es im allgemeinen wenig Krankheit und Sterben. Erschöpfung findet daher hier bei geeigneten Bedingungen beste Möglichkeit zur Überwindung. Die Laienerfahrung macht von Bädern und Kurorten hier weitesten Gebrauch. In zahlreichen selbstgewählten Kuren findet der großstädtische Rekonvaleszent jeglicher Art hier ohne viel Überlegung hinsichtlich der Auswahl des Ortes beste Erfolge. In höheren Graden wird die Angelegenheit ärztliches Problem, besonders ist die Dosierung, die der Laie gern übertreibt, dann notwendig. Manche Erschöpfungszustände dieser Art berühren das Gebiet der allgemeinen Krankheitsprophylaxe, denn gerade in den Erschöpfungen werden nicht selten prämorbid Zustände sichtbar. Hier kann das Gebiet der Erholung in das der Krankheitsprophylaxe und der ausgesprochenen Krankheitsbehandlung übergehen. Die Regeneration erfolgt (GRUNOW) grobenteils auf der Basis der Rekonstruktion des Mesenchyms, Bäder- und Erholungskuren wirken sich daher gerade in einer Regeneration des Bindegewebes aus. Ist die theoretische Erklärung für die in Betracht kommenden Vorgänge auch mangelhaft, um so größer und gesicherter ist die ärztliche Erfahrung. Zu Bädern und Klima kommt die oft bedeutende Kontrastwirkung des Milieus und vor allem des Klimas zwischen Heimort und Kurort. Das Untertauchen des Städters in die Natur, die landschaftlichen Reize als Quelle der Erholung, eine großangelegte Erholungsfürsorge in Reise und Kuren haben daher größte Bedeutung für die Erhaltung der Volksgesundheit (KdF).

Ertüchtigung der Jugend. Kinderkrankheiten.

Konstitutionstherapie kommt vor allem für die *Ertüchtigung der Kinder und Jugendlichen* in Bädern und Kurorten in Betracht. Bei zurückgebliebenen, blassen, eßunlustigen, erregten, schlaflosen und unterernährten Kindern haben Sol- und Seebäder und klimatische Kuren einen völligen Wandel der Persönlichkeit zur Folge: Gewichtszunahme, Besserung des Wachstums, der seelischen Entwicklung, organische Besserleistung (Herz, Blutbeschaffenheit), bessere Durchblutung von Haut- und Schleimhaut, Muskelzunahme usw. (NIEMEIER, HÄBERLIN), s. Abb. 45. Im einzelnen kommen dazu noch Besserung der Wärmeregulation und sonstige Besserungen der vegetativen Abläufe, die gerade für die Abhärtung wichtig sind. Idiosynkrasien, z. B. solche alimentärer Art, habituelle Obstipation usw. verschwinden, die psychischen Leistungen können sich bedeutend heben. Für die Kinder stehen hier Hochgebirge und See an erster Stelle neben Solbädern, aber auch Milieuverbesserungen bescheidener Art (Walderholungsstätten in der Nähe der Industriereviere) haben nicht selten sichtbare Erfolge. Kontrastklimatische Einwirkungen sind wichtig. Man kann bei Kindern zwischen den einzelnen extrem wirkenden Klimalagen, See und Hochgebirge, keine grundsätzlichen Unterschiede machen, sofern nicht Kontrastbeziehungen in Betracht kommen. Man wird mit den verschiedenen Kuren gute Resultate haben.

Das Solbad hat, abgesehen von der erwähnten allgemeinen Wirkung, von

jeher bewährte Indikationen: Skrophulose, Rachitis, postrachitische Zustände, Katarrhe, inaktive Tuberkulose, frühzeitige rheumaartige Zustände. Kinder reagieren anders auf Klima und Bäder als Erwachsene. Maßvolle Anwendung auch beim Freilufttraining ist notwendig. Kaltes Wasser ist ein intensives Stimulans. Die Wärmeregulation des Kindes ist noch nicht so geregelt wie beim Erwachsenen, Luftbäder soll man erst von 3—4 Jahren an geben. Vernünftige Spielkleidung ist erforderlich. Schlaf in kühlen Räumen fördert das Training. Das Kind akklimatisiert langsamer. Bei Bädern soll das behagliche körperwarme Bad gegeben werden. Solbäder strengen zarte Kinder an, nicht mehr als 2—3 pro Woche. Im Freien läßt man erholungsbedürftige Kinder gern baden, maßvolle Regelung ist erforderlich. Bade- und Klimakuren für Kinder haben nur einen Sinn, wenn die Kinder richtig ausgewählt werden. Wegen der Gefahr der Einschleppung von Infektionen in Kurorte ist Überwachung und ärztliche Kontrolle notwendig, vor allem auch gewissenhafte Prüfung durch die einweisenden Ärzte. Kinderkuren müssen ausreichend nach der Zeit sein, nicht unter sechs Wochen. Nur ärztliche Überwachung und Dosierung schafft Erfolg. Der Aufenthalt der Kinder muß erzieherisch geregelt werden. Die Kinder gehören in Heime, deren Zustand, Einrichtungen usw. dem einweisenden Arzt bekannt sein müssen. Die geregelte Tageseinteilung bedeutet alles. Dann sind die Erfolge oft überraschend. Man beachte, daß der Gesichtskreis der Kinder gering ist und ihr Interesse sich den Gegebenheiten eines engen Milieus zuwendet, große Natureindrücke gehen meist wirkungslos an ihnen vorüber. Ein falscher Ehrgeiz der Eltern in dieser Beziehung muß bekämpft werden. Wichtig ist die Nachfürsorge, wenn die Kinder in ihr Milieu zurückkehren, da sonst gute Resultate wieder verloren gehen. Jahreszeitlich sind für Kinder im Hochgebirge Sommer und Winter, an der See vor allem auch Herbst und Winter zu empfehlen. Die guten Eigenschaften des Seewinters sind zu wenig bekannt.

Alle Zustände der allgemeinen schwächlichen Konstitution, der Rekonvaleszenz, fehlerzogene und neuropathische Kinder eignen sich gleicherweise für die genannten Kuren. Oft leisten Wechsel des Klimas und der Umwelt allein schon ohne Heranziehung besonderer Kurfaktoren Ausgezeichnetes. Bei leichteren Fällen wird daher ohne viel Überlegung durch die einfache Korrektur der

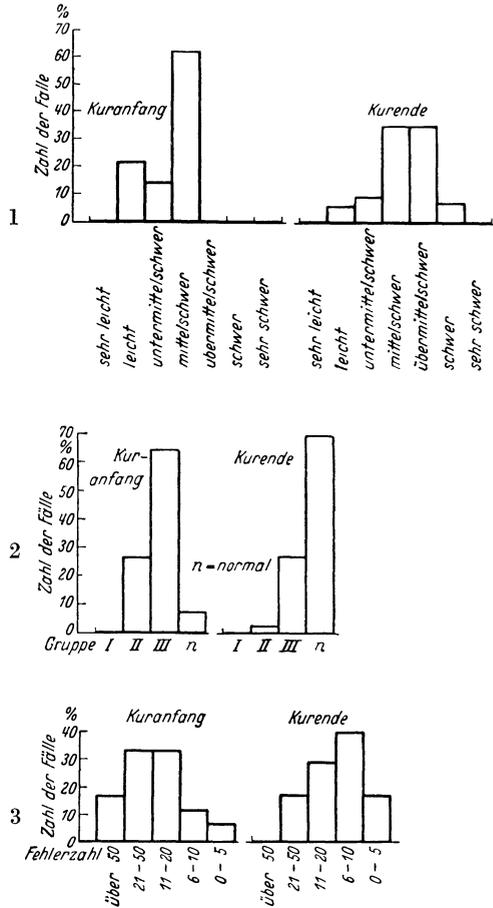


Abb. 45. Solbadekuren bei Kindern. (Nach NIEMEIER und PAECH.)

- 1 Gewichts Zunahme,
- 2 Besserung der Hamoglobinwerte.
- 3 Besserung der geistigen Leistungen (Dauerspannung der Aufmerksamkeit).

Umwelt und des Klimas schon der Erfolg erreicht. Nachhaltige Ergebnisse, namentlich bei ernsteren Schwächezuständen, wird man aber nur erlangen können, wenn man die wirksameren Faktoren, Hochgebirge, Seeklima, Solbad zu Kuren heranzieht. Hochgebirge und Nordsee geben besonders kräftige Antriebe zur Vorwärtsentwicklung. Anfällige, zur Bronchitis neigende, von Angina immer wieder geplagte Kinder absolvieren mit gutem Erfolge Solbadekuren. Die höher reizbaren, mit chronischen Temperaturen Behafteten, komplizierte Rekonvaleszenten gehören in ein Schonungsmilieu: Mittelgebirge, Ostsee, Waldklima, milde Solbäder. Auch bei der Behandlung ausgesprochener Krankheiten im Kindesalter steht immer wieder die vorbeugende Therapie zur Diskussion. Wichtige Solbäder: Hall in Tirol, Harzburg, Kolberg, Orb, Reichenhall, Soden am Taunus, Mondorf. Ausgesprochene Kinderbäder: Dürrenberg, Karlshafen, Raffelsberg, Rothenfelde, Sooden-Allendorf.

Bekämpfung des vorzeitigen Alterns. Das Verjüngungsproblem. Alterskrankheiten.

Vorbeugende Therapie ist schließlich der Kampf gegen den Altersknick und die Behandlung der *Zustände des vorzeitigen Alterns*. Im ersteren Falle haben wir es vornehmlich mit prämorbidem Zuständen zu tun. Das sich ankündende Alter drückt sich aus in den ersten Erscheinungen eines versagenden Organs oder Organcomplexes. Bäder und Kurorte stehen von alters her im Rufe, daß dort erfolgreiche Verjüngungskuren ausgeführt werden. Die Jungbrunnen der früheren Jahrhunderte, die in Schrift und Bild dargestellt worden sind, zeigen das an. Es handelt sich entsprechend unserer heutigen Erfahrung hier fast immer um die Bäder mit den sogenannten Wildwässern (Akratothermen). Die Wirkung der Bäder und Kurorte besteht ausdrücklich in der Beeinflussung der noch reversiblen Vorgänge, während die schon ausgeprägten charakteristischen Altersveränderungen, Austrocknung der Gewebe, erhöhte Schlackenablagerung, abnehmende Proliferationstätigkeit der Zellen, Wandlung der Struktur, Atrophie des Herzmuskels, Altersstar, Altersemphysem nicht beeinflußt werden können. Die Behandlung der Zustände des Alterns muß sich zur Aufgabe machen, den Allgemeinzustand des Alterns als Angriffspunkt zu nehmen und nicht einzelne Organerscheinungen. Krankheitserscheinungen an Kreislauf, Nervensystem, Rheuma stehen manchmal im Vordergrund. Wenn auch hier natürlich ein Anlaß für die ärztliche Tätigkeit gegeben sein kann, so steht doch der Kampf gegen das allgemeine Problem des Alterns unter Vermeidung stimulierender Maßnahmen bei unserer Überlegung im Vordergrund.

Erfahrungsgemäß haben bestimmte balneologische und klimatische Maßnahmen einen auffallenden Einfluß auf das Gesamtbild der Alterserscheinungen eben im Sinne der sogenannten Verjüngung. Im einzelnen kann sich das in der Besserung spezieller Organfunktionen zeigen, so des Zustandes der Haut, des allgemeineren Gewebsturgors, des Kreislaufs.

Das Alter macht Mäßigung in der Therapie notwendig, Vermeidung zu kalter und zu warmer Prozeduren; gegen größere Wärmeentziehung sind alte Leute empfindlich. Die alternden Gefäße kontrahieren sich schlecht, der Kontraktionstypus ist verändert. Vorsichtige Hydrotherapie kann hier aber durch Übung einen gewissen Ausgleich schaffen. Gegen Strahlenwirkung ist das Alter ziemlich unempfindlich. Trinkkuren sind kontraindiziert. Die Greisenobstipation darf nicht mit Trinkkuren behandelt werden. Erhöhte Wasserretention, Prostatahypertrophie mahnen zur Vorsicht, Eisen- und Arsen-trinkkuren beeinflussen die Altersanämie kaum, Arsen-trinkkuren haben manchmal einen gewissen allgemeinfördernden Einfluß.

Das gegebene Bad ist die Akratotherme, besonders die milde Form. Die Allgemeinwirkungen dieser Bäder auf den Vorgang des Alterns sind erstaunlich tiefgreifend und oft merkwürdig nachhaltend. Ein gleichzeitiges günstiges Klima (Gastein) kann hier bedeutende Erfolge schaffen. Bei wärmebedürftigen älteren Leuten sind südliche Klimatalagen mit warmen Kochsalz- und Solbädern (Wiesbaden, Baden-Baden, Salsomaggiore) wertvoll. Maßvolle CO₂-Bäder, Solbäder wirken allgemein stärkend. Einen spezifischen verjüngenden Einfluß haben die Radiumbäder. Kommen spezielle Indikationen in Betracht, Herz, Rheuma, so sind nur milde BADEFORMEN in vorsichtiger Dosierung und Beachtung der Behaglichkeitstemperaturen anwendbar. Ausgezeichnet ist das klimatische Training mit maßvoller Bewegungstherapie in milden, von schroffen Gegensätzen freien Klimatalagen vor allem des Mittelgebirges (AMELUNG).

Wichtige Akratothermen: Hofgastein und Badgastein, Wildbad, Teplitz-Schönau, Vöslau an der Wiener Thermenlinie, auch klimatisch wertvoll Villach in Kärnten. Europäisches Ausland: Budapest, Bormio, Aix les Bains, Ragaz-Pfeffers; Krapina-Teplitz (Kroatien), Panticosa (1636 m) und Alhama de Granada (Spanien), Gerez (Portugal), Sofia (Bulgarien). Radiumbäder mit starken Quellen: Oberschlema, Brambach; milde Radiumbäder: Gastein (Akratotherme), Landeck (milde Schwefeltherme), Steben, ferner Suludervent (Therme, Bulgarien).

Behandlung einzelner Krankheitszustände.

Herz- und Kreislaufkrankheiten.

Die CO₂-haltigen Wässer sind für begrenzte Zustandsformen der Kreislaufkrankheiten brauchbar, hierfür aber überaus wirksam und durch keine andere Behandlung zu ersetzen. Nicht nur der Zustand von *Herz und Kreislauf*, sondern die *Gesamtlage der reaktiven Persönlichkeit* entscheidet über Anwendbarkeit und Nutzen der Badekur. Die CO₂-Bäderbehandlung ist keine Organbehandlung wie die Digitalisbehandlung, sondern eine Gesamtumstellung der allgemeinen Herz- und Kreislauffunktion zusammenhänge (GOLLWITZER-MEIER) und damit eine Umgestaltung des gesamten körperlichen Zustandes. Dafür ist es in erster Linie notwendig, daß die Beanspruchbarkeit des Gesamtkörpers diese Kur rechtfertigt. Akute, z. B. noch in der fieberhaften Phase steckende Kreislaufschäden scheiden aus, ebenso andere akute mit hoher Labilität der Herzreaktion verbundene Zustände. Ebenso muß auf der anderen Seite ein genügender Rest mobilisierbarer Herzkraft vorhanden sein. Für alle Zustände der chronischen und subchronischen Herzmuskel- und Gefäßkrankungen ist das kohlen säurehaltige Bad eine durch kein anderes Hilfsmittel zu ersetzende Behandlung. Es ist ferner ein ausgezeichnetes allgemeines Erholungsmittel, das vor allem die Frühschäden wirksam überwindet. Die Frühbehandlung sich anmeldender Kreislaufschäden ist daher eines der bedeutungsvollsten und wichtigsten Aufgabengebiete (ROMBERG, GRUNDIG, WEBER).

In den Bereich der Behandlung mit kohlen sauren Quellen fallen also alle primären Schwächezustände des Herzens und die sekundären Veränderungen, die zu *Herzmuskelschwäche* führen, so die Zustände nach Krankheiten und Operationen, vor allem (nach genügendem Zeitintervall gegenüber der akuten Erkrankung) die infektiösen Schädigungen nach Angina, Grippe, Diphtherie, Rheuma, die degenerativen Herzen der Blutarmen, die überanstrengten Sportherzen, die erschlaffenden Herzen der bei sitzender Lebensweise Tätigen, die Herzen der Alkoholiker, Raucher, Schlemmer und Fettleibigen, endokrine Herzschäden (Schilddrüse, Ovar, Myom) und mit Einschränkung die Herz-erlahmung bei Nierenkrankheit. Auch die Erlahmung, die vom rechten Herzen

ausgeht bei Erkrankung der Atmungsorgane, Emphysem, Lungenschrumpfung, Bronchitis gehört hierher. Bei letzteren Zuständen erweist sich die kombinierte Behandlung mit der pneumatischen Kammer und die aktive Atemgymnastik als wertvoll. Klappenfehler überanstrengen mit der Zeit stets den Herzmuskel. Hier kann vor allem vorbeugend viel geleistet werden.

Der *arterielle Hochdruck* gefährdet ebenfalls mit der Dauer die Leistungsfähigkeit des Herzmuskels. Nicht die Höhe des Blutdrucks ist entscheidend, sondern der gesamte klinische Befund. Bedenklich ist der Anstieg des diastolischen Drucks. Die Fälle eignen sich ungeachtet der Höhe des systolischen Arterien-druckwertes sehr gut für die Behandlung, namentlich wenn drohende Insuffizienz bei chronischem Hochdruck vorliegt. Die blassen Hypertoniker sind auch hinsichtlich der Aussicht auf die Kur schlechter gestellt als die roten. Im allgemeinen kann man die Indikation weit stellen. Leichtere Bäderformen, milde Dosierung, allmähliches Training, viel Liegen, Wirksamkeit des gesamten Milieus, Diätregelung, Einschränkung des Trinkens kommen in Betracht.

Für die *Coronarerkrankung* macht sich der Umstand besonders günstig geltend, daß der Mechanismus des CO₂-Bades (s. S. 36) keine Erhöhung der aktiven Muskularbeit des Herzens erfordert. Man muß die Arbeitskurven des Herzmuskels im EKG beachten. Die Badetemperatur muß möglichst etwas über der Indifferenz liegen, weil Kältereize schlecht vertragen werden (Temperatur-empfindlichkeit des Sinusknotens). Fälle mit Dauererscheinungen stehen für die Behandlung günstiger als solche, die seltene, aber schwere Anfälle haben. Leichtere Formen der Erkrankung und beginnende Zustände geben hervorragende Heilresultate. Man muß die Bäder vorsichtig dosieren und höhere Reizformen vermeiden.

Basedowiker haben fast immer ein ausgesprochenes Verlangen nach kühlen Bädern. Man gehe wenig, aber nicht zuviel unter die Indifferenztemperatur. Solche Bäder werden von Schilddrüsenkranken auch bei langer Dauer gut vertragen und als sehr angenehm empfunden. Eine Stärkung des Herzmuskels beim Basedow ist um so wichtiger, als sich mit der Zeit bei dieser Krankheit häufig eine Erlahmung des Myokards einstellt. Auch alle anderen Formen von nervöser Schädigung der Herzstätigkeit, Herzneurosen, Arrhythmien, tachykardische Zustände werden durch milde Bäderformen, vorsichtige Dosierung, viel Liegen, Diät und Milieuregelung sehr günstig beeinflußt. Die peripheren Kreislaufstörungen, Gefäßspasmen, Raynaudsche Krankheit, Folgezustände nach Thrombosen, sind geeignet, desgleichen die Aortenerkrankungen, abgesehen vom Aneurysma.

Für die Beurteilung der CO₂-Bäderbehandlung ist die Heranziehung der modernen *Herzdiagnostik* von hervorragender Wichtigkeit. Bei der Röntgenaufnahme erweist sich nicht selten eine Verkleinerung des Herzschattens namentlich bei dem akut überlasteten Herzen infolge der besseren Funktion durch die Badekur. Das EKG weist Verkürzungen vorher verlängerter Vorhofkammerintervalle, Beseitigung von Unregelmäßigkeiten der Ventrikelnitialzacken, Höherwerden negativer Nachschwankungen, Regulierung der abgesunkenen ST-Segmente auf. Auch wenn solche Befunde durch die Kur sich nicht ändern, kann eine funktionelle Besserung zustande kommen. Ein ungünstiger EKG-Befund spricht nicht gegen eine Badekur, wenn das Gesamtzustandsbild eine solche begründet (GRUNDIG).

Strengstens *kontraindiziert* sind CO₂-Bäderkuren bei folgenden Zuständen von Herzkranken: Akute Erlahmung des Herzkreislaufsystems vor allem im Gefolge von Infektionskrankheiten, frische Thrombosen und Embolien, also auch unmittelbare Folgen der Apoplexie, dekompensierte durch Bäderkuren nicht mobilisierbare Erlahmungen mit Ruhedyspnoe, Herzasthma, Stauungen

über Lunge und Leber, hochgradigen Ödemen. Hier erreicht man nach Bettbehandlung mit Digitalis und Obstkuren oft eine Besserung, die dann sich für eine Badekur sehr gut eignet. Kontraindiziert sind ferner hohe Stadien des fixierten Hochdrucks, akute und besonders hochgradige Coronarinsuffizienzen, höhere Grade der allgemeinen Sklerose.

Herz- und Gefäßkranke sind hervorragende Objekte für *Klimakuren*. Das Klima beansprucht in erster Linie die Gefäßreaktion, die Wärmeregulation, Stoffwechsel und Atmung und dadurch die Herztätigkeit, darüber hinaus das gesamte vegetative Leben, auch in nervöser Hinsicht. Die klimatische Lage des Badeortes kann daher bei der Bädetherapie außerordentlich günstig mitwirken. Schonungsklimatische Lagen der Niederungen sind bei reizbaren Gefäß- und Kreislaufverhältnissen, bei Alterskrankheiten, bei Klimakterischen günstig. Frischere klimatische Einwirkungen der mittleren Höhenlagen namentlich mit viel klarer Luft (Sudeten) erleichtern Atmung und Gehfähigkeit. Klimakuren allein haben sich vor allem beim arteriellen Hochdruck (AMELUNG) bewährt. Die Großstadt, gewisse Arbeitsklimate (Heizer), auch übermäßige nervöse Anspannung findet in der klimatischen Einwirkung auf das Gefäßsystem einen krankheitheilenden Ausgleich. Das kann auch auf das Herz wirken, da bei einer großen Zahl von Herzkranken nicht das Herz, sondern das Gefäßsystem der primär kranke Bezirk ist. Klimakuren bringen daher vor allem beim essentiellen Hochdruck oft rasche Drucksenkung und Besserung der Atmung, Gehfähigkeit, Schlaf, nervösen Einstellung, vor allem das Mittelgebirge ist geeignet; das Hochgebirge ist für junge Patienten oft besonders günstig, durch die zusätzliche Kreislaufbelastung namentlich für ältere Leute ungeeignet. Klimatisch günstig liegt auch die See.

Die *Jodbehandlung* in Jodbädern und an der Küste hat vor allem bei den Alterskrankheiten der Gefäße nennenswerte Erfolge in Trink- und Badekuren aufzuweisen.

Bei den Badekuren der Herzkranken muß man bedenken, daß die Einbringung des kranken Menschen in das Bad (s. S. 37) für den Kranken einen beachtlichen Kreislaufschock mit sich bringt (hydrostatischer Druck, Temperaturwirkung, Auftrieb). Diese Faktoren erfahren durch das spezielle kreislaufwirksame CO₂-Bad noch eine erhebliche Steigerung. Man kann daher viele Kreislaufkranke von vornherein nicht dem vollen kohlenensäurehaltigen Bad aussetzen und bedient sich hier bewährter Übergangsmaßnahmen (Teilbäder, Halbbäder, Mischbäder mit am Ort vorhandenen CO₂-armen Wässern, schließlich Vollbäder, s. S. 37).

Das CO₂-Gasbad spielt weniger in der Kreislauftherapie als in der Wundbehandlung eine Rolle.

Wichtige Bäder für Herz- und Kreislaufkrankheiten (Kohlensäurebäder): Nauheim, Oeynhaus, beides Thermen, Altheide, Kudowa, Marienbad, Liebenstein, Elster, Pyrmont, Salzuflen, Karlsbrunn (900 m), Schwalbach, Steben (600 m). Europäisches Ausland: Sliac (Slowakei), Therme, Balatonfüred (Ungarn), Dorna Watra, 800 m (Rumänien), Chianciano (Italien), Hervideros de Fuensanta 22° und Marmolejo 22° (Spanien), St. Moritz (1600 m), Royat und Vals (Frankreich). Jodbäder: Darkau (Oberschlesien), Wiessee, Goisern (J und S). Ausland: Salsomaggiore (Italien), Saxon les bains (Frankreich).

Rheumatische Erkrankungen und Krankheiten des Bewegungsapparates.

Das Rheuma ist eine sehr vielgestaltige Krankheit. Als Grundlage kommt eine Infektion in Betracht, wobei hier auf die Fragen der Krankheitsentstehung

nicht eingegangen werden soll. Die im Laufe einer lang dauernden Infektionskrankheit entstandene Überempfindlichkeit (Allergie) ist wesentlich für die Gesamterscheinung des allmählich zustande kommenden rheumatischen Zustandes als einer *Allgemeinerkrankung*. Der Rheumatismus findet seine Parallele in den anderen chronischen Infektionskrankheiten mit zyklischem Verlauf, Tuberkulose und Lues. Eine akute Angina oder ein ähnlicher Prozeß bilden das erste Stadium. Falls diese nicht abheilt, kommt es durch hämatogene Aussaat und eintretende Überempfindlichkeit zum akuten infektiösen Gelenkrheumatismus. Auch in diesem Stadium ist Heilung möglich, andernfalls schließt sich daran der chronische, sozusagen tertiäre Zustand, entweder unter dem Bild der Gelenkerkrankung (chronischer Rheumatismus) oder an sonstigen peripheren Organen, Muskel, Sehnen, Nerven (Myalgien, Neuralgien, Ischias) oder auch an den inneren Organen (visceraler Rheumatismus), Herz, Gefäßen usw. Diese Form entwickelt ein spezifisches Granulationsgewebe (ASCHOFF, RÖSSLE). Dieser Entwicklungsgang trifft bei vielen, nicht allen Rheumaformen zu.

Der *Verlaufsform* nach unterscheidet man bekanntlich einen primär und sekundär chronischen Rheumatismus, die letztere Form, wenn nach einer deutlich erkennbaren fieberhaften Anfangserkrankung sich ein chronischer Zustand anschließt. Verlaufsformen mit immer wiederkehrenden Fieberattacken sind nicht selten. Die Gicht ist eine besondere Form des Rheumatismus bei zu Harnsäurethase neigenden Personen. Als eine besondere Lokalisationsform kann man die Bechterewsche Erkrankung ansehen. Besonders ursächlich bedingte Erkrankungsformen sind die gonorrhöischen und klimakterischen Formen des Rheumatismus. In das Gesamtbild gehören auch die Aufbrauchskrankheiten des Bewegungsapparates: Arthrosen (Arthritis deformans) mit charakteristischem Röntgenbild und vorwiegend statischen Veränderungen.

Die sozialhygienische Bedeutung des Rheumatismus ist außerordentlich groß; sie steht hinter der Tuberkulose nicht zurück. Die Balneotherapie, von alters her geübt, ist eines der wichtigsten und unentbehrlichsten Kampfmittel gegen diese schwere Volksseuche.

Wir wenden im allgemeinen folgende Formen von balneotherapeutischen Maßnahmen an: akratische Thermen, Sol-, Kochsalz- und andere Thermen, Schwefelquellen, Radiumwässer, Moor und Schlamm. Die balneotherapeutische Behandlung ist in erster Linie eine Zustandsbehandlung des Rheumas, die eine Umstimmung der gesamten Krankheitslage bezweckt und bei günstiger Sachlage auch nicht selten herbeiführt. Erst in zweiter Linie stehen Möglichkeiten der speziellen Therapie der einzelnen Erscheinungsformen, wenn auch solche Zusammenhänge vorhanden sind. Eine Verbesserung der Qualitätsdiagnose der rheumatischen Erkrankungen und eine Vertiefung der Erfolgsstatistik der balneologischen Behandlung muß uns hier noch weiter bringen.

Man geht bei der Balneotherapie des Rheumatismus aus von der *allgemeinen Reaktionslage des Rheumatikers*.

Hyperergische Fälle, das sind solche, die eine Neigung haben, auf kleinste Eingriffe zu reagieren mit allgemeinen Reaktionen oder lokalen Erscheinungen, die beschleunigte Blutsenkungsreaktion zeigen; sie bedürfen einer vorsichtigen Behandlung. Die therapeutischen Maßnahmen müssen eine Desensibilisierung der Reaktionsbereitschaft herbeiführen. Die Badereaktion ist hier ein wichtiger Wegweiser (WAGNER). Eine stärkere Reaktion muß man vermeiden oder durch Ruhe ausgleichen. Die Dauerbeobachtung dieser Erscheinung zusammen mit der BKS gestattet die richtige Lenkung der Kur und Stellung der Prognose. Als Kurmittel kommen schwache balneologische Reize, akratische Thermen, Solbäder, Schwefelbäder, Lokalanwendungen von Moor und Schlamm in Betracht.

Grundsätzlich steht dem im anderen Teil der Reihe die Gruppe der *hyp- oder anergischen Fälle* gegenüber. Es handelt sich um einen Zustand, der in den Gelenken keine Zeichen von akuter Entzündung erkennen läßt, wohl aber alte Reste abgelaufener Prozesse, Verdickungen, Deformierungen, Sehnenverkürzungen, Ankylosen zeigt. Die BKS ist wenig verändert. Die Behandlung muß eine energische, umstimmende, sensibilisierende sein: intensive Akratothermen, Kochsalzthermen, Schwefelbäder, Radiumbäder, Vollbäder mit Moor und Schlamm, bei Kreislaufbeachtung hohe Temperaturen, lange Dauer und häufige Anwendung.

Den beiden genannten Extremen steht das Gros der Fälle gegenüber. Als Maßstab kann die BKS wertvoll sein (Abb. 46). Günstig sind die Fälle mit langsam abnehmender oder nach anfänglicher Steigung (Badereaktion) fallender BKS. Bei ungünstig verlaufenden Fällen steigt die BKS mit der Badereaktion und zeigt weiter eine irreguläre Kurve.

Kindliche Fälle und Frühfälle sowie solche, die einen einmaligen manchmal auch schweren Schub gezeigt haben und dann beschwerdefrei geworden sind, erfordern vor allem Abhärtung und körperliche Ertüchtigung durch klimatische und hydrotherapeutische Kuren, Seebäder, dosierte Freiluftbehandlung.

Von besonderer Bedeutung sind die *Komplikationen des rheumatischen Prozesses*, für die in erster Linie die Schädigungen des Herzens und Kreislaufs sowie die katarrhalischen Erkrankungen in Betracht kommen. Namentlich die verschiedenen Formen des Katarrhs der Atemwege haben eine nahe Beziehung zum Rheuma und sind häufig damit verbunden. In geeigneten Fällen sind vor allem Solbäder, Schwefelbäder, gleichzeitig Inhalationskuren bei Vermeidung neuer Erkältungsschäden angezeigt. Viele Moorbäder besitzen gleichzeitig CO₂-haltige Quellen, die man gegebenenfalls für eine gleichzeitige Herz- und Kreislauftherapie einsetzen kann. Schwefelwasserstoffhaltige antirheumatische Bäder haben starke Capillarwirkung auf die Haut analog dem CO₂-Bad (s. S. 39). Klimakterische Formen eignen sich für milde Moorbäder (Hormonwirkung). Beim Altersrheumatismus, häufig verbunden mit arteriosklerotischen Erscheinungen, ist das Jodschwefelbad sowie die Akrato-

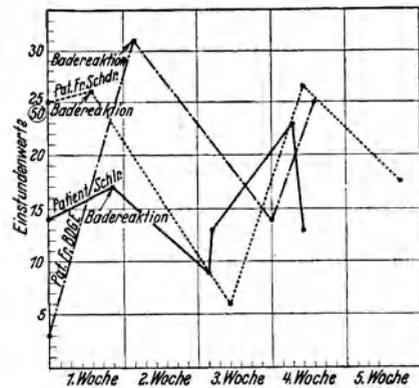
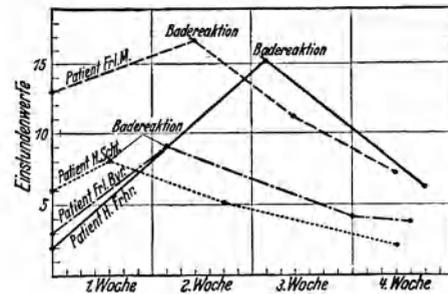
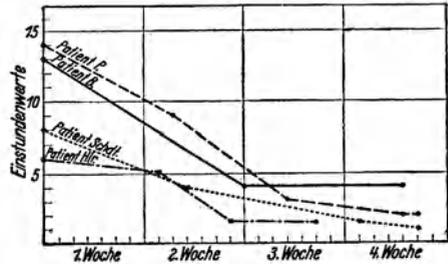


Abb. 46 Blutkörperchensenkungsreaktion bei Rheumatikern im Verlaufe einer Badekur. (Nach NEUMAYER)
 1 Einfache Senkung der BKS, günstige Prognose,
 2 Senkung der BSK nach Badereaktion, günstig,
 3 Schwankung und Hochbleiben der BKS, ungünstig.

therapie einsetzen kann. Schwefelwasserstoffhaltige antirheumatische Bäder haben starke Capillarwirkung auf die Haut analog dem CO₂-Bad (s. S. 39). Klimakterische Formen eignen sich für milde Moorbäder (Hormonwirkung). Beim Altersrheumatismus, häufig verbunden mit arteriosklerotischen Erscheinungen, ist das Jodschwefelbad sowie die Akrato-

therme oder die Radiumbehandlung mit ihrer charakteristischen Verjüngungswirkung angezeigt.

Kontrakturen, Ankylosen und sonstige auch der orthopädischen Behandlung zugängliche Krankheitsformen sollen, wenn eine Spezialbehandlung erforderlich ist, vor der Badekur, nicht während derselben fachärztlich behandelt werden. Mechanotherapie, Gymnastik, Massagen, Strahlenduschen sind als wichtiges Unterstützungsmittel während der Kur angezeigt. Es ist wichtig, Pausen beim Rheumatiker auch im übrigen mit Behandlungsformen auszufüllen, damit eine Fortdauer der besonderen Badewirkung unterstützt wird. So sind vor allem Diathermie, Kurzwellenbehandlung, auch andere Wärmebehandlung bei gleichzeitig genommenen Thermalbädern, Moorbädern, Moorpackungen namentlich an badefreien Tagen von Nutzen. Überwarme Bäder, in der Balneotherapie leider noch zu selten angewandt, sind wertvoll (SCHLIEPFAKE. LAMPERT).

Außerordentlich wichtig ist die Bewegungstherapie für den Rheumatiker. Die manuelle Behandlung ist in allen Fällen der Apparatbehandlung überlegen. Eine sorgfältig kontrollierte und dauernd modifizierte Apparatbehandlung kann wertvoll sein. Jede Art von Gymnastik muß die erhöhte Fähigkeit zur Eigenbewegung anstreben (JAUP).

Der Rheumatiker bedarf einer besonderen Überwachung seiner Ernährung. Das Übergewicht soll man zu vermindern suchen (Belastung), unterernährte Rheumatiker haben von Anreicherung Gewinn. Eine nicht eiweißüberladene, wertvolle Mittelkost ist für alle Rheumatiker anzustreben und bedarf der Überwachung. Genußmittel sind einzuschränken, aber nicht zu verbieten.

Die *Fokalsanierung* kommt beim chronischen Rheumatiker grundsätzlich zu spät. Dieser überaus wichtige Zusammenhang wird volksgesundheitlich erst dann richtig erkannt, wenn Schulärzte, Zahnärzte, Halsärzte, Kinderärzte die frühzeitige Sanierung vorhandener Foci konsequent durchführen. Grundsätzlich wird man auch beim chronischen Rheumatiker eine Sanierung noch vorhandener, für eine Dauerschädigung des Organismus verdächtiger Herde durchführen (SLAUCK). Die Sanierung gehört nicht in den Rahmen der Badekur.

Von den einzelnen Krankheitsformen scheinen die sekundär chronischen Rheumatiker besonders auf Schwefelbäder, die primären besser auf Radiumwässer anzusprechen, gonorrhische Formen vertragen nur milde Reize. Bei Myalgien sind heiße Thermen, Radiumbäder, Moor und Schlamm besonders erfolgreich. Die Bechterewsche Erkrankung reagiert namentlich auf Schwefelthermen günstig.

Wichtig ist eine möglichst intensive Ausnutzung der Einwirkungen während der Badekur. Neben Wannengebädern, Moorpackungen sind, falls vorhanden, längerer Aufenthalt in Gemeinschaftsbädern, überhaupt im Dunstkreis der Quellen, Inhalation, Trinkkuren, ferner hyperämisierende zusätzliche Behandlungen und Bewegungstherapie (s. o.) angezeigt und dauernd erforderlich. Es ist notwendig, in der Balneotherapie *hohe Dosierungen* bis an die Grenze des Möglichen selbstverständlich nur bei den hypergischen Fällen anzuwenden. Der bewegungsbeschränkte Rheumatiker hat von einer gewissen Polypragmasie während der Kur mit Hilfe der Kurmittel und der ergänzenden Maßnahmen zweifellos Nutzen. Medikamentöse Kuren sind zurückzustellen, auch zeitlich möglichst nicht an die Kur anzuschließen, um deren Verarbeitung im Rahmen des rheumatischen Gesamtzustandes nach der Kur Zeit zu geben.

Von den einzelnen Behandlungsformen kommt den *Schwefelbädern* (s. S. 39), eine normalisierende Wirkung auf den gestörten S-Stoffwechsel des Rheumatikers zu. Die durchblutungssteigernde Wirkung der Schwefelbäder wirkt sich auch auf Knochen und Gelenke aus (MALIWA). Wichtige Schwefelbäder sind (Thermen)

Baden bei Wien, Aachen-Burscheid (43—69°), Landeck in Schles. (radiumhaltig), Schallerbach (36°), Wiessee (jodhaltig). Ferner Nenndorf (Katarrhbehandlung), Sebastiansweiler, Eilsen. Europäisches Ausland: Budapest, Schinznach (Schweiz), Trentschin-Teplitz (Slowakei), Varasdin-Teplitz (Kroatien), Herkulesbad (Rumänien): alles Thermen.

Die *radiumhaltigen Wässer* haben eine besonders günstige Wirkung auf den Purinstoffwechsel. Allgemein wirkt jedoch auf den rheumatischen Erkrankungsvergung bei diesen Wässern ein ziemlich komplizierter Mechanismus (Wirkung auf die Hormone, allgemeine zellenstimulierende Einwirkungen, Wirkung auf den Kalkhaushalt). Wichtig ist besonders infolge Verankerung des Radons in den Nervenscheiden die schmerzmildernde Wirkung der Radonbäder (s. S. 47). Radiumbäder: Oberschlema, Brambach, Joachimsthal, Suludervent (Therme, Bulgarien).

Eine besondere Wirkung auf den Rheumaprozeß haben entsprechend einem alten und gesicherten Erfahrungsgut die *akratischen Thermen*. Eine Erklärung dafür (s. S. 24) steht aus. Die Wärmewirkung, die auch bei anderen Thermen und bei Moor in Betracht kommt, findet in der gesteigerten Ionen-durchlässigkeit der tieferen Hautschichten, dem veränderten Blutchemismus und der Umkehr der Ladungs- und Durchlässigkeitsverhältnisse der Haut eine gewisse Erklärung (s. S. 152). Bei manchen akratischen und auch anderen Quellen kommen *Spurenelemente*, denen zum Teil deutliche Einwirkungen bei dem rheumatischen Prozeß eigen sind, wirksam in Betracht. Hier ist vor allem an die antirheumatische Wirkung des Jodes zu denken (Harnsäureausscheidung, Kalknormalisierung, Abtötung von Bakterientoxinen). Ferner haben das Mangan und das Kupfer Wirkungsbeziehungen zum rheumatischen Prozeß (s. S. 43). Bedeutende Akratothermen in diesem Bereich sind Wildbad, Gastein (radiumhaltig), Warmbrunn, im Auslande Hissar (Bulgarien), Budapest.

Bei *Moor und Schlamm* steht die Wärmewirkung im Vordergrund, dazu kommen bedeutende chemische und hormonale Einwirkungen. Wichtige Moorbäder für die Rheumatikerbehandlung sind Nenndorf (Schwefelschlamm), Franzensbad, Landeck, Elster. Ausland: Pistyan, Budapest, Héviz, Abano, Montecatini, Ragaz-Pfäfers.

Da Rheumatiker ausgesprochen meteorotrop sind, so liegt der Gedanke nahe, gerade durch die Reize klimatischer Faktoren therapeutisch zu wirken. Die Behandlung der konstitutionellen gefährdeten Frühformen, aber auch anderer Rheumatiker auf dem klimatotherapeutischen Wege ist mit Erfolg eingeleitet (AMELUNG, v. NEERGARD).

In diesen Bereich gehört auch die Behandlung mit den in Japan vorkommenden Säure-Vitriol-Alaunquellen (KUSATZU, s. S. 38). Die Behandlung wird vor allem bei Rheumatismus, Neuralgien, einigen Hautkrankheiten und Spätlues ausgeübt. Die Methodik ist äußerst brutal, bewirkt aber eine vor allem für den Rheumatiker nützliche gewaltige und tiefgreifende Umstimmung, so daß die Heilerfolge beim Rheumatismus von allen Beobachtern als überwältigend bezeichnet werden (WOLLMANN, HÄRTEL, BÄLZ). Die Kranken werden nach Art eines Exerzitiums durch einen Bademeister bei der Badebehandlung dirigiert. Das geschieht, um suggestive Einflüsse zu schaffen, die mithelfen sollen, die heroische Methode überhaupt auszuhalten. Die Kranken besteigen die etwa 30—50 Personen fassenden großen Pizinen gemeinsam und bleiben in dem 45—49° heißen Wasser 3 Minuten. Die Kur dauert 6 Wochen, anfangs 1, später 5 Bäder täglich, insgesamt 125—150. Der rheumatische Zustand wird tiefgreifend erfaßt. Zu den Reizerscheinungen gehört fast allgemein eine ausgedehnte Dermatitis, die gegebenenfalls durch Baden in alkalischen Quellen rasch zur Abheilung gebracht wird.

In der gesamten Rheumatikerbehandlung sollten die Frühformen mehr Beachtung finden. Die prämorbid Zustände werden zu wenig der Balneotherapie und Klimatherapie zugeführt.

Die Kontraindikationen gegen die Bäderbehandlung liegen vor allem im Bereich der entzündlichen infektiösen Frischfälle. Das akute fieberhafte Stadium und hohe fieberhafte Exacerbationen sind von der Balneotherapie ausgeschlossen. Nach einem akuten fieberhaften Zustand soll man 6 Wochen, nach einer endokarditischen Komplikation 6 Monate bis zur Badekur warten. Leichtere Attacken und intermittierende Attacken schließen die Badekur nicht aus. Gichtiker und Ischiaskranke sind im akuten Anfall nicht unmittelbar, danach aber für Kuren sehr geeignet.

Frauenkrankheiten.

Im Bereich der Frauenkrankheiten haben Bade- und Klimakuren Bedeutung für folgende vier Anwendungsgebiete: Adnexerkrankungen, Sterilität, Klimakterium und den gynäkologischen Kreuzschmerz.

Bei den entzündlichen *Erkrankungen der Adnexe* handelt es sich um Entzündungen an den Eileitern und am Eierstock, oft doppelseitig, um Entzündungen des Beckenzellgewebes und des Douglasraumes sowie der Gebärmutter. Wie bei allen Krankheitszuständen sind nicht die akuten Erkrankungen, sondern die chronischen, oft lange dauernden Zustände für die balneologische Therapie zuständig. Hierin leisten die Behandlungen aber Bedeutendes. Die Balneologie hat dazu beigetragen, die chirurgische Indikation der Zustände zugunsten der konservativen Methoden einzuschränken. Einwandfreie chirurgische Fälle (Absceßbildung, lang dauernde Eiterungen ohne Erfolg bei konservativer Behandlung, Lagekorrekturen) gehören nicht in den Bereich der Balneologie, ebenso sind Badekuren ungeeignet bei tuberkulösen Erkrankungen der Adnexe, Blutungsneigung, Arteriosklerose.

Im Anschluß an einen akuten Krankheitszustand kann mit der Badekur begonnen werden, wenn das Fieber geschwunden ist (seit Wochen), Blutsenkung und Leukocyten normal sind. Ruhende Erkrankungen können durch Bäder mobilisiert werden, dann abwarten, Ruhebehandlung, Eis, Diätregelung. Notwendig ist immer eine genaue Beachtung der Badereaktion. Nur intensive Behandlung hat Wert. Schmerzen, Unterleibsbeschwerden, Steigerung der Erscheinungen sind an sich kein Grund gegen eine energische Kur.

Differentialdiagnostisch ist bei stärkeren Adnextumoren vor allem die Abgrenzung gegen die extrauterine Schwangerschaft wichtig. Bei der Adnexerkrankung ist die BKS erheblich, Wachstum der Schwellung meist langsam oder gering, die Nachbarorgane werden mehr herangezogen als weggedrückt; Übergreifen der Erkrankung auf das Beckenbindegewebe kommt vor. Leukocytose besteht in beiden Zuständen. Bei der Extrauterinen kann eine Anämie vorhanden sein durch innere Blutung; hierfür sprechen auch rasche Vergrößerung, Verdrängung der Nachbarorgane, Lokalisiertbleiben der Schwellung.

Die Domäne der Adnexerkrankungen liegt bei der Moorbehandlung. Lokal am intensivsten wirken heiße Packungen (Wärme und Belastung), Temperaturen bis 55° ohne Unterlage. Das Packmaterial erst dünn, später stark auflegen, 5—6 kg. Bei richtiger Anwendung ist eine ausreichende Tiefenwirkung und gute Resorption zu erwarten. Eine Verkleinerung der Tumoren ist allerdings meist erst nach 2—3 Monaten, also nicht während der Badekur zu erwarten. Vorteilhaft sind auch Sitzbäder sowie Moortvölbäder, die aber anstrengender und lokal nicht so wirksam sind. Die Anwendung von Packungen ermöglicht es, auch schwächliche oder kreislaufkranke Patientinnen der Moorbehandlung zuzuführen. Sehr wirksam für die Resorption, weil eine sehr starke Hyperämie er-

zeugend, sind ferner Scheidenspülungen mit 2—4 proz. Sole, Temperatur bis 45°, 15—20 Minuten. Die Portio und benachbarte Teile sind wenig empfindlich für hohe Temperaturen. Bewährt haben sich außerdem auch Bäder in heißen Akrothermen, Schwefelthermen, Jodquellen und Solen. Diese Behandlungsmethoden sind vor allem im Ausland üblich (Italien und Spanien). Operationen, soweit sie nicht durch momentan dringende Situationen erforderlich werden, sind im Badeort zu unterlassen.

Bei der *Sterilität* besteht die alte Erfahrungstatsache, daß ein nicht geringer Prozentsatz von Frauen nach Moorbadekuren eine Konzeptionsfähigkeit erlangt, die vorher nicht vorhanden war. Es handelt sich hierbei um eine Allgemeinwirkung, Umstellung des Organismus, aber man muß auch an organspezifische Wirkungen denken, nachdem in den Moorextrakten noch wirksame weibliche Sexualhormone nachgewiesen sind (s. S. 56). Namentlich junge, schwächliche, aber an sich gesunde Frauen mit infantilistischem Habitus erreichen durch Moorbadekuren nicht selten den gewünschten Erfolg. Wie die Hormonwirkung zustande kommt, ist unklar. Als Verordnungsform sind nur Moorvollbäder in Betracht zu ziehen.

Bei der sekundären Sterilität kann die Moorbehandlung (Packungen) einen günstigen Einfluß auf vorhandene Veränderungen, Adhäsionen, Hyperämisierung der inneren Genitalien, Anregung der Peristaltik des Eileiters, Verbesserung der Durchgängigkeit, Einfluß auf das Fimbriende der Eileiter usw. herbeiführen.

Schließlich ist daran zu denken, daß Bäder und vor allem auch Moorbäder den Organismus für Hormone sensibilisieren. Eine Hormonkur kann also vorteilhafterweise mit der Badekur verbunden oder noch besser an sie angeschlossen werden. Damit hat man ein starkes Mittel für die Behandlung in der Hand. Kuren in diesem Zusammenhang haben nur einen Zweck, wenn sie unter voller Ausnutzung der genannten Möglichkeiten durchgeführt werden. Die Frauen lassen sich schwer angreifende und anstrengende Kuren gern gefallen. Man muß die pluriglandulären Beziehungen beachten. Schilddrüsenanomalien sind nicht selten die Ursache. Unter dem Einfluß von Jod erfolgt eine vermehrte Produktion gonadotroper Hormone im Hypophysenvorderlappen. Auch die Follikelhormonproduktion hat eine Komponente, die über die Schilddrüse verläuft. Daraus erklären sich die namentlich im letzten Jahrzehnt gewonnenen Erfahrungen, daß Kuren mit Jodwässern (Bade- und Trinkkur) auch bei der Sterilitätsbehandlung erfolgreich sind (Salsomaggiore, Italien). Auch die Neigung zu Frühgeburten hat man so wirksam bekämpft.

Soll man Frauen während der *Gravidität* in Bäder schicken? Eisen- und Arsen-trinkkuren sind bewährt zur Bekämpfung des habituellen Aborts (GUTHMANN). Es mag das damit zusammenhängen, daß während der Schwangerschaft der Arsenspiegel des Blutes normalerweise eine Zunahme erfährt. Bei Trinkkuren sind Kochsalzwässer zu meiden (Schwangerschaftsniere!), Sulfatwässer als starke Abführmittel fördern den Abort. Kalkwässer (Oeynhausener, Cannstatter) können den erhöhten Kalkbedarf unterstützen. In der Periode des Abstillens können sulfathaltige Wässer, weil sie wasserentziehend wirken, nützlich sein. Eine Erholung in Kurorten tut namentlich schwachen Frauen vor der Geburt gut. Beim Baden sind treibende Wässer (starke Thermen, CO₂-Quellen) zu meiden. In Betracht kommen nur milde, dünne Solbäder, Süßwasserbäder mit Fichtennadelzusatz und ähnliches.

Das *Klimakterium* erfordert vor allem eine beruhigende reizfreie Behandlung, sichere seelische Führung und unauffällige Beobachtung der Patientinnen, um namentlich bei Blutungsneigung einen evtl. Termin zum Eingriff nicht zu versäumen. Die nervösen Begleiterscheinungen (Zirkulationsbeschwerden, Angio-

neurosen, Magen-, Darm-, Schlafstörungen, allgemeine Reizbarkeit) sind dankbare Objekte für vorsichtige, milde Badekuren (Solbäder, milde Thermen). Reizstarke Bäder, vor allem kohlenensäurehaltige Bäder, sind zu unterlassen. Vorhandene Gelenkbeschwerden (MENGE) reagieren ungewöhnlich günstig auf lokale Mooranwendungen. Sehr dankbar sind klimatische Kuren in reizmilden Schonungslagen vor allem des Mittelgebirges mit dosierten Liegekuren, Vermeidung zu starker Besonnung und starker Klimareize überhaupt.

Der *gynäkologische Kreuzschmerz* kann durch Adnexerkrankungen, durch frühere Stadien des Descensus, Retroflexio, vor allem aber von der Wirbelsäule aus durch die statischen Veränderungen durch Geburten als Abnutzungserscheinung entstehen. Die Behandlung erfolgt am besten nach Art der rheumatischen Erkrankungen, also Thermen, heiße Solbäder, Radiumemanationskuren, Moor- und Schwefelbäder.

In der Gynäkologie spielt also auf den verschiedenen Anwendungsgebieten die *Moorbehandlung* eine sehr stark in den Vordergrund tretende Rolle. Es handelt sich vor allem um ein in Deutschland entwickeltes Behandlungsverfahren. Auf die besondere Bedeutung der Moorbehandlung bei der Sterilität, auch beim Klimakterium, ist schon hingewiesen. Führende deutsche Moorbäder sind Elster, Schwalbach, Franzensbad, Driburg, Pyrmont, Nenndorf, Liebenstein. Ähnliche Bedeutung haben die Schlickbäder Wilhelmshaven, Cuxhaven, Warnemünde. Bei den Zuständen, in denen vor allem die Wärmedynamik eine Rolle spielt, haben auch die Schlamme, Eifelfango, Blankenburg, Posidonenschlamm Bedeutung.

In der Gynäkologie spielen ferner die Behandlung mit Solbädern und Eisen-trinkkuren eine Rolle, so bei endogenen Schwächezuständen, bei Fluor in den Pubertätsjahren. Im Auslande sind vor allem auch die jodhaltigen Solbäder für gynäkologische Erkrankungen herangezogen worden. (Bulgarien, Italien, Spanien.)

Von den *Begleiterkrankungen in der Gynäkologie* sind die Erkrankungen der Harnwege, besonders des Nierenbeckens, auch manche Stoffwechselkrankheiten, z. B. Fettsucht, zuweilen dankbare Objekte der Kurortbehandlung. Bei Strahlenbehandlung kann man durch dazwischengeschaltete Bäder- und Klimakuren (FRANQUÉ) den Erfolg der Behandlung nicht selten verstärken und verlängern. Die Obstipationsbehandlung spielt in der Gynäkologie eine besonders große Rolle. Gerade auch hier sind Kurortbehandlungen bewährt. Auch bei gynäkologischen Leiden sollte man keine Badekur ausführen lassen, ohne gleichzeitig die Regelung der Ernährungsfrage und eine geeignete Bewegungstherapie zu berücksichtigen. Die letztere hat beispielsweise bei den Menstruationsanomalien besondere Bedeutung.

Für eine fruchtbare Behandlung von Frauen in Badeorten ist eine besonders verständnisvolle und nahe Zusammenarbeit zwischen Hausarzt und Badearzt erforderlich. Vermeidbare erneute gynäkologische Spezialuntersuchungen soll man den Patientinnen ersparen. Es ist ferner daran zu denken, daß der Erfolg sachgemäß durchgeführter Badekuren, z. B. bei Adnexerkrankungen sich erst nach Monaten zeigt, wenn die Patientin längst in die Fürsorge ihres Hausarztes zurückgekehrt ist.

Erkrankungen von Magen und Darm, Leber und Galle.

Auf dem Gesamtgebiet der Magen-, Darm- und Gallenerkrankungen beschränkt sich die Behandlung mit den Mitteln der Heilquellen und des Klimas auf verhältnismäßig wenig Zustände. Es handelt sich aber gerade hier um besonders verbreitete Erkrankungen, Ulcus, Katarrhe des Magen-Darmkanals,

Obstipation, Gallensteinerkrankung. Außerdem ist bei richtiger Auswahl gerade bei diesen Zuständen die Quellenbehandlung von größter Bedeutung, was hervorragende Kliniker immer anerkannt haben (V. NOORDEN, GRAFE).

Gurgelungen und Spülungen mit Mineralwässern sind für die *Raucherkatarrhe* von Wert. Eine Domäne des Gebietes sind manche Zustandsformen des *Ulcus ventriculi und duodeni* und die damit verwandten Zustände der hyperaciden Gastritis, die ulcusverdächtigen Erosionen, die nervösen in das Gebiet fallenden Grenzzustände, das Sodbrennen. Das Ulcus darf weder röntgenologisch noch gastroskopisch nachweisbar sein. Nach akuten Blutungen muß eine längere Zeit (2—3 Monate) verstrichen sein. Gutartige und latent verlaufende Fälle, auch das ausgesprochene Ulcus mit den erwähnten Einschränkungen, sind aber dankenswerte Aufgaben unseres Gebietes. Die Säureabstumpfung wird man naturgemäß mit einem der zahlreichen alkalischen Wässer herbeiführen. Die meisten hierher gehörenden Wässer sind alkalische Sauerlinge, die trotz ihres Säuregehaltes eine hohe alkalische Wirkung haben (Fachingen, Gießhübel, Preblau, Vichy, Fatra u. a.). Es geht von diesen Wässern eine dreifache Wirkung aus: Abstumpfung der Säure, Hemmung der Säureproduktion und Schmerzstillung. Die Säureabstumpfung macht sich am meisten nach dem Essen geltend, wenn hier auch die Wirkung des Wassers durch die Gegenwirkung der Magensäure eine beschränkte ist. Die Alkalisierung des Magensaftes geht auch bei stärkerer Zufuhr nicht über den Neutralpunkt hinaus. Die Magenentleerung wird jedoch im Sinne des natürlichen Vorganges durch die Zufuhr des alkalischen Wassers gefördert. Nachhaltig und daher die Produktion hemmend wirkt aber die Verabreichung vor dem Essen, da der nüchterne Magen keine freie Salzsäure enthält. Die Kur kann man nur mit angewärmtem Wasser durchführen. Deshalb haben sich Kuren mit den natürlich warmen Quellen [Karlsbad, Bertrich, Neuenahr, Montecatini und Chianciano (Italien), dann Cestona (Spanien), Vichy (Frankreich)] besonders bewährt. Das Ulcus ist vielfach mit gastritischen Erscheinungen verbunden. Treten diese stärker hervor, dann können die Kochsalzwässer herangezogen werden (Baden-Baden, Wiesbaden, Mergentheim, Kissingen). Diese wirken dann durch die Heilung des Katarrhs günstig, obschon sie an sich nicht säurevermindernd, sondern eher in diesem Sinne reizend wirken. Die Heilung des Katarrhs bringt aber hier die Hyperacidität zum Verschwinden. Oft ist der Ulcus von einer Obstipation begleitet, dann sind die mit sulfatischen Komponenten versehenen alkalischen Quellen von besonderer Bedeutung (Karlsbad, Franzensbad, Bertrich, Neuhaus). Die resorbierten Bestandteile der Wässer bewirken auch hier über den lokalen Erfolg hinaus eine Änderung der Reaktionsweise des Gewebes.

Eine Trinkkur bei Ulcuskranken kann niemals schematisch verordnet werden. Es bedarf nicht selten häufig zu wechselnder Modifikationen. Man kann durch das Abrühren der CO_2 , durch laue bis heiße Verabreichung, durch Trinken im Liegen mit linker Seitenlage, um den Pylorus zu schonen, später rechte Seitenlage, durch gleichzeitige Anwendung heißer Packungen mit Moor und Schlamm sehr weitgehende Abstufungen herbeiführen. Die Hyperämie der Bauchwand erhöht den Tonus der Magenwand. Warme reizschwache Bäder (Sole, aromatische Süßwasserbäder) bewirken eine günstige Umstellung des gesamten Habitus. Ulcusranke sind gegen Hautreize empfindlich. Unter starken Reizen (Bestrahlung, CO_2 -Bäder) bilden sich histaminartige Körper in der Haut, die schädigend auf den Ulcusprozeß einwirken (EPPINGER). Ein Erythem bedeutet eine direkte Gefahr für den Träger eines Ulcus, was bei Disposition für die Ulcusentstehung von Bedeutung sein kann. Auch Kältewirkung kann schädigen. Dagegen wirken milde Klimakuren mit viel Luft, auch Luftbädern, mäßiger Be-

sonnung, dosierter Bewegung über die nervöse Komponente günstig (AMELUNG, HAEBERLIN). Mittelgebirge und Seekuren sind bevorzugt.

Das zweite große Gebiet für Trinkkuren sind die *katarrhalischen Erkrankungen von Magen und Darm*. Auch hier ist die Zustandsdiagnose von Bedeutung. Bei der an- und hypaciden Gastritis kommen die säurelockenden Wässer in Betracht; es sind dies im allgemeinen die Kochsalzwässer und die nichtalkalischen Säuerlinge. Da das Kochsalz gleichzeitig auch schleimlösend wirkt und die Wärme des Wassers den Prozeß günstig beeinflusst, auch subjektiv wohltuend ist, so haben sich vor allem die kochsalzhaltigen Thermen hierbei eingeführt (Wiesbaden, Baden-Baden, Cestona in Spanien, Montecatini in Italien); aber auch die analogen kalten Quellen (Kissingen, Homburg, Mergentheim); auch hier ist die sulfatische Komponente (Neuhaus, Salzschlirf, Pyrmont, Chianciano) wertvoll. Wässer mit längerer Verweildauer im Magen, also konzentrierte Kochsalz- und Glaubersalzbrunnen soll man bei den hypaciden Formen möglichst vermeiden, auch lasse man bei diesen Zuständen nicht nach den Mahlzeiten trinken; 2—300 g morgens nüchtern, auch während des Tages wiederholt, haben sich bewährt. Eine gleichzeitige Blutarmut läßt stärkere Quellen kontraindiziert erscheinen. Bei motorischen Störungen des Magens, Magenatonien, spastischen Zustände, ebenso bei den Neurosen ist mit Trinkkuren nichts anzufangen.

Noch mehr als beim Magen ist bei den entzündlichen und katarrhalischen Prozessen des Darmes der Mineralwassertherapie eine führende Rolle zuzuerkennen (GRAFE). Beim Darmkatarrh kommen die leichteren und mittelschweren Formen des chronischen Katarrhs in Betracht. Man läßt warme und heiße Trinkkuren auch mit künstlich erwärmten Wässern in häufigen kleinen Dosen ausführen. Die Kochsalzquellen Wiesbaden, Baden-Baden, Kissingen, Homburg, die glaubersalzhaltigen Brunnen Karlsbad, Franzensbad, Herzfeld, Neuhaus, im Auslande Châtel Guyon, Cestona, Montecatini haben sich bewährt. Auch gastrogene Diarrhöen, Gärungs- und Fäulnisdyspepsien, Nachkrankheiten nach tropischen Darmerkrankungen sind brauchbare Objekte für diese Kuren. Besonders scheinen hierbei die calciumhaltigen Wässer [Oeynhaus, Driburg, Lippspringe, Wildungen, Marienbad (Rudolfquelle), Contrexéville, Plombières] durch ihre gewebisdichtende und entzündungshemmende entwässernde Wirkung günstig zu sein. Zuweilen verlaufen Darmkatarrhe mit Obstipationerscheinungen; trotzdem soll man Abführkuren dann nicht machen. Man kommt auch hierbei mit den genannten Quellen weiter.

Die *Darmträgheit* und die sogenannte *habituelle Obstipation* sind schließlich ein ebenso dankbares wie bedeutungsvolles Behandlungsgebiet. Man soll Alter des Patienten, Dauer der Krankheit und den gewohnheitsmäßigen Gebrauch von Abführmitteln bei der Anordnung einer Kur berücksichtigen. Die Greisenobstipation und die der Kinder scheiden aus. Im letzteren Falle ist die Erziehung zu einer verständigen Rhythmik des Lebens allen äußeren Mitteln überlegen. Organische Hindernisse (Röntgenbild), Abknickungen, Behinderung durch Erkrankungen der Umgebung (Frauenkrankheiten), Hirschsprungsche Krankheit und die sogenannte Rectumschwäche sind nicht geeignet. Um so dankbarer sind die zahlreichen Fälle der einfachen chronischen Obstipation.

Man entleere erst bei beginnender Behandlung durch drastische Abführmittel den Darm. Die Wirkung der Brunnen darf nicht summarisch verordnet werden, sie muß namentlich am Anfang nach der täglichen Erfahrung geregelt sein. Zweck der Kur ist die Rückführung zu einer normalen selbständigen Funktion.

Die Peristaltik des Darmes ist vom Magen aus durch einen Trunk kalten Wassers in den nüchternen Magen bei vielen Menschen in Gang zu bringen,

außerdem hängt sie vom Füllungsgrade des Darmrohres ab (peristaltischer Dehnungsreflex). Man wendet bei Darmträgheit die Bitter- und Glaubersalzwässer an. Die schwächeren Wässer bringen das nötige Wasser zur Darmfüllung mit, hierbei sind dann größere Mengen zur Trinkkur erforderlich (Bertrich, Franzensbad). Die stärkeren Wässer bewirken einen Flüssigkeitsstrom in das Darmlumen hinein. Letztere erzielen nicht selten schon bei einmaliger Wirkung und geringer Dosierung einen drastischen Erfolg (Hunyadi-Janos, Sternhof, Saldschitz, Friedrichshall). Zu längeren Kuren bedient man sich besser der schwächeren Wässer oder der stärkeren Wässer bei geringer Dosierung. Man kann die anregende Wirkung auf den Darm sehr stark modifizieren, je nachdem man nüchtern oder im Laufe des Tages, kühl oder warm, in Ruhe oder Bewegung trinken läßt. Auch die mit Frauenleiden sehr oft verbundene Obstipation ist ein dankbares Objekt für die Behandlung. Da die abführende Dosis bei etwa 3,0 g Sulfation liegt, kann man die abführende Dosis (s. S. 33) leicht berechnen.

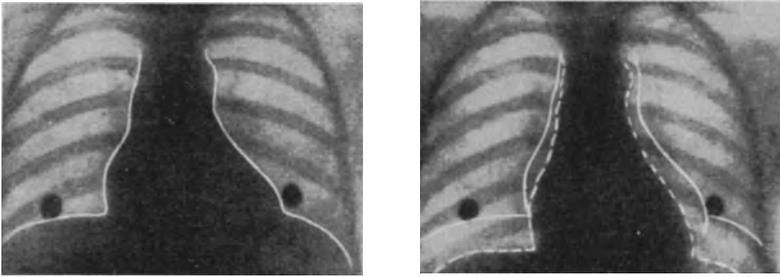


Abb. 47. Meteorismusbehandlung, Trinkkur mit Glaubersalzbrunnen Marienbad. (Nach K. ZÖRKENDÖRFER.)

Besonders wertvoll erweisen sich Glaubersalztrinkkuren bei meteoristischen Zuständen. Die Darmblähungen und die damit zusammenhängenden Zustände, der sogenannte kardiointestinale Symptomkomplex, der sich ja besonders in nervös-seelischen Unruhebildern und Kreislaufstörungen infolge des Meteorismus äußert, werden durch die genannten Trinkkuren günstig beeinflusst. Meßbar verschwindet der Zwergfellhochstand (s. Abb. 47).

Ohne die Diätregelung ist selbstverständlich keine Kurortbehandlung auf dem Gebiet der Magen-, Darm- und Verdauungskrankheiten ausführbar. Es ist Aufgabe des Kurortes, daß nicht nur in bevorzugten Wohn- und Gaststätten und Sanatorien die Möglichkeit speziell verordneter Einzeldiäten besteht, sondern daß das ganze Ernährungsmilieu des Kurortes auf den Erfordernissen der Behandlung Magen- und Darmkranker aufgebaut ist. Es müssen daher in den Kurheimen und Gaststätten überhaupt die Erfordernisse einer mittleren Schonungsdiät, aber auch einer speziellen Kurbehandlung gesichert sein.

Eine maßvolle Bewegungstherapie kann auch auf diesem Gebiet besonders bei der Obstipationsbehandlung Ausgezeichnetes erreichen.

Bei den *Erkrankungen von Leber und Galle* ist zu sagen, daß auch hier ein nach dem Indikationsgebiet beschränktes, aber in dem speziellen Bereich besonders erfolgreiches Arbeitsgebiet vorliegt. An Krankheiten kommen in Betracht die Leberschwellung, die Leberkongestion, namentlich durch sitzende Lebensweise herbeigeführt ohne weitere Krankheitserscheinung, dann die abdominale Plethora der alten Ärzte, Völle, Meteorismus, Subikterus, dann aber auch der allgemeine Leberschaden, mit ikterischen, oft nur wenig ausgeprägten Erscheinungen, Schädigung des Blutbildes usw. Gute Erfolge sind durch Trinkkuren mit leicht

abführenden, besonders Glaubersalzhaltigen Wässern (Karlsbad, Elster, Neuenahr, Bertrich, Franzensbad, Mergentheim) zu erzielen. KIENLE hat neuerdings die Bedeutung der Gipsquellen für den Leberschaden gezeigt. Bei der Hepatitis sind die Fälle der Cirrhosen, die Laennecsche Erkrankung und die hepatolienalen Zustände auszuschließen. Dagegen kann man gute Erfolge bei den parenchymatösen Veränderungen bei Alkoholikern, nach Infektionen, nach Arzneimittelschäden erwarten.

Bei den Gallenerkrankungen ist die erste Bedingung, daß die rechtzeitige Stellung der chirurgischen Indikation nicht versäumt wird (akute infektiöse Cholecystitis und ähnliche Prozesse, Steinerkrankungen mit chirurgischer Indikation usw.). Viele Prozesse jedoch der abführenden Gallenwege und der steinbildenden Vorgänge sind für die Trinkkur geeignet. Das Wirksame ist das Sulfation. Es kommen daher vor allem die Glauber- und Bittersalzquellen in Betracht, namentlich sofern sie alkalisch sind oder dazu überleiten. Der Sondenversuch (STEPP, HAUG) zeigt einwandfrei den Vorgang der Einwirkung der Wässer auf die Gallenblase. Sie wirken cholagog (Entleerung der Galle) und choloretisch (erhöhte Gallenproduktion). Die Entleerung der Blase wird vor allem durch die stark sulfathaltigen Wässer und hier besonders durch die Bitterwässer, geeignete Diät und Bewegung herbeigeführt. Die schwächeren Quellen (Karlsbad je nach Dosierung, Bertrich, Franzensbad und Marienbad), ferner auch heiße Umschläge, milde Diät, beruhigende Bäder wirken dem Spasmus entgegen, sie beruhigen, haben eine cholagoge Wirkung, regen aber sanft die Produktion der Galle an. Wichtig ist die Kochsalzarmut besonders bei den Sudetenwässern, die namentlich der Karlsbader Therme eine so führende Bedeutung in der Leber- und Gallentherapie verschafft hat. Bei gleichzeitigen Katarrhen, auch bei Obstipation, sind die kochsalzhaltigen, besonders mit einer Sulfatkomponente ausgestatteten Wässer (Mergentheim, Neuhaus, Kissingen, Hersfeld) angezeigt. Bei Verbindung mit Diabetes ist an die Schwefelwässer Baden bei Wien, Budapest zu denken. Wichtig scheint auch die Behandlung nach einer Gallenoperation. Da das Reservoir für die eingedickte Blasengalle dann fehlt, haben sich Spülungen der Lebergänge anscheinend bewährt. Man läßt dann vor allem morgens und auch größere Mengen trinken.

Wie beim Magen und Darm ist selbstverständlich auch auf dem Gebiet der Leber- und Gallenkrankheiten ohne Diätregelung keine Kurorttherapie durchführbar, was ebensowohl für die Lebensführung des einzelnen Kranken wie für die Einrichtung und das Ernährungsmilieu der in Betracht kommenden Kurorte gilt.

Stoffwechselkrankheiten.

Diabetes: Die Behandlung des Diabetes mit Mineralwassertrinkkuren ist alten Datums. Sie hat sich besonders im Ausland (Frankreich) trotz der Insulinära bis heute in Ansehen gehalten. Das beruht darauf, daß sie in der Tat Ausgezeichnetes leistet.

Sowohl das Tierexperiment wie Beobachtungen am Menschen zeigen, daß eine ganze Reihe von Mineralwässern (s. S. 29, 32, 38) beim Diabetiker die Glykosurie vermindern, den Blutzucker senken, die Zuckertoleranz steigern; mit alkalischen Wässern können wir bekanntlich nicht nur den Harn alkalisch machen, sondern auch die Alkalireserve erhöhen, wenn sie krankhaft vermindert ist (ARNOLDI und ROUBITSCHKE). Durch getrunkenes Mineralwasser geht ferner der Glykogenabbau zurück, in der Leber findet eine Glykogenanreicherung statt (BÜRGI u. a.). Auch die pathologisch vermehrten Zuckerabbauprodukte (Acetaldehyde, dioxydabler Kohlenstoff) vermindern sich (W. ZÖRKENDÖRFER), die Ketonurie nimmt ab (ARNOLDI). So gewinnt man das Bild, daß Mineralwasser-

trinkkuren analog dem Insulin wirken, daß sie mindestens dessen Wirkung verstärken.

Empirisch sind vor allem drei Gruppen von Mineralwässern als wirksam befunden worden: *Alkalische Wässer* [alkalische Säuerlinge, Neuenahr (Therme), Fachingen, Salzbrunn, Gießhübl, alkalische Therme in Teplitz-Schönau, Quellen in Bilin und Eisenkappel, alkalische Glaubersalzquellen in Karlsbad (Mühlbrunnen) und Bertrich, alkalische Schwefelquellen in Landeck, Aachen]. Das Alkali wurde vor der Insulinära auch als Pharmakon gegen Zuckerkrankheit gegeben; es ist schon lange bekannt, daß Säuregaben die Blutzuckerbelastungskurve erhöhen, Alkali sie herabsetzt. Das gleiche gilt im Tierversuch von der sauren Haferkost bzw. der alkalischen Grünfütterkost. Die Acidose beim Zuckerkranken entfaltet sich im Sinne eines Circulus vitiosus. Sie hängt nicht nur mit dem Zuckerstoffwechsel zusammen, sondern sie verändert ihn auch im ungünstigen Sinne (W. ZÖRKENDÖRFER).

Schwefelquellen: Kolloidaler Schwefel hat eine starke antidiabetische Wirkung. Bei peroraler Darreichung ist als die minimal wirksame Dosis 1 mg pro kg, bei subcutaner 1 γ pro kg, bei intravenöser 0,01 γ pro kg anzusehen. Es kommt nach KÜHNAU noch hinzu, daß der diabetische Organismus dauernd Schwefelverlust erleidet, die Behandlung mit Schwefelwässern diese Ausfallserscheinungen ausgleicht. Schließlich kommt bei der Behandlung der Diabetiker (KÜHNAU) auch die grundumsatzsenkende Wirkung des Schwefels in Betracht, woraus die Verbesserung des Körpergewichts bei dieser Behandlung sich erklärt. Schwefelquellenkuren bei Diabetikern sind außerdem besonders auch für die Beseitigung der diabetischen Hautleiden wirksam (MALIWA). Schwefelquellen: die Thermen Baden bei Wien, Deutsch-Altenburg, Schallerbach, Budapest, ferner Eilsen, Nenndorf, Sebastiansweiler, Schinznach. Unter den Glaubersalzwässern hat sich Karlsbad eine hohe Stellung in der Diabetestherapie errungen. Nach W. ZÖRKENDÖRFER muß man hier auch an die Schwefelwirkung denken, denn GEIGER und KROPF fanden, daß auch nach Neutralisation noch die antidiabetische Wirksamkeit der Karlsbäder Wässer erhalten blieb.

Gipswässer: Wertvoll sind vor allem die reinen Gipswässer (Tugo-Quelle in Tiengen, Oberrhein (Abb. 48), ferner auch die kochsalzhaltigen Gipsquellen (Salzschlirf, Cannstatt, Mergentheim). Ausländische Gipswässer: Contrexéville (Frankreich), Trentschin-Teplitz (Slowakei), Budapest.

Es ist klar, daß sich für die Therapie besonders gipshaltige Schwefelwässer, wie Baden bei Wien, Eilsen, Sebastiansweiler, als wertvoll erwiesen haben. KIENLE hat die Wirkung der Gipswässer auf chronische Leberschäden nachgewiesen, so muß man bei der antidiabetischen Wirkung der Gipswässer vor allem an die Wirkung über die Leber denken.

Die Trinkkur wird im allgemeinen mit Mengen von 800 (MALIWA) bis 1000 g, namentlich bei alkalischen Wässern auch mehr, bis 1 ½ Liter pro Tag, in wiederholten kleineren Trinkportionen ausgeübt. Man braucht beim Diabetiker mit der Menge des zugeführten Wassers nicht ängstlich zu sein. Bei den Schwefelbrunnen muß man vor allem den Schwefelgehalt beachten. Wichtig ist, daß auch die schwächeren Schwefelbrunnen eine deutliche Wirkung ausüben.

Da für die Wirkung der Schwefelbrunnen eine Steigerung der Insulinproduktion im Körper wahrscheinlich ist, abgesehen von einer erhöhten Sensibilisierung des Körpers für Insulin, so ist es klar, daß für die Wirkung der Mineralwassertrinkkuren der Insulinapparat des Körpers noch arbeitsfähig sein muß. Dem entspricht die Tatsache, daß leichtere und mittelschwere Fälle des Diabetes eine gute bis sehr gute Wirkung nach Mineralwassertrinkkuren aufweisen, während die Behandlung bei schweren Diabetikern versagt. KIENLE konnte im Verlauf

der Kur erhebliche Weißbrotzulagen bei den behandelten Fällen möglich machen. Angesichts des chronischen Charakters der Zuckerkrankheit bedeuten daher von Zeit zu Zeit ausgeübte Mineralwassertrinkkuren eine bedeutende Schonung für den gesamten Stoffwechsel und insbesondere eine erhebliche Einsparung von Insulin. Es ist dringend erforderlich, daß von dieser Behandlungsmöglichkeit mehr Gebrauch gemacht wird als bisher.

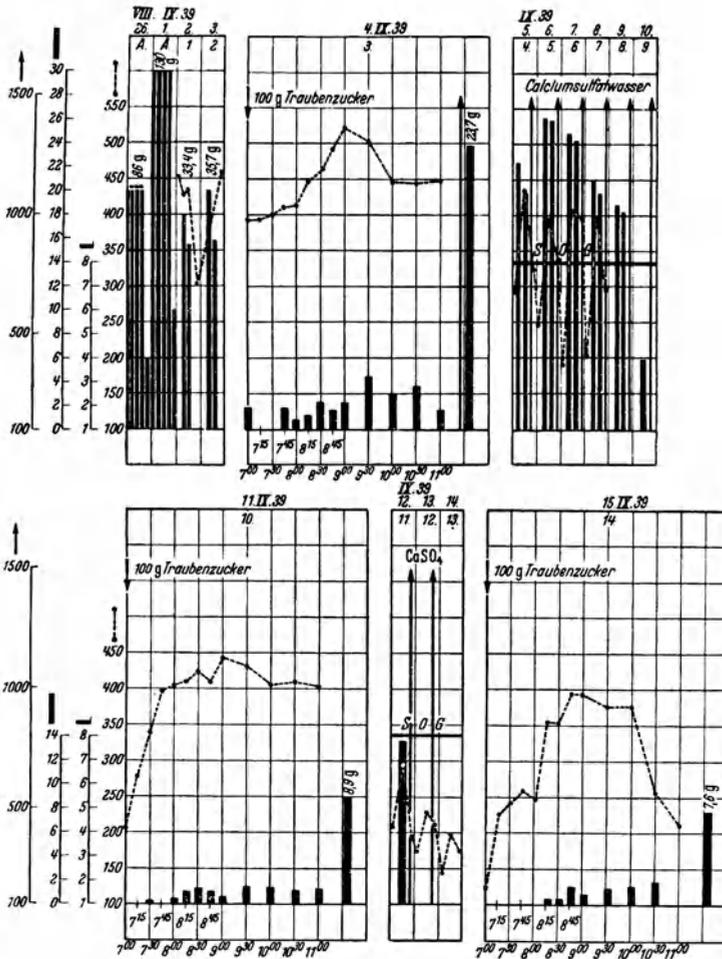


Abb. 48. Diabetesbehandlung mit Trinkkur, Gipsquelle Tugo-Quelle in Tiengen. Darstellung von Stoffwechsel, Nahrungszufuhr und Zuckerausscheidung. Wesentliche Toleranzverbesserung. (Nach KIENLE.)
 - - - - - Blutzuckerkurve, ——— Zuckerausscheidung im Harn in g; ——— Kohlehydratzufuhr, in Weißbrotproteineinheiten; → Trinkkur mit Tugo-Quelle in ccm.

Für den Diabetiker verdienen noch die klimatischen Kuren eine besondere Erwähnung. Während kalte Wasserprozeduren und Kälte überhaupt ungünstig wirken, sind mildwarme Einwirkungen in günstigen klimatischen Lagen dem Gesamtbefinden des Diabetikers außerordentlich nützlich. Schonende Dosierung der Klimareize, vor allem der Wärmereize, zeitigt günstige Einflüsse auf die Stoffwechsellage, deutlich nachweisbar in der Toleranz (MESSERLE). Bei vermehrter körperlicher Bewegung wird weniger Insulin verbraucht, was für die Dosierung

einer geeigneten Freiluft- und Bewegungstherapie wichtig ist (AMELUNG). Übertriebene Anwendungen des Sonnenbades können empfindliche Störungen im Zuckerstoffwechsel hervorrufen (Insulinschock nach Sonnenbaden, AMELUNG).

Gicht: Die Balneotherapie der Gicht wendet sich sowohl gegen die ursächliche Stoffwechselveränderung als auch gegen die Gelenkerkrankungen und Bewegungsstörungen, die im Verlauf der Krankheit eintreten.

Von alters her haben die radiumhaltigen Wässer bis heute sich den Ruf als Gichtwässer erworben (WILKE und KRIEG, EICHHOLTZ, GUDZENT, VON NOORDEN, FALTA). Die Aufnahme der radiumhaltigen Wässer in den Organismus bewirkt eine echte Ausscheidung der Harnsäure. Eine solche liegt dann vor, wenn ohne Vermehrung der Wasserzufuhr (man gibt Mineralwasser anstatt Trinkwasser) eine Erhöhung der Harnsäureausscheidung eintritt. Das Problem ist nicht einfach, da bei den radiumemanationshaltigen Quellen die Nebenbestandteile die Wirkung verdecken können, da Vordiät und allgemeine Stoffwechsellage den Vorgang beeinflussen, da die individuelle Empfindlichkeit gegenüber radioaktiven Substanzen erheblich schwankt (EICHHOLTZ). Neben der erhöhten Ausschwemmung erfolgt aber auch ein erhöhter Abbau von Harnsäure im Körper (TEISSIER). Die Erfolge erstrecken sich nicht auf die echte Gicht allein, sondern auch auf die ihr nahestehenden Krankheitsformen (unklare Fälle von Gelenkerkrankungen, Neuralgien usw.).

Kuren mit Radiumwässern haben oft starke Reaktionserscheinungen im Gefolge. Die Anwendung bedarf also einer gewissen Vorsicht, zumal auch die Calciumausscheidung erhöht ist. Die Anwendung geschieht mit Trink-, Inhalations- und Badekuren, da auf allen drei Wegen Radiumemanation wirksam zugeführt werden kann. Besonders wirksam ist die Trinkkur. Deutschland besitzt weitaus die stärksten Radiumquellen der Welt: Oberschlema, Brambach, Joachimsthal. Wertvolle Radiumbäder sind außerdem Gastein, Steben, im Ausland Suludervent in Bulgarien.

Harnsäureausscheidung haben auch andere Arten von Mineralwässern zur Folge, so alkalische Wässer (Salzbrunn, Vichy u. a.), ferner Kochsalzquellen, Gipsquellen (s. S. 31), Chlorcalciumquellen und Seewasser. Aber auch das heiße Bad als solches hat eine Wirkung auf die ursächlichen Faktoren bei der Gicht, und damit dürfte es zusammenhängen, daß die akratischen Thermen und Wildwässer ebenfalls von jeher sich einer Anerkennung bei der Gichtbehandlung erfreuen. Heiße Bäder bewirken eine alkalotische Stoffwechsellage (KÜHNAU).

Die Gicht spielt sich vor allem in den Gelenken ab, sie führt zu Funktionsstörungen und Veränderungen, die dem klinischen Bild des Rheumatismus entsprechen. Dadurch wird die Gichterkrankung auch zu einem Gegenstand der Behandlung in dem Sinne, in welchem rheumatische Erkrankungen und Bewegungsstörungen der Badebehandlung unterliegen.

Fettsucht: Die Wärmeentziehung kalter Quellen beim Trinken hat eine oxydationssteigernde Wirkung. Diuretisch wirkende Quellen erhöhen die Durchspülung und Entwässerung. Viele Quellen wirken peristaltisch. Die Verschlechterung der Ausnutzung der Nahrung, direkte Steigerung des Stoffwechsels hat man von sulfathaltigen Quellen nachweisen können. Diese Wirkungen sind aber nicht ausreichend, um bei Fettsüchtigen etwas zu erreichen.

Trotzdem gehört die Behandlung der Fettsucht in Kur- und Badeorten zu den wichtigsten und dankbarsten Aufgaben dieses Gebietes. Nirgends ist so gute Gelegenheit wie hier, während einer Kur eine Lebensregelung für den Patienten durchzuführen: Tageseinteilung, Diät, Dosierung von Ruhe und Bewegung, Ausnutzung der klimatischen und balneologischen Faktoren, erhöhte Sensibilität für eine medikamentöse Behandlung, enger Konnex zwischen Arzt und Patient, Er-

leichterung der Überwachung, Wetteifer und Beeinflussung gleichgerichteter Fälle helfen zusammen. Die Verdauung anregende sulfatische Mineralwässer, Kochsalz-, Glauber- und Bittersalzquellen sind wertvolle Hilfsmittel: Homburg (Elisabeth-Quelle), Neuhaus, Kissingen, Karlsbad, Mergentheim, Hersfeld, Said-schitz u. a., Cestona in Spanien, Montecatini in Italien.

Das Hochgebirge bringt eine Steigerung des Stoffwechsels, erleichterte Muskelarbeit, Neigung zu Eiweißansatz mit sich. Kombinierte Therapien in Höhenlage, Bewegung, Diät, Bäder haben Erfolge. Andererseits sind die Resultate an der See, namentlich an der norddeutschen kühleren Küste gut. Auch heiße Sandbäder (Köstritz, Grado) scheinen die Entfettung zu fördern. Andererseits muß man die appetitfördernde sogenannte zehrende Wirkung mancher Klimakuren vor allem an der See, aber auch im Hochgebirge beachten. Da der Fettleibige eine schlechtere Gefäßregulation hat, früher schwitzt und friert als der Normale (s. S. 109), so ist das Gefäßtraining bei Klimakuren, auch Badekuren, Abhärtung, Einwirkung auf die Haut und auf die Muskelbewegung von Wichtigkeit. Kaltwasserprozeduren können sehr wertvoll sein. Andererseits haben sich heiße Solbäder und Kochsalzthermen (Wiesbaden, Baden-Baden, Hermannsbad) bewährt. Sie steigern den Stoffwechsel und haben keine appetitfördernde Wirkung. Auswahl der Fälle ist notwendig. Viele Fettleibige haben nur eine begrenzte Leistungsfähigkeit der Zirkulation. Heiße Bäder sind bei Blutdrucksteigerung, Arteriosklerose kontraindiziert, ebenso Kaltwasseranwendungen bei höheren Graden von Neurosen und nervöser Erschöpfbarkeit. Altersfettsucht, Fettsüchtigkeit der Nephritiker und solche mit erheblichen Kreislaufstörungen schickt man besser überhaupt nicht in Kurorte. Dagegen ist die Kurort- und Bäderbehandlung gerade für manche Fälle, in denen sich die Fettsucht mit anderen Krankheitszuständen kombiniert, besonders dankbar. Fettleibige mit leichter Glykosurie verlieren die letztere meistens bei Gewichtsabnahme. Bei Kombination von Fettsucht und Diabetes soll man nicht brüsk entfetten. Für die Kombination dieser Krankheiten sind Kuren in Karlsbad, Marienbad, Neuenahr, Kissingen, Neuhaus empfehlenswert.

Sowohl für den fettleibigen Diabetiker wie für den ebenso beschaffenen Gichtiker ist es schwierig, auf diätischem Wege allein vorwärtszukommen. Man kann nicht gleichzeitig kohlehydratarme und entfettende, purinfreie und ebenfalls entfettende Kost geben. Gerade dadurch werden die Brunnenkuren oft besonders dankbar, zumal namentlich bei Gicht und Nephritis der magere Patient an sich besser gestellt ist als der fette. Bei fettsüchtigen Nierenkranken sind Badekuren sehr beschränkt möglich, Klimakuren bewährt. Kreislaufschäden der Fettsüchtigen sind ein dankbares Behandlungsobjekt. Die Erscheinungen der Abdominalplethora beobachtet man bei Fettsüchtigen mit leichten Herzschäden. Maßvolle Trinkkuren mit salinischen und alkalisch-sulfatischen Wässern (Homburger Elisabeth-Quelle) haben auf Leberschwellung, Druckgefühl im Bauch, Völle nach dem Essen oft sehr guten Einfluß. Kohlensäurehaltige Wässer soll man nicht trinken lassen (abrühren!). Maßvolle Badekuren mit CO₂-haltigen Wässern, unterstützt durch dosierte Bewegungstherapie leisten Ausgezeichnetes.

Viele Fettleibige haben Funktionsstörungen im Magen-Darmkanal, Obstipation, atonische Zustände, paradoxe Diarrhöen, Hämorrhoidalbeschwerden. Man kommt hier gut voran, wenn man bei der balneologischen Behandlung das Augenmerk in erster Linie auf die Erscheinungen am Magen und Darm richtet.

Die Domäne der Kurortbehandlung ist die Inaktivitätsfettsucht, die sogenannte Faulheitsfettsucht, bei der die Bewegungsbehandlung bestens bewährt ist. Unter den endokrinen Fällen sind diejenigen rein thyreogenen Ursprungs ver-

hältnismäßig selten, dagegen die poliglandulären häufig. Bade- und Klimakuren sensibilisieren den Organismus für Medikamente, insbesondere auch für Inkrete und Hormone; das kann man sich bei der Behandlung dieser Fälle zunutze machen.

Für alle Stoffwechselkrankheiten ist während einer Badekur eine nach klinischen Gesichtspunkten geleitete Diätversorgung notwendig, ebenso muß Bewegungstherapie im Laufe einer Badekur erfolgen.

Tuberkulose.

Die klimatische Behandlung der Tuberkulose (BACMEISTER) ist eines der wichtigsten Gebiete im Gesamtplan der Tuberkulosebehandlung. Ein spezielles Klima, das die Tuberkulose heilt, gibt es nicht. Alle Klimalagen, die reine Luft, günstige Verhältnisse der Abkühlungsgröße, Schonung für Atmung und Herz, reichlichen Strahlungsgenuß, Freiheit von großen Schwankungen der Temperatur und Feuchtigkeit, roborierende Allgemeineinflüsse gewährleisten, sind brauchbar: Hochgebirge, Mittelgebirge, auch die Waldlandschaft der Ebene, das Seeklima haben alle, jedes für sich, Wert und Bedeutung. Die einzelnen Klimalagen müssen nach ihren Wirkungskomponenten für den einzelnen Krankheitsfall rechtzeitig und je nach der individuellen Reaktionslage und Eignung zur Anwendung gelangen. Eine richtige und überlegte Kombination der klimatischen Faktoren mit den anderen Möglichkeiten der Tuberkulosebehandlung, die durch die klinischen, medikamentösen, chirurgischen, diätetischen Maßnahmen gegeben sind, ist erforderlich. Die Klimabehandlung der Tuberkulose ist eine ärztliche Angelegenheit; wilde und selbstgewählte Kuren stiften Unheil. Die Spezialärzte der Tuberkulosekurorte sehen alljährlich schwerste Schädigungen, Aktivierungen des Krankheitsprozesses, Blutungen, Pleuritiden, neue Aussaaten durch falsch angewandte Klimareize. Die Klimabehandlung der Tuberkulose geschieht daher am besten in Heilstätten und Sanatorien, in denen eine sachkundige ärztliche Aufsicht und der gesamte klinische Apparat für die Behandlung dieser vielgestaltigen Krankheit sich mit den Gegebenheiten eines heilkräftigen Ortsklimas vereint. Hier ist auch die Gewähr für die notwendige Nutzung des Klimas und anderer Einrichtungen gegeben: Liegehallen, Liegebalkons, Luft- und Sonnenbäder, künstliche Strahler, Hydrotherapie, Diätküche, Bewegungstherapie. Die großen Fortschritte der modernen Behandlung der Tuberkulose auch auf anderen Gebieten, Chirurgie, innere Medizin usw. machen die Klimabehandlung nicht überflüssig.

Nach BACMEISTER sind bei einer Klimakur von vornherein in Rechnung zu stellen die konstitutionellen Verhältnisse des Kranken, der Grad der erworbenen Immunität durch Überstehen einer kindlichen Infektion und die Art der Umwelteinflüsse (Wohnung, Arbeitsverhältnisse usw.). Die einzelnen Menschen zeigen sehr verschiedene Reaktionsweisen: der Pykniker verarbeitet kräftige Reize meist gut, der Astheniker hat eine geringere Fähigkeit zur Antigenbildung, seine Reaktion verläuft langsamer, er braucht mildere Reize und mehr Schonung, bei Kindern ist der exsudativ-lymphatische Typus (KLARE) weniger gefährdet und reagiert in geeigneten Lagen sicherer als der asthenische.

Von größter Bedeutung ist die Qualitätsdiagnose des tuberkulösen Krankheitsbildes, worin die moderne Klinik große Fortschritte gemacht hat. Die Qualitätsdiagnose allein kann angesichts der verschiedenen Auswirkungen der Klimareize führend sein bei der Wahl eines geeigneten Klimakurortes.

Das Hochgebirge mit seinen sehr starken Reizen kann von solchen Kranken mit Erfolg in Anspruch genommen werden, die eine gute Reaktionsfähigkeit besitzen, zur Latenz und zu kräftiger Narbenbildung neigen, das sind vor allem die

produktiv cirrhösen und nodösen Formen der Lymphdrüsentuberkulose, sonst ist die Lymphdrüsentuberkulose hinsichtlich Hochgebirgskuren vorsichtig zu beurteilen. Zur Exsudation neigende Fälle zeigen nicht selten Progression und vermehrte Exsudation, auch die Kavernenbildung wird oft nicht günstig beeinflusst. Einzigartiges erreicht man im Hochgebirge in der Behandlung der generalisierten und der extrapulmonalen (auch sogenannten chirurgischen) Tuberkulose. Nach ROLLIER kommen etwa 90% der generalisierten Form zur Ausheilung. Die Domäne ist die 1902 von BERNHARDT in St. Moritz eingeführte Sonnenbehandlung, die aber einer vorsichtigen und allmählichen Dosierung bedarf. Bewährte Kurorte sind Ritzlern bei Oberstdorf 1085 m, Stolzalpe (Steiermark) 1300 m, Leysin (Schweiz) 1400 m, Davos 1500 m, Arosa 1800 m. Eine singuläre Stellung des Schweizer Klimas besteht nicht. Viele Orte der Ostalpen sind hinsichtlich Strahlenguß, geschützter Lage, Nebelfreiheit, Niederschlagsverhältnissen den bekannten Schweizer Kurorten gleichwertig oder überlegen (Abb. 11).

Als stark reizendes Klima für den Tuberkulösen ist auch das Seeklima anzusehen. Auch hier sind die Erfahrungen besonders für die generalisierte und extrapulmonale Tuberkulose gut, besonders für Kinder. Bei der Lungentuberkulose ist Vorsicht bei fiebernden mit frischen Infiltraten und Blutungen versehenen Fällen nötig. Seebäder kommen für Tuberkulose nicht in Betracht. Besonders bewährt hat sich das Küstenklima als Vorbeugung für die tuberkulosegefährdeten Kinder.

Die frischen exsudativen Fälle haben die Neigung, auf jeden Reiz mit einer neuen Exsudation zu antworten. Auch die Nachschübe solcher Formen sind klinisch ebenso zu beurteilen. Diese Fälle verlangen milde Reize, sie antworten auf stärkere Einflüsse mit neuen Schüben. Für die progredienten Fälle der Tuberkulose, bei denen die Neigung zur Verkäsung stark ist, gilt dasselbe. Fälle mit eingeschränkter Atemfläche, schwachen Herz- und Kreislaufverhältnissen, schlechtem Blutbild, reizempfindlicher Konstitution vertragen das Hochgebirge schlecht. Hier kommt das Mittelgebirge mit seinen milden Reizen, seinem allgemein kräftigenden Einfluß auf den Körper als das gegebene Kurmilieu in Betracht. Wir finden diese milden Mittelgebirgsreize bis zu Höhen von 800 m. Hier besteht die Aussicht, daß die exsudativen Formen in die produktiven Formen umgebildet werden. Als bewährte Kurorte sind zu nennen: Lippspringe im Teutoburger Wald 145 m, Sülzhayn, Harz, 380 m, Obernigk, Schlesien, 200 m. Das sind Orte, die an der Grenze zum Tiefland stehen. Ausgesprochene Kurorte des Mittelgebirges sind St. Blasien, Schömberg, Todtmoos (Schwarzwald, 650—800 m), Görbersdorf, Schlesien, 560 m, Oberschreiberhau 500 m, Reiboldgrün, Erzgebirge, 700 m, Scheidegg im Allgäu 800 m, Beneckenstein im Harz 560 m, Hochzirl bei Innsbruck 860 m. Die höher gelegenen Kurorte des Mittelgebirges bieten bereits Verhältnisse, die sich den Einwirkungen des Hochgebirges nähern, so daß hier auch generalisierte Formen behandelt werden können. Größte Schonungslagen sind die feuchtwarmen Inseln des Südens (Madeira, Krim, bulgarische und rumänische Küste am Schwarzen Meer, spanische und süditalienische Küste). Schwerkranke können sich hier in der Tat manchmal noch lange Zeit halten über die Zeit hinaus, die ihnen im nördlichen Klima gegeben sein würde. Diese Klimlagen bringen zweifellos größte Schonung, jedoch keine Reaktion und keine Abhärtung, so daß die Kranken bei Rückkehr in die Breiten des mittleren und nördlichen Europas meist erheblich gefährdet sind. Dagegen eignet sich die Küste der Riviera für wärmebedürftige anämische Kranke vorübergehend sehr gut zur Hebung der Widerstandskraft. Das früher viel gebrauchte Wüstenklima ist höchstens bei profuser Bronchitis wegen seiner trockenen Wärme in Betracht zu ziehen, kann praktisch aber außer Betracht bleiben.

Bei allen Tuberkulosekranken ist die sogenannte Klimareaktion (s. S. 135) besonders zu beachten; diese verlangt eine überlegte Anpassung an die Gegebenheiten des betreffenden Ortes je nach Lage des Falles.

Katarrhalische Erkrankungen.

Für die nicht in das Gebiet der Tuberkulose gehörigen Erkrankungen der Luftwege spielen vor allem die *unspezifischen Katarrhe* volksgesundheitlich eine wichtige Rolle. Gerade dieses Gebiet ist aber für Bade- und Trinkkuren hervorragend zugänglich. Als Schädlichkeiten kommen konstitutionelle Momente und erworbene Zustände durch äußere Schädlichkeiten in Betracht, weniger bakterielle Einwirkungen (EWERS). Die allgemeine Empfindlichkeit und Reizbereitschaft, Mängel der allgemeinen Anlage und der speziellen Organbeschaffenheit sind den Einwirkungen der Bäder und des Klimas zugänglich, ebenso wie die lokalen Veränderungen der Schleimhaut.

Es kommt bei der Kurortbehandlung weniger auf die Krankheitsform (hypertrophische und atrophische Katarrhe) als auf den Zustand und die Krankheitsphase an. Akute, besonders fieberhafte Katarrhe scheidet aus. Eine den Zustand unterhaltende Grundkrankheit (Entzündung der Nasenmuschel usw.) muß, wenn nötig, vor der Kur operativ angegangen werden. Allerdings scheinen die Heilaussichten und der Einfluß auf die Heilung der Schleimhaut gerade im Kurort günstig zu sein (AMELUNG). Aber es wird nur selten so viel Zeit zur Verfügung stehen, um Operation, Nachbehandlung und Zustandsbehandlung im Kurort abzumachen.

Katarrhe, Asthma usw. kann man nur in besonders hierfür gearteten Bädern und Kurorten behandeln. Für die Anwendung der Wässer sind besondere Einrichtungen erforderlich (Inhalatorien, Gradierwerke, ferner pneumatische Kammern usw.). Katarrhe mit starker Sekretion (feuchte Katarrhe) haben in einem Trockenklima (Hochgebirge), trockene Katarrhe an der See, in der Gradierhausluft oder unter Hinzunahme stärkerer Inhalationen besonders Erfolg. Kinder zeigen unter dem Einfluß der Gradierhausluft vertiefte und verlangsamte Atmung; ähnliches scheint bei Erwachsenen einzutreten, wodurch in der Folge der Kreislauf günstig beeinflusst wird (KRONE).

Kochsalzwässer haben bei Inhalationen einen lokal günstigen, auch die Expectorations fördernden Einfluß; es entstehen reichlich feuchte Rasselgeräusche, die nach der Expectorations wieder verschwinden. Die Schleimhaut wird weniger reizbar. Bei Reizzuständen eignen sich vor allem hypotonische Wässer (hypertrophische Bronchitis). Bei atrophischen Zuständen kann man stärkere Sekretion erreichen, um Borken und Absonderungen zu reinigen, hier sind hypertonische Wässer besser. Die Inhalation geschieht in Form von Mund- und Naseneinatmung bei Raum- oder Einzelinhalation. Beigabe von Medikamenten ist namentlich am Anfang nicht selten von Vorteil, um stärkere Reizungen oder auch Beruhigung zu erzielen. Die Anwendungen müssen variabel sein, von Fall zu Fall, kein Schematismus. Neben den im Vordergrund stehenden Kochsalzwässern und Solen haben sich vor allem alkalische und Schwefelwässer bewährt. Alle diese Wässer haben charakteristische lokale Wirkungen (s. S. 159). Alkalischen Wässern kommt eine besondere Lösungskraft bei eitrigem und fibrinösen Absonderungen zu. Sie verdünnen stark das Sekret, zumal das entzündliche Sekret eine saure Reaktion hat (HESSÉ). Dadurch wird auch eine Schmerzlinderung herbeigeführt. Bicarbonate regen die lokale Zirkulation an. Dem Calcium in den Wässern kommt eine entquellende Wirkung zu.

Auch die Folgezustände der erwähnten Krankheiten (Emphysem, Bronchiektasien) eignen sich für Kurbehandlung, besonders das Emphysem. Der be-

gleitende Katarrh wird günstig beeinflusst. Behandlung in der pneumatischen Kammer (Niederdruck) ist wichtig. Druckbehandlung und Inhalation sind eine wertvolle Kombination. Begleitende Kreislaufschwäche bedarf gleichzeitig der Mitbehandlung; in vielen Katarrhbädern stehen CO₂-haltige Quellen hierfür zur Verfügung.

Mit diesen lokalen Angelegenheiten ist aber nur ein Teil der Kurbehandlung erschöpft. Bäder- und Klimakuren haben bei chronischen Katarrhkranken ihre besten und bleibenden Erfolge dadurch, daß eine kräftige Umstimmung und Totalgesundung des kranken Menschen erreicht wird wie durch keine andere Behandlung. Das ist der immer wieder überzeugende Eindruck solcher Kuren: Abhärtung, Steigerung der Abwehrfähigkeit und Anpassungsfähigkeit, bessere Wärmeregulation, Gefäß- und Schleimhauttraining, dazu eine Umwandlung der ganzen reaktiven Persönlichkeit sind die Grundlagen des Dauererfolges. Diese Wirkung kann von Bäder- und von Klimakuren ausgehen. Als Klimatalagen haben Eignung am meisten das Mittelgebirge wegen seines Schoncharakters sowie die Seeküste. Eine dosierte klimatische Kur ist Gebot, möglichst ein planmäßiges Freiluftleben (AMELUNG). Auch schlechte Wetterlagen sollen das Training nicht unterbrechen, höchstens extrem kalte Perioden. Man kann und soll bettlägerige Kranke ebenso wie frei bewegliche in dieser Richtung erziehen; bei letzteren kommt eine maßvolle Bewegungstherapie, vor allem Atemgymnastik und Sprechübungen in Betracht. Von großem Wert ist Unterstützung durch Bäder oder Hydrotherapie. Bei Heilwasserkuren unterstützt die Trinkkur durch eintretende Transmineralisation wesentlich und grundsätzlich den allgemeinen Effekt.

Asthma bronchiale und andere Allergosen.

Nach dem Wesen der Allergie ist es zu verstehen, daß gerade die eine wirksame Umstimmung des Organismus herbeiführenden Heilmethoden Erfolge in der Behandlung des *Asthma bronchiale* und verwandter Zustände aufzuweisen haben. Man hat hierbei vor allem zu beachten, daß ein großer Unterschied besteht, je nachdem es sich um einen reinen Zustand des Asthmas handelt, der noch nicht kompliziert ist, oder um einen solchen, bei dem die sekundären Veränderungen Bronchitis, Kreislauf, nervöse Verfassung ausgebildet sind.

Auch im letzteren Falle werden zur Behandlung sehr oft Bäder- und Kurorte aufgesucht. Die Resultate bei der Behandlung der bronchitischen und katarrhalischen Begleiterscheinungen, des nervösen Zustandes, der Kreislaufschwäche pflegen günstig zu sein, das Asthma kommt aber meist bei Rückkehr in den Wohnort zurück, namentlich wenn die Bedingungen, die den sekundären Erscheinungen Vorschub leisten, wieder ungünstig werden. Herz- und Kreislauferscheinungen führen in diesen Zuständen bereits ein selbständiges Dasein (EVERS) und bewirken Wiederkehr und Steigerung des Leidens. Die Resistenzerhöhung und Umstimmung durch die Behandlung im Kurort setzen sich hier oft nicht oder nicht lange genug durch.

Das Grundleiden des Asthmikers ist durch eine kräftig umstimmende Therapie mit großem Erfolg anzugehen. Namentlich kindliche und jugendliche Asthmiker, konstitutionelle Formen, Asthmiker ohne ausgeprägte Folgeerscheinungen haben beste Erfolge, und zwar scheinbar bei jeder Art von Therapie, wenn nur von vornherein durch Anwendung der Heilmittel und genügend lange Dauer eine planvolle und tiefgreifende Umstimmung des Organismus erreicht wird. Insofern bietet das kindliche Asthma besonders im Hochgebirge, aber auch durch Seekuren ideale Heilaussichten. Die Einwirkungen auf den Atemmechanismus, die größere Entfaltung der Lunge beim Kind und Jugendlichen (WOLFER) machen sich hier neben einer Tonusherabsetzung der Bronchialmuskulatur

latur und einer Beruhigung des nervösen Mechanismus geltend. Die günstigen Erfolge im Hochgebirge sind weniger gut, wenn ausgedehnte Katarrhe bestehen. An der See wirken Reinheit der Luft und gute Ventilation sowie wechselnder Klimareiz umstimmend. AMELUNG hat im Mittelgebirge beste Erfolge gesehen. Bäderbehandlung und -trinkkuren mit stark umstimmenden Wässern (GRUNOW) sind gleichfalls zu erwähnen.

Asthmatiker können also durch die verschiedensten natürlichen Heilmittel günstig beeinflußt, vielleicht geheilt werden. Dabei wirkt mit die Fernhaltung schädlicher Allergene, die Umstimmung des Gesamtorganismus, die Ausheilung der Begleitschäden, ausreichende Abhärtung, das Fehlen schädlicher Wetterlagen, die umstimmende Wirkung durch das Kontrastmilieu gegenüber dem Heimatort. Klimatisch ist die Meidung feuchter Lagen, Kammlagen, Luvlagen wichtig. Auch die Bodenbeschaffenheit scheint Einfluß zu haben; auf Kies- und Sandboden ist Asthma seltener als auf Moor und Lehm. Innerhalb eines Bezirkes können Unterschiede bestehen. Manche Ostseebäder haben einen günstigen Einfluß, der anderen fehlt (CURSCHMANN). Die Empfindlichkeit des Asthmatikers bringt es mit sich, daß zunächst starke Akklimatisationsbeschwerden auftreten können. Der Asthmatiker reagiert ausgesprochen meteorotrop, ist also wetter- und windempfindlich. Die erreichte Umstimmung macht sich bei manchen Asthmatikern auch in einem Rückgang der eosinophilen Zellen kennbar, was prognostisch günstig ist. Wenn möglich, soll der Asthmatiker, der in einem ungünstigen Klima wohnen und leben muß, einen Wohnsitzwechsel anstreben.

Die katarrhalischen Schäden werden nach den hierfür geltenden Gesichtspunkten behandelt. Viele Asthmatiker sind gegen Inhalationen empfindlich. Man gibt meistens Rauminhalation oder fängt die Einzelinhalation mit reizmildernden Medikamenten an (Bronchovydrin u. a.). Ein grundsätzlicher Unterschied der verschiedenen zur Inhalation benutzten Wässer, wie sie bei katarrhalischen Leiden üblich sind (s. o.), besteht nicht.

Viele Asthmakurorte haben eindrucksvolle Erfolge aufzuweisen. Auch unter dem Gesichtspunkt der Testprüfung kommt den speziellen Kurorten eine besondere Bedeutung zu (DIENER, SEELIGER). In einem Asthmakurort muß Gelegenheit für die Anwendung dieser Spezialmethoden sein. Hier ist auch die Anwendung zusätzlicher Therapie, die wichtig sein kann, gewährleistet (pneumatische Kammer, Atemgymnastik usw.). Methodische Atmungs- und Stimm-schulung gepaart mit individualpsychologischer Führung (SENG) sind für den Asthmatiker ungemein wichtig. Sie setzen eine in der Behandlung Nervöser besonders geschulte Erfahrung voraus. Bei vielen Asthmatikern spielen seelische Zusammenhänge für die Auslösung des Einzelanfalles eine große Rolle. Beachtung der Diät nicht nur wegen Ausschaltung der Nahrungsallergene ist wichtig. Die dem Asthma bronchiale verwandten Allergosen (Rhinitis und Bronchitis allergica) sind balneo-therapeutisch wie das Asthma zu beurteilen.

Eine wichtige Allergose, die für die Kurortbehandlung in Betracht kommt, ist das *Heufieber*. Hier kommt in erster Linie die Behandlung in solchen Orten in Betracht, die frei sind von den gefürchteten Pollenallergenen (Nordseeinseln, Hochgebirgslagen). Günstige Kuren werden aber nicht selten auch in anderen Lagen (Mittelgebirge, Seeküste) ausgeführt, selbst wenn diese nicht völlig allergenfrei sind. Die grundsätzliche Wirkung liegt auch hier auf dem Gebiet der allgemeinen Kräftigung und Umstimmung. Der Klimawechsel führt außerdem in vielen Fällen eine ausgesprochene Desensibilisierung herbei. Das Heufieber bietet interessante schwer erklärbare krankheitsgeographische Erscheinungen (PFLEIDERER). Während in Europa das Heufieber hauptsächlich in der Zeit von Mai bis Juli (Gräserblüte) auftritt, erfolgen in Nordamerika die Anfälle im Sep-

tember, vielleicht infolge des dann gehäuft auftretenden Reizes durch die Pollen spätblühender Pflanzen. Reisende Europäer erkranken indessen in Amerika in denselben Monaten wie in der Heimat. Das spricht für ein ausgesprochen konstitutionsbedingtes Moment und unterstreicht die Aussichten der Konstitutionsbehandlung in Bädern und Kurorten.

Die *Migräne* ist ein dankenswertes Objekt für klimatische Kuren (AMELUNG). Migränekranken sind ausgesprochen wetterempfindlich. Die Migräne ist eine typische meteorotrope Krankheit, ihre Anfälle sind stark von gewissen Wetterlagen abhängig, auch wenn man individuelle Verschiedenheiten berücksichtigt. Am meisten scheinen im Winter böige Lagen mit bevorstehendem Schneefall gefährlich zu sein. Klimakuren wirken sich nicht selten durch bessere Verarbeitung der klimatischen Reize günstig aus.

Wichtige Katarrh- und Asthmabäder: Baden bei Wien, Badenweiler, Ems, Gleichenberg, Kreuznach, Münster am Stein, Nenndorf, Reichenhall, Salzbrunn, Salzuflen, Soden-Allendorf. Gradierwerke sind vorhanden u. a. in Dürrenberg, Kissingen, Kreuznach, Oeynhausien, Reichenhall, Salzuflen, Sooden-Allendorf.

Thyreotoxikosen.

Landschaften, die durch Jodarmut in Boden, Wässern, Erdkrume, Luft, auch in den Garten- und Feldfrüchten (VON FELLEBERG, CAUER) ausgezeichnet sind, eignen sich erfahrungsgemäß für die Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen. Es sind dies zugleich die Gegenden, die durch das Vorkommen von Kropf und das völlige oder fast völlige Fehlen von Hyperthyrosen bei der einheimischen Bevölkerung ausgezeichnet sind. Diese Tatsache war empirisch bekannt, bevor der Nachweis gelang, daß die Jodarmut des klimatischen Milieus bei der Basedowbehandlung von Bedeutung ist. Als jodfreie Landschaften können vor allem die südlichen und westlichen Abhänge des Glatzer Berglandes (Kudowa, Reinerz) und das südliche Vorland der Tatra (Slowakei) gelten. Beim Basedow ist das Blutjod, und zwar dessen organischer Anteil erhöht (PARADE). Die Behandlung der Basedowkrankheit in jodfreiem Klima hat eine nachweisbare Regelung des Blutjodquotienten (relative Zahl des anorganischen zum organischen Blutjod) zur Folge. Hier liegt also eine spezifische Klimawirkung vor. Die Resultate der Behandlung sind überzeugend und es ist zu bedauern, daß zu wenig Gebrauch davon gemacht wird. Dementsprechend sind Jodquellen, die Luft in der Nähe von Gradierhäusern, wo jodhaltige Quellen verwendet werden, sowie Kuren an der Küste (erhöhter Jodgehalt der Luft) kontraindiziert.

Aber auch abgesehen von den jodfreien und jodarmen klimatischen Gegenden hat die Klimabehandlung der Schilddrüsenerkrankungen überhaupt Wert. Es liegt das vor allem an der beruhigenden Wirkung gewisser Klimalagen. Reizarme, ausgesprochene sogenannte schonklimatische Bezirke vor allem des Mittelgebirges und des Alpenvorlandes kommen in Betracht. AMELUNG hat gezeigt, daß die ausgleichende und beruhigende Wirkung dieser Klimalagen eine deutliche Senkung des Grundumsatzes, der Schweißausbrüche und der erhöhten Psychomotilität zur Folge hat. Diese allgemein beruhigende Klimawirkung, die für die Basedowiker so günstig ist, kommt natürlich auch in den speziell jodfreien Klimalagen zu der spezifischen Wirkung hinzu. So hat sich vor allem das mildwarme, windfreie, gleichmäßig sonnige Tatraklima in dieser Beziehung bewährt.

Der reizempfindliche Basedowiker soll auch bei der Klimabehandlung erregenden Reizen nicht ausgesetzt werden. Auch aus diesem Grunde ist die Küste (Brandung) nicht geeignet. Für das Hochgebirge kommt allerdings in Betracht, daß Höhenlagen den Thyroxingehalt des Blutes spontan senken. Außerdem hat

das Hochgebirgsklima eine Herabsetzung mancher Stoffwechselforgänge (die vielleicht auch den Grundumsatz betreffen) zur Folge. In der Tat zeigen manche Basedowiker eine auffallende Anpassung an das Hochgebirge, besonders was Tachykardie und Erregbarkeit anbelangt. Aber für die meisten Basedowiker ist das Hochgebirge wegen der Belastung für Kreislauf und Nervensystem weniger geeignet, so daß man als das ideale Behandlungsklima für die Schilddrüsenerkrankungen das bereits genannte mild schonende Mittelgebirgs- und niedrigere Alpenklima nennen muß. Es kommt viel darauf an, daß die klimatische Behandlung sich hier der richtigen Dosierung bedient. Schonung und Beruhigung ist die erste Forderung. Freiluftliegeschattenkuren haben sich besonders bewährt. Sonnenbäder können geradezu gefährlich wirken. Die Basedowiker mit ihrer immer warmen und feuchten Haut haben ein übertriebenes Abkühlungsbedürfnis, worauf man bei Klimakuren achten muß. Zuweilen läßt sich mit den wertvollen Klimakuren die Nutzung von Heilquellen in Trinkkuren und Bädern verbinden. Schwermetalle (Eisen, Arsen, Kupfer) beeinträchtigen die Wirkung des Thyroxins im Körper (HESSE), ebenso Calciumgaben. Man hat daher nach dem Gebrauch diesbezüglicher Quellen (Eugen-Quelle Kudowa, ferner Liebenstein, Liebenwerda, auch Calciumquellen) günstige Resultate festgestellt. Es handelt sich hier um ein Hilfsmittel, dessen Heranziehung bei einer geeigneten klimatischen Behandlung (Kudowa) unterstützend von Wert sein kann. Bei Bädern ist vor allem wiederum der Grundsatz des Vermeidens reizgebender Behandlungen voranzustellen. Heiße Bäder sind kontraindiziert, ebenso CO₂-Bäder. Die Kreislaufverhältnisse kann man, soweit es sich um die beruhigende Therapie handelt, vor allem durch die klimatische Behandlung sehr günstig beeinflussen. An Bädern leisten beruhigende Bäder, schwache Akratothermen, milde Solbäder, Süßwasserbäder mit Kalmuszusatz Gutes. Auch hier neigt der Basedowiker zu besonders kühlen Bädern, die nicht angezeigt sind (Gefäßwirkung). Nach BÜRGI kommt vor allem den Schwefelwässern eine günstige Wirkung zu. Gewichtssteigerung und Herabsetzung der Pulsfrequenz sind in der Schwefelbadebehandlung beobachtet; man kann Bade- und Trinkkuren geben; nur milde Wässer kommen auch hierbei in Betracht.

Die Kurortbehandlung des Basedowikers ist ohne eine geeignete ärztliche Führung illusorisch. Es kommt alles darauf an, daß der Arzt die lebhaften, leicht verstimmtten, oft ungeduldigen Kranken richtig führt und ihren Aufenthalt dadurch zu einem nützlichen macht. Bei den höhergradigen Fällen kommt man ohne Sanatoriumsbehandlung nicht aus. Erforderlich ist auch eine geeignete Diätetik. Gegen eine einseitig betonte vegetarische Kost und ebenso gegen eine stark forcierte Überernährung muß man Bedenken haben. Wichtig ist die Vitaminversorgung durch eine ausreichende Berücksichtigung der Pflanzenkost im ganzen Ernährungsplan.

Der Basedow ist eine sehr vielgestaltige Krankheit. Beim *Vollbasedow* mit der ausgesprochenen Trias Exophthalmus, Struma und Tachykardie, dazu gesteigertem Grundumsatz, Händezittern, Nervosität, Schwitzen, beschleunigtem Stuhlgang usw., sind nur die chronisch verlaufenden, weniger die progredienten Fälle für Klimakuren geeignet. Rechtzeitig und ausdauernd behandelt, kann aber manchen Basedowikern die Operation erspart bleiben; namentlich bei rasch fortschreitenden, erst vor kurzer Zeit entstandenen Fällen leistet die Klimabehandlung oft Gutes, besonders wenn der Milieuwechsel auch zum Wegfall der seelischen Erschütterungen, die ja oft Ursache des Basedow sind, führt. Es gibt nicht wenige operierte Basedowiker, die schließlich in einer ausreichenden und gründlichen klimatischen Kur endgültige Besserung und Genesung finden.

Bei den sogenannten *Hyperthyreosen* handelt es sich meistens um nicht ganz vollentwickelte Krankheitsbilder. Es fehlt das eine oder andere der drei Sym-

ptome der klassischen Trias. Gewichtsabnahme und Grundumsatzsteigerung pflegen vorhanden zu sein. Nervosität und Kreislauferscheinungen stehen meist im Vordergrund. In diesen Bereich gehören auch die sogenannten Jodhyperthyreosen, die vor allem bei älteren Leuten durch unvorsichtige und unkontrollierte Jodbehandlung entstehen. Ungeeignet für die klimatische Behandlung sind sowohl beim Vollbasedow wie bei den Hyperthyreosen die Fälle mit schweren Komplikationen, Herzinsuffizienz, Lebererkrankung, ausgesprochener Psychose, schwerster Gewichtsabnahme, mächtigem Kropf mit Trachealstenose und absoluter Arrhythmie. Sieht man von diesen Fällen ab, so wird man auch bei den Hyperthyreosen mit sehr günstigen Resultaten bei den klimatischen Kuren rechnen können.

Ganz ausgezeichnet bewähren sich die klimatischen Kuren, und zwar nicht nur im jodfreien Gebiet, sondern in den schonungsklimatischen Bezirken überhaupt bei den sogenannten *thyreotischen Konstitutionen*, das sind diejenigen Formen, die man auch als Basedowoid, *Formes frustes* oder *Vegetativlabile* bezeichnet (nervöse Gesamthaltung, Herzklopfen, feuchte Hände, Vorhandensein oder Andeutung eines typischen Basedowsymptoms, das aber auch fehlen kann).

Wichtig ist die ausreichende Zeitdauer der Kur. Mit Wochen ist nichts anzufangen, nur Monate, wenigstens zwei, kommen in Betracht. Unter diesen Voraussetzungen und der richtigen Auswahl des klimatischen Kurortes gehört bei geeigneter ärztlicher Führung die Klimatotherapie der Schilddrüsenerkrankungen zu den erfreulichsten und erfolgreichsten Gebieten der Therapie überhaupt.

Erkrankungen der Harnwege.

Bei der *Erkrankung der Nieren* fast aller Stadien verbieten sich Mineralwassertrinkkuren. Es kann sich höchstens um eine Erhöhung der Diurese nach abgeheilter akuter Nierenschädigung handeln, vorausgesetzt, daß die Wasserausscheidung gut funktioniert und keine Hypertonie besteht. Ähnliche Voraussetzungen können bei chronischer mild verlaufender Schrumpfniere vorliegen, angewandt dürfen aber dann nur mineralarme leichte CO₂-haltige Wässer werden, welche die Diurese steigern und die keinen größeren Mineralreichtum, insbesondere kein Kochsalz enthalten. Quellen dieser Art sind die Wernarzer Quelle in Brückenau, die Wässer von Charlottenbrunn, Ditzenbach, Überlingen. Wertvoll für die Erholung von Nierenkranken sind klimatische Kuren, wobei ein reizmildes Schonungsklima, möglichst trocken, in Betracht kommt, wie es an den Südhängen der mitteleuropäischen Gebirge im Frühjahr und späten Herbst vorhanden ist, auch bieten nicht wenige Mittelgebirgskurorte den ganzen Sommer solche Verhältnisse. Bevorzugt sind Gleichenberg, Ems, die Bäder der Wiener Thermenlinie. Ausgiebige Freiluft und Sonnenlage sind für solche Kranken vorteilhaft (BECHER). Die früher geübte Verschickung in extreme trockenwarme Klimalagen (Ägypten) hat man aufgegeben. Ein derartiges Klima nimmt besonders durch die Erhöhung der Wasserausscheidung durch die Haut der Niere zwar die Flüssigkeitsausscheidung ab, nicht aber die Ausscheidung der Schlacken, verlangt in letzter Beziehung sogar erhöhte Arbeit. Auch bei Ödembereitschaft ist weniger die Wasserausscheidung als die Kochsalzausscheidung maßgebend. Bäder können wegen der Hautanregung vorteilhaft sein. Milde CO₂-Bäder, Solbäder, Thermen kommen in Betracht. Wenig beachtet sind bisher (WEBER) die den Gefäßspasmus lösenden Eigenschaften stärkerer CO₂-Bäder, die bei der akuten Glomerulonephritis in Betracht gezogen werden können.

Für die Erkrankungen der *Harnwege* sind die balneologischen Mittel wichtiger, insbesondere bei der Behandlung der Steinbildung in Niere und Blase sowie bei den Katarrhen der Harnwege. Vorhandene Steine können durch Mineral-

wässer zwar nicht aufgelöst, kleine Steine jedoch und vor allem Konkreme und sandartige Bildungen bei stärkerer Durchspülung ausgeschwemmt werden. Es kommen daher hier zunächst die Wässer in Betracht, welche die Diurese steigern; außer den genannten vor allem die stark diuretisch wirkenden erdigen calciumreichen Quellen (Oeynhaus, Cannstatt, Elisabeth-Quelle in Homburg). Verdünnter Harn verhindert außerdem die *Steinbildung*, er verringert die Verweildauer des Harnes im Nierenbecken. Bei den Steinen selbst sind für Harnsäure- und Uratsteine alkalische Quellen angebracht. Man kann bekanntlich durch die Gabe solcher Wässer die Reaktion des Harnes weit in das Alkalische hinein verschieben, übermäßig darf aber nicht alkalisiert werden, wegen der Gefahr der Phosphatsteinbildung. Es können sich Phosphatschalen um Säuresteine bilden. Als Quellen kommen in Betracht Bilin, Fachingen, Preblau, Ems, Eisenkappel, Salzbrunn. Es ist nicht wichtig, die stärkste alkalische Quelle zu verwenden, da ja die Wassermenge bei der Prozedur eine Rolle spielt; vom schwachen Wasser muß mehr getrunken werden, was ein Vorteil ist. Man beachte die Alkalität der Wässer. Salzbrunn Oberbrunn 42,5, Neuenahr 26,5, Gleichenberg 58, Preblau 48, Fachingen 42. Die Harnreaktion ist für die zu verwendenden Wässer maßgebend. Bei Phosphatsteinen kommen säuernde Wässer in Betracht, denn im sauren Harn kann kein Phosphat ausgeschieden werden. Man bedient sich mit Vorliebe der erdigen Wässer, die in kleinen Dosen den Harn nach der sauren Seite verschieben, in großen nach der alkalischen (Georg-Viktor-Quelle in Wildungen, ferner Driburg, Reinerz, Marienbad). Übergangsformen zwischen erdigen und alkalischen Wässern (s. S. 28) sind hier wertvoll. Oxalate sind schwieriger zu erfassen. Wichtig ist, daß bei Calciumanreicherung im Darm durch das Trinken erdiger Quellen die Oxalsäure schon im Darm abgefangen wird, so daß sie nicht in die Niere gelangt (W. ZÖRKENDÖRFER), woraus sich der Wert calciumhaltiger Trinkwässer ergibt.

Bei *Blasenkatarrhen*, die nicht in einem akuten Stadium stehen, und Nierenbeckenreizung sind Trinkkuren mit erdigen Quellen bei neutralem und alkalischem Harn, mit alkalischen Quellen bei saurem Harn angezeigt. Die schleimlösende Wirkung alkalischer Wässer, die dichtende Wirkung erdiger Wässer ist bei diesen Katarrhen beachtlich. Reichliche Mengen sollen getrunken werden. Heiße Sitz- und Teilbäder sowie Packungen mit Moor und Schlamm sind empfehlenswert.

Bei Prostatahypertrophie sind Trinkkuren zur Vorbereitung der Operation (Verdünnung des Restharnes, Verhütung der Cystitis) empfehlenswert. Tuberkuloseverdächtige Erkrankungen der Harnwege sind vor allem klimatischen und Hochgebirgskuren zuzuführen. Nierenkranke sind kälte- und feuchtigkeitsempfindlich. Behagliche Klimalagen, Wärme, Trockenheit, systematische Feucht- und Warmbehandlung leisten Gutes. Die Erhaltung der Kraft des Kreislaufes eventuell durch milde Badekuren ist wichtig. Regelung der Diät, maßvolle Bewegung, Regulierung des Wasser- und Salzhaushaltes sind unentbehrlich.

Blutkrankheiten.

Die Beschaffenheit des Blutes steht in enger Korrelation zum Gesamtzustand des Körpers. Das Blutbild zeigt nicht nur autochthone Erkrankungen, es beteiligt sich leicht an allgemeinen und lokalen Krankheitszuständen, ebenso eng an Wiederherstellung und Genesung. Bei jugendlichen und kräftigen Menschen genügt gute Ernährung, Verschickung auf das Land in die Nähe der Stadt ohne medikamentöse oder balneologische Therapie, um ein geschädigtes Blutbild rasch wiederherzustellen. Auf diese Weise kann ein Hämoglobindefizit von 20% in 14 Tagen völlig ausgeglichen werden, was einem Ersatz von etwa 25 mg Fe pro Tag entspricht (LINTZEL). Das ist möglich, weil wir normalerweise in der

Nahrung ziemlich viel Eisen zuführen (Spinat, Kohl usw.), außerdem hat der Körper Eisendepots (Leber, Milz).

Das gesamte Blutbild wiederherstellende und neue Blutbildung anregende Wirkung haben in erster Linie Trinkkuren mit Eisen- und Arsenquellen sowie Höhenklimakuren. Eine allgemeine, die Gesamtgenesung fördernde und auch die Blutbildung anregende Wirkung kommt bei Kindern den Solbädern und Seebädern, den Badekuren mit leichten CO₂-Wässern, bei gynäkologischen Leiden den Moorbädern, den Arsentrinkkuren und den klimatischen Einwirkungen an der See und im Mittelgebirge zu (SCHÖGER).

Bei der erwähnten Leichtigkeit, mit der sich das Blutbild im allgemeinen regeneriert, darf man nicht so rasch bei der Hand sein mit der Annahme eines Dauererfolges. Dieser ist erst gesichert, wenn die erreichte Besserung bei Rückkehr in die heimatlichen Verhältnisse anhält. Bei Eisentrinkkuren geben wir im allgemeinen 1 Liter Eisenquelle pro Tag, das bedeutet eine Zufuhr von 20 bis 30 mg Fe. Die Resorbierbarkeit des Mineralquelleneisens und die Aktivität dieser Form ist gesichert. Eisenquellen werden nicht immer gut vertragen, namentlich bei Mangel der Magensäfte. Sulfathaltige Eisenquellen wirken der manchmal sich geltend machenden Obstipation vorteilhaft entgegen. Das bei vielen Eisenquellen vorhandene CO₂, das bei der Trinkkur stört, wird durch Umrühren oder Durchblasen beseitigt. Nüchterntrinkkuren sind weniger empfehlenswert als solche nach Nahrungsaufnahme. Die Diät muß eine mittlere vitaminreiche, nicht überlastete Kost sein. Frisches Obst soll nur zeitlich getrennt von den Trinkkuren genossen werden.

Höhenkuren wirken durch die verminderte Sauerstoffspannung auf die Regeneration von Blutfarbstoff und Erythrocyten; auch die Blutbildung (Aufreten von Jugendformen) wird angeregt. Es handelt sich hier um eine Anpassung an die Höhe (s. S. 138). Das Blutbild erleidet noch andere Beeinflussungen (Abnahme der Gerinnung, Zunahme der Blutplättchen, Erhöhung des Blutzucker- und Calciumspiegels und des Thyroxingehaltes). Klimakuren des Mittelgebirges wirken ähnlich, jedoch nicht so intensiv. Besonders günstig ist die Verbindung geeigneter Klimakuren mit Trinkkuren in günstig gelegenen Kurorten (Karlsbrunn, Flinsberg). Auch die Klimafaktoren bedürfen hierbei der Dosierung; Liege- und Sonnenkuren, Gymnastik, Wanderungen, alles maßvoll, aber konsequent, helfen sehr gut mit. Bei Jugendlichen und Kindern ist besonders das Seeklima bewährt, hier macht sich die allgemeine dynamische und Stoffwechselwirkung besonders geltend. Mit einer guten Reaktionslage ausgestattete Patienten reagieren auf den Reiz des Seeklimas besonders intensiv in der Form der Blutregeneration.

Alle sekundären Anämien, besonders auch die Erschöpfungsanämien nach schweren Erkrankungen, Infektionskrankheiten, Tropenkrankheiten sind dankbare Objekte für die Balneo- und Klimatherapie; bei der perniziösen Anämie können Eisen-, Arsen- und Klimakuren in leberrefraktären Fällen wertvoll sein, auch kann man bei lang sich hinziehenden Behandlungen durch Kuren eine erhöhte Aufnahmefähigkeit des Körpers für die Leberpräparate erwirken. Die Chlorose hat heute kaum noch praktische Bedeutung, nachdem sie ja gerade durch die stärkere Heranbringung der Jugend an Luft und Sonne zum Verschwinden gebracht worden ist. Die Leukocytosen sind balneologisch und klimatotherapeutisch nicht zugänglich, höchstens, daß man Remissionen durch Klimakuren (Höhenlage, STÄUBLI) erreicht.

Hochgradige Anämien gehen vielfach mit einer Pulsbeschleunigung einher und zeigen ein empfindliches Myokard. Sie sind daher, da Höhenlagen an Atmung und Kreislauf Anforderungen stellen, für diese nicht geeignet.

Kurorte mit Eisenquellen zu Trinkkuren sind zahlreich, wertvoll ist eine günstige klimatische Lage: Flinsberg, Karlsbrunn (900 m), Schwalbach, Elster, Pyrmont, Steben, Liebenstein, Marienbad; europäisches Ausland: Schuls-Tarasp (Schweiz) 1250 m, Antenit (Frankreich), Ronneby (Schweden), Bardejov (Slowakei). Arsentrinkkuren: Kudowa, Liebenstein, Dürkheim. Ausland: Val Sinestra (Schweiz), 1470 m La Bourboule (Frankreich), Levico, Vetricolo, Roncegno.

Hauterkrankungen.

Die Erkrankungen der Haut sind nicht nur eine Angelegenheit des Hautorgans, sondern meist auch Ausdruck einer Allgemeinerkrankung, vor allem bei der konstitutionellen Schwäche, bei Diabetes, beim Rheuma. Die Frage der Umstimmung durch die Balneotherapie gewinnt daher in vielen Situationen Bedeutung. Für die spezielle Behandlung der Hautkranken durch Bäder haben sich führende Dermatologen (HOFFMANN) ausgesprochen. Trotzdem hat sich dieser Behandlungsweg bisher wenig durchgesetzt. Die Haut ist von Bädern und Klima besonders gut erreichbar, sie ist ja das Organ, das für diese Behandlungsmethode durchweg die Eingangspforte darstellt.

Natürlich sind gerade auf diesem Gebiet die Kontraindikationen wichtig. Frische und reizbare Fälle aller Zustände, namentlich beim Ekzem, bei der Psoriasis und anderen Erkrankungen gehören nicht hierher. Schon das gewöhnliche Wasser ist für viele dieser Zustände kontraindiziert, wohl aber sind besonders chronische Fälle verschiedenster Genese, auch rezidivierende Formen akuter Krankheitszustände für Bäder-, Trink- und Klimakuren sehr geeignet. Von den allgemeinen Maßnahmen sind die durchspülenden Kuren mit einfachen CO₂-haltigen Wässern, die abführenden Kuren mit Glaubersalz- und Bittersalzwässern, ferner gegebenenfalls die roborierenden Maßnahmen verschiedenster Art, Solbäder, leichte CO₂-Bäder, Schonungsklimakuren, Seeaufenthalt anwendbar.

In der speziellen Therapie sind beim Ekzem die Fälle, die auf Anomalien des Stoffwechsels, der endokrinen Verhältnisse, des Nervensystems beziehbar sind, dankbare Objekte (Behandlung des Grundleidens und allgemeine Maßnahmen). Als Bäder können hier Schwefelbäder in Betracht kommen. Auf die äußeren Schichten der Epidermis verursachen Schwefelwässer eine Keratolyse. Es erfolgt fast stets eine starke Haut- und Allgemeinreaktion. Morphologisch ist die Veränderung des Capillarbildes bei Ekzemen durch Schwefelwasserbehandlung nachgewiesen, Verbesserung der Capillaren, normale Gestaltung derselben, bessere Füllung, Entstehung neuer Capillaren. So wird die Grundlage für örtliche Heilvorgänge geschaffen, dazu scheinen Stoffwechselwirkungen zu kommen sowohl in der Haut wie solche allgemeinen Charakters. Bei genügend langer Dauer sind ermutigende Erfolge vorhanden. Bei der Psoriasis sind, sofern nicht ein akut-eritativer Zustand vorliegt, Schwefelbäder, und zwar in diesem Falle vor allem die kalten, nicht die Thermen, brauchbar (Eilsen, Sebastiansweiler), namentlich die kleine fleckige Form der Psoriasis zeigt oft weitgehende Remissionen. Allgemein ist in der Dermatologie für die Nutzung der Schwefelwässer wichtig, daß die starken S-haltigen Wässer reizgebend, die schwachen, auch die milden Thermen, wie Schallerbach, ferner die wenig S-haltigen, Warmbrunn, Landeck, sedativ und speziell auf den Hautprozeß beruhigend wirken.

Auch alkalische Bäder werden bei Ekzem und Psoriasis verwendet, sie haben auf die Haut eine erweichende, reinigende, entfettende und reizmildernde Wirkung.

Beim Lichen ruber sind Arsenwässer innerlich bewährt; namentlich Fälle, welche die erforderlich hohen As-Dosen nicht vertragen, kann man durch eine

As-Trinkkur (Dürkheim) wegen der besseren Dosierbarkeit und besseren Verträglichkeit des balneologisch zugeführten As an dieses gewöhnen, auf diesem Wege hohe Dosen erreichen und schließlich auch zu Arzneigaben und längerem Gebrauch hoher Dosen bringen. Es scheint auch, daß die milde und gut assimilierbare As-Wirkung auf dem Wege der Trinkkur für die Lichenbehandlung selbst günstig ist.

Einige Erfolge sind ferner bei der Behandlung der Rosacea besonders durch klimatische Behandlung in milden Klimatalagen (Mittelgebirge) erzielt worden. Auch die Psoriasis ist (HOFFMANN) ausgesprochenermaßen klimatischer Einwirkung zugänglich. Bei der Urticaria ist die Grundlage der vegetativ nervösen Belastung zu beachten. Es handelt sich um namentlich im Hautorgan besonders empfindliche und labile Menschen. Starke Klimawirkungen (Sonne, Kälte) sind hier oft ungünstig, auch hier bewährt sich das milde Behaglichkeitsklima der See- oder Waldlandschaft, insubrisches Klima usw. Sind, wie oft, Stoffwechsel- oder Magendarmanomalien vorhanden, so wirken Trinkkuren mit geeigneten Wässern (Glauber- und Bittersalz bei chronischer Obstipation, Gips- und S-Wässer bei Diabetes). Die Furunkulose ist eine Domäne der Schwefelwässer (KOLEPKÉ). Kochsalzwässer sind auch hier zu vermeiden.

Im allgemeinen soll man Salben- und innere Behandlung mit den Badekuren bei Hautleiden nicht kombinieren. Bei der Psoriasis hat sich nach WINCKLER bewährt, daß man nach einer anfänglichen kurzen energischen Schälalbenbehandlung eine längere Bäderreihe anfügt. Bei der Syphilis ist die kombinierte Behandlung als erfolgreich erprobt (zur Zeit der Quecksilber- und Wismutbehandlung). HOFFMANN sagte, die Wirksamkeit der Kuren der Badeärzte ist den klinischen überlegen. Das beruhte darauf, daß die Schwefelbäder eine ausgesprochen entgiftende Wirkung auf das Hg ausüben, ohne daß offenbar der therapeutische Effekt verringert wird. Ähnlich scheint die Mitwirkung der S-Bäder bei der Wismutbehandlung zu sein. Auch Sole eignet sich wegen ihrer allgemein tonisierenden Wirkung zur Förderung des Allgemeinzustandes auch im Rahmen der Dermatologie. Jodquellen sind bei kongenitaler Lues und bei Spätformen gebraucht (Aachen, Tölz, Darkau). Manche in der Dermatologie geübten anstrengenden Kuren machen Bade- oder Klimakuren im Anschluß an die Behandlung angezeigt. Bei den tuberkulösen Erscheinungen ist die Klimatherapie zur besonderen Bedeutung gekommen (s. Kapitel Tuberkulose).

Nervenkrankheiten.

Im Bereich der Erkrankungen des Nervensystems haben Bäder- und Klimakuren eine vielseitige Bedeutung. Die sogenannten Nervösen, also die *Erschöpfungszustände des Nervensystems*, die *Neurosen*, die Zustände der Neurasthenie, die Organneurosen, suchen auch ohne ärztliche Beratung Kurorte und Bäder zu ihrer Erholung gewohnheitsmäßig auf. Aber auch viele der Kranken, die wir wegen ihrer körperlichen Leiden in Bäder schicken, sind von der Grundkrankheit her mit nervösen Störungen behaftet (Kreislaufstörungen, Neuralgien, Parästhesien bei Magen- und Darmkranken, Unruhezustände bei Plethora und Meteorismus, Begleiterscheinungen von Diabetes, Gicht, Fettsucht). In allen diesen Zuständen pflegt den milden Kuren eine Besserung der genannten Zustände zu folgen. Bei den klimatischen Kuren, die hier an erster Stelle stehen, ist das Mittelgebirge mit seinem Mangel an schroffen Einwirkungen dem Hochgebirge und der See überlegen. Gerade hier erlauben die klimatischen Verhältnisse es, den Kranken einer ausgedehnten Freiluftbehandlung zuzuführen, ihn also den klimatischen Einwirkungen auszusetzen. Die Lüftung des Städtlers, das Luftbaden, geregelte Freiluftliegekuren, planmäßige langsam eingeleitete

Sonnenbehandlung, vorsichtig dosierter Sport, Wandern, Freiluftgymnastik wirken zusammen entspannend und sind ihrerseits wieder Vermittler für die Einwirkung klimatischer Reize. Den mannigfachen Beschwerden der Nervösen, Schlafstörung, Reizbarkeit, Gefäßspasmen und den im Bereich der Organe ablaufenden Neurosen wird hier vor allem durch eine systematische Kombination von Ruhekur und Freiluftbehandlung (AMELUNG) bestens gedient. Hochgebirge und See sind vor allem für die robusten jugendlichen Erschöpften und Nervösen brauchbar, verlangen aber einen höheren Grad der Reizverarbeitung. Auch die milden Bäderekuren mit Solbädern, milden Thermen, milden CO₂-haltigen Eisenbädern sind zusammen mit ausreichender Klimawirkung für die Behandlung der nervösen Zustände von Bedeutung.

Die Grundlage der Wirksamkeit bei den nervösen Kuren liegt zum Teil in einer *Verschiebung der vegetativen Funktionslage*, wofür die Anwendung verschiedener Badeformen, Strahleneinwirkungen, Mineralisationsvorgänge bei Trinkkuren in Betracht kommen. Namentlich bei den sogenannten vegetativen Neurosen, den vegetativ Stigmatisierten, den Zuständen der vagotonen Stoffwechsellage, im Klimakterium usw. spielt das eine Rolle.

Für die nervösen Zustände muß an das *Rhythmusproblem* (s. S. 140) erinnert werden. Die Bedeutung einer gesunden Rhythmik für das nervöse Leben ist unbestritten. Nicht wenige krankhafte Erscheinungen, so Schlafstörung, Kreislaufrhythmen, Schwindelerscheinungen, Durchbrechung der Rhythmik unserer drüsigen Organe hängen mit der gestörten Periodik unseres vegetativen Lebens zusammen. Die Verschickung des Menschen in die Kur- und Badeorte bringt den Menschen in die Nähe der Natur und gibt die Möglichkeit, namentlich angesichts der pausenlosen Hast der täglichen modernen Arbeit, ihn wieder in Verbindung mit dem natürlichen Rhythmus zu bringen. Klimatische Einwirkungen, die ja an den Sonnentag gebunden sind, das regelmäßige wiederholte Angebot der Trinkkur, die geregelte Tageseinteilung des Kurgastes, die systematische Periodik von Essen und Trinken, Bewegung und Ruhe, dann auch die Bewegungstherapie selbst mit einer rhythmischen Gymnastik sind geeignet, wieder eine gesunde Periodik in das Leben des Städters zu bringen. Insbesondere dienen aber diese Einwirkungen dazu, die nervösen Spannungen zu lösen und die Disharmonien zwischen der vitalen Persönlichkeit und der geistgebundenen emanzipierten Person des modernen Lebens einigermmaßen auszugleichen.

Die Wirkungen der Bäder- und Klimakuren reichen bis an die Grenze der *psychischen Störungen*. Es wird immer wieder versucht, ausgesprochen Geistesranke in Kurorte einzuschmuggeln. Hier ist natürlich auf eine tragbare Grenze zu achten. Länger dauernde, mild verlaufende Psychosen, leichtere Depressionszustände, so besonders bei Klimakterischen, manche Formen der *Dementia praecox* eignen sich durchaus für den Aufenthalt in Kurorten, bedürfen allerdings vielfach (Suicidverdacht) einer dauernden Begleitung. Der Wechsel des Milieus, die klimatischen Einflüsse, milde, nicht reizende Bäder, Verbesserung des Schlafes machen sich günstig geltend. Bei Depressiven ist eine gewisse Freiheit des Landschaftsbildes erforderlich. Enge Täler pflegen die Bedrückung zu erhöhen. Auch in diesen Zuständen ist das Mittelgebirge zu bevorzugen. Als Bäder kommen nur leichte Solbäder, milde Thermen in Betracht. Die Sanatoriumsbehandlung in Bädern und Kurorten gestattet hier natürlich eine sehr viel weitere Indikationsstellung. Für schwer erziehbare Kinder ist der Aufenthalt in Kinderheimen, vorausgesetzt bestes Erziehungsmilieu, nicht selten von besonderem Erfolg.

Bei vielen körperlichen Krankheiten bedeutet die durch Klima- und Bäderwirkung herbeigeführte Besserung des nervösen Zustandes schon einen wesent-

lichen Teil des Erfolges. Natürlich entscheidet für die Behandlung nervöser Störungen bei Herzkranken, Stoffwechselkranken usw. nur die Grundkrankheit für die Indikationsstellung des zu wählenden Bade- und Kurortes.

Bei den Erkrankungen des peripheren Nervensystems steht an erster Stelle die Behandlung der *Neuralgie* (VONTZ). Die am meisten typische und häufigste Form derselben, die Ischias, ist eine Domäne der Therapie. Ihre Differentialdiagnose gegenüber Erkrankungen der Wirbelsäule und des Beckens, statische Störungen, zentrale und psychische Erkrankungen, Muskelleiden muß gesichert sein. Bei frischen schmerzhaften Zuständen und häufig wiederholten Anfällen sind Solbäder, milde Schwefelbäder, Akratothermen anzuwenden (EVERS). Subchronische und hartnäckige eingewurzelte Fälle werden mit akratischen Thermen, Radiumbädern, Moor- und Schlammanwendungen, Schwefelthermen, Kochsalzthermen behandelt. Eine intensive Behandlung, die notwendig ist, löst nicht selten, namentlich im Anfang, einen neuen Anfall aus, was jedoch die Durchführung der Kur nicht behindert. Ausreichende Ruhe und Wärme nach den Bädern ist von Wichtigkeit. Bewegungsbehandlung setzt schon einen gewissen Erfolg der Badebehandlung voraus. Die passive und aktive Bewegungshandlung ist jedoch ein unerläßlicher Teil der Kurortbehandlung dieser Krankheit. Für die sonstigen Neuralgien, wichtig vor allem im Bereich von Hals und Schultern, gelten die gleichen Gesichtspunkte. Auf dem Gebiet der Trigeminusneuralgie haben sich Radiumkuren bewährt.

Bei Neuritis und Polineuritis können in der Schmerzperiode nur milde Mittel, Solbäder, leichte Schwefelthermen angewandt werden. In der späteren Periode leisten die genannten Mittel und vor allem akratische Thermen, Radiumbäder Gutes.

Bei den spinalen Erkrankungen spielen die Bäder vor allem bei zwei Zuständen eine wichtige Rolle. Bei der *Tabes* erweisen sich die störenden und quälenden Begleiterscheinungen der Krankheit der Balneotherapie mit Solbädern, Akratothermen, Schwefelbädern zugänglich. Vermeidung schroffer Reize, gleichmäßige Wärme, vor allem auch in klimatischer Beziehung, vorsichtige Dosierung sind erforderlich.

Als Behandlungsmethode von größter Bedeutung hat sich die Bädetherapie zusammen mit methodischer Massage und Übungsbehandlung erwiesen bei der Behandlung der Residuen nach *Poliomyelitis*; es sind hier (SELLNER, DYBOWSKI) in einer methodischen Behandlung bedeutende Erfolge erzielt worden. Von größter Bedeutung ist der frühzeitige Beginn der Behandlung bald nach Abklingen der akuten Erkrankung, nachdem der Umfang der zunächst bleibenden Lähmung deutlich erkennbar ist. Von der Kombination der systematisch ausgearbeiteten Massage und Unterwasserübungsbehandlung mit einer geeigneten akratischen oder schwach mineralisierten Therme (Johannisbad, Sudeten) hängt der ganze Erfolg ab. Die Behandlung muß in größeren Badebassins bei längerem Aufenthalt und längerer Durchführung der Unterwasserbehandlung erfolgen. Auch Spätfälle über zwei Jahre erweisen sich noch erfolgreich. Die Behandlung führt zu weitgehender Restitution ursprünglich unbeweglich gewordener Muskelpartien.

Bei den übrigen Lähmungszuständen erfordern vor allem die Restzustände bei Schlaganfall eine Kurortbehandlung, insbesondere für die Überwindung der trophischen Störungen. Bei zentralen Lähmungen hat sich die Bäderbehandlung als brauchbar gezeigt. Bei eingreifender Arzneibehandlung (Quecksilber, Wismut) erwiesen sich gleichzeitige Badekuren günstig, weil sie die Verträglichkeit der angewandten Mittel erhöhen und, ohne den Effekt der Mittel herabzusetzen, entgiftend wirken. Das gilt vor allem für die Schwefelbäder. Auch in der Zwischen-

zeit zwischen angreifenden Arzneikuren (z. B. Salvarsan) sind Kuren mit Kochsalzbädern, Wildbädern bewährt.

Bei manchen Erkrankungen des Nervensystems haben Jodbäder (Gefäßschäden) Bedeutung.

Chirurgische Erkrankungen, Wundheilung.

Die Bedeutung der Bäder- und Lichttherapie für die Behandlung chirurgischer Leiden, besonders für die *Nachbehandlung bei Verletzungen, Frakturen, Gelenkerkrankungen*, für die Wundbehandlung ist längst noch nicht in ihrer Bedeutung erkannt und gewürdigt. Sie wird viel zu wenig geübt. Die Biologie der Heilquellen sowie die Strahlenwirkung zeigen deutlich, welcher Einfluß von den genannten Faktoren auf das Leben der Zellen ausgeht. Diese Zusammenhänge werden zunächst bei der *Wundheilung* wirksam. Akrotische Thermen, auch leichte CO₂-haltige Wässer haben günstigen Einfluß auf die Wundheilung (Überrieselung im körperwarmen Bade). In Betracht kommen Bäder wie Gastein, Teplitz-Schönau, Wildbad, auch solche mit leichtem Schwefelgehalt (Warmbrunn, Budapest). Wertvoll für die Wundbehandlung sind aber vor allem die kohlen-sauren Gasbäder (COBET, PARADE, ARNOLD). Die CO₂ in hoher Konzentration behindert das Wachstum der Eiterbakterien, außerdem wirkt sie sehr stark kapillarisiert. Der Vorgang, der bei den CO₂-Wässern in der Kreislaufbehandlung wirksam wird, hat lokal für Wundflächen größte Bedeutung. Es werden dabei wichtige der Wundheilung dienende Belange angefaßt und unterhalten. Die Methode ist anwendbar bei allen, namentlich großen Wundflächen, auch beim Decubitus, bei Verbrennung. Bei Unterschenkelgeschwüren muß eine Bandagenbehandlung, welche die Bekämpfung der Blutstase sichert, damit verbunden sein. Auch bei fistelnden Wunden, in welche man das Gas durch Röhren einleiten kann, sind Erfolge erzielt. Eine Erwärmung der CO₂ oder Anwendung unter hohem Druck ist nicht erforderlich. Die Anwendungszeit kann eine halbe Stunde täglich betragen. CO₂-Gasbäder sind vorhanden in Franzensbad, Karlsbad, Kudowa, Meinberg, Marienbad und Nauheim.

Eine besonders große Aufgabe obliegt den Bädern bei der Nachbehandlung von Verletzungen und Störungen des Bewegungsapparates, wenn die chirurgische oder orthopädische Behandlung ganz oder wesentlich abgeschlossen ist. Die starke Tragkraft der hohen Sole erleichtert die Bewegung und damit die Übungsbehandlung unter Wasser. Dieser Teil der Balneologie bedarf noch sehr der Bearbeitung und Ausnutzung. Für die Behandlung der Stumpfbeschwerden nach Extremitätenverlust und die dabei oft auftretenden großen Schmerzen sind Solbäder ein einzigartiges Hilfsmittel. Die Kreislaufbeschwerden, die sich in der weiteren Folge hauptsächlich bei Verlust eines ganzen Beines einstellen, sind dankbare Objekte für CO₂-Badebehandlung. Die Balneotherapie kann ferner die chirurgischen Leistungen unterstützen bei der *Vor- und Nachbehandlung der Basedowiker*, die für Operationen in Betracht kommen oder solcher unterzogen worden sind. Die *Trinkkurbehandlung nach Magenoperationen* mit alkalischen Wässern ist bedeutungsvoll für die Verhinderung eines peptischen Duodenalgeschwürs. Die Lichtbehandlung (Heliotherapie) ist vor allem in der *chirurgischen Tuberkulose* zu größter Bedeutung gelangt. Moor- und Schlammbehandlung und Behandlung in Schwefelthermen kommt für Gelenkerkrankungen und Gelenkversteifungen besonders bei den an Verletzungen sich anschließenden Zuständen von Arthritis in Betracht, z. B. bei der Arthritis deformans, die sich bei alten Leuten an Schenkelhalsbruch anschließt, sowie bei den Arthritiden im Gefolge der habituellen Hüftgelenkluxation.

II. Gesundheitliche Betreuung der Bäder und Kurorte.

Allgemeine Hygiene.

Der Kranke und Erholungsuchende soll in Bädern und Kurorten nicht nur die Segnungen der heilkräftigen Quellen, des Heilklimas, der schönen Landschaft genießen, er muß dort auch ein hygienisch möglichst vollkommen gestaltetes Ortsmilieu vorfinden (PFANNENSTIEL, DARANYI). Die allgemeinen Anforderungen an Bäder und Kurorte sind zunächst diejenigen der *Ortshygiene* überhaupt. Sie gehen aber in manchen Punkten darüber hinaus. Der in einem Kurort tätige Arzt muß diesen Dingen dauernd sein Interesse und seine Aufmerksamkeit zuwenden.

In Bädern und Kurorten strömen Kranke und Erholungsbedürftige zeitweilig in großer Zahl zusammen. Zur Bedienung der Kurgäste sind in Kurheimen, Sanatorien, Hotels, Geschäften zahlreiche Personen erforderlich. Schön gelegene Orte, auch Heilbäder, die nicht allzuweit von großen Städten oder Industrievierteln entfernt sind, werden für den Wochenendverkehr zunehmend in Anspruch genommen. Hier erwachsen dann im letzteren Falle aus dem sogenannten Stoßbetrieb besondere Aufgaben.

Zunächst müssen die *Kurmittel* (Heilquellen) und die für ihren Gebrauch dienenden technischen Einrichtungen einer dauernden hygienischen Kontrolle unterliegen; es sind dies Badehäuser, Trinkhallen, Inhalatorien, Abfüllbetriebe für den Flaschenversand einschließlich der Spülvorrichtungen für die Flaschen, Wäschereien usw. Besondere Anforderungen stellt in dieser Beziehung die Verwendung des Meerwassers zu den neuerdings üblich gewordenen Trinkkuren (s. S. 27). Die Nutz- und Gebrauchswasserfrage ist für alle Kur- und Badeorte besonders wichtig. Wasser muß reichlich vorhanden sein (Straßenreinigung, Springbrunnen der Parks usw.).

Das *Personal* sollte ständig überwacht werden (Bacillenträger, Tuberkulose, Geschlechtskrankheiten), zumal ein Teil des Personals mit den Kranken in enge Berührung kommt (Masseur, Badebedienung), andere die Verpflegung, die Gebrauchsgegenstände beim Baden (Wäsche), Gebrauchseinrichtungen in den Kurmittelhäusern (Mundstücke der Inhalationsapparate, Spülvorrichtungen für innere Organe) besorgen. Die Anforderungen für das Küchenpersonal müssen hier besonders hochgestellt werden. Die Freihaltung der Bade- und Kurorte von ansteckungsfähigen Tuberkulosekranken ist enorm wichtig, am meisten werden hiervon die Inhalatorien betroffen. Man sollte die Benutzung der Inhalatorien grundsätzlich nur solchen Kranken gestatten, die sich ärztlich darüber ausweisen können, daß sie nicht an ansteckungsfähiger Tuberkulose leiden. Die besonderen Erfordernisse der Tuberkulosekurorte werden hier nicht besprochen.

Die Einrichtungen des *Kurortklimadienstes* beim Reichsamt für Wetterdienst überziehen allmählich die gesamten Bäder- und Kurorte des deutschen Raumes mit einem Netz von Beobachtungsstationen und die Beobachtungen verarbeitenden Zentralstellen. Es ist also nicht nur ein ausreichender Wetterdienst gewährleistet, sondern es wachsen auch Unterlagen heran für eine eingehende Beurteilung der Klimalage der einzelnen Bäder und Kurorte, die sich nach und nach auch auf die mikroklimatischen Fragen des Ortes selbst ausdehnen. Letztere sind für die *Bebauungspläne* des ganzen Ortes, die Anlage von Erholungs- und Sportplätzen, Freibädern, Promenaden, Sanatorien von Wichtigkeit. Dabei verdient das Pflanzenbild besondere Beachtung. Oberstes Gesetz muß die Erhaltung der ortsbedingten Pflanzendecke sein, soweit nicht die Forderung nach Luft und Licht andere Gesetze vorschreibt. Parks und Anlagen, Heranziehen des Waldes durch verbindende Gehölzstrecken, Pflege des nahen Waldes sind erforderlich; an der

See und im Hochgebirge liegen besondere Verhältnisse vor. Die Straßenrichtung, die Entfernung der Häuser voneinander, die Bauart des einzelnen Kurheimes nach Fenstergröße, Balkone, Kurgärten müssen dem Kurgast den Genuß aller Naturgegebenheiten vermitteln helfen.

Die *Mückenplage*, falls vorhanden, bedarf großer Beachtung (Trockenlegung stagnierender Wasserflächen). Die *Lärmfrage* wird durch den wachsenden Motorverkehr eine lebenswichtige Angelegenheit namentlich für solche Bäder und Kurorte, die Schwerkranke beherbergen. Es muß erstrebt werden, hier die zeitgebundenen modernen Anforderungen mit denen zu vereinen, die das Wohl und die Genesung der Kranken erfordert.

Die Fragen der hygienischen Betreuung müssen sich auch auf die nächste Umgebung des Kranken, Anlage und Einrichtung der *Wohnräume* erstrecken. Einfachheit, Sauberkeit, Behaglichkeit, freier Zugang von Luft und Licht müssen maßgebend sein. Das Bett sei behaglich, muß aber Anpassung an die verschiedenen Außentemperaturen des Klimas gewährleisten. Gebrauchssachen aus Stoff, Überzüge, Bettvorleger müssen waschbar sein. Der sauberste Ort im Kurheim sei die Toilette.

Ernährung und Diät.

Eine fundamental wichtige Frage für Bäder und Kurorte ist die *Ernährung* (WESKOTT, RONGÉ). Zunächst muß für die Heranschaffung der nötigen Garten- und Feldgewächse gesorgt werden, was in manchen Orten (See, Hochgebirge) gar nicht einfach ist. Der Sicherung des jahreszeitlich gebundenen Ernährungswechsels, der gegendenweise verschieden ist, soll man Aufmerksamkeit zuwenden.

Bei der Küchenhygiene sind besondere Speiseformen zu beachten, die erfahrungsgemäß leicht Nährböden für die Infektionsträger werden: manche cremartigen Speisen, Eissorten, Haschees, Kartoffelsalat. Von allen Betrieben eines Bades und Kurortes, die sich der Ernährung von Gästen annehmen, muß man verlangen, daß sie sich grundsätzlich die Anforderungen der modernen hygienischen Ernährung überhaupt zu eigen machen, weniger Fleisch und Fett, mehr Fisch, Vollkornbrot, Gemüse, Obst, Milch. Nicht Fett, Eiweiß und Kohlehydrate allein, sondern auch genügend Vitamine und Mineralstoffe. Die Sachlage ist insofern günstig, als die letzteren durch eine sachgemäß geleitete Trinkkur fast überall neben der sonstigen Therapie genügend zugeführt werden können.

Die *Diätansprüche* eines Kurortes stehen im Rahmen seiner Heilanzeigen fest. Es handelt sich darum, daß in einem Kurort für Magen- und Darmkranke, für Nierenkranke, nicht nur für die Sanatoriumpatienten Diätkuren ausgeführt werden, sondern daß die gesamte Verpflegung auch in den Gaststätten, Hotels, Kurheimen den Aufgaben des Kurortes Rechnung trägt, daß also für jeden dort befindlichen Kranken eine Kurdiät erreichbar und zugänglich ist durch die Ausgabe besonderer Diätspesen und Diätmenüs, die nicht neben und hinter, sondern vor den allgemeinen Speisen für Gesunde auf den Speisekarten angeboten und ausgegeben werden müssen. Die modernen Einrichtungen der Diätküchenleiterin, der Diätassistentin, der Diät pavillons, die in einigen Kurorten vorhanden sind, entsprechen diesem Gedanken. Aber auch damit ist das Problem noch nicht erschöpft. Auch solche Kurorte und Bäder, die nicht Magen- und Darmkranke usw. beherbergen, deren Besucher aber doch eine Ernährungsfürsorge benötigen, Herzranke, Kinder, Frauen mit Unterleibsleiden, Erholungsbedürftige, müssen in den Speisehäusern und Kurheimen diesem Umstande Rechnung tragen. Auch hier muß die Durchführung einer allgemein mittleren Diät nach Art einer Schonungskost bei der allgemeinen Verpflegung erreichbar sein. Es hat keinen Sinn, einen Herzranken eine Badekur ausführen zu lassen, wenn sein Kreislauf dauernd durch eine stark gesalzene, überreichliche, schwer verdauliche

Speisen enthaltende Ernährung belastet wird. Nur so können Bädermaßnahmen, Trinkkuren sinnvoll mit der täglichen Ernährung in Einklang gebracht werden. Die Erziehung der Bevölkerung, die Schulung der Inhaber von Kurheimen, der Köche und Köchinnen in den Betrieben der Bäder und Kurorte muß erreichen, daß die Ernährung in Kurorten und Bädern ein anderes Gesicht erhält als die in den großstädtischen Hotels oder Restaurants.

Bewegungstherapie, Sport. Seelische Betreuung.

Bade- und Klimakuren erfüllen nur dann ihren Zweck, wenn sie mit einer methodischen Übung zur *körperlichen Schulung und Hygiene* verbunden sind (JAUP). Bei sehr vielen Heilkuren sind systematische Anwendungen von *Massage und Gymnastik* ein unerläßlicher Teil des Heilplanes, so bei rheumatischen Leiden und allen Erkrankungen des Bewegungsapparates, bei Herz- und Kreislaufkranken, Stoffwechselleiden, Frauenleiden, bei Kindern und alten Leuten. Auch dosierter *Sport* ist als Heilmaßnahme oft unentbehrlich. Darüber hinaus können Kuraufenthalte ihre vornehmste Aufgabe, die Erziehung zu einer gesunden Lebensführung ohne körperliche Schulung nicht erfüllen.

Bäder und Kurorte müssen daher über ausreichendes geschultes Massagepersonal, über Einrichtungen und Hilfskräfte für *Gymnastik* verfügen. Namentlich von der letzteren (KOHLRAUSCH und LEUBE) wird zu wenig Gebrauch gemacht. Die Kurhäuser müssen Räume, Turnvorrichtungen, die Parks Wiesenflächen zur gemeinsamen Gymnastik besitzen. Die Ärzte dürfen sich nicht auf die Verordnung von Trink- und Badekuren beschränken, sondern müssen die Bewegungstherapie im Rahmen der Kurbehandlung jederzeit in ihre Verordnung einschließen. Die manuelle Behandlung ist der Apparatbehandlung vorzuziehen. Für Erholungsorte sind die nötigen Einrichtungen, Freibad, Spielwiese unentbehrlich.

Auch in *seelischer Beziehung* soll man den Kurgast nicht völlig sich und dem Zufall überlassen. Wirkliche Erholung und Entspannung wird, wie eine für diese Dinge empfänglichere Zeit so schön sagte (CARUS, A. v. HUMBOLDT), nur bei „Fröhlichkeit des Herzens“ erreicht. Die ganze Gestaltung des Lebens im Bade- oder Kurort soll Entspannung, Anregung, frohe Stimmung vermitteln. Dazu kann alles beitragen, auch das, was in den vielen freien Stunden an den Kurgast herantritt. Die Förderung einer wahren, geistigen, zeitverbundenen Kultur (Kurmusik, Unterhaltungsdarbietungen, Vorträge, Kino) muß daher zu den vornehmsten Aufgaben der Betreuung der Kurorte und Bäder gerechnet werden.

Schrifttum.

In der nachfolgenden Zusammenstellung ist eine Auswahl des grundlegenden Schrifttums des Gebietes gegeben. Auf dieser Literatur ist das vorliegende Buch aufgebaut. Die Zusammenstellung soll aber vor allem dem sich in das Gebiet Einarbeitenden die Möglichkeit einer weiteren Unterrichtung geben und als Überleitung in die Spezialliteratur dienen.

Balneologie, Bäderheilkunde.

BECHER: Die Balneotherapie der Nierenkrankheiten. Karlsbad. ärztl. Vortr. 13, 427 (1931). — BENADE: Moore, Schlamm, Erden (Peloide). Rheumatismus 10. Dresden 1938. — BENADE u. STOCKFISCH: Neue Methoden und Ergebnisse physikalisch-chemischer Bädermoorforschung. Z. Baderk. 1930, 308; Z. angew. Chem. 43, 633. — BENITO LANDA: Climatologia e hidrologia medicas. 2. Madrid 1942. — BERG: Die Spurenelemente in unserer Nahrung und in unserem Körper. Beiheft Z. Ernährung 1940, H. 7. — BRAND: Seebäder als Heilbäder. Gesundheitsführung 1943, 371. — BÜCHNER: Die Pathologie der Unterkühlung. Klin. Wschr. 1943, 89. — BUKATSCH: Über die Wirkung der natürlichen Radioaktivität der Gasteiner Quellen auf Wundbakterien. Balneologie 1939, 15.

CAUER: Die Jodwässer des Landes Österreich. Balneologie 1938, 289. — COBET: Die Behandlung schlecht heilender Wunden, insbesondere auch der Extremitätengangrän mit gasförmiger Kohlensäure. Ther. Gegenw. 1935, 14; ferner Med. Klin. 1935, 1160.

DARANYI: L'hygiène des stations balnéaires et sanitaires climatiques. C. r. I. Internat. Bäderkongr. Budapest 1937, 235. — DESSAUER: 10 Jahre Forschung auf dem physikalisch-medicinischen Grenzgebiet. Leipzig 1931. — DEUTSCHES BÄDERBUCH. Leipzig 1907. — DIENER u. SELIGER: Richtlinien für die Entsendung von Katarrh- und Asthmakranken in Kurorte. Balneologie 1939, 145. — DIETRICH-KAMNER: Handbuch der Balneologie usw. 5 Bde., Leipzig 1916—1926. — DYBOWSKI: Balneotherapie der Poliomyelitis. Balneologie 1941, 321; 1942, 120.

EICHHOLTZ u. JUNG: Über die Beeinflussung der experimentellen eitrigen Bronchitis durch Inhalation von Mineralwässern. Arch. f. exper. Path. 187, 202 (1937); ferner Sitzgsber. Heidelb. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. 1935, Nr. 7. — EVERS: Technik der Inhalation. Balneologie 1937, 19; Z. physik. Ther. 1942, 185.

v. FELLENBERG: Joduntersuchungen. Bad Hall 1930. — FRESenius, L.: Über die Bedeutung der in Heilquellen in geringen Mengen vorkommenden Stoffe. Balneologie 1934, 33; Veröff. Z.stelle Baln. 1933, H. 35, S. 1. — FRESenius, R.: Charakteristik, Untersuchung und Beurteilung der Mineralwässer. Hdb. Lebensmittelchemie VIII, 2, 1941.

GÁL: Physikalische Therapie der Frauenkrankheiten. Berlin 1932. — GOLLWITZER-MEIER: Die Hautgefäßwirkung der Bäder. Balneologie 1943, 19; 1935, 289; 1938, 434. — GRAFE: Das Indikationsgebiet der balneologischen Mittel bei Krankheiten des Verdauungskanal. Med. Klin. 1935, 701. — GROSSDEUTSCHLAND: Heilbäder usw. Herausgeg. v. Reichsfremdenverkehrsverband (SCHMIDT-SCHNELLE-WOLLMANN), Stand von 1939. — GRUNDIG: Richtlinien für die Entsendung von Herz- und Kreislaufkranken in Heilbäder. Balneologie 1939, 193; 1936, 354. — GUIA OFICIAL de los balnearios españoles. Madrid 1942.

HEUBNER: Der Mineralstoffwechsel in DIETRICH-KAMNER, Handbuch Bd. 2; ferner Klin. Wschr. 1925, 2009. — HNTZ u. GRÜNHUT: Die Mineralwässer, Moore und Mineralschlamm in DIETRICH-KAMNER, Handbuch Bd. 1. — HOFFMANN: Spez. Balneo- und Klimatherapie der Hautkrankheiten und der Syphilis in DIETRICH-KAMNER, Hdb. Bd. 5. Leipzig 1926 und Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten Bd. 18.

JAUP: Krankengymnastik im Kurort. Balneologie 1939, 97.

KAMPE: Quellentechnik in H. VOGT, Lehrbuch. — KAMPE u. KNETSCH: Geologie und Naturgeschichte der Mineralwässer und Moore in H. VOGT, Lehrbuch. — KEILHACK: Geologie der Mineralquellen und Thermen, der Mineralmoore und Schlamm in DIETRICH-KAMNER, Handbuch Bd. 1; ferner Deutschlands Heilquellen in ihrer Abhängigkeit vom geologischen Bau des vaterländischen Bodens. Med. Welt 1935, 597; Z. Bäderkde. 1930, 303. — KIENLE: Zur Therapie des Diabetes mit peroralen Gaben von Calciumsulfatwässern. Balneologie 1940, 234; 1942, 6 u. 48. — KILLIAN: Über die pathologische Physiologie der Kälteschäden und die Begründung einer rationalen Behandlung. Zbl. f. Chirurgie 1942, 1763. — Forschungen und Fortschritte 1943, 345. — KIONKA: Über Gipsquellen. Z. Baln. 4, 79 (1911). — KOEHNE: Grundwasserkunde. Stuttgart 1928. — KOHLRAUSCH u. LEUBE: Hockergymnastik. Jena 1933; ferner Gymnastische Frauenbehandlung. Jena 1938. — KOLEPKA: Ein Beitrag zur Wirkung der Bad Nenndorfer Kurmittel bei Gelenk- und Hautkrankheiten. Veröff. Z.stelle Baln. 1932, H. 29, 50. — KÜHNAU: Pharmakologie der Heilquellen usw. in H. VOGT, Lehrbuch; Der Stoffwechsel im Bad. Balneologie 1935, 337; Die Haut als Vermittler balneologischer Reize. Balneologie 1936, 69.

LAMPERT: Heilquellen und Heilklima. Dresden 1934; Zbl. inn. Med. 64, 529 (1943). — LEOPOLD: Über die pharmakologischen Wirkungen der Bitterquellen. Med. Welt 1930, 523. — LÜTTGE: Wärme-, Bäder- und Strahlenbehandlung der Frauenkrankheiten. Stuttgart 1938.

MARX: Der Wasserhaushalt des gesunden und kranken Menschen. Berlin 1935. — MESSINI e MECCOLI: Clinica e terapia idrologica. Acque minerale italiane. Firenze 1941.

NODDACK, J. u. W.: Über die Allgegenwart der chemischen Elemente. Z. angew. Chem. 1936, 1 u. 835.

ÖSTERREICHISCHES BÄDERBUCH, 1. Aufl. Wien 1914; 2. Aufl. Wien 1928.

PARADE: Kurortbehandlung der Basedowschen Krankheit. Balneologie 1937, 329; Dtsch. med. Wehschr. 1930; Fortschr. Ther. 1932, 230. — PARADE u. HINRICHS: Richtlinien zur Entsendung von Basedowkranken in Kurorte. Balneologie 1938, 1. — PAX u. TISCHBEREK: Die Fauna deutscher Thermen usw. Balneologie 1940, 281. — PENDL: Stoffwechsel bei Trinkkuren. Balneologie 1935, 241; 1939, 58. — PFANNENSTIEL: Aufgaben des Hygienikers im Kurort. Balneologie 1934, 269; ferner C. r. 2. Internat. Baderkongr. Berlin 1938. — LE PORTUGAL hydrologique et climatique. Edition officielle etc. 4 tom. Lissabon 1930—1936. — PRINZ u. u. KAMPE: Handbuch der Hydrologie. Bd. 2: Quellen. Berlin 1934.

RAJEWSKI: Biophysikalische Grundlagen der Radiumschwächtherapie. Strahlenther. 64, 158 (1939); 56, 703 (1936). — RAJEWSKI u. LAMPERT: Wärmebehandlung in der Medizin. Leipzig 1937. — RITTMANN: Vulkane und ihre Tätigkeit. Stuttgart 1936. — ROMBERG: Lehrbuch der Krankheiten des Herzens. Stuttgart 1925. — RONGE: Krankenernährung in Kurorten. Hersfeld 1931. — ROTHER u. WAGNER: Merkblatt für die Anwendung der Heilbäderbehandlung bei Rheumakranken. Balneologie 1937, 353.

SCHOBER: Heilquellenkunde für den praktischen Arzt. Stuttgart 1938; Med. Welt 1943, 235. — SCHOGER, Balneotherapie der Blutkrankheiten. Erg. phys. diat. Ther. 2. 414. (1943). — SCHWEIZER BÄDERBUCH: Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Bern 1937. — SOUCI: Die Chemie des Moores. Stuttgart 1938; Charakteristik, Untersuchung und Beurteilung der Peloide im Handbuch der Lebensmittelchemie VIII/3. Berlin 1940; Das Vorkommen und die biologische Bedeutung der Mikroelemente in der belebten Natur. Balneologie 1939, 465, 497; ferner ebenda 201. — STURZA: Die Kochsalzwasser Rumäniens. Wien 1930; ferner Balneologie 1938, 449.

THAUER: Physiologische Gesichtspunkte zum Problem der Wärmebehandlung, in RAJEWSKI u. LAMPERT, Wärmebehandlung.

ULSAMER: Natürliche und künstliche Mineralwässer. Med. Welt 1930, 515.

VILLARET u. JUSTIN-BESANCON: Hydrologie expérimentale 1933, 1. — VOGT, H.: Die Meerwassertrinkkur. Berlin 1938; Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. 2 Bde. Berlin 1940; Gegenwärtiger Stand der Balneotherapie des Rheumatismus. Balneologie 1941, 294. — VOGT, H., u. DAISSKY: Balneologisch-bioklimatische Skizze Bulgariens. Balneologie 1941, 129. — VOGT, H., u. ŠTĀY: Balneologie und Bioklimatik der Slowakei. Balneologie 1944, H. 1. — VOUK: Biologie der Mineralquellen (noch nicht veröffentlicht).

WAGNER, B.: Technik der Inhalation, des Gurgelns, der Trinkkuren in H. VOGT, Lehrbuch. — WAGNER, H.: Balneotherapie des Rheumatismus. Balneologie 1937, H. 3. — WEBER: Die balneologische Behandlung der Kreislaufkrankheiten in LAMPERT, Heilquellen usw.; ferner Ther. Gegenw. 65, H. 12. — WESKOTT: Diätfürsorge in Kur- und Badeorten. Homburger wiss. Abh. 1936, H. 14. — WINCKLER: Apologie der Gipswässer. Z. wiss. Bäderkde. 1929, 531. — WOLLMANN: Technische Behandlung der Heilwässer von der Quelle bis zur Verwendungsstelle, in H. VOGT, Lehrbuch; ferner Balneologie 1942, 145; Bäderland Japan. Balneologie 1942, 33; 1943, 237, 261.

ZÖRKENDÖRFER, K.: Mooruntersuchungen. Prag 1911. — ZÖRKENDÖRFER, W.: Chemie der Heilquellen, ferner Pharmakologie der Heilquellen usw. in H. VOGT, Lehrbuch; Balneotherapie der Nierensteine. Dtsch. med. Wehschr. 1937, Nr. 16; Bäder- und Klimabehandlung der Stoffwechselkrankheiten. Med. Klin. 1942, Nr. 36.

Medizinische Klimatologie. Klimaheilkunde.

ALBRECHT: Apparate und Meßmethoden der atmosphärischen Strahlungsforschung, in LINKE, Meteorol. Taschenbuch 5. Aufl. Leipzig 1939. — ALT: Klimakunde von Mittel- und Südeuropa. Handbuch KÖPPEN u. GEIGER Bd. 3; Die Physik des Klimas in DIETRICH-KAMINER, Handbuch Bd. 1. — AMELUNG: Das künstliche Klima in H. VOGT, Lehrbuch; Klimatische Behandlung innerer Krankheiten. Abh. Bäder- u. Klimaheilkde. H. 4. Berlin 1941.

BACMEISTER: Die klimatische Behandlung der Tuberkulose. Berlin 1937. — BACMEISTER u. BAUR: Die klimatische Behandlung der Tuberkulose. Erg. Med. 8, 1 (1925). — BRADTKE u. LIESE: Raum- und außerklimatische Messungen. Berlin 1937. — BREZINA u. SCHMIDT: Das künstliche Klima in der Umgebung des Menschen. Stuttgart 1937. — BÜTTNER: Physikalische Klimatologie. Leipzig 1938.

CAUER: Chemische Klimatologie. Balneologie 1934, 242; 1937, 286; 1941, 346; 1942, 219. — CELLI: Die Malaria in ihrer Bedeutung für die Geschichte Roms und der römischen Campagna. Leipzig 1929.

DEBYE u. RAMM: Grundlagen der Strahlungsphysik, in WOLTERECK, Strahlen. — DEFANT u. OBST: Lufthülle und Klima. Leipzig-Wien 1923. — DORNO: Klimatologie im Dienste der

Medizin. Tagesfragen usw. Bd. 50. Braunschweig, Samml. Vieweg, 1920. — DOVE u. FRANKENHÄUSER: Deutsche Klimatik. Berlin 1910. — DÜLL, B.: Wetter und Gesundheit. Leipzig u. Dresden 1941. — DÜLL, T. u. B.: Über die Abhängigkeit des Gesundheitszustandes von plötzlichen Eruptionen auf der Sonne und die Existenz einer 27tägigen Periode in den Sterbefällen. Virch. Arch. **293**, 272 (1934); Statistik über die Abhängigkeit der Sterblichkeit von geophysikalischen und kosmischen Vorgängen, in LINKE-DE RUDDER.

ELLINGER: Die biologischen Grundlagen der Strahlenbehandlung. Strahlenther. Sonderband **1935**, 20.

v. FICKER: Wetter und Wetterentwicklung. Verständliche Wissenschaft, 2. Aufl., Bd. 15. Berlin 1940. — FLACH: Atmosphärisches Geschehen und witterungsbedingter Rheumatismus. Dresden 1938.

GEIGER: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Wissensch. 2. Aufl., Bd. 78. Braunschweig 1942. — GROBER: Physikalische Therapie. Jena 1934. — GUTHMANN u. OSWALD: Mond und Menstruation. Mschr. Geburtsh. **103**, 232 (1936).

HANN-SÜRING: Lehrbuch der Meteorologie, 5. Aufl. **1939**. — HÄBERLIN, C.: Lehrbuch der Meeresheilkunde. Berlin-Wien 1935; Med. Welt **1930**, 503. — HÄBERLIN, K.: Lebensrhythmen und Heilkunde. Stuttgart 1935. — HELLFACH: Geopsyche, 4. Aufl. Leipzig 1935. — HESSE: Das Tier und das Klima, in WOLTERECK, Klima.

ISRAEL-KÖHLER: Lufterktrizität, Grundlagen und Meßmethoden, in LINKE, Meteorolog. Taschenbuch, 5. Aufl. **1939**.

JORES: Physiologie und Pathologie der 24-Stunden-Rhythmen des Menschen. Erg. inn. Med. **48**, 574 (1935).

KÄHLER: Lufterktrizität. Sammlung Göschen, Berlin-Leipzig 1921; Wolken und Gewitter. Leipzig 1940. — KLEINSCHMIDT: Handbuch der meteorologischen Instrumente. Berlin 1934.; ferner in LINKE, Meteor. Taschenbuch 1939. — KLIMAKUNDE des Deutschen Reiches. Berlin 1939. — v. KNORRE: Über einige Regulationen im Saunabad. Der Balneologe **1943**, 217. — KÖPPEN: Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Geograph. Z. **6**, 657 (1900). — KÖPPEN u. GEIGER: Handbuch der Klimatologie, 3 Bde. München 1930. — KOSMATH: Aufgaben der Badeklimaforschung. Wien. med. Wehschr. **1942**, 749. — KRÄTZER: Das Stadtklima. Braunschweig 1937. — KREBS: Künstlich ionisierte Luft als biologisch-medizinischer Faktor. Balneologe **1941**, 97.

LINKE: Über die Luftkörperklimatologie. Z. f. physik. Ther. **41**, 195 (1931); Die physikalischen Faktoren des Klimas. Handbuch d. Physiologie Bd. 17. Berlin 1926; Meteorologie, in LAMPERT, Heilquellen usw.; Arch. Gynäk. **161**, 307 (1936); Meteorolog. Taschenbuch, 5. Aufl. Leipzig 1939. — LINKE-DE RUDDER: Medizinisch-meteorologische Statistik. Berlin 1936/37. — LUNDEGARDH: Klima und Boden. Jena 1930.

MALLING-HANSEN: Results of daily weighting of 130 pupils etc. Congr. intern. des sc. med. Copenhagen 1884. — MARETT, DE LA H.: Race, Sex and Environment. London 1936. — MARTINI: Wege der Seuchen. Stuttgart 1936; Klima und Krankheitserreger, in WOLTERECK, Klima usw. — MISSEBARD: Der Mensch und seine klimatische Umwelt. Stuttgart-Berlin 1936. — MÖRIKOFER: Natürliche und künstliche Strahlungen. Med. Welt **1930**, 508. — MORO: Über die Tetanie als Saisonkrankheit und vom biologischen Frühjahr. Klin. Wehschr. **1926**, 925; ferner Münch. med. Wehschr. **1919**, 1281; **1920**, 657.

OLBRICHT: Klima und Entwicklung. Jena 1923.

PFLIEDERER: Die bioklimatische Bedeutung der Strahlen, in WOLTERECK, Strahlen. — PFLIEDERER u. BÜTTNER: Bioklimatologie, in H. VOGT, Lehrbuch. — v. PHILIPSBORN: Die Bioklimatologie des Menschen als Teil der Medizin. Med. Welt **1938**, 635. — PIERRY: Trait e de climatologie **3**. Paris 1934.

DE RUDDER: Grundzüge der Bioklimatik des Menschen, in WOLTERECK, Klima usw.; Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen, 2. Aufl. Berlin 1938; Über sog. „kosmische“ Rhythmen beim Menschen. Leipzig 1937; Wetter und Jahreszeit als Krankheitsfaktoren, 2. Aufl. Berlin 1941. — RUFF u. STRUGHOLD: Grundriß der Luftfahrtmedizin. Leipzig 1939.

SCHITTENHELM: Die Heilfaktoren des Klimas, in WOLTERECK, Klima usw. — SCHMAUSS u. WIGAND: Die Atmosphäre als Kolloid. Braunschweig 1929. — SCHMID: Biologische Wirkungen der Lufterktrizität. Bern-Leipzig 1936. — SCHULTZE: Lichttherapie, in GROBER, Phys. Ther. — SEIFERT: Im Zeitalter des Lebendigen. Dresden-Planegg 1941. — SÜRING: Die Wolken. Probleme der kosm. Physik Bd. 16. Leipzig 1936.

TICHY: Mensch und Wetter. Neue dtsh. Klin. **6**, 237 (1938).

VIHERJUURI: Finnische Sauna. Stuttgart 1943.

WALTHER: Das Gesetz der Wustenbildung. Leipzig 1924. — WEGENER, A. u. K.: Physik der Atmosphäre. Leipzig 1935. — WEICKMANN: Grundlagen der Klima- und Wetterkunde, in WOLTERECK, Klima usw. — WOLTERECK: Die Welt der Strahlen. Leipzig 1937; Klima, Wetter, Mensch. Leipzig 1938.

Sachverzeichnis

- Abfächeln der gashaltigen Bäder 35.
Abhärtung 141, 165.
Abiolithe 50.
Abkühlung, adiabatische 68, 89, 92.
Abkühlungsgröße, Bioklima 89, 110, 166.
Abort, habitueller 179.
Acetylcholin 148.
Adenylsäure 148.
Adnexerkrankungen 178.
Advektionswetter 92.
Ägypten 196.
Äquivalentprozente 20.
Aerosol 70, 92, 141.
Akklimation 109, 135.
Akratopegen 16.
Akratothermen 16, 23, 171, 177.
Aktinometer 89.
Algen 22.
Algerien 45.
Alkalische Quellen 28, 185.
Alkalisierung der Gewässersäfte 29.
Alkalität der Quellen 28.
Allergosen 162, 192.
Alluvium 4.
Alpen 4.
Alterserkrankungen 162, 170, 173.
Analyse (Quellen) 19.
Anemometer 88.
Anergie, Rheuma 175.
Anophelesmücke 133.
Anthrax 49.
Apoplexie 136, 202.
Arktis 49, 96, 160.
Arndt-Schulzesches Gesetz 42.
Arsenquellen 39.
Artesische Brunnen 6.
Asthma bronchiale 161, 192.
Asthmakurorte 193, 194.
Atmung im CO₂-Bad 36.
—, Klimakur 139.
Aufgleitfront 90.
Auftrieb im Bad 14, 53.
Ausgleichsströme 87.
Aushauchungen, gasförmige der Vulkane 5.

Bad, kaltes 148.
—, überwarmes 149.
—, warmes 147.
Badeklima 85.
Badekuren 144.
Baden in der See 163.
Badereaktion 24, 144, 174.
Badetorf 49.
Bäderheilkunde 143.
Bäder, Dosierung 145.
Bakterien 22.
Barium 44.
Barometer 75.
Basedowsche Krankheit 43, 85, 139, 172, 195.
Basen, Dissoziation in Quellen 13.
Bebauungsplan, Kurorte 204.
Bechterewsche Krankheit 174, 176.
Behaglichkeitsklima 140.
Beobachtung von Quellen 60.
Bergbahnen 115.
Bergkrankheit 116.
Bergmannsche Regel 103.
Bergsteigen 115.
Beugung des Lichtes 71.
Bewegungsapparat, Krankheiten 173.
Bewegungstherapie 176, 180, 189, 197, 206.
Bewetterung 140.
Biocönose s. Lebensgemeinschaft.
Bioklimatik 62.
Biologie der Quellen 23.
Bitterquellen 28, 32, 33.
Bitumen 49.
Blasensteine 196.
Blutbactericidie 167.
Blutkrankheiten 197.
Blutmasse, Erhöhung im CO₂-Bad 36.
Blutsümpfe 36, 148.
Bodenexhalation 85, 87, 116.
Bodenfeuchtigkeit 78.
Bodengestaltung 67, 74.
Bodennähe, Klima 100.
Boreales Klima 97, 102.
Bornholmer Krankheit 130.
Brandung des Meeres 60.
Brom 43.
Bronchitis 191.
Bruchmoor 49.
Bruchschollenbildung 3.
Bulgarien 23, 24, 38, 50.

Calcium in Quellen 8.
Cambrium 4.
Capillarisation der Haut 36, 38.
Carbon 4.
Chemie der Luft 85.
Chemie der Quellen 23.
Chirurgische Erkrankungen, Nachbehandlung 203.
Chlorcalciumquellen 31.
Chloridvorstöße 85.
Cholagoge Wirkung 33, 184.
Choleretische Wirkung 33, 184.
Cirrus 77.
Conimeter 89.
Coronarerkrankungen 172.
CO₂-Gasbad 37, 203.
Cumulus 77.
Curie 45.

Dämmerung 64.
Dampfbad, russisches 151.
Darmerkrankungen 180.
Dastre-Moratsches Gesetz 110, 120, 148.
Decubitusbehandlung 56.
Dehnungsreflex, peristaltischer 183.
Demineralisation 155.
Depression, psychische 201.
Deuterium 13.
Devon 4.
Diabetes 184.
Diät 180, 183, 189, 193, 195, 197, 205.
Diaphragmenströme 87.
Diluvium 4.
Dissoziation 13.
Diurese 34, 36.
Dornstrahlung 66, 132.
Duftstoffe, Atmosphäre 141.
Dunsthöhlen 153.
Dunstkreis um Quellen 116, 176.

Edelgas 44.
Eifelfango 52.
Einbruchfront 91.
Einzelinhalation 158.
Einzugsgebiet, Niederschläge 5.
Eisenmoor 50.
Eisensulfatmoor 50.
Eisenquellen 9, 16, 39.
Eisensäuerlinge 34.
Eiweißansatz, Klimakuren 137.

- Ekliptikschiefe 64.
 Ekzem 199.
 Elektrische Parasiten 87.
 Elektrokardiogramm 172.
 Elemente 7.
 —, einfache oder plastische 7.
 —, Vorkommen in Pflanzen,
 Tierreich und Quellen 10.
 Eman 45.
 Emphysem 191.
 Energiespektrum 65.
 Englische Krankheit 131.
 Entgiftung durch Mineral-
 wasser 38, 42.
 Erdaufbau 2.
 Erdbeben 12.
 Erdgeschichte 4.
 Erdige Quellen 28, 30.
 Erdkern 2.
 Erdkruste, Faltungen 3.
 Erdmagnetismus 86.
 Erdöl 42.
 Erdrinde 7.
 Erdstrahlung 87.
 Erdströme 87.
 Erfrierung 119.
 Erhaltungstendenz des Wet-
 ters 101.
 Erholung 36, 167.
 Erkältung 142, 163, 165.
 Erstarrungsgestein 2.
 Erwärmung von Quellwä-
 sern 58.
 Erythem, Strahlenwirkung
 105.
 Erze 50.
 Erzgänge 7.
 Fabrikräume, Klimatisierung
 141.
 Fallwind 83.
 Fassung von Quellen 57.
 Faulschlamm 50.
 Fauna der Quellen 21.
 Feinstoffe s. Spurenstoffe.
 Fettsucht 109, 187.
 Feuchtigkeit 76.
 —, Wirkung 111.
 Flachmoor 49.
 Flora der Quellen 21.
 Flugzeug 113.
 Fluor 43.
 Föhn 82.
 Föhnkrankheit 125.
 Fokalsanierung, Rheuma 176.
 Frankreich 26, 29, 31, 33, 41,
 47.
 Frauenkrankheiten 178.
 Freibad 150.
 Freilandhütten 88.
 Freiluftinhalatorium 60.
 Frigorigraph 89.
 Front 90, 122.
 Frühjahrsgipfel, Krankheiten
 128.
 Fumarolen 5.
 Fulvosäuren 55.
 Gallenleiden 180, 183.
 Ganzheitswirkung 136.
 Gasbäder 173.
 Gase, Wasserlöslichkeit in
 Quellen 14.
 Gasführende Quellen 6, 10,
 14.
 Gasquellen 15, 48.
 Gegenstrahlung, atmosphä-
 rische 73.
 Geiser 6.
 Geisteskrankheiten 200.
 Gelbfieber 133.
 Gemäßigtes Klima 96, 160.
 Gemeinschaftsbad 152.
 Geothermische Tiefenstufe
 11.
 Gerbsäuren 55.
 Gesamtstrahlung 75.
 Gewicht, Klimakuren 136.
 Gewitter 77, 86, 116.
 Gicht 174, 187.
 Gichtwasser 37, 47, 187.
 Gipsquellen 31, 185.
 Glauber(salz)quellen 28, 32,
 33.
 Golfstrom 73, 96.
 Gradierluft 43, 116.
 Gradierwerke 60, 194.
 Griechenland 38.
 Großionen 70.
 Großstadt 128.
 Grotten 153.
 Grundumsatz 107, 138.
 Grundwasser 5.
 Grundwassergebiet 6.
 Guren 50.
 Gymnastik s. Bewegungs-
 therapie.
 Gyttja 50.
 Hämoglobin, O-Sättigung
 114.
 Hagel 77.
 Haiti 12.
 Halbbad 36.
 Halbwertszeit, Radiumzerfall
 45.
 Harnsäurelösungsvermögen
 im Harn 35.
 Harnwege, Erkrankungen
 196.
 Hauffe, Teilbäder 148.
 Hauptbestandteile der Quel-
 len 14, 17, 23.
 Haut 35, 53, 139, 147.
 —, Strahlenwirkung 104.
 Hautkrankheiten 199.
 Headsche Zonen 54, 110.
 Heilerden 50.
 Heilklima 63, 97, 134.
 Heilkuren 144.
 Heilquellen 1.
 Helligkeit 66.
 Herdreaktion 145.
 Herzbäder 173.
 Herzerkrankungen 161, 171.
 —, Klimakur 139.
 Heufieber 131, 163.
 Heufieberpflanzen 130.
 Himalajaexpedition 115.
 Himmelsstrahlung 71.
 Histamin 106, 148.
 Hitzschlag 118.
 Hochdruck s. Hypertonie.
 Hochdruckgebiet 81, 95.
 Hochgebirgsklima 97, 160,
 191.
 Hochmoor 49.
 Höhenhypererythrocytose
 136, 138.
 Höhenwirkung 114.
 Hofmeistersche Reihe 155.
 Homogene Atmosphäre 76.
 Huminsäure 49, 55.
 Hydrate 14.
 Hydrostatischer Druck 146.
 Hydrotherapie 2, 170.
 Hygiene der Bäder und Kur-
 orte 204.
 Hygrometer 88.
 Hypermetrie 174.
 Hyperthermale Quellen 17.
 Hypertonie 162, 172.
 Hypertonische Quellen 17.
 Hypotonische Quellen 17.
 Hypovitaminosen 131.
 Indifferenzpunkt des Bades
 36.
 Infektionsfestigkeit 167.
 Inhalation, Technische Ein-
 richtungen 59.
 Inhalationskuren 158.
 Inklimatisation 136.
 Insulin 38, 42.
 Instabile Stoffe in Quellen 15.
 Ionen 13.
 Ionenanalyse 19.
 Ionengleichgewicht 156.
 Ionenmeßgeräte, Luft 89.
 Ionenspektrum 70.
 Ionisierung von Räumen 116,
 141.
 Ionosphäre 69.
 Ischias 202.
 Isobaren 79.
 Isoionie 155.
 Isothermale Quellen 17.
 Isothermen 73.
 Isotonie 156.
 Isotonische Quellen 17.
 Italien 24, 33, 41, 45, 153.
 Jahreszeiten 100, 125.
 Japan 9, 12, 152.
 Jod 42, 85, 116.

- Jodbäder 173.
 Jodbasedow 43.
 Jodquellen 16, 42, 194.
 Jugendliche Ertüchtigung 168.
 Jura 4.
 Juvenile Bestandteile der Quellen 5.

 Kälteschäden 118.
 Kalender 125.
 Kalk 50.
 Kaltlufteinbruch 77.
 Katalyse 40.
 Katarrhalische Erkrankungen 191.
 Katathermometer 89.
 Kehlkopfcroup 122.
 Kernzähler 89.
 Kernzahl 141.
 Kesselbereiche nach Hauffe 110, 120.
 Kinderheime 169, 201.
 Kinderkrankheiten 168.
 Kleinionen 69.
 Kleinklima 99, 100.
 Klima 4, 62, 102.
 —, künstliches s. Klimatisierung.
 Klimadosierung 135.
 Klimaheilkunde 143.
 Klimakammer 142.
 Klimakterium 178, 201.
 Klimakuren 160.
 Klimaräume 96.
 Klimareaktion 135, 191.
 Klimasensibilisierung 135.
 Klimatisierung 100, 140.
 Klimatologie 62.
 Kobalt 42, 44.
 Kochsalzquellen 8, 25.
 Kohlensäure 34.
 Kohlensäuregasquellen 10, 33.
 Kohlensäurehaltige Quellen 33.
 Kolloidaler Lösungszustand in Quellen 14.
 Komplex-Ionen 13.
 Kondensationskerne 69.
 Konsensuelle Reaktion 110, 120, 148.
 Konstitutionstherapie 165, 169.
 Kontaktelektrische Ströme 87.
 Konvektionswetter 93.
 Korpuskularstrahlung 75, 86.
 Kosmische Strahlung 69, 86.
 Kosmische Wirkungen 117.
 Krankenräume, Klimatisierung 141, 142.
 Kreide 4, 51.
 Kreislauf des Wassers, atmosphärischer 69.
 Kreislaufkrankungen 139, 171.

 Kroatien 24.
 Kropf 116.
 Künstliche Bäder 37.
 Küste, Brandungsluft 43.
 Kupfer 40, 43.
 Kurortklimadienst 204.
 Kurzkuren 144.
 Kymogramm 147.

 Lähmungen 202.
 Längenwachstum 125.
 Lärmfrage, Kurorte 205.
 Landschaft 139.
 Landschaftsklima 97.
 Lebensführung, naturgemäß 144.
 Lebensgemeinschaft in Quellen 21.
 Leberkrankheiten 180, 183.
 Leitungen von Quellen 57.
 Lianenklima 102.
 Lichen ruber 199.
 Lichtstrahlung 65.
 —, Wirkungen 104.
 Liegekuren 166.
 Lipoidlöslichkeit 151.
 Liman 51.
 Lithium 44.
 Luft, Zusammensetzung 69.
 Luftbestandteile, Wirkung 115.
 Luftdruck 68, 75.
 —, Wirkung 113.
 Luftelektrizität 86.
 —, Wirkung 116.
 Lufthülle 67.
 Luftkörper 83.
 Luftmassen 83.
 —, absteigende 81.
 Luftströmungen 73.

 Mache-Einheit 16, 45.
 Magenkrankheiten 180.
 Magma 9.
 Magnesium 8.
 Magnetische Stürme 86.
 Malaria 133.
 Mangan 9, 39, 41, 42.
 Massage 206.
 Meerwasser 26, 204.
 Menstruationsstörungen 180.
 Mesenchym 168.
 Meßmethoden, Klima 88.
 Metasomatose 8.
 Meteorologie 62.
 Meteoropathologie 121.
 Meteorotropismus 121.
 Methan 48, 113.
 Migräne 162, 194.
 Millibar 75.
 Millimol 19.
 Millival 20.
 Mineralhaushalt 155.
 Mineralisation 155.
 Mineralmoor 50.

 Mineralquellen 1.
 —, Entstehung 7.
 Mineralstoffe in Quellen 13.
 Mittelvolumen, Herz 36, 148.
 Mischklima 83.
 Mittelgebirgsklima 98, 191.
 Mittelgebirgskuren 161.
 Mofetten 48, 87.
 Molekulargeschwindigkeit, — kritische 67.
 Mond 63, 118.
 Monsun 73, 80, 81, 101.
 Moorbäder 49, 146.
 —, Chemie 54.
 —, Physik 52.
 Moore 22.
 Moorsolen 6, 52.
 Mückenplage 205.
 Muriatische Quellen 25.

 Nahrungsmittel, Bestrahlung 132.
 Nanocurie 16, 45.
 Naturnähe 2, 144.
 Nebel 76.
 —, Inhalation 158.
 Nebenbestandteile der Quellen 14, 17, 23.
 Negerhaut 105.
 Nervenkrankheiten 161, 200.
 Neuralgien 202.
 Nickel 40.
 Niederschläge 76.
 Niederschlagsmenge 5.
 Nierenkrankheiten 196.
 Nierensteine 196.
 Nimbus 78.
 Nordföhn 83.
 Nordsee 150.
 Norwegen 27, 74.

 Obstipation 181.
 Okklusion 92, 122.
 Oligodynamisch wirkende Stoffe 15, 157.
 Operationssaal, Klimatisierung 141.
 Ortshelligkeit 66.
 Ortsklima 99.
 Ortsmilieu 85.
 Osteomalacie 132.
 Ostsee 150.
 Ozon 69, 115.
 Ozonosphäre 68.

 Packungen mit Moor und Schlamm 52.
 Partialdruck der CO₂ in der Luft 14.
 — des O in der Luft 113.
 Passat 80, 81, 101.
 Periode 50.
 Peridentheorien 101, 102.
 Perm 4.

- Peroxydase 40, 43.
 Persönlichkeit, reaktive 165, 171.
 Perspiratio insensibilis 109.
 Pest 133.
 Petroleumlager, Jod 10.
 Pflanzenkeimung in Quellen 23.
 Pflanzenkleid der Erde 102.
 Pharmakologie 23.
 Pigmentbildung, Strahlenwirkung 105.
 Piscine 152.
 Pneumatische Kammer 172, 191, 193.
 Poliomyelitis 130, 202.
 Pollenallergene 193.
 Polymere 14.
 Portugal 24, 30, 42.
 Posidoheilschlamm 51.
 Prämorbidie 167.
 Privatklima 100, 140.
 Prophylaxe 165, 167.
 Prostatahypertrophie 197.
 Provitamine 131.
 Psoriasis 199.
 Psychrometer 88.
 Pyranometer 89.

Quartär 4.
 Quellen, absteigende 5.
 —, aufsteigende 6.
 —, Beständigkeit 12.
 —, Definition 15.
 —, Einteilung 15.
 —, Ergiebigkeit 12.
 —, Schüttung 12.
 Quellengase 48.
 Quellenschlot 6.
 Quellenschutz 7, 60.
 Quellensysteme 6.
 Quellentemperatur 12.

 Rachitis 131, 169.
 Radioaktivität 20.
 Radiumemanation s. Radon.
 Radiumquellen 44.
 Radiumschwachtherapie 47.
 Radiumstrahlung 44.
 Radiumzerfall 44.
 Radon 11, 16, 43, 85, 113.
 Rassen, menschliche 103.
 Raucherkatarrh 181.
 Rauminhalatorium 59, 158.
 Raumklima 140.
 Reflexion des Lichtes 67.
 Reibungswiderstand, Moorbad 53.
 Reichensteiner Krankheit 41.
 Reif 77.
 Reliktenhypothese 23.
 Resorption der CO₂ durch die Haut 35.
 Restaktivität der Radiumwässer 45.

 Rheinische Gebirge 10.
 Rheumatische Krankheiten 173.
 Rhythmus 117, 140, 201.
 Roßbreiten 83, 97.
 Rumänien 8, 27, 31, 41.
 Rundfunk 69.

 Säuerlinge 34.
 Säuren, Dissoziation in Quellen 13.
 Saisondimorphismus, Schmetterlinge 103.
 Saison Gipfel, Krankheiten 129.
 Saisonkrankheiten 125.
 Salinische Quellen 32.
 Salze in Quellen 14.
 Salzgemische 156.
 Salzlager 7.
 Salzseen 27.
 Salztabelle 21.
 Sanatorien 164, 201.
 Sandbäder 52.
 Sapropele 22, 50.
 Sauna 150, 166.
 Savannenklima 102.
 Sedimentgesteine 4.
 Seebäder 27, 166.
 Seeklima 98, 191.
 Seckuren 162.
 Seelische Betreuung der Kurgäste 206.
 — Wirkungen, Landschaft usw. 139.
 Segelflug 79.
 Seuchen 132.
 Sibirien 27, 74, 97.
 Silur 4.
 Silicium 44.
 Sinter 7, 57.
 Slowakei 9, 30, 32, 38, 41.
 Sodbrennen 181.
 Sofortpigment 106.
 Solarkonstante 67, 72.
 Solarthermen 28.
 Solbäder 24, 166.
 Solfatare 5.
 Solquellen 8, 24.
 Sommergipfel, Krankheiten 128.
 Sommersterblichkeit der Säuglinge 119, 128.
 Sonne 63.
 Sonnenbad 107.
 Sonneneruptionen 101, 125.
 Sonnenflecken 86, 102.
 Sonnenlicht 66.
 Sonnenscheindauer 65.
 Sonnenspektrum 65.
 Sonnenstich 118.
 Sonnenstrahlung 71.
 Spätreaktion bei Radiumbädern 48.
 Spanien 32, 34.

 Spasmophilie der Kinder 132.
 Spezifisches Gewicht, Bademedien 53.
 Spiele der Kinder 137.
 Sport 206.
 Spülkuren 154.
 Spurenstoffe 7, 14, 20, 40, 42, 177.
 Subtropen 96, 101.
 Sulfatische Quellen 31.
 Sulfatquellen 28.
 Scheidenspülungen 179.
 Schichtpakete der Gesteine 3, 7.
 Schilddrüse 41, 127.
 Schilddrüsenenerkrankungen s. Thyreotoxikosen.
 Schlafkrankheit 133.
 Schlammoften 51.
 Schlammvulkan 51.
 Schlick 50.
 Schluckakt 113.
 Schmelzschalen 2.
 Schnee 78.
 Schneewaldklima 102.
 Schollener Pelose 50.
 Schonklima 137.
 Schüttung 20.
 Schwangerschaft 179.
 —, extrauterine 178.
 Schwarzes Meer 51, 152.
 Schwarzwasser 52.
 Schweden 49.
 Schwefelbäder 37, 176.
 Schwefelquellen 9, 37, 185
 Schwefelwasserstoffquellen 37.
 Schweißbildung 108.
 Schweiz 24, 26, 29, 32, 33, 39, 191.
 Schwingwiesen 49.
 Stadtklima 99.
 Staubzähler 89.
 Steigrohrfassung 58.
 Steinkohle 49.
 Steinmantel der Erde 2.
 Steppenklima 96, 160.
 Sterilität 178.
 Stoffwechselkrankheiten 184.
 Strahler, künstliche 142.
 Strahlung 63.
 Strahlungsminderung im Luftbereich 70.
 Stratosphäre 68, 89.
 Stratosphärenflug 76.
 Stratus 77.
 Strontium 44.
 Stumpfbeschwerden bei Amputierten 203.

 Tabes dorsalis 202.
 Tafelländer 4.
 Tafelwässer 34.
 Tagesperiodik 117.
 Tau 77.

- Technik des Bäderwesens 57.
 Teilbäder 37, 153.
 Temperatur, Quellen 20.
 Temperaturstrahlung 66, 67.
 Tertiär 4.
 Testprüfung, Asthmatiker 193.
 Tetanie 131.
 Thermen 5, 11, 21.
 Tiefbrunnenpumpe 58.
 Tiefdruckgebiet 81, 90, 95.
 Tiefland 128.
 Thermometer 88.
 Thermostrome 87.
 Thyreotoxikosen 194.
 Tiergeographie 102.
 Torf 49, 50.
 Torfmullverbände 56.
 Transmineralisation 42, 152, 155.
 Trias 4.
 Trinkkur, Technische Einrichtungen 59.
 Trinkkuren 153, 170.
 Tropenklima 96, 97, 101, 160.
 Troposphäre 67, 89.
 Tsetsefliege 133.
 Tuberkulose 131, 161, 189.
 Tularämie 133.
 Tundrenklima 96, 102.
 Überlaufquellen 6.
 Überwärmung 118, 176.
 Ulcus ventriculi 161, 181.
 Ultraviolett, UV 63, 66, 131, 138.
 Umstimmung 2, 46, 135, 143, 145, 165.
 Ungarn, Budapest 12, 24, 33, 38, 45, 50.
 Unterwasserbehandlung 152, 202.
 Uran 11.
 Vagusstoff 148.
 Vegetatives System 145, 147.
 Vernebelung von Flüssigkeiten 158.
 Verjüngung 24, 46, 170.
 Versandwasser 35.
 Verweildauer im Magen 34.
 Verwerfungen 3.
 Verwitterung, Gesteine 4.
 Verolung der Luft 115.
 Viskosität, Moorbäder 53.
 Vitamine 131.
 Vitriolquellen 39, 40.
 Vulkan 5, 11.
 Vulkanismus 3, 4.
 Wachstum, Klimakuren 136.
 Warme, Tiefenwirkung des Moorbades 53.
 Wärmeausgleichsvermögen 53.
 Wärmebehandlung 2, 54, 176.
 Wärmeeigenschaften des Moorbades 53.
 Wärmeerythem 106.
 Wärmehaushalt 107.
 Wärmekonvektion, Moor 54.
 Wärmeleitung, Moor 53.
 Wärmeschäden 118.
 Wärmestrahlung 72.
 Wärmewirkung 107.
 Waldmoor 49.
 Wannenbad 152.
 Wasser, atmosphärischer Kreislauf 4, 5, 73.
 —, Herkunft und Gang 5.
 Wasser, juvenil 5.
 —, schweres, in Quellen 13.
 —, vadoses 5.
 Wasserabgabe, Haut und Lunge 108.
 Wasserläufe, unterirdische 5.
 Wetter 62, 89, 102.
 Wetterdienst 94.
 Wetterempfindlichkeit 121.
 Wetterkarte 94.
 Wettervorhersage 94.
 Wiener Thermenlinie 4, 6, 12.
 Wildwässer 23.
 Wind 79.
 —, Wirkung 112.
 Windgeschwindigkeit 79.
 Windstärke 79.
 Winterschlaf 127.
 Wohnklima 140.
 Wolken 76.
 Wüstenklima 190.
 Wüstenstaub 115.
 Wundflächen, Capillarisation im CO₂-Bad 37.
 Wundheilung 203.
 Zechsteinkalk 8.
 Zeittabelle, erdgeschichtliche 4.
 Zentraltherapeutische Disziplin 2.
 Zerstäubungsgrad, Inhalation 158.
 Zerstreung des Lichtes 71.
 Zink 42, 44.
 Zungenfliegen 133.
 Zyklonen 89.
 Zyklonenfamilie 92.