

Die Physikalische Therapie.

Von

W. COMBERG-Berlin.

Mit 61 Abbildungen.

Vorbemerkungen.

Während die gewöhnlichen medikamentösen und auch die biochemischen Mittel meist zunächst den Chemismus beeinflussen, einerlei, ob sie auf die Körperzellen und die Bakterien oder deren extracellularen Stoffwechsel einwirken, vermag die physikalische Therapie vielfach andere Angriffspunkte auszunutzen. Die physikalischen Agenzien zeichnen sich geradezu durch die Verschiedenheit der unmittelbaren Wirkungsmöglichkeiten aus.

Bei mehreren hierher gehörigen, auch in der Augenbehandlung gebrauchten Methoden werden zunächst in der Hauptsache physikalische Faktoren an dem Sitz der Erkrankung geändert (z. B. bei den Reinigungsprozeduren, der Massage, dem Druckverband); es kann mit der physikalischen Änderung eine sofortige Umstellung der Stoffwechselbedingungen Hand in Hand gehen (ausgesprochen bei der Thermo-therapie); in anderen Fällen bringt man auch mit der physikalischen Therapie unmittelbar chemische Wirkungen hervor (z. B. bei der Elektrotherapie, der Licht- und Röntgentherapie, bei den Methoden der Gewebszerstörung). Es ergibt sich folgende Stoffeinteilung:

	Seite
A. <i>Mechanische Prozeduren</i>	674
I. Reinigung des Auges, Bäder, Spülungen	674
II. Massage	679
III. Druckverband	684
IV. Stauungs- und Saugtherapie	690
B. <i>Thermo-therapie</i>	692
I. Allgemeines	692
II. Behandlung durch Gesamterwärmung	696
III. Ältere Verfahren der Wärmeanwendung am Auge	698
IV. Diathermie	703
V. Kälteanwendung	711
C. <i>Elektrotherapie</i>	713
I. Allgemeines	713
II. Anregende Wirkung schwacher Ströme	716
III. Iontophorese	720
D. <i>Strahlentherapie</i>	733
I. Lichttherapie	734
II. Röntgen- und Radiumtherapie	756
III. Grenzstrahlentherapie	799
E. <i>Gewebszerstörung</i>	803

A. Mechanische Prozeduren.

Einen wesentlichen Anteil an der richtigen Behandlung der Augenerkrankung nehmen die mechanischen Prozeduren für sich in Anspruch. Es handelt sich um mechanisch einwirkende Techniken, die einen unbehinderten Heilungsverlauf sichern oder einen anderen Erfolg haben sollen, der durch die Eigenart der Einwirkung oder durch die besonderen Verhältnisse am Auge bedingt ist.

I. Reinigung des Auges; Bäder; Spülungen.

Das physiologische Sekret des Auges dient nur zum Schutz des hochwertigen Organs, und zu seiner Verteilung und Weiterleitung ist — für solchen Zweck ohne Analogie am Körper — ein komplizierter Apparat vorhanden. Bei Entzündungen erweist sich der subtil aufgebaute Mechanismus der Tränenbespülung und Tränenabfuhr zwar meist als besonders leistungsfähig; seine gute Funktion ist aber doch infolge der Enge und des komplizierten Baues der Ableitungswege auch häufig in Frage gestellt. Wegen der vielen Faltenbildungen im Bindehautsack und der eigenartigen Anordnung der Wimpern an den Lidern können außerdem zähe pathologische Sekretmassen oft dort haften bleiben, so daß sie durch die Tränen allein nicht mehr fortzuspülen sind.

So kommt es, daß die Reinigung des Auges bei vielen Menschen, auch wenn sie von Augenkrankheiten wenig geplagt sind, dann und wann einmal durch mechanische Hilfsmittel unterstützt werden muß. Bei Disposition zur Erkrankung der Lider ist die gute mechanische Säuberung der Lidränder als Vorbeugungsmittel geradezu von höchster Wichtigkeit; bei Erkrankungen der äußeren Teile des Auges ist es stets notwendig, daß der Arzt auch auf diesen Punkt sein besonderes Augenmerk richtet.

Die Reinigung der Lidränder ist bei allen äußeren Erkrankungen, wenn sie verklebt oder verschmutzt sind, mindestens täglich einmal, am besten aber morgens und abends, also zweimal vorzunehmen. Im Krankenhaus stößt das kaum auf Schwierigkeiten; indes auch die poliklinischen Patienten soll man dazu anweisen und am besten unter Kontrolle anlernen. Sitzen die Borken etwas fester, so genügt das einfache Abwischen nicht mehr und kann auch sehr schmerzhaft sein; es wird deshalb zu Hause, wo die Aufsicht fehlt, leicht unterlassen. Man erleichtert die Prozedur, indem man vorher feuchte Umschläge auflegen oder etwas Salbe aufstreichen läßt. Durch Umschläge kommen die Krusten in wenigen Minuten zur Erweichung, so daß der Patient meist das Abwischen ohne Mühe und Beschwerden vor dem Spiegel selbst vornehmen kann. Auch eine leichte Einfettung der Lidränder am Abend vor dem Schlafengehen wirkt öfter schon günstig zur Verhinderung fester Verklebungen; nur selten werden Salben überhaupt nicht vertragen. Beim Abwischen etwas fester haftender Teile können Glasstäbchen (kleine Salbenstäbchen) vorteilhaft verwendet werden. Man läßt sie mit gut entfetteter Watte sorgfältig umwickeln (Abb. 1) und taucht sie zum Gebrauch in eine neutrale oder leicht antiseptische Flüssigkeit ein.

Überschläge. Von sehr günstigem Einfluß auf die Sauberkeit des Lidrandes und von guter Wirkung für den Bindehautsack sind die *Überschläge*. An den Lidrändern haben sie die schon erwähnte aufweichende Wirkung für die Sekretreste; es spricht zugunsten ihrer Anwendung, daß man durch medikamentöse Zusätze den Erfolg in verschiedener Weise beeinflussen kann.

Eine grundsätzliche Erklärung scheint die gute Wirkung der Überschläge neuerdings durch Versuche zu erfahren, in denen festgestellt wurde, daß nicht

die desinfizierende Wirkung, sondern die Entquellung resp. die Quellungshemmung an den Gewebskolloiden in den entzündeten Gebieten der wichtigste Effekt bei ihrer Anwendung ist (HERRMANN). Der Autor hat auch eine Reihe aufgestellt, welche mit dem am stärksten entquellend wirkenden Mittel beginnt, um zu den weniger stark wirksamen fortzuschreiten. Diese Reihe wird folgendermaßen angegeben: Tannin 1%, essigsäure Tonerde 10%, Bleiwasser 5%, Borsäure 1—3%, Resorcin 1%, Tannin 1% + 0,1% Salicylsäure. Will man dagegen durch Überschlüge eine Quellung in stärker verhornten Gebieten hervorrufen, so soll man 0,1%ige Salicylsäurelösung verwenden.

Allzu häufige und allzu lange Anwendung von feuchten Überschlägen wirkt indes oft schädigend durch die Maceration der Haut; das ist besonders der Fall, wenn die Haut durch das Sekret der Lidränder oder durch die Tränen schon vorher stark angegriffen war oder wenn wie im Falle der skrofulösen Diathese eine stärkere Neigung zur Schweißbildung und eine ohnehin übermäßige Durchfeuchtung der Haut besteht. Als dann kann man sich helfen, indem man die Haut in der Umgebung der Lidspalte vor der Anwendung der Überschläge durch Pasten einfettet oder der Überschlagflüssigkeit Adstringenzen zusetzt.

Man kann ganz nach Belieben die Überschläge mehr oder weniger häufig wechseln lassen. Bei häufigem Wechsel gut durchgefeuchteter Kompressen, Anwendung milder Überschlagflüssigkeiten und Achtgeben auf leichte Öffnung der Lidspalte ist der Erfolg annähernd derselbe wie bei Augenbädern. Bedeckt man aber die Kompressen mit einem wasserdichten Stoff, läßt sie länger liegen oder bindet sie fest, dann hat man den Effekt der feuchten Verbände; die thermische Komponente der Überschlagwirkung und die lokale Einwirkung auf Lidhaut und Lidränder gewinnen an Bedeutung. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es die verschiedensten Übergänge. Um eine stark wärmende Wirkung zu erzielen, wird man eventuell besser Breiumschläge oder die käuflichen Thermophorkompressen verwenden. Bei dieser Gelegenheit mag erwähnt werden, daß Überschläge mit hohen Temperaturen auch eine schnelle Blutgerinnung im Sinne BÜRKERS fördern können, wie das REITSCH angegeben hat.

Als Überschlagflüssigkeit kann man reines Wasser benutzen oder, falls man selbst den durch diese hypotonische Flüssigkeit ausgeübten geringen Reiz scheut,

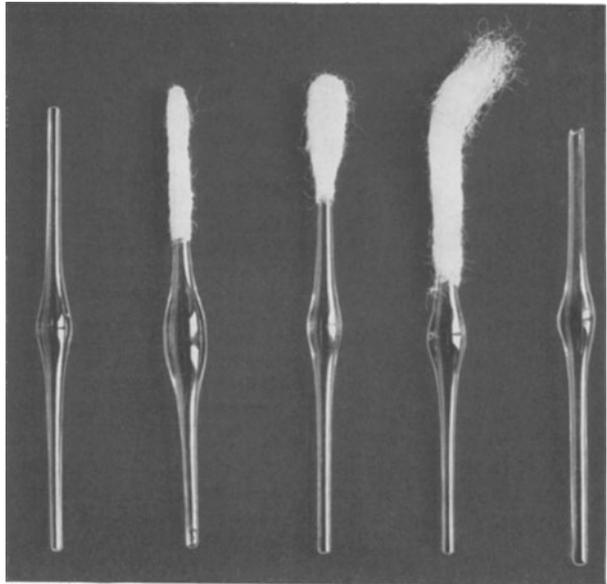


Abb. 1. Glasstäbchen zur Augenbehandlung. 1 Glasstäbchen von zweckmäßiger Form mit Ausbauchung in der Mitte; 2 Festgewickeltes Stäbchen zur Entfernung von Fremdkörpern und zur Massage mit Watte; 3 Glasstäbchen mit halb locker gewickelter Oberschicht zum Touchieren; 4 schlecht gewickeltes Glasstäbchen; die Watte reicht fast bis zur Mitte und an der Spitze ist eine „Fahne“; 5 unbrauchbares Glasstäbchen mit abgebrochener, scharfer Spitze.

physiologische Kochsalzlösung, sowie RINGERSche Lösung. Als recht milde zu gelten haben auch die durch Terpene (EVERSBUSCH) wirksamen *Kamillenumschläge*; ähnlich angenehm und etwas kräftiger antiseptisch sind Überschläge von *Kalipermangant* (1:3000), *Borsäurelösung* (3⁰/₀) und stark verdünnte *Tanninlösungen* (0,2⁰/₀). Besser als das für viele schlecht verträgliche Sublimat bewährt sich das von BACH hierfür zuerst benutzte und später von LIEBERMANN und LENGYEL besonders empfohlene *Hydrargyrum oxycyanatum* (1 : 5000).

BACH glaubte schon, daß durch antiseptische Kompressen die Keimzahl im Konjunktivalsack *nicht* geändert werde; das wird auch meistens unmittelbar wohl nicht der Fall sein. Die Überschläge wirken eben in erster Linie auf die Keimflora der Lidranddrüsen. Eine stärkere Wirkung auf die Bindehaut kommt nur zustande, wenn das Auge beim Auflegen der Kompressen ein wenig geöffnet wird. Schon durch leichtes Zusammenpressen der Lider wird aber ein ziemlich dichter Abschluß erzeugt, wie sich leicht bei jeder Waschung während des Einseifens der Gesichtshaut feststellen läßt. Im wesentlichen dürften alle Flüssigkeiten, die etwas stärker auf die sensiblen Nerven des Auges wirken, bei ihrer Anwendung in Gestalt von Überschlagsflüssigkeit durch reflektorischen Verschuß der Lider vom Bindehautsack abgehalten werden. Die Überschläge haben also zur alleinigen Behandlung von Bindehautleiden wohl keinen rechten Wert, aber trotzdem eine nicht zu unterschätzende Bedeutung, wenn man



Abb. 2.
Augenwanne.

durch Säuberung der Lidranddrüsen mittelbar auf die Keimflora des Bindehautsacks günstig einwirken will. Das ist z. B. nötig vor allen Augenoperationen, da während der Operation eine Verschmutzung der Bindehaut durch die Lidränder vermieden werden muß. Als Vorbereitungsmittel haben sich Überschläge mit Oxycyanatlösung sehr bewährt. Sie können auch zur Unterstützung der Zinkbehandlung beim Diplobacillenkatarrh sehr wirkungsvoll sein (AGRICOLA), da hier die Krankheitserreger sich gleichfalls am Lidrand hartnäckig einzunisten pflegen.

Augenbäder. Für Bindehaut und Augapfel etwas wirksamer sind die Augenbäder. Sie gehören zu den altbekanntesten Heilmitteln und sind auch in alten Lehrbüchern (z. B. BEER) oft erwähnt. Speziell das *Emser Bad* scheint in Deutschland früher vielfach zur Behandlung von Augenkrankheiten gebraucht zu sein (NEUSER, HAASE). Es wurden kleine Schalen benutzt, die mit Flüssigkeit gefüllt und mit ihrer Öffnung gegen das Auge gedrückt wurden (Abb. 2). Nach Zurückneigen des Kopfes bespülte die Flüssigkeit aus dem Schälchen das Auge und durch mehrfaches Öffnen und Schließen der Lider wurde der ganze Bindehautsack damit benetzt. Augenbadewannen in nicht wesentlich veränderter Form sind auch jetzt noch im Gebrauch.

Verbesserungen wurden von TEICH und MEYER-STEINER angegeben. TEICH hat eine Glasspülwanne konstruiert, die einen besonderen Rezipienten hat. Erst nachdem die Wanne mit dem Orbitalteil an die Ränder der Augenhöhle angepreßt ist, wird durch Rückwärtsneigen des Kopfes dieser Teil der Wanne von dem Rezipienten aus gefüllt. Der Rezipient mit der Lösung kann über der Flamme erwärmt werden. Die von MEYER-STEINER angegebene Wanne steht mit einem kleinen Bassin von 100 ccm Inhalt in Verbindung. Nachdem der Augenteil angedrückt ist, läßt man aus diesem Bassin die Spülflüssigkeit am Auge vorbeifließen; an dem Augenansatz befindet sich eine besondere Öffnung, durch die sie wieder nach außen abgeführt wird. Es handelt sich also hierbei um eine Verbindung von Augenbad und Augendusche.

Ähnlich in der Wirkung ist der Spülansatz von SCHWEIGGER (Abb. 3); noch besser vielleicht ein von SALZER neuerdings angegebenes Instrument. Eine Erweiterung erfuhr die Anwendung der Augenbäder schließlich durch die Verbindung der Wanne mit einer Elektrode zur gleichzeitigen elektrischen Durchströmung.

Da sich wegen der intensiven Benetzung der Schleimhaut und der evtl. Reizwirkung die Anwendung von stärkeren Lösungen bei Augenbädern von selbst verbietet, sind diese Bäder nur am Platze, wo eine milde Behandlungsweise angezeigt erscheint. GELPKE lobt besonders die Waschungen und Bäder mit schwachen Adstringenzen. Es wird auch empfohlen, möglichst isotonische Lösungen anzuwenden; es sei hier nur erwähnt, daß 14⁰/₁₀₀ige NaCl-Lösung, 20⁰/₁₀₀ige Lösung von Natrium biboracicum und 25⁰/₁₀₀ige Borlösung nahezu isotonisch mit der Körperflüssigkeit sind; Rezepte findet man z. B. bei LEMAIRE. PICHLER verwendet die Augenbäder deshalb gern, weil auch Ungeschickte sie richtig gebrauchen können, während sie das Einträufeln nicht so leicht erlernen. Er benutzt bei leichten Katarrhen 1¹/₃‰ Natrium biboracicum + ²/₃‰ Acidum boricum. Bei etwas stärkeren Katarrhen, bei Ekzem und Blepharitiden ¹/₅—¹/₃‰ige Lösung von Zincum sulfuricum; diese Bäder läßt er 3—4mal am Tage anwenden. TILLET hat kupferhaltige Mineralwässer bei Lidrandentzündung, Bindehautentzündung und auch bei Trachom mit Erfolg gebraucht.

Spülungen. Eine intensivere Wirkung in bezug auf die Reinigung des Auges ist durch die Spülungen zu erzielen, bei denen ein Strahl von Flüssigkeit unter geringerem oder stärkerem Druck auf die Bindehaut rieselt. Auch *Augenduschen* sind mehrfach angegeben worden. Abgesehen von der in der Dosierung nicht zuverlässigen Nebeldusche HEIMANN'S, die medikamentöse Lösungen ins Auge bringen soll, dienen sie hauptsächlich als Ersatz für Bäder nur zur Reinigung.

Die eigentlichen Spülapparate haben meist ein einfaches Mundstück oder eines mit wenigen Öffnungen; die Stärke des Druckes wird durch Heben oder Senken des Flüssigkeitsbehälters reguliert. Zur Ausspülung der Übergangsfalte bei schwer zu ektropionierenden Lidern, z. B. bei der Blennorrhöe während des Stadiums der starken Schwellung kann man auch DESMARRES'Sche Lidhalter verwenden, die hohl sind und mehrere Öffnungen haben.

Die einfachsten und für die meisten Zwecke empfehlenswertesten Geräte zur Augenspülung sind die kleinen im Handel erhältlichen *Undinen* aus Glas; sie können sterilisiert und gegen Verunreinigung des Mundstückes durch Staub oder dgl. mit einer kleinen Mullkappe geschützt werden; der Inhalt (am besten etwa 150 ccm) genügt zu mehrfachem Gebrauch. Die Intensität des Strahles läßt sich durch Heben oder Senken des Kännchens abstufen (Abb. 4).

Eine besondere Bedeutung wurde den Ausspülungen des Bindehautsackes eine zeitlang bei der Blennorrhöebehandlung zugesprochen. Es scheint auch nach unseren Erfahrungen, daß sie hier wirklich sehr wertvoll sind. Die „*grands lavages*“ verdanken ihre Einführung der Empfehlung von KALT. Er ließ eine Lösung von 1 : 3000—1 : 5000 Kalipermanganat durch einen besonderen Ansatz (Abb. 5) in den Bindehautsack innerhalb etwa 8 Min. hineinfließen und zwar in den ersten Tagen dreimal, später zweimal zwei Liter Flüssigkeit, auf Körpertemperatur angewärmt. Die Sekretion soll schon nach wenigen Tagen nachlassen, der Enderfolg besonders gut sein. Die Methode wurde sowohl bei der Blennorrhöe der Kinder wie bei Erwachsenen empfohlen. Der Ansatz von KALT hat als Endstück

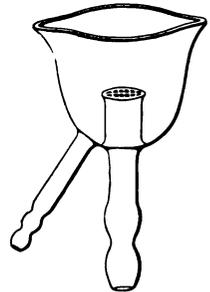


Abb. 3. Spülansatz.
(Nach SCHWEIGGER.)

eine 11 mm im Durchmesser haltende offene Schale, die zwar leicht zwischen die Lidspalte eingeführt werden kann, aber unter Umständen doch durch Scheuern an der Hornhaut oder an der Bindehaut Verletzungen hervorzurufen imstande ist.

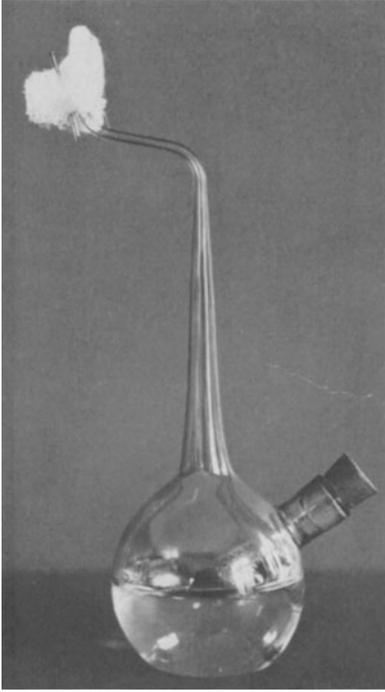


Abb. 4. Undine mit Schutzkappe.

Man hat nun einestheils mit Recht auf das besondere Gefahrenmoment hingewiesen, welches dadurch entsteht, daß bei der Blennorrhöe die Bindehaut meist morsch und leicht verletzlich ist und hat auch andererseits geglaubt, daß die mechanische Säuberung nach der Ektropionierung, z. B. das Auswischen mit feuchten Wattetupfern, genügend sei. Es wird aber die Ektropionierung im Stadium der starken Schwellung manchmal weder leicht noch ungefährlich sein. Auch sonst spricht mancherlei für die KALTSche Methode. Allerdings ist es besser, zur Ausführung der Spülungen den TERSONSchen Entenschnabelansatz (Abb. 6) zu benutzen, den HERTEL empfiehlt; alsdann ist die Gefahr der Hornhaut- und Bindehautverletzung recht gering. Die Diskreditierung des Verfahrens durch HOOR und LAMMHOFFER ist für die Anwendung dieses Ansatzes nicht berechtigt. Für die Therapie der Blennorrhoea adutorum mit KALTSchen Ausspülungen ist in Deutschland zuletzt noch DAVIDS eingetreten; er rühmt die sofortige Linderung der subjektiven Beschwerden, den auffallenden Nachlaß der Eiterung vom zweiten Tage an, die Unschädlichkeit für die Hornhaut und glaubt bei Vergleich mit den Krankengeschichten anders behandelter Augen konstatieren zu können, daß es ihm gelungen sei, Augen zu retten, die sonst zugrunde gegangen wären. Auch AXENFELD und FUCHS sind in ihren Lehrbüchern

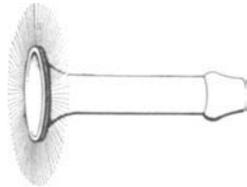


Abb. 5. Spülansatz.
(Nach KALT.)

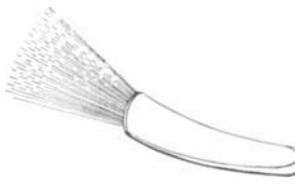


Abb. 6. Spülansatz.
(Nach TERSON.)

überzeugte Anhänger der Augenspülungen bei der Blennorrhöebehandlung.

AXENFELD weist darauf hin, daß es nur mit diesen Spülungen leicht möglich sei, eine Säuberung des Bindehautsackes bis in die entferntesten Winkel hinein vorzunehmen. Was solche Spülungen in Verbindung mit

Touchieren zu leisten vermögen, zeigte sich auch bei einer von LINDNER beobachteten Endemie von Blennorrhoea adutorum. Durch Augenspülungen, die alle 10—15 Min. im Anschluß an eine Tupferreinigung des Auges vorgenommen wurden (Anwendung dünner Kalipermanganatlösung) und mehrmaliges Touchieren, wurden unter 56 Fällen die allermeisten ohne ernsthafte Komplikation geheilt. Es entstand nur zweimal ein Geschwür und es kam nur einmal zur Perforation.

II. Massage.

Historisches. Die Augenmassage wurde schon von den alten Griechen vielfach in ähnlicher Weise angewandt wie von uns (s. f. bei HIRSCHBERG und COSTOMYRIS). Man schrieb ihr eine große Heilkraft zu („sie vermag zu lockern oder zu festigen, Gewebsansatz zu fördern oder zu verringern“), und benutzte sie am Auge z. B. bei Abspannung, bei Lähmungen, Verdickung der Lider, Trachom, drohender Schrumpfung und verschiedenen anderen Erkrankungen. In neuerer Zeit erwähnte als erster DONDERS ihre Brauchbarkeit zur Aufhellung von Hornhauttrübungen; allgemeiner wurde die Aufmerksamkeit der Augenärzte erst durch PAGENSTECHERS Publikationen auf die Massage gelenkt. In der folgenden Zeit erschien eine beträchtliche Anzahl von Arbeiten auf diesem Gebiet; in den letzten Jahren ist allerdings das wissenschaftliche Interesse dafür wieder geringer gewesen.

Über die Wirkung der Augenmassage und ihre verschiedenen Verfahren. Man unterscheidet zwischen einer mechanisch zerteilenden und einer reflektorisch anregenden Wirkung der Massage. Der mechanische Effekt kommt in der Hauptsache auf recht einfache Weise zustande: Durch den Druck werden Stoffwechselreste in die Abfuhrwege hineingepreßt und schneller zur Resorption gebracht; unter Umständen werden auch Stoffwechselprodukte gelöst, die sonst liegen bleiben würden. Dabei können schlaflige Granulationen zerquetscht werden; auch werden pathologische Gewebsreste häufig gelockert und leichter resorbierbar gemacht. Aus allen Hohlräumen von den kleinsten Gewebsspalten an bis zu den eigentlichen Hohlorganen wird Flüssigkeit abgeführt, infolgedessen meist die Spannung beträchtlich herabgesetzt und für neuen Zufluß von Ernährungsflüssigkeit Platz gemacht. Durch den mechanischen Reiz auf Muskulatur und Nerven kommt es zu einer Gefäßerweiterung und mit der Hyperämie zu einer stärkeren Ausschwemmung von Lymphe. Die Beschleunigung des Stoffwechsels läßt sich experimentell nachweisen; am Auge wurde festgestellt, daß die Resorption von vorher in den Glaskörper injizierter Tusche schneller vonstatten geht, wobei die Abfuhr durch die hintere und die vordere Kammer hindurch stattfindet (MUSY). Zu den unmittelbar auf den mechanischen Effekt zurückzuführenden Resorptionswirkungen tritt noch eine weitere bei Anwendung von Medikamenten, denn diese werden unter dem Einfluß der Massage beträchtlich besser und schneller zur Aufnahme gebracht.

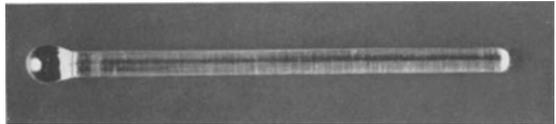


Abb. 7. Massagestäbchen.

Nach der Art der angewandten Technik läßt sich eine Reibungs- und eine Druckmassage unterscheiden: Die Reibungsmassage ist als direkt oder indirekt zu bezeichnen, je nachdem die zu behandelnde Stelle unmittelbar mit dem Finger oder einem Instrument gerieben oder die Massage durch das Lid hindurch zur Einwirkung gebracht wird. Zur *direkten Massage* am ekтропionierten Lid (COSTOMYRIS, KUHN) nimmt man meist den Fingerballen, den Daummennagel oder ein Glasstäbchen mit oder ohne Watte (Abb. 7). Dabei kann man den Augapfel durch die JÄGERSche Lidplatte abdecken und damit eine Unterlage für die ekтропionierten Lider schaffen. Die häufiger angewandte *indirekte Massage* (PAGENSTECHER) wird meist derart ausgeübt, daß man mit Daumen oder Zeigefinger bei geschlossenen Lidern auf eine Stelle in der Nähe des Lidrandes drückt und durch eine Zahl von schnellen Reibungen das Lid oder den Augapfel mehr oder weniger stark beeinflußt (Abb. 8). Man unterscheidet radiäre, vom vorderen

Pol des Augapfels in Richtung auf den Äquator hinführende Bewegungen und zirkuläre, die um die Hornhaut herumgehen; die Zahl der Bewegungen wird zu etwa 100 pro Minute angegeben. Die Dauer der einmaligen Massage soll

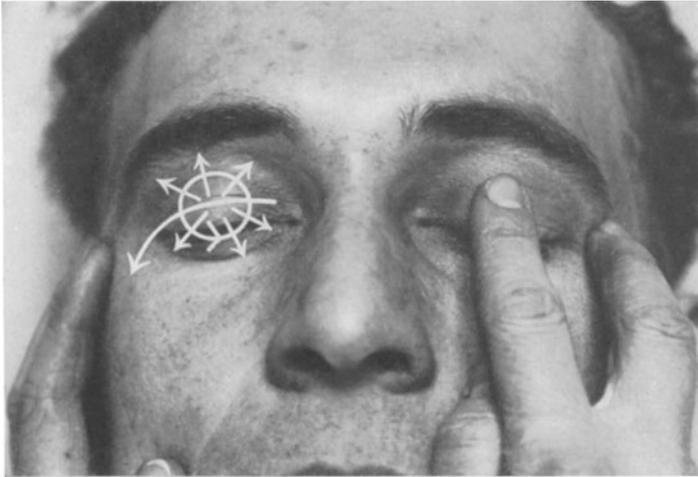


Abb. 8. Massage nach PAGENSTECHER, HEISRATH, KLEIN usw.

durchschnittlich 2—4 Min. betragen. Von anderen Autoren (HEISRATH cf. bei DANTZIGER) wurde in horizontaler Richtung gerieben und zwar mit dem Zeigefinger der rechten Hand in leichten, zitternden Bewegungen unter Vermeidung



Abb. 9. Massage nach SELZ.

von Drücken, Kneten, Klopfen und Beschränkung der Anwendung auf $\frac{1}{2}$ Min. Man kann auch so vorgehen (KLEIN), daß man die Lidhaut mit einer Hand anspannt und alsdann mit der anderen die Massagebewegung vom inneren zum äußeren Lidwinkel der Länge nach über das Auge hinweg ausführt und sie nach außen und unten auf die Wange fortsetzt. Ziemlich abweichend verfährt SELZ zum Zweck der Lidmassage, indem er Oberlid und Unterlid mit dem Daumen der linken und dem Zeigefinger der rechten Hand gegeneinander ektropioniert und aneinander reibt (Abb. 9). Durch Änderung der Blickrichtung und Supination der

Finger soll man dabei auch die Übergangsfalten in den Bereich der Massage ziehen.

Im Gegensatz zu der Massage mit reibenden und streichenden Bewegungen haben andere Autoren (DIANOUX, DOMEQ, HERTEL, KNAPP) eine Art „Druckmassage“ in Anwendung gebracht. Entweder faßt man dabei den Patienten mit beiden Händen an der Schläfe, so daß die Handflächen anliegen und übt mit den Daumen jeder Hand in langsamen oder schnellem Wechsel, unter gewünschter Abstufung der Intensität auf das Augenlid der entsprechenden Seite einen Druck aus (DOMEQ), oder man kann die Massage so vornehmen, daß man beide Zeige-

finger auflegt und in ähnlicher Stärke und in schneller Folge Pressionen ausübt, wie bei der Palpation des Augendruckes (DIANOUX).

Ein modifiziertes Verfahren ist die sog. Tetanisation (d. h. Vibrationsmassage nach MAKLAKOFF); dabei werden die Vibrationen eines kleinen Elfenbeinknopfes benutzt, der mit einem besonderen kleinen Motor in Schwingungen versetzt wird ($\frac{1}{3}$ mm Ausschlag, 9000 Vibrationen pro Minute). In ähnlicher Weise wirkt der mit einem Massageknopf verbundene elektrische Hammer nach PIESBERGEN (Abb. 10), der 2000 Schläge in der Minute ausführt. Man soll ähnliche Instrumente aber nur ganz leicht aufsetzen; alsdann darf man die Vibrationen zwischen 1 und 10 Minuten einwirken lassen. Man hüte sich übrigens, diese

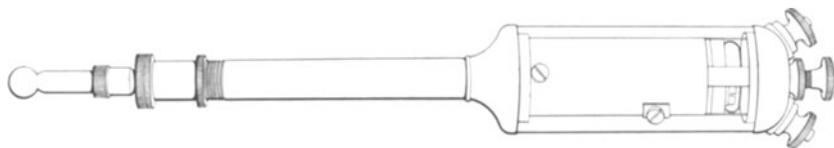


Abb. 10. Apparat zur Vibrationsmassage. (Nach PIESBERGEN.)

Verfahren bei Augen zu gebrauchen, bei denen die mechanische Einwirkung eine Gefahr hervorrufen kann, z. B. Augen mit stark kurzsichtigem Bau, bei welchen eine Netzhautablösung eintreten könnte.

Anwendung der Massage am Auge.

Die *Reibungsmassage* hat bei einer großen Zahl von Erkrankungen Anwendung gefunden. Von den Krankheiten der Lider sind zu nennen die seborrhöischen sowie die ulcerösen Blepharitiden, die Affektionen der MEIBOM'Schen Drüsen, Hagelkörner, ferner Ödeme und Blutungen; unter den deutschen Autoren, die für eine Massagebehandlung in besonders eindrucksvoller Weise eingetreten sind, müssen an erster Stelle PETERS und ELSCHNIG genannt werden. PETERS übt die Behandlung chronischer Bindehautkatarrhe durch Massage mit wattenwickelten Stäbchen aus. Er konnte chronische Conjunctivitis sicca, Frühjahrskatarrhe und Trachom damit günstig beeinflussen. PAGENSTECHER und nach ihm viele andere Autoren haben bei der Massage als Medikament die gelbe Salbe verwandt; aber auch andere Salben und einfache trockene Massage, letztere namentlich bei chronischer Erkrankung der Lidranddrüsen, sind mit gutem Erfolge versucht worden. Massage bei Conjunctivitis sicca und bei Rosacea-keratitis, letztere mit der von PETERS angegebenen ichthyol-haltigen Augensalbe (Original von der Greif-Apotheke in Rostock zu beziehen) werden seit Jahren erfolgreich in der Berliner Universitätsklinik angewandt.

Manche Autoren haben besondere Apparate zur Massage benutzt. ZIRULENKO nahm den von MAKLAKOFF angegebenen Vibrationsapparat. Bei „Conjunctivitis meibomiana“ hatte er in 18 Fällen nach 2—3 Wochen stets eine Heilung erzielt. Man kann sich vorstellen, daß vielleicht gerade bei dem zähen Sekret und bei den langen Ausführungsgängen der MEIBOM'Schen Drüsen die Anwendung des Vibrationsapparates gewisse Vorteile hat.

Von den Bindehauterkrankungen scheint der Follikularkatarrh auf Massage mit gelber Salbe recht günstig zu reagieren; Borsalbe und andere Medikamente sind aber ebenfalls brauchbar. Ausgezeichnete Erfolge erhält man besonders bei chronischen Conjunctivitiden (COSTOMYRIS, ELSCHNIG), auch wenn jede andere Art der Behandlung erfolglos war. Beim Frühjahrskatarrh wird die Massage (KLEIN, COSTOMYRIS) ebenfalls gelobt.

Eine besondere Stellung nimmt die *Massagebehandlung bei dem Trachom* ein. In früheren Zeiten versuchte man wohl allein durch einfache direkte Massage diese Erkrankung zu heilen: COSTOMYRIS berichtet über sehr gute Erfolge einer direkten Massage mit feinem Borsäurepulver; KEINING war sehr für die Massage mit einer Sublimatlösung eingenommen. Mehrfach hat ELSCHNIG über die Massagebehandlung des Trachoms berichtet. Er benutzt dazu entweder ein Glasstäbchen oder ein Wattestäbchen, das in Lösung von Hydrarg. oxycyanat. 1 : 4000 eingetaucht werden kann. Man kann dazu auch die von ZANIBONI empfohlenen 16 cm langen, 3 mm dicken, an den Enden angerundeten Holzstäbchen nehmen. Das Lid wird nach ZANIBONI ektropioniert, alsdann das mit Watte umwickelte, in $\frac{1}{2}$ —2%ige Sublimatlösung eingetauchte Stäbchen in die Falte hinter dem Tarsus eingeführt und durch rollende Bewegungen



Abb. 11. Massage nach KUHN.

das ganze Gebiet der oberen Übergangsfalte vom nasalen bis zum temporalen Lidwinkel mehrfach unter Abdrängen vom Bulbus in die Massage einbezogen. Das wichtige therapeutische Moment muß man aber nach ELSCHNIG allein in der Massage erblicken; der Zusatz der Medikamente erfolge nur zur Aufrechterhaltung einer gewissen Antisepsis oder zum Zwecke einer adstringierenden Wirkung. Wirkliche Heilungen des Trachoms werden aber meistens wohl nur erzielt, wenn man gelernt hat, mit chirurgischer, mechanischer und medikamentöser Behandlung in geeigneter Weise zu wechseln.

Eine *medikamentöse* Massagebehandlung des Trachoms hatte nach DANTZIGERS Bericht HEISBATH empfohlen; er benutzte dazu eine Salbe von Kalium jodatum 1,0, Natrium bicarbonicum 0,5; Vaselinum 10,0. KUHN, dem wir wohl die größte Erfahrung in der Trachombehandlung zuschreiben müssen, hält von der Verbindung der Massage mit gleichzeitiger medikamentöser Therapie auch nicht viel; er schätzt sie ebenso wie ELSCHNIG außerordentlich, jedoch nur als rein mechanisches Verfahren. Sublimatabreibungen sind nach seiner Ansicht beim Trachom erfolglos, können höchstens bei Follikularkatarrhen gute Wirkung haben. Die einfache Massage hingegen bewährte sich ihm in ganz hervorragender Weise gerade bei der Nachbehandlung des Trachoms im Anschluß an Ausrollungen und auch einige Zeit nach der vorgenommenen Excision. KUHN führt die Massage in höchst einfacher Weise derart aus, daß er den Daumnagel unter das Lid schiebt und mit der Fingerkuppe die gewünschten Stellen der Bindehaut über dem Nagel hin- und herreibt (Abb. 11). Nach unseren eigenen Erfahrungen ist aber doch die neuerdings von der II. Budapester Univ.-Klinik übernommene Massage mit Borsäurepulver oft von erheblichem Nutzen. Man bringt etwas Pulver an das festgewickelte befeuchtete Wattestäbchen und reibt damit unter sanftem Druck alle kranken Stellen der ektropionierten Bindehaut. Es ist möglich, daß hierbei die Borsäurekrystalle eine mechanische Wirkung ausüben.

An der Hornhaut hat die Massage häufiger Anwendung gefunden bei Narben und beim Pannus. Nachdem DONDERS im Jahre 1872 dieses Mittel zum ersten-

mal zur Narbenaufhellung empfohlen hatte, war es besonders die von PAGENSTECHER eingeführte Massage mit gelber Salbe, welche sich bis auf den heutigen Tag eine große Beliebtheit bewahrt hat. Bei dieser Methode hat man es bekanntlich ganz in der Hand, durch Anwendung einer stärkeren Salbe oder durch kräftigeres Massieren eine stärkere Reizwirkung auszuüben; man kann damit die Gefäße des Pannus zur Reinjektion bringen sowie gleichzeitig rein mechanisch die Resorption aus der Hornhaut beschleunigen. Die Intensität der Massage muß dem Zustand der Hornhaut angepaßt werden. Bei frischeren Fällen von Hornhauterkrankungen, z. B. bei Herpes und anderen oberflächlichen Entzündungen (KLEIN), frischen Hornhautgeschwüren (COSTOMYRIS) sollen ebenfalls unter Umständen günstige Erfolge erzielt werden können. Sogar bei Ulcerationen mit Hypopyon (JUST) wollte man durch Massage schnelle Verteilung und Resorption des Exsudats zuwege bringen. Im allgemeinen hat sich aber die Anwendung der Massage bei allen frisch entzündlichen Prozessen mit stärkerer pericornealer und ciliarer Reizung nicht bewährt; auch bei der parenchymatösen Hornhauterkrankung darf man sie im frischen Stadium nicht versuchen. Dagegen entsinne ich mich an einige Fälle von Trachom, bei welchen ein Pannus keine Gegenindikation gegen die Borsäuremassage war.

Bei Erkrankungen der Episclera und Sclera hat sich die Massage ebenfalls als recht nützlich erwiesen (cf. z. B. PAGENSTECHER und COSTOMYRIS, ELSCHNIG); unter Umständen soll schon das Reiben ohne Anwendung eines Medikaments zur schnelleren Verteilung der Knoten genügen. In einigen Fällen habe ich selbst auch bei der Anwendung der Massage hier Vorteile gesehen.

Die Behandlung der Regenbogenhauterkrankungen durch die Massage beschränkt sich nur auf wenige Experimente. Man hat z. B. den Versuch gemacht, Iritiden durch Massage mit Jodoformsalbe zu heilen (ABADIE); von späteren Autoren ist aber jeder günstige Einfluß der Massage auf Iritiden geleugnet worden.

Die *Druckmassage* wird im Gegensatz zu der Reibungsmassage häufiger zu rein mechanischen Zwecken gebraucht und zwar insbesondere am Augapfel selbst zur Resorptionsbeförderung und zur Herabsetzung des Augendruckes.

Das Auftreten von *Druckherabsetzung* hatte schon PAGENSTECHER im Anschluß an die Reibungsmassage festgestellt und als wichtiges Resultat notiert; andere Autoren hatten es bestätigt, und DIANOUX hatte zum Zweck der Druckherabsetzung bei iridektomierten Augen dann sein besonderes Verfahren der Druckmassage angegeben. Diese übte DIANOUX zunächst aus, um die Wunde offen zu halten; er begann damit am Abend des Operationstages und hielt den Patienten an, sie auch nach der Entlassung aus der Klinik noch eine zeitlang fortzusetzen. Es resultierte bei dieser Behandlung eine fistulierende Narbe, nach der Beschreibung zu urteilen mit ähnlichem Effekt wie bei den Narben nach gelungener ELLIOTScher Operation. Zum gleichen Zweck wurde die Massage auch später noch mehrfach empfohlen (SCHEFFELS, SILEX, HAAB). Gelegentlich ist sie auch bei subakuten Glaukomanfällen Operierter zur Unterstützung der medikamentösen Therapie versucht worden (SCHMIDT-RIMPLER). Eine Druckherabsetzung bei nicht operierten Glaukomaugen läßt sich indes nicht damit erreichen, wie schon vor vielen Jahren festgestellt wurde (SCHENKL, COSTOMYRIS; neuerdings auch wieder von WEGNER und MURAWIESKIN). Es bleibt entweder der Druck gänzlich unverändert oder die Herabsetzung ist nur sehr gering und geht schnell vorüber. Ob sich Sekundärglaukome günstiger verhalten (SCHENKL), muß als sehr fraglich erscheinen.

Detailliertere Kenntnisse über die Wirkung der Massage bei Glaukom verdanken wir KNAPP. Dieser stellte das Verhalten des Augendruckes nach Anwendung der Druckmassage fest. Er prüfte zunächst eine Reihe normaler Augen und fand mit dem SCHIÖTZ-Tonometer, daß nach 200 Pressionen der

Druck durchschnittlich um 4,5 mm Hg, nach 500 um 7,2, nach 1000 um 8,9 mm Hg erniedrigt war. Etwa $\frac{3}{4}$ Std. nach der Massage war der normale Druck durchschnittlich wiederhergestellt. Bei Glaukomaugen war die Herabsetzung bestenfalls nur gering oder sie trat überhaupt nicht ein. Nur die mit Erfolg operierten Augen reagierten meist auch mit stärkerem Druckabfall, so daß KNAFF glaubt, auf Grund des Verhaltens bei der Massage nach der Operation geradezu eine Prognose für die Dauer des operativen Effekts stellen zu können.

Druckmassage in zweckmäßiger Anwendung kann der *Resorptionsbeförderung* dienen. Abgesehen von ihrer Anwendung zur Aufhellung von Hornhauttrübungen läßt sie sich mit Erfolg zur schnelleren Resorption von Präcipitaten, von Blut- und Eiterresten aus der Vorderkammer und von Nachstarresten aus der Linsenkapsel gebrauchen. Recht günstig soll die Vibrationsmassage (MAKLAKOFF, PIESBERGEN) durch die dabei stattfindende stärkere Erschütterung sein. Wundstarmassen und Nachstarreste können zur Aufwirbelung gebracht und in der Vorderkammer verteilt werden. Synechien der Regenbogenhaut mit der Linsenkapsel können gelöst werden (letzteres bei MAKLAKOFF, SNEGIROFF und EVERSBUSCH erwähnt).

Ein besonderes Anwendungsgebiet der Massage ist ihre Benutzung zur *künstlichen Reifung des grauen Stars*. Man nahm sie im Anschluß an eine Punktion vor (GALLENGA), massierte nach der Iridektomie mit dem Schielhaken durch die Hornhaut hindurch (FÖRSTER) oder, ebenfalls nach der Iridektomie, die Linsenfläche direkt (ROSSANDER). Nach DEMARIA ist die erste Wirkung der Linsenmassage eine Abhebung des Kapselepitheles; danach folgt Einbruch des Kammerwassers in die Linse. Bei der modernen Operationstechnik spielt die künstliche Reifung des grauen Stars durch Massage nur noch eine geringe Rolle. Sie wurde wohl von mehreren Operateuren mit Erfolg in Anwendung gebracht (z. B. von KUHNT), doch empfiehlt ELSCHNIG für Jugendliche als besser die Discission und hält beim Altersstar jegliches Reifungsverfahren und somit auch die Massage für überflüssig.

Unbestritten ist der gelegentliche Wert der Massage bei ganz frischen Fällen von *Embolie*; es ist kein Zweifel, daß hierbei mehrfach durch ihre Anwendung das Augenlicht gerettet wurde. Als Erster konnte HIRSCHBERG diesen günstigen Erfolg feststellen; später ist noch von anderen Augenärzten ähnliches berichtet worden (z. B. durch VAN DUYSSE). Die Massage muß möglichst sofort mit dem Auftreten der Embolie begonnen und unter Umständen ziemlich lange fortgesetzt werden; auch dann noch kann man nur in einem nicht allzu hohen Prozentsatz der Fälle mit der günstigen Wirkung rechnen. Das Zustandekommen des Erfolges könnte in verschiedener Weise verursacht sein. Durch die vielen Druckschwankungen während der Massage kann der frische Embolus gelockert und günstigenfalls in einen unwichtigeren, kleinen Nebenast der Arterie hineingedrängt werden; lose zusammenhängende Zellmassen können zerteilt werden; möglicherweise wird schließlich auch manchmal ein Durchlaß neben dem Embolus geschaffen, indem der Tonus des spastisch kontrahierten Gefäßmuskels zum Nachlassen gebracht und dadurch die Zirkulation wieder in Gang gesetzt wird.

III. Druckverband.

Es muß hier berücksichtigt werden: 1. die klassische Druckverbandtherapie bei der Ablatio retinae und 2. der Gebrauch von Druckverbänden zu lokaler Druckeinwirkung an den Lidern oder an bestimmten Stellen des Augapfels, wie es neuerdings empfohlen wurde.

Der Druckverband zur Behandlung der Netzhautablösung wurde im Jahre 1875 von SAMELSOHN angegeben. SAMELSOHN führte die Netzhautabhebung auf Herab-

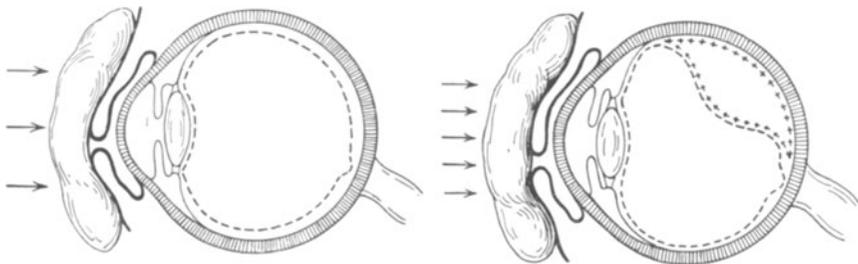
setzung des Augeninnendrucks zurück; dieser genüge namentlich bei zunehmender Dehnung der Sclera, wie z. B. am myopischen Auge oft nicht mehr, um die inneren Häute gespannt zu halten. Durch den Druckverband wollte er den Augeninnendruck erhöhen und glaubte, man könnte auf diese Weise auch die abgelöste Netzhaut wieder gegen die Aderhaut pressen. Mehr als die etwas zweifelhafte Erklärung der Netzhautablösung durch Nachlassen des Innendrucks sprach für die SAMELSOHNsche Ansicht, daß er mit seiner neuen Therapie Erfolge aufzuweisen hatte. Gleich zu Anfang beobachtete er zwei Fälle, bei denen es zu dauernder Wiederanlegung kam. Später gab er seinen ersten recht optimistischen Standpunkt allerdings teilweise wieder auf, da er doch häufig Mißerfolge sah. Er schlug dann vor, man solle in jedem Falle von Ablatio zunächst einen vier- bis fünftägigen Versuch mit dem Druckverband machen; bessere sich alsdann Visus und Gesichtsfeld nicht wesentlich, so sei von weiterer Anwendung abzuraten.

Inzwischen hatten sich viele andere Augenärzte mit dem neuen Verfahren befaßt und auch unzweifelhafte Erfolge gehabt, so z. B. an der Breslauer Klinik LASINSKI. Allerdings empfahl LASINSKI die Anwendung nur bei frisch Erkrankten, er gebrauchte den Verband nicht dauernd, sondern nur intermittierend des Nachts und des Nachmittags, erlaubte aber nebenbei dem Patienten aufzustehen und sich mäßige Bewegung zu verschaffen.

Von zahlreichen älteren Autoren, die der Druckverbandbehandlung positiven Wert beimessen, seien ULRICH, ASMUS, SCHMIDT-RIMPLER genannt. Die einwandfreieste und beweiskräftigste Beobachtung über günstige Wirkung stammt von WESSELY; er sah in einem Falle von spontaner Ablösung bei hochgradiger Myopie mit Befallensein der Macula nach Anwendung des Druckverbandes dreimal hintereinander erneut Wiederanlegung und schließlich dauerndes Haftenbleiben in einer Beobachtungszeit von einem Jahre. Hier kann der Zufall keine Rolle gespielt haben; das Resultat spricht unbedingt dafür, daß wirklich der Druckverband den heilenden Einfluß gehabt hat. WESSELY, der übrigens glaubt, daß die Wiederanlegung durch Druckverbandtherapie mit der Retractionstheorie der Netzhautablösung nur schwer zu vereinbaren sei, hält es für möglich, daß unter der Einwirkung des Drucks die Resorption beschleunigt wird und meint, daß diese sich nicht ausschließlich auf die Flüssigkeit des Augapfels vor der Netzhaut, sondern auch auf die Flüssigkeit unter der Netzhaut erstrecken könne. Er findet es zwar etwas bedenklich, ein Verfahren anzuwenden, welches den Augendruck noch weiter erniedrigt, glaubt indes doch, daß man allen Theorien zum Trotz dem von ihm mitgeteilten Befund eine gewisse Bedeutung nicht absprechen dürfe.

Von den Autoren, die sich auf einen ablehnenden Standpunkt stellen, mögen FREYTAG, MÜLLER und SATTLER erwähnt werden. FREYTAG macht geltend, daß sowohl die prä- wie die subretinale Flüssigkeit unter dem gleichen Druck stehe; er glaubt, daß eine Lageänderung der Netzhaut nur zu erwarten sei, wenn der Druck im Glaskörper zum Steigen gebracht werden könne. Das Weichwerden des Augapfels nach Abnehmen des Druckverbandes (von WESSELY in Tierversuchen festgestellt) will ihm als ein Gefahrenmoment erscheinen, da dadurch erneute Exsudation angeregt werden könne. Für die Anwendung des Druckverbandes spreche höchstens, daß man mit ihm im Anschluß an Punktionen am besten eine vollkommene Ruhigstellung erziele. MÜLLER hält den Druckverband „für vollkommen falsch“, namentlich im Hinblick auf die mögliche Abnahme des Glaskörpervolumens; auch zweifelt er, ob die günstigen Erfolge überhaupt auf einwandfreien Beobachtungen beruhen. Nur zur Ruhigstellung des Auges möchte SATTLER bei der Netzhautabhebung den Verband empfehlen.

Trotz dieser abweisenden Urteile hat FEHR in den Vorkriegsjahren bei einer größeren Zahl von Fällen den Druckverband im Anschluß an die Punktion angelegt und dabei bemerkenswerte Erfolge gehabt. Er stellt sich vor, daß unter der Wirkung des Druckverbandes das vorher punktierte Auge im sagittalen Durchmesser verkleinert werde und der Glaskörper dann die Netzhaut besser gegen die Augenwand andrücken könne. Unter 32 Fällen hatte er 10 definitive Heilungen — ein Prozentsatz, der bei anderem Vorgehen noch nicht erreicht worden ist. Für schädigend hält FEHR den Druckverband nur bei stärkster Kurzsichtigkeit, bei sehr verdünnter Sclera, bei starker Prominenz des Augapfels mit Brüchigkeit der Gefäße und Neigung zu Blutungen. Auch УНТНОВЪ, der sich schon früher über die Anwendung des Druckverbandes geäußert hatte, empfahl ihn noch in seinen letzten Lebensjahren.



12a. Druckverband bei normalem Auge.

12b. Druckverband bei Ablatio retinae.

▨ Grenze der Raumerhaltungstendenz I;
 - - - - - Grenze der Raumerhaltungstendenz II;
 + + + + + Grenze der Raumerhaltungstendenz III.

Abb. 12 (a und b). Wirkung des Druckverbandes.

Zur Erklärung der Wirkung des Druckverbandes soll kurz auf die *hydromechanischen Verhältnisse bei der Netzhautablösung* eingegangen werden. Es sind folgende mechanischen Faktoren von Bedeutung:

a) Die Verhältnisse des Gesamtraums im Augapfel. Dieser hat wie die meisten Gewebe und die abgeschlossenen Flüssigkeitsräume des Körpers eine Tendenz, sein Volumen auch gegen Druck zu behaupten und wieder einzunehmen (positive Raumtendenz I; s. Abb. 12).

b) Die Verhältnisse des Glaskörperraums. Da es sich beim Glaskörper um ein galertiges Kolloid handelt (BAURMANN), so muß man annehmen, daß dieses Kolloid eine, wenn auch gegen grobe Eingriffe häufig unzureichende, so doch keineswegs zu vernachlässigende Fähigkeit besitzt, sich gegen Flüssigkeitsverlust bei Kompression zu wehren, d. h. also, daß in dem Glaskörperraum eine besondere positive Raumtendenz II (s. Abbildung 12) besteht. Vermöge dieser wird die Netzhaut am normalen Auge dauernd in sanfter Weise angedrückt und vor dem Hineinsinken in den Glaskörperraum geschützt, wie dies schon FUCHS früher angenommen hat.

c) Die Verhältnisse im Raum unter der Netzhaut können sehr verschieden sein. Falls eine Schrumpfung des Glaskörpers und eine Abhebung der Netzhaut durch Zug oder durch Ansaugung stattfindet, kann die Raumtendenz III (s. Abb. 12) hier negativ sein. Falls ein Riß in der abgehobenen Netzhaut besteht und die Flüssigkeit zwischen Glaskörper und subretinalem Raum frei zirkulieren kann, ist die Raumtendenz in dem subretinalen Gebiet gegenüber dem Glaskörperraum gleich Null. Anders ist es bei exsudativen Chorioiditiden, bei der artifiziellen Netzhautabhebung (WESSELY), bei der Abhebung nach Blutungen, bei Tumoren u. ä.; dann hat der Raum unter der Netzhaut eine besondere Tendenz, sein Volumen beizubehalten oder sich sogar noch weiter auszudehnen (positive Raumtendenz III).

Vor dem Zustandekommen der Netzhautablösung müssen irgendwelche Kräfte eingewirkt haben, die das natürliche Gleichgewicht der Volumina zerstörten. Folgende Möglichkeiten sind denkbar:

1. Der Auginnenraum ist zu groß und würde vom normalen Glaskörper nicht mehr ganz ausgefüllt. Dann kann das Kolloid nicht mehr mit dem normalen Druck auf die Netzhaut einwirken.

2. Der Glaskörper ist geschrumpft; es kommt zu einer Abhebung des Glaskörpers in der Zonulagegend, an der Linse oder an der Netzhaut und zu einer gewissen Zugwirkung des Glaskörpers bei Bewegungen. Durch Strangbildung kann die Netzhaut abgezogen werden.

3. Es entsteht erhöhter Druck unter der Netzhaut wie bei der experimentellen Ablatio, bei Tumoren, bei Blutungen und Veränderungen der Aderhaut mit sekundärer Exsudation und daran anschließend die Abhebung der Netzhaut.

Wie wirkt der Druckverband am normalen Auge? Es entsteht eine Kompression des Orbitalinhalts, die sich dem Augeninhalte mitteilen muß. Bleibt der auf das Auge ausgeübte Druck unter dem normalen Auginnendruck, so resultiert nur eine geringe Verschiebung der komprimierenden Kräfte der elastischen Augenwand und kaum eine merkbare Volumensänderung. Bei stärkerem Druck bringt der Druckverband zunächst Kammerflüssigkeit zum Austritt und richtet sich damit zuerst gegen die Raumtendenz I. Bei etwas länger dauerndem Druck wird auch die relativ schwache Raumtendenz II des Glaskörperraums überwunden und Flüssigkeit ausgepreßt wie bei den Experimenten WESSELYS. Kann der Glaskörper jedoch ausweichen, so kann zunächst die Raumtendenz II des Glaskörpers eine deutliche mechanische Wirkung zur Folge haben. (Das sieht man auch bei der Staroperation, wenn man nach der Entbindung der Linse mit dem Lidhalter einen leichten Druck auf den Orbitalinhalt ausübt. Dann rückt Glaskörper gegen die Wandung der vorderen Kammer und es kann dabei unter Umständen die eingesunkene Hornhaut wieder hochgehoben werden, ohne daß Glaskörperflüssigkeit ausläuft.)

Wie wirkt nun der Druckverband bei der Netzhautablösung? Zunächst sei angenommen, daß außer der „Raumtendenz I“ nur die „Raumtendenz II“, dagegen nicht die „Raumtendenz III“ bestünde. Was geschieht, wenn auf einen elastischen, feinsporösen Behälter wie die Augenkapsel ein Druck ausgeübt wird, falls sich in diesem Behälter Flüssigkeit und ein gallertiges Kolloid befindet? Dann wird zunächst Flüssigkeit aus dem großen Behälter ausgetrieben, bis sich das Kolloid überall wieder den Wandungen anlegt. Im Auge muß dabei ein sanfter Druck auf die über den Glaskörper ausgespannte Netzhaut zustande kommen, wodurch sie schließlich wieder zum Anlegen gebracht werden kann. Das kann jedenfalls eintreten, wenn der Glaskörper noch eine etwas festere Konsistenz hat. Ist aber in dem Kolloidraum ein Gemisch von Kolloid und Flüssigkeit, wie bei stärkerer Destruktion des Glaskörpers, dann wird unter dem Druck zunächst ein Teil der mit dem Glaskörper gemischten Flüssigkeit entweichen. Der Glaskörperaum wird sich also nach Ausübung des Druckes unter diesen Umständen selbst noch weiter verkleinern. Am günstigsten sind deshalb für die Wiederanlegung die Verhältnisse, falls der Glaskörper noch eine normale Festigkeit hat. Wenn die subretinale Blase keine ausgeprägte „Raumtendenz III“ besitzt, und die Kugelgestalt des Glaskörpers nicht durch Strangbildung stärker deformiert ist, kann der Druckverband in solchen Fällen die Wiederanlegung wesentlich erleichtern.

Nutzlos ist der Druckverband sicher, wenn bei stärkerer Verflüssigung des Glaskörpers ein Einriß in der Netzhaut besteht, da dann die verflüssigte Masse in den subretinalen Raum entweicht.

Besteht eine deutliche positive „Raumtendenz III“ in dem subretinalen Gebiet, so wird der Erfolg davon abhängen, welche Kraft stärker ist, die Tendenz II oder III.

Eine weitere Erklärung der Druckverbandwirkung läßt sich aus den Erfahrungen ableiten, die man bei experimenteller Kompression von Tier- und Menschaugen gesammelt hat (BAILLIART, MAGITOT). Es treten dann von seiten des Blutes hydromechanische, hormonale und nervöse regulatorische Faktoren in Tätigkeit. Zunächst wird der Augendruck durch Flüssigkeitsaustreibung herabgesetzt, dann entsteht eine Reaktion, die eine Drucksteigerung bis zur dreifachen Höhe des Ausgangsdruckes bringen kann und die erst in mehreren Stunden abklingt. Es ist anzunehmen, daß diese Drucksteigerung auf vermehrte Flüssigkeitsproduktion beruht. Nimmt man an, daß die Flüssigkeit hauptsächlich in hintere und vordere Augenkammer sowie in den Glaskörperaum eintritt, so wird dadurch eine vermehrte Spannung in dem Raum erzeugt, welchen die Netzhaut umschließt; bei allen Fällen von Netzhautablösung ohne Riß kann so die Netzhaut mit etwas vermehrter Kraft gegen die Unterlage gedrückt und die Ablösung zur Wiederanlegung gebracht werden.

In Praxi wird das Verfahren der Druckverbandanwendung meist dadurch rationeller gestaltet, daß man vorher eine Punktion der subretinalen Flüssigkeit vornimmt. Es wird die vorher genannte „Raumtendenz“ der subretinalen Blase auf Null reduziert. Bei richtiger Ausführung befindet sich die Netzhaut dann schon beim Anlegen des Druckverbandes größtenteils wieder auf ihrer Unterlage. Mit diesem Verfahren hat FEHR die erwähnten Erfolge erzielt.

Aus den vorhergehenden Überlegungen zeigt sich, daß die Anwendung des Druckverbandes durchaus vernünftigen Prinzipien entspricht. Er wird günstig wirken können

1. wenn der Glaskörper eine ziemlich normale Struktur hat und nicht geschrumpft oder von Strängen durchzogen ist;

2. auch bei leichter Verflüssigung des Glaskörpers (Spaltlampe!) falls die Rindenschichten noch ziemlich fest sind und die Netzhaut keinen Einriß hat.

Zwecklos ist dagegen der Druckverband:

1. Bei stärkerer Strangbildung im Glaskörper, in oder hinter der Netzhaut;
2. bei stärkster Verflüssigung;
3. auch bei geringerer Verflüssigung des Glaskörpers mit gleichzeitig bestehendem Netzhauteinriß.

Das Beste ist die Verbindung des Druckverbandes mit der vorhergehenden Punktion; *dabei dürfen aber Netzhaut und Rindenschichten des Glaskörpers nicht verletzt werden*; auf diesen Punkt ist bei der Wahl des Punktionsverfahrens und bei der Ausführung der Punktion sorgfältigste Rücksicht zu nehmen.

Technik des Druckverbandes. Um möglichst sicher zu erreichen, daß der Druckverband eine Wirkung ausüben kann, muß bei dem Anlegen mit Sorgfalt verfahren werden. Die Stärke der Kompression reguliert man durch die Dicke des Wattekissens und durch die Kraft, mit der der Verband angezogen wird. Es ist nicht nötig, Binden mit Gummizug zu verwenden; hingegen sind Cambricbinden den gewöhnlichen Gazebinden vorzuziehen, da letztere sich nach dem Anlegen des Verbandes oft dehnen und die Wirkung des Verbandes als Druckverband illusorisch machen. Es ist auch darauf zu achten, daß das Wattepolster ganz gleichmäßig liegt (Prüfung mit der Hohlhand). Wie stark der Verband angezogen werden muß, ist Übungs- und Erfahrungssache. Bei zu starkem Druck treten dauernde Schmerzen auf; die Hornhaut zeigt nach Abnehmen des Verbandes Falten, es entsteht Irishyperämie, ja unter Umständen ein beträchtlicher Reizzustand bei tiefer vorderer Kammer. Letzteres ist ein ziemlich unangenehmes Ereignis; es kommt besonders leicht zustande, wenn der Glaskörper schon weitgehend verflüssigt war und deshalb nicht mehr so viel Widerstand leisten konnte, wie für eine erfolgreiche Druckverbandtherapie notwendig ist. Falls man Verdacht hat, daß dieses ungünstige Verhalten eintreffen kann, muß man beim Anlegen des Druckverbandes vorsichtig sein und nur einen mäßig straffen Verband gebrauchen. Läßt sich durch diesen in Verbindung mit Bettruhe und Punktion nicht bald ein deutliches Resultat erzielen, so sind weitere Versuche nutzlos.

Wie erwähnt, ist von verschiedenen Seiten eine intermittierende Anwendung des Verbandes für Stunden, bestimmte Tages- oder Nachtzeiten befürwortet worden. Auf Grund der vorhergehenden Darstellung ist aber anzustreben, daß die durch den Verband eingeleitete Volumensveränderung an den Contenta des Augapfels möglichst ununterbrochen bestehen bleibe, bis es zu einer etwas festeren Vereinigung zwischen den getrennten Augenhäuten gekommen ist. Aus diesem Grunde kann die intermittierende Anlegung des Druckverbandes nicht empfohlen werden. Ein Wechsel des Verbandes ist möglichst selten vorzunehmen; es sollte auch möglichst schnell geschehen.

Druckverband zu anderen Zwecken. Ein Druckverband wird von einigen Autoren auch angewandt, um die richtige Form an den Lidern oder an den vorderen Teilen des Augapfels wieder herzustellen. Augenscheinlich ist schon in der älteren Zeit der Druckverband in ähnlicher Weise nützlich verwandt worden. Bei ARLT z. B. finden sich Hinweise auf die im 17. und 18. Jahrhundert häufiger geübte Kompression des chronisch entzündeten und dilatierten Tränensacks; es ist das aber ein Verfahren von rein historischer Bedeutung. Man findet bei ARLT auch schon die Angabe, daß die Kompression bei Hornhautstaphylomen versucht werden könne; diese Art der Staphylombehandlung hat heute noch eine gewisse Bedeutung. FUCHS z. B. empfiehlt zur Verhütung des Staphyloms ausdrücklich diese Anwendung von Druckverbänden, und kürzlich erst hat auch

INOUE eine besondere Abänderung des Druckverbandes für die Staphylombehandlung vorgeschlagen, die brauchbar zu sein scheint. Die Behandlung der Ektasien hat natürlich nur Zweck, solange noch junges Bindegewebe in der ektatischen Stelle ist, das mitten in der Schrumpfung steht (FUCHS).

Mir selbst ist ein Fall aus der Kriegszeit in Erinnerung, bei dem ich eine stark ektatische, ziemlich große Descemetocèle unter strikter Bettruhe und mäßig stark drückendem Verband nach 2 Wochen schon vollkommen im Niveau der übrigen Hornhaut vernarben sah. Auch Irisprolapse, pannöse Erweichung der Hornhäute und beginnende Scleralstaphylome können nach FUCHS durch den andrückenden Verband hintangehalten werden. Sehr wichtig ist dabei — worauf ausdrücklich hingewiesen werden muß — daß mit der Anwendung des Verbandes dauernde Bettruhe, Vermeidung von allem Pressen, Husten, Niesen usw. einhergeht.

INOUE glaubt, daß bei Anwendung des einfachen Druckverbandes nur die Behandlung von Staphylomen an dem unteren und temporalen Teil der Hornhaut Erfolg verspreche; da während des Schlafes die als BELLSches Phänomen bekannte Blickwendung nach oben stattfindet, so müsse alsdann die Druckwirkung des gewöhnlichen Druckverbandes für alle Staphylome illusorisch werden, die am oberen Teil der Hornhaut oder den entsprechenden Teilen der Sclera liegen. In der Tat sind die Verhältnisse nicht nur so wie INOUE annimmt, sondern man kann wohl sagen, daß durch die Kompression des Auges bei einfachen Druckverband und die davon abhängige Erhöhung des Augeninnendruckes geradezu eine schädliche Wirkung auf das Staphylom ausgeübt werden muß, wenn der Verband nicht *an der Stelle des Staphyloms selbst fest anliegt*.

Um diesen Mangel zu beseitigen, hat INOUE aus Gummistöpseln von 6 cm Durchmesser Platten schleifen lassen, die an einer Seite hohl sind und sich der Form des Augapfels über den geschlossenen Lidern genau anpassen. Die Stelle des Staphyloms wird am geschlossenen Lid genau markiert und die Platte in jedem Fall so zugerichtet, daß gerade hier der stärkste Druck ausgeübt wird. Dabei liegt der Rand der Gummiplatte den Orbitalrändern und der Nasenwurzel auf. Zwischen Lid und Gummiplatte kommt eine einfache Schicht Leinwand. Die Binde darf nicht so fest angezogen werden, wie bei anderen Druckverbänden. Nach den Berichten INOUES sind die Erfolge vorzüglich: stark vorgebuckelte Keratocelen und frische Staphylome kamen damit zur Heilung (s. Abb. 13).

Gute Dienste leistete INOUE die Gummidruckform auch beim spastischen Entropion des Unterlids im Verlaufe des Trachoms und bei skrophulöser Erkrankung der Kinder. Hier wurde der Abschleiß der Platte so eingerichtet, daß der Druck sich besonders gegen das Unterlid in der Nähe des Orbitalrandes richtete. Durch stärkere Konkavität der Innenfläche wurde ein Druck gegen den Augapfel vermieden.

Weil der Druck kleiner Tumoren genügt, Astigmatismus hervorzurufen (aber nur einen vorübergehenden; Verfasser) und weil sich bei der Staphylombehandlung mit Gummidruckverbänden öfter eine Abflachung der Hornhaut zeigte, wurde INOUE bewogen, diesen Verband auch zur Behandlung von

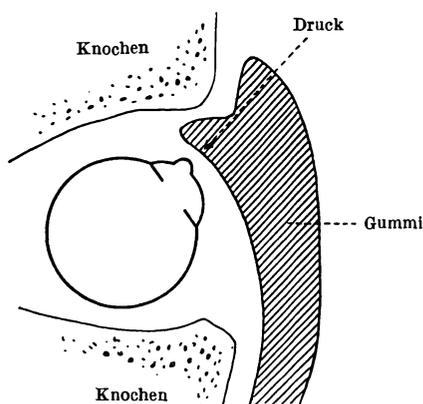


Abb. 13. Gummidruckverband nach INOUE (schematisch) bei Hornhautstaphylom.

Refraktionsfehlern zu verwenden. Es brauche nur eine Abflachung der Hornhaut um $\frac{1}{2}$ mm einzutreten, alsdann würde die Refraktion schon um 1 dptr vermindert. Eine entsprechende Behandlung wurde an 32 Augen vorgenommen; die Zahl der Behandlungstage betrug bei den einzelnen Patienten zwischen 9 und 380; der Verband wurde meistens nur stundenweise angelegt. Der Erfolg war aber keineswegs deutlich; er beschränkte sich nach Angabe INOUEs auf eine mäßige Besserung des Visus und eine Änderung der Refraktion um 0,25 bis 0,75 dptr. Aber auch diese Resultate sind nicht einmal durch objektive Messungen sichergestellt; ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß dabei Täuschungen unterlaufen sind. Es scheint zwar sicher zu sein, daß ein frisches Staphylom sozusagen in statu nascendi, durch den Druckverband vorteilhaft beeinflusst wird, wenn aber bei alten Staphylomen keine Wirkung zu erwarten ist (FUCHS), so sollte man es auch für unwahrscheinlich halten, daß durch stundenweises Anlegen eines Druckverbandes die feste Form des Augapfels sich dauernd verändert. Man muß auch bedauern, daß INOUE nur eine subjektive Prüfung der Sehschärfe zur Beurteilung der Erfolge herangezogen und nicht vor und nach der Behandlung die Hornhautwölbung am Ophthalmometer ausgemessen hat.

IV. Ableitungs-, Stauungs- und Saugtherapie.

Über Anwendung der Ableitungstherapie am Auge in der älteren Heilkunde hat PERGENS eine Abhandlung geschrieben. Blutentziehungen, Abführmittel waren ebenso wie Schwitzkuren, Bäder und Räucherungen Allheilmittel der alten hippokratischen Schule und wurden auch bei allen möglichen Augenerkrankungen angewandt. In Deutschland erwähnt BARTISCH schon den Gebrauch von Aderlässen am Auge; bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts spielten diese ebenso wie lokale Reizmittel eine führende Rolle in der Augenbehandlung. Selbst A. v. GRAEFE gebrauchte noch die Haarseiltherapie; er legte bei Keratoconus Fäden durch den Ciliarkörper, um eine Entzündung zum Zweck der Heilung hervorzurufen.

Aderlaß. Die Wirkung der Aderlässe ist bis in die neueste Zeit viel diskutiert worden. SCHNELLER glaubte nach der Venaesectio temporalis an den Blutadern des Augenhintergrundes Kaliberänderungen wahrzunehmen und COPPEZ wollte einen weitgehenden Einfluß der Aderlässe auf die Erkrankungen der inneren Augenhäute festgestellt haben. Beruhigende und entspannende Wirkung lokaler Blutentziehungen auf das Auge wird auch heute noch von einigen Autoren angenommen. Kliniker von Ruf wie FUCHS und EVERSBUSCH hatten bis in die neueste Zeit an der Anwendung des Aderlasses festgehalten. Wenn PERGENS glaubt, daß es sich bei dem Vertrauen zu dieser Therapie nur um verspätete Nachwirkung der hippokratischen Lehren handle, so ist das doch nicht ganz richtig; denn gerade die moderne Immunitätsforschung und die Serumtherapie hat erst bewiesen, daß auch geringgradige Umstellungen im Körper oft von wichtigen Änderungen gefolgt sein können. Bei den lokalen Aderlässen an der Schläfe wird man eine gewisse Wirkung auf den Blutkreislauf der Lider und eine Reflexwirkung auf die benachbarten Nerven anzunehmen haben. Man könnte schließlich auch dem ablenkenden und beruhigenden Einfluß für den Patienten eine Rolle zuschreiben.

In neuerer Zeit ist von GILBERT eine Arbeit über Anwendung von kleinen Aderlässen am Auge erschienen; er möchte sie zur ersten Behandlung des grünen Stars allgemeiner empfehlen. Eine interessante experimentelle Studie über den Einfluß lokaler Blutentziehung am Auge stammt von LEPLAT. Er rief bei Hunden durch subkonjunktivale Injektionen am Auge eine Drucksteigerung hervor und beobachtete die Wirkung von Aderlässen in der Schläfengegend. Es zeigte sich,

daß der Druckanstieg und -abfall auf der Seite des Aderlasses schneller vonstatten ging, was als Fernwirkung an den Vasomotoren nach Art der Axonreflexe gedeutet wird. Der günstige Einfluß auf die Schmerzen und auch auf den Heilverlauf bei Bulbuserkrankungen sei nur durch die mit dem Aderlaß gleichzeitig geübte Eigenbluttherapie zu erklären.

Falls man die Blutentziehung für die Behandlung des Auges anwenden will, wird man am besten den sog. Heurteloup benutzen und den Apparat an der Schläfe ansetzen. Ältere Ophthalmologen haben geglaubt, daß auch eine Blutentziehung aus dem Warzenfortsatz durch Vermittlung des dort einmündenden Emissarium Santorini und der Sinus auf die Zirkulation der Vena ophthalmica günstig einwirken könne. Doch ist das heutzutage wohl nicht mehr zu akzeptieren.

Besser begründet erscheinen Versuche, bei hochgradiger Chemosis und starken Stauungszuständen in der Orbita durch lokale Incisionen einen Abfluß zu schaffen. Solche kleinen Einschnitte in die Bindehaut hatten, wie ich selbst beobachten konnte, bei hochgradiger Protrusion und starker Stauung infolge eines retrobulbären Lymphzellentumors einen deutlichen symptomatischen Erfolg: Die Chemosis geht zurück, die Augenlider können wieder geschlossen werden, und für eine gewisse Zeit wird damit eine wesentliche Erleichterung geschaffen.

Stauungs- und Saugbehandlung. Bei akuten Entzündungen und namentlich bei Eiterungen wurde zu Anfang des Jahrhunderts in der Chirurgie sehr häufig die von BIER und KLAPP angegebene Stauungs- und Saugbehandlung verwandt; es sollten mit dieser Therapie mehr Abwehrstoffe an den Krankheitsherd herangebracht werden, unter Vermittlung der dadurch bewirkten Hyperämie. Bei der Anwendung in der Chirurgie zeigte sich später, daß eindeutige Erfolge nur erzielt werden konnten, wenn der Sekretabfluß aus offenen Wundflächen gefördert wurde oder wenn es sich um relativ gutartige und lokal abgegrenzte Krankheitsherde handelte; bei hochinfektiösen Prozessen kam dagegen öfter eine gefährliche Ausbreitung von Keimen ins Nachbargewebe zur Beobachtung, so daß geradezu eine Verschlechterung eintrat (LEXER). Die Chirurgen sind infolgedessen vielfach von der Stauungsbehandlung ganz abgekommen und verwenden höchstens noch die KLAPPSche Saugglocke zur Absaugung von Wundsekret und Eiter an incidierten, gut abgegrenzten Abscessen sowie bei Furunkeln u. ä.

Am Auge wurde die Stauungsbehandlung von BIER selbst für Erkrankungen der Lider in Vorschlag gebracht. HOPPE, der die BIERsche Staubinde bei Bindehaut- und Hornhauterkrankungen versuchte und das an den Hals angelegte, 2 cm breite Gummiband täglich viermal 10 Min. anwandte, um später die Behandlung bis zu mehrstündigem oder dauerndem Tragen der Binde zu steigern, erwähnt als promptesten Erfolg die schmerzstillende Wirkung. Wenn aber HOPPE dabei gute Resultate gehabt haben will, so handelt es sich doch meist um leichtere Erkrankungen des vorderen Augapfelabschnittes, die bekanntlich auch ohne solche Behandlung in Heilung übergehen. Der Autor suchte dabei festzustellen, ob eine plethysmographisch nachweisbare Vermehrung des Orbitalinhalts während des Ansaugens mit einer Saugglocke bestand, konnte diese aber nicht finden.

Eine kritische experimentelle Arbeit über die Stauungstherapie hat WESSELY geliefert. Beim Kaninchen sah er trotz stärksten Ödems der Kopfhaut und der Lider nach Anlegen der Binde am Augapfel selbst überhaupt keine Veränderung. Er bestreitet gegenüber SCHIRMER und HALBEN, daß man bei korrekter Versuchsanordnung eine Druckerhöhung im Auge und eine Veränderung des Immunstoffwechsels bzw. einen vermehrten Übertritt von Eiweiß in das Kammerwasser

nachweisen könne. Auch ZUR NEDDEN konnte weder durch Kopfstauung noch durch Ansaugen des Augapfels mit dem Schröpfkopf Veränderungen im Kammerwasser zuwege bringen. Mehrere Ophthalmologen (AUGSTEIN, NIEDEN, HUMMELSHHEIM, bei WESSELY) sahen, ganz entsprechend diesem negativen Ausfall der experimentellen Ergebnisse, nur geringe oder gar keine praktischen Erfolge bei der Stauungstherapie.

Wie nach den Versuchen ZUR NEDDENs vorauszusehen war, konnte auch die KLAPPSche Saugbehandlung am Auge keine erwähnenswerten Resultate erzielen. Man hätte gewiß vielleicht zunächst vermuten können, daß bei den Liderkrankungen gewisse Chancen für die Anwendung der Saugglocke vorhanden wären. Der Versuch in der Praxis (HOPPE, HESSE) hat das jedoch nicht bestätigt. Bei chronischen Lidrandentzündungen und Hagelkörnern z. B. war die Behandlung erfolglos; das wird auch verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Lidranddrüsen in die harten unnachgiebigen Bindegewebsplatten der Tarsi eingebettet sind, bei denen eine Erweiterung der Gefäße und Lymphspalten durch Ansaugung nicht möglich ist. Nebenbei besteht die Gefahr, daß beim Anwenden der Saugglocke das sehr zarte Gewebe an weiter entfernten Stellen der Lider und der Orbita passiv stark gedehnt wird und Keime aus der Nachbarschaft dorthin gelangen. Auch die Versuche von HESSE beim Ulcus serpens können nicht als glücklich bezeichnet werden; in den wiedergegebenen Krankengeschichten findet man recht häufig Perforation verzeichnet; einmal trat sie während des Saugens ein.

Unser Urteil über die Stauungs- und Saugbehandlung des Auges und der Orbita muß leider dahin zusammengefaßt werden, daß diese Methoden wegen der eigentümlichen topographischen und physikalischen Verhältnisse am Auge fast niemals Anwendung verdienen.

B. Thermotherapie.

I. Allgemeines.

Angaben über Anwendung der Wärme und der Kälte reichen bis in die ägyptische und die voralexandrinische Zeit zurück, wo sie mit dem Gebrauch von Bädern, Brei- und Kräuterumschlägen und Räucherungen verknüpft war. Auch heutzutage ist die Thermotherapie vielfach noch in ähnlicher Form im Gebrauch. Es ist klar, daß es sich dabei stets um eine komplizierte, zunächst physikalisch wirkende Beeinflussung handelt, bei der die Wärme oder die Kälte meist nur einen kleineren oder größeren Bruchteil der Gesamtwirkung ausmacht.

Die Anschauungen über das Wesen der Krankheiten standen bis in die erste Hälfte des vergangenen Jahrhunderts stark unter dem Einfluß humoral-pathologischer Vorstellungen. Durch Anwendung von Kälte wollte man die Krankheiten verteilen und durch Anwendung von Wärme die Krankheitsstoffe nach bestimmten Stellen hinleiten. Der in seiner Zeit weit berühmte BEEB hatte aus diesem Grunde vor der Anwendung starker Wärme am Auge geradezu eine gewisse Scheu und er empfiehlt sie nur zur Erweichung von Gerstenkörnern. Im übrigen aber möchte er nur eine äußerst mäßige, trockene Wärme angewandt haben. Stärkere Wärme galt ihm als eine Schädlichkeit, die ebenso wie „Verkühlung“, „arthritische“ Augenrezidive hervorrufen könne. (Übrigens scheint die Anwendung warmer und kalter Augenbäder beim Ptolikum schon damals eine Art Sport gewesen zu sein, gegen den BEEB sich mehrfach scharf wenden mußte.) Im allgemeinen waren die Anschauungen der Ärzte über die Thermotherapie in jener Zeit noch recht ungeklärt; eine unserer jetzigen entsprechende Auffassung von der Bedeutung der Wärme- und Kälteanwendung wurde im wesentlichen erst durch v. GRAEFE entwickelt.

Zum Verständnis der am Auge in Betracht kommenden Verhältnisse ist eine kurze allgemeinere Betrachtung über die Folgen der künstlichen Temperaturerhöhung und -erniedrigung im Körper am Platze. Im Inneren des Körpers

herrscht eine — abgesehen von den Tagesschwankungen — ziemlich konstante Temperatur. Durch die Wärmeabgabe kommt es an der Haut zu einer Temperaturniedrigung, die sich bis in eine gewisse Gewebstiefe meßbar nachweisen läßt. Als ausgleichender Faktor tritt die Wärmeleitung aus dem Innern und vor allem die Wärmezufuhr durch die Blutzirkulation in Tätigkeit. Mäßige Änderungen in der Wärmeabgabe werden durch eine automatische Regulierung der Zirkulation zum größten Teil wettgemacht. Bei stärkerer Abkühlung kommt es zu erhöhter Muskeltätigkeit und gesteigerter Verbrennung; bei stärkerer Temperaturerhöhung tritt durch Gefäßerweiterung eine stärkere Wärmeabgabe ein und ebenso durch Vermehrung der Verdunstung infolge gesteigerter Schweißproduktion. Die physiologischen regulatorischen Funktionen können zugleich therapeutisch sehr wertvoll werden, wenn der Regulationsmechanismus durch passende Anwendung von Wärme oder Kälte in geeigneter Weise in Tätigkeit gesetzt wird. Außer diesen primären Wirkungen der Thermotherapie kommt weiterhin in Betracht die Einwirkung auf die Nerven und die Schutzstoffverteilung.

Die durch Anwendung der *Wärme* zustande kommenden lokalen Veränderungen sind in der Hauptsache folgende:

1. Mit Erweiterung der Gefäße tritt eine Hyperämie auf; diese wird von BIER als ein sehr wichtiges, therapeutisches Agens angesehen. Neben der Erzielung der Hyperämie durch Stauung sucht die BIERsche Schule (KISCH) sie auch durch Erwärmung hervorzurufen, insbesondere durch die langwelligen Strahlen des Lichts, welche einen großen Energievorrat an Wärme mit sich führen. (Der zur Hyperämie führende vasodilatatorische Effekt entsteht übrigens durch einen lokalen Regulationsmechanismus und wird nicht durch das Zentralnervensystem vermittelt, wie schon vor geraumer Zeit [GOLTZ und ZONDEK] an Hunden mit verkürztem Rückenmark festgestellt wurde und wie sich auch aus der Persistenz der Gegenregulierung gegen Überhitzung nach Anwendung nervenlähmender Gifte [DIEHL] schließen läßt. Es handelt sich um Axonreflexe.)

2. Infolge der Hyperämie kommt es mit der gesteigerten Blutdurchströmung zu einer besseren Nährstoffversorgung und zu einem erhöhten Abtransport der Stoffwechselschlacken. Es setzt eine vermehrte Zelltätigkeit ein, die ganz allgemein den Heilungsprozeß begünstigt.

3. Es kann mit der besseren Durchströmung des Gewebes der entzündlichen Verschiebung des Ionengleichgewichtes nach der sauren Seite entgegengewirkt werden.

4. Mit der Erweiterung der Gefäße ändert sich auch die Durchlässigkeit der Gefäßwand und der Eiweißgehalt der austretenden Lymphe. Die Zahl der auswandernden Leukocyten ist vermehrt; durch gesteigerten Leukocytenzerfall und vielleicht auch durch den veränderten Eiweißgehalt der Gewebsflüssigkeit bekommen verschiedene Schutzstoffe Zutritt zu dem Krankheitsherd.

5. In dem erwärmten Muskel wird der Tonus verändert; in den Drüsen kommt es zu einer gesteigerten Funktion.

6. Bei schwächerer Erwärmung nimmt die Sensibilität der Nerven zu; bei stärkerer Erwärmung kommt es zu einer Schmerzstillung (einmal durch Abnahme der Sensibilität, auf sekundärem Wege durch Verbesserung des Stoffwechsels und durch Nachlassen der Spannung).

7. Bei stärkster Erwärmung resultiert schließlich eine Eiweißschädigung, welche die Vitalität bedrohen kann; der geringste Grad solcher Schädigung zeigt sich oft durch eine länger bestehenbleibende Gefäßparalyse an. Natürlich reagieren auch alle anderen Zellen und nicht nur die der Gefäße; nur wird die Reaktion dabei nicht so leicht sichtbar.

8. An einem abgeschlossenen Organ mit besonderen Druckverhältnissen und feinen Regulationsmechanismen, wie es das Auge darstellt, treten noch weitere Wirkungen hervor. Auf stärkere lokale Erhitzung am Limbus zeigt sich z. B. eine Druckherabsetzung. (Der Einfluß der Erwärmung des vorderen Teils durch abgestufte Intensitäten wurde von amerikanischen Autoren [SHAHAN] näher studiert.)

Wesentlich anders sind die Folgen bei der Anwendung der *Kälte*.

1. Bei kurzer Einwirkung schwacher Abkühlung kommt es an der Zelle, wie bei allen schwachen Reizen, zu einer geringgradigen Förderung des Wachstums (RISCHPLER, s. WESSELY], doch ist diese Reaktion therapeutisch kaum zu verwenden.

2. Bei stärkerer Kältewirkung an der Hornhaut kommt es zur Vakuolisierung des Epithels und zum Zerfall der Lamellen; allerdings setzen gleichzeitig regenerative Vorgänge ein.

3. Allgemeiner entsteht im Körper bei Abkühlung eine Art Selbstschutzreaktion; unter Verengung der Gefäße zeigen sich Blässe der Haut und Runzelbildung, die durch Kontraktion der Hautmuskulatur bedingt sind.

4. Mit der Gefäßverengung ist eine Zirkulationsherabsetzung verknüpft und eine Herabsetzung aller Funktionen, die auf die Heilung auch ungünstig wirken kann.

5. Mit der Herabsetzung des Stoffwechsels und der Abnahme der Temperatur ist meist ein Nachlassen der Sensibilität verbunden. Rückgang von Schmerzen kann jedoch auch durch das Nachlassen der Turgescenz in den erkrankten Gebieten bedingt sein.

Von besonderer Wichtigkeit ist der Grad der erzielten *Tiefenwirkung*. ZONDEK hat mit einem Tiefenthermometer, welches durch einen dünnen Troikart an die verschiedensten Stellen eingeführt werden konnte, die hierbei obwaltenden Verhältnisse untersucht. Wenn die Thermometerspitze 4 cm tief unter der Haut am Peritoneum lag, sank die Temperatur nach Auflegen eines Eisbeutels in den ersten 30 Min. um 1,3° C, in den zweiten 30 Min. um weitere 2,4°. An Stellen mit stärkerem Fettpolster war die Temperaturverminderung wesentlich geringer. Nach Fortnehmen des Eisbeutels kehrte die alte Temperatur allmählich zurück. Bedeutend stärker war die Temperaturerniedrigung in den oberflächlichen Schichten; an der Subcutis des Unterarms genügte schon eine Entblössung in einem Zimmer von 10°, um die Temperatur um 5,5° herabzusetzen. Eine spätere reaktive Übererwärmung nach Fortlassen der Kälteanwendung konnte im allgemeinen nicht festgestellt werden; sie trat aber auf nach Anwendung intensiv starker Chloräthylvereisung. In diesem Fall entsprach sie wohl einer stärkeren Schädigung der Gefäße; die Haut fühlte sich dann sehr warm an, und die Temperatur im Unterhautgewebe war um 1,5° höher als die Anfangstemperatur.

Bei Anwendung eines PRIESSNITZschen Umschlages von 17,5° wurde die Unterhautschicht zunächst um 0,6° abgekühlt; bei dem bald darauf beginnenden Anstieg aber schließlich um 0,7° höher erwärmt als die Anfangstemperatur. Deckte man den Verband mit wasserdichtem Stoff ab, so betrug der Anstieg 1,4°. Ein in 3,5 cm Tiefe in die Nähe des Peritoneums geführtes Thermometer stieg unter dem wasserdicht abgeschlossenen Priebnitz um 0,6° bis auf die Temperatur des Rectums.

Aus dem Verlauf der Versuche entnimmt man u. a., daß der Einfluß der erwärmenden und abkühlenden Mittel mit der Tiefe schnell geringer wird. Bei der Eisapplikation ist die Temperaturdifferenz zwischen dem therapeutischen Mittel und der Körpertemperatur höher und deshalb auch der Grad der erzielten

Temperaturänderung. Bei der Anwendung der stärksten noch zulässigen Erwärmung kommt es nur in der oberflächlichsten Schicht zu einem Anstieg über die Körpertemperatur hinaus; in allen etwas tieferen Schichten findet höchstens eine Aufwärmung auf die Bluttemperatur statt.

Analoge Einflüsse wie an den Extremitäten und am Rumpf müssen auch an der Augenhöhle zur Geltung gelangen; sie sind höchstens insofern modifiziert, als es sich um eine rings von Knochen abgeschlossene Höhle mit eigenartiger Gewebs- und Gefäßverteilung handelt. Die Wärmeleitung ist begünstigt durch den großen, gefäßlosen Binnenraum des Auges, der nach dem Bindehautsack zu durch die ebenfalls gefäßlose Hornhaut abgeschlossen ist.

Zur Beurteilung der Wärme- und Kältewirkung am Auge und der mit ihrer Anwendung zusammenhängenden experimentellen Messungen mußten zunächst genaue Feststellungen über die normalen, in seinen verschiedenen Teilen herrschenden Temperaturen vorgenommen werden. Als erster hat MICHEL solche Messungen angestellt, und zwar unter Verwendung von Thermoelementen, deren reagierende Lötstelle in einer Nadel enthalten war und durch die Einstichstelle in den Augapfel eingeführt werden konnte. Beim Kaninchen mit seiner Körpertemperatur von 38,5—38,9° fand sich in der Vorderkammer eine Temperatur von 31,9°, im Glaskörper eine solche von 36,1°. Die Vorderkammertemperatur stieg nach Lidschluß sofort um 2—3°, und sank nach Auflegen einer Eisblase um 13—15°. GIESE, welcher nach den fehlerhaften Messungen von SILEX die ersten genauen Messungen am Menschen vornahm, fand (ebenfalls mit Thermoelementen) im Bindehautsack eine Durchschnittstemperatur von 35,72°, fast genau das gleiche wie HERTEL, der mit dem Quecksilberthermometer 35,65° erhielt. Von GIESE wurde auch die Bindehauttemperatur bei einer Reihe von Augenerkrankungen festgestellt; sie betrug im Durchschnitt bei Blepharocconjunctivitiden 36,07°, bei Schwellungskatarrhen 36,87°, bei Hornhautinfiltraten 36,49°, bei Trachomfällen ohne Pannus (frisches Trachom) 36,43°, in einem Falle frischer Iritis 36,74°, in 3 Fällen von Panophthalmie 36,56°.

Interessant sind nun die Temperaturänderungen, welche GIESE und HERTEL bei Verwendung von Umschlägen im Bindehautsack konstatiert haben. GIESE fand bei kalten Umschlägen nach 20 Min. maximal nur 1° Abnahme. Eine Eisblase wurde schon ziemlich unwirksam, wenn Guttaperchapapier untergelegt wurde; auch sonst zeigten die Eisblasen nicht den Erfolg, wie unmittelbar auf die Lidhaut gelegte kalte Kompressen. Die Temperaturherabsetzung, die HERTEL durch Eiswasserkompressen erhielt, betrug zwischen 2,2 und 4,7°; er betont, wie wichtig dabei ein häufiger Wechsel ist. Um das Maximum der Wirkung zu erzielen, müssen die Umschläge alle 30 Sek. erneuert werden. Bei warmen Umschlägen von 40° fand GIESE eine maximale Temperaturerhöhung von nur 1,07°; meist betrug sie nur $\frac{1}{2}$ Grad oder etwas weniger. HERTEL, der 55° warme Kompressen alle 30 Sek. erneuern ließ, fand eine maximale Zunahme von 1,6° und erreichte auch im Falle der geringsten Wirkung wenigstens noch eine Steigerung von 0,9° C.

Das Maximum der Temperaturänderung im Bindehautsack wurde in allen diesen Versuchen schon in wenigen Minuten erreicht; nach Fortlassen der Umschläge ging die Wirkung ebenso schnell wieder zurück. Bei HERTEL blieben die Resultate auch unbeeinflusst, wenn die Zirkulation in der Bindehaut durch Cocaineinträufelung herabgesetzt wurde. Selbst die Kompression der Carotis mit der danach eintretenden Anämie konnte die Temperaturerniedrigung durch Eiswasserumschläge am Tierauge nicht verstärken. Deshalb neigt HERTEL der Ansicht zu, daß der thermoregulatorische Einfluß der Gefäße bei der Anwendung von warmen und kalten Umschlägen nur relativ gering sei. Er nahm auch weitere Messungen an einem tenotomierten Kaninchen vor, indem er das Thermometer

durch die Wunde bis hinter den Augapfel führte; alsdann erhielt er durch Eiswasserumschläge eine Herabsetzung bis zu $5,4^{\circ}$ und durch warme Umschläge von 55° eine Erhöhung bis maximal um $1,6^{\circ}$. Da diese Zahlen nicht viel anders sind als die beim Menschen im Bindehautsack gefundenen, möchte HERTEL annehmen, daß die Zirkulation keinen erheblichen regulierenden Einfluß auf die Tiefenwirkung der thermischen Methoden in der Orbita ausübe; die relativ starke Tiefenwirkung sei dadurch zu erklären, daß der voluminöse gefäßlose Augapfel als besonders guter Leiter funktioniere.

Bezüglich des Einflusses der Zirkulation scheint mir aber folgendes beachtenswert zu sein. Wenn man das Mittel aus allen Messungen der HERTELSchen Tabelle nimmt, so zeigt sich, daß die durch Umschläge erzielten Bindehauttemperaturen im Durchschnitt nur um $0,2^{\circ}$ C von der Körpertemperatur im Rectum differierten. Würde aber bei einer Umschlagtemperatur von 55° alle Wärme in einer von den Gefäßen *unabhängigen* Weise in das Gewebe weitergeleitet, so müßte auch die Temperatur im Bindehautsack bei längerer Anwendung der Umschläge doch wesentlich höher ansteigen und könnte nicht so nahe bei der Temperatur des Körperinnern liegen. Sollte sich aus diesem Grunde die Annahme als richtig erweisen, daß an der Bindehaut ebenso wie an den verschiedensten anderen Stellen des Körpers die Zirkulation in hohem Grade wärmeregulatorisch wirkt, so wird man diesen Einfluß für die tieferen Teile der Orbita erst recht nicht in Abrede stellen können.

Auch die Messungen, welche neuerdings HOWE bei einem Patienten mit einer Orbitalfistel in 2,7 cm Tiefe unter der Lidhaut vornehmen konnte, sprechen zugunsten dieses regulatorischen Einflusses. Am lebenden Menschen sank in der Augenhöhle nach Auflegen eines Eisstückes von 3×2 cm in 35 Min. die Temperatur um 3° C und zwar in einer Kurve, die einer Gleichung zweiten Grades entspricht. In einem Kontrollversuch an der Tierleiche war die Temperaturverminderung bedeutend stärker und wurde durch eine Kurve nach einer Gleichung ersten Grades bedingt. Das spricht doch in überzeugender Weise dafür, daß im *lebenden* Gewebe bei der Erwärmung außer der Wärmeleitung noch ein weiterer Faktor beteiligt ist. Bei Erwärmung der Augenhöhle des Kanarienvogels durch ein Heizkissen von 54° stieg die Temperatur in 18 Min. um etwa 1° auf annähernd 38° C. Aus dem Vergleich der Kälte- und Wärmewirkung ergab sich an Hand einer Berechnung, daß im lebenden Gewebe die Wärme nur halb so gut geleitet wurde, wie die Kälte; auch dieser Unterschied kann nur durch eine Verschiedenheit eines regulatorischen Effektes erklärt werden, deren Ursache mit Sicherheit in der Zirkulation zu suchen ist. Sie kommt dadurch zustande, daß die Gefäße bei der Wärmeapplikation durch die Hyperämie ein größeres Kaliber haben als bei der Einwirkung der Kälte.

II. Behandlung durch Gesamterwärmung des Körpers.

Die altbekannten Schwitzkuren können als eine solche Therapie bezeichnet werden, bei welcher eine Wärmewirkung am ganzen Körper für die Heilung irgendeines Krankheitsherdes ausgenutzt wird. Sie sind auch für manche Augenkrankheiten ein ganz ausgezeichnetes Mittel. Schwitzen galt schon in der älteren Medizin als nützlich, um Erkältungen zu beseitigen, Flüssigkeitsergüsse aufzusaugen, Krankheiten vorzubeugen und den Krankheitsverlauf abzukürzen.

Es gibt mehrere rationelle Methoden, um eine Wärmewirkung am ganzen Körper zu erzielen. Eine solche Wirkung ist auch schon vorhanden, wenn die natürliche Wärmeproduktion durch Verhinderung der Ausstrahlung und der Wärmeableitung dem Körper verbleibt, wenn es zu einer Wärmehaufenbildung

kommt. Diese Wärmearaufstauung hilft bei allen Prozeduren mit. Sie kann allein schon einen starken Schweißausbruch herbeiführen.

Folgende Methoden kommen für die Praxis in Betracht:

a) Bäder.

1. Das einfache heiße Bad (37—38° C) bedingt eine ziemlich erhebliche Wärmestauung.

2. Das Bad mit Temperaturanstieg (oder kurz „ansteigendes Bad“.) Bei den ansteigenden Bädern beginnt man mit etwa 37° C und steigert die Temperatur durch Nachgießen oder Zuließenlassen heißen Wassers bis auf 42° C. Natürlich muß alles gut eingeübt sein, damit keine Unfälle passieren.

Heiße Bäder galten bei den Japanern seit jeher als Volksheilmittel und wurden dort allgemein gebraucht zur Erzielung künstlichen Fiebers.

b) Packungen.

Man kann entweder für sich allein oder an Bäder anschließend (zur Steigerung der Wirkung) trockene warme Packungen oder feuchtwarme Packungen verordnen. Die feuchtwarmen Packungen sind in der Wirkung womöglich den trockenen Packungen noch überlegen, da sie die Abdunstung des Schweißes verhindern.

c) Glühlicht- und Heißluftbäder.

Am bequemsten ist die Anwendung von Glühlichtbädern. Es werden dazu Kästen benutzt, in denen reihenweise angeordnete Glühbirnen brennen. Umständlicher ist die Anwendung von Heißluftbädern. In der Wirkung dürften beide Arten der Körpererwärmung ziemlich gleichwertig sein. Früher waren sog. Schwitzkästen beliebt, die an das Bett herangeschoben und mit Spiritus beheizt wurden. Sie haben den Vorzug, daß auch bettlägerige Patienten mit ihnen leicht zum Schwitzen gebracht werden können. Für Augenranke, die nicht bettlägerig sind, empfiehlt sich besonders die Anwendung der Glühlichtbäder.

Falls man sehr energisch vorgehen will, kann man ähnlich verfahren wie HALLAY, welcher neuerdings seine Erfahrungen an 240 Patienten veröffentlicht hat, die an den verschiedenartigsten entzündlichen Erkrankungen litten und mit *ansteigenden Bädern in Verbindung mit anschließenden Trockenpackungen* von 2 Stunden Dauer behandelt wurden.

Bei dieser energischen Therapie konnte jedesmal im Laufe eines halben oder eines ganzen Tages ein vollständiger Schwund der subjektiven und objektiven Symptome und im Falle von Temperatur auch eine Entfieberung erzielt werden. Erklärt wird die Wirkung dieser Prozeduren:

1. durch einen mit dem starken Schweißausbruch erfolgenden Säureverlust,
2. durch die mit der Zirkulationssteigerung einhergehende vermehrte lokale Sauerstoffzufuhr am Entzündungsherd und eine dadurch bedingte alkalotische Wirkung, die der anormalen Säuerung des entzündeten Gewebes entgegenwirkt,
3. muß man nach meiner Überzeugung auch die starke Zirkulationsbeschleunigung an sich als einen sehr günstigen Heilungsfaktor ansehen, weil ein stärkerer mechanischer Antransport von Schutz- und Ernährungsstoffen und ein stärkerer Abtransport von Stoffwechselschlacken die Folge ist. Dabei wirkt nicht nur die größere Strömungsgeschwindigkeit, sondern auch die größere Durchgängigkeit der erweiterten Gefäßwand günstig.

4. Schließlich kommt eine günstige Wirkung der starken Wasserentziehung in Betracht, welche zur Entquellung des entzündlich veränderten Gewebes beitragen kann.

Auf Grund von Versuchen, welche zur Zeit an der Berliner Klinik unternommen werden (GÄDERTZ), läßt sich mit Sicherheit sagen, daß die Behandlung mancher Augenkrankheiten durch die Erwärmung des ganzen Körpers, also durch eine Art Gesamtwärmetherapie, wesentlich erleichtert und entscheidend gefördert wird.

Als Krankheiten, welche hauptsächlich für eine solche Behandlung in Betracht kommen, seien genannt:

1. Die tiefen Hornhautentzündungen, insbesondere auch die Keratitis parenchymatosa.
2. Erkrankungen der Lederhaut.
3. Hartnäckige Gefäßhauterkrankungen.
4. Manche Fälle von Netzhautablösung, insbesondere Netzhautablösungen ohne Rißbildung.
5. Chronische Erkrankungen, bei denen eine „Umstimmung“ durch andere Mittel nicht erreicht werden konnte. (Hier ist jedenfalls ein Versuch gerechtfertigt.)

III. Ältere Verfahren der Wärmeanwendung am Auge.

Man kann entweder vorgewärmte Wärmeträger an die erkrankten Stellen heranbringen oder die Wärme dort unmittelbar erzeugen, so daß sie direkt von der Erzeugungsstelle durch Leitung oder Strahlung auf das Gewebe einwirkt.

Bei Anwendung vorgewärmter Träger läßt sich die Wärmezufuhr rationeller gestalten, wenn man dazu Stoffe nimmt, die eine hohe spezifische Wärme besitzen und ein genügendes Energiequantum in sich aufspeichern lassen. Die Intensität der Wirkung steigt außerdem, wenn nicht während der Anwendung ein unnötiger Wärmeverlust (wie etwa durch Verdunstungskälte) zustande kommt, und ebenso, wenn alle Unterbrechungen, wie Wechsel von Verbänden und Umschlägen, vermieden werden.

Die einfachste und volkstümlichste Anwendung der Wärme besteht im Auflegen entsprechend *gewärmter Umschläge* oder Kataplasmen. Damit sie eine stärkere Wärmewirkung entfalten können, muß mehreres beachtet werden. Die Umschlagsflüssigkeit soll auf die höchstzulässige Temperatur (nach HERTEL 55° C) erwärmt sein; es ist auch erforderlich, daß die Kompressenschicht die genügende Dicke hat, damit die Abkühlung nicht zu schnell eintritt; es wird schließlich unerlässlich sein, daß auch trotzdem noch ein genügend häufiger Wechsel vorgenommen wird. Über den letzten Punkt hat HERTEL Versuche angestellt; es fand im Innern seiner aus 12facher Kambrikschicht bestehenden Kompressen schon nach 30 Sek. eine Temperaturabnahme von 4,5° C, nach 5 Min. gar eine solche von 19,5° C. Auch wenn alle 30 Sek. gewechselt wurde, betrug die Temperaturzunahme im Bindehautsack durchschnittlich nicht mehr als 0,8° C. Um diese Wirkung annähernd zu erhalten, muß alle halben Minuten oder mindestens alle Minuten einma die Komresse ausgewechselt werden; es sollte dazu auch ein größeres Gefäß mit heißer Umschlagsflüssigkeit bereitstehen, in welchem jedesmal eine Komresse neu gewärmt werden kann, während die andere aufgelegt ist.

Es dürfte übrigens die gute Wirkung der warmen Umschläge durchaus nicht ausschließlich auf die Temperaturerhöhung im Bindehautsack zurückzuführen sein. Auch wenn die Temperatur hier nicht merklich gesteigert wird, kommt es an der Haut durch die Wärme in Verbindung mit der Feuchtigkeit zu einem

ziemlich starken Nervenreiz und zu einer reflektorisch bedingten kräftigen Durchblutung des ganzen vorderen Orbitalgewebes. Von wesentlichem Nutzen ist bei vielen äußeren Erkrankungen des Auges auch die gleichzeitig mit der Anwendung der Umschläge verbundene Reinigung der Lidränder und bei Verwendung desinfizierender Flüssigkeiten der antiseptische Einfluß. Es handelt sich also um eine Verbindung von Erwärmung mit thermischer Reizung und Reinigungsprozedur.

Bei den Umschlägen geht ein Teil der Wärme auf dem Wege der Verdunstung an der Oberfläche des Umschlagkissens verloren, ein weiterer Teil durch Abkühlung der Haut während des Umschlagwechsels. Beides läßt sich vermeiden, wenn man das Umschlagkissen direkt vor dem Auflegen mit wasserdichtem Stoff überspannt. Die Verdunstung an der Umschlagsoberfläche allein läßt sich schon ausschalten, wenn man nach dem Auflegen der feuchten Kompresse ein Stück wasserdichten Stoffs darüberbringt.

Besser im Hinblick auf die Wärmespeicherung sind die altbekannten *Kataplasmen*. Leinsamenumschläge wurden schon von CELSUS (vgl. HIRSCHBERG) erwähnt. Als Volksmittel bei der Behandlung von Gerstenkörnern und anderen Erkrankungen der Lidranddrüsen erfreuen sie sich auch jetzt noch einer großen Beliebtheit. Sie haben den Nachteil, daß ihre Herstellung etwas umständlicher ist als die eines kleinen Bausches, wie er für die Umschläge benötigt wird; sie werden auch leicht unsauber und sind deshalb im Gebrauch wesentlich unhygienischer. Ein Vorteil ist dagegen die beträchtliche Wärmespeicherung, die so groß ist, daß ein etwas dickerer Breiumschlag die Wärme gut 10 Min. in genügendem Grade behält.

Noch günstiger ist die Wärmespeicherung in den *Thermophoren*, in denen sich eine übersättigte Salzlösung befindet, die bekanntlich während der Verflüssigung der Krystalle eine große Wärmemenge in sich aufbewahrt. Ist ein solcher Thermophor durch Kochen gut angewärmt, so hält die Temperatur eine erhebliche Zeit vor, bleibt allerdings nicht ganz gleichmäßig.

Im praktischen Gebrauch bewährt haben sich die kleinen japanischen *Wärmedosen*, die von CHISOLM (vgl. HIRSCHBERG) in die Augentherapie eingeführt wurden. Es sind kleine Metallkästchen, in welche ein präpariertes Kohlestückchen hineingeschoben wird, das nach dem Anzünden ein bis zwei Stunden lang weiter glimmt und gerade soviel Wärme abgibt, wie zur Durchwärmung der Nachbarschaft genügt. Wird ein solches Wärmekästchen mit einer passenden Unterlage auf das Auge aufgebunden, so läßt sich damit überall in bequemer Weise eine rationelle und auch genügend intensive Erwärmung durchführen (Abb. 14). Durch passende Anordnungen kann man auch feuchte Verbände mit dem Kästchen erwärmen. Neuerdings hat KREBS auf RÖMERS Veranlassung diese Wärmedose durch einen Schieber regulierbar gemacht. (Der Apparat ist unter der Bezeichnung Fornax bei WURACH in Berlin zu kaufen.)

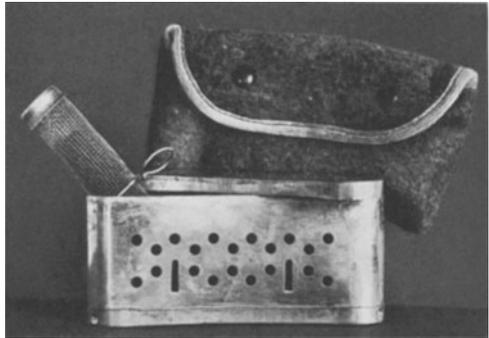


Abb. 14. Japanische Wärmedose. Der kleine Drahtbehälter wird mit Kohle gefüllt und diese angezündet. Die Metallkapsel, in der sich der Behälter befindet, wird mit einer Tasche umkleidet und kann mit Schlaufen vor das Auge gebunden werden. Der Grad der Wärmewirkung wird durch zwischengelegte Gageschichten oder -tücher abgestuft.

Eleganter sind *elektrische Thermophore*, aber leider durchaus nicht immer angenehmer im Gebrauch. Bei den elektrischen Heizkissen wird in bekannter Weise das Prinzip der Leitungswärme ausgenutzt, die in Drähten mit hohem Widerstand entsteht; der gut isolierte Draht ist um eine kleine Asbestplatte gewickelt, mit einem kleinen, Wärme verteilenden Kissen armiert und mit wasserdichtem Stoff bezogen (SCHLÖSSER, SCHEFFELS). Bei Benutzung von Stadtstrom muß ein besonderer Widerstand eingeschaltet werden. Am einfachsten, aber andererseits ohne die Möglichkeit einer weiteren Regulierung, ist eine Glühlampe (SCHLÖSSER), besser, aber kostspieliger der Gebrauch eines Rheostaten, bei dem sich die Temperaturen genau einstellen lassen. Recht bequem ist



Abb. 15. Elektrischer Augenwärmer mit Schnurrheostat.
(Nach Passow.)

auch der Passowsche Schnurrheostat (s. Abb. 15). Um das elektrische Heizkissen gegen Feuchtigkeit zu schützen, hat EMANUEL es in eine Aluminiumkapsel einschließen lassen, was wohl beträchtlich zur Erhöhung der Haltbarkeit beitragen dürfte. Trotzdem bestehen bei Anwendung der elektrischen Heizkissen mehrere Nachteile: Der Patient ist an seinen Platz im Zimmer gefesselt; bei häufigem Gebrauch werden meist viele Reparaturen notwendig; bei Unachtsamkeit kommt es auch gelegentlich zu Verbrennungen. Es gibt viele Kliniken, welche wohl die Einrichtung zur Anwendung elektrischer Heizkissen besitzen, aber den Gebrauch anderer Apparate vorziehen.

In der Zeit, als noch nicht alle Krankenhäuser über elektrischen Strom verfügten, hatte man eine andere, ziemlich rationelle Erwärmungsmethode, die häufiger angewandt wurde und hier wenigstens kurz angeführt werden soll, das war der Gebrauch der *LEITERSchen Röhren* (s. BECKER). Dünne Metallrohre sind in Spiralförmig gewunden, so daß eine etwa 6 cm Durchmesser haltende runde Fläche entsteht; die Enden dieses Metallrohrs werden an eine kleine Wasserleitung angeschlossen, die von einem Heizkesselchen ausgeht. In dem Heizapparat (dem sog. Hydrothermozirkulator) wird durch eine Spiritusflamme das Wasser erwärmt und selbsttätig mit Hilfe der Wärmeströmung in Zirkulation gebracht; es strömt dann durch die Leitung und durchfließt auch das kleine metallische Röhrenkissen, das dem Auge aufgelegt werden kann. Die Erwärmung des Auges ist wohl eine genügende, die Bedienung des Apparates ist aber ziemlich umständlich, so daß er jetzt nur an wenigen Stellen im Gebrauch ist.

Kurz zu erwähnen ist noch eine andere Art der Wärmeanwendung, nämlich der Gebrauch der *Dampf- und Heißluftduschen*.

Wenn man mit dem Dampf Medikamente zerstäuben und gegen das Auge blasen will, so kann man dazu Inhalationsapparate benutzen; allerdings sollte man sich von einem solchen Vorgehen nicht allzuviel versprechen, da die Dosierung recht ungenau ist. Die Applikation von differenten Arzneistoffen darf auf diese Weise keinesfalls vorgenommen werden.

Die eigentlichen Dampfduschen verdienen etwas mehr Beachtung wegen der Möglichkeit, gleichzeitig eine ziemlich intensive Wärme- und eine mäßige Reizwirkung auszuüben. Man kann solche Dampfduschen z. B. mit dem älteren

LAURENCOSchen Vaporisator geben, der ein Dampfkesselchen, ähnlich dem der gebräuchlichen Inhalationsapparate, besitzt, von welchem der Dampf in zwei um Augenabstand voneinander befindliche Rohre geschickt wird. Damit der Patient sich nicht verbrüht und die richtige Entfernung einhält, ist eine Stirnstütze angebracht. Um Verbrennungen zu vermeiden, hat man auch versucht, den Dampf in den Rohren durch Zuführung eines Gebläseluftstroms zu kühlen. PERLMANN hat einen Apparat angegeben (s. Abb. 16), bei dem er die Geschwindigkeit des Dampfstroms dadurch herabzusetzen sucht, daß die Dampfrohre ein trichterförmig erweitertes Ende haben. Bei diesem Apparat beträgt die Temperatur in 10 cm Abstand von der Mündung etwa 60° , in 13 cm etwa 50° . Der Patient soll den Dampf in solcher Entfernung auf das Auge wirken lassen, daß er die Hitze gerade noch gut vertragen kann (etwa 50°). Die Anwendung geschieht 3—4mal täglich für je 10—15 Min.; nachher werden die Augen lau abgewaschen und gut getrocknet. Nach dem Gebrauch des Dampfes ist die Haut der Lider gerötet und aufgelockert. Wurde das Auge geöffnet gehalten, so zeigte sich Injektion und succulente Beschaffenheit der Bindehaut. Niemals waren jedoch fluorescinfärbare Erosionen an der Hornhaut vorhanden; dagegen zeigte sich eine gewisse Anästhesie der Bindehaut des behandelten Auges gegen Adstringenzen im Vergleich zum unbehandelten Auge. PERLMANN unterscheidet: 1. die hitzende, 2. die anästhesierende, schmerzstillende, 3. die safttreibende und gewebslockernde Wirkung. Er gebraucht den Dampf zur Beförderung der Absonderung bei Entzündungen der Lider, des Tränensacks u. ä. an Stelle heißer Umschläge — bei rheumatischen Erkrankungen ebenfalls an Stelle der sonstigen Wärmebehandlung, zugleich aber auch wegen der anästhesierenden Wirkung — schließlich bei alten, schwer zu behandelnden Bindehautkatarthen, zur Auflockerung und zur Verbesserung der Wirksamkeit im Anschluß daran angewandter Adstringenzen mit ähnlicher Wirkung wie das Dionin.

Wenn PERLMANN allerdings glaubt, er könne auch auf den inneren Stoffwechsel des Auges in solchem Maße einwirken, daß z. B. eine langsam quellende traumatische Katarakt zu schnellerem Fortschreiten gebracht werde, so kann man doch dieser Ansicht kaum beipflichten, es sei denn, daß exakte Beweise dafür beigebracht würden. Das gleiche gilt für die von ihm vorgeschlagene Methode der Starreifeung mittels Heißluft.

Die KUTZNITZKYSche *Heißluftdusche* mit elektrischem Ventilator und Gasheizung, welche WOLFBURG zur Heißluftbehandlung des Auges benutzt hat, ist ein viel zu umständlicher und kostspieliger Apparat. Eher dürfte die von HERTEL empfohlene elektrische Heißluftdusche der Firma Reiniger, Gebbert und Schall zu verwenden sein oder einer der vielen im Handel erhältlichen anderen Apparate (Föhn usw.). Vorteile gegenüber anderen Verfahren zur Erwärmung sind aber bei der Heißluftbehandlung kaum zu erwarten; man soll auch nicht hoffen, daß man am Auge dieselben hohen Heißlufttemperaturen zur Anwendung bringen kann wie an der Haut, wo 100° C und darüber noch vertragen werden.

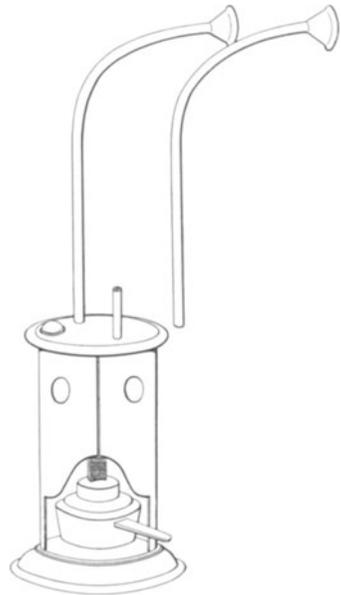


Abb. 16. PERLMANN'S Dampfdusche. Ein kleiner Kessel ähnlich den Kesseln der Inhalationsapparate mit besonderen Ansätzen, durch welche der Dampf in geeigneter Entfernung auf das Auge zur Einwirkung gebracht wird.

Bei der Haut sorgt die Zirkulation und die lebhaftere Verdunstung des Schweißsekrets für genügende Wärmeableitung; an der Hornhaut müßte schon bei viel geringerer Wärmezuführung eine Verbrennung die Folge sein, wenn der Patient sich nicht selbst durch häufigen Lidschlag schützen und damit allerdings auch die Wärmewirkung reduzieren würde.

In neuerer Zeit hat man besonders die *strahlende Wärme* vielfach zur Behandlung von Augenkrankheiten benutzt. Vorzüglich ist die Wirkung der von der Quarzlampengesellschaft in den Handel gebrachten *Sollux-Lampe* (Abb. 17), bei welcher die Strahlen eines langwelligen Lichtes und die benachbarten



Abb. 17. Sollux-Lampe der Quarzlampen-Gesellschaft Hanau. Enthält im Innern des Gehäuses eine hochkerzige Glühbirne, deren Licht durch geeignete Glasfilter abgeschirmt werden kann. Namentlich die durch das rote Filter durchgelassene Strahlung beschleunigt wegen ihrer hohen Penetrationsfähigkeit den Heilverlauf bei vielen Augenkrankheiten in merkbarer Weise.

dunklen Wärmestrahlen die Hauptrolle spielen. Durch farbige Filter läßt sich eine Änderung der Wellenlängen vornehmen.

ESSER, der die Sollux-Lampe zuerst ausprobiert hat, berichtete über günstige Erfolge bei skrofulösen Erkrankungen, bei Herpes, bei K. parenchymatosa, beim Ulcus serpens, bei Randgeschwüren, bei Iritis, bei Trachom und chronischen Bindehautkatarrhen. Er gebrauchte das Rotfilter und nahm täglich ein- bis zweimal Bestrahlungen in 10—20 cm Abstand vor, wobei die Dauer allmählich von 20 Min. auf 60 Min. gesteigert werden konnte. Man kann ihm nur beipflichten, daß es sich um ein Gerät handelt, welches im Gebrauch äußerst angenehm ist und auch bei hochgradiger Lichtscheu keine Beschwerden verursacht.

GEIS benutzt zur Wärmebehandlung des Kopfes und des Auges einen Kopflichtkasten mit elektrischen Heizwiderständen, die nur soweit erhitzt sind, daß sie nicht glühen. Er behandelte auch Patienten mit offen gehaltenen Augen. Besser lassen sich dunkle Wärmestrahlen mit der kleinen Wärmelampe zur Anwendung bringen, die ZABEL angegeben hat. Der kürzestwellige Teil der Strahlung liegt zwischen Grau- und Rotglut; eine Schädigung des Auges soll deshalb nicht in Betracht kommen. (Der Apparat wird von F. und M. Lautenschläger in München fabriziert.)

Nach den Erfahrungen des Verfassers ist die Anwendung der strahlenden Wärme für die meisten Zwecke die bequemste und beste Methode. Dies dürfte sich auch in der Praxis in Zukunft noch deutlicher erweisen. Die Kliniken und die Ärzte in der Sprechstunde werden mehr und mehr dazu übergehen, die bequeme Sollux-Lampe oder den ZABELSchen Strahler zu gebrauchen. Beide Apparate haben den Vorzug, daß der Kranke nicht mit dem Gerät in Berührung kommt, wie etwa bei den Wärmekompressen usw. Die Behandlung ist deshalb viel hygienischer und wird auch vom Kranken aus diesem Grunde als sehr angenehm empfunden. Dabei ist der therapeutische Effekt recht gut und leicht dosierbar.

Es soll zum Schluß noch eine spezielle eigenartige Anwendung der Strahlentherapie erwähnt werden, welche DUFOUR angegeben hat. DUFOUR läßt einen zum Glühen gebrachten Platindraht aus der Nähe auf Hornhauterosionen und Hornhautgeschwüre einwirken und sah nach dieser Art der Reizwirkung außerordentlich guten Heilungsverlauf.

IV. Diathermie.

Die Diathermie ist ein besonderes Verfahren zur *elektrischen* Durchwärmung des lebenden Körpers. Es gelangt dabei die Wärme zur Verwendung, die der elektrische Strom im Gewebe infolge des Leitungswiderstandes erzeugt. Man kann die Temperaturen in der Tiefe weiter steigern als mit jeder anderen Art der Wärmezufuhr. Wenn nicht allgemeine und örtliche Schwierigkeiten beständen, die gewünschte Temperatur an allen Stellen genau einzuhalten, so wäre die Diathermie ein geradezu ideales Verfahren. Soweit aber Erwärmung bei der Diathermie nicht die durch Eintritt von Zellschädigungen gezogenen Grenzen überschreitet, sind ihre Wirkungen nur quantitativ anders als bei den übrigen Methoden. Es findet sich als direkte Wirkung nur eine starke und längerdauernde Hyperämisierung, niemals aber eine Zuwanderung von Rundzellen oder Bindegewebszellen ins Gewebe (KOLMER und LIEBESNY). Die Diathermie ist als eine gute Methode auch für eine Lokalisationstherapie im Sinne LÖWENSTEIN'S anzusehen. LÖWENSTEIN will durch die Hyperämie die Wirksamkeit der Medikamente an den kranken Körperstellen steigern.

Nach der NERNST'Schen Theorie würde durch den elektrischen Strom eine Zellreizung zustande kommen, wenn mit der Ionenwanderung im Gewebe auch eine Konzentrationsverschiebung in den Kolloiden der Zelle eingeleitet wird. Diese Konzentrationsveränderung findet aber ein gewisses Hindernis an der Zellmembran; es muß jedenfalls ein gewisser Minimalreiz überschritten werden, bis sie sich an der Zelle durchsetzen kann. Bei kurzen Einwirkungszeiten bleibt der Reiz deshalb biologisch unwirksam. Die Schädigung der Zelle läßt sich ganz sicher umgehen, wenn man schnell oszillierende Wechselströme benutzt, bei denen vor dem Überschreiten der Reizschwelle die Ionenwanderung durch Stromwechsel wieder rückgängig gemacht wird. Mit solchen Strömen kann man große Energiemengen durch den Körper schicken, ohne daß die Zelle merkbar chemisch reagiert. Infolge der Stärke des hin und her pulsierenden Stroms wird dabei in dem relativ schlecht leitenden Gewebe eine beträchtliche Menge Wärme frei (sog. *JOULE'sche Wärme*), und eben diese benutzt man bei der Diathermie.

Die Verträglichkeit starker hochgespannter Wechselströme für den lebenden Körper und die Möglichkeit dieser Art von Erwärmung wurde zuerst von TESLA festgestellt; wegen einer hypothetischen besonderen Heilwirkung wurden solche Ströme zunächst bei der sog. Arsonvalisation angewandt; ZEYNECK und v. BERNDT sowie NAGELSCHMIDT benutzten sie unabhängig voneinander ziemlich gleichzeitig als erste auch zur therapeutischen Wärmezufuhr für das lebende Gewebe.

Die Wechsel des Stromes müssen zur Vermeidung von Gefahren genügend frequent (über 30000 pro Sek.) und unbedingt gleichmäßig sein. Alle mechanischen Hilfsmittel zur Erzielung einer hohen Periodenzahl stehen an praktischer Bedeutung ganz zurück hinter der Anwendung eines sog. elektrischen Schwingungskreises. Der Schwingungskreis besteht aus einer geschlossenen Leitung, in die eine Funkenstrecke, ein Kondensator und eine selbstinduzierende Spule eingeschaltet sind (s. Abb. 18). Der Kondensator speichert nach dem Prinzip der Leydener Flasche eine gewisse Kapazität elektrischer Kraft, welche durch Zuleitungsdrähte aus dem Stadt-

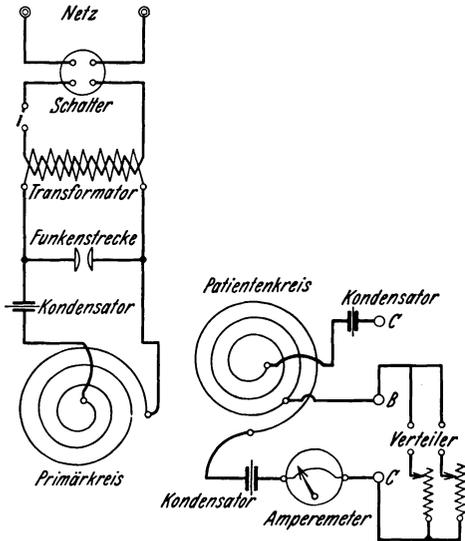


Abb. 18. Schema des Diathermieapparates. Auf der linken Abbildung sieht man in einfacher schematischer Darstellung den Schwingungskreis mit der Funkenstrecke und dem Kondensator. Der Schwingungskreis liefert durch Selbstinduktion bei jeder Entladung des Kondensators schon eine große Zahl von oszillierenden Stromstößen. Der rechts dargestellte sekundäre Stromkreis besteht aus einer ungedämpften Induktionsleitung, deren wesentlich schnellere Oszillationen in modernen Apparaten mehr als eine Million pro Sekunde erreichen. Im Gewebe des eingeschalteten Patienten erzeugen die sehr schnell oszillierenden Ströme eine gut dosierbare Erwärmung ohne die Möglichkeit elektro-chemischer Schädigung.

gehemmt in schnellen Oszillationen, die bei der hohen Funkenzahl nie aussetzen. In den modernen, gänzlich reizlos arbeitenden Apparaten ist die Zahl der Oszillationen auf mehr als eine Million pro Sekunde gesteigert; der Stromdurchgang wird daher im Körper nur an der Erwärmung merkbar. Um schließlich jede Möglichkeit einer Schädigung auszuschließen, gebraucht man auch ziemlich niedrige Spannungen. Die im sekundären Patientenkreis benutzte Stromstärke kann jederzeit mit einem Hitzdraht-Amperemeter unmittelbar abgelesen werden.

Leitung und Stromverteilung im Gewebe. Während bei Leitern erster Klasse (Metalle) der durch Elektronen erfolgende Elektrizitätstransport hauptsächlich an der Oberfläche entlang geht, wandert der Strom in einem Elektrolyten mit den als Elektrizitätsträgern dienenden H- und OH-Ionen gleichmäßig durch alle Teile eines gleichleitenden Querschnittes. Aus diesem Grunde sucht sich der elektrische Strom im tierischen Körper den kürzesten gut leitenden Weg mitten durch das Gewebe. Die Leitfähigkeit der Körpergewebe ist verschieden. Nach NAGELSCHMIDT leitet am besten die Nervensubstanz, dann folgten Fettgewebe,

eingeschaltet sind (s. Abb. 18). Der Kondensator speichert nach dem Prinzip der Leydener Flasche eine gewisse Kapazität elektrischer Kraft, welche durch Zuleitungsdrähte aus dem Stadt-

netz oder einem anderen Stromkreis zugeführt wird. Nach einer gewissen Aufladung wird die Spannung erreicht, die zum Durchschlagen der Funkenstrecke nötig ist; während des Überspringens entstehen in der selbstinduzierenden Spule entgegengerichtete Ströme, welche die Oszillationen jedes einzelnen Funkens steigern. Die Zahl der Funken wird durch eine Löschfunkenstrecke (WIEN) wesentlich erhöht, die aus zwei dicken, versilberten, nahe aneinander gerückten, parallel ausgerichteten Metallplatten besteht. Die Kühlung des Metalls löscht den überspringenden Funken jedesmal sofort aus, die Spannung erreicht schnell wieder die Höhe zur Erzeugung eines neuen Funkens und es entsteht dadurch ein Funkenstrom bis zu 3000 Entladungen pro Sek. Eine zugeschaltete abgestimmte ungedämpfte Induktionsleitung, der sog. Resonator mit einem sekundären Stromkreis (dem sog. Patientenkreis) schwingt dann bei jedem Funken un-

Muskulatur, Knochen und als schlechtesten Leiter die Haut. Im allgemeinen sind die flüssigkeitshaltigen Gewebe im Körper relativ gut leitend; die Leitfähigkeit wechselt mit dem Salzgehalt und dem Grad der Durchblutung. Kommt es während der Durchströmung infolge der Temperatursteigerung zur Hyperämie, so wird die Leitfähigkeit sofort verändert.

Es handelt sich aber bei der elektrischen Durchwärmung von Körperstellen meist um etwas komplizierte Vorgänge, sowohl im Hinblick auf die verschiedene Stromverteilung (infolge des verschiedenen Gewebswiderstandes) als auch wegen der dauernden Wärmeableitung, die im wesentlichen von dem wechselnden Verhalten der Blutzirkulation abhängig ist. Trotzdem läßt sich an vielen Körperteilen der Grad der Erwärmung genügend genau vorherbestimmen; *am Auge allerdings ist das besonders schwierig* und die Festlegung der nötigen Stromstärke bedarf hier in erhöhtem Maße der Stütze durch das Experiment.

Die Stromverteilung und damit auch die Erwärmung ist z. B. ganz verschieden, je nachdem parallel oder quergeschaltete Gewebe in der Strombahn liegen. Bei parallel geschalteten Gewebsteilen (Abb. 19a) verhalten sich nach einem bekannten elektrischen Gesetz die Stromstärken dem Widerstand umgekehrt proportional. Es ist also $i_a : i_b : i_c = 1/W_a : 1/w_b : 1/w_c$. Die in den Gewebsteilen *a*, *b*, *c* entwickelten Stromwärmen verhalten sich aber proportional dem Widerstand und dem Quadrat der Stromstärken. Also ist: $t_a : t_b : t_c = w_a \cdot (i_a)^2 : w_b (i_b)^2 : w_c (i_c)^2$. Durch Substitution erhält man $t_a : t_b : t_c = 1/w_a : 1/w_b : 1/w_c$; d. h. in parallel geschalteten Geweben ist die Wärmeentwicklung umgekehrt proportional dem Widerstand oder direkt proportional der Leitfähigkeit der einzelnen Gewebe.

Verhalten sich die Widerstände in parallel geschalteten Gewebszügen z. B. wie 1 : 2 : 4 : 8, dann verhalten sich die Stromwärmen umgekehrt wie 8 : 4 : 2 : 1.

Anders bei quer durch die Strombahn geschalteten Gewebsteilen (Reihenschaltung Abb. 19b); hier hat der Strom keine Wahl und durchsetzt alle Schichten ohne Rücksicht auf den Widerstand mit ziemlich gleichmäßiger Stärke. Da die Erwärmung nach dem JOULEschen Gesetz überall proportional mit dem Widerstand zunimmt, so ist sie in diesem Falle also an allen Stellen des Gewebes annähernd umgekehrt proportional der Leitfähigkeit.

Eine besondere Art der Stromwanderung kann zudem eintreten (auch am Auge), wenn sich im Gewebe Hohlräume mit relativ schlecht leitenden Wänden befinden. Da diese Wände wie nicht leitende Kondensatorschichten wirken, kommt es alsdann zu Aufladungen innerhalb und außerhalb des Hohlraumes, und es entstehen örtliche Oszillationen, die eine lokale stärkere Aufwärmung bedingen.

In der Orbitalgegend sind die Verhältnisse leider besonders unübersichtlich. Von der vorderen Orbitalfläche zur Spitze der Orbitalpyramide hin sind die hauptsächlichsten parallel geschalteten Gewebzüge die Augenmuskeln, die Fascien, die von vorn nach hinten reichenden Fettschichten, die dazwischen liegenden Flüssigkeitsspalten und außerdem die vielen Nerven und Gefäße.

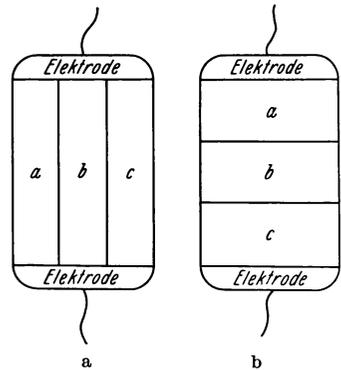


Abb. 19. Stromverteilung und Erwärmung im Gewebe bei Parallelschaltung (a) und bei Querschaltung (Reihenschaltung) (b). Bei Parallelschaltung geht der Strom durch die besser leitenden Schichten. Dort findet alsdann die stärkere Erwärmung statt (vgl. Text). Bei Querschaltung werden alle Schichten ziemlich gleichmäßig durchsetzt, und die stärkste Wärmeentwicklung findet an den Stellen des stärksten Widerstandes statt, also in den schlechtleitenden Schichten. (Näheres vgl. Text.)

Die wichtigsten quergelagerten Schichten sind Haut, Lidmuskulatur, Bindehaut, Hornhaut, Regenbogenhaut und Linse.

Gute Leiter sind alle gut durchfeuchteten Teile, besonders Muskulatur, Schleimhäute, Glaskörper und Gefäßlumina; außer diesen auch das Fettgewebe und die Nerven. Relativ schlechte Leiter sind Haut und Scleralkapsel.

Die Durchströmung ist auch abhängig von der Größe der Elektroden. Bei kleinen, nur dem Augapfel angepreßten Elektroden (KRÜCKMANN und TELEMANN) kommt es zu einer Art Polwirkung an der Hornhaut, die um so intensiver auftritt, weil diese ein schlechter Leiter ist. Bei den Lidelektroden geht der Strom zunächst durch die schlechtleitende Haut und wird diese erhitzt. Bei

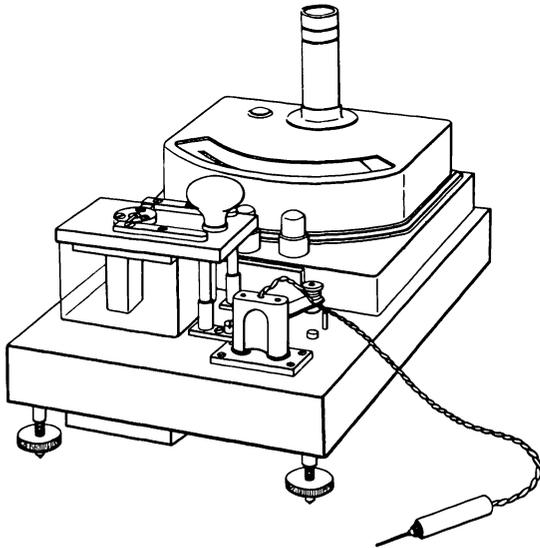


Abb. 20. Thermonadel. Ein von Siemens & Halske gebautes Instrument zur Messung der Erwärmung im Gewebe mit Hilfe von Thermoelementen.

diesen Elektroden, in höherem Maße noch bei den großen Kammerelektroden, die vor die Orbita gesetzt werden und eine Lidöffnung ermöglichen, geht natürlich auch ein bedeutender Anteil des Stroms durch die Bindehaut. — Ein großer Teil geht dann nicht durch die Hornhaut, sondern dringt seitlich durch die Sclera, durch Gefäßlumina und Nerven in den Augapfel und wird von dem Augeninnern aus durch den Opticus und die Gefäße nach hinten weiter geleitet. An der schlechtleitenden Scleralkapsel ist wahrscheinlich eine Kondensatorwirkung vorhanden. Aus der Orbita wird der Strom durch die Fissuren mit den darinliegenden Nerven, Arterien und Venen weiter nach rückwärts geleitet. Trotz der

großen Zahl von gutleitenden Elementen an den hinteren Austrittsstellen des Augapfels und der Orbita ist der Gesamtquerschnitt hier recht gering und es wäre denkbar, daß an den Knochenkanälen des Schädels eine unerwünschte Erhitzung entstehen könnte. Eine experimentelle Überprüfung dieser Verhältnisse steht noch aus.

Experimentelle Untersuchungen über Stromverlauf und Erwärmung in der Orbita. Wegen der Schwierigkeit direkter Messung des Stroms hat man sich geholfen, indem man den Grad der Erwärmung als mittelbares Maß für den Grad der Durchströmung angesehen hat. Die Resultate sind natürlich ungenau wegen der verschiedenen Wärmeableitung durch den Blutstrom u. a., haben aber trotzdem große praktische Bedeutung für den Therapeuten. An der Haut und im Bindehautsack kann man den Grad der Erwärmung mit kleinen Quecksilberthermometern bestimmen. HERTEL, WALDMANN und QURIN haben dazu passende Instrumente angegeben. ZAHN hat auch ein Thermometer in den Glaskörper eingeführt; man legt dazu die Wunde in der Sclera, wegen der durch den Wundkanal bedingten Stromlinienänderung, erst nach der diathermischen Erwärmung an (HERTEL). Besser sind Versuche mit Thermonadeln, kleinen thermoelektrischen Elementen, deren Vergleichslötstelle man zur Erzielung konstanter Temperaturen in eine flüssigkeitsgefüllte, geeignet temperierte

Thermosflasche eintauchen kann (TELEMANN); ein ähnlicher Apparat wird geliefert von Siemens & Halske (vgl. Abb. 20).

Die ersten genauen Temperaturmessungen von Hornhaut und Glaskörper nach diathermischer Erwärmung am Leichenaugen und am Tier wurden von KRÜCKMANN und TELEMANN vorgenommen. Sie gebrauchten das Thermoelement und empfahlen zur Ablesung der Hornhauttemperatur mittels Thermometer in der Glaskammerelektrode eine Salzlösung zu verwenden, die den gleichen Leitungswiderstand hat wie die Hornhaut (12,5 NaCl auf 100 H²O). Die Konzentration ist für jede Elektrode mit anderem Querschnitt wieder erneut zu bestimmen; auch die geringste Konzentrationsänderung hat starken Einfluß auf Leitfähigkeit und Erwärmung.

Bei Verwendung von Elektroden, die den Lidern anliegen, sind die gleichzeitige Erwärmung der Haut und der Bindehaut und die eventuell auftretende Schmerzempfindung ein guter Indicator für die Überschreitung der zuträglichen Grenze; Temperaturen über 43° sollen nach QURIN nicht mehr gut vertragen werden; Schädigungen der Hornhaut sollen aber bei dieser Temperatur noch nicht vorkommen. Nach KRÜCKMANN und TELEMANN darf die Temperatur der Hornhaut bis nahe an 45° erhöht werden, bevor Dauerschädigungen auftreten. Bei der praktischen Anwendung der Diathermie ist jedenfalls eine Schädigung noch nie beobachtet.

Wenig bekannt ist noch über die sehr wichtige Temperaturbeeinflussung des Augeninnern und der Orbita. Daß in dem vorderen Teil des Augapfels eine erhebliche Temperatursteigerung erzielt werden kann, ist so gut wie sicher, weil sich die Pupille verengt und der Eiweißgehalt des Kammerwassers beträchtlich zunimmt. Eine halbe Stunde nach viertelstündiger Erwärmung durch Diathermie wurde im Kammerwasser des Kaninchens ein Eiweißgehalt von 1% festgestellt (C. H. SATTLER), also bedeutend mehr als WESSELY nach Applikation heißer Überschlüge auf die rasierten Lider des Kaninchens (Temperatur der Überschlüge 55° C; Eiweißgehalt des Kammerwassers $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$ %) gefunden hatte. Temperaturmessungen am Glaskörperraum des lebenden Menschen liegen noch nicht vor. Beim Kaninchen fand ZAHN in den ersten 6 Min. ein Zurückbleiben gegenüber der Bindehaut um 1°; späterhin rückte die Temperatur aber auf. Der Grund für das Aufrücken liegt wahrscheinlich in der Wärmespeicherung des gefäßlosen Gewebes. Mit Hilfe dieser Wärmespeicherung wären auch die hohen Glaskörpertemperaturen zu erklären, die von KRÜCKMANN und TELEMANN am Tierauge schon durch Einwirkung schwacher Ströme nach längerer Applikation erzielt wurden. *Das Ergebnis dieser Messungen sollte eine Mahnung zur Vorsicht sein.*

Ebenso wie die Verhältnisse an den inneren Teilen des Augapfels müßten auch die Temperaturen in der hinteren Orbita nachgeprüft werden. Die Ansicht, daß der Strom unter der Haut um den Kopf herum verlaufe und wahrscheinlich größtenteils nicht in die Orbita eindringe (SCHIECK), ist durch Messungen QURINs widerlegt. Er stellte die Orbitaltemperaturen an der Höhle frisch enukleierter Augen fest, nachdem er vor der Diathermisierung ein auf Körpertemperatur erwärmtes Leichenaugen hineingelegt hatte. Stieg die Temperatur im Bindehautsack auf etwas über 40°, dann kam hinter dem Augapfel eine Steigerung bis auf 41,7° zustande, wohl durch Einengung der Stromlinien an der Spitze der Orbita. Damit ist jedenfalls gezeigt, daß die elektrische Erwärmung der hinteren Orbitalteile im Bereich des Möglichen liegt. Ein therapeutischer Gebrauch zur Erwärmung der tiefen Orbitalteile sollte allerdings vorläufig wegen der Ungenauigkeit der Dosierung nur mit größter Vorsicht gemacht werden.

Anwendung der Diathermie am menschlichen Auge. Nicht jeder Apparat ist für die Diathermie am Auge zu gebrauchen; eine genügend feine Abstufung der Stromstärken zwischen 100 und 500 mA und ebenso eine genaue Ablesungsmöglichkeit mit dem Milliampèremeter muß auf alle Fälle vorhanden sein. Apparate, welche die relativ geringen Stromstärken mit genügender Genauigkeit abgeben, werden z. B. von Siemens & Halske (Abb. 21) hergestellt.

Wichtig ist die Art der Elektroden und ihre Anlegung. Die große indifferente Elektrode legt man am besten an die Haargrenze des Nackens an. Eine 10×10 cm große biegsame Bleiplatte oder etwas kleinere rechteckige Platten, die mit einigen Bindentouren angedrückt werden, sind dazu sehr brauchbar.



Abb. 21. Kompendiöser kleiner Diathermieapparat der Firma Siemens & Halske. Für die Diathermie des menschlichen Auges geeignet.

Das dauernde, gut gesicherte Anliegen dieser Elektrode ist unbedingt wichtig. Man kann auch für die Applikation einen Halter wählen, welcher gleichzeitig Nacken- und Augenelektrode trägt, etwa in der Art, wie er von QURIN und COPPEZ angegeben wurde. Es handelt sich um einen federnden Stahldrahtbügel, welcher vom Nacken zur Stirn zieht, am Hinterhaupt mit einer genügenden Isolierschicht die Bleielektrode andrückt und vorne eine Art „Brillen“ansatz für die Augenelektroden trägt (vgl. auch Abb. 30, S. 725). Die Augenelektroden selbst sind nach verschiedenen Prinzipien konstruiert; es handelt sich um:

1. Die kleine Glaskammerelektrode (KRÜCKMANN und TELEMANN, s. Abb. 22). Diese wurde bisher nur im Tierexperiment benutzt; sie sollte hauptsächlich zur Erwärmung der Hornhaut dienen, entfaltet aber eine gefährliche Polwirkung und könnte eine praktische Bedeutung höchstens zur Behandlung von Hornhautleiden gewinnen.

2. Die sog. Lidelektroden. Entweder bringt man auf die Orbitalöffnung bei geschlossenen Lidern eine feuchte, in konzentrierte Kochsalzlösung getauchte Gaze-Watteschicht und darauf eine etwas kleinere Bleiplatte, die mit einer Bindentour befestigt wird (KOWARSCHICK, WALDMANN), oder man verbessert diese Methode, indem man den oben erwähnten Bügel mit Haltern für Nacken- und Augen-Elektrode um Stirn und Hinterkopf legt, der auch einen Ansatz für temporale Elektroden und einen Halter für ein Thermometer haben kann (QURIN).

3. Die große Glaskammerelektrode (BUCKY, s. Abb. 23). Diese wird auf die Lider aufgesetzt und mit Kochsalzlösung gefüllt. Die Lider werden dabei geöffnet gehalten. Der Stromverlauf ist relativ günstig, da die schlecht leitende Lidhaut umgangen wird. Die Flüssigkeit wirkt kühlend auf Haut und Hornhaut, also unter Umständen auch stark wärmeableitend.

Der Energiebedarf für die Durchwärmung des Auges ist gering; am geringsten bei der von KRÜCKMANN und TELEMANN angegebenen Elektrode. Diese Autoren sahen dementsprechend auch schon bei Verwendung von 200 mA nach längerer Einwirkung im Tierversuch irreparable Verbrennungen der Hornhaut. Bei Anwendung der empfehlenswerteren Lidelektroden oder der großen BUCKYSchen Kammerlektrode ist die notwendige Stromstärke größer, immerhin scheint die Anwendung von 200 mA in den meisten Fällen zu genügen. Auch KÖPPE hat diese Stromstärke in den ersten Tagen der Behandlung nicht überschritten und erst später 200—300 mA, in besonderen Fällen 350 mA während 6—8 Min. verwendet, NAGELSCHMIDT 200—300 mA, KOWARSCHICK 200—500 mA.

Die ersten Versuche am lebenden menschlichen Auge wurden von ZAHN angestellt. Er benutzte Lidelektroden und hörte mit der Erwärmung auf, sobald der Patient über unangenehme Empfindungen klagte. Temperaturen von 39° im Bindehautsack wurden noch durchweg als angenehm empfunden; über eine Temperatur von 42,1° kam der Autor niemals hinaus. Über Anwendung bei Kranken hat er nichts Näheres berichtet. Später wurde von CLAUSNITZER im Anschluß an die ZAHNSchen Versuche mitgeteilt, daß sich in einzelnen Fällen nach der Sitzung der Augendruck vorübergehend gesteigert hatte (bei einer Tuberkulose-Uveitis maximal auf 33 mm Hg); doch war die Drucksteigerung stets vorübergehender Natur und deshalb unbedenklich.

Behandlung von *Bindehautleiden* mit Hilfe der Diathermie ist nur selten versucht worden, da hier die einfachen Wärmeapplikationen genügen. KRÜCKMANN hatte auf die Möglichkeit hingewiesen, die thermolabilen Gonokokken durch starke Erwärmung abzutöten; KRAFT und TEN DOESCHATE haben das im Jahre 1917 anscheinend mit Erfolg durchgeführt. Bei zwei Fällen wurde durch

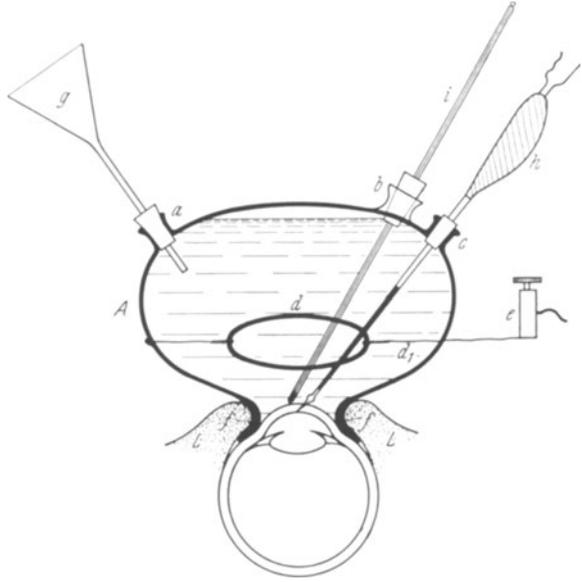


Abb. 22. Von KRÜCKMANN und TELEMANN angegebene Glaskammerelektrode zur elektrischen Erwärmung des vorderen Augapfelabschnittes. Es war die erste Augenelektrode für Diathermie. Sie hat den Nachteil einer relativ starken Einengung der Strombahn in der Gegend der Hornhaut und einer dadurch bedingten Gefährdung.



Abb. 23. Glaskammerelektrode nach BUCKY. Wird bei geöffneten Lidern auf das Lid aufgesetzt. Es fällt die Einengung der Strombahn fort, die bei der KRÜCKMANNschen Elektrode stören kann.

15 Min. anhaltende Diathermisierung eine Dauerheilung erzielt; in einem dritten Falle konnte wegen starker Lidmaceration eine genügende Temperatur an dem empfindlichen Auge nicht erreicht werden.

Von den *Erkrankungen der Hornhaut* kommen solche in Betracht, welche auch sonst durch Wärme gut beeinflußt werden, also z. B. sklerosierende Keratitiden und torpide Randgeschwüre, bei denen der mangelhafte Stoffwechsel der Hauptgrund für den meist langsamen Verlauf der Heilung ist. Die nachhaltige Verbesserung der Zirkulation durch die Diathermie kann hier unterstützend wirken. Ähnliches gilt für den Herpes und die verwandten Erkrankungen. Eine Kontraindikation besteht bei frischen infektiösen Prozessen mit Neigung zum Fortschreiten und starker Einschmelzungstendenz, bei septisch eitrigem Erkrankungen (KÖPPE), und besonders beim Ulcus serpens. Randgeschwüre scheinen günstig zu reagieren (QURIN).

Bei *Scleritiden* auf rheumatischer und gichtischer Basis hat man nach Diathermie vorzügliche Erfolge gesehen. Auch unter den *Erkrankungen der Regenbogenhaut* versprechen die rheumatischen und gichtischen Prozesse das beste Resultat (QURIN, WALDMANN, KÖPPE und ferner auch BEST). Bei tuberkulösen undluetischen Erkrankungen der Gefäßhaut sah KÖPPE keinen wesentlichen Einfluß. Gonorrhöische Iritis, die rein klinisch der rheumatischen gleicht, soll günstig reagieren. MORGAN, O. GAYER und HOWITT behandelten 15 Fälle von Iridocyclitis mit Diathermie; sie stellten stets eine prompte Wirkung auf die Schmerzen fest und hatten auch durchgehend ein gutes Heilungsergebnis.

Von den übrigen Anwendungen der Diathermie am vorderen Augenabschnitt wären nur der Vollständigkeit halber Versuche QURINs mit Aufhellung der kataraktösen Linse zu erwähnen; das Resultat war negativ.

Eine *Diathermiebehandlung des Glaskörpers und der hinteren Augenhäute* sollte erst unternommen werden, wenn Resultate über genaue experimentelle Untersuchungen am lebenden menschlichen Auge vorliegen. Man könnte vor der Enucleation ziemlich leicht Versuche anstellen. Die Resultate ZAHNS bei seinen Kaninchenexperimenten lassen sich nicht ohne weiteres übertragen. Bei der praktischen Anwendung der Diathermie an den hinteren Teilen des Augapfels wäre man vorläufig noch gezwungen, mit Dosen zu operieren, die sicher unter der Schädlichkeitsgrenze liegen, und weiß dann nicht, ob man überhaupt eine wirksame Temperaturerhöhung im Glaskörperraum und den angrenzenden Augenhäuten erzielt hat. Dazu kommt die schon erwähnte Gefahr der Wärmestauung im gefäßlosen Augeninnern.

KÖPPE allerdings glaubte, daß sich gerade Glaskörpertrübungen zur Behandlung eignen, mit Ausnahme der Fälle, bei denen frische Hintergrundsblutungen bestehen. Trat in 4 Wochen unter der Behandlung keine Besserung ein, so wurde auf weitere Anwendung der Diathermie verzichtet. Selbst die Behandlung von Glaskörpertrübungen infolge Periphlebitis retinalis wurde von diesem Autor gewagt, wenn die klinische Beobachtung ergeben hatte, daß die letzte Blutung mehrere Wochen zurücklag; allerdings geschah die Anwendung der Diathermie in diesen Fällen nur unter vorsichtiger Dosierung (150 mA; BUCKYSche Elektrode; 3—4 Min.; tägl. oder alle zwei Tage, vorsichtige weitere Steigerung). Wieweit bei Anwendung dieser schwachen Dosen die Besserung der gleichzeitig angewandten übrigen Behandlung und vor allem der Tuberkulinkur zuzuschreiben sei, muß KÖPPE selbst unentschieden lassen. Geradezu eine Domäne der Augendiathermie sollen nach demselben Autor alte Glaskörperblutungen und Trübungen im Anschluß an Verletzungen sein. Hier wurde von 100—200 mA für 5 Min. tägl. auf 300 mA für 7—10 Min. tägl. gesteigert und die Behandlung bis über 4 Wochen fortgesetzt. Auch uns würde schließlich

ein Versuch möglich erscheinen, aber erst nach experimenteller Erforschung der Temperaturverhältnisse.

Bei den *Erkrankungen der Netzhaut, der Aderhaut, des Sehnerven und der retrobulbären Teile* ist die Diathermiebehandlung so gut wie gänzlich unversucht. Es ist anzunehmen, daß die hinteren Augenhäute durch Wärmeleitung auf gleiche Temperatur eingestellt werden wie die Rindenschichten des Glaskörpers. Über Diathermie des Sehnerven liegt eine vereinzelte Angabe vor von QURIN, der bei einer doppelseitigen Atrophie infolge Myelitis 4 Wochen lang täglich das Verfahren anwandte und das Sehvermögen von Fingerzählen in 5 Metern auf $\frac{6}{24}$ verbessert haben will. Der Einwand, es sei wahrscheinlich eine retrobulbäre Neuritis gewesen, bei der auch ohne Mittel eine weitgehende Besserung eintreten kann (SCHIECK), ist leider allzu berechtigt. Ob sogar Versuche bei tabischer Atrophie Aussicht haben (BEST), dürfte auch recht zweifelhaft sein.

Die Behandlung von *Erkrankungen des übrigen Körpers* mit der elektrischen Durchwärmung kann für den Augenarzt Bedeutung gewinnen, wenn damit die Augensymptome günstig beeinflußt werden. WASTERLEIN behandelte die BASEDOWSCHE Krankheit, indem er eine Elektrode auf die Schilddrüse setzte, mit Strömen von 1000—2000 mA. Die Sitzungen wurden bis zu einer halben Stunde ausgedehnt. Ziemlich bald bildete sich der Exophthalmus zurück; nach Jahresfrist war der Kropf fast ganz verschwunden, unter gleichzeitigem Zurückgehen fast aller Symptome.

Eine den Ophthalmologen interessierende gelegentliche Anwendung der Diathermie ist in der Behandlung der Trigeminus-Neuralgien gegeben (QURIN). Man kann dabei eine Lidplattenelektrode auf die Nervenaustrittsstelle im Gesicht aufsetzen und sich wohl darauf verlassen, daß der Patient bei zu starker Erwärmung sofort Schmerzen empfindet. Man muß aber vorher geprüft haben, ob die Sensibilität nicht herabgesetzt ist, und anderenfalls sehr vorsichtig dosieren (QURIN).

Zahlreiche Versuche bei Augenkrankheiten selbst und auf den Grenzgebieten haben nach und nach ergeben, daß die Diathermie ein sehr beachtenswertes Verfahren ist. Leider stört bei der Behandlung des Auges die starke Gefährdung, die jede Überschreitung der Grenztemperaturen für die durchsichtigen Medien bedeutet. Es fehlt noch eine gründliche experimentelle Bearbeitung dieses Gebietes. Diese Gefahren dürften auch die Franzosen und Belgier nicht verkennen, die in den letzten Jahren verschiedentlich zu der Diathermiebehandlung des Auges übergegangen sind; so heißt es z. B. bei COPPEZ „Die Diathermie ist ein mächtiges Mittel, aber man muß sie auch als solches gebrauchen. In zu schwachen Dosen ist sie wirkungslos, bei unvorsichtiger Anwendung zu starker Dosen läuft man Gefahr“.

Über die Anwendung der Diathermie zur Gewebiskoagulation vgl. den Abschnitt „Gewebszerstörung“.

V. Verfahren der Kälteanwendung.

Seit alter Zeit sind kalte Augenbäder von Gesunden und Kranken häufig und gern gebraucht worden — von den Gesunden zunächst wegen der allen Menschen bekannten erfrischenden und belebenden Wirkung auf die Nerven — von den Erkrankten in der instinktiven Annahme, daß ein sehr brauchbares Erfrischungsmittel auch bei Krankheiten seine Wirkung nicht versagen werde. Jeder Praktiker begegnet dieser Anschauung sehr häufig bei seinen Patienten, ja man findet sogar heute noch in Laienkreisen den Glauben weit verbreitet, daß die Sehkraft durch Anwendung kalter Augenbäder verbessert werden könne.

Fragen wir uns aber mit strengerer Kritik nach der objektiven Wirkung der Kälte auf den Krankheitsprozeß, so müssen wir uns als Ärzte gestehen, daß diese nur selten günstig ist. Mit der Herabsetzung der Lebenstätigkeit im Gewebe, die eine unmittelbare Folge der Abkühlung ist, wird dem Heilungsprozeß meistens geradezu schlecht gedient. Alle, die in der Unterstützung der natürlichen Heilfunktionen des Körpers eine der wichtigsten ärztlichen Aufgaben erblicken, werden also in der allgemeineren Anwendung der Kälte bei Entzündungsprozessen keine günstige therapeutische Maßnahme sehen können.

Eine Ausnahme hiervon besteht, wenn es gilt, bedrohliche oder schmerzhaftes Schwellungen schneller zum Rückgang zu bringen oder wenn es erlaubt ist, den lindernden Einfluß der Kälte wirken zu lassen, ohne daß ein Schaden zu fürchten ist. Die Erwägung, ob der geringe erzielte Nutzen von Bedeutung ist, sollte aber niemals fehlen und in keinem Falle sollte man bei wirklich ernsthaften Erkrankungen der Augen kalte Bäder und Umschläge verordnen, nur weil es dem Patienten angenehm ist oder nur weil er sich etwas davon verspricht.

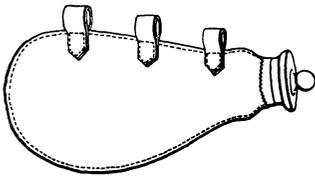


Abb. 24. Augeneisbeutel nach ESMARCH. Ein kleiner Beutel, welcher infolge seines geringen Gewichtes weniger leicht eine Gefährdung des abgekühlten Gewebes durch Drucknekrose bedingen kann als die gewöhnlichen großen und schweren Eisbeutel.

Betrachtet man im einzelnen die Mittel zur Kälteanwendung im Hinblick auf die hierdurch stark eingeschränkten Indikationen, so wäre kurz Folgendes zu sagen: Zur Schmerzlinderung läßt sich genügende Abkühlung schon mit sehr einfachen Mitteln erzielen. Sowohl kalte Augenbäder wie Umschläge sind hierzu durchaus dienlich; denn die hohe spezifische Wärme des Wassers und die dadurch bedingte Wärmeentziehung ist dabei recht beträchtlich. Der Grad der Abkühlung an den Lidern und im Bindehautsack läßt sich in einfachster Weise durch Änderung der Flüssigkeitstemperaturen variieren. Bei der Anwendung kalter Bäder kann man die schon vorher beschriebenen Augenbadewannen verwenden. Beim Gebrauch von Umschlägen muß dafür gesorgt werden, daß mehrere Kompressen zum öfteren Wechseln vorhanden sind und daß dieser Wechsel auch genügend häufig vorgenommen wird.

Bei akuten Entzündungen mit stärkerer Schwellung war lange Zeit der Gebrauch von *Eisbeuteln* recht beliebt; es wurde dabei entweder ein größerer, nur teilweise gefüllter Eisbeutel oder der kleine von ESMARCH (Abb. 24) angegebene Augeneisbeutel verwendet. Systematische Eis Anwendung bei akuten Augenkrankheiten gehört aber jetzt bei uns wohl nur noch in wenigen Kliniken zu streng beobachteten Gepflogenheiten. Einmal haben die Befunde HERRENSCHWANDS und WESSELYS gezeigt, daß eine ernsthafte Beschädigung des Augapfels durch Kälteeinwirkung sehr wohl möglich ist. Ferner ist gerade in der deutschen Literatur ein abschreckendes Beispiel dafür enthalten, daß am Auge durch therapeutische Kälteanwendung in Verbindung mit dem durch eine Eisblase hervorgerufenen Druck eine schwere Nekrose der Lider auftreten kann (PLAUT).

Häufig gebraucht wird die Eisblase trotz aller Bedenken noch im Stadium der Schwellung bei der Blennorrhöe. Es ist aber fraglich, ob die Kälte selbst im Stadium der Schwellung irgendeinen objektiven Erfolg im Sinne eines günstigen Verlaufs bedingt. Wenn man schon den Eisbeutel gebraucht, so sollte man sich jedenfalls sorgfältig überzeugen, daß keine größeren Eisstücke darin enthalten sind, die einen Druck auf das Auge ausüben können; man sollte auch keine allzu große Blase verwenden, den Eisbeutel nur teilweise füllen und ihn an einem federnden Reifen derart befestigen, daß das Gewicht zum großen Teil von diesem Reifen getragen wird. Auch sollte man den Eisbeutel nicht dauernd

aufliegen lassen, sondern ihn nur in Abständen von etwa einer Stunde für etwa 15 Min. gebrauchen. Neuerdings mehren sich die Stimmen, die dafür sind, daß man von seiner Anwendung ganz absehen sollte. BERNHEIMER sowohl wie SIEGRIST sind entschiedene Gegner der Eisanwendung; BERNHEIMER, weil er Entzündungen der Iris und einen ungünstigen Einfluß auf das Hornhautepithel befürchtet, SIEGRIST, weil er auch in den ersten Stadien die Hyperämie nicht stören will, die den Geweben Schutzmittel aus dem Blut zuführen soll. Nach unserer Erfahrung empfiehlt sich höchstens, falls die subjektiven Beschwerden sehr groß sind, Kälte in Form von Berieselungen mit kühler Flüssigkeit in mäßigem Grade einwirken zu lassen, wie das schon EVERSBUSCH empfohlen hat. Man leitet damit gleich in den ersten Tagen zu der Methode der Bindehautspülungen über, die auch zur Behandlung während des weiteren Krankheitsverlaufs das Beste ist.

C. Elektrotherapie.

I. Allgemeines.

Unter Elektrotherapie wollen wir die therapeutische Anwendung des elektrischen Stromes in seiner unmittelbaren Wirkung auf den Körper verstehen. Es gibt außerdem therapeutische Verfahren, welche indirekte Wirkungen des Stromes benutzen, wie z. B. die Heizwirkung, die zur Erwärmung und zur Galvanokaustik verwandt wird; diese Verfahren zählen aber nicht zu den elektrotherapeutischen im strengeren Sinne. Ein echt elektrotherapeutisches Verfahren hingegen ist die Anwendung der Elektrolyse zur Gewebszerstörung; doch wird diese in Befolgung des einleitend erwähnten Einteilungsprinzips gesondert am Schluß des Abschnittes „Physikalische Therapie“ behandelt.

Vielleicht wurde es durch die ungeklärten Vorstellungen über das Wesen des elektrischen Stromes bedingt, vielleicht waren es auch nur die mangelhaften Kenntnisse über die Wirkung der Elektrizität im tierischen Gewebe, welche viele Jahrzehnte lang, ja noch bis in unsere Zeit hinein die Elektrotherapie mit einem Nimbus umgeben haben. Erst seitdem die Gesetze der elektrolytischen Dissoziation und die von NERNST gefundenen Gesetzmäßigkeiten der Ausbreitung von Strömen im kolloidalen Gewebe des tierischen Körpers bekannt sind, hatte man die Grundlage zu einer klareren Auffassung über die Heilwirkung der elektrotherapeutischen Methoden.

Letzten Endes ist jede Elektrizitätswirkung von einem Ionentransport im elektrolytisch dissoziierten, gelösten Anteil der Körpersalze abhängig. FRANKENHÄUSER in Deutschland und LEDUC in Frankreich haben sich in verdienstvoller Weise um die weitere Verbreitung dieser Erkenntnis bemüht. Bei jeder Durchströmung des Gewebes setzt eine Anionenwanderung zum positiven, eine Kationenwanderung zum negativen Pol ein. Dieser Wanderungsprozeß der Ionen betrifft alle Gewebe und Zellen, die in die Strombahn eingeschaltet sind, allerdings in verschiedener Stärke, je nach ihrer Leitfähigkeit. Der dabei entstehende biologische Effekt ist außerordentlich verschieden, je nach dem Grade der entstehenden Veränderungen, nach der Wichtigkeit der Reaktionen für das Leben der Zelle, der Stärke und der Art der dabei auftretenden Reize und schließlich auch nach der Art und dem Grad der dadurch eingeleiteten sekundären Veränderungen. Unter den Sekundärwirkungen nehmen die durch Nervenreizung zustande kommenden Erregungen der Sinnesorgane und die reflektorisch ausgelösten Muskelkontraktionen eine besondere Stellung ein, insofern durch diese Wirkungen auch bei geringer Intensität des Stromes ein bedeutender biologischer Effekt vermittelt werden kann.

Obleich zu Anfang des jetzigen Jahrhunderts die Erklärungen über das Wesen der Stromwirkung im Gewebe schon ziemlich präzise formuliert waren, hatte damals noch die alte elektrotherapeutische Schule, die eine Analyse der Stromwirkungen ablehnte, das Übergewicht. So ist z. B. noch MANN im Jahre 1901 nicht geneigt, die elektrochemischen Einwirkungen als ein wesentliches Moment der elektrotherapeutischen Erfolge zu betrachten. Er kommt zu diesem Schluß (und bei den meisten Elektrotherapeuten dürfte der Standpunkt damals der gleiche gewesen sein), weil der faradische Strom mit seinen „minimalen elektrolytischen Wirkungen“ vielfach ebenso wirksam sei wie der objektiv stärkere galvanische. Doch bald danach begannen die Therapeuten sich durchzusetzen, welche mehr auf dem Boden der elektrochemischen Theorien standen. Von ihnen wurden stärkere galvanische Ströme empfohlen, z. B. von FRANKENHÄUSER, der dabei den Vorschlag machte, an der Anode eine Sodalösung und an der Kathode eine Salzsäurelösung zu verwenden, um durch Kohlensäurebildung an der Anode und durch Wasserstoffbildung an der Kathode eine stärkere Reizwirkung an der Haut zu umgehen. Damals wurde der Boden für die jetzt bedeutungsvoll gewordene Iontophorese vorbereitet.

Gegenüber der bewußten elektrochemischen Anwendung des Stromes gingen die älteren therapeutischen Maßnahmen größtenteils von der vorher erwähnten, rein empirisch festgestellten Wirkung auf das Nervensystem aus. Man kannte ja die eigenartigen DUBOISSchen Gesetze und glaubte fest an Wunderdinge, die sich durch die Wirkung des elektrischen Reizes vollziehen könnten. So sollte ein hypästhetisches Nervengebiet auch ohne Mitwirkung sensibler Reize eine stärkere Reaktionsfähigkeit für spätere Reize gewinnen; die Erregbarkeit sollte sich ändern, wobei eine besondere „Neuronenschwelle“ in Frage kam. Da an der Kathode eine gesteigerte, an der Anode eine verringerte Zelltätigkeit wenigstens bei gewisser Reizstärke beobachtet war, wurde schlechthin zur Reaktivierung von Nerven und Muskeln die Kathode angewandt, zur Schmerzstillung dagegen die Anode benutzt. Der Gebrauch der Anode zur Linderung der Schmerzen war häufig recht wirksam; die einfachen Erklärungen waren aber weniger gut mit dem Umstand zu vereinbaren, daß bei etwas höherer Stromstärke oft geradezu eine entgegengesetzte Wirkung beobachtet wurde. Das gab den Anlaß, nur schwache Ströme zu gebrauchen und von der Anwendung galvanischer Ströme lieber ganz abzusehen, indem man die faradischen Ströme zu Hilfe nahm. Auch bei der Anwendung faradischer Ströme waren gewisse Wirkungen festzustellen; bei kräftiger faradischer Reizung beobachtete man eine Heraufsetzung der Erregbarkeit, bei langanhaltender stärkerer Faradisation das Gegenteil. Eine genaue Erklärung konnte allerdings hierfür nicht gegeben werden.

Was nun die Wirkung des elektrischen Stromes am Auge anbetrifft, so zeigte sich, daß der motorische Apparat hier weniger beeinflußt werden konnte als an anderen Körperteilen (BENEDIKT). Das liegt daran, daß die Stromlinien nach Aufsetzen eines Pols an dem vorderen Teil der Orbita sich ziemlich weit verzweigen und so verstreut verlaufen, daß mit der Anwendung von Strömen gewöhnlicher Stärke eine Reaktion an den Muskeln des Augapfels nicht ausgelöst werden kann. Die elektrisch erregbaren Punkte, die Muskelendstellen der Nerven, die Nerven selbst und die Ganglien liegen zu weit in der Tiefe. Man hat sich in der älteren Zeit der Elektrotherapie etwas leichthin mit dem hypnotischen Gedanken getröstet, daß auch noch schwächere Ströme als die zur Überschreitung der motorischen Reizschwellen notwendigen eine günstige Wirkung bei Muskellähmung haben könnten. Die einzige gut sichtbare objektive Wirkung an den Muskeln des Augapfels dokumentiert sich aber nur in einer Erweiterung der Pupille nach Ansetzen der Elektrode in der Gegend des Ciliarkörpers (v. ZIEMSEN) und in einer galvanischen Lichtreaktion, d. h. Verengung, nach

Reizung der Sehsubstanz und Aufsetzen an der Schläfe (ВУМКЕ). Sehr deutlich ist dagegen die Wirkung des Stromes am M. orbicularis oculi und den benachbarten Muskeln der Gesichtshaut festzustellen. Hier läßt sich durch Aufsetzen des Pols an den entsprechenden Hautstellen eine Kontraktion auslösen; doch ist dies bei der Behandlung nicht immer sehr angenehm. Ferner kann man auch den Trigemini in verschiedenen Gebieten leicht elektrisieren; man braucht die Elektrode nur auf die bekannten Druckpunkte an den Austrittsstellen der Nervenäste aufzusetzen. Der Augapfelanteil des Trigemini wird von der Stromwirkung mitbetroffen, wenn man die REUSSsche Augenelektrode gebraucht.



Abb. 25. Netzumformer, für galvanischen und faradischen Strom eingerichtet. Arbeitet mit Glühkathodenröhren (Siemens & Halske).

Eine Sonderstellung erhält die Elektrisierung des Auges durch die dabei auftretenden Sensationen von seiten der spezifischen Sinneszellen; der absteigende Strom im Sehnerven verursacht anhaltende Verdunkelung des Eigenlichts (HELMHOLTZ); der aufsteigende Strom dagegen hellt das Dunkelgesichtsfeld auf. Stärker noch sind die Lichterscheinungen bei Stromschluß und Stromöffnung; man sieht dabei wegen der Stromstöße deutliche Lichtblitze. Die Art der Stromwirkung, die zur Erregung des Sinnesorganes führt, und die Stelle, wo diese Einwirkung zustande kommt, ist nicht näher bekannt. Es ist aber anzunehmen, daß die Netzhautelemente selbst erregt werden.

Wenn man den elektrischen Strom zur Therapie verwenden will, muß man eine Apparatur verwenden, aus der man sowohl galvanische wie induzierte Wechselströme in geeigneter Stärke abnehmen kann. Auch der Strom einer kleinen Batterie mit mehreren Elementen genügt wohl für das Auge durchaus; er kommt aber meist nicht in Frage, weil es bequemer ist, den fast überall vorhandenen Leitungsstrom entsprechend abzuschwächen oder umzuformen. Die dazugehörigen Apparate sind in großer Vervollkommnung käuflich zu haben und so eingerichtet, daß alle Techniken mit ihnen ausgeführt werden können (Abb. 25). Am einfachsten ist die Umformung beim Gleichstrom; hat das städtische

Stromnetz Wechsel- oder Drehstrom, so waren früher kostspielige Transformatoren nötig; neuerdings kann man Umformer verwenden, die den bekannten Radiogeräten ähnlich sind. Es wird angegeben, daß sie ausgezeichnet funktionieren. Ein Nachteil beim Stadtstrom sind die meist nicht unbedeutlichen Spannungsschwankungen, die man in Kauf nehmen muß.

Wie schon erwähnt, kann man alle Wirkungen des Stromes auf die Ionenwanderung beim Durchsetzen der Elektrolyten des Gewebes zurückführen; indes bestehen aber wesentliche Unterschiede in dem therapeutischen Erfolg, je nach der Art der Elektroden und ihrer Größe, nach der Art des durchströmten Gebietes, der Art der örtlichen Widerstände, der Zeit der Einwirkung, der Stärke und der Spannung des angewandten Stroms. Ordnet man die elektrotherapeutischen Methoden nach dem erzielten Effekt, so kann man folgende Arten der Stromanwendung unterscheiden:

die elektrische Anregungstherapie mittels schwacher Ströme;

die elektrolytische Iontotherapie im strengeren Sinne — die sog. Iontophorese;

die elektrolytische Zerstörungstherapie — die sog. Elektrolyse (über diese vgl. den Abschnitt „Gewebszerstörung“ S. 803).

II. Elektrische Anregungstherapie mittels schwacher Ströme.

Wenn man von der elektrolytischen Zerstörung absieht, so kann man hierunter das meiste zusammenfassen, was aus der älteren Zeit der Elektrotherapie in zahlreichen Publikationen niedergelegt ist. Auch bei der Anwendung am Auge gab man sich — weder beim galvanischen, noch beim faradischen Strom — Rechenschaft von dem elektrochemischen Verhalten der Gewebe; man ging rein empirisch von den erzielbaren Wirkungen aus. Wenn man die Erfolge etwas kritischer betrachtet, so muß man auch bei dieser älteren Elektrotherapie mehrere Wirkungsmöglichkeiten unterscheiden.

Eine anregende Wirkung auf die Nervensubstanz ist sowohl von BENEDIKT als auch von vielen späteren Autoren konstatiert worden. BENEDIKT und später EULENBURG wußten, daß Zuckungen in den elektrisierten Augenmuskeln auch mit ziemlich kräftigen Strömen nicht ausgelöst werden konnten. Trotzdem glaubte aber BENEDIKT, daß durch Vermittlung des Trigemini auf einer reflektorischen Bahn eine Heilwirkung zustande komme. Er sah bei Anwendung relativ schwacher Ströme nach Sitzungen von $\frac{1}{2}$ Min. Dauer bei Lähmungen eine sofort eintretende Besserung, die sich in Zunahme der Beweglichkeit und in Einengung des Doppelbilderbezirks anzeigte. Ähnliche Erfolge glaubte man auch später öfter zu sehen. Ob diese durch die Elektrisierung zustande kommende Erleichterung der Muskelaktion wirklich durch eine Verbesserung der Nervenimpulse verursacht wird, bleibe dahingestellt. Vielleicht sind solche Erfolge nur ein Musterbeispiel dafür, wie der Arzt zugleich mit dem Patienten durch Suggestion beeinflußt und betrogen werden kann.

Eine anregende Wirkung des Stromes auf die Muskulatur — soweit der Muskel bei der Elektrisierung in Aktion gesetzt wird —, ist unbestreitbar. Auf experimentellem Wege und auch bei klinischen Fällen von Lähmungen der großen Körpermuskeln ist zu beweisen, daß durch eine fortgesetzte Übungstherapie mit elektrisch ausgelösten Kontraktionen der Muskel vor Atrophie bewahrt wird, so daß er nach Regeneration des Nerven sofort wieder in Aktion treten kann. Am Auge sind aber leider wirksame Kontraktionen durch den Strom nur in dem Schließmuskel der Lider auszulösen.

Eine anregende Wirkung auf das Allgemeinbefinden des Patienten durch das suggestive Moment ist der dritte wichtige Punkt bei der Elektrisierung. Diese

Wirkung wird schon durch die mit der Elektrisierung verbundenen Sensationen begünstigt. Es kommt hinzu, daß die Elektrotherapie eine Behandlungsmethode ist, in deren Wirkungsweise selten der Patient volle Einsicht hat. Es werden sich dem Augenarzt immer wieder Gelegenheiten bieten, wo er kein Mittel unversucht lassen möchte und wo er hocheifrig ist, daß er den elektrischen Strom anwenden kann, auch wenn die objektiven Wirkungen auf das Krankheitsbild nicht allzu deutlich sind. Schon die durch Doppelbilder infolge von Lähmungen hervorgerufenen Zustände können für den Patienten so quälend und für den Arzt so unerquicklich werden, daß man zufrieden sein muß, wenn man sich über die Zeit bis zur evtl. Rückbildung der Lähmung mit einer wesentlich suggestiven Methode hinweghelfen kann.

Die *Ausführung der galvanischen Elektrisierung am Auge* wird am besten so vorgenommen, daß man eine größere indifferente Elektrode mit einer Bindentour am Nacken befestigt und die zweite kleinere Elektrode (meistens die Kathode) mit der Hand an der zu elektrisierenden Stelle des Auges aufsetzt. Soll der Strom durch die Lider hindurch zur Einwirkung gebracht werden, so läßt man das Auge schließen, legt ein kleines feuchtes Wattestückchen auf die Lidhaut und setzt darauf eine Elektrode, die am besten die Form einer kleinen Hohlschale hat (v. REUSS) (Abb. 26); zur Not kann man auch andere Elektroden mit einem feuchten Wattebausch an die Haut andrücken. Bei länger dauernder Durchströmung die Elektrode anzubinden, empfiehlt sich nicht, da man sich alsdann nicht jederzeit orientieren kann, ob sie noch richtig liegt.



Abb. 26. Augenelektrode nach v. REUSS. Kleine Schale mit Elektrodenhalter, welche vor das Auge gebunden wird.

Die Stärke der galvanischen Ströme muß bei dieser Art der Elektrisierung geringer sein, wenn nur ein umschriebenes Gebiet am Augapfel oder an seinen Muskeln elektrisiert wird. Bei Elektrisierung der Muskelansätze oder der Sclera an umschriebener Stelle mit der EULENBURG'Schen Elektrode sollte man nicht mehr als 1 mA für 1 Min. einwirken lassen. Bei der großen Elektrode auf den Lidern sind 3—5 mA für 1 Min. nicht zuviel; in diesem Falle kann man Ströme von 1 mA sogar täglich bis zu einer halben Stunde verwenden (LEVY).

Anders ist die Strombemessung für die faradische Behandlung; der faradische Strom ist viel weniger schädlich, auch wenn die sensiblen Nerven schon in beträchtlichem Grade erregt werden. Man kann alle Intensitäten, die keinen starken Schmerz hervorrufen, ohne weiteres als zulässig bezeichnen; in der zeitlichen Begrenzung braucht man ebenfalls weniger ängstlich zu sein. Man kann faradische Ströme jeden Tag 15—30 Min. lang sogar in mehreren Sitzungen anwenden (v. REUSS).

Bei der *Faradisation* besteht ein sehr schonendes Verfahren darin, daß der Arzt sich selbst mit in den Stromkreis einschaltet, d. h. den angefeuchteten Pol mit der einen Hand ergreift und mit den angefeuchteten Fingern der anderen Hand die Stromkette schließt, indem er über die Lider oder diejenigen Stellen des Auges hinwegstreicht, welche er hauptsächlich elektrisieren will. Da man hierbei die Intensität des angewandten Stroms mit Hilfe der eignen Empfindung kontrolliert, so ist man sicher, daß eine allzu starke Einwirkung vermieden wird.

Im allgemeinen wird man faradischen Strom und Anwendung durch die Lider hindurch bevorzugen, wenn man nur einen schwachen Reiz ausüben will. Der galvanische Strom mit seiner stärkeren objektiven Wirkung sollte möglichst

stets näher an der zu beeinflussenden Stelle, also an der Sclera, in der Gegend des Ciliarkörpers oder an den Augenmuskelansätzen in das Gewebe geleitet werden.

Die *Anwendung des Stroms zu dieser Art Anregungstherapie* war im vergangenen Jahrhundert bei den Augenärzten sehr beliebt. Das bezeugt die große Zahl der Veröffentlichungen. Kein Zweifel, daß wir heute einen großen Teil der damals konstatierten günstigen Wirkungen recht skeptisch einschätzen müssen. Vieles, was man nicht erklären konnte, nahm man als Wirkung des Stromes hin und übersah, daß ein großer Teil der Erfolge durch die unverändert ablaufenden natürlichen Heilfunktionen bedingt war, ein anderer Teil durch günstige suggestive Wirkungen und nur ein kleiner Teil durch einen objektiven Effekt. Namentlich in den siebziger Jahren war die Entdeckung neuer Heilwirkungen des elektrischen Stromes anscheinend geradezu Modesache. Man gebrauchte ihn bei allen möglichen Erkrankungen, bei Bindehautkatarrhen, Hornhautgeschwüren, Erkrankungen des Glaskörpers, der inneren Häute des Auges, des Sehnerven und bei Lähmungen.

Bindehauterkrankungen sind später mit der einfachen Durchströmung wohl überhaupt nicht mehr behandelt worden; jedenfalls erwähnt einer der begeistertsten Elektrotherapeuten, nämlich v. REUSS, in einer Zusammenstellung über Elektrotherapie überhaupt nichts davon; ich habe auch sonst in der Literatur nichts darüber finden können. Die neuerdings wieder geübte elektrische Behandlung des Trachoms gehört in das Gebiet der Elektrolyse oder in das Gebiet der Iontophorese.

Auch die Elektrotherapie der Hornhauterkrankungen kann in der Form, wie sie geübt wird, nicht mehr zu der hier skizzierten Anregungstherapie gerechnet werden; v. REUSS, der mit einem kleinen Knopf die Geschwürränder zerstört, faßt seine Ulcusterapie selbst als Elektrolyse auf (vgl. darüber den Abschnitt „Gewebszerstörung“ S. 803). Eher noch in unser Gebiet gehören die wenigen Versuche, die gemacht worden sind, um mit der einfachen Durchströmung den Herpes und die Keratitis neuroparalytica günstig zu beeinflussen. Aber auch diese Methode ist neuerdings durch die medikamentöse Iontophorese (s. S. 720) verdrängt worden.

Wichtig ist die günstige Beeinflussung der Schmerzen, die bei der einfachen elektrischen Durchströmung zustande kommt und die mittelbar einen recht wirksamen Einfluß auf den weiteren Heilungsverlauf vieler Augenerkrankungen auszuüben vermag. Man kann sich das Zustandekommen dieser Wirkung vielleicht am ehesten durch tonisierende Einflüsse auf das Nervensystem erklären. Handelt es sich um Trigeminusneuralgien, so kann man mit SILEX galvanische Durchströmung mit Anlegen der Anode an den Druckschmerzpunkten vornehmen. SILEX sah sogar bei ausschließlicher Anwendung dieser Therapie die besten Erfolge. Auf die günstige Wirkung bezüglich der Schmerzen bei den Augenerkrankungen hat vor allem v. REUSS hingewiesen. Zur Erzielung der Schmerzstillung eignet sich sowohl die Galvanisation (1,0—1,5 mA für 1—1,5 Min.), als auch die Faradisierung in der vorher beschriebenen Weise. Lichtscheu und Blepharospasmus skrofulöser Kinder sollen in eklatanter Weise verschwinden; bei Hornhautentzündungen, bei Iritis und Iridocyclitis soll das Verfahren nicht minder gute Dienste leisten; v. REUSS glaubt, daß ein günstiger objektiver Einfluß namentlich bei den Entzündungen der Uvea nicht zu verkennen sei. Er benutzt das Verfahren auch bei den Schmerzattacken erblindeter Augen, mit dem Erfolg, daß diese häufig wieder zur Ruhe kommen und erhalten bleiben. Ob allerdings die dabei vorliegenden Veränderungen, d. h. Entzündungen der tieferen Teile, Glaskörper- und Netzhautblutungen u. a. dabei wesentlich schneller zur Resorption kommen, möchte er dahingestellt sein lassen.

Für ein sehr wichtiges und dankbares Gebiet dieser elektrotherapeutischen Behandlung hält v. REUSS die Scleritiden, einmal wegen der auch für den objektiven Verlauf nicht unwichtigen glänzenden Schmerzstillung, die häufig schon durch die Faradisation zustande komme, zum anderen, weil sich gerade bei diesen Erkrankungen ein direkt heilungsfördernder Einfluß der Elektrisierung nicht verkennen lasse. Zur Verbesserung der objektiven Wirkung benutzt v. REUSS dabei gern den galvanischen Strom; er nimmt die kleine EULENBURGSche Elektrode, setzt die Anode an dem Scleralbuckel auf und läßt einen Strom von 1—1,5 mA für 1—1½ Min. einwirken. Er weist ausdrücklich darauf hin, daß es sich dabei nicht um eine Kauterisation oder um eine Elektrolyse handelt, sondern nur um eine Reizwirkung. „Ich will nur eine Hyperämie erzeugen, die bald verschwindet, und es ist diese Methode nicht schmerzhaft, es genügen Cocaineinträufelungen; es bedarf keiner Injektionen.“ In der Regel elektrisiert v. REUSS jeden zweiten Tag und gewöhnlich sieht er schon beim zweiten Male ein Nachlassen der Schmerzen. Das Auge wird blasser, und bis zur zwölften Sitzung ist die Heilung meist eingetreten. Sind mehrere Buckel vorhanden, so daß nicht jeder Buckel einzeln gut galvanisiert werden kann, oder ist die Erkrankung nur leicht, so soll auch die Faradisation gute Dienste leisten. Besonders günstig wirke die Elektrisierung auch bei der Subconjunctivitis, der Episcleritis periodica fugax nach FUCHS, einer Erkrankung, die v. REUSS mit vasomotorischen Störungen zusammenbringt — also augenscheinlich nach seiner Ansicht durch Tonisierung der Gefäße. In der Klinik von AXENFELD wurde auch ein Fall von traumatischer Scleritis mit dem galvanischen Strom recht günstig beeinflußt (LEVY).

Verschiedentlich hat man in neuerer Zeit wieder den Versuch gemacht, auf die Krankheiten der inneren Augenabschnitte mit der einfachen Durchströmung einzuwirken und zwar nicht nur bei Nervenerkrankungen, die auch nach unserer Vorstellung doch noch irgendwie auf schwache Reize reagieren könnten, sondern auch auf alle möglichen anderen Veränderungen. Gegen die Versuche, den grauen Star mit dem elektrischen Strom zu heilen, hat sich schon HIRSCHBERG energisch gewandt; man hat den Strom sodann bei allen möglichen Erkrankungen im hinteren Augenabschnitt (z. B. Glaskörperblutungen, Aderhaut-, Netzhaut-Erkrankungen) empfohlen. Dagegen haben auch ausgesprochene Anhänger der Elektrotherapie, wie z. B. v. REUSS Verwahrung eingelegt. Wir möchten uns der Ansicht HERTELS anschließen, daß zwar durch den Einfluß der Elektrotherapie auf die Zirkulation eine anregende Wirkung für die Resorption zustande kommen könnte, daß aber diese bei den hinteren Teilen nur so geringfügig zu sein vermag, daß sie als ernsthafte Therapie nicht in Frage kommt.

Die Elektrisierung bei Lähmungen der Augenmuskulatur ist früher gerade in Deutschland besonders beliebt gewesen. In der nichtophthalmologischen Medizin, hat die Elektrisierung gelähmter Muskeln den Effekt, daß sie vor Atrophie bewahrt werden. Dieser Erfolg ist aber am Auge, wie schon erwähnt, nur im Bereich der M. orbicularis zu erzielen, weil die tiefen Muskeln nicht vom Strom in genügender Stärke erreicht werden, aus diesem Grunde hat sich vieler Therapeuten mit Recht eine gewisse Skepsis bemächtigt, um so mehr, als auch auf den übrigen Gebieten, wie die Lehrbücher der Neurologie uns zeigen, die Bedeutung der Elektrotherapie bei Lähmungen jetzt wesentlich geringer veranschlagt wird. Nach den Angaben in der augenärztlichen Literatur (BENEDIKT, v. REUSS, HERTEL, EVERSBUCH) soll man die Haut über der Sehne des gelähmten Muskels mit der Kathode bestreichen, während die Anode auf den Nacken aufgesetzt ist. Wenn auch keine Zuckungen zustande kommen, so ist natürlich die Annahme einer Wirkung auf die Gefäße und den Stoffwechsel

des Muskels nicht ganz von der Hand zu weisen. Die Stromstärke soll etwa $1\frac{1}{2}$ —3 mA betragen, die Dauer der Anwendung etwa 2—5 Min.; die anfangs täglichen Sitzungen sollen später seltener wiederholt werden; der Strom soll nicht stärker sein, als daß ein leichtes Brennen hervorgerufen wird. Zeigt sich in 6—8 Wochen kein Erfolg, so ist die Fortsetzung zwecklos. Bei Anwendung der EULENBURGschen Elektrode kann man auch die Muskelansatzstelle an der Sclera direkt bestreichen (1 mA für 1 Min.), doch ist der Effekt dabei nach v. REUSS nicht besser als beim Elektrisieren durch die Lider.

Natürlich kann man auch die Faradisation versuchen; wegen der stärkeren objektiven Wirkung sollte man aber im allgemeinen die Galvanisation bevorzugen. Wird die Faradisation gebraucht, so kann der Kranke die Behandlung selbst ausführen und die betreffende Stelle durch das Lid hindurch mit der Elektrode bestreichen; das kann täglich 10 Min., eine halbe Stunde und länger geschehen, ganz wie es dem Kranken am angenehmsten ist.

Auch die Behandlung des Schielens, der Insuffizienz beim Konvergieren, des Nystagmus, der Pupillen- und Akkommodationslähmung ist nicht unversucht geblieben; die Aussichten auf einen Erfolg sind aber hier noch geringer. Ebenso ist es bei den durch cerebrale Herde bedingten Lähmungen, für die man sogar eine Durchströmung des Gehirns empfohlen hat; alle hierfür geopferten Versuche wollen uns zwecklos erscheinen und es wird deshalb nicht weiter darauf eingegangen.

Ausdrücklich erwähnt werden muß nur noch ein Gebiet, auf dem wegen des starken Interesses an evtl. Erfolgen immer wieder neue Versuche angestellt wurden, daß ist das Gebiet der Opticusatrophie. Auch bekannte Autoren sind hier mit Resultaten an die Öffentlichkeit getreten, die den Anschein erwecken konnten, als sei wirklich der Sehnervenschwund durch Elektrisierung zu bessern. Man hat Erfolge erzielen wollen, indem man entweder die Pole an den beiden Schläfen anlegte oder in der üblichen Weise (indifferente Elektrode am Nacken und die kleinere Elektrode vor der Orbita), den Strom über den Sehnerven hinwegleitete und 3—5 mA für 3—5 Min. täglich unter öfterem Stromwechsel einwirken ließ. MANN z. B. hatte eine ähnliche Therapie befürwortet und glaubte damals, daß er bei 12 Fällen von Sehnervenleiden und Amblyopien nur zweimal keine sichere Besserung erzielte! In den übrigen Fällen fand er einen Anstieg des peripheren und zentralen Sehvermögens und eine Verbesserung des Farbengesichtsfeldes. Auch sollte die Schwellenerregbarkeit für galvanisierte Lichtempfindung bei der Durchströmung auf das Doppelte zugenommen haben. Wir registrieren diese Resultate hier nur, ohne von solchen Wirkungen überzeugt zu sein. Nach den neueren Anschauungen entsteht die tabische Atrophie durch Spirochätenherde — MANN dürfte selbst kaum geglaubt haben, daß er solche Herde durch sein Verfahren beeinflussen konnte.

III. Iontophorese.

Allgemeines. Die Iontophorese (FRANKENHÄUSER) auch wohl einfach als Ionentherapie bezeichnet (LEDUC), gebraucht den elektrischen Strom, um therapeutisch verwertbare Ionen in dem als Elektrolyt funktionierenden Gewebe an einen bestimmten Wirkungsort zu bringen. Versuche, den Strom zur medikamentösen Einverleibung bestimmter Arzneimittel zu gebrauchen, sind in der Augenheilkunde schon vorher gemacht worden. Nachdem ALBRAND und SCHÖLER dahingehende Experimente angestellt hatten, war KRÜCKMANN der Erste, der eine „kataphoretische“ Behandlung des menschlichen Auges versuchte. Er benutzte sein Verfahren beiluetischen Erkrankungen, um Quecksilber ins Auge zu bringen und hatte bemerkenswerte Erfolge zu verzeichnen. Die in den

nächsten Jahren erscheinenden Arbeiten von FRANKENHÄUSER und LEDUC verstärkten das hierdurch erwachte Interesse und bereiteten weiter den Boden für die von WIRTZ ausgebaute Augeniontophorese. Als WIRTZ an die Öffentlichkeit trat, hatte er die neue Therapie schon zu einem auch technisch gut durchdachten Verfahren entwickelt und eine größere Zahl von Kranken damit behandelt. Den verdienstvollen Arbeiten dieses Autors ist eine große Zahl von anderen gefolgt, unter denen die wegen ihrer experimentellen Studien wichtige von ZAHN und die umfassende SCHNYDERS besonders genannt werden mögen.

Im Grunde handelt es sich, wie schon vorher erwähnt, bei jeder elektrischen Durchströmung des Gewebes um eine elektrolytische Beeinflussung des Zellstoffwechsels. *Die Iontophorese zeichnet sich aber vor der älteren Elektrotherapie dadurch aus, daß mit der Einführung bestimmter Ionen ihre Wirkungen genauer auf ein bestimmtes Ziel eingestellt werden und durch wohlabgewogene Veränderung der Durchströmungsbedingungen in mannigfaltiger Weise variiert werden können.*

Im normalen und pathologischen Stoffwechsel besteht ein fortdauernder Austausch von gelösten und gebundenen Stoffen. Gelöste Bestandteile aus den Elektrolyten wandern zu den Kolloiden und von den Kolloiden gehen beständig Teile in Lösung zurück. Die normale Organisation der kolloiden Substanzen und namentlich ihre Wasserbindung, d. h. ihr Quellungs-zustand, ist in bestimmter Weise von der elektrischen Ladung abhängig. Unter pathologischen Bedingungen ändert sich mit dem Auftreten neuer chemischer Kräfte meist auch der kolloidale Zustand des Gewebes. Es ist ein großer und fruchtbarer Gedanke, die kolloidchemische Struktur an Ort und Stelle durch künstlichen Ionentransport zu beeinflussen.

Zum besseren Verständnis muß an einige Tatsachen aus der Kolloidchemie erinnert werden. Die bei Iontophorese in Betracht kommenden Kolloide sind dadurch charakterisiert, daß sie bei einem bestimmten Minimum elektrischer Ladung, welches dem sog. isoelektrischen Punkt entspricht, auch ein Minimum von Wasserbindung aufweisen und dann große Neigung zeigen, auszufallen, während sie bei Zuwachs von elektrischer Ladung eine bestimmte Quellung erfahren. Bringt man mit Kolloiden, die sich in einem mittleren Quellungs-zustand befinden, positive oder negative Elektrizitätsträger (d. h. Ionen) zur chemischen Vereinigung, so wird man entweder Quellung und Löslichkeits-erhöhung oder Entquellung, Schrumpfung und Ausfällung erzielen können. Die Art der Reaktion ist abhängig von der vorhandenen Ladung und dem vorherbestehenden Quellungs-zustand des Kolloids, von dem Quantum der zugeführten Elektrizität, wie von der Art der zugeführten Ionen (einwertige oder zweiwertige). Bei der komplizierten Struktur der Eiweißmoleküle besteht auch die Möglichkeit, durch bestimmte Ionen mit besonderen Affinitäten eine spezifische Wirkung auszuüben. Durch diese verschiedenen Änderungen sind zugleich die Prinzipien der Iontophorese gegeben. Sie bezweckt stets:

1. Entquellung, Verdichtung, Ausfällung oder
2. Quellung, Löslichkeitserhöhung, Auflösung oder schließlich
3. spezifische Beeinflussung empfindlicher Moleküle durch Ionen oder organische Gruppen.

Eine Grundlage für die Kenntnis der natürlichen und künstlichen Bedingungen, unter denen Löslichkeitserhöhung oder Fällung der Eiweißstoffe zu erwarten ist, fand HOFMEISTER (vgl. HÖBER, JOEL), indem er die Einwirkung verschiedener Kationen und Anionen auf den Quellungs-zustand von Leimplatten prüfte und dabei feststellte, daß die zustande kommenden Reaktionen für die verschiedenen Ionen zwar verschiedenartig, aber meist in bestimmter Stärke ablaufen. Nach ihrer Fällungskraft lassen sich die einzelnen Elemente oder Gruppen

in Reihen ordnen (die sog. HOFMEISTERSCHEN Reihen). Das Fällungsvermögen der zweiwertigen Kationen nimmt ab in der Reihe $Hg > Pb > Cu > Cd > Ni > Co > Ba > Mg$, die Lösungstendenz der Metalle in der Reihe $Au > Pt > Ag > Hg > Cu > S > H > Pb > Ni > Co > Fe > Cd > Zn > Al > Mg$; das Fällungsvermögen der Anionen (—) in der Reihe: $Citr. > Tartr. > SO_4 > CH_3CO_2 > Cl > Br > NO_3 > ClO_3 > J$ und SCN . (Wichtig ist, daß Na, Ka, Li einerseits, Cl, J, Br andererseits anstandslos vom Gewebe vertragen werden. Säureradikale, Calcium und Magnesium wirken kräftiger, Wasserstoff und Hydroxylion sowie die Schwermetalle wirken stärker reizend.) *Die letzten Glieder der hier wiedergegebenen Anionenreihe haben aber bei dem alkalisch reagierenden Eiweiß des lebenden Körpers schon eine löslichkeitserhöhende Wirkung; diese ist am stärksten bei J und SCN, macht sich jedoch auch noch bei Cl bemerkbar.* Daß die Art des Eiweißstoffes nicht ganz gleichgültig ist, hat SPIRO gefunden, und auf die Bedeutung der Reaktion hat HÖBER hingewiesen. Die Kationen müssen natürlich mit der Anode (+ Pol), die Anionen mit der Kathode (— Pol) in den Körper geschickt werden.

Im allgemeinen hat die fällungspositive schrumpfende, adstringierende Wirkung der Ionen bis jetzt für die Therapie vielleicht eine etwas größere Bedeutung als die auflockernde, verflüssigende. Für den ersten Typus läßt sich das Calcium als paradigmatisch anführen, welches Entzündungen an serösen und mukösen Häuten, z. B. auch an der Conjunctiva, deutlich hemmt. Es ist dabei wichtig, sich gegenwärtig zu halten, daß diejenigen Substanzen, die in großen Dosen direkt fällend wirken, in kleineren die Wasserabgabe der gequollenen Gewebe begünstigen und dadurch eine Anschwellung, also ebenfalls eine Entzündungshemmung, herbeiführen. In diesem Sinne wurden die Metallsalze, wie Zinksulfat, Bleiacetat u. a. ja schon lange Zeit medikamentös verwandt. Für die umgekehrte Wirkung, d. h. die Verflüssigung und Erhöhung des Quellungsstandes, ist ein markantes Beispiel die verflüssigende Wirkung verschiedener Ionen auf zähe Sekrete. Auch hat man versucht eine Auflösung narbigen Gewebes durch Chlor- und Jodionen herbeizuführen.

Die Kationen wirken im Körper zumeist, indem sie in Beziehung zu den negativ geladenen Chlorionen treten, die Anionen in analoger Weise in Verbindung mit dem positiv geladenen Natrium. So kommt es, daß man bei der Iontophorese nahezu dieselbe Wirkung erhält, als wenn man in dem einen Falle das Chlorid des Kations, in dem anderen das Natronsalz des Anions in Lösung an die Zellen herangebracht hätte. Die Stärke der Reaktion, die bei der Einführung der Ionen in die Gewebe auftritt, ist nicht ohne weiteres durch die allgemeine chemische Reaktionsfähigkeit dieser Ionen charakterisiert; sie ist auch zum großen Teil von der Stoffwechseländerung abhängig, welche durch die Iontophorese eingeleitet wird, und weiter von der Schädigung, die mit der Einführung fremder Elemente oder durch Umänderungen in den organischen Molekülgruppen Hand in Hand gehen kann. Ionen, die sonst in den tierischen Elektrolyten nicht vorkommen, geben meist eine viel stärkere Reaktion als zum Beispiel das Chlor und das Natrium.

Wichtig ist, daß nicht nur einfache Kationen, wie H, Cu, Zk, Hg u. a. oder Anionen, wie OH, J, Cl, u. a. sich durch den Strom zur Wanderung bringen lassen, sondern auch komplizierte organische Gruppen. Zu diesen gehören die wirksamen Teile der Alkaloide, die wie Kationen wandern, und die Radikale der organischen Säuren, die sich als Anionen bewegen. Auch viele Kolloide besitzen elektrische Ladung und dementsprechend eine deutliche, wenn auch manchmal nicht sehr starke Tendenz zur Wanderung im elektrischen Stromgebiet; diese Wanderung von ultramikroskopischen Partikelchen, die als *Kataphorese* zu bezeichnen ist, hat vorläufig für die Therapie nur geringe Bedeutung erlangt.

Technik der Augen-Iontophorese. Es handelt sich in der Augentherapie meist um die Anwendung von wenigen Milliampère (1–3) bei einer Einwirkungszeit von 1–2 Min., maximal bis zu 5 Min. Natürlich kann nur Gleichstrom gebraucht werden, weil zur Durchdringung des Gewebes die dauernde Beibehaltung einer Stromrichtung erforderlich ist. Sehr gebräuchlich war es, den Strom der städtischen Leitungen zu benutzen; nach der Grundformel: Ampère = Volt/Ohm läßt sich die Ampèrezahl beliebig durch Einschaltung von Widerständen verringern. Will man jegliche Stromschwankung

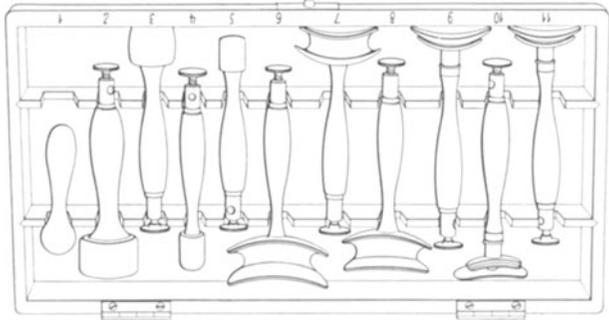


Abb. 27. Elektroden von WIRTZ. Der Kasten enthält Hornhaut-, Lidrand- und Bindehautelektroden. Zwischen dem Zinkpol und der Hornhaut wird flüssigkeitsgetränkte Watte eingeschaltet, welche die Zinkionen auffängt. Sie muß jedesmal erneuert werden. Diese von WIRTZ angegebenen Augenelektroden sind neuerdings von STREBEL verbessert worden. Er ließ das Zink durch inaktives Graphit ersetzen (vgl. Text).

vermeiden, muß man entweder eine kleine Batterie von Tauchelementen anwenden, oder aber man gebraucht einen einfachen Elektronenröhren-Gleichrichter, wie er jetzt von vielen Firmen in handlichster Form hergestellt wird. Weil dieses Gerät einen sehr hohen inneren Widerstand hat, so kann man schon vor dem Gebrauch nach Vereinigung beider Elektroden die Milliampèrezahl ganz genau einstellen. Sie wird nachher durch die Einschaltung des menschlichen Körpers in den Stromkreis nicht mehr meßbar verändert. Das benutzte Milliampèremeter muß recht genau funktionieren; wenn möglich sollen die Zehntel-Milliampère, auf alle Fälle aber die Viertel-Milliampère abzulesen sein. Öftere Kontrolle des Instrumentes mit einem Normalinstrument ist wünschenswert; Fehler von $\frac{1}{2}$ Milliampère können schon eine hochgradige Gefährdung der Hornhaut bedeuten!

Als Elektroden sind nur solche zu benutzen, die eine Reizwirkung durch in Lösung gehende Stoffe ausschließen. Liegt eine Zinkelektrode in der Nähe der Hornhaut, so würde durch das zum positiven Pol wandernde Chlorion dort Chlorzink gebildet werden, welches in Lösung geht und die Hornhaut schädigen kann. Bei den praktisch brauchbaren Elektroden muß jede Möglichkeit solcher Ätzwirkung vermieden sein.

Für die Anschaffung kommen in Betracht:

1. Die WIRTZschen Elektroden (Abb. 27). Sie sind verschieden geformt, je nach ihrer Bestimmung als Hornhaut-, Lidrand- oder Bindehaut-Elektrode. Zur Hornhautbehandlung mit Chlor(—)anion wird ein Celluloidbecher auf den Augapfel aufgesetzt, in welchem zwischen einem Zinkpol und der Hornhaut



Abb. 28. BIRKHÄUSERSche Elektrode. Flüssigkeitsgefüllte Glasröhre, in welche der wasserarme Pol des Stromkreises eingetaucht wird.

etwas flüssigkeitsgetränkte Watte eingeschaltet ist. Die Watte muß bei jeder Benutzung erneuert werden; denn in ihr fangen sich schädliche Chlorzinkionen. Da die Watteschicht der Hornhaut direkt aufliegt, muß ihr durch Aufpressen einer Kugel die richtige Konkavität gegeben werden. Bei der Bindehautelektrode ist eine Schutzplatte für die Hornhaut und eine Schutzschale für den Lidrand vorgesehen; zum Gebrauch wird etwas Arzneilösung tragende Gaze über die Elektrode gespannt. Nach Einlegen in den Bindehautsack stehen Conjunctiva

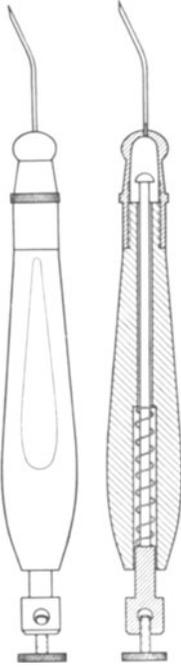


Abb. 29. Sogenannte LUBOWSKY-Nadel. Kanülenähnliche Hohlzahnadel zur isolierten Behandlung unterminierter Geschwürsstellen.

tarsalis und Übergangsfalte in Kontakt mit der Gaze-schicht. Die Lidrandelektrode hat ebenfalls eine Augapfelschutzschale, welche gleichzeitig das Lid von innen umfaßt und eine zweite Schale, die den Lidrand außen überragt. Dazwischen, also den Lidrändern gegenüber, liegt eine Zinkleiste, die mit einer in das Medikament getauchten Gazeschicht überspannt wird. Weil die modernen Elektronenröhren-Gleichrichter jeden Widerstand spielend überwinden, konnte STREBEL die Zinkteile der WIRTZschen Elektrode durch Graphitelektroden ersetzen lassen, bei denen eine Reizwirkung durch abwandernde Metallionen ganz unmöglich ist. (Zu beziehen durch Ingenieur FETZ in Luzern.)

2. Die Röhrenelektroden von BIRKHÄUSER (Abb. 28). Weil es bei der WIRTZschen Elektrode trotz aller Vorsicht oft zu einer Druckschädigung der Hornhaut durch die Watteschicht kommt, hat BIRKHÄUSER für die gleichzeitige Durchströmung der ganzen Hornhaut diese Elektroden durch flüssigkeitsgefüllte Glasröhren ersetzt. Der Augapfelteil ist leicht nach außen umgebogen, damit er sich dem Limbus gut anschließt. Nach Aufsetzen des Rohrs wird mindestens 2 cm hoch Flüssigkeit eingefüllt; alsdann bringt man einen an den Stromkreis angeschlossenen, jedesmal frisch mit Watte zu umwickelnden kleinen Zink- oder Kupferstab soweit in das obere Ende des Röhrchens, daß er gerade gut in die Flüssigkeit eintaucht. Jede Berührung der Hornhaut mit Watte oder Gaze wird vermieden, und die Epithelschädigung fällt deshalb nur gering aus oder fehlt überhaupt. Um auch jede Möglichkeit einer Ätz-

wirkung durch das Elektrodenmetall auszuschließen, soll nach SCHNYDERS Vorschlag für die Zinkiontophorese ein Zinkstab, für die Chlor-Jod-Iontophorese ein Kohlestab verwendet werden.

3. Die Tuben-Elektroden CANTONNETS. Diese werden bei geschlossenem Auge auf die Lider aufgesetzt. Der Strom soll dann den Bulbus durch die Lidspalte erreichen. Es ist nicht nötig, zu cocainisieren; bei Überdosierung tritt eine Schmerzreaktion auf. Es werden Stromstärken zwischen 0,5 und 2,5 mA, max. 4 mA gebraucht und Einwirkungszeiten zwischen 15 und 30 Min. gewählt. Die Notwendigkeit einer größeren Gesamtdosis ist durch die größere Elektrodenoberfläche bedingt. Die Vorteile der CANTONNETSchen Methode bestehen in der ziemlich sicheren Vermeidung von Überdosierungen sowie in der Möglichkeit, auch den ganzen seitlichen Bindehautsack und die seitlichen Teile des Bulbus etwas gleichmäßiger mit dem Strom zu erreichen. Starke Nachteile ergeben sich aus der Unmöglichkeit, irgendwie genau zu dosieren, und aus den unberechenbaren Verhältnissen des Stromverlaufs bei einem so breiten und in so zahlreichen Geweben liegenden Querschnitt der Strombahn.

4. Die LUBOWSKY-Nadel (Abb. 29). Es handelt sich um eine kanülenähnliche Hohnadel, die an eine mit metallischem Stempel versehene Spritze angeschlossen ist; sie wird mit $\text{Zincum sulfuricum } \frac{1}{4} - \frac{1}{2} \%$ gefüllt und dient als Pol. Man soll die Nadelspitze an die unterminierten Stellen der Geschwürsränder bringen, um dort die Intensität der iontophoretischen Einwirkung zu steigern. Einfacher ist der SCHNYDERSche Kanülenansatz. Es ist aber möglich, daß bei dieser Art

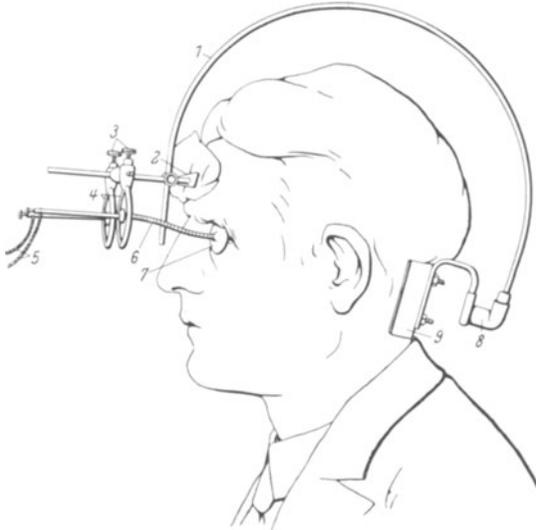


Abb. 30. Elektrodenhalter nach COPPEZ für Diathermie und Iontophorese (vgl. S. 708). Die aktive Elektrode (7) sitzt vor dem geschlossenen Lide. Der zuführende Draht ist bei 6 und bei 4 isoliert. Der Halter wird federnd bei 2 und bei 9 an den Kopf angestützt. Bei 9 die indifferenten Elektrode, welche bei 8 durch Hartgummi isoliert ist.

der Behandlung eine Elektrodenwirkung des Kanülenmetalls mitspielt; jede Metallsalzbildung an der Nadelspitze muß natürlich eine lokale Ätzwirkung bedingen.

5. HAMBURGERS Kohlenelektrode, ein zugespitzter Kohlestift (in Halter), der mit Watte umwickelt bei der Glaukomiontophorese gebraucht werden soll (Abb. 31).



Abb. 31. HAMBURGERS Kohlenelektrode. In einem als Zuleitung dienenden Halter ist ein zugespitzter Kohlestift angebracht, der mit Watte umwickelt und beim Glaukom gebraucht wird, um Histamin und Eserin zur Pupillenverengung iontophoretisch in den Augapfel einzuführen (vgl. S. 733).

Vor der Anwendung der Iontophorese ist das Auge zu anästhesieren. Man braucht aber nicht, wie WIRTZ empfohlen hat, statt des Cocains Aлыпin zu verwenden; in der Praxis hat sich beim Cocain keine stärkere Reizwirkung gezeigt (vgl. auch z. B. SCHNYDER). Eine iontophoretische Wanderung des Cocains ins Gewebe wird bei der Benutzung des positiven Pols in Frage kommen, d. h. bei der Iontophorese der Schwermetalle. Irgendeine Schädigung ist mir nicht bekannt geworden; auf alle Fälle kann man aber vor dem Aufsetzen der Elektrode noch eine Spülung des Bindehautsacks mit der Undine vornehmen, falls man vorher stark cocainisiert hat. Neuerdings wird absichtlich der Zinklösung etwas Cocain zugesetzt (ERLANGER).

Zur Behandlung legt sich der Patient hin. Die große „neutrale“ Elektrode kann am Nacken appliziert werden oder man gibt dem Patienten eine an den Strom angeschlossene, mit Gaze umwickelte, gut durchgefeuchtete Metallplatte in die Hand; es genügt auch, wenn die Hand in ein kleines Becken eintaucht, das mit der Batterie in Verbindung steht. Mit der WIRTZschen Elektrode kann man die Behandlung evtl. am sitzenden Kranken vornehmen, nur muß der Kopf durch eine Stütze fixiert sein. Bei unruhigen Patienten empfiehlt sich, eine Lampe oder eine andere gut sichtbare Marke mit dem nicht behandelten Auge fixieren zu lassen, um Blickwendungen zu verhindern, da bei ihnen sehr leicht die Hornhaut verletzt wird.

Bei gleichbleibender Ampèrezahl verändert sich die Intensität der Einwirkung mit dem Querschnitt der Elektrode und ist diesem Querschnitt umgekehrt proportional. Die WIRTZsche Elektrode Nr. 2 mit 50 qmm Querschnitt leitet den Strom durch eine viel größere Fläche als die Elektrode Nr. 4, welche nur 7 qmm Querschnitt hat. Bei Anwendung der Bindehaut- und Lidrand-Elektroden ist der Querschnitt und der dadurch bedingte Unterschied in der Wirkung natürlich noch größer.

Wirkung der Iontophorese am Auge. Für die Augenbehandlung interessiert sowohl die fällende Kraft gewisser Kationen, wie die löslichkeitserhöhende mancher Anionen. (Bei Applikation der Kationen + Pol, bei Anionen — Pol ans Auge!)

A. Die ausfällende Wirkung der Kationen kann sich 1. gegen pathologisch gequollene Gewebe, 2. gegen Bakterien richten.

Die *koagulierende und adstringierende Wirkung auf das Gewebe* wäre auch bei schlaffen Granulationen günstig. Sie kann über die Wirkung mechanisch applizierter Adstringenzen hinausgehen, da größere Tiefen erreichbar sind. Eine systematische Anwendung der Iontophorese zu diesem Zweck ist meines Wissens noch nicht versucht worden.

Die *Wirkung gegen Bakterien* spricht sich deutlich aus bei der Behandlung mit Cu + und Zk +. Schon LEDUC hatte das Zink zur Wundbehandlung empfohlen und nach 15—20 Min. bei 2 mA pro Quadratcentimeter eine vollständige Desinfektion und anschließend rasche Narbenbildung erzielt. Diese Versuche wurden von WIRTZ wieder aufgegriffen; er untersuchte zunächst die Wirkung des Zinks an Bakterienkulturen, die mit einer semipermeablen tierischen Membran bedeckt waren. Dabei ergab sich, daß ein Strom von 1 mA für 1 Min. durch eine 0,04—0,08 mm dicke Membran hindurch auf der Agarplatte Staphylokokken abtötet, durch eine doppelt so dicke Membran ihr Wachstum hemmt. Ferner zeigte sich, daß mit 2 mA für 2 Min. der Staphylococcus durch eine Membran von 0,2 mm abgetötet und durch eine solche von 0,25 mm beträchtlich in der Entwicklung gehemmt wird. Alsdann prüfte LEDUC die Wirkung auf experimentell erzeugte infektiöse Keratitiden beim Kaninchen. Es zeigte sich, daß mit 2 mA für 2 Min. bei Benutzung einer Elektrode von 7 qmm Querschnitt in einem frischen infektiösen Hornhautgeschwür die Keime entweder völlig abgetötet oder so geschwächt wurden, daß Heilung eintrat.

Weitere wichtige Tierexperimente über die Iontophorese verdanken wir ZAHN, der am Kaninchen die Wirkung von Zink, Jod und Chlor mit der WIRTZschen Elektrode Nr. 4 geprüft hat. Es zeigte sich eine größere Empfindlichkeit des Gewebes für Zink als für Jod oder gar für Chlor. Bei Zink (positiver Pol) trat eine scharf umschriebene Verätzung des Epithels und eine Austrocknung der Hornhaut entsprechend dem Elektrodengebiet ein; die Austrocknung ging während der folgenden Tage in Quellung über. Die Aufhellung der Trübungen erfolgte äußerst langsam im Laufe mehrerer Wochen; sie wurde noch vollständig bei Strömen von 2 mA und 2 Min. Einwirkung; stärkere Ströme ließen

dauernde Veränderungen zurück; 2 mA für 5 Min. oder 5 mA für 2 Min. ergaben keratoconusartige Vorwölbung und später dichte Narben; 5 mA für 5 Min. Nekrose und Perforation.

Bei Jod- und Chloranwendung (negativer Pol) blieb das Gewebe stets feuchtglänzend. Bei Jod und maximal 2 mA für 2 Min. erfolgte noch gänzliche Restitution im Laufe mehrerer Wochen. Bei 2 mA und 5 Min. blieben nach Monaten noch feine Trübungen zu erkennen. Die geringste Reizwirkung hatte Chlor; direkt nach der Applikation sah man feine Epitheltrübungen; aber schon nach 24 Stunden war selbst bei Anwendung von 3 mA für 5 Min. die Trübung nur noch hauchartig, um nach einigen Tagen ganz zu verschwinden. Bei der mikroskopischen Untersuchung fand sich an Augäpfeln, die sofort oder 24 Stunden nach der Behandlung enukleiert waren, als Folge starker Jod- und Chlorapplikationen (3—5 mA, 5 Min.) eine Verminderung der Kernfärbbarkeit, Strukturlosigkeit des Endothels und Fibrinerguß an der Hornhautunterfläche.

Für die gute Wirkung der Iontophorese ist es in vielen Fällen unerlässlich, daß die Ionen genügend in die Tiefe gelangen. Zwar sind die Verhältnisse an der Cornea für die Wirkung fremder Ionen besonders günstig, insofern die Blutzirkulation fehlt und der Lymphstrom relativ langsam ist, welcher die Ionen sonst leicht fortschwemmen könnte. Es entstehen jedoch Bedenken, ob nicht die Eiweißbindung der + Ionen (Zink usw.) eine so starke Ausfällung in den oberflächlichen Schichten zur Folge hat (ähnlich wie bei der Säureätzung), daß dadurch jede energetische Tiefenwirkung unmöglich wird.

Die Verhältnisse scheinen in Wirklichkeit günstiger zu liegen, als man auf Grund chemischer Erwägungen zunächst annehmen könnte. Die von SCHNYDER erwähnte Tatsache, daß nach der Zinkiontophorese des Endometriums das Metall in entfernten Organen aufgefunden werden kann, ist allerdings kein strikter Beweis für die iontophoretische Tiefenwirkung, da der Zinktransport auch durch Leukozyten erfolgt sein könnte. Von großer Bedeutung sind dagegen die Versuche GOLDSCHMIDTS, der die Durchwanderung von Optochin und Zink durch herausgeschnittene Ochsenhornhäute geprüft hat. Er spannte die Hornhaut zwischen die Schnittfläche eines Glasrohrs ein, das zugleich als Flüssigkeitsbehälter für die Lösungen diente und stellte die Zeit fest, die sowohl für die Diffusion wie für die iontophoretische Wanderung gebraucht wurde. Das Glasrohr hatte einen Querschnitt von 3,14 qmm und die Stromstärke betrug 2 mA. Die Ochsenhornhaut ist dicker als die Hornhaut des Menschen; dafür waren aber die Verhältnisse in anderer Beziehung wesentlich günstiger gestaltet als am lebenden Auge, insofern der natürliche, die Ionen ablenkende Saftstrom des Gewebes in Fortfall kam und ferner die Hornhaut von dem schlecht zu durchdringenden Endothel und Epithel befreit wurde. GOLDSCHMIDT fand, daß das Optochin, welches zur Diffusion mehrere Stunden gebrauchte, bei der Einschaltung eines Stromes von 2 mA schon in $\frac{1}{4}$ Min. die Hornhaut in genügender Menge durchwanderte, um in der dahinter eingeschalteten Flüssigkeit Pneumokokken abzutöten. Bei halbprozentigem Zincum sulfuricum, einem typischen Kation, dauerte die Diffusion bis zum Durchtritt nachweisbarer Mengen 28—44 Min.; trotzdem gebrauchte das Zink unter der Wirkung des Stromes von 2 mA auch noch 14—22 Min. Es ergab sich bei dem Zinkion, daß dieses selbst eine vom Epithel und Endothel befreite Hornhaut erst mit Hilfe wesentlich stärkerer Elektrizitätsmengen durchsetzen kann als denen der WIRTZschen Ulcus-Dosierung. Bildet man nämlich das Produkt Zeit \times Ampère pro Quadratcentimeter für die GOLDSCHMIDTSchen Versuche (12,2/0,03) und für die Zinkiontophorese nach WIRTZ (2,2/0,07), so zeigt sich, daß bei den GOLDSCHMIDTSchen Versuchen pro Flächeneinheit ein 13fach stärkerer Elektrizitätstransport stattfindet. Nimmt man an, daß bei der WIRTZschen Zinkdosierung vielleicht noch $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{7}$ der

Hornhautdicke von den Ionen durchsetzt wird, so ist auch das noch ein wichtiges Ergebnis. In vielen Fällen kann es durchaus genügen, um im Sinne der WIRTZschen Annahme den natürlichen Heilungstendenzen zum Siege zu verhelfen. Immerhin muß man sich darüber klar sein, daß hier die therapeutischen Möglichkeiten begrenzt sind.

SCHWARZKOPF, der die Optochinversuche im Jahre 1922 nachprüfte, wollte auch schon bei einer Applikation von einem Milliampère in einer Minute am Kaninchen eine Kammerwasserveränderung konstatieren, welche eine deutliche Wachstumshemmung an Pneumokokken hervorrief. Durch eine Arbeit KAUFMANN^s wurde jedoch nachgewiesen, daß die Optochin-Iontophorese an lebenden Kaninchenaugen mit künstlich erzeugten Hornhautgeschwüren keineswegs derart günstige Erfolge hat und die Hornhaut in vivo offenbar gar nicht so schnell durchsetzt werden kann. KAUFMANN erzielte erst Erfolge, als er bis dicht an die Schädigungsgrenze des Hornhautgewebes heranging, wobei schon leichte Trübungen auftraten.

Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse für die mit dem negativen Pol einverleibten Anionen. Da verschiedene Anionen geradezu eine Löslichkeitserhöhung in den basischen Gewebeskolloiden bedingen, so kann sich kein Wall von ausgefälltem Eiweiß bilden, und die Ionen werden das Gewebe auch auf größere Strecken leicht durchsetzen. Da Jod und Chlor bei den ZAHNSchen Experimenten keine derart starken Schädigungen ergeben haben, wie das Zink, so braucht man die Einwirkung zeitlich nicht übermäßig streng zu begrenzen, und man wird solche Ionen leicht bis in die hintersten Schichten der Hornhaut und ins Kammerwasser führen können, wie schon von BIRKHÄUSER bei einem Strom von 2 mA nach 3 Min. Einwirkungszeit am Kaninchen nachgewiesen wurde. Auch bestände die Möglichkeit, durch die Sclera die inneren Häute des hinteren Auges und den Glaskörper zu erreichen.

Anders steht es mit der viel erörterten Frage, ob mit diesen Ionen wirklich eine *Auflösung alten Narbengewebes* zu erzielen ist. Es ist keineswegs sicher, daß selbst in nichtleukomatösen Narben ein wesentlicher Teil der Trübungen auf reversible Kolloidfällungen beruht. Man könnte deshalb geneigt sein, die Erfolge nicht auf die direkte chemische Verbesserung der Resorbierbarkeit, sondern auf die resorptionserhöhende Verbesserung des Stoffwechsels (Zirkulation, Lymphdurchströmung) zurückzuführen. Das wäre ungefähr das gleiche, was man mit gelber Salbe und Wärme erreicht. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß auch Autoren, die sich besonders eingehend mit der Iontophorese beschäftigt haben, einen „sklerolytischen“ Effekt des Chlors und des Jods als tatsächlich vorhanden annehmen (SCHNYDER, WIRTZ). Nach ihrer Ansicht läßt sich zwar nicht sagen, aus welchem Grunde die lytische Wirkung gerade auf das Narbengewebe gerichtet ist; indes sind sie der Meinung, daß wegen der Deutlichkeit des von ihnen gesehenen Erfolges ein Zweifel an dieser Tatsache nicht möglich sei. Ihre Ansicht wird aber durchaus nicht von allen Seiten geteilt, und es ist häufig gesagt worden, daß man bei *allen alten, reizlosen Hornhautflecken keine Aussicht* auf eine objektive Verbesserung habe.

Wichtig bei der Anwendung der Iontophorese ist die Kenntnis von dem Auftreten einer ziemlich intensiven Reizwirkung nach der Sitzung. Sie beginnt mit einer starken Schmerzreaktion kurz nach der Iontophorese, die meist 5—10 Stunden anhält. Wenn die Schmerzen sehr lebhaft sind, muß man die Patienten im Krankenhaus behalten und mit Umschlägen und Analgeticis (Gelonidae antineuralg., Cocain, evtl. Morphium) Linderung schaffen. Nach Ablauf der Schmerzattacke ist das Befinden aber stets wieder völlig gut. Trotzdem empfiehlt sich in Rücksicht auf die individuell wechselnde Empfindlichkeit, in der ersten Sitzung niemals starke Ströme anzuwenden.

Klinische Erfahrungen mit der Iontophorese. Die ersten und grundlegenden klinischen Arbeiten stammen auch von WIRTZ. Die umfassendste Darstellung findet sich bei SCHNYDER. Viele neuere Arbeiten können nur kurz erwähnt werden.

Bei *Bindehautleiden* hat man die Iontophorese nicht sehr häufig benutzt, WIRTZ, HAGEMANN und SCHNYDER haben über einige Fälle berichtet. Eine ausführliche Arbeit über Bindehaut-Iontophorese, speziell Trachombehandlung, findet sich bei RUATA. Die beiden erstgenannten Autoren gebrauchten mit Vorteil Cu-Ionen bei verschiedenen chronischen und hartnäckigen Erkrankungen. Schon SCHNYDER will einen Fall von Trachom durch zweimalige, einen weiteren durch dreimalige Cu-Iontophorese zur Heilung gebracht haben. Eine Serie von Trachomfällen hat RUATA behandelt: Bei den 48 Trachom-Patienten erzielte er in 50% Heilung, in 20% keinen Erfolg, in den übrigen Fällen wurde die Behandlung vorzeitig abgebrochen. Dauererfolge bei Trachom dürften doch etwas zweifelhaft sein, wenn nicht mindestens gleichzeitig eine lokale mechanische Behandlung der am stärksten erkrankten Stellen stattfindet. SCHNYDER berichtet weiter von einer Heilung bei PARINAUDScher Conjunctivitis durch zweimalige Iontophorese mit $\frac{1}{2}\%$ iger Kupfersulfatlösung. Auch die Sykosis parasitaria der Cilien, ebenso wie verschiedene andere Blepharitiden sollen nach seinen Erfahrungen sehr gut auf die Iontophorese reagieren. CANTONNET will bei Hautnarben und Narben der Lider gute Erfolge gehabt haben, was mir bei den Dosierungsschwierigkeiten seines Verfahrens etwas fraglich erscheint.

Das Hauptinteresse bezüglich der Behandlung frischer Erkrankungen hatte sich seit den Arbeiten von WIRTZ zunächst auf die Therapie des *Ulcus serpens* konzentriert. Der Autor hatte über 11 Fälle berichtet; er war häufig mit einmaliger Anwendung von Zinkionen (2 mA für 1 Min.; Zincum sulfuricum, + Pol) ausgekommen und hatte nie mehr als 2 Sitzungen benötigt. Stets gebrauchte er die kleinste Elektrode, um die Nachbarschaft zu schonen. War das Geschwür sehr groß, so setzte er sie hintereinander an allen Stellen des Geschwürs auf, bis es ganz „abgetastet“ war. ZAHN behandelte 63 Fälle von *Ulcus serpens* und konnte die meisten allein durch Zinkiontophorese zur Heilung bringen (1 mA für 1 Min. bis 2 mA für 2 Min.); in einigen Fällen mußte nachträglich kauterisiert werden. SCHNYDERS Bericht umfaßt 151 Fälle, davon nur 4 mit späterem Verlust des Auges. Unter den ersten 26 Fällen war in einer zweijährigen Serie überhaupt kein Verlust zu beklagen (ausgewählte Fälle?); in 34,6% der Gesamtzahl wurde ein Visus von $\frac{5}{10}$ — $\frac{5}{5}$ erzielt. Über weitere günstige Erfahrungen liegt eine Reihe von Arbeiten vor, die hier nur erwähnt werden können (ASMUS, SABOWSKY, STOCKER, DE SPEYR, ERLANGER, ALBRICH). Demgegenüber sind die abweisenden Urteile nur vereinzelt (z. B. von OHM). Nach den Ergebnissen GOLDSCHMIDTS hat man an einen besonders günstigen Einfluß der Optochin-Iontophorese beim *Ulcus serpens* gedacht. Aber selbst der optimistisch eingestellte SCHWARZKOPF sah nur an den Geschwürsrändern eine gute Wirkung, nicht dagegen in der Tiefe; er spricht auch davon, daß man Schmerzen und starke Reizwirkung als unangenehme Zugabe in den Kauf zu nehmen habe. Er wählte zur Ergänzung der iontophoretischen Behandlung auch noch Bestrahlungen. KAUFMANN hat dagegen heroische Dosen angewandt, bei denen der gute Effekt durch das Auftreten von Hornhauttrübungen erkauft wird (4,5 mA 2 Min.). Wer selbst öfter eine iontophoretische Behandlung ausgeübt hat, weiß, wie unangenehm die Nebenwirkungen schon bei der halben Dosis sein können; deshalb muß man bezweifeln, ob eine derartig starke Stromeinwirkung praktische Bedeutung erlangen kann. Das Haupthindernis bei der Optochin-Iontophorese scheint in der Ausfällung zu liegen, die das Mittel in der erkrankten Hornhaut auf dem Wege durch das Gewebe erfährt.

Besser ist die klinische Wirkung der einfachen Zink-Iontophorese bei beginnenden Hornhautgeschwüren. Schon WIRTZ hatte 5 Fälle einfacher Hornhautulcera mit gutem Resultat behandelt. Diplobacillengeschwüre und Ulcera ohne Bakterienbefund konnte auch ZAHN durch Zinkbehandlung heilen. Günstige Wirkung bei *Ulcus rodens* sah u. a. SIEGRIST; 1×2 mA für 2 Min. führte schon Heilung herbei. Ich selbst habe die Behandlung von *Ulcus rodens* mit Iontophorese bei drei Fällen gesehen; nur in einem Falle stellte sich eine schnelle Heilung ein, ein Fall blieb ganz unbeeinflusst.

Eine besonders große Zahl verschiedenartiger Hornhauterkrankungen umfaßt der Bericht von ALBRICH, der in 99% mit der Iontophorese die Krankheit zum günstigen Abschluß bringen konnte.

Ziemlich selten sind anscheinend Versuche bei der *Keratoconjunctivitis eczematosa* gemacht worden. Näheres erwähnt nur SCHNYDER, der das Gefäßbändchen durch Zink sofort zum Stillstand bringen konnte. Auch bei ekzematösen Geschwüren und tiefen Infiltraten genügte meist eine Sitzung mit 2 mA für 1—2 Min.

Gerühmt werden die Erfolge der Iontophorese bei der Behandlung geschwüriger Prozesse im Anschluß an *Herpes*, bei torpiden trophoneurotischen Ulcera und rezidivierenden Erosionen. Nach SCHNYDER soll das gute Resultat dem Umstande zuzuschreiben sein, daß durch schwache Zinkiontophorese die Vitalität des Gewebes gehoben wird. Ähnlich dürfte die Wirkung auch bei den tiefen, häufig fast reaktionslosen Trübungen der *Keratitis disciformis* zustande kommen, welche SCHNYDER ebenfalls mit Zink behandelt hat. Über besonders viele günstig verlaufende Fälle von trophoneurotischer Entzündung hat ALBRICH berichtet; von seinen 588 Hornhauterkrankungen waren 154 Fälle trophoneurotischen Charakters. WIRTZ hatte gute Erfolge bei der rezidivierenden Erosion; 5 Fälle wurden durch Anwendung von Zink ($\frac{1}{2}$ mA für $\frac{1}{2}$ —1 Min., Elektrode 4) sofort in Heilung übergeführt. ZAHN konnte bei *Keratitis dendritica* durch ein- bis zweimalige Zinkbehandlung (1 mA für 1 Min.) Stillstand des progressiven Prozesses und rasche Heilung mit dünner Narbe erzielen. Ähnliche Erfolge sind noch mehrfach gemeldet, unter anderem von CANTONNET.

Im allgemeinen scheint die Einwirkung auf die Hornhaut weniger gute Resultate zu zeigen, wenn es sich um tiefere Prozesse handelt. Bei stärkerer Einwirkung resultiert auch nicht selten ein heftiger Reizzustand mit starken Schmerzen; nicht alle Patienten verhalten sich gleich, und leider ist diese individuelle Reaktion nicht vorauszusehen. Warnen muß man vor einer Iontophorese bei Hornhäuten mit beträchtlichem Pannus und chronischer tiefer Infiltration. In diesem Punkte sind die Erfahrungen RUATAS augenscheinlich ähnlich gewesen, wenn er auch speziell nur Trachom behandelt hat, welches von mir niemals einer iontophoretischen Behandlung unterzogen wurde.

Ein sehr wichtiges und interessantes Gebiet ist das der *Aufhellung von Hornhautnarben* (Kochsalz, — Pol). WIRTZ berichtete schon über 26 Fälle; er konnte den Visus 16mal merklich, 6mal nur wenig bessern; in 4 Fällen blieb er unverändert. Auch später hat WIRTZ die Aufhellung von Hornhautnarben erwähnt. Entgegen diesen Resultaten hatte ZAHN in keinem Falle eine Änderung an den Narben konstatieren können; Chlorion (1 mA für 2 Min., große Elektrode) wandte er allerdings nur 5—7mal an. BIRKHÄUSER, welcher seine Röhrenelektrode gebrauchte, konnte bei diffusen unscharf begrenzten Trübungen nichtleukomatösen Charakters den Visus erheblich bessern und glaubt, daß doch objektive Veränderungen an den Narben zu erzielen sind. Die bemerkenswertesten Erfolge sah SCHNYDER, der übrigens eine weitgehende spezifische Auflösung der Albuminate für möglich hält. Die beste Wirkung erzielte er indes auch nur bei frischeren Narben und nach einer relativ langen Behandlungszeit. (Es

muß darauf hingewiesen werden, daß weitgehende spontane Aufhellungen der Narben bis zu 2 Jahren nach ihrer Entstehung vorkommen.) Für wichtig hält SCHNYDER, daß die Behandlung längere Zeit hindurch mit Geduld und Aufmerksamkeit fortgesetzt werde. Zunächst seien die Veränderungen fast unmerklich und der Visus bleibe in dieser Zeit auch schlecht. Aber nach einer Periode der Umstimmung komme es später doch schließlich vom Hornhautrande her meist zur Aufhellung und zur Resorption; dabei werde die Narbe fingerförmig aufgefasert. Diese Art der Resorption würde am ehesten einem Wegtransport durch die Randgefäße und die Lymphspalten entsprechen.

Die 3 Fälle, bei welchen SCHNYDER durch Abbildungen den Fortschritt der Heilung demonstriert, sind vielleicht auch keine alten, typischen Leukome gewesen, sondern, nach den Abbildungen zu schließen, frischere Veränderungen im Anschluß an Herpes oder Keratitis disciformis. Die Erfolge wären alsdann nicht beweisend für die Leistungsfähigkeit der Iontophorese bei alten Maculae. Nach eigenen Erfahrungen an der Berliner Klinik muß ich, ebenso wie es früher ZAHN und neuerdings SIEGRIST, WIRTZ und STEINDORFF getan haben, die Eignung der Iontophorese zur Aufhellung *alter absolut reaktionsloser* Narben stark in Zweifel ziehen. In der Berliner Klinik wurden mehrfach alte Maculae ohne Erfolg behandelt; z. B. wurde im Jahre 1920 eine Patientin mit *alten* auf beiden Augen gleich starken Maculae an einer Seite viele Wochen iontophoriert, ohne daß sich der geringste Unterschied zwischen beiden Hornhäuten gezeigt hätte. Die Besserung des Sehvermögens amblyopischer Patienten unter gleichzeitiger Behandlung mit der Iontophorese entspricht oft nur zu sehr ihren Wünschen oder beruht auf einer suggestiven Aufmerksamkeitserhöhung bei der Prüfung. In anderen Fällen wurde die Sehprobentafel schließlich auswendig gelernt.

Die Frage, ob *Kalktrübungen* der Hornhaut mit der Iontophorese aufgehellt werden können, hat durch BRAUN und HAUROWITZ eine interessante Bearbeitung gefunden. Die Autoren, welche nachwiesen, daß die Maculae aus ausgefallten Mucoïden bestehen, konnten in Tierexperimenten mit Hilfe von Ammoniak-Iontophorese (Amm. tart. oder lact. 10⁰/₀ig, BIRKHÄUSERSche Elektrode, positiver Pol, die ersten 3 Tage zweimal täglich 2 mA für 5 Min., ferner 1mal täglich für weitere 6 Wochen) eine ziemlich weitgehende Aufhellung erzielen. Bei Versuchen, diese Methode am menschlichen Auge anzuwenden, sollte man aber mit größter Vorsicht zu Werke gehen. Es handelt sich jedenfalls um eine Auflösung der ausgefallten Mucoïde und die Gefahr einer Schädigung des gesunden Nachbargewebes dürfte dabei nicht unbedeutend sein.

Neuerdings ist wieder mehr die schon von KRÜCKMANN ursprünglich in Betracht gezogene Frage behandelt worden, wie man Medikamente mit Hilfe der Iontophorese *in das Innere des Augapfels* einführen könne. Die Frage der Tiefenwirkung an der Hornhaut wurde schon oben erörtert; es wurde auch dabei erwähnt, daß die Einführbarkeit vieler Medikamente besonders der Kationen, an der Neigung zu Ausfällungen scheitert. Es entstehen den Säurealbuminaten ähnliche Verbindungen, die sich nicht wieder auflösen und das Medikament gefangen halten, so daß erst ein starker Überschub in die Tiefe dringen kann. In diesem Punkte unterscheiden sich also die Kationen grundsätzlich von den Anionen, welche auch sonst frei bis in große Tiefen diffundieren und natürlich mit der Iontophorese leicht bis in das Kammerwasser und in den Glaskörper gebracht werden können.

Es müssen hier nun verschiedene Medikamente betrachtet werden, mit denen man jetzt Versuche angestellt und auch wichtige praktische Ergebnisse erzielt hat. Als die wichtigsten Mittel sind zu nennen:

1. Mydriatica bei der Behandlung der Iridocyclitis.
2. Alkaloide.
3. Das Salvarsan, das für eine Hornhaut-Tiefentherapie und für eine Therapie des Augeninnern bei der Lues gebraucht werden könnte.
4. Salicylate, die als Antirheumatica bei Iritis u. ä. Affektionen Bedeutung haben.
5. Das Calcium, das eine druckherabsetzende Wirkung beim Glaukom besitzt.
6. Das Jod als lösendes Mittel bei tiefen Trübungen, als Prophylaktikum und Therapeutikum bei Cataract.
7. Das Histamin, evtl. mit Eserin gemischt, als starkes Mioticum.

Zu 1. Atropinum sulfuricum 1 : 1000 brachte in kurzer Zeit maximale Pupillenerweiterung, wenn Einträufelungen jeder Stärke versagt hatten (ROCHAT). ROCHAT gebrauchte die Iontophorese der Mydriatica bei der Behandlung von Iritis und Iridocyclitis.

Zu 2. Nach ERLANGER genügen einige Tropfen Zusatz zu der Lösung, welche man bei der Iontophorese gebraucht, um eine spezifische Wirkung zu erzielen.

Zu 3. *Salvarsan*. Über entsprechende Versuche ist von ABRAMOVICZ und GROSSMANN berichtet worden. 1%iges Neosalvarsan mit BIRKHÄUSER-Elektroden und einem Strom von 2 mA 20 Min. zur Einwirkung gebracht, war im Kammerwasser des Kaninchens nachweisbar. Setzten die Autoren die Iontophorese noch etwas weiter fort, so trat schon ein Hornhautödem auf; die brauchbare Dosis liegt also auch hier hart an der Grenze der Toleranz. Bei Versuchen am menschlichen Auge würde man jedenfalls geringere Elektrizitätsmengen anwenden müssen.

Nach ABRAMOVICZ und GROSSMANN sollte die Iontophorese mit Salvarsan für Keratitis parenchymatosa in Betracht kommen. Für die Behandlungluetischer Prozesse an der Gefäßhaut ist diese Anwendung des Mittels nach den vorliegenden Mitteilungen wohl kaum brauchbar.

Zu 4. *Salicylate als Antirheumatikum* ins Kammerwasser zu bringen (Natrium salicylicum $\frac{1}{4}\%$) hat CANTONNET versucht. Bei der ungenauen Dosierung mit seiner Elektrode kann man aber nicht überzeugt sein, daß das Mittel bei den Applikationen auch eine genügende Konzentration erreicht hat. Für Salicylpräparate ist wohl die einfache Anwendung per os im allgemeinen genügend.

Zu 5. *Calcium zur Abdichtung der Gefäße* ist in der neueren Therapie im Anschluß an die Versuche von CHIARI und JANUSCHKE (1911) mehrfach benutzt worden. WEEKERS hatte Kalksalze per os gegeben, KLEIBER hatte Chlorcalcium in Vorderkammer und Glaskörper eingespritzt. Vielleicht in Kenntnis dieser Versuche hat CANTONNET Chlorcalcium $\frac{1}{4}\%$ bei Glaukom zur Iontophorese benutzt; bei Anwendung der großen CANTONNETSchen Elektrode und einer Durchströmung von 1—2,5 mA für 20—30 Min. 3—4mal täglich soll die Tension von 70 mm auf 40—45 mm Hg herunter gegangen sein. Mit diesem Mittel setzte CANTONNET den Augendruck vor den Operationen herab; er gebrauchte es auch gelegentlich bei operationsscheuen Menschen, um den Druck niedrig zu halten. Bei chronischen Glaukomen verwendete er das Chlorcalcium nur, wenn der Druck erhöht war, sonst nahm er Jod-Natrium.

Zu 6. *Die Jodtherapie* des Augeninnern hat wohl das stärkste Aufsehen unter allen iontotherapeutischen Versuchen erregt, weil verschiedentlich die Behauptung aufgestellt wurde, man könne mit Jod die Linse therapeutisch beeinflussen und mit der Jodiontophorese dem grauen Star vorbeugen oder ihn gar heilen. Versuche der Jodtherapie bei grauem Star sind alt. Schon ARLT hatte Jodsalben benutzt. MEYER-STEINER hatte die Jodtherapie der Cataract neuerdings propagiert, indem er Einträufelungen und subkonjunktivale Einspritzungen kombinierte. Auch sein Linseneiweißpräparat Phakolysin ist jodhaltig.

Auf dem so vorbereiteten Boden setzten die Versuche mit der Jodiontophorese ein.

Es gibt mehrere Autoren, welche an einer Einwirkungsmöglichkeit auf die Linse festhalten, z. B. ANGELUCCI und ERLANGER. Dagegen sahen SIMON, KIRBY und CATTANEO aber bei einer mehr oder weniger großen Zahl von Patienten keine Erfolge mit dieser Therapie. Höchstens lösten sich einige subkapsuläre Vakuolen einmal auf; die Trübungen nahmen nicht ab (KIRBY: 80 Fälle!). *Als Methode der therapeutischen Einwirkung auf die Linse muß die Iontophorese auf Grund solcher klinischen Ergebnisse vorläufig noch ganz bestimmt abgelehnt werden.*

Mehrere Autoren haben allerdings beobachtet, was auch theoretisch anzunehmen ist, daß tatsächlich das Jodion durch die Iontophorese in den Augapfel leicht eingeführt werden kann. ERLANGER konnte ferner bei kleinen Tieren (Meerschweinchen) mit Barium Cataract hervorrufen; es ist also wohl anzunehmen, daß unter besonderen experimentellen Bedingungen irgendwie eine Einwirkung auf die Linse erzielt werden kann. CATTANEO und STEINDORFF haben aber fast gleichzeitig durch sehr sorgfältige Versuche nachgewiesen, daß gerade durch die iontophoretische Einführung niemals eine so langdauernde Jodanreicherung im Augennern erzielt werden kann, daß das Jod meßbar in die Linse selbst übergeht. Nach $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden ist das Kammerwasser wieder fast jodfrei; nur nach subkonjunktivalen Injektionen des Jodpräparates Allival konnte STEINDORFF Jod in der Linse nachweisen. Die Versuche wurden an menschlichen Augen vor der Cataract-Extraktion gemacht. Es muß zum Schluß darauf hingewiesen werden, daß selbst im Falle einer medikamentösen Jodeinführung die günstige Wirkung in der Linse noch mehr als problematisch sein müßte, ja eher zu erwarten sein würde, daß eine vorhandene Trübung durch Eindringen von Jod noch weiter zunimmt. Für diejenigen Therapeuten, welche die Iontophorese bei beginnender Cataract versucht haben, war es anscheinend noch ein großes Glück, daß man in dieser Weise auf die menschliche Linse gar nicht einwirken kann.

Zu 7. Histamin, das stärkste Mioticum, wird von HAMBURGER mit Hilfe eines zugespitzten und mit Watte umwickelten, als Pol benutzten Kohlestiftes iontophoretisch durch die seitliche Hornhaut oder durch die freigelegte Sclera ins Augennere gebracht. Histaminlösung 1 : 500, evtl. ää mit Eserin $\frac{1}{4}\%$, braucht bei $1\frac{1}{2}$ Milliampère nur 10—30 Sekunden einzuwirken, um nach einigen Minuten starke Miosis zu erzeugen. (Längere Einwirkungszeiten sind wegen der Gefahr der Nekrose zu vermeiden!) Mit dem Verfahren werden auch Glaukosanpupillen schnell wieder eng gemacht.

D. Strahlentherapie.

Unter der Bezeichnung „Strahlentherapie“ lassen sich alle Verfahren zusammenfassen, bei denen therapeutisch die Energie elektromagnetischer Schwingungen verwandt wird. Die hierbei benutzten Wellenlängen reichen von dem langwelligen Spektralgebiet der Temperaturstrahler, z. B. der Sonne, bis zu den außerordentlich kurzwelligen Strahlen des Röntgenspektrums.

Der menschliche Körper mit seinen heterogenen Elementen und seinen komplizierten Geweben ist ein Auffangschirm, an dem die strahlende Energie bei der dort stattfindenden Absorption je nach der Wellenlänge und je nach den örtlichen Verhältnissen qualitativ und quantitativ die verschiedensten Wirkungen entfalten kann. Stellt man das Energiespektrum schematisch dar (Abb. 32), so kann man zwei Gruppen von Strahlen besonders abgrenzen, nämlich einerseits die Strahlen des Sonnenlichts mit den anschließenden Wellenlängen

und zweitens die Strahlung des Röntgenspektrums, sowie die verwandten, zur Zeit durch Röntgenröhren vorläufig nicht zu erzeugenden Strahlen der radioaktiven Substanzen.

Die dem Sonnenspektrum zugehörigen und die benachbarten Strahlen werden bei der eigentlichen „Lichttherapie“ (I) gebraucht; „Röntgen- und Radiumtherapie“ (II) sollen zusammengefaßt besonders behandelt werden. Mit ihrer

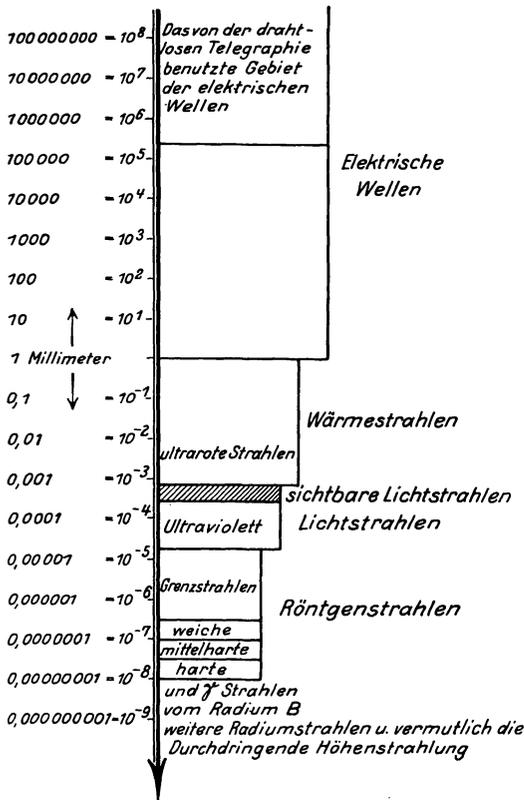


Abb. 32. Schema des Spektrums. (Aus GLASSCHEIB: Die Röntgentechnik in Diagnostik und Therapie, 1929 [siehe auch SPIEGLER u. FERNAU: Taschenbuch der Röntgen- und Radiumtechnik, S. 36].)

Abgrenzung im Spektrum liegen Ultraviolett- und Röntgenstrahlung einander nahe; als therapeutische Methoden waren Ultraviolett- und Röntgentherapie bis vor kurzem scharf zu scheiden. Neuerdings werden indes besonders langwellige Strahlen des Röntgenspektrums von BUCKY als sog. „Grenzstrahlen“ zur Anwendung gebracht, deren Wirkung wegen ihrer geringen Durchdringungskraft schon mehr an die Wirkung der Ultraviolettbestrahlung heranreicht.

I. Lichttherapie.

1. Allgemeiner Teil.

a) Über die Wirkungen des Lichts.

Übersicht über das Gebiet der Lichtstrahlen und der angrenzenden Wellenlängen. Strahlen, die denen des Sonnenlichts ähnlich sind, werden bei höheren Temperaturen von allen Substanzen ausgeschiedt; man spricht in diesem Falle von Temperaturstrahlern. Die Verteilung der calorisch meßbaren Energie im Spektrum der Temperaturstrahler ist ungleichmäßig; der Hauptteil

dieser Energie wird von den langwelligeren Strahlen mitgeführt; das Energie-maximum verschiebt sich mit zunehmender Temperatur vom langwelligen Ende nach dem Gebiet der sichtbaren Strahlen und liegt bei der Sonnenstrahlung mitten im Bereich des sichtbaren Lichts. Der calorische Energiewert des kurzwelligen Endes (blau-ultraviolett) ist aber auch bei den höchsten Temperaturen gering.

Die Strahlen über 740μ Wellenlänge sind als dunkle Wärmestrahlen dem Auge nicht sichtbar; die Strahlen von 400 bis 740μ bilden den sichtbaren Teil des Spektrums; von 400 bis etwa 130μ abwärts spricht man von Ultraviolettstrahlung; die Strahlen bis 300μ abwärts kann man mit SCHANZ als langwelliges oder inneres Ultraviolett bezeichnen, das kurzwellige Ende als äußeres Ultraviolett. Die verschiedenen Teile des Spektrums entfalten an der Stelle der Absorption unter Umständen eigenartige Wirkungen.

Der langwellige Teil der Strahlung übt in der Hauptsache eine starke Wärmewirkung aus, der kurzwellige Teil trotz des geringen calorischen Energiegehalts relativ bedeutende, elektive, chemische Wirkungen. Man kann in therapeutischer Hinsicht zwischen dem Wärmestrahleil und dem chemisch wirksamen Teil des Spektrums unterscheiden. Das Sonnenlicht, unser natürlicher Lichtspender, enthält in einer therapeutisch für viele Zwecke brauchbaren Mischung Strahlen mit beiderlei Effekt.

Man hat früher geglaubt, daß ausschließlich die kurzwelligen Strahlen abwärts von Blau und Violett eine stärkere photochemische Wirkung besitzen; aber schon in der auf chemischen Prozessen beruhenden Erregung des Sehorgans durch die langwelligen Strahlen des sichtbaren Gebiets zeigt sich, daß diese Annahme nicht eine strenge Gültigkeit hat. Gegenüber der Ansicht FINSSENS muß auch auf die alten Resultate HERTELS hingewiesen werden, der schon feststellte, daß die langwelligen Strahlen eine ähnliche biologische Wirksamkeit haben können wie kurzwelliges Licht.

Thermische Wirkung des Lichts. Ultrarote dunkle Wärmestrahlen verändern z. B. die photographische Platte nicht, trotz stärkster Energiezufuhr; die dunkle Strahlung eines Ofens oder eines schwach glühenden Körpers würde für photochemische Zwecke so gut wie ganz unwirksam sein. Setzt man lebendes Gewebe diesen dunklen Strahlen aus, so kommt es wohl zu mehr oder weniger starken Veränderungen, doch sind diese nur eine Folge der stattgehabten Erwärmung. Die Wirkung der Erwärmung steigert sich mit der Energie vom angenehm empfundenen Hautreiz bis zur Verbrennung. Therapeutisch verwendbar sind natürlich nur die geringeren Grade; dabei kommt es zur Hyperämie der Haut, zur vermehrten Tätigkeit der Hautdrüsen, unter Umständen mit Steigerung der calorischen Energieaufnahme im Körper, auch zur Veränderung der Atmungstätigkeit und der Gesamtverbrennung, d. h. zu einer Beschleunigung des lokalen und schließlich des gesamten Stoffwechsels. Bei jeder Lichttherapie, die nicht nur den kurzwelligen Teil des Spektrums benutzt, werden, wenigstens lokal, häufig ähnliche Einflüsse mitspielen. Die thermischen Wirkungen des Lichtes müssen deshalb auch hier kurz erwähnt werden, obgleich es sich eigentlich um Thermotherapie handelt.

Da zwischen Wärme- und Ultraviolettwirkung eine Art Antagonismus besteht, hat es nicht an Versuchen gefehlt, neben der chemischen Inaktivität dem Rotlicht auch noch einen etwas geheimnisvollen, chemisch hemmenden, entzündungswidrigen Einfluß zuzusprechen. Man findet über entsprechende Anwendung einiges z. B. bei O. MÜLLER und eine kurze Zusammenfassung bei THEDERING. Bis ein strenger wissenschaftlicher Beweis geführt ist, darf man wohl annehmen, daß die Hauptwirkung der ausgesprochen langwelligen Strahlen nur in der Hyperämisierung und eventuell in der Austrocknung bei feuchten freiliegenden Flächen usw. zu erblicken ist. Es handelt sich also um thermotherapeutische Effekte. Ihre Bedeutung soll nicht unterschätzt werden. Die BIERSCHE Schule hat augenscheinlich überhaupt die *Wärmewirkung* der Lichtstrahlen für einen der wesentlichsten Faktoren der Lichttherapie gehalten (KISCH), wenn das auch nicht immer offen ausgesprochen wird. Bei der Bestrahlung von Gelenkerkrankungen und tiefliegenden ausgedehnten tuberkulösen Prozessen werden indes auch andere Ziele verfolgt als bei der augenärztlichen Lichttherapie. Über Thermotherapie vergleiche den entsprechenden Abschnitt Seite 692.

Chemische Wirkung des Lichts. Jede chemische Wirkung des Lichts hat ein Optimum in bestimmten Spektralgebieten. Z. B. liegt die bei der Photographie benutzte Wirkung hauptsächlich in anderen Wellenlängen als die starke Pigmentwirkung des Ultravioletts auf die lebende Substanz. Das wird meistens

darauf zurückgeführt, daß in jedem Fall für einen anderen Teil des Spektrums eine stärkere Absorption der Lichtstrahlen zustande kommt. Die Zahl der möglichen chemischen Effekte ist sehr groß. Mit PINKUSSEN unterscheidet man zweckmäßig zwischen solchen Veränderungen, welche sich durch die Einwirkung des Lichts ohne weitere Zwischensubstanzen ergeben, und solchen, die unter Mitwirkung von Katalysatoren oder Sensibilisatoren entstehen. Die Prozesse können ohne Änderung der chemischen Formel vor sich gehen (Polymerisationen und Isomerisationen) oder auf Reduktions- bzw. Oxydationswirkung beruhen und den Aufbau oder die Zerstörung von Molekülen herbeiführen. Für die Einwirkung von therapeutischen Bestrahlungen hat die von HERTEL betonte Tatsache Interesse, daß im Plasma unter dem Einfluß des Lichts aus desoxydablen Verbindungen Sauerstoff frei werden kann, der imstande ist, neue Oxydationsprozesse einzuleiten. Eine solche Sauerstoffbindung konnte an Erythrocyten beobachtet werden, deren Sauerstoffverbrauch sich übrigens bemerkenswerterweise besonders unter grünem und gelbem Licht steigern ließ.

Die große Zahl der chemischen Reaktionen ist durch den außerordentlich komplizierten Aufbau der lebenden Substanz bedingt. Aus vielen im Körper zirkulierenden Stoffen lassen sich auch im Reagenzglas durch Belichtung chemische Zwischenstufen von hoher Labilität bilden, und es ist sehr wahrscheinlich, daß im lebenden Gewebe ähnliche Vorgänge stattfinden. Eine andere Wirkung zeigt sich speziell bei den Kolloiden, bei denen unter der Einwirkung des Lichts eine Ausflockung auftreten kann. Ziemlich stark ist der Einfluß der Strahlen auf Fermente und Fermentwirkungen; letzteres nur bis zu einem gewissen Grade in förderndem Sinne, bei stärkeren Reizen und bei Verwendung von Ultraviolett tritt oft Hemmung auf. Für die Immunstoffe und auch für die Antigene, die beide als sehr labile komplexe Körper anzusprechen sind, ist der Einfluß sogar meistens ein schädigender! DÖRR und MOLDAVAN konnten zeigen, daß sowohl die antigenen Eigenschaften wie die Immundefunktionen der Immunsere durch Bestrahlung gleichmäßig geschädigt werden, ja, daß der Träger von Immunitätserscheinungen geradezu eine „Denaturierung“ erleiden kann.

Sensibilisierung; Rolle des Pigmentes. Durch TAPPEINER wurde an einer Reihe von Farbstoffen eine sog. photodynamische, d. h. eine photochemisch sensibilisierende Wirkung festgestellt. Diese trat bei der Belichtung auf, wenn von dem Farbstoff auch nur sehr wenig dem Gewebe zugeführt wurde. Es zeigte sich bei diesen Farbstofflösungen ein mehr oder minder starker Grad von Fluorescenz, doch nahm die photodynamische Wirkung nicht in gleichem Grade zu oder ab wie die Fluorescenz; aus diesem Grunde muß der naheliegende Gedanke abgelehnt werden, daß die Steigerung der photochemischen Aktivität eine Folgewirkung der Fluorescenz sei. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß sowohl Fluorescenz wie photodynamische Wirkung, obwohl häufig parallel verlaufend, doch voneinander unabhängig sind und beide von einer erhöhten photochemischen oder photoelektrischen Erregbarkeit hergeleitet werden müssen, die nach Zusatz der Farbstoffe in dem Gewebe vorhanden ist.

Uns interessiert hier hauptsächlich die therapeutische Bedeutung, welche die Sensibilisation der Gewebe gegen Licht erlangt hat. Unter den praktisch wichtigen Sensibilisatoren wären das Fluorescin, das Chininsulfat, das Erythrosin, das Eosin und das Rose bengale zu nennen. MEYER-BEETZ konnte am eigenen Körper die intensive Wirkung langwelliger Lichtstrahlen erweisen, nachdem er das Gewebe durch Hämatoporphyrin sensibilisiert hatte.

Von BIRCH-HIRSCHFELD wurde gezeigt, daß mit Pneumokokken geimpfte Serumagarröhrchen nach Zusatz von Fluorescin unter 10 Minuten langer Bogenlichtbestrahlung nahezu steril wurden, während auf einem Kontrollröhrchen

ohne Fluorescinzusatz bei gleicher Bestrahlung eine größere Zahl von Kolonien anging. Zur Therapie wurde von augenärztlicher Seite das Eosin und das Erythrosin (HERTEL) empfohlen; am Auge wurde in der Praxis angewandt das Fluorescin (SCHANZ, BIRCH-HIRSCHFELD), das Optochin (SCHANZ) und das Rose bengale (PASSOW). Durch praktische Erprobung wurde eine sehr wirksam

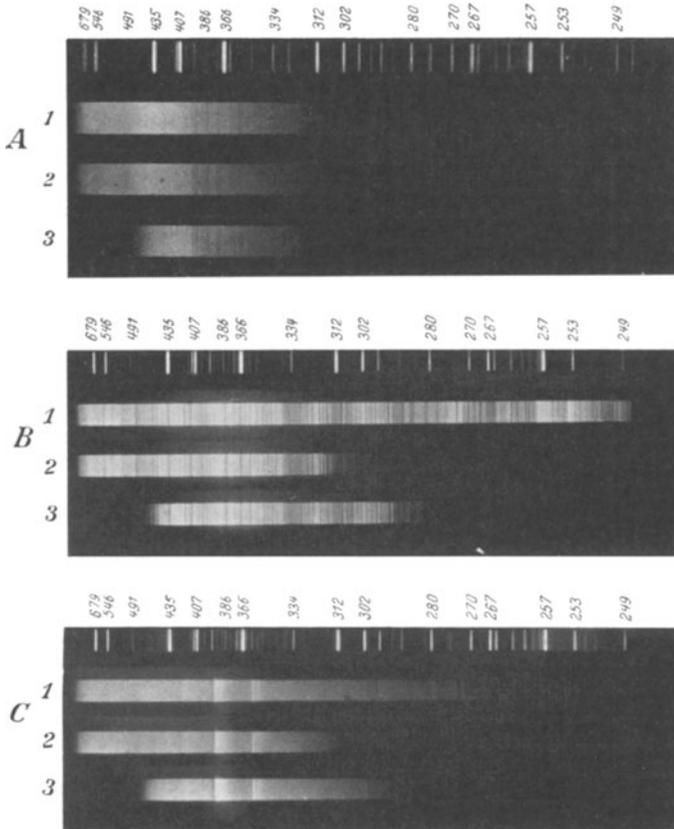


Abb. 33. Spektren und Absorption durch Gläser.

A Sonnenlicht; B Eisenbogen- und C Kohlenbogenlichtspektren. 1 ohne Schutzglas; 2 mit gewöhnlichem Schutzglas; 3 mit Uviolglasabblendung.

gesteigerte Lichtwirkung für die Bestrahlung der Hornhautgeschwüre mehrfach festgestellt.

Rolle des Pigments. Überall, wo das Licht auf die Haut wirkt, findet man Neubildung von Pigment; es ist noch umstritten, ob das ausschließlich eine Schutzreaktion ist oder ob das Pigment auch eine Art von sensibilisatorischer Fähigkeit entfaltet. Bezüglich der Genese des Pigmentes vergleiche die Arbeiten von EHRMANN, MEIROWSKY, BLOCH, MIESCHER u. a., auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

HERTEL hatte gefunden, daß bei unpigmentierten Würmern die Ultraviolettstrahlen eine größere Wirkung hatten als langwellige Strahlen, während bei pigmentierten Würmern durch gleiche Energiemengen von langwelligem und kurzwelligem Licht die gleiche Reizwirkung hervorgerufen wurde. SCHANZ, der bei Bestrahlung von Pigmenten eine stärkere lichtelektrische Zerstreuung

feststellte, war geneigt, in dieser selbst einen wichtigen Vermittler für photochemische Vorgänge zu erblicken. Gewisse Gründe sprechen indes dafür, daß eine Hauptbedeutung des Pigments doch in dem Schutz gegen allzu starke Lichtwirkung liegt. Die Pigmentierung zeigt sich nämlich am stärksten bei Rassen, die dauernd einer intensiven Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind: würde das Pigment nur eine lebenswichtige chemische Wirkung vermitteln, so könnte man erwarten, daß es bei den Völkern unserer sonnenärmeren Zone stärker ausgeprägt wäre.

Absorption der Strahlung in Filtern. Ein großer Teil der Sonnenstrahlung wird in der Atmosphäre absorbiert, die wie ein Filter wirkt, doch enthält auch das Sonnenlicht der Ebene außer dem Dunst der Städte noch sehr viel Ultraviolett. Künstliche Lichtquellen mit sehr intensiven ultravioletten Spektren lassen sich leicht durch Filter in jeder gewünschten Weise abschwächen. Eine Übersicht über die Verhältnisse bei Sonnenlicht, Eisenbogenlicht und Kohlenbogenlicht ist in den Abb. 33 gegeben. Oberhalb jedes Bildes sieht man im Vergleich die Linien des Quecksilberdampfspektrums, das bekanntlich die Strahlung unserer künstlichen Höhensonne liefert. Auch diese Strahlung läßt sich durch Filter sehr leicht reduzieren.

Absorption der Strahlen in Haut und Schleimhaut. Die Verhältnisse an Haut und Schleimhaut sind sich in mancher Hinsicht ähnlich; am besten sind sie für die Haut untersucht. Die langwelligen unsichtbaren Wärmestrahlen bis 1000 $m\mu$ werden in den allerersten Epidermisschichten absorbiert oder reflektiert. Von solchen dunklen Strahlen erfolgt deshalb eine relativ starke Energieaufnahme in der obersten Hornschicht; durch Wärmeleitung zu den Nervenendigungen entsteht dabei schnell ein unangenehmes Hitzegefühl.

Das *sichtbare* Licht des langwelligen Gebietes durchdringt aber die Epidermis und gelangt etwas weiter in die Tiefe. Hier wird die Energie größtenteils vom Blutstrom abgefangen und in den Körper weitergeführt; es kommt alsdann meist nur zu einer geringen lokalen Erwärmung, und doch kann ein größerer Teil der Strahlen durch Einleitung biologischer Reaktionen an den Körpersäften eine lokale und allgemeine Wirkung ausüben. Hat sich eine stärkere Pigmentierung ausgebildet, so werden allerdings die meisten sichtbaren Strahlen bereits in den pigmentierten Lagen aufgefangen.

Die Strahlen unterhalb 470 $m\mu$ werden ebenfalls an der unpigmentierten Haut und in der Schleimhaut meist schon in den obersten Schichten absorbiert; nur ein geringerer Teil kommt noch bis an die Blutgefäße heran. Z. B. von dem längerwelligen Teil des Ultraviolett gelangt nur noch ein sehr schwacher Bruchteil der Energie bis in die Blutschicht. FREUND konnte mit sehr starkem Bogenlicht, das durch Uviolglas filtriert war und sogar noch viel sichtbare Strahlen enthielt (obere Grenze bei etwa 420 $m\mu$), durch die 5 mm dicke Wange eines Mannes hindurch erst nach 29 Minuten eine merkbare photochemische Reaktion erzielen. JANSEN fand, daß bei Versuchen mit Strahlen von 406—322 $m\mu$ nur bis 1,2 mm Gewebstiefe eine baktericide Wirkung zu erhalten war. HASSELBALCH konstatierte bei der Bestrahlung mit der KROMAYER-Lampe für Wellenlängen von 436—316 $m\mu$ in 0,1 mm Tiefe schon eine Abschwächung auf 59—39 %, in 0,5 mm Tiefe auf 7—0,3 %, in 1 mm auf 0,6—0,006 %. KROMAYER fand die größte Wirksamkeit bei Strahlen von 340—390 $m\mu$; diese übten wohl einen starken Reiz aus, konnten aber die ganzen Hautschichten nicht durchsetzen.

Schon FREUND hatte darauf hingewiesen, daß *rote*, *gelbe* und *grüne* Strahlen in 15 mm Tiefe noch eine beträchtliche Absorption erleiden. Neuerdings hat der FINSEN-Schüler SONNE die bedeutende Tiefenwirkung der sichtbaren langwelligen Strahlung besonders betont. Er fand, daß pro Quadratzentimeter Hautfläche am Unterarm 2,02 Calorien sichtbarer und nur 1,16

Calorien ultraroter Strahlen das Maximum des Erträglichen darstellten, und daß bei Verwendung sichtbarer Strahlen die Tiefe eine 2^o höhere Temperatur aufwies als die Oberfläche, während bei ultraroten Strahlen die Temperatur der Oberfläche 2,6^o über der der Tiefe lag. Der *biologische* Unterschied ist aber allein durch die Temperaturdifferenzen noch keineswegs gekennzeichnet.

Lichtabsorption am Augapfel. Soweit der Augapfel von Bindehaut bedeckt ist, handelt es sich um eine ähnliche Durchlässigkeit der obersten Schichten wie an anderen Schleimhäuten; besondere Verhältnisse sind aber für den Strahlenweg durch Hornhaut und Vorderkammer gültig. Speziell für die Hornhaut und die Linse bestehen eigenartige Unterschiede, insofern die obere Grenze der absorbierten kurzwelligen Strahlen für beide Teile ziemlich verschieden ist.

Die Absorption der Hornhaut wurde schon von WIDMARK, später von SCHANZ und STOCKHAUSEN mit dem Quarzspektrographen untersucht. Man fand, daß die Absorption von etwa 360 $m\mu$ beginnend nach dem kurzwelligen Ende zunimmt und erst bei 310—300 $m\mu$ vollkommen wird. Dies ist von BIRCH-HIRSCHFELD u. a. mit einer teilweise verschiedenen Methodik nachgeprüft und bestätigt worden.

Über die Absorption der Linse haben SCHANZ und STOCKHAUSEN, HALLAUER, BÜCKLERS Untersuchungen angestellt; sie absorbiert schon wesentlich längerwellige Strahlen, d. h. solche von 375 $m\mu$ an fast vollständig. HALLAUER, der an einer großen Zahl von menschlichen Linsen Versuche anstellte, fand für das jugendliche Alter eine obere Absorptionsgrenze von 400 $m\mu$, dabei hatten diese Linsen eine gewisse Durchlässigkeit für Wellenlängen von 330—310 $m\mu$. Im Alter von 30 Jahren aufwärts fehlte diese Lücke in der Absorption; dafür ist in den mittleren Lebensjahren die obere Grenze auf 380 $m\mu$ herabgesetzt. In höherem Alter nimmt die Absorption nach dem langwelligen Ende weiter zu und steigt bis über 400 $m\mu$ hinaus. Die Absorption von Linsen im höheren Lebensalter hat BÜCKLERS anschaulich dargestellt und gezeigt, daß die Linse alsdann wegen der Gelbfärbung des Kerns wie eine Art Gelbfilter wirkt.

Da Kammerwasser und Glaskörper den kurzwelligen Strahlen aus dem Gebiet des inneren Ultraviolett kein Hindernis entgegensetzen, so können an den Augen Jugendlicher und staroperierter Personen die kurzwelligen Strahlen zum Teil bis zur Netzhaut gelangen. BIRCH-HIRSCHFELD konstatierte bei Bestrahlung des Tierauges mit Ultraviolett eine Schädigung der Ganglienzellen und hält es für möglich, daß dies auf die Durchlässigkeit der Linse für Teilgebiete des Ultraviolett zurückzuführen sei.

Schädigung des Auges durch Licht. Überall, wo chemisch wirksames Licht absorbiert wird, kann bei starker Zustrahlung eine Schädigung auftreten. Die äußeren Häute des Auges sind deshalb gegen Belichtung mit kurzwelligen Strahlen sehr empfindlich; die intensive Bindehautreizung der Ophthalmia electrica ist allgemein bekannt; an der Hornhaut läßt sich nach starker Bestrahlung ebenfalls eine Veränderung der obersten Zellschichten wahrnehmen. Die Linse scheint jedoch selbst gegen chemisch-aktive Lichtstrahlen und das Ultraviolett, soweit es überhaupt zur Linse gelangen kann, ziemlich unempfindlich zu sein. BIRCH-HIRSCHFELD, HERTEL, VOGT u. a. Autoren fanden auch bei intensiver Bestrahlung niemals eine Linsenschädigung. Versuche von v. HESS ergaben, daß man bei außerordentlich starker und langdauernder Bestrahlung mit der Uviolampe (mehrere Stunden aus großer Nähe) am Kaninchenauge unter gleichzeitiger intensiver Trübung der Hornhaut nur Veränderungen am Linsenepithel erhalten kann; in der Linsenfasermasse war bei diesem intensiven Licht trotz langdauernder Einwirkung keine Trübung festzustellen. Deshalb möchte v. HESS auch die Veränderungen am Epithel noch für regenerationsfähig halten. Die Versuche sprechen nicht unbedingt gegen die Möglichkeit einer Linsenschädigung

durch die natürliche Einwirkung des Sonnenlichtes. Wir wissen aber jetzt auf Grund der wichtigen Arbeiten von VOGT, BÜCKLERS, CRANTZ, MEESMANN u. a., daß es im wesentlichen nur das Ultrarot ist, welches in der Linse so günstige Absorptionsverhältnisse findet, daß dadurch eine Cataract entsteht.

Eine abweichende Ansicht bezüglich der Wirkung des Ultravioletts auf die Linse hatte früher SCHANZ, welcher glaubte, daß gerade die kurzwelligen Strahlen zwischen 400 und 300 m μ in der Linse während des Lebens erhebliche Veränderungen hervorrufen könnten und hiermit die Entstehung des Altersstars erklären wollte. Diese Ansicht ist jetzt durch VOGT recht gründlich widerlegt worden.

Daß an der Netzhaut die Energie der Lichtstrahlen schädlich wirken kann, entspricht vielfältigen Erfahrungen, die bei Sonnenblendungen gemacht wurden, und ist von CZERNY und DEUTSCHMANN auch experimentell belegt worden. Später stellte BIRCH-HIRSCHFELD bei Bogenlichtbestrahlungen am linselosen Tierauge hochgradige Schädigungen in der Ganglienzellschicht fest. Am linsenhaltigen Auge traten solche Schädigungen nur dann auf, wenn sehr intensive Bestrahlungen angewandt wurden, die gleichzeitig an der Hornhaut schwere Veränderungen hervorriefen; die VOGTsche Schule hat die Veränderungen an der Netzhaut auch histologisch untersucht. Daß das natürliche Licht für die Netzhaut praktisch nicht schädlich ist, hat BIRCH-HIRSCHFELD neuerdings ausdrücklich betont; er ist damit der Ansicht BESTS und anderer Autoren nähergekommen, die schon früher annahmen, daß alle Lichtquellen unschädlich seien, die die Helligkeit des Tageslichts nicht übertreffen.

b) Technik der Augenbestrahlung.

Ältere Methoden der Lichtbehandlung. Von dem Begründer der Lichttherapie FINSSEN wurde zunächst Sonnenlicht und später Bogenlicht benutzt. Die ersten lichttherapeutischen Versuche am Auge, die von NESNAMOW und MAKLAKOW ausgingen, wurden mit Sonnenlicht angestellt, das mit einer Methylenblaulösung filtriert und mit einer großen Linse von 10 cm Durchmesser auf das Auge konzentriert wurde. Bei Prüfung an photographischen Papieren war der chemische Reaktionswert dieser Strahlen nur gering.

Im Jahre 1911 berichteten dann FLEMMING und KRUSIUS über Bestrahlungsversuche am Auge unter Benutzung des Sonnenlichts. Sie studierten die Wirkung des Lichts nach Tuberkuloseimpfung in Hornhaut und vorderer Kammer und konnten feststellen, daß der Sonnenstrahlung dabei ein Effekt nicht abzusprechen ist, insofern eine Verlängerung der Inkubationszeit an den bestrahlten Augen deutlich zu erkennen war.

SEIDEL behandelte Augenerkrankungen mit Sonnenlicht, das er durch ein Loch in einem Kartenblatt hindurchfallen ließ; er konnte den Lichtfleck auch auf kleinere Herde an der Hornhaut und an der Iris gut einstellen und so mit denkbar einfachsten Hilfsmitteln eine gute therapeutische Wirkung erzielen.

Mehrfach wurden Versuche gemacht, besondere Geräte anzuwenden. Im Jahre 1903 empfahl STREBEL eine Eisenlichtlampe, die einen starken Gehalt an kurzwelligem sichtbaren Licht und an Ultraviolett hatte; aber er kam über die ersten Versuche anscheinend nicht hinaus. Praktische Erfolge bei der Augenbehandlung hatte als erster LUNDGAARD, der die verbesserte Finsenapparatatur bei Lupus und Trachom zur Anwendung brachte. Es wurden bei seiner Technik die evertierten Lider mit einem Druckglas festgehalten; der Augapfel wurde abgedeckt. Die Optik bestand aus Quarz oder Uviolglas.

Ein speziell für das Auge gebautes Gerät wurde später zuerst von HERTEL (Abb. 34) angegeben; er gebrauchte Bogenlichtelektroden aus einer Legierung

von Cadmium und Zink. Der Flammenbogen der Cadmiumlampe gibt ein subjektiv angenehmes, fahles Licht, das aber an chemisch wirksamen Strahlen zwischen 360 und $270\text{ m}\mu$ besonders reich ist. Diese Wellenlängen von 360 bis $270\text{ m}\mu$ sind für die Augenbehandlung gut geeignet, da sie noch genügend durch die Hornhaut hindurchgelassen werden und auch an der Iris zur Wirkung gelangen können.

Praktische Vorschläge über die Verwendung des Lichts zur Augenbehandlung verdanken wir auch SCHANZ. Er gebrauchte verschiedenartige Lichtquellen,

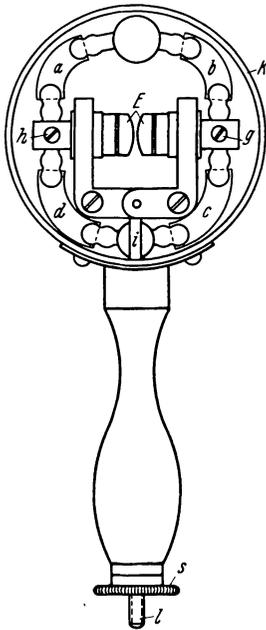


Abb. 34. Schema der HERTELschen Cadmiumlampe. In der Mitte bei E die dicken Metallpole. Es war dies die erste speziell für augenärztliche Bestrahlungen gebaute Lampe.

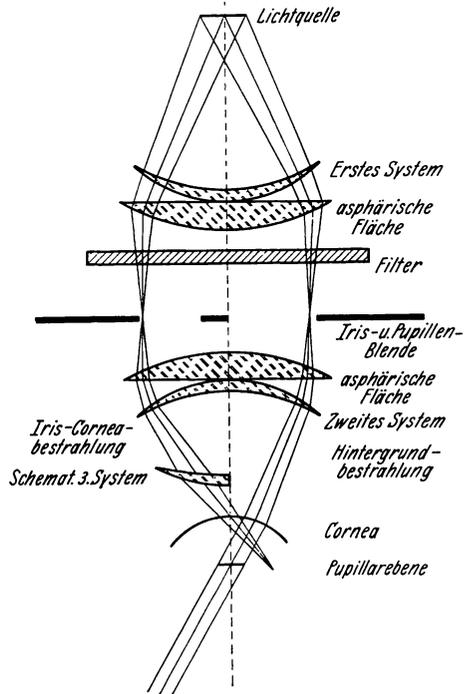


Abb. 35. Schematische Darstellung des Strahlenganges im KOEPPESchen Augenbestrahlungsgerät. (Näheres vgl. Text.)

je nachdem er eine ausgesprochene Reiztherapie mit sehr kurzwelligem Strahlen beabsichtigte oder der Wirkung des Sonnenlichts näher kommen wollte. Zur reinen Reizwirkung benutzte er die BACHSche künstliche Höhensonne, d. h. also den Quarzlichtbrenner, indem er absichtlich eine „Ophthalmia electrica“ hervorrief. Für alle anderen Fälle gebrauchte er das Licht der offenen Projektionsbogenlampe, das zur Ausschaltung des kurzwelligen Ultraviolett und der langwelligeren sichtbaren Strahlen ein elektiv absorbierendes 5 mm dickes Blauglas passieren mußte; er erhielt so eine Strahlung, die hauptsächlich zwischen 430 und $320\text{ m}\mu$ lag. SCHANZ betonte schon mit Recht, daß für eine Therapie der Iris Gehalt an Wellenlängen unter $300\text{ m}\mu$ unzulässig ist; alle diese Strahlen werden restlos von der Hornhaut aufgefangen und erzeugen nur unnötige Reizung. Eine wesentliche Neuerung führte SCHANZ dadurch ein, daß er als erster die von TAPPEINER empfohlene *Sensibilisierung* am Auge zur Anwendung brachte.

KOEPPE benutzte zunächst zur Behandlung das Licht der GULLSTRANDSchen Nernst-Spaltlampe, das auf beliebige Stellen des vorderen Augenabschnittes

konzentriert werden kann. Da durch die Glasoptik die Strahlen unter $300\text{ m}\mu$ fortgenommen sind, so handelt es sich dabei um eine relativ milde wirkende Strahlung, die aber ein gutes Durchdringungsvermögen hat.

Später wollte KOEPE Blendung, Verbrennungsgefahr und stärkere Ultraviolettreizwirkung völlig ausschalten und dennoch genügende chemische Wirkung erzielen. Von diesen Prinzipien geleitet, konstruierte er seinen von ZEISS in Jena gebauten Augenbestrahlungsapparat (s. Abb. 29). Bei diesem passiert das Licht einer Handbogenlampe zunächst einen großen Kondensator und eine zwischen die Kondensatorlinsen eingeschaltete Blende. Je nachdem man die vorderen oder hinteren Teile des Auges zu bestrahlen wünscht, wird das Bild der Blende

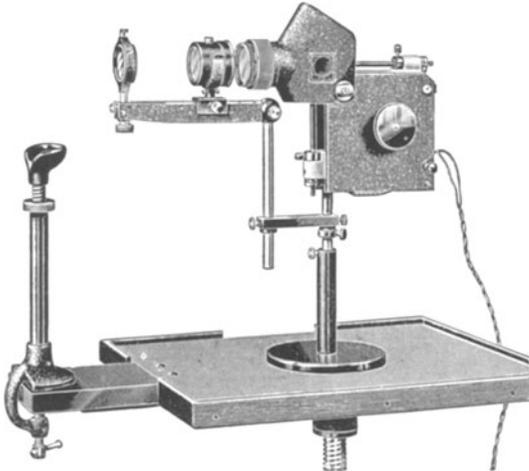


Abb. 36. Vereinfachte Zeiß-Bestrahlungslampe mit Kondensator, Filter und Quarzlinse auf dem Zeißschen Instrumententisch.

entweder durch ein weiteres Linsensystem in der Ebene der Augeneintrittspupille zur Abbildung gebracht oder durch die Pupille und über die Netzhaut hinweg im Unendlichen entworfen. Im ersten Falle läßt sich durch Anbringung einer kleinen Blende im Kondensator die Pupille des Auges vor Lichtwirkung ganz schützen und durch Änderung der benutzten Blenden die Iris in beliebigen Abschnitten konzentrisch (z. B. Krause, Pupillarteil usw.) genau abgegrenzt bestrahlen. Bei der Bestrahlung der Netzhaut besteht der Nachteil, daß das Büschel in stark eingeeengtem Strahlengang die Pupille und die Linse passieren muß. Doch

glaubt KOEPE, daß die Konzentration an dieser Stelle im Vergleich zu der jahrelangen Einwirkung intensiven Lichts bei der Glasmacherarbeit und anderen Berufstätigkeiten praktisch ohne Bedeutung sei; er hatte auch in einer längeren Beobachtungszeit nie eine Linsenschädigung wahrnehmen können. Um alle Strahlen auszuschalten, die irgendwie schädigend wären, hat KOEPE ein besonderes Gentianaviolett- und Kupferacetatfilter angegeben, bei dem das Spektralgebiet auf den Bezirk zwischen 450 und $350\text{ m}\mu$ eingeeengt wurde. Von der Firma Zeiß ist dies Filter später etwas modifiziert worden ($0,2\text{ g}$ Kristallviolett 6 B, 100 g Kupfersulfat auf $2000\text{ H}_2\text{O}$).

Lampen nach BIRCH-HIRSCHFELD. Billiger als der KOEPPESche Apparat und ebenso brauchbar ist die Bestrahlungsvorrichtung mit einer Quarzlinse nach BIRCH-HIRSCHFELD. Mit Hilfe dieser Linse kann das Licht jeder kleinen Projektions- oder Handbogenlampe in geeigneter Weise konzentriert werden; am Auge lassen sich alle kleineren Herde bestrahlen, ohne daß die Nachbarschaft dadurch geschädigt wird. BIRCH-HIRSCHFELD schaltete bei seiner ursprünglichen Anordnung vor eine kleine Handbogenlampe ein Uviolglas und eine Quarzlinse von 20 dptr ; er konzentrierte das Licht auf das Auge mit einer zweiten Quarzlinse, die zwischen Zeigefinger und Daumen gehalten wurde. Bei Versuchstieren trat auch nach Bestrahlung von 5 — 10 Min. weder Hornhaut- noch Linsen-trübung auf; auch wurde von den bestrahlten Patienten nie über Schmerzen oder Hitzegefühl geklagt. Es wurde aber doch nötig, zur Abschirmung der Wärmestrahlen einen Quarzbehälter mit Wasserfüllung einzuschalten. Diese

Geräte sind von BIRCH-HIRSCHFELD in den letzten Jahren noch weiter modifiziert worden. Zur Zeit werden in Königsberg folgende Apparate benutzt:

Die große Zeiß-Lampe. Das ist eine Bogenlampe, die mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom brennt, bei Wechselstrom aber nur etwa die halbe Intensität besitzt. Für die Benutzung bei Wechselstrom werden dünne, lange Kohlen gebraucht, um den Krater einzuengen und die Temperatur der Kohle an der Stelle des Kraters zu steigern. Vorgeschaltet werden zwei Filter in Quarzcuvetten der Firma Zeiß mit je $3\frac{1}{2}$ cm dicker Flüssigkeitsschicht. In der ersten Cuvette befindet sich eine Lösung von 5%igem Kupfersulfat, in der zweiten eine etwa 12%ige konzentrierte alkoholische Lösung von Kobalt-Chlorid. Weil der Fokus mit dieser Lampe nicht sehr scharf einzuengen ist und weil die Filter etwas weniger durchlässig sind als bei ausschließlicher Anwendung eines Kobaltglases und einer Cuvette mit Kupfersulfat, so kann man rechnen, daß durch eine Bestrahlung von 5—10 Min. eine kräftige Hyperämie mit einer leichten oberflächlichen Nekrose erzeugt wird, was der BIRCH-HIRSCHFELDSchen, auf Seite 745 näher erläuterten Konjunktivaldosis entspricht.

Vereinfachte Zeiß-Bestrahlungslampe. Die beträchtlichen Kosten der großen Zeißlampe erweckten den Wunsch nach einer einfacheren und auch wirksamen Bogenlampe. Bei der vereinfachten Zeißlampe (Abb. 36) ist eine halb offene Bogenlampe auf einen verstellbaren Fuß montiert. Kondensator, Filter und Quarzlinse sind in einem schwenkbaren Arme angebracht. Das Gerät wird am besten auf den Zeißschen Instrumententisch aufgestellt unter Benutzung eines Ansatzbrettes für eine Kinnstütze.

Die Leitz-Lampe. Dies ist eine kleine Bogenlampe, welche bei Leistungsstrom von 110 Volt eine effektive Spannung von 35 Volt besitzt und mit etwa 5 bis 6 Ampère brennt. Bei dieser Lampe benutzt man am besten die Eisen-B-Kohle der Firma SIEMENS, Berlin-Lichtenberg. Eine Flüssigkeitskühlung ist meist nicht notwendig, wenn man das 3 mm starke Zeiß-Uviolglas eingeschaltet hat, doch soll man das neuere Uviolglas der Firma nehmen, welches Wellenlängen bis 280 $m\mu$ durchläßt. Die Wärmestrahlung ist bei den einzelnen Lampen nicht ganz gleich; aus diesem Grunde muß die Temperatur im Fokus der Quarzlinse durch ein berußtes Thermometer gemessen werden; sie darf nicht höher sein als 45° . Bei dieser Lampe wird die Konjunktivaldosis in 2 bis 3 Min. erzielt.

Quecksilberdampflämpchen als Augenbestrahlungslampe. Seit 6 Jahren ist die Königsberger Klinik dazu übergegangen, neben der Bogenlampe auch das Quecksilberdampflicht für Augenbestrahlungen zu verwenden. Einzelne ausländische Autoren (z. B. DUKE-ELDER) halten dieses Licht für brauchbarer als Bogenlicht. HOFFMANN hebt folgende charakteristischen Unterschiede gegenüber dem Bogenlicht hervor: 1. das Fehlen von Ultrarot, 2. die geringe Intensität im sichtbaren Gebiete, 3. das Überwiegen des Ultraviolett unterhalb 300 $m\mu$. Der auffallendste Unterschied ist das Vorhandensein einer starken kurzwelligen Ultraviolettstrahlung. Diese prädestiniert das Quecksilberdampf-Punktlämpchen zu einer vorzüglichen Bestrahlungsquelle für die äußeren Teile des Auges, wenn das unfiltrierte Licht gebraucht wird. Nach Einschalten einer dünnen Glasplatte von rein weißem Glas wird die Strahlung unter 300 $m\mu$ von dem Glasfilter zurückgehalten, so daß man alsdann nur die oberhalb 300 $m\mu$ liegenden Ultraviolettstrahlen behält. Da auch die Linien dieses Spektralteiles noch ziemlich kräftig sind, so kann man das derart gefilterte und viel besser in die Tiefe dringende Licht vorzüglich verwenden, um die tiefen Teile der Hornhaut und die Iris zu bestrahlen.

Insgesamt ist auch nach der Ansicht von HOFFMANN das Quecksilberdampf-Punktlämpchen für die Augenbestrahlung mindestens ebenso gut, vielleicht

noch besser geeignet als die Bogenlampe. Für die Anwendung wird entweder das volle Quecksilberdampfspektrum oder eine mit Kobalt-Chloridlösung gefilterte Strahlung benutzt. Für manche Zwecke wurde als Sensibilisator das Rose bengale gebraucht. Dabei wird das Licht mit einer Quarzlinse fokussiert. Die Bestrahlung der Hornhaut ohne Filter für 45 Sekunden ergibt eine vollständige Abschilferung, Einwirkung für die doppelte Zeit ein Ödem in der Bindehaut mit zentraler Nekrose, welches der Conjunctivaldosis entspricht.

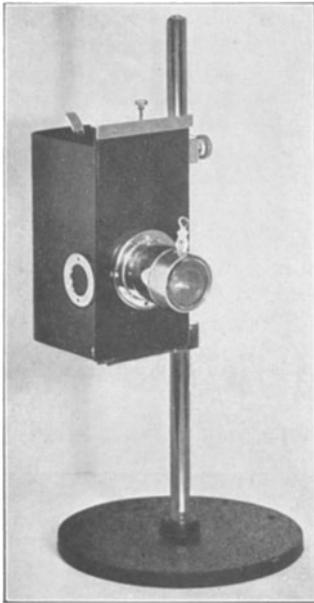


Abb. 37. Quecksilberdampf-Punkt-lämpchen als Augenbestrahlungslampe eingerichtet. Wird ohne oder mit Filter benutzt, je nachdem man stärkere oder geringere Ultraviolettwirkung wünscht.

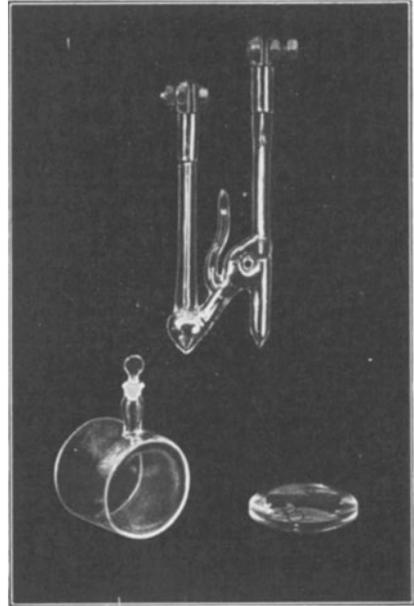


Abb. 38. Brenner, Filtertrog und Quarzlinse des Quecksilberdampf-Punkt-lämpchens.

Mit dem Kobaltfilter mußte man unter sonst gleicher Technik 4 Minuten lang bestrahlen, um die Conjunctivaldosis zu erhalten. Für regenerative Vorgänge genüge $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Conjunctivaldosis, zur Zerstörung von Gewebsteilen beim *Ulcus serpens* und bei *Keratitis superficialis* eine Conjunctivaldosis. Die Technik ist keineswegs schwierig. Wesentlich ist, daß für oberflächliche Prozesse das ungefilterte Licht des Quecksilberdampfspektrums, für tiefe Prozesse das gefilterte Licht gebraucht wird.

Dosierung. Eine ideal angepaßte Dosierung könnte man nur vornehmen, wenn man auch genau wüßte, von welchen Wellenlängen die wichtigsten therapeutischen Lichtwirkungen im einzelnen ausgehen. Indes sind wir über die eigentlichen Ursachen der therapeutischen ebenso wie über diejenigen der allgemeinen biologischen Lichtwirkungen (s. auch PINKUSSEN) noch nicht genau unterrichtet. Ein Teil der Lichttherapeuten hält die Reizwirkung der kurzwelligen Strahlen für das Wesentlichste, andere möchten nur Strahlengemische zur Anwendung bringen, die auch langwellige Strahlen enthalten. Einige schließlich richten sich wegen Fehlens einer genauen Kenntnis von der Wirksamkeit der verschiedenen Wellenlängen bewußt nur nach ihrer eigenen erfolgreich benutzten Technik, ohne sich weiter auf Erörterungen über die Ursache der Wirkung einzulassen.

Auf alle Fälle ist es notwendig eine gewisse *Konstanz der Dosierung* zu sichern. Die Lichtdosis muß also gemessen werden. Dazu dienen folgende Hilfsapparate und Methoden:

Photographische Belichtungsmesser. PASSOW hat Photometerpapier aus dem HECHTSchen Graukeilphotometer gebraucht; er stellte sich durch verschieden lange Belichtung solcher Papierstreifen eine in 10 Farben abgestufte Skala her, die er mit lichtbeständigen Farben abmalen ließ. Man braucht nur neben der zu bestrahlenden Stelle des Körpers ein Stückchen Photometerpapier zu exponieren und kann durch Vergleich mit der Skala in bequemer Weise die dieser entsprechenden Strahlenquantitäten abmessen. Da aber relativ geringe Lichtmengen an dem Photometerpapier schon eine starke Färbung bewirken, eignet sich das Verfahren in dieser Art der Anwendung nur für kleinere Lichtdosen, insbesondere zur Einstellung der Reizdosis beim Pannus, für die es auch von PASSOW gebraucht wurde.

In anderer Weise kann man photographische Papiere zur Bestimmung der Bestrahlungsdosis benutzen, wenn man die einfachen photographischen Belichtungsmesser anwendet. Bei diesen wird ein Stückchen Photometerpapier solange dem Licht ausgesetzt, bis die auf der benachbarten Fläche angebrachte Vergleichsfarbe erreicht ist.

Zur Einstellung therapeutischer Dosen wird der Belichtungsmesser dicht neben die bestrahlte Körperstelle (mit seiner Fläche senkrecht zur Lichtquelle) gehalten und mit dem Sekundenzeiger festgestellt, nach wie langer Zeit die Farbe der Vergleichsfläche zustande gekommen ist.

Selenphotometer. Weniger gut als der Gebrauch des Photometerpapiers ist die Anwendung des Selenphotometers von FÜRSTENAU; das Instrument ist nämlich für die therapeutisch wichtigsten ultravioletten Strahlen so gut wie gar nicht empfindlich (JENTZSCH-GRÄFE). Es lassen sich zwar im Augenblick Bestimmungen machen, wieviel „Aktinimetereinheiten nach FÜRSTENAU“ (Q) von der Lichtquelle dieser Stelle zugestrahlt werden; doch ist der Wert dieses Resultats auch deshalb recht zweifelhaft, weil FINK gefunden hat, daß bei Quarzlampen die *Ultraviolettaborption* an den Wänden der Röhre durch Staub- oder Quecksilberniederschläge auf das stärkste gesteigert sein kann, ohne daß in der vom FÜRSTENAU-Instrument angezeigten Strahlungsintensität eine Verschiedenheit zutage tritt.

Messung der Konjunktivaldosis. BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN betonen in ihrer Abhandlung über die Lichttherapie, daß man wegen des häufigen Versagens der physikalischen Maße am besten doch auf ein *biologisches Einheitsmaß* zurückgreift. Gegen die Anwendung der Erythemdosis machen sie geltend, daß sich Bindehaut und Hornhaut wahrscheinlich gegenüber den einzelnen Wellenlängen anders verhalten als die Haut. Es habe eben jedes Gewebe besondere Absorptionsverhältnisse. Daraus ergibt sich für BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN, daß man nur das Verhalten der Augengewebe selbst für die ophthalmologische Lichttherapie als biologisches Grundmaß gebrauchen soll. Die genannten Autoren haben deshalb die am Kaninchenauge gemessene „*Konjunktivaldosis*“ den Messungen über die Wirksamkeit ihrer Lichtquellen zugrunde gelegt. Konjunktivaldosis ist für sie dasjenige Wirkungsquantum von Licht auf diese Schleimhaut, bei welchem eine kräftige Hyperämie mit oberflächlicher Nekrose erzeugt wird. In der Conjunctiva tarsi sieht man an der Stelle des Fokus starke Erweiterung der Gefäße, geringes Ödem, keine Blutungen; rings herum einen Hof mit Gefäßerweiterung ohne Ödem. Die Veränderungen sind am deutlichsten 12—18 Stunden nach der Bestrahlung, gehen erst 24 Stunden nachher wieder zurück. Bei derartigen Versuchen zeigte sich, daß der Zustand der

Lampen, der Filtergefäße usw. von außerordentlichem Einfluß auf die Konjunktivaldosis ist.

BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN haben schließlich die Konjunktivaldosis auch auf der Haut an der Streckseite des menschlichen Oberarms zur Einwirkung gebracht. Dort wurde ein kräftiges Erythem hervorgerufen mit deutlich sichtbarer Pigmentierung. Bei den in Königsberg benutzten Lichtquellen besteht also eine Übereinstimmung zwischen dieser Erythemdosis und der Konjunktivaldosis.

Ausführung der Bestrahlung. Die Lampe befindet sich neben dem sitzenden Patienten auf dem Tisch. Die Höhe ist derart ausreguliert, daß die Strahlung



Abb. 39. Bestrahlung nach BIRCH-HIRSCHFELD mit dem älteren Gerät, welches viele Kliniken besitzen. Bogenlampenlicht wird durch Quarzoptik konzentriert, nachdem es Uviol- und Wasserfilter passiert hat. Der Arzt muß dauernd die Lage des Fokus kontrollieren.

bequem zum Auge hinzuleiten ist. Der Arzt stellt sich am besten hinter den Kopf des Patienten, lehnt diesen gegen seine Brust und faßt Wange oder Stirn des Patienten mit einer Hand, damit der Kopf fixiert wird. Bei ungenügender Lidöffnung muß man es so einrichten, daß der Zeige- und Mittelfinger das Lid hochheben können. Das Auge wird in die Richtung des Strahlenganges gebracht und mit der zweiten Hand die Quarzlinse senkrecht in den Strahlengang hineingehalten, so daß das Lichtbüschel am Auge des Patienten gut konzen-

triert wird (s. Abb. 39). Muß man das Oberlid anheben, so läßt man es von Zeit zu Zeit los, damit die Hornhaut durch Lidschlag wieder etwas befeuchtet werden kann. Während der Bestrahlung beobachtet man dauernd die richtige Lage des Fokus auf den zu bestrahlenden Stellen. Handelt es sich um ein größeres Geschwür, so teilt man das zu bestrahlende Gebiet schematisch in mehrere Teile, die man nacheinander vornimmt. Man muß bei der Bestrahlung darauf achten, daß die Lampe richtig gepolt und die Stellung der Kohlenstifte zu einander in Ordnung ist.

Schließlich muß man bei den meisten Hornhauterkrankungen auch die richtige *Sensibilisierung* anwenden, wenn man sich einen Erfolg sichern will. Für die Sensibilisierung mit Fluorescin und Rose bengale empfehlen BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN, evtl. vorher zu anästhesieren. Die Zusammensetzung des Fluorescins sei folgendermaßen gewählt:

Fluorescin	2,00
Natr. bicarb.	4,0
Aq. dest. ad.	120,0

Bei Rose bengale nimmt man folgendes Rezept:

Rose bengale	4,0
Azoflavin	0,5
Victoriagelb	0,5
Aq. dest. ad.	100,0

Die Wirkung der Sensibilisatoren ist davon abhängig, daß sie die Gewebe färben; evtl. muß mehrere Male eingeträufelt werden, bis der Geschwürsgrund die Farbe gut angenommen hat. (Auch bei der Einwirkung auf Bakterien ist es übrigens nach PASSOWS Feststellungen wichtig, daß der Farbstoff der Sensibilisatoren von den Bakterien angenommen wird.)

Schließlich wird besonders empfohlen, die Ausführung der Behandlung nicht als eine zu einfache Angelegenheit zu betrachten. So gut die Wirkung bei richtiger Dosierung und richtiger Anwendung ausfallen kann, so schwer sind die Schäden, die bei Überdosierung entstehen. BIRCH-HIRSCHFELD weist ausdrücklich darauf hin, daß man diese Bestrahlungen nicht durch Pflegepersonal ausführen lassen soll. Für den Arzt allerdings, der Verständnis für das Problem besitzt, wird die Erlernung der richtigen Technik niemals schwer sein.

c) Allgemeines über therapeutische Effekte der Lichtbehandlung.

Der therapeutische Effekt der Bestrahlung wird neben der chemischen auch von der thermischen Einwirkung beeinflusst. Als der spezifische Effekt der Lichttherapie ist der chemische Effekt anzusehen. Wenn die Wärmewirkung auch der Thermotherapie zugehört, so darf sie, wie schon vorher erwähnt, bei der Ausführung der Lichtbehandlung keineswegs unberücksichtigt bleiben. Sie läßt sich praktisch oft nicht ganz eliminieren; selbst bei der Bestrahlung mit dem Quecksilberdampflicht der Höhensonne ist sie nicht ganz ausgeschaltet. Bei der Lichttherapie des Auges, wie sie z. B. von BIRCH-HIRSCHFELD zur Behandlung des Hornhautgeschwürs angewandt wird, muß man durch Wahl der Filter dafür sorgen, daß die Erwärmung nicht zu unangenehmen Wirkungen führt oder gar zu einer derartigen Hitzewirkung gesteigert wird, daß man den Effekt einer Kaustik vor sich hat.

Die therapeutischen Effekte an den bestrahlten Stellen, soweit sie auf die chemische Wirkung der Strahlen zurückgeführt werden müssen, verdanken denjenigen Faktoren ihre Entstehung, die schon auf S. 736 näher erwähnt wurden. Dabei ist auch noch zu berücksichtigen, daß sowohl der Einfluß der lokalen Bestrahlung wie derjenige einer Allgemeinbestrahlung sich am Krankheitsherde äußern kann. Es existieren übrigens auf diesem Gebiete so zahlreiche Hypothesen über die Wirkungsmöglichkeiten, daß ein Eingehen auf einzelnes im Rahmen der Darstellung nicht möglich erscheint. Es soll aber in folgendem eine Art tabellarischer Übersicht geboten werden.

Zusammenstellung über die therapeutischen Wirkungen des Lichtes.

1. *Kreis der chemischen Wirkungen.* Veränderung des Zellstoffwechsels und der Bewegung aller Ernährungsflüssigkeiten; Verstärkung der Wirkung durch Sensibilisatoren; Abschwächung nach Bildung von lichtabschirmendem Pigment; durch Pigmentbildung evtl. weitere photoelektrische Sekundärwirkungen (z. B. Steigerung der „lichtelektrischen Zerstreung“ nach SCHANZ).

Insgesamt Auslösung folgender Reaktionen:

- a) Auftreten besonderer chemischer Gruppen an der belichteten Stelle.
- b) Übergang solcher Gruppen in die Nachbarschaft der belichteten Stelle (bei Tuberkeln usw.).
- c) Übergang in den Allgemeinstoffwechsel; Veränderung des Immunstoffwechsels.
- d) Evtl. direkte Bakterienschädigung am Bestrahlungsort.

Hinzu kommt noch eine Reihe spezieller (zum Teil hypothetischer) Wirkungen, z. B.

Lokal:

- e) serotaktische Wirkung
- f) Chemotaxis der Leukocyten (JESIONEK).
- g) Autotuberkulinisation (BACH); Heranführung von körpereigenen Tuberkulinen an den Bestrahlungsort und Auslösung einer Art Tuberkulininjektionswirkung.

Allgemein:

- h) Esophylaktische Wirkung (HOFFMANN-Bonn): Auslösung einer sekretorischen, nach innen gerichteten Schutzfunktion der Haut.
 - i) Herabsetzung des Blutzuckerspiegels, des Blutdrucks und Auftreten einer relativen Lymphocytose + Eosinophilie infolge Lähmung der Sympathicusendigungen (JESIONEK).
 - k) Tyrosinausschwemmung zu Beginn der Bestrahlung (JESIONEK).
- [2. Kreis der Wärmewirkungen, manchmal, auch bei der Lichttherapie, als Nebenwirkungen zu beachten (s. Thermotheapie).
- a) Hyperämie; infolgedessen
 - b) vermehrte Lymphzufuhr und vermehrter Schutzstoffaustritt ins Gewebe.
 - c) Resorptionsfördernde Wirkung durch erhöhte mechanische Stoffwechselleistung.
 - d) Anregung des Zellwachstums durch vermehrten Stoffwechselumsatz.
 - e) Austrocknung feuchter Wunden.]

2. Spezielles über Lichttherapie.

a) Lokale Lichttherapie der Augenerkrankungen.

1. **Erkrankungen der Lider.** Die ersten Vorschläge zur lichttherapeutischen Behandlung der Lider stammen von STREBEL. Er empfahl das Licht seiner Eisenlampe bei Lidrandentzündungen, Gerstenkörnern und Hagelkörnern; über seine Erfolge hat er Auskunft nicht gegeben. LUNDGAARD konnte mit dem Finsengerät die lupösen Erkrankungen der Lider in vielen Fällen günstig beeinflussen. PASSOW hat über Lichtbehandlung von Liderkrankungen mit der Quarzlampe berichtet. BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN möchten die Lichttherapie nur bei der ulcerösen Blepharitis, bei der sie sowohl bactericid wie regenerativ fördernd wirke, empfehlen. Dabei müssen die Lidränder zuerst vorsichtig von Borken befreit werden. Eventuell kann man eine Sensibilisierung des Gewebes mit 2%iger Fluorescinslösung vornehmen. Der Fokus wandert bei der Bestrahlung langsam am Lidrande entlang und soll scharf eingestellt bleiben. BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN wählten 20 cm Abstand von der Lampe und täglich zwei Sitzungen mit je 5 Min. Einwirkung.

2. **Bindehauterkrankungen.** Bei diesen wurden die ersten Erfolge durch Versuche LUNDGAARDS und GRÖNHOLMS mit einer Behandlung des Trachoms erzielt. Es fanden dabei Drucklinsen Verwendung, kleine Quarzlinsen an einem Halter, durch deren Druck gegen das zu bestrahlende Gewebe dieses anämisiert und damit in etwas größerer Tiefe der Lichtstrahlen zugänglich gemacht wird. Nach Ektropionierung wurden die Strahlen des Finsenlichts mit LUNDGAARDS Quarzprisma auf die erkrankten Stellen hingelenkt. GRÖNHOLM benutzte zur Ektropionierung einen besonders konstruierten „Augenschlüssel“. Ein Jahr nach Abschluß der Behandlung fand GRÖNHOLM in 60% der Fälle Heilung und in 35% Rezidive; nach ihm wurden die granuläre und die papilläre Form des Trachoms durch das Finsenlicht ungefähr gleich gut beeinflußt. Die Versuche

der nordischen Autoren fanden in Deutschland eine Ergänzung durch HEGNER und BAUMM sowie MOHR und BAUMM, von welchen die KROMAYERSche Quarzlampe gebraucht und das Licht mit einem Quarzansatz zu der erkrankten Bindehautstelle hingeführt wurde, der an einer Seite zum Schutz des Augapfels eine Metallauflage hatte. Nach der Bestrahlung, deren Zeit MOHR und BAUMM als zwischen etwa 3 und 10 Min. liegend angeben, entsteht zunächst eine Schwellung des Lides. Nach deren Abklingen findet sich ein dicker weißer Membranbelag, der sich bald abstößt. Bei alten sulzigen Trachomen war die Behandlung mit der KROMAYER-Lampe der mechanischen Behandlung entschieden unterlegen; aber bei frischen Trachomen und bei Follikularkatarrhen konnten MOHR und BAUMM in mehreren Fällen durch einmalige Bestrahlung eine Dauerheilung erzielen.

Unter zahlreichen neueren in der Literatur erwähnten Versuchen der Trachombehandlung scheinen mir besonders erwähnenswert die Arbeiten von DUKE-ELDER und LEROUSSE, sowie diejenige von HUME. Alle drei Autoren berichten über verhältnismäßig gute Resultate. DUKE-ELDER und HUME gebrauchten eine Quecksilberdampf-Lampe, LEROUSSE die FINSEN-RHEYN-Lampe. LEROUSSE sah bei 62 Kranken 48 vollständige Heilungen, 8 Besserungen, aber auch 4 Fälle, bei denen wegen der Hornhautkomplikationen das Resultat der Bestrahlungen als Mißerfolg angesehen werden mußte. Er erwähnt, daß sich nach der Bestrahlung jedesmal eine starke Reaktion zeige, die erst in einer Woche abklinge. Dabei bilden sich Membranen, die man abziehen kann. Die Gesamtbehandlungszeit erstreckte sich über 2 bis 6 Monate. BIRCH-HIRSCHFELD, der die Lichtbehandlung beim Trachom schon früher benutzt hatte, scheint keine sehr ermutigenden Erfolge erzielt zu haben; auch in dem Buche von BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN wird darauf hingewiesen, daß bestenfalls eine Kombination von Lichtbehandlung mit mechanischer und medikamentöser Therapie Vorteile biete. Den praktischen Augenarzt müsse man vor der Methode warnen. Die Behandlung sollte nur in Kliniken mit besten Hilfsmitteln vorgenommen werden.

Ein gesichertes Gebiet der Lichttherapie ist die Behandlung der *Bindehauttuberkulose*. Hier ist LUNDSGAARD führend gewesen; mit dem Finsenlicht erzielte er Resultate, die den hohen Wert der Lichtbehandlung über jeden Zweifel stellen. Von seinen 12 Fällen wurden 11 zur Heilung gebracht; nur in einem Fall, bei dem Destruktion des knöchernen Skelets und gleichzeitige Schleimhauterkrankung der Nase bestand, treten Rezidive auf. In 8 Fällen handelte es sich um sekundäre Erkrankung bei Lupus; in 4 Fällen um primäre Tuberkulose der Bindehaut. Auch von PASSOW-NUTT sind bei Lupus Erfolge mit Bestrahlungen gemeldet worden. Das Lupusknötchen scheint für Lichtstrahlen besonders durchgängig zu sein, so daß das langwellige Ultraviolett nicht ausschließlich in die ganz oberflächlichen Schichten eintritt (HAXTHAUSEN). Über die Finsenbehandlung des Lupus in Dänemark ist neuerdings noch einmal (von HEIBERG und LOMHOLT) berichtet worden. Man erzielte dort jetzt 85% Heilung, die übrigen 15% waren refraktäre Fälle, und zwar fanden sich größtenteils Rezidive einzelner Knoten oder kleinerer Gruppen mitten im Narbengewebe. Stets saßen solche refraktären Herde tiefer als 1 mm unter der Oberfläche und waren für das Finsenlicht, das auch an den Lupusknötchen durchschnittlich nur bis $\frac{1}{2}$ und höchstens bis 1 mm in die Tiefe wirkt, nicht zu erreichen. Eine Excision dieser kleinen Rezidivnester führte stets zur Heilung.

KOEPPE, SCHANZ, PASSOW, DUKE-ELDER, GILBERT, BRAUNSTEIN, LACROIX haben bei *Bindehaut-Skrofulose* die Lichttherapie mit gutem Erfolge benutzt. Ein ausführlicher Bericht wurde von PASSOW über seine Resultate bei etwa 100 Fällen skrofulöser Kinder gegeben. Er gebrauchte die Quarzlampe und

wandte vielfach ausschließlich diese *Lichttherapie* an, ohne Unterstützung durch Medikamente. Ebenso wie SCHANZ bestrahlte er das Auge oft durch die geschlossenen Lider hindurch (Hyperämiewirkung), in anderen Fällen spreizte er auch die Lider und konnte unter Umständen durch Anwendung kleiner Blenden das Licht auf bestimmte Stellen konzentrieren. Das Verfahren der Bestrahlung des geschlossenen Auges und die Bestrahlung des Augapfels selbst bzw. bestimmter Teile konnten beliebig miteinander kombiniert werden. Über $\frac{1}{3}$ von diesen 100 Kindern wurde schon nach der ersten Sitzung, die meisten anderen wurden nach den nächsten Behandlungstagen bedeutend gebessert.

Bei skrofulösen Kindern habe ich mich selbst öfter von einem günstigen Einfluß des Lichts überzeugen können. Vor allen Dingen scheint es berufen, bei dem üblen Zustand verschleppter Erkrankungsfälle die übrige Therapie wertvoll zu unterstützen. Die Anschwellung der Lider macht oft rasche Fortschritte, der ganze Heilungsprozeß verläuft manchmal günstiger. Ebenso wie die skrofulösen und tuberkulösen Bindehauterkrankungen sind auch die entsprechenden Erkrankungen des episcleralen Gewebes der Lichtbehandlung zugänglich. Man sollte bei hartnäckigen Fällen nicht versäumen, diese Therapie wenigstens zu versuchen.

PASSOW hat auch angegeben, daß er tuberkulöse Episcleritis durch *Quarzlampenlicht* günstig beeinflussen konnte; es würde aber erwägenswert sein, wegen des starken Gehalts an kurzwelligem Licht die Quarzlampe nur bei ganz oberflächlichen Erkrankungen in Anwendung zu bringen und episcleritische Herde mit dem längerwelligen Bogenlicht zu behandeln.

3. Hornhauterkrankungen. Sehr häufig ist die Lichttherapie bei den verschiedenen *Hornhauterkrankungen* angewandt worden. HOFFMANN hat die Wirkung kurzwelligen Lichts auf die Regeneration der Hornhaut auch experimentell geprüft und dabei verschiedene Sensibilisatoren berücksichtigt. Er fand bei einer mäßig starken Dosis eine regenerierende, bei stärkerer Dosis dagegen eine eigenartige nekrotisierende bzw. hemmende Wirkung. HOFFMANN stellte fest, daß sich die Zeiten etwa folgendermaßen verhalten:

	Rose bengale	Fluorescin	ohne Sensibilisatoren
Anregende Wirkung	3 Min.	12—15 Min.	25 Min.
Hemmung	12 Min.	25 Min.	40 Min.

Angewandt wurde die BIRCH-HIRSCHFELD-Lampe mit Quarzoptik. Das Rose bengale konzentrierte die Wirkung mehr auf das Epithel, Fluorescin mehr auf die etwas tiefer gelegenen Hornhautlamellen. Durch die Berücksichtigung dieser Resultate gewinnt man jedenfalls eine gute theoretische Grundlage für die Hornhautbehandlung.

Es sei noch über die Ergebnisse einiger Autoren berichtet.

KOEPPE sah bei skrofulösen Geschwüren nach Anwendung seines Bestrahlungsapparates rasche Heilung; er schreibt, daß unter den Bestrahlungen die Veränderungen in der Hornhaut innerhalb weniger Tage weggeschmolzen und daß der Bulbus unter schnellem Abblassen ohne jede weitere Lokalthherapie reizlos wurde. So überraschend günstige Resultate sind allerdings von anderer Seite nicht gesehen worden, wiewohl auch PASSOW, BIRCH-HIRSCHFELD und auch SCHANZ mit ihren Bestrahlungsmethoden bei den gleichen Erkrankungen nicht unzufrieden waren.

Neben den skrofulösen Ulcera eignen sich alle oberflächlichen Hornhautveränderungen, auch *herpetische* Prozesse und besonders alle langsam abheilenden Geschwüre zur Lichttherapie. Über derartige Fälle ist sowohl aus der Königsberger Klinik (BIRCH-HIRSCHFELD) wie von anderen Autoren (BRAUNSTEIN,

DUKE-ELDER, GILBERT) mehrfach berichtet worden. Auch das Material der Berliner Klinik ließ die guten Erfahrungen bei diesen Erkrankungen mehrfach bestätigen. Da man annehmen muß, daß in diesen Fällen häufig Virus unter dem Epithel angesiedelt ist, so darf man auch theoretisch erwarten, daß neben der Abkratzung und der Jodbetupfung besonders die Lichttherapie Beachtung verdient.

Geteilt sind dagegen die Meinungen über den Wert einer Lichtbehandlung bei exquisit tiefen Krankheitsprozessen, z. B. bei der Keratitis parenchymatosa. Während von PFLUGK, SCHANZ, BRAUNSTEIN auch bei dieser Erkrankung Günstiges gesehen haben, berichten hingegen PASSOW und GILBERT nur von erfolglosen Versuchen. Eine andere tiefe Hornhauterkrankung, bei welcher ein Autor Erfolge sah, ist die als hartnäckig verrufene Keratitis disciformis, bei welcher BRAUNSTEIN nach 32 Bestrahlungen Besserung festgestellt hat.

Ein fast allgemein anerkanntes Verfahren ist die Lichtbehandlung des Ulcus serpens, über welche jetzt Erfahrungen von vielen Seiten vorliegen. Schon STREBEL hatte sie 1903 als aussichtsreich bezeichnet. Die ersten praktischen Versuche verdanken wir HERTEL, der 1907 darüber aus der Jenenser Klinik berichtete. Er verwandte das von ihm angegebene Zinkcadmiumlicht und ging zunächst recht vorsichtig vor. Die Stärke der Bestrahlungen richtete sich nach der Größe und der Art der Geschwüre; sie mußte bei sehr progressiven Prozessen bis zu 15 Min. Dauer 3mal pro Tag gesteigert werden. Es machte dabei Mühe, die Reaktion richtig zu beurteilen. Man sah eine graue Verfärbung des Geschwürsrandes; das Hypopyon und der Reizzustand konnten noch zunehmen; in einigen Tagen setzte aber die Besserung ein. Nach erfolgter Heilung war das Resultat in funktioneller Beziehung günstiger als nach der Kauterisation, weil die Narben besonders zart waren.

Obwohl sich schon im Jahre 1908 HERTEL auch über die Möglichkeit einer *Sensibilisierung* geäußert hatte, wurde sie am Auge bei Hornhautgeschwüren doch erst viel später in Gestalt der Fluoresceineträufelung von SCHANZ zur Anwendung gebracht. Unter Verwendung von Sensibilisatoren ist dann in den letzten Jahren eine große Anzahl von Ulcera serpentina durch BIRCH-HIRSCHFELD und seine Königsberger Schüler bestrahlt worden. Bis 1927 waren es 571 Fälle mit einer Verlustquote von nur 6,1%. In den letzten Jahren dieses Zeitraums, nämlich von 1924—1927 sind es 190 Fälle gewesen, von welchen 65 leichtere und 63 mittelschwere allein durch Bestrahlung geheilt wurden. Von den übrigen gingen 9 Augen zugrunde (4,6%).

BIRCH-HIRSCHFELD und HOFFMANN teilen die Geschwüre bezüglich des Verhaltens bei der Lichtbehandlung in drei Gruppen ein:

Gruppe a) Die Bestrahlungen wirken sofort, der progressive Rand flacht sich ab, es kommt zur baldigen Heilung. Das sind die Geschwüre des leichten Typus. Ziemlich kräftige Bestrahlungen mit 2% Rose bengale unter scharfer und etwa 5—6 Min. langer Einwirkung an jeder Stelle des Geschwürs scheinen meistens zu genügen. Bei alten Leuten kann man wegen der durchschnittlich größeren Hartnäckigkeit der Geschwüre eine etwas stärkere Dosis in Ansatz bringen: bei empfindlichen Augen mit starkem Reizzustand und stärkerer Schwellung der Lider muß vorher Cocain gegeben werden. Falls nachher Schmerzen auftreten, soll man mit schmerzstillenden Mitteln nicht sparen. Auch nach der Reinigung des Geschwürs sind noch für längere Zeit die Bestrahlungen mit allmählich abnehmender Dosis fortzusetzen.

Gruppe b) Trotz Bestrahlung bleibt zunächst progressive Tendenz. Heilung durch Bestrahlung allein wird erreicht erst nach konzentrierter Behandlung des Geschwürsrandes, unter Umständen mit 3facher Dosis.

Falls dann noch weitere Progression eintritt, handelt es sich um Gruppe c), um besonders schwere Geschwüre, bei denen außer den Bestrahlungen eine andere Behandlung notwendig ist.

Das Wesentliche der Lichttherapie bei Hornhautgeschwüren hat, in Kürze gesagt, darin zu bestehen, daß täglich etwa 1—2mal die Konjunktivaldosis an allen Stellen des Geschwürs zur Einwirkung gebracht wird. Wird das Geschwür von dem Fokus scharf erfaßt, so genügt sogar die täglich einmalige Anwendung der Konjunktivaldosis. Falls es größer ist, muß man jeden Punkt einzeln erfassen. Wenig progrediente, nicht sehr bösartige Geschwüre können z. B. mit 2%igem Fluorescin und einer halben Konjunktivaldosis pro Tag zur Heilung gebracht werden; dabei gebraucht man nur die Reinkohle. Will man aber eine stärkere Regeneration und außerdem eine relativ große Tiefenwirkung haben, dabei auch planmäßig stark antibakteriell wirken, kurz die Sensibilisation steigern und einen starken spezifischen Effekt mit den Lichtstrahlen erzielen, dann soll man vorher mit einer Lösung von Rose bengale 2—4% + Viktoriagelb 0,5%, Azoflavin 0,5% sensibilisieren und die Bogenlampe mit der Eisen-B-Kohle (vgl. S. 743) benutzen.

Starke Absonderung und Fadenbildung ist meist ein gutes Zeichen; denn es kündigt den ersten Beginn der Reinigung des Geschwürs an. Unterminierte Geschwürsränder, durch deren Epithel das Ultraviolett nicht bis auf den eigentlichen Geschwürsrand hindurchgehen würde, können durch konzentrierte Bestrahlung mit der 1½fachen Konjunktivaldosis zur Einschmelzung gebracht werden. Wenn die Wirkung des Lichtes einen guten Effekt hat, so sieht man neben den vorher erwähnten Fäden an den zunächst aufgeworfen und verdickt erscheinenden Geschwürsrändern häufig später eine geringfügige Eindellung. Auch bei einigen von mir kontrollierten Behandlungen, die nach vorheriger Einstellung der Konjunktivaldosis für das benutzte Bestrahlungsgerät an der Berliner Klinik vorgenommen wurden, haben sich jetzt günstige Resultate ergeben.

Abweichend von der in Königsberg angegebenen Methodik sind mehrere andere Autoren vorangegangen:

SCHANZ benutzte als Sensibilisator das Optochin; dabei gerinne unter der Bestrahlung der Eiter und der eitrig-proteische Prozeß komme schnell zum Stillstand. Wenn sich das geronnene Produkt allerdings auch nur langsam aufsaugt, so soll trotzdem das Gesamtergebn recht günstig sein.

Ähnlich wie bei infektiösen Hornhautgeschwüren sind die Behandlungsergebnisse auch bei *Verletzungen der Hornhaut und des vorderen Augapfelabschnittes* mit drohender Infektion durchaus gut, worüber BIRCH-HIRSCHFELD und GILBERT berichtet haben. Jener will die Lichttherapie auch angewandt wissen, wenn nach Operationen am Augapfel die Wunde ein etwas infektiöses Aussehen zeigt.

Zahlreich sind die Versuche, mit der Lichtbestrahlung die *Hornhautnarben aufzuhellen*. Soweit sie erfolgreich waren, handelte es sich meist um eine Art Reiztherapie und um eine Revaskularisation eines noch bestehenden Pannus, wie z. B. neuerdings bei BRAUNSTEIN, DUKE-ELDER. Schon SULZER hatte durch die Hyperämie nach der Lichtbestrahlung eine Beschleunigung bei der Resorption von Hornhauttrübungen gesehen. In Deutschland hatte SCHANZ im Jahre 1916 über zwei Fälle von Pannus berichtet, bei denen die Reiztherapie mit der Quarzlampe Vorzügliches leistete. Die durch das Licht hervorgerufene Hyperämie und der anschließende Reizzustand klangen ziemlich schnell ab, und es resultierte eine sehr deutliche Verbesserung des Sehvermögens, die nur durch eine weitgehende Aufhellung der Hornhautnarben erklärt werden konnte. Eine ähnliche Methode ist auch von PASSOW verwandt worden.

4. Erkrankungen der Regenbogenhaut. In der ersten Zeit hatte man wegen ungünstiger experimenteller Resultate an der Netzhaut bestrahlter Tiere (BIRCH-HIRSCHFELD) eine gewisse Scheu vor allen Bestrahlungen, bei denen das Augeninnere dem Licht ausgesetzt werden mußte. Es hat sich aber später gezeigt, daß auch bei der Behandlung der Iris eine Schädigung der Netzhaut entweder durch eine Ablendung der Pupille (KOEPPÉ), oder durch eine genaue Konzentrierung des Lichts auf die pathologischen Prozesse (BIRCH-HIRSCHFELD) genügend sicher zu umgehen ist. SCHANZ, der vor einer Schädigung der Linse durch Licht früher eindringlich gewarnt hatte, meint, daß man bei geeigneter Dosierung und Filterung des Bogenlampenlichts Erkrankungen der Regenbogenhaut bestrahlen dürfe, ohne dem Auge zu schaden. KOEPPÉ konnte mit dem Licht der Nernst-Spaltlampe, SEIDEL mit direktem Sonnenlicht unter genügender seitlicher Ablendung (Loch in Kartenpapier) und BIRCH-HIRSCHFELD mit dem durch Linsen konzentrierten Bogenlicht kleine lokale Prozesse in der Regenbogenhaut behandeln, ohne daß viel Licht in die hinteren Teile des Auges hineingelange. Die Verhältnisse an der Iris sind zudem für eine Bestrahlung aus optischen Gründen nicht ganz ungünstig. Die Hornhaut absorbiert bis $300\text{ m}\mu$; man muß also mit den vorher erwähnten Filtern aus dem Licht der Quarzlampe oder der Bogenlampe die Strahlen bis etwa $300\text{ m}\mu$ herausfiltrieren, um bei starker Dosierung an der Iris die Hornhaut nicht zu schädigen. Dann kann man die übrigbleibenden dem inneren Ultraviolett angehörenden Strahlen unbedenklich auch in stärkerer Konzentration auf die Regenbogenhaut focussieren.

Das Hauptgebiet der Bestrahlungstherapie war die Tuberkulose der Iris. Die günstigsten Erfolge sah KOEPPÉ, der 200 Fälle mit seinem Apparat behandelt hat; er schreibt wörtlich: „In fast noch kürzerer Zeit als das für die Bestrahlung mit der Nernst-Spaltlampe geschildert wurde, schmolzen die verschiedenartigen tuberkulösen Gewebsveränderungen der Iris zusammen und die Augen wurden blaß. Bereits nach 4—6 Bestrahlungen sahen wir mitunter schon deutliche Besserung“. Ebenfalls mit der KOEPPÉschen Apparatur arbeitete CASTRESANA; in einer allerdings relativ bescheidenen Zahl von Fällen erzielte auch er gute Resultate. SCHANZ erhielt nach seiner Angabe gute Erfolge, wenn er Bogenlampenlicht mit Blaufilter anwandte, sowohl bei den ausgesprochen tuberkulösen Erkrankungen als auch bei zweifelhaft tuberkulösen Prozessen.

Weniger günstige Resultate auf diesem Gebiet hatten PASSOW, der nach der ersten Serie seiner mit Quarzlicht behandelten Fälle bezüglich des Erfolges sehr im Zweifel war, und besonders BIRCH-HIRSCHFELD, der schon früher eine kritische Stellungnahme bei der Lichttherapie der Iristuberkulose dringend empfohlen hatte und auch jetzt in dem mit HOFFMANN herausgegebenen Buche wieder anrät. Er möchte die Tuberkulose der Röntgentherapie zuweisen.

Wenn man auch nicht bestimmt weiß, wieweit die Strahlen in die Tiefe des Irisgewebes hineindringen, und ob sie tiefer gelegene Knoten genügend erreichen, so gehören doch die Erkrankungen der Iris durchaus zu den Veränderungen, bei denen die Beurteilung des Erfolges durch genaue Beobachtung des erkrankten Gewebes gut möglich ist. Unter passender Abstimmung der Wellenlängen, speziell unter Verwendung eines relativ langwelligen Lichtes mit genügender Tiefenwirkung dürfte man mit den Strahlen noch bis an die hintere Fläche der meist kleinen Irisknötchen gelangen. Lupusknötchen sind nach dem vorher erwähnten Ergebnis dänischer Untersucher etwas stärker transparent, sie werden wohl auch von wirksamem Ultraviolett bis in 1 mm Tiefe durchsetzt.

5. Erkrankungen der hinteren Teile des Auges. Durchaus skeptisch sollte man bezüglich der Lichtbehandlung bei allen hinter der Pupille des Auges

liegenden Teilen sein. SCHANZ glaubte zwar, daß durch Lichtzerstreuung von dem bestrahlten Pupillengebiet der Linse eine größere Menge kurzwelliger Strahlen ausgehe, die auf Irishinterfläche und Ciliarkörper einwirken können. Da die Intensität dieser zerstreuten Strahlen aber von der Diffusionsstelle im Pupillengebiet entsprechend dem Quadrat der Entfernung abnimmt, scheint es mir doch undenkbar, daß man die Bestrahlungsintensität praktisch so weit steigern kann, daß am Ciliarkörper noch irgendeine therapeutische Wirkung auftritt.

Zweifelhaft erscheinen auch alle bekannt gegebenen Erfolge bei Erkrankungen der hinteren Augenhäute. Die vorderen Medien, insbesondere die Linse, absorbieren das chemisch wirksame Ultraviolett zum allergrößten Teil; jede irgendwie exakte Dosierung erscheint unmöglich. Alle Versuche einer Lichtbehandlung des hinteren Augenteiles entbehren deshalb einer streng wissenschaftlichen Unterlage. KOEPPE glaubt allerdings, daß er auch bei dieser Art Therapie unzweifelhaft Erfolge hatte. Er sah eine schnelle Hebung des Visus z. B. bei der Peripheblitis und spricht von Besserung und Heilung in zahlreichen Fällen. Neben der Lichtbehandlung wurde aber stets auch eine Tuberkulinkur durchgeführt! Wer berücksichtigt, wie unberechenbar oft die Veränderungen bei der Tuberkulose der Netzhaut sein können, wer weiß, wie sehr man bei jeder Therapie Zweifel haben muß, ob etwa einsetzende Besserungen auch auf das angewandte Mittel zurückzuführen sind, muß mit seinem Urteil zurückhaltend bleiben.

Auch die Resultate von SCHANZ bei der Behandlung der Glaskörpertrübungen sind wohl recht unsicher gewesen, trotz der anscheinend beobachteten Besserungen. Man kann hier vielleicht noch am ehesten von Zufallserfolgen sprechen. Jedenfalls hat auch BIRCH-HIRSCHFELD — wohl der beste Kenner der Lichttherapie — geäußert, daß ihm jede Bestrahlung höchst problematisch erscheine, die man durch die Pupille hindurch ausführen muß.

b) Allgemeinbestrahlung des ganzen Körpers.

Auf der S. 747 beigefügten Tabelle sind auch die wichtigsten durch Allgemeinbestrahlung ausgelösten Prozesse erwähnt, welche sich im ganzen Körper auswirken können. Als solche mögen hier noch einmal folgende zusammenfassend wiederholt angeführt werden:

1. Der Übergang chemischer Gruppen aus dem bestrahlten Gebiet in den allgemeinen Stoffwechsel, evtl. eine dadurch bewirkte Änderung des Immunstoffwechsels.

2. Speziell eine sog. „esophylaktische Wirkung“ (HOFMANN-Bonn) infolge Anregung der inneren Sekretion des Hautdrüsenapparates.

3. Herabsetzung des Blutzuckerspiegels und des Blutdruckes. Auftreten relativer Lymphocytose und Eosinophilie infolge Sympathicuslähmung.

Die Wirkung dieser Prozesse wird durch das Blut und durch die Lymphe im Körper weitergetragen und äußert sich an allen Stellen, an welchen sich beeinflussbare Erkrankungen befinden, also auch bei den entsprechenden Krankheitszuständen des Auges. In mancher Beziehung ähnelt der Effekt demjenigen der parenteralen Reiztherapie. Bei starker Allgemeinbestrahlung tritt eine Art „Verbrennung“ an der bestrahlten Haut auf, die wohl jeder aus eigener Erfahrung von starken Besonnungen an der See oder vom Gebirge her kennt. Dabei kommt es zu Fieberanstieg und durch die Wirkung des Fiebers auch manchmal zu einer Hemmung der physiologischen Vorgänge; denn bei starken Bestrahlungen kann schließlich die von DÖRR und MOLDAVAN erwähnte Denaturierung der Immunsere des Körpers auftreten, was eine Warnung vor allzu

starken allgemeinen Bestrahlungen bedeuten muß. Mit Recht ist an dem „Höhensonnensport“, der jetzt durch zahlreiche Bestrahlungsinstitute in allen Großstädten propagiert wird, schärfste Kritik geübt worden. Auch die Allgemeinbestrahlung bei Augenerkrankungen kann nur in der Hand des vorsichtig und kritisch eingestellten Therapeuten etwas leisten.

Die Veröffentlichungen über allgemeine Lichtbehandlung des Körpers bei Augenkrankheiten lauten allerdings meist günstig: sowohl als Ergänzung der



Abb. 40. Allgemeinbestrahlung von Augenkranken mit Licht. In der Berliner Augenklinik wurde neben Sonnenlichtbädern (während der Sommermonate), in der kälteren Jahreszeit früher meist Quarzlampe mit dem Lichte der Siemens-Aureollampe kombiniert, welches die Strahlen des Sonnenspektrums enthält. Man kann auch die von der Osram hergestellten Vitaluxlampen für diesen Zweck gebrauchen.

Lokalbehandlung wie zur alleinigen Therapie bei Augenkrankheiten wurde sie empfohlen. Unter den erfolgreichen Autoren ist vor allem PASSOW zu nennen, der seine Allgemeinenbestrahlungen mit der Höhensonne ausführte (Strom von 110 Volt, Brenner, die über 100 Brennstunden benutzt waren, Abstand 60 cm, jeden zweiten Tag Bestrahlung in ständiger Progression: 5, 10, 15 und 20 Minuten). Die Augen wurden geschlossen gehalten, aber nicht abgedeckt, so daß die Lider mitbestrahlt wurden. Etwa 50 % der Fälle, hauptsächlich Skrofulosen, waren nach 1—3, die übrigen nach 4—6 Bestrahlungen, gebessert, ohne besondere Lokalbehandlung. Auch LACROIX und PAGES haben Erfahrungen über allgemeine Bestrahlung bei Augenkrankheiten, speziell bei der Skrofulose und Tuberkulose, veröffentlicht und berichten Gutes. Weniger erfolgreich war LUNDSGAARD mit der Anwendung von Kohlenbogenlicht (20 Amp.; 50—55 Volt, 1 m Abstand, Abschluß der Augen, Dauer der Bestrahlung $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde pro Sitzung). Er sah nach dieser Behandlung nicht selten heftige Rezidive gerade bei Skrofulose

auftreten, die auf örtliche Wirkung abgetöteter Tuberkelbacillen zurückgeführt wurden. Bei der tuberkulösen Knötcheniritis stellte sich dagegen öfter eine Besserung ein, auch 3 Fälle von Scleritis auf rheumatischer oder skrofulöser Basis wurden gebessert, ebenso einige Tränensackerkrankungen, die vorher chirurgisch behandelt worden waren.

In Anbetracht der Differenzen dieser Resultate muß man daran denken, daß die Verschiedenheit der benutzten Strahlung einen gewissen Einfluß gehabt haben könnte. LUNDSGAARD arbeitete mit stark thermisch wirkendem offenem Bogenlicht, bei dem eine beträchtliche Erwärmung eintreten mußte; es wäre z. B. möglich, daß die Schweißbildung bei Skrofulösen schädlich gewirkt hat. SCHANZ empfiehlt am Schluß allgemeiner Lichtbestrahlungen bei Sonnenbädern zur Beseitigung der Wärmestauung eine kalte Übergießung folgen zu lassen und erinnert daran, daß Glühlichtbäder nicht für lichttherapeutische Zwecke anzuwenden seien, weil sie hauptsächlich als Schwitzbäder wirken. Starkes Schwitzen mit macerierender Hautdurchfeuchtung ist bei Skrofulösen in besonderem Maße ungünstig; man sollte auch aus diesem Grunde die Lichtbehandlung solcher Kranker am besten mit Lichtquellen vornehmen, die von einer starken Wärmewirkung frei sind.

In der Berliner Klinik wurde die Allgemeinbestrahlung skrofulöser Kinder meist mit folgender Technik durchgeführt: Es wurde die BACHSche Höhensonne mit der Siemenssaureollampe kombiniert (Abb. 40, S. 725) und eine Entfernung von durchschnittlich 90 cm gewählt, so daß man gleichzeitig mehrere Patienten bestrahlen konnte. Eine Erhitzung findet dabei nicht statt. Es wurden Zeiten von 15, 30 und mehr Minuten für die Bestrahlung angesetzt und es wurde darauf gehalten, daß eine leichte Hautreaktion sichtbar blieb. Bei einiger Übung gelingt es meist bald, für das benutzte Bestrahlungsgerät die richtige Zeit herauszufinden, so daß man dann von allen Messungen ziemlich unabhängig ist. Nach den eigenen Erfahrungen sind Erfolge mit der Allgemeinbestrahlung keineswegs bei allen Patienten deutlich erkennbar; es dürfte aber kaum ein Zweifel bestehen, daß bei richtiger und vorsichtiger Dosierung das Licht wie ein physiologischer Reiz wirken und zu einer schnellen und glatten Abheilung mancher Krankheitsprozesse wesentlich beitragen kann.

II. Röntgen- und Radiumtherapie.

1. Allgemeines über die benutzten Strahlungen.

a) Röntgenstrahlen.

1. Historisches. Durch die wichtige Entdeckung des Physikers RÖNTGEN im Jahre 1895 wurde bekannt, daß die Kathodenstrahlen in hochgradig evakuierten Röhren — beim Auftreffen an der Röhrenwand oder an Metallflächen in der Röhre — eine neue Strahlung auslösen, welche auch gänzlich undurchsichtige Stoffe mehr oder weniger leicht durchdringen kann. An den Netzhautepithelien riefen diese Strahlen zwar unmittelbar keine Lichtempfindung hervor, jedoch war ihre Wirkung der chemischen Wirkung des Lichtes in mancher Beziehung sehr ähnlich. Der Physiker von LAUE konnte später mit Krystallen Beugungsspektren der Röntgenstrahlen erzeugen und den unmittelbaren Beweis erbringen, daß es elektromagnetische Schwingungen gleicher Art sind wie diejenigen des Lichtes.

2. Das gebräuchliche Röntgengerät. Die Röntgenapparatur kann hier nur ganz kurz geschildert werden. Nähere Informationen erhält man in den Lehrbüchern der Röntgentechnik. An der schematischen Abb. 41 sei die Anordnung

einer einfachen Apparatur erläutert. Von der Stromquelle, in den meisten Fällen dem Netz des Stadtstroms, wird mittels eines Hauptschalters (*I*) der Strom entnommen. Der Nebenschalter (*II*) führt zu dem Heiztransformator (*HT*), der durch den Heizwiderstand (*r*) geregelt wird. In den Kreis des Heizstromes ist die Kathode eingeschaltet, an welcher man durch Heizung einen Elektronenstrom erregt. Die senkrecht von der Kathode fortströmenden Elektronen werden durch den hochgespannten Röntgenstrom gegen die Antikathode geschleudert und rufen dort die Röntgenstrahlung hervor. Der Hauptstrom (Betriebsstrom für die Röntgenröhre) wird dem Röntgentransformator

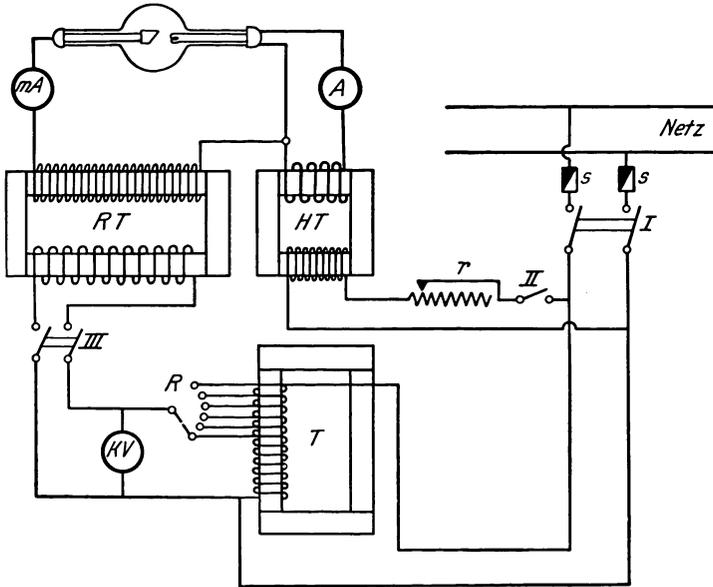


Abb. 41. Schema der Röntgeneinrichtung. (Aus SPIEGLER u. FERNAU. Näheres vgl. Text.) Es bedeuten: *SS* Sicherungen, *I* Hauptschalter, *II* Heizschalter, *III* Spannungsschalter, *r* Heizwiderstand, *HT* Heiztransformator, *A* Heizampèremeter, *RT* Röntgentransformator, *T* Stufentransformator, *mA* Milliampèremeter, *KV* Kilovoltmeter, *R* Härteregulierung.

(*RT*) entnommen. Der Stadtstrom wird zunächst durch den Stufentransformator (*T*) und alsdann durch die Primärspule des Haupttransformators (*RT*) geleitet, wo er auf den sehr hoch gespannten Röntgenstrom herauftransformiert wird. Der zum Betrieb der Röhre gebrauchte Strom muß genügend hoch gespannt sein (etwa 20—200 Kilovolt), damit die Kathodenstrahlung mit genügender Energie auf die Antikathode fällt und eine hinreichend durchdringungsfähige (kurzwellige) Röntgenstrahlung entsteht.

Ursprünglich gebrauchte man die von RÖNTGEN selbst angegebenen gashaltigen Röhren (Ionenröhren), bei welchen das durch die Luftpumpe hochgradig verdünnte Gas durch den zwischen Kathode und Antikathode überwandernden Strom ionisiert und in Kathodenstrahlung verwandelt wurde. Da die Kathodenstrahlung aus negativ geladenen Elektronen besteht, welche senkrecht von der Kathode zur Antikathode wandern, war die Kathode zu einem Hohlspiegel ausgebildet, welcher auf den sog. Brennfleck eingestellt wurde. Bei Diagnostikröhren trifft sich der gesamte Strom in einem Punkt, bei Therapiaröhren wird die Strahlung von einem größeren Brennfleck erzeugt. Weil 99% der Energie dabei in Wärme umgesetzt werden, erhitzt sich die Fläche der

Antikathode während des Betriebes bis zur Weißglut. Man nimmt ein widerstandsfähiges Material von hohem Atomgewicht, da hochatomare Verbindungen eine bessere (härtere) Strahlung entsenden, und ferner ein Material, das auch gegen Hitze besonders widerstandsfähig ist. Die meisten Antikathoden bestehen aus Wolfram und haben besondere Kühlvorrichtungen. Die Geschwindigkeit des Elektronenstroms der Kathodenstrahlen und damit die Durchdringungsfähigkeit (Härte) der erzeugten Röntgenstrahlung stiegen bei den alten Röhren mit dem Grade des Vakuums. Bei den allerstärksten Vakuumgraden waren in den alten Röhren aber zu wenig Gasmoleküle vorhanden; da das Vakuum durch den Gebrauch zunahm, mußte die Röhre von Zeit zu Zeit regeneriert werden. Weil die therapeutische Qualität besonders von der Härte der Strahlen abhängig

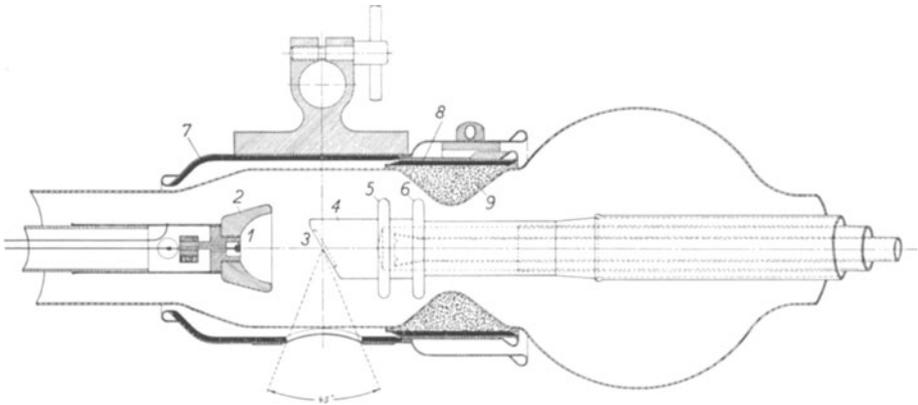


Abb. 42. Moderne Röntgenröhre. Schematische Darstellung der Strahlenschutzröhre M (Siemens & Halske). 1 Glühkathode; 2 Kathodenschirm; 3 Wolfram-Anodenspiegel; 4 Anodenkopf; 5 und 6 metallische Schutzringe zur Abdeckung des Anodenhalses; 7 abnehmbarer bleigefütterter Schutzmantel; 8 aufgekitteter Schutzmantel mit Bleifutter; 9 strahlenundurchlässige Kittmasse (Siemens Katal T 50).

ist, war das therapeutische Arbeiten mit diesen alten Röhren oft sehr ungenau und unzuverlässig.

Eine genau einstellbare Qualität und Quantität ließ sich erst erzeugen, als man zu den von LILIENFELD in Deutschland (1912) und COOLIDGE in Amerika (1913) angegebenen *Glühröhren* überging. Bei diesen besteht der Kathodenstrom nicht mehr aus ionisierten Gasmolekülen, sondern man benutzt die Elektronenschwärme, welche von einer stark erhitzten, durch einen besonderen Strom geheizten Metallspirale abgestoßen werden. Bei der COOLIDGE-Röhre wird die Kathode selbst durch einen Heizstrom erwärmt; mit der Temperatur nehmen die Zahl der Elektronen in der Röhre, die Leitfähigkeit der Röhre für den Röntgenstrom, die Kraft des Elektronenanpralls an der Antikathode und damit die Quantität der Röntgenstrahlung zu. Mit der benutzten Spannung des hochtransformierten Röntgenstroms — in modernen Apparaten für therapeutische Zwecke bis zu 200 Kilovolt — wächst die Durchdringungsfähigkeit oder Härte der erzeugten Röntgenstrahlung. Man braucht in den modernen Glühröhren nur den Heizstrom zu verstärken, um eine größere Strahlendichte bzw. eine größere Menge von Röntgenlicht zu erzeugen und braucht nur die Spannung des Röntgenstroms zu steigern und kann damit die Härte der Strahlung erhöhen. Beides läßt sich in gut dosierbarer Weise leicht einstellen. Während die früher benutzten Ionenröhren andere Eigenschaften annahmen, weil sich der Gasgehalt veränderte, bleibt die moderne Glühröhre in unvergleichlich höherem Maße konstant.

3. Wellenlängen der erzeugten Strahlen. Die Zunahme der Härte mit der Spannung folgt nicht einer arithmetischen Progression, sondern ändert sich nach einem von PLANCK-EINSTEIN angegebenen Gesetz. Wenn die Spannung um 100% vermehrt wird, so sinkt die kürzeste an der Antikathode entstehende Wellenlänge auf die Hälfte herab. Man mißt die Wellenlängen nach ÅNGSTRÖM-Einheiten: Die ÅNGSTRÖM-Einheit = $1 \text{ \AA} \cdot E = 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-7} \text{ mm}$. Bei einer Röntgenstromspannung von 100 Kilovolt ist die kürzeste Wellenlänge = etwa $\frac{1}{10} \text{ \AA E}$. Um die kürzeste Wellenlänge der sog. γ -Strahlen des Radiums = $\frac{1}{100} \text{ \AA E}$ zu erhalten, müßte man eine Spannung von 1000 Kilovolt im Röntgenerät benutzen; das würde zur Zeit noch sehr große technische Schwierigkeiten machen. Die Strahlen von $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20} \text{ \AA E}$ haben indes auch schon eine große Durchdringungskraft; außerdem sind sie in der Röntgenröhre derartig leicht zu erzeugen, daß das Radium aus diesem Grunde in vielen Fällen nicht leicht konkurrieren kann.

4. Physikalische Einwirkung der Röntgenstrahlen. Die Wirkung der Strahlung entsteht am Absorptionsorte. Durch die dort aufgenommenen sehr kurzwelligen elektromagnetischen Schwingungen werden Elektronen aus ihrer Bahn geschleudert, welche eine bemerkenswerte Energie mit sich führen und durch Anprall an den Molekülen das chemische Gefüge in der Nachbarschaft der Absorptionsstelle heftig erschüttern können. Auf diese sekundären sog. β -Strahlen ist die eigentliche Wirkung der Röntgenstrahlen zurückzuführen: sowohl die Fluoreszenzanregung, wie die Schwärzung der photographischen Platte, als auch die bei der Therapie benutzte biologische Wirkung auf das lebende Gewebe. (Näheres über die biologische Wirkung wird weiter unten auseinandergesetzt [S. 765]); sie geht in gewissem Grade parallel zur Absorption und ist, wie aus dem Vorhergehenden resultiert, am stärksten in der Nähe des Absorptionsortes.

5. Filter. Um die Wirkung der Strahlung in der Tiefe zu verstärken, und die ungünstige Wirkung der längerwelligen sog. weichen Strahlung zu eliminieren, schaltet man bei der Therapie zwischen Röntgenröhre und Gewebe noch Filter ein, welche zwar die langwellige „weiche“ Strahlung mehr oder weniger absorbieren, aber die durchschnittliche Härte erhöhen. Dabei wird allerdings die Strahlung wegen des Fortfalls der weichen Strahlen stark abgeschwächt. (Wollte man ein Gewebe in 5 cm Tiefe bestrahlen, so würde ohne Filterbenutzung die Haut durch die weicheren Strahlen stark geschädigt werden. Nach Einschaltung von Filtern bleibt nur die harte Strahlung übrig, welche in allen Gewebstiefen viel gleichmäßiger absorbiert wird.) Als Filtermaterial kommt das hochatomige Kupfer oder das weniger hochatomige und deshalb schwächer wirkende Aluminium in Betracht. Bei 120 Kilovolt Spannung wird durch ein Filter von 1 mm (Dicke) Aluminium die Intensität auf 55%, mit 2 mm Aluminium auf 36%, mit 3 mm auf 25% reduziert. Bei einem hochgespannten Strom von 180 Kilovolt wird durch ein Filter von 1 mm Aluminium die Intensität auf 72%, mit 2 mm Aluminium auf 55%, mit 3 mm Aluminium auf 43% herabgesetzt; 0,5 mm Kupfer reduziert die gleiche Strahlung schon auf 20%, 1 mm Kupfer auf $12\frac{1}{2}\%$ (SPIEGLER und FERNAU).

6. Einstellung der Apparatur. Ablendung. Man gebraucht jetzt vielfach Röhren, welche die Strahlung nur in der Richtung auf das therapeutische Objekt durchlassen. In den Halter für die Röhre wird außerdem ein Bleiglastubus eingesetzt, welcher das Strahlenbüschel auf die Stelle des Auges und der Orbita einengt (vgl. Abbildung). Der Patient wird in der Nachbarschaft der bestrahlten Stelle durch Blei gut abgedeckt.

Über Schutz des Augapfels s. S. 764 f.

b) Radioaktive Präparate.

1. **Allgemeines über die verschiedenen Präparate.** Als Träger der radioaktiven Wirkung sind die Elemente: Uranium, Radium und Thorium, sowie deren Zerfallsprodukte anzusehen. In der Therapie spielt hauptsächlich das Radium eine Rolle, welches einen sehr langsamen Zerfall und dementsprechend eine „Halbwertszeit“ von $1\frac{1}{2}$ tausend Jahren hat, d. h. in 1500 Jahren zur Hälfte zerfällt, ferner das Mesothorium mit einer Halbwertszeit von fast 7 Jahren, sowie das Thorium X mit einer unvergleichlich kürzeren Halbwertszeit von nur 4 Tagen.

Der Strahlungseffekt geht aus von den α -, β - und besonders von den γ -Strahlen. Die α - und β -Strahlen sind corpuscular. Bei den α -Strahlen handelt es sich um Heliumkerne, bei den β -Strahlen um negative Elektronen. Während die α -Strahlen auch im freien Raum nur wenige Zentimeter weit reichen und von Papierblättern schon absorbiert werden, wohnt den β -Strahlen eine unvergleichlich größere Kraft inne; es sind Elektronen, die fast mit Lichtgeschwindigkeit aus den Atomkernen abgeschleudert werden und auch die Gewebe bis fast zu $\frac{1}{2}$ cm Tiefe durchsetzen können.

Im Gegensatz dazu handelt es sich bei den γ -Strahlen nicht um Corpuscularstrahlen, sondern um Strahlen von der gleichen Natur wie Röntgenstrahlen, doch ist die Wellenlänge bei den radioaktiven Präparaten außerordentlich gering und die Durchsetzungskraft (Härte) der Strahlung außerordentlich groß.

In anderen Körpern, vor allen Dingen in den zur Filterung gebrauchten stark absorbierenden Metallen, wird bei der Absorption der γ -Strahlung eine sekundäre β -Strahlung erregt, welche zwar eine viel geringere Durchdringungskraft wie die γ -Strahlung hat, aber in der Nachbarschaft des Entstehungsortes außerordentlich unangenehme Wirkungen ausüben kann. Diese sekundäre β -Strahlung und auch die von dem Präparat selbst ausgehenden β -Strahlen müssen am Auge sorgfältig abgeschirmt werden, da sie hier sehr schädlich sind und vielleicht auch manche noch nicht recht geklärten Begleiterscheinungen der Radiumbestrahlung schon bei geringgradiger Einwirkung veranlassen könnten.

Das hauptsächlich gebrauchte Agens bei der Augentherapie ist das Radiumelement selbst in Gestalt der Chlor-, Brom-, Schwefel- oder kohlen sauren Salze. Damit man von dem kostbaren Stoffe auch nicht eine Spur verliert, bringt man die Substanz mit sog. Trägern zur Einwirkung, welche meist mit Filtern kombiniert sind. Gewöhnlich füllt man das Radiumsalz in schmale Glasröhrchen, die in Metallbehälter aus Filtermaterial gesteckt werden. Am besten bei Anwendung der Tiefentherapie für das Auge ist als Filtermaterial das Platin (0,4 bis 0,5 mm); wenn man relativ weichere Strahlen und eine Oberflächenwirkung auf Schleimhäute erzielen will, so gebraucht man die Substanz auf Plattenträgern, die auch mit anderen zum Teil weniger stark absorbierenden Metallen, z. B. Aluminium, Messing, Silber, Blei, leicht gefiltert werden können.

2. **Einstellung der Präparate.** Man hat zwischen Kontakt- und Fernbestrahlung zu unterscheiden.

Die *Kontaktbestrahlung* kann man nicht nur mit Plattenträgern, sondern auch mit nebeneinanderliegenden Röhrchen gut ausführen; entweder wird das Material mit einem Halter über die erkrankte Stelle gebracht oder man wählt eine Befestigung durch Pflasterstreifen. Kontaktbestrahlung am Auge kommt zunächst bei Erkrankungen der Bindehaut und der Lider in Betracht. Die Lider müssen bei der Kontaktbestrahlung der Bindehaut unter Umständen umgestülpt und der Augapfel muß vor zu starker γ -Strahlung

durch Abziehen der Lider möglichst geschützt werden. Es wird empfohlen, eine schwach gefilterte oder ungefilterte Strahlung anzuwenden, bei welcher die β -Strahlen hauptsächlich die Wirkung hervorrufen. Diese β -Strahlung kann man durch Filter leicht vom Bulbus fernhalten; um den Augapfel zu schützen, zieht man also die Lider mit Heftpflaster ab oder schaltet dicke Prothesen ein, die aber ebenfalls noch in eine Schutzschicht gegen die sekundäre β -Strahlung, z. B. Paraffin oder dgl. eingehüllt werden müssen.

Kleine Hornhautgeschwülste und andere kleine am Augapfel sitzende Tumoren kann man mit der primären β -Strahlung des Präparats genügend stark bestrahlen, ohne daß die Linse geschädigt wird, wenn man kleine Mengen anwendet und die Kontaktbestrahlung benutzt. Zur besseren Verteilung der Wirkung kann man die Träger während der Einwirkungszeit verschieben. Die besten Radiumträger für das Auge sind nach KUMER und SALLMANN sog. Dominici-Röhren mit je 50 mg strahlender Substanz.

Fernbestrahlung bedeutet gegenüber der Kontaktbestrahlung einen Zeitverlust. Um einen bestimmten Abstand beizubehalten, bringe man bei der Fernbestrahlung die radioaktiven Substanzen auf ein Polster, z. B. von Korkplatten, durch welches die benutzte γ -Strahlung ohne Hemmung hindurchgeht. Zur Behandlung von tiefer liegenden Geschwülsten in der Orbita muß meistens eine Kreuzfeuerbestrahlung, evtl. in Kombination mit Röntgenbestrahlung, benutzt werden. Dabei bringt man das radioaktive Material einmal an eine Stelle vor und unter den Bulbus, dann an einen vor und oberhalb des Bulbus gelegenen Ort und schließlich noch an die Schläfe.

Neuerdings hat die von Amerika propagierte intratumorale Behandlung mit radioaktiven Substanzen auch bei uns in Deutschland Fortschritte gemacht. Eine sehr angenehme Form dieser Behandlung ist die von HALBERSTÄDTER angegebene Einführung von Thor-x-Stäbchen. Es werden dabei Hohlnadeln gebraucht, die mit Gold- oder Platinfilter versehen sind. Zur Behandlung der Haut (Xanthelasmata) leistet das von LÖHLEIN und MEERHOFF empfohlene Thorium X gute Dienste.

e) Intensitätsmessung-Dosimetrie für Röntgen und Radium.

Der biologische Effekt der Bestrahlung soll genau dosiert sein. Da man mit einer bestimmten Empfindlichkeit der bestrahlten Gewebe durchschnittlich zu rechnen hat, so muß man das „Quantum“ an der Stelle des betreffenden Gewebes dieser Empfindlichkeit anpassen; man muß die Strahlen so lange einwirken lassen, bis die vorher bestimmte Dosis in loco erreicht ist. Wenn I = Intensität, t = Zeit ist, ergibt sich $I \cdot t$ als die Dosis. Man kann den Wert $I \cdot t$ bei einem vorhandenen Gerät auf verschiedenen Wegen prüfen:

1. **Biologische Reaktionen im Dienste der Messung.** Eine biologische Eichung bekommt man durch bestimmte Reaktionen des lebenden Gewebes. An der Haut hat man die HED (Hauteinheitsdosis) festgelegt: das ist die geringste Dosis ($I \cdot t$) einer beliebigen Röhre und einer beliebigen Röhrenspannung, welche gerade noch eine Hautreaktion, ein Erythem, hervorruft.

Am Auge läßt sich diese Reaktion ebenso wie bei manchen anderen Bestrahlungen als *direkte* Kontrollreaktion für den Effekt der applizierten Strahlendosis am Wirkungsort natürlich meist nicht verwenden, da der Krankheitsherd tiefer liegt, was an der gleichzeitig mitbestrahlten Haut eine andere Dosis bedingt, und ferner auch deshalb nicht, weil nur selten bei der Bestrahlung gerade der Wert von 1 HED eingestellt wird, bei welchem die Hautrötung in gewünschter Weise sichtbar werden könnte. Die HED ist trotzdem bei der Augenbestrahlung wie bei allen anderen Bestrahlungen sehr wertvoll geworden als Einheit für diejenige örtliche Wirkungsdosis, welche die meisten übrigen

Gewebe ebenfalls ohne stärkere Schädigung vertragen. Die Wirkung einer einmal geeichten Strahlung in bestimmten Tiefen kann man außerdem bei bekannten Strahlungsqualitäten und -quantitäten mit Hilfe von Kurven leicht festlegen (s. Abb. 43).

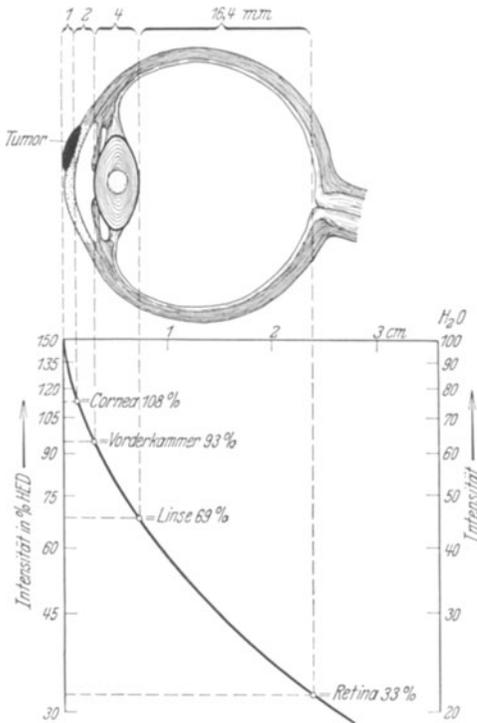


Abb. 43. Wirkungskurve einer Röntgenstrahlung von RADOS und SCHINZ für das menschliche Auge mit Hilfe der Ionisationskammer ausgemessen. Bei Benutzung der gleichen Strahlung kann der Effekt an der Kurve leicht vorher bestimmt werden.

Selens. Diese tritt unter der Wirkung der Strahlen auf und ruft den Zeigerausschlag am FÜRSTENAU-Schen Intensimeter hervor. Die Einheit ist = 1 F = 1 FÜRSTENAU. 70 F werden neuerdings = 1 HED angegeben. Das FÜRSTENAU-Sche Instrument ist an sich sehr bequem, aber nicht für das ganze Röntgenspektrum gleich empfindlich.

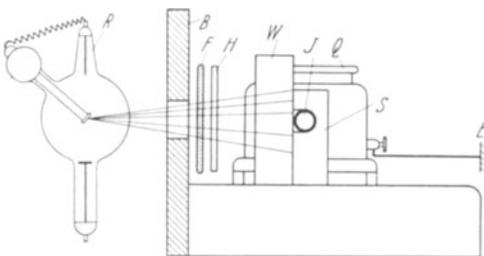


Abb. 44. Ionisationskammer. R Röntgenröhre; B Bleiglasfenster; F u. H Filter; W Wasserphantom; Q Quantimeter; J Ionisationskammer; S Einrichtung zur Erzeugung der Sekundärstrahlen; E Erdung.

fähiger. Wird ein aufgeladenes Elektrometer an eine kleine Kammer mit einer Innenelektrode angeschlossen und wird dann diese kleine lufthaltige Kammer den

2. Ersatzreaktionen für die biologische Quantenmessung. a) Messung der Fluoreszenzlichtstärke — neuerdings von WINTZ vorgeschlagen — ist wenig genau.

b) Vergleich von Farbtonänderungen an Barium-Platin-Cyanür. Die genannte SABOUREAUD-NOIRET-Tablette, aus Barium-Platin-Cyanür-Element, ändert ihre grünliche Farbe und wird unter der Wirkung der Röntgenstrahlen gelblich und braun. Man legt die Tablette in das Strahlenfeld, unter Umständen an die Stelle der bestrahlten Haut und achtet darauf, wann die von den Autoren angegebene Farbe B erreicht ist. Alsdann hat man an der Haut die HED appliziert. Für die gleiche Reaktion hat HOLZKNECHT eine fünfteilige Farbenskala angegeben, bei welcher 5 H (HOLZKNECHT-Einheit) = 1 SN (SABOUREAUD-NOIRET-Einheit) sind.

c) Bromsilberschwärzung nach KIENBÖCK. Das strahlenempfindliche Papier wird exponiert, unter bestimmten Bedingungen entwickelt und bezüglich des Farbtones verglichen. 10 KIENBÖCK-Einheiten sind = 10 x = 5 H = 1 HED.

d) Leitfähigkeitsänderung des

3. Messung der Luftionisation. Eine exakte Dosismessung ist nur möglich mit der heutzutage schon ganz überwiegend angewendeten Ionisationskammer (s. Abb. 44) von KRÖNIG und FRIEDRICH. Röntgen- und Radiumstrahlen zertrümmern Moleküle und machen z. B. die Luft dadurch leit-

Strahlen ausgesetzt, so entlädt sich das Elektrometer proportional $I \cdot t$, d. h. proportional der Dosis. Man kann also durch die Häufigkeit der Entladungen die Intensität, bei automatischer Wiederaufladung durch die Gesamtzahl der stattgefundenen Entladungen auch die Dosis sehr leicht messen. Die kleine Ionisationskammer dient auf diese Weise zum Eichen und zur Kontrolle der Röntgenröhre. Man benutzt dabei ein sog. Wasserphantom (Wasser hat annähernd dieselbe Absorption wie Gewebe), um die Wirkung in beliebigen Gewebstiefen festzustellen; bringt man die Ionisationskammer hinter eine Wasserschicht von bestimmter Dicke, so erhält man ein Maß der Wirkungsintensität der betreffenden Röhre (bei der benutzten Spannung) in der entsprechenden Körpertiefe. (Die Wirkungskurve für das menschliche Auge in der Arbeit von RADOS und SCHINZ [Abb. 43] ist mit der Ionisationskammer hergestellt.)

Die Einheiten der durch Luftionisation ermittelten Röntgenstrahlendosis sind $= 1 r$ (internationales Röntgen) oder $1 R$ (deutsches Röntgen). Für die Dosismessung kommt nach HOLTUSEN heute hauptsächlich die internationale Einheit (r) in Betracht. Diese Einheit mißt (ebenso wie die Einheit R) die in 1 ccm Luft absorbierte Energiemenge. Die Unterschiede zwischen r und R werden durch Verschiedenheiten in der Temperatur- und Luftdruckverhältnissen bedingt, die für die Feststellung der Werte gefordert werden.

Man kann übrigens leider auch nicht 1000 solcher Einheiten für Röntgenstrahlen 1000 Einheiten für γ -Strahlen gleichsetzen, da man bei stark verschiedener Strahlenqualität verschiedene r -Werte erhält infolge einer gewissen Abhängigkeit der Absorption von der Wellenlänge.

Die Angaben über die Erythemdosis (HED) in r -Einheiten schwanken zwischen 500 und 1200 r , bewegen sich für die praktisch benutzte Röntgenstrahlung wohl meist um 500—600 r .

Ist eine Röntgenröhre einmal geeicht, so läßt man sie bei der Bestrahlung unter den gleichen Bedingungen arbeiten, unter denen man sie geeicht hat, d. h. man betreibt sie mit dem gleichen Strom. Aus diesem Grunde muß aber die Ampèrezahl jedesmal genau eingestellt werden. Praktisch kann man dann bei der einmal geeichten Röhre die Dosis für jede beliebige Körperstelle nach der Formel $I \cdot t$, bei gleichbleibender I auch die Dauer der notwendigen Einwirkung bestimmen oder mit Kurven (vgl. Abb. 43) ablesen.

4. Spezielles über Dosierung der Radiumpräparate. Die Bestrahlungszeiten fallen sehr verschieden aus, je nachdem man reine γ -Strahlung oder γ - und β -Strahlung zur Einwirkung bringt. Zunächst ist es wichtig, daß man seine Präparate richtig eicht. Um die Stärke eines Präparates zu charakterisieren, nimmt man am besten eine quantitative Bestimmung der γ -Strahlung vor. Man setzt das Präparat hinter 4 mm starke Blei- oder Zinkfilter, die für β -Strahlen undurchgängig sind und vergleicht die Entladungsgeschwindigkeit eines Elektrometers mit derjenigen bei Einwirkung eines Normalpräparates. Brauchbare Testobjekte befinden sich in mehreren europäischen Hauptstädten, z. B. auch in Berlin und Wien. Bei dem Vergleich bekommt man sofort eine Angabe, wieviel Milligramm Radium die im geeichten Röhrechen befindliche Substanz entspricht.

Die Dosierung am lebenden Gewebe wird am besten mit mgh , d. h. in Milligramm/Stunden, angegeben; man kann sie auch in Milli-Curie messen (1 Milli-Curie-detruiert ist gleich der Gesamtwirkung von 1 mg Emanation bis zur Auflösung $= 133 \text{ mgh}$); schließlich läßt sich die Dosis auch nach der empirisch festgestellten Wirkung eines Präparates an der Haut bei Einhaltung bestimmter Entfernungen und Wahl bestimmter Filter in HED (Hauteinheitsdosis) angeben.

Wählt man eine Kontaktbestrahlung und legt die üblichen Tuben oder Plattenträger auf die Haut, so sieht man die stärkste Wirkung an einer Fläche

die nicht wesentlich größer als der Träger ist. Es ist bei dieser Art der Bestrahlung zu bedenken, daß nur ein Teil der Strahlen auf die kranke Fläche wirkt, und zwar um so mehr, je näher das Präparat ist. Durchschnittlich tritt bei Kontaktbestrahlung mit 0,4 mm Platin und einem Sekundärstrahlen-Emaillfilter erst nach etwa 100 mgh die Erythemwirkung auf, die der HED entspricht (SPIEGLER und FERNAU). Einzelheiten über die schwierige Technik der Radiumdosierung müssen besonders erlernt oder in Speziallehrbüchern nachgelesen werden, z. B. bei KUMER und SALLMANN.

d) Schutz des Augapfels gegen Röntgen- und Radiumstrahlen.

Röntgenstrahlen. Gegen direkte Röntgenstrahlen ist das Auge verhältnismäßig leicht zu schützen. Durch 1 mm Blei werden selbst die Strahlen einer



Abb. 45. Allgemeine Anordnung bei der Augenbestrahlung. Man sieht den Röntgenröhrenkasten und das Bleischutzglas, welches auf die Orbita eingestellt ist. Der Kopf wird außerdem bis auf die Orbita noch durch Bleiblech abgedeckt.

harten Röhre von 180 Kilovolt um 70% geschwächt. Man deckt also bei Röntgenbestrahlungen zur Vermeidung unnötiger Streustrahlen alle nicht direkt bestrahlten Stellen mit Bleiblenden ab. Den Augapfel selbst schützte man früher mit sog. Bleiglasprothesen, die von WÖLFFLIN angegeben wurden. Man legte sie zwischen Augapfel und Augenlidern ein. Durch ROHRSCHEIDER ist darauf hingewiesen worden, daß dieser Schutz bei Anwendung harter Röntgenstrahlen nur mangelhaft ist. Er ließ deshalb eine mit Quecksilber gefüllte Hohlglaschale herstellen, die wesentlich besser wirkt (Abb. 46 u. 47). Von WÖLFFLIN in Basel sind neuerdings vergoldete Bleischalen angegeben worden, die einen guten

Schutz gewähren. HOFFMANN (Königsberg) stellt sich in zweckmäßiger Weise selbst die Schalen aus 2 mm dickem Bleiblech her, welches er mit Schere und Messer zurecht schneidet, durch Einpressen in Einbettungsschalen für Paraffin wölbt und zum Schutz gegen die Sekundärstrahlung des Bleies mehrfach mit warmem Schellack bezieht. Die Anbringung der Schutzschicht ist bei allen Prothesen sehr wichtig!

Die allgemeine Anordnung bei der Augenbestrahlung geht genügend aus der Abb. 45 hervor. Das Gesicht ist auf der Abbildung noch nicht abgedeckt. Bei den modernen Therapieröhren ist der wirksame Schutz der Umgebung erleichtert, durch Ablendungen an der Röhre.

Radium. Schwieriger ist der Schutz des Augapfels gegen Radiumstrahlen. Zwar lassen sich die β -Strahlen verhältnismäßig leicht durch Filter ausschalten. Selbst die alten Bleiglasprothesen bieten hierfür genügend Schutz; man muß nur die Rückseite mit einem Paraffinüberzug versehen, um zu verhindern, daß weitere (sekundär im Filter entstehende) β -Strahlen die Hornhaut oder die Linse schädigen. Unmöglich dagegen ist es, die γ -Strahlen des Radiums durch Filter vom Auge abzuschirmen. Man müßte eine 1 cm dicke Bleischicht anwenden, wenn man nur 32% dieser γ -Strahlen absorbieren wollte. Man sieht also,

einen brauchbaren Filterschutz gegen diese γ -Strahlen gibt es nicht. Bei der Bestrahlung des Lides und der Lidgeschwülste läßt man meistens die β -Strahlen mit einwirken, durch welche die Menge der nötigen γ -Strahlen stark herabgesetzt wird und gegen welche der Augapfel leicht zu schützen ist; schließlich besteht auch gegen γ -Strahlen doch insofern ein recht guter Schutz, als bei der Anwendung der Kontaktbestrahlung das Entfernungsgesetz (Intensität umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung) sich in besonders günstiger Weise auswirkt, so daß in allen etwas größeren Abständen die Strahlenintensität im Verhältnis zu der Intensität am eigentlichen Wirkungsorte minimal ist. Bringt man aber z. B. die Mehrfelder-Fernbestrahlung (Kreuzfeuerbestrahlung) durch starke Radiumpräparate bei bösartigen Geschwülsten der Augenhöhle zur Anwendung, so kann man wegen der Gefährdung durch



Abb. 46. Mit Quecksilber gefüllte Hohlglaschutzprothese von ROHRSCHEIDER. Der Hohlraum ist 2,5 mm dick.

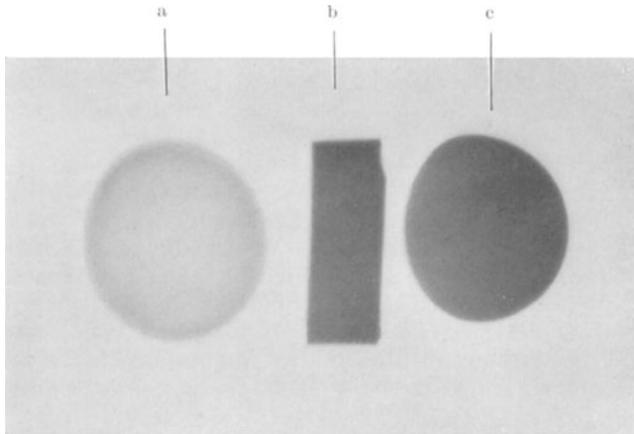


Abb. 47. Röntgenogramm zur Veranschaulichung der Absorptionsfähigkeit der neuen Prothese. Man sieht die Verbesserung der Wirkung gegenüber der alten Bleiglasprothese (a) und erkennt, daß der Schutz der neuen Prothese (c) ungefähr der Wirkung einer 2 mm dicken Bleischicht (b) gleichkommt. (Aus ROHRSCHEIDER: Klin. Mbl. Augenheilk. 82, 171. Es ist irrtümlich ein Positivbild der Röntgenplatte wiedergegeben worden!)

die Krankheit wohl in Kauf nehmen, daß die Linse sich trübt und mit einer Staroperation entfernt werden muß, wenn nur der Tumor vernichtet wird.

e) Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen.

1. **Allgemeine Wirkung.** Aus der Gesamtwirkung der Strahlen kann man mit LAZARUS 5 große Heilmöglichkeiten unterscheiden:

1. Die Aktivierung, 2. die Hyperämisierung und entzündungsanregende Wirkung, 3. die Anregung der Regeneration, 4. die Vermehrung der Zellteilung, 5. bei starker Steigerung schließlich die Nekrobiose.

Dementsprechend ergeben sich 5 Hauptaktionsgebiete der Strahlentherapie:

1. Behandlung funktioneller Störungen; Verbesserung des Stoffwechsels,
2. Einwirkung auf Entzündungen, 3. Beeinflussung der Unterfunktionen, insbesondere des endokrinen Apparates, 4. die Behandlung proliferativer Vorgänge, 5. die Vernichtung der bösartigen Geschwülste.

Am Auge werden uns hauptsächlich die Gruppen 1, 2, 4 und 5 interessieren. Je nach der beabsichtigten Wirkung muß das Quantum der applizierten Strahlung dosiert werden. Die geringste Dosis ist die zur Anregung, die stärkste die zur Vernichtung des lebenden Gewebes notwendige. Die Gesamtenergie, welche selbst mit hohen das Leben der Zelle vernichtenden Dosen dem Körpergewebe zugeführt wird, ist bei der Radium- und bei der Röntgenstrahlung außerordentlich gering und beträgt nur wenige Gramm-Calorien (DESSAUER). Zieht man aber den Energiegehalt der einzelnen Strahlen nach der PLANKSchen Quantentheorie in Betracht ($E = h \cdot r$), so ergibt sich, daß gerade die kurzwelligen Strahlen energiereicher sind, so daß — calorisch gemessen — eine relativ geringe Absorptionsmenge von Strahlungsenergie aus diesen Spektralgebieten schon starke Wirkungen ausüben kann. Man muß sich vorstellen, daß die Wirkungen am Molekül resp. am Atom, also an den Bausteinen der Zellen, ansetzen. Nach der heutigen Anschauung besteht das Atom aus einem kleinen substantiellen Kern und einer größeren Zahl von Elektronen, welche das Atom in bestimmten Bahnen umkreisen. Das Wesen der Tätigkeit radioaktiver Substanzen beruht darin, daß dauernd positiv (α -Strahlen) und negativ (β -Strahlen) geladene Teile des getroffenen Atomkerns fortgeschleudert werden. Dabei wird das Element verändert, und gleichzeitig entstehen bei der Neurangierung der Elektronenhüllen als Nicht-Corpuscularstrahlen die den Röntgenstrahlen ähnlichen γ -Strahlen.

Die γ -Strahlen und auch die Röntgenstrahlen geben stets ihre ganze Energie (Energiequanten) bei dem Ionisierungsprozeß an der Absorptionsstelle auf einmal ab. Dabei entstehen dort durch Loslösung von Elektronen die vorher schon erwähnten sekundären β -Strahlen, welche die eigentlichen Übermittler der starken Einwirkung auf die Lebensfunktionen der getroffenen Zellen sind. (MILANO und MOLDALESI haben feinst verteilte Stoffe von hohem Atomgewicht in das Gewebe eingeführt, um eine besonders kräftige Sekundärstrahlenerzeugung anzuregen und die Wirkung der Bestrahlung an Ort und Stelle zu verstärken.)

Über die Wirkung auf das Tumorgewebe vergleiche den Abschnitt im speziellen Teil.

Zusammenfassend kann man über die Grundlage der Strahlentherapie unter Anlehnung an ROTHER etwa Folgendes sagen:

Während die Strahlen des sichtbaren Lichts und des Ultraviolett bei der Absorption wegen der größeren Wellenlänge hauptsächlich die Elektronen in den äußeren Bahnen beeinflussen, wobei die bekannten photochemischen Reaktionen auftreten, muß man annehmen, daß die Röntgen- und die γ -Strahlen in der Hauptsache auf die Atomkerne wirken und dort corpusculare Teilchen herausschleudern. Die stärksten Reaktionen zeigen sich an den zusammengesetzten kolloidalen Stoffen, insbesondere am lebenden Gewebe; man sieht hier häufig eine potenziert gesteigerte Wirkung, die keineswegs der reinen Energieabsorption parallel geht. Unter Umständen können schon sehr geringe Mengen von Röntgen- oder Radiumstrahlen einen starken Zerfall labiler chemischer Verbindungen und eine Zerstörung davon abhängiger sensibler Zellen bedingen. So wird zu erklären sein, daß die Empfindlichkeit der Gewebe je nach ihrer physikalisch-chemischen Feinstruktur und je nach der Reaktion ihrer Zellarten außerordentlich verschieden ist. Es können aber schließlich auch weitgehende Änderungen an den vegetativen Regulationsmechanismen auftreten (vgl. STRAUSS und ROTHER) die den gesamten Organismus beeinflussen und noch weniger quantitativ abzuschätzen sind.

2. Wirkung an den einzelnen Geweben. Eine besondere Betrachtung muß darüber angestellt werden, wie die Radium- und Röntgenstrahlen in den einzelnen Geweben wirken.

Wirkung an der Haut. Wenige Tage nach der Bestrahlung stellt sich eine Rötung ein, ein sog. Erythem, welches mit unangenehmen Sensationen verbunden sein kann. Bei starken Dosierungen treten auch fibrinöse Beläge und seröse Exsudationen und Schwellungen auf, ja es kann ein Geschwür entstehen. Bei den praktisch brauchbaren Dosierungen darf die Erythembildung nicht überschritten werden, man hat deshalb gern die zur Erythembildung notwendige Dosis (Hauterythemdosis, HED) als Maß der Dosierung benutzt.

Außer den hier geschilderten Wirkungen einer einzigen Bestrahlung hat man noch an die Möglichkeit einer chronischen Schädigung zu denken, welcher ja bekanntlich viele Röntgenologen aus der ersten Zeit zum Opfer gefallen sind. Es entstehen nach vielfacher Einwirkung auch schwächerer Dosen schließlich chronische entzündliche Prozesse, welche dem Umstand zuzuschreiben sind, daß die Wachstums- und Vermehrungsfähigkeit der Zellen gelitten hat, so daß sie nicht mehr imstande sind, durch Teilung neues gleichwertiges Zellmaterial zu bilden. Die so veränderte Haut verfällt schließlich oft einer Art narbiger Atrophie. Dabei bleibt das Gewebe außerordentlich gegen Verletzungen empfindlich und kann auch nach scheinbarer Heilung jederzeit wieder geschwürig erkranken. Ähnlich der Wirkung an der Haut ist die Wirkung an den Drüsen und den Haarbälgen. Die Sekretion versagt; die Haare fallen aus, um von jungen Haaren abgelöst zu werden. Wird die Keimschicht selbst vernichtet, so

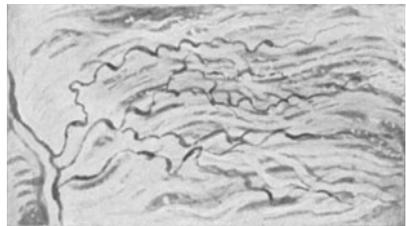


Abb. 48. Blutgefäßveränderungen in der Iris nach Röntgenbestrahlung. (Aus HOFFMANN: Röntgendiagnostik und Therapie.)

kann keine Regeneration der Haare und der Drüsenzellen stattfinden. Am Auge kommt es dann zum Verlust der Wimpern und Brauen. Die Angaben von HESSBERG sowie von REGAUD, COUTARD, MONOT und RICHARD, daß die Epilationsdosis der Wimpern und Augenbrauen höher liegt als die Epilationsdosis der Kopf- und Barthaare, konnte an der Berliner Klinik durch Erfahrungen ROHR-SCHNEIDERS bestätigt werden.

Wirkung an der Bindehaut und Hornhaut. An der Bindehaut entsteht durch kräftige Bestrahlungen eine ziemlich bald lebhaftere Reaktion, die mit Erweiterung der Gefäße und katarrhalischen Erscheinungen einhergehen und von einer Abstoßung der Epithelien gefolgt sein kann (Frühreaktion). Ähnlich ist die Wirkung auf die oberste Schicht der Hornhaut, die sog. Conjunctiva corneae, wo kleine Abschilferungen unter Umständen zur Bildung von Erosionen führen; entsprechend der Hautentzündung kann bei starken Dosen eine oft oberflächliche, oft mehr in die Tiefe reichende heftigere Reaktion an der Hornhaut beobachtet werden. Es bilden sich dann unter Umständen Bläschen, unregelmäßige Trübungen des Epithels und sogar der Hornhautsubstanz. Im günstigen Falle sieht man aber einen ziemlich vollkommenen Rückgang ohne Einwachsen von Gefäßen und ohne Zurückbleiben von Narbentrübung. Die Veränderungen der Hornhautepithelien nach Röntgenbestrahlung sind eingehend von BIRCH-HIRSCHFELD experimentell untersucht worden.

Wirkung auf die Blutgefäße und auf die Gefäßhäute. Bei starken Bestrahlungen entstehen als Spätschädigung Gefäßerweiterungen. Sehr charakteristische Veränderungen sieht man z. B. an den Gefäßen der Bindehaut, worauf BIRCH-HIRSCHFELD zum ersten Male hingewiesen hat. Die Gefäße bekommen korkzieherartige Windungen und perlschnurartig aufgereichte umschriebene Erweiterungen, die lange Zeit bestehen bleiben können. Man kann dies z. B. am Hornhautrande gelegentlich schon beobachten, falls die Volldosis zur Einwirkung

gebracht werden mußte. Ich selbst habe solche Gefäßveränderungen bei der Behandlung epibulbärer Tumoren gesehen. Sie finden sich auch an der Iris (vgl. Abb. 48, aus HOFFMANN). Von BIRCH-HIRSCHFELD sind ähnliche Veränderungen an den Gefäßen der Netzhaut beobachtet worden.

Am Auge sieht man neben der durch Gefäßveränderungen allein bedingten Schädigung der Iris gelegentlich auch Pupillenveränderungen (Erweiterungen oder Verengerungen), eine Entzündung der Regenbogenhaut und schließlich auch eine Atrophie derselben. Diese Schädigungen wurden bei Dosierungen zwischen $\frac{1}{2}$ und 2 HED beobachtet. KUMER und SALLMANN geben an, daß

bei $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ HED von γ -Strahlen die Regenbogenhaut sich verfärben und die Pupille sich verengern kann. Die wahrscheinlich gleiche Wirkung an der Aderhaut läßt sich nicht direkt beobachten.

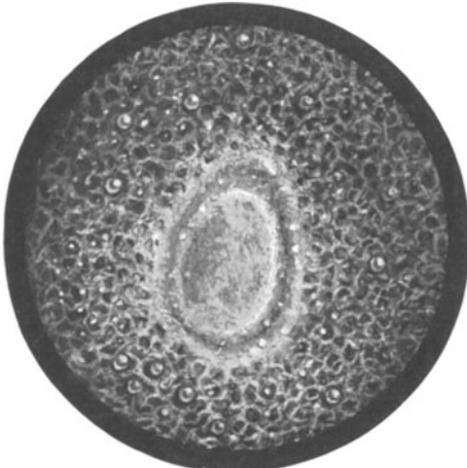


Abb. 49. Röntgenstrahlencataract. An der hinteren Linsenfläche findet sich eine netzartige Trübung mit mehr oder weniger deutlichen Vakuolen. In der Gegend des hinteren Linsenpols sieht man dann meist ein charakteristisches scheibenförmiges Gebiet, in welchem sich eine kalottenartige, manchmal nach vorn etwas vorspringende, oft durch einen Ring abgeschlossene Trübung findet. Auf der Abbildung sieht man die mit Vakuolen übersäte, tuffsteinartig aufgeraute hintere Linsenkapsel und in deren Mitte die durch einen Ring abgegrenzte zentrale Scheibe. Die kalottenartige Natur der zentralen Scheibe erkennt man erst im Spaltlampenschnitt. (AUS ROHRSCHEIDER: Klin. Mbl. Augenheilk. 81, 255.)

Wirkung auf die Linse. Früher hat man im allgemeinen die Linse für wenig empfindlich gehalten, was in Analogie mit dem Verhalten anderer inaktiver epithelialer Substanzen (z. B. der Nervenfasern) durchaus verständlich gewesen wäre. Eine wissenschaftliche Grundlage für die Zuerkennung einer sehr geringen Strahlenempfindlichkeit schien bei der Linse in den Versuchen von RADOS und SCHINZ gegeben zu sein, welche glaubten, den Beweis erbracht zu haben, daß vom Kaninchen die 7—10fache Dosis (7 bis 10 HED) anstandslos vertragen würde. Diese in den ersten Nachkriegsjahren gemachten Feststellungen sind aber sowohl für die tierische wie für die menschliche Linse in der Folgezeit nicht

bestätigt worden. Man hatte schon vorher mehrfach beobachtet, daß nach Bestrahlung mit mittelstarken Röntgendosen grauer Star aufgetreten war (AXENFELD, BIRCH-HIRSCHFELD u. a.); neuerdings sind solche Linsentrübungen in recht beträchtlicher Zahl festgestellt worden.

Durch diese klinischen Erfahrungen wurde die Vermutung nahegelegt, daß der Linse eine größere Strahlenempfindlichkeit zukommt, als nach den Ergebnissen der experimentellen Forschung bis dahin anzunehmen war. ROHRSCHEIDER ist es als erstem gelungen, in größeren Versuchsreihen den Beweis dafür zu liefern, daß die Linse in verhältnismäßig hohem Grade strahlenempfindlich ist, nachdem schon AULAMO etwas früher in einer kurzen Mitteilung darauf hingewiesen hatte. Aus den umfassenden Experimenten ROHRSCHEIDERS geht hervor, daß die Strahlenempfindlichkeit der Linse beim Kaninchen ebensogroß ist wie diejenige der Haarpapille, daß also schon durch Anwendung der Epilationsdosis eine Linsenschädigung hervorgerufen werden kann.

Die experimentellen Ergebnisse stehen im Einklang mit klinischen Erfahrungen, da nach SCHEERER mit dem „Eintritt einer Katarakt innerhalb 2 Jahren“

zu rechnen ist, wenn „die Strahlenmenge nicht unterhalb 80% gehalten und das Auge nicht geschützt werden kann“. Am Tierexperiment erwies sich die Linse sogar als das am meisten strahlenempfindliche Gewebe des Auges. Es ist daher verständlich, daß Linsentrübungen als häufigste Form der Röntgen- und Radiumschädigung am Auge beobachtet wurden (bisher über 50 Fälle in der Literatur beschrieben). ROHRSCHEIDER hat nachgewiesen, daß die Cataract an der Linse auch durch Summation von kleinen Strahlendosen zustande kommt, so daß auch häufig wiederholte Bestrahlungen mit verhältnismäßig geringen Einzeldosen eine Cataract hervorrufen können.

Die meisten Linsentrübungen treten erst nach 3 bis 6 Jahren in Erscheinung; auffällig ist dabei, daß anscheinend nicht alle Linsen gleich reagieren, sondern daß ziemlich starke Unterschiede in der Empfindlichkeit bestehen. Das Bild der typischen *Röntgencataract* beginnt mit einer scheibenförmigen scharf abgegrenzten Trübung des hinteren Linsenpols, die ganz ähnlich aussieht wie beginnender Glasbläserstar und allmählich über die ganze Linse fortschreitet. Gute Abbildungen von typischer Röntgenstrahlencataract finden sich bei ROHRSCHEIDER, MEESMANN und VOGT.

Von verschiedenen Beobachtern wurde übrigens auch das Auftreten von grauem Star festgestellt, wenn die Dosis allem Anschein nach unter der HED gelegen hatte. Bei einem Falle der Berliner Klinik war nur die Nebenhöhle direkt bestrahlt worden, das Auge war abgeschirmt und trotzdem trat grauer Star auf. Neuerdings berichtete A. VOGT über einen eigenartigen Fall. 5 Jahre nach der Bestrahlung des ersten Auges (140% HED), die unter Anwendung eines Bleischutzes durchgeführt war, erkrankte schließlich auch das zweite Auge an einer hinteren paraxialen subkapsulären Scheibentrübung. VOGT glaubt, daß es sich um ein anderweitig zu Starbildung disponiertes Individuum handeln könne, bei welchem eventuell schon eine geringere, Strahlenmenge eine Schädigung hervorgerufen habe.

Die Wirkung an der Netzhaut und am Sehnerven ist noch immer umstritten. BIRCH-HIRSCHFELD hatte in Tierversuchen bei Bestrahlung der Augengegend degenerative Veränderungen an den Netzhautgefäßen und an den Ganglienzellen gesehen. Auffallend sind die Beobachtungen FLASCHENTRÄGERS, welcher nach Bestrahlung eines Brustkrebses eine starke Netzhautschädigung durch schlecht abblendete Röntgenstrahlen feststellte. Kaum je festgestellt dürften Schädigungen der Netzhaut nach Anwendung von Radiumpräparaten sein. Mir ist ein Fall bekannt, bei welchem die gutachtliche Beurteilung dieser Frage verlangt wurde. Bei den üblichen Applikationen des Radiums an den Lidern ist aber nach dem Entfernungsgesetz für den Sehnerven und für die Netzhaut höchstens eine Einwirkung von etwa 5% derjenigen Dosis zu erwarten, die an der bestrahlten Haut oder Schleimhaut selbst eingewirkt hatte. Das ist natürlich ungefährlich. Andererseits ist jedoch gerade bei Radiumbestrahlungen die Gefahr der Linsenschädigung relativ groß, wenn man nicht sehr vorsichtig vorgeht. Eine Übersicht und eine gute Literaturzusammenstellung über die Schädigung des Sehorganes bei therapeutischer Anwendung von Röntgen- und Radiumstrahlen hat ROHRSCHEIDER gegeben.

2. Spezieller Teil über Röntgen- und Radiumbestrahlung.

a) Erkrankungen des Auges ausschließlich Tuberkulose und Geschwülste.

Erkrankungen der Lider. Soweit man überhaupt Erkrankungen der Lider außer den Tumoren mit Strahlentherapie behandelte, geschah dies wohl lange Zeit nur im Hinblick auf die Lichttherapie der Tuberkulose: die klassische

Finsentherapie hatte gerade an der Gesichtshaut und auch in der Nachbarschaft des Auges ihre schönsten Erfolge. Erst viel später wurden Versuche gemacht, die Röntgen- und Radiumstrahlen nicht nur bei Geschwülsten und bei Tuberkulose, sondern auch bei einigen anderen Erkrankungen der Haut und der Schleimhäute des Auges anzuwenden. Es hat sich in der Tat gezeigt, daß es Fälle gibt, in denen eine Röntgen- oder Radiumbehandlung gegenüber der Lichtbehandlung den Vorzug verdient. Während das Ultraviolett nur bis zu $\frac{1}{2}$, höchstens bis zu 1 mm Tiefe im Gewebe direkt wirken kann, und unter Umständen schon durch wenige Zellschichten äußerst stark absorbiert wird, durchdringt selbst die weiche Röntgenstrahlung noch leicht alle Winkel der Haut und der Schleimhäute und durchsetzt auch die behaarten Stellen mit ihren Drüsen bis an die Haarwurzel. Dabei ist die Wirkung der weichen Röntgenstrahlen in mancher Beziehung ganz ähnlich wie die des Ultraviolett.

Ekzeme und andere chronische Erkrankungen der Lidhaut können erfolgreich mit Röntgenstrahlen behandelt werden. Bei günstigen Fällen von Ekzem führten nach den Angaben der Literatur relativ geringe Dosen weicher Strahlen in kurzer Zeit eine Abheilung herbei (STUMPF, EICHENLAUB). Bei einer Dosis von 50% ungefilterter Strahlung im Abstand von je 2 Wochen wurden drei Sitzungen benötigt; nach der Angabe von EICHENLAUB sollen die Heilerfolge denjenigen bei allen übrigen Verfahren überlegen gewesen sein. Bei dieser Art der Bestrahlung muß der Augapfel natürlich durch Prothesen gut geschützt werden.

Neben den eigentlichen Ekzemen der Lidhaut, die übrigens meistens auch ohne Strahlentherapie günstig zu beeinflussen sind, werden für eine solche Behandlung höchstens gelegentlich sehr hartnäckige Lidrandentzündungen in Betracht kommen. Sowohl die schuppige wie die geschwürige Form sollen der Röntgentherapie zugänglich sein. Bei einigen therapeutischen Versuchen, deren Zeuge ich selbst war, erhielt man allerdings mit schwachen Dosen (10—20%) keine Besserung. STUMPF dagegen hat sowohl bei der Blepharitis ulcerosa wie bei der Sycosis parasitaria Erfolge gehabt. Die meisten Lidrandentzündungen sind durch hartnäckig eingekapselte Staphylokokkenansiedlungen bedingt, bei denen jedenfalls die spezielle Abstimmung der Bakterien und der Gewebe aufeinander eine Hauptrolle spielt; radikal könnte hier nur eine starke antibakterielle Tiefentherapie helfen, die wir bis jetzt noch nicht besitzen.

Vielleicht ist auch durch eine Kombination von Lokalbehandlung und allgemeiner Bestrahlung noch ein Fortschritt zu schaffen. Wichtig für die Röntgentechnik könnten z. B. die Resultate der Autoren HEIDENHAIN und FRIED werden, die bei einer großen Zahl von Staphyloomykosen rasche und vollständige Rückbildung erhielten, wenn sie Allgemeinbestrahlungen vornahmen, und als Ursache eine gesteigerte Bactericidie des Blutserums feststellten, die etwa 8 Tage lang anhielt.

Bei den genannten Liderkrankungen kann man auch Radium versuchen; dazu sollte man jedoch nur schwache gefilterte Präparate nehmen, bei welchen die β -Strahlen mitwirken, so daß bei gleichbleibender Dosis der Betrag an γ -Strahlung ganz wesentlich herabgesetzt wird. Es kann jedenfalls eine Cataractgefahr bedeuten, wenn man unter Benutzung relativ großer Felder die erforderliche Dosis in Gestalt der γ -Strahlen zur Einwirkung bringt. Am besten legt man also nur schwach gefilterte Dominici-Röhrchen oder Plattenträger auf die Lider auf (vgl. S. 760). KUMER und SALLMANN applizieren $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Erythemdosis bei einer Bestrahlungspause von 3—4 Wochen, unter Mitbenutzung des härteren Teils der β -Strahlung. Bei solchen Bestrahlungen lassen sich zur

Verminderung der Einwirkung am Augapfel die Lider vom Bulbus abziehen, wie das vorher (S. 760—761) beschrieben ist.

Wenn es nötig ist, den Patienten auf einige Zeit oder dauernd von unerwünschtem Wimpernwuchs zu befreien, so kann man mit Hilfe der Bestrahlung auch eine Epilation vornehmen, doch muß dabei die Dosis gut eingehalten und die Bestrahlung evtl. noch einmal wiederholt werden.

Recht gut lassen sich *Xanthelasmata* mit radioaktiven Substanzen entfernen; man braucht nur das frisch bezogene *Thorium-X-Degea* der Auergesellschaft (1000 ME in 1 ccm alkoholischer Lösung bestellen) mehrmals aufzupinseln.

Mehrfach wurde der Versuch mit einer Bestrahlung der Tränendrüse bei zu starker Tränenproduktion gemacht. BRAND und FRÄNKEL, welche zuerst dazu die Röntgenstrahlen empfohlen hatten, wollten in 6 Sitzungen mit je einer Woche Abstand bei Benutzung eines Filters von 4 mm Aluminium 6 HED zur Einwirkung bringen, wobei die Strahlung durch ein Bleiglasrohr von $2\frac{1}{2}$ cm Durchmesser von unten und nasenwärts am Augapfel vorbei gegen die Drüse gerichtet wurde. HENSEN und SCHAEFER erhielten schließlich trotz anfänglicher Mißerfolge bei einer Zweifelderbestrahlung (erstes Feld von schräg unten innen nach außen oben, zweites Feld Zentralstrahl oberhalb des oberen Orbitalrandes, Dosierung jedes Mal $\frac{3}{4}$ HED 30 cm Entfernung 1 mm Cu.) ebenfalls ein günstiges Resultat, das auch nach zwei Jahren noch anhielt. Bei 4 Fällen, die in der Berliner Klinik mit Röntgenstrahlen ohne Forcierung der Dosis behandelt wurden, war die Bestrahlung erfolglos. Ebenso berichteten KUMER und SALLMANN über vier vergeblich mit Radium behandelte Kranke, bei welchen die Röhrenchen unter den Orbitalrand eingeschoben wurden und γ -Strahlen in einer die Erythemdosis wenig überschreitenden Menge zur Anwendung kamen. Wegen der ungünstigen Wirkung des Entfernungsgesetzes dürfte die gleichmäßigere Röntgenbestrahlung den Vorzug verdienen. Auch die Gefahr der Cataract spricht meines Erachtens gegen die Anwendung von Radium zu solchen gar nicht dringlichen Experimenten. Schließlich ist doch auch bekannt, daß man größere Teile der Tränendrüse operativ außerordentlich leicht entfernen kann.

Erkrankungen der Bindehaut. Das überragende Interesse bei der Röntgen- und Ra-Strahlenbehandlung aller Bindehauterkrankungen hat bis jetzt das Trachom in Anspruch genommen. Man hatte früh erkannt, daß die Lymphfollikel, d. h. die in ihnen enthaltenen Zellen, außerordentlich strahlenempfindlich sind. Deshalb war die Hoffnung, in der Röntgen- und Radiumtherapie ein mächtiges Mittel bei dem schweren Kampf gegen die Granulose zu finden, nicht ganz unbegründet. Die ersten Versuche wurden in Amerika gemacht; dann kamen bald deutsche Bearbeiter, welche sofort vor allzu großem Optimismus gewarnt haben. Der Amerikaner MAJOU, der 1902 als erster die Röntgenbestrahlung unternahm, wählte kleinere Dosen einer ganz weichen Strahlung und verteilte die Wirkung über 22 Sitzungen von je 3 Minuten Dauer. Die Hornhaut und den Augapfel schützte er durch Ektropionieren der Lider, ein Vorgehen, bei welchem natürlich die einzelnen Teile der Übergangsfalte der weichen oberflächlichen Bestrahlung nicht gleichmäßig ausgesetzt werden können.

Die ersten deutschen Untersuchungen in der Frage gingen von der KUEHNschen Schule aus. STARGARDT versuchte durch eine starke Röntgendosis eine Abtötung des pathologischen Gewebes zu erreichen, wobei er den Augapfel schon sehr zweckmäßig durch einen Bleilöffel schützte. 14 Tage nach der Bestrahlung zeigte sich Schrumpfung der Körner auf $\frac{1}{3}$, Kernzerfall, Phagocytose, Vermehrung der VILLARDSchen Riesenzellen und Abnahme der Mitosen. Über die Gesamtwirkung und die Dauer der Erfolge wird in der Arbeit noch *nichts* gesagt; es ist wohl anzunehmen, daß man definitive Heilungen nicht beobachtet hat.

Mit BIRCH-HIRSCHFELD muß man recht skeptisch sein, ob durch die Vernichtung der strahlenempfindlichen lymphoiden Zellen auch die Trachomerreger genügend zur Abtötung gebracht werden. Trotzdem möchte man die gelegentliche Anwendung der Röntgenstrahlen bei der Trachomtherapie für berechtigt halten. Es gibt z. B. hartnäckige Infiltrate, die mit anderer Therapie recht schwierig zu beeinflussen sind; hier darf ein Versuch bei guter Abblendung des Bulbus wohl gewagt werden. Ein in der Berliner Universitätsklinik behandelter Fall hat uns jedenfalls auch gezeigt, daß alsdann lokal durch eine geeignete Röntgendosierung die übrige Behandlung gut gestützt werden kann.

Analog zu den Königsberger Versuchen mit Röntgentherapie wurden an der gleichen Klinik später von THIELEMANN Bestrahlungen mit Radium ausgeführt. Es wurden täglich 2—5 mg für 5—10 Minuten auf die ektropionierten Lider aufgelegt, und an vielen Stellen sah man daraufhin ein Einschmelzen der Körner. Nicht alle Herde waren aber leicht durch die Therapie zu erreichen, und es blieb auch bei diesen Versuchen fraglich, ob definitive Heilungen durch Bestrahlung erzielt werden können.

Später sind besonders im Ausland außerordentlich zahlreiche Versuche sowohl mit Röntgenstrahlen wie mit Radium angestellt worden. Die größte Zahl dieser Arbeiten stammt aus Rußland und aus den Vereinigten Staaten. Insbesondere die Radiumbehandlung hat in den letzten Jahren eine größere Zahl von Anhängern gefunden.

Bezüglich der Röntgenbestrahlung erwähne ich die Arbeit von BYCHOVSKIJ, der 37 Patienten behandelt hat. Nur das stärker befallene Auge wurde von ihm den Strahlen ausgesetzt, während das andere unter der üblichen medikamentösen Therapie stand. Die Dosis betrug 60% der HED einer mit 1 mm Aluminium gefilterten Strahlung. Nach einem Monat oder später wurde die Bestrahlung wiederholt. Die Röntgenbehandlung sei keine Radikaltherapie, aber sie sei schmerzlos und könne die Therapie abkürzen. Bei einem Drittel der Fälle war das bestrahlte Auge nachher das bessere.

Von den Radiumtherapeuten sollen DINGER, SELENKOWSKY, LANE, KUMER und SALLMANN, CASTRO DE LA JARA und ANGEL CASTRESANA angeführt werden. Nähere Angaben liegen mir über die Technik LANES vor; sie gebrauchte verzettelte Dosen, ließ 25—50 mg alle 10 Tage etwa 15 Min. lang einwirken, rühmt die geringe Störung für den Patienten und die günstige Wirkung auf den Pannus sowie die Verhinderung einer stärkeren Narbenbildung. In einer späteren Arbeit spricht sie sich allerdings weniger zuversichtlich aus. KUMER und SALLMANN sahen gute Erfolge, wenn sie Radiumbehandlung mit medikamentöser Kupfertherapie kombinierten. Sie wandten ein mit 3 mm Platin gefiltertes in Gutta-percha eingehülltes Präparat an, das auf die ektropionierten Lider oder auf die Carunkelgegend aufgelegt wurde. Bei den einzelnen Sitzungen wurde eine Dosis von höchstens 6 mgh zur Einwirkung gebracht. Die Zahl der Sitzungen betrug bis zu 20 knapp in Jahresfrist. Die Art der Wirkungsweise sei nicht bekannt. Die Autoren glauben aber an eine Verschlechterung des Nährbodens. Sie halten auch die Beeinflussung des Trachomkorns durch das Radium nur für die Bekämpfung einer Krankheitserscheinung. Die besten Erfolge bestanden im Verschwinden der Bindehautveränderungen und in der Verhinderung von Rezidiven. Bei Vergleichen zwischen der alten Therapie und einer kombinierten Therapie mit gleichzeitiger Radiumbehandlung ergaben sich deutlich günstigere Resultate bei der letzteren. Die durchschnittliche Behandlungsdauer betrug etwa 5—6 Monate.

SELENKOWSKY hat schon im Jahre 1905 in Rußland Ra-Bestrahlungen vorgenommen. Ihm gebührt also neben THIELEMANN eine gewisse Priorität vor anderen

Autoren. In ihrer wertvollen und den deutschen Lesern in den klinischen Monatsblättern leicht zugänglichen neueren Arbeit sehen SELENKOWSKY und MALINSCHEFF das Wesen des Erfolges bei der Radiumtherapie in der Cytolyse. Dementsprechend wirke sie am besten beim reinen granulösen Trachom und auch sonst in sehr schweren Fällen. Regelmäßig lasse sich ein völliger Schwund der Follikel erzielen. Auch auf die diffuse Infiltration werde gleichfalls ein günstiger Einfluß ausgeübt. Von diesen russischen Autoren wurden 36 Fälle behandelt und zwar 21 reine Körnertrachome, 3 Körnertrachome mit teilweiser Narbenbildung und 12 Narbentrachome mit Pannus. Nur in 2 Fällen der ersten Gruppe war die Heilung nicht vollkommen. Ganz wesentlich sei der Zeitgewinn. Gänzlich negative Resultate kämen fast nicht vor. — Interessant ist dabei die Technik. Die Patienten bekommen eine 2 mm dicke Gesichtsmaske aus einer Wachsparaffinmasse, die an der inneren Seite ein 1—2 mm dickes Bleifilter über den Orbitalöffnungen trägt, um die β -Strahlung abzufiltern. Auf der Maske wurden Glascapillaren mit der nötigen Menge von Emanation durch Wachs befestigt, diese nach außen hin noch einmal durch eine Bleiplatte überdeckt. Die Dosierung war am günstigsten, wenn 0,5—0,6 Millicurie pro Quadratcentimeter zur Einwirkung gebracht wurden. Im Durchschnitt ließ man die Maske 2—3, selten 4 Tage, liegen. Am Morgen wurde sie täglich für einige Minuten gelüftet.

Es läßt sich insgesamt feststellen, daß man neuerdings der Röntgen- und Radiumbestrahlung bei der Trachombehandlung wieder ein erhöhtes Interesse entgegenbringt. Jedoch hat man der Technik besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Es ist z. B. festzustellen, daß bei der von SELENKOWSKY gewählten Art der Behandlung die Gesamtdosis noch so gering ist, daß eine Schädigung der Linse nicht in Betracht kommt.

Relativ einfach wäre die Anwendung der Röntgenstrahlen. Ich habe schon oben erwähnt, daß sie sich uns in einem Falle als Zusatz zu der übrigen Behandlung bewährte und möchte auch glauben, daß man sie bei Vorhandensein geeigneter Bestrahlungseinrichtungen in den Kliniken systematischer zur Ergänzung der übrigen Behandlung heranziehen kann. Andererseits ist noch zu prüfen, ob nicht die kurzwelligeren Strahlen des Radiums beim Trachom eine mehr spezifische Wirkung auf die erkrankten Stellen haben, so daß dann in Zukunft bei manchen Fällen vielleicht eine kombinierte Behandlung mit Radiumanwendung das aussichtsreichste Verfahren würde.

Was für die Strahlenbehandlung des Trachoms gilt, hat vielleicht in gewissem Sinne auch für die Behandlung anderer mit Follikelbildung einhergehender Bindehautleiden Bedeutung. Schon bei STUMPF finden sich Bemerkungen über die Strahlentherapie dieser Erkrankungen. Im Ausland konnte neuerdings mehrfach ein günstiger Einfluß konstatiert werden. Eine Nachprüfung wäre wünschenswert.

Besonders gut auf Radium reagiert nach einer größeren Zahl von Mitteilungen der Frühjahrskatarrh. Als eine der ersten hat LANE darauf aufmerksam gemacht. Sie bezeichnet das Radium geradezu als ein Specificum, gebrauchte alle 10 bis 20 Tage 25—30 mg 15 Min. lang und hatte das Leiden meistens im ersten Jahre definitiv geheilt. ROBINSON erwähnt, daß manche Fälle hartnäckig sind, hatte aber bei seinen 24 Fällen meist befriedigende Erfolge, wenn zur Beseitigung der Wucherungen eine operative und eine kaustische Therapie hinzugezogen wurde. Dosierung: 5 mgh, 10 Min. alle 7—14 Tage, in toto 300 bis 600 mg/Stunden. Genaue Angaben über erfolgreich benutzte Dosen finden sich auch bei CASTRESANA, der 6—12 mg Radium in kleinen Tuben mit Goldfilter von 0,4—1,5 mm gebrauchte, die er mit Wachs und Paraffin vor den Augen befestigte. Dabei waren 3 Sitzungen in der Woche nötig bei einer Gesamtbestrahlungszeit von 12—35 Stunden. Als ungünstig werden teilweise dauernder

Verlust der Cilien und die Entstehung von Bindehautnarben erwähnt. CORDES und HORNER versuchten mehrere Präparate mit verschiedenartiger Filterung. Sie sahen bei ihren 6 Fällen z. T. ausgezeichnete Erfolge und stellten fest, daß das *ungefilterte Radium* sich am besten eigne. Es wurden 600—700 mc/Sek. zur Einwirkung gebracht. Wegen der Gefahr der Atrophie und der Gefäßschädigung soll man nach ihrer Angabe nicht mit Erythemdosen arbeiten. Neuerdings hat schließlich auch noch WAARDENBURG einen ganz refraktären Fall von Frühjahrskatarrh mit Radium geheilt. Insgesamt sind die Meldungen über gute Erfolge bei der Behandlung des Frühjahrskatarrhs jetzt so zahlreich, daß kaum ein Zweifel an der vorzüglichen Wirkung einer richtig eingestellten Radiumbehandlung aufkommen kann. Die Wirkung ist jedenfalls besser als beim Trachom, bei welchem nur eine Ergänzung der altbewährten Methoden durch die Strahlentherapie in Betracht zu ziehen ist.

Von sonstigen Bindehauterkrankungen sei noch die Acne rosacea erwähnt. Hier liegen Versuche von LANE und v. SZILY vor. Auch bei einem Patienten der Berliner Universitäts-Klinik wurde ein gutes Resultat erzielt. Die Röntgentherapie kann bei dieser Erkrankung wohl nicht einfach als ein Reizmittel gelten, welches ähnlich wie Hyperämie wirkt, weil Hyperämiebehandlung bei der Acne rosacea zu Verschlechterungen führt. Vielleicht wird die Resorption durch eine Schädigung derjenigen Zellen vorbereitet, welche die Knötchen zusammensetzen.

Erkrankungen der Hornhaut. Sieht man von den tuberkulösen und skrofulösen Erkrankungen ab, so ist die Zahl der mit Röntgen- oder Radiumbestrahlung zu behandelnden Krankheiten nicht sehr groß.

[Zunächst ist noch einmal zu erwähnen, daß andere Bestrahlungen infolge der dabei auftretenden sekundären β -Strahlen an der Hornhaut schädlich wirken und geradezu eine Erkrankung der Hornhaut verursachen können. Ich konnte selbst einen Patienten beobachten, bei welchem im Anschluß an die Radiumbehandlung eines Frühjahrskatarrhs eine der Keratitis vesiculosa ähnliche Trübung mit Blasenbildung am Epithel entstanden war. Nach etwa 2 Monaten war der Reizzustand wieder beseitigt. Man muß darauf achten, daß die Prothesen einen besonderen Überzug haben (s. S. 764, HOFFMANN)].

Eine größere Zahl von Hornhautgeschwüren haben MARZIO und SALVATORI bestrahlt, insgesamt 50 Fälle, dabei septische Ulcera mit Kerato-Descemetocele, Abscesse, Ulcus rodens und sklerosierende Keratitis. Nach ihrer Überzeugung haben die Röntgenstrahlen einen sehr günstigen Einfluß auf den Heilungsvorgang, wenn man kleine Dosen (30% HED) einmal pro Woche anwendet. Dabei gebrauchen sie weiche, kaum gefilterte Strahlen und fürchten stärkere Dosen wegen der Gefäßschädigung.

Oberflächliche Infektionen der Hornhaut hat STEPHENSON mit Röntgenstrahlen behandelt; er glaubte neben der günstigen Wirkung auf die Schmerzen eine Verkürzung der Heilungsdauer zu sehen.

Günstiges wurde auch über Geschwüre im Anschluß an Acne rosacea berichtet (ELSCHNIG, LAUBER). Alsdann kann man die Strahlentherapie mit chirurgischer Therapie (Auskratzung) verbinden. LAUBER, der Plattenträger in $2\frac{1}{2}$ mm Abstand und drei auf einen Monat verteilte einhalbstündige Bestrahlungen angewandte, hat damit die Rosaceaerkrankung der Hornhaut zur Heilung gebracht sowie Rezidive durch schwächere Bestrahlung unterdrückt oder verhindert.

KUMER und SALLMANN berichten über mehrfache Versuche mit Radiumbestrahlung beim Ulcus serpens, die auf FLEMMING und andere ältere Autoren zurückgehen. Meines Erachtens vertreten sie mit Recht eine ablehnende Haltung. Höchstens verhältnismäßig gutartige oberflächliche Geschwüre mit torpidem

Verlauf sollten nach Versagen anderer Therapie zum Gegenstand einer Radiumbehandlung gemacht werden. Einen günstigen Verlauf sahen KUMER und SALLMANN dagegen bei Hornhautfisteln (4 mgh, Mitbenutzung harter β -Strahlen, Kontaktbestrahlung); sie konnten die Vorderkammer wieder herstellen und von einem operativen Verschuß durch Plastiken Abstand nehmen.

Als wesentlich müssen Versuche erwähnt werden, bei der *Keratitis parenchymatosa* durch Strahlentherapie den Verlauf abzukürzen und die Heilung günstig zu beeinflussen. Sowohl Röntgenbestrahlung (Vorschlag von MERKULOW und SCHICK), wie Radiumbestrahlung (vgl. KUMER und SALLMANN) wird versucht.

MERKULOW und SCHICK nahmen etwa 20—50% der HED pro Sitzung, bestrahlten 3—5mal mit Pausen von mindestens 3—7 Tagen, evtl. in zwei Serien. Bei 18 verhältnismäßig frischen Fällen konnten sie die Sehschärfe 11mal wieder zur Norm bringen. Bei den leichteren, in $\frac{1}{2}$ Jahr ablaufenden Fällen wurde in 80% „Heilung“ erzielt. Bei veralteten Prozessen hatten sie keine Erfolge. In der Berliner Universitäts-Klinik wurden bis jetzt etwa 20 Fälle (unter Aufsicht von ROHRSCHEIDER) bestrahlt. Dabei wurden durchgehends nur geringe Dosen einer ziemlich weichen Röntgenstrahlung gebraucht. Die Erfolge erschienen namentlich bei frischen Erkrankungen manchmal überraschend gut.

MERKULOW und SCHICK sahen als wesentlich die nach der Bestrahlung von ihnen beobachtete Pannusbildung an, während ich die besten Resultate gerade bei zwei Fällen gesehen habe, die ohne Gefäßbildung auffallend schnell ausheilten. JAPIOT und BUSSY beobachteten ebenfalls, daß der Pannus nach der Bestrahlung ausblieb. In unseren eigenen Fällen zeigten sich entsprechend den Angaben von MERKULOW und SCHICK gelegentlich schnell auftauchende und schnell wieder verschwindende Hornhauttrübungen; während sie verschwanden, nahmen auch die übrigen vor der Bestrahlung vorhandenen Hornhauttrübungen bei Eintritt des guten Erfolges schnell ab. Das Auge blieb blaß oder wurde schnell wieder blaß, wenn es in den ersten Wochen nach der Bestrahlung eine Rötung gezeit hatte.

Von den übrigen Röntgentherapeuten seien JAPIOT und BUSSY, NEUSCHÜLER, LA VEGA, COURCY und MATHER, JENDRALSKI erwähnt. NEUSCHÜLER sah eine schnellere Heilung bei seinen 15 Fällen, wenn er mit kleinen Dosen einmal die Woche bestrahlte; LA VEGA fand die Aufhellung besser; COURCY und MATHER, die auch einmal pro Woche bestrahlten und diese Bestrahlung bis zu einer Zeit von 14 Wochen fortsetzten, bedienten sich häufig einer Kombination mit anderer Therapie.

Einen weniger optimistischen Standpunkt zu der Frage der Bestrahlung bei der *Keratitis parenchymatosa* nimmt neuerdings JENDRALSKI ein. Er hat den Eindruck gewonnen, daß es bei seinen leichten Fällen nicht möglich war, den Krankheitsablauf durch diese Therapie wesentlich zu beeinflussen. Dagegen gelang es ihm doch bei drei sehr schweren Fällen, die wochenlang allen therapeutischen Maßnahmen trotzten, sehr schnell die Gefäßbüschel zur Rückbildung zu bringen und einen Umschwung zu erzielen. Er gibt zu, seine schlechten Erfahrungen bei den leichten Fällen könnten dadurch bedingt sein, daß die Bestrahlungen unter wenig günstigen Verhältnissen vorgenommen wurden.

Mehrere Autoren gebrauchten auch *Radium* zur Behandlung der *Keratitis parenchymatosa*, jedoch sind die bis jetzt gemeldeten Resultate meist nicht besonders gut. KUMER und SALLMANN stellten bei einem schweren Falle nach der Radiumbehandlung sogar eine Phthisis und eine Abflachung der Hornhaut fest.

Vorläufig ist es noch sehr schwer, ein objektives Urteil zu gewinnen, wieweit Patienten mit Keratitis parenchymatosa nur durch die Bestrahlung gebessert wurden. Es handelte sich z. B. bei unseren eigenen Fällen einige Male um das zweite Auge, bei welchem die Erkrankung bekanntlich nicht selten leichter verläuft als am ersterkrankten Auge. Es schien mir ferner, als ob alle älteren Stadien der Erkrankung weniger dem Einfluß der Strahlen zugänglich waren als gerade frisch Erkrankte. Es kann in diesem Punkte die Angabe von MERKULOW und SCHICK bestätigt werden. Anscheinend hat man in der Strahlenwirkung doch einen günstigen Heilfaktor vor sich, der entgegen der Ansicht JENDRALSKIS gerade bei relativ leichten und frischen Fällen die Behandlung wesentlich beschleunigen und das Resultat verbessern kann.

Es bleibt die Frage offen, auf welchem Wege diese günstige Wirkung zustande kommt. Solange jedoch der Streit noch nicht endgültig ausgetragen ist, ob es sich überhaupt um eine echte Spirochätenerkrankung der Hornhaut handelt oder vielmehr nur um eine spezifische lokale Gewebsreaktion auf bestimmte toxische Produkte, die im Gefolge der Allgemeinerkrankung entstehen, oder auch um eine Art anaphylaktisch-allergischen Prozeß, ist eine feste, wissenschaftliche Basis für die Erklärung des Bestrahlungseinflusses noch nicht gegeben.

Bei der Keratitis parenchymatosa bleibt auch die Möglichkeit einer günstigen Wirkung auf die Wiederaufhellung im Endstadium. Soweit unsere eigenen Erfahrungen reichen, ist bei den spätbestrahlten Fällen eine merkwürdige vorteilhafte Wirkung nicht festgestellt worden. STUMPF dagegen, welcher mit $\frac{1}{10}$ HED Röntgenstrahlung in dem späteren Stadium der Keratitis parenchymatosa und bei anderen Hornhauttrübungen eine Reizwirkung erreichen wollte, glaubt an eine aufhellende Wirkung und vergleicht den Effekt mit dem der Dioninanzwendung. Gute Resultate mit der Aufhellung durch Röntgenstrahlen haben außer STUMPF auch andere Autoren erhalten. Über eine Hornhautaufhellung mit Radium findet man etwas bei WILLIAMS angegeben, der mit 45—75 Mc aluminiumgefilterter Radiumstrahlung, die auf 1 cm Abstand auf das Auge einwirkte, bei einem praktisch Blinden wieder Lesefähigkeit hergestellt haben will. KUMER und SALLMANN meinen, es sei bei den zur Zeit in der Literatur vorhandenen zerstreuten kasuistischen Angaben noch sehr unsicher, ob tatsächlich irgendwelche nennenswerten Erfolge bei der Aufhellung von Hornhauttrübungen erzielt werden. Man darf nicht vergessen, daß eine der Hauptfunktionen des Hornhautgewebes die *tadellose* Lichtdurchlässigkeit ist, und daß diese Hauptfunktion durch alle stärkeren Einwirkungen auf das Gewebe meist nicht verbessert, sondern gestört wird. Aus theoretischen Gründen dürften sich solche Reizmittel am meisten empfehlen, welche wirklich ausschließlich einen verbessernden Einfluß auf die Saftdurchströmung des Gewebes haben, wie z. B. das Dionin. Es liegt dagegen in der Natur der Strahlenwirkung, daß eine genügend starke Dosis leicht einen ungünstigen Einfluß auf die Zelle selbst ausübt, daß neben dem vermehrten Abtransport auch eine Schädigung des Eiweisses eintritt, welche gerade die gute Lichtdurchlässigkeit der Hornhaut vermindert. So weiß man also nicht recht, wieviel man bei den vereinzelt Mitteilungen über günstige Wirkung der Bestrahlung dem natürlichen Aufhellungsprozesse und wieviel man der speziellen Strahlenwirkung zuschreiben soll. Immerhin liegen doch einzelne recht günstige Berichte vor. Vielleicht handelt es sich allerdings bei den günstigsten Beobachtungen um relativ frische Prozesse, deren Aufhellung noch nicht abgeschlossen war und bei welchen die Reizwirkung der Strahlen und die Verbesserung des Stoffwechsels noch zur Aufhellung beitragen konnte. Ich habe in der Unfallpraxis schon Patienten gesehen, bei welchen Hornhautnarben ohne irgendeine Behandlung erst im zweiten Jahre nach der Erkrankung das Endstadium des

natürlichen Aufhellungsprozesses durchlaufen haben. Man soll deshalb bei der Beurteilung aller künstlichen Narbenaufhellungstechniken recht vorsichtig sein:

Strahlenbehandlung der Linsenerkrankungen. Nachdem mehrfach Cataract im Anschluß an Bestrahlungen beobachtet war, konnte der Gedanke aufkommen, experimentell eine genaue Dosierung bei Linsenbestrahlungen vorzunehmen und eine relativ geringe Dosis zu ermitteln, welche einen Reiz ausübt, ohne zu schaden und welche evtl. als Heilmittel wirken könnte. Falls der Altersstar durch eine verminderte Aktivität der Zellen entsteht, wäre der Gedanke erwägenswert, mit einem passend abgestuften Reiz die Vitalität der Zellen etwas zu heben; man könnte sich in diesem Falle vorstellen, daß mit einer passenden, wenn auch sehr geringen Stoffwechselsteigerung die vom Untergang bedrohten Zellen (Epithelien oder Linsenfasern) noch in guter Verfassung zu halten seien, daß also klinisch gedacht auch die Entwicklung des grauen Stars aufzuhalten wäre.

Eine gute experimentelle Arbeit über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Linse ist von BUSACCA und SIGHINOLFI im Jahre 1925 veröffentlicht worden. Es wurden von ihnen Meerschweinchen unfiltrierten und filtrierten Strahlen ausgesetzt und je nach der Dosis Kernzerfall, Störungen der Durchsichtigkeit usw. beobachtet. Es konnte die Dosis festgestellt werden, über welche hinaus reversible Veränderungen an den Kernen nicht vorkamen. Die Ergebnisse dieser Arbeit, ferner die von ROHRSCHEIDER experimentell gemachte wichtige Beobachtung, daß die Epilationsdosis ungefähr diejenige Schädigungsdosis ist, nach welcher Cataract entsteht, und eine Feststellung SCHEERERS, daß schon mit 80% HED eine Röntgencataract hervorgerufen werden konnte, würden gewisse Anhaltspunkte für die Dosierungen bei weiteren Versuchen geben. Man würde abgestufte Quanten im Experiment einwirken lassen, die Linsen hinterher untersuchen und vielleicht gelegentlich (Fälle mit dringlicher Tumorbstrahlung, z. B. Gliom) am Menschen feststellen können, welches die geringste schädliche und (falls es eine solche gibt) welches eine nützliche therapeutische Dosis ist. Hiermit wäre kurz skizziert, wie diese Frage wissenschaftlich weiter untersucht werden könnte.

In Wirklichkeit sind leider grade die amerikanischen Autoren, welche sich bis jetzt hauptsächlich mit dieser Therapie in praxi beschäftigt haben, nur ganz grob empirisch vorgegangen. Fußend auf einem einzelnen Experiment KLOSTERS, haben sie zum ersten Male im Jahre 1918 therapeutische Bestrahlungen der erkrankten Linse mit Radium vorgenommen. Von COHEN und LEVIN wurden 20 mgh Radium, durch Messing gefiltert, aus 2 cm Entfernung durch die Lider hindurch auf den Augapfel zur Einwirkung gebracht. Bestrahlungszeit: 2 Stunden, alle 5—7 Tage. Von 24 Cataracten sollen 87,5% gebessert worden sein. FRANKLIN, SCOTT und CORDES nahmen einige Jahre später 10 mgh, filterten die Strahlung mit $\frac{1}{2}$ mm Silber und ließen die Strahlen aus einem vulkanisierten Block mit zentraler Öffnung auf den Augapfel wirken. Es wurden 10 mgh zur Einwirkung gebracht; die Bestrahlungen wurden 2mal wöchentlich, später 1mal wöchentlich, schließlich 1mal monatlich vorgenommen. Dabei wurden angeblich 84,3% Besserungen erhalten.

Einen weiteren praktischen Beitrag zur Frage der Cataractbestrahlungen haben neuerdings GABSZEWICZ und WACHTEL gegeben. Bei den 14 mit Radium behandelten Fällen trat bei der Prüfung mit der Sehschärfemethode Fortschritt der Cataract in 14%, Stationärbleiben in 50%, Besserung in 25% ein; bei nicht behandelten Fällen Fortschritt in 71%, keine Veränderung in 29%. Die Verfasser haben nun daraus den Schluß gezogen, daß man in der Radiumbehandlung ein wertvolles Mittel besitze! Wer häufig Kontrolluntersuchungen mit der Sehschärfemethode vorgenommen hat, dürfte bei kritischer Einstellung nicht davon überzeugt sein.

Sehr verdächtig sind bei den erwähnten Publikationen die zahlreichen „Besserungen“. Könnte man sich, wie oben dargetan, wohl vorstellen, daß der graue Star in seinem Fortschreiten aufzuhalten wäre, so ist es aber auf Grund unseres heutigen Wissens nicht denkbar, wie man als Cataract sichtbare Trübungen der Linsenfasern wieder zur Aufhellung bringen soll. Nach gut begründeten kolloid-chemischen Vorstellungen handelt es sich bei der Cataract doch schon um irreversible Prozesse.

Wir wissen (und sehen es an den gleichzeitig mitgeteilten Fällen außerdem), daß auch nicht behandelte Starpatienten „Besserungen“ bei der Prüfung mit der Sehschärfenmethode zeigen können. Nach meiner Ansicht handelt es sich gerade bei der Sehschärfenprüfung um ein außerordentlich schlechtes und trügerisches Verfahren, mit dem man alles beweisen kann. Übrigens haben andere amerikanische Autoren (MACKEE und SWETT) die angeblich guten Resultate ihrer Landsleute nicht bestätigen können.

Erkrankungen der Uvea. Vereinzelt Arbeiten berichten über gute Ergebnisse bei der *Bestrahlung der nichttuberkulösen akuten Iritiden*. HORVATH gebrauchte die Röntgenstrahlung einer COOLIDGE-Röhre bei 80 Kilovolt Spannung und 3 mm Aluminiumfilter, ließ zunächst $\frac{1}{3}$ HED, nach einer Woche unter Umständen noch eine ähnliche oder eine etwas geringere Dosis, schließlich nach mehreren Wochen noch geringere Dosen zur Einwirkung gelangen. Dabei sollen akute Iritiden fast stets günstig beeinflußt worden sein. Meistens genügte eine Bestrahlung. Die Erkrankungen kamen rezidivfrei zur Heilung.

Der gleiche Autor gebrauchte diese Strahlung *zur Behandlung bei 7 Fällen sympathischer Ophthalmie*, doch soll hier nur eine vorübergehende Besserung, aber keine wesentliche Änderung des schließlich schlechten Endausganges erfolgt sein. KUMER und SALLMANN machten Versuche mit Radium, hatten aber durchaus keine guten Erfahrungen. Höchstens konnte eine Drucksteigerung zeitweise gebessert werden.

Interessant sind die Versuche mit Bestrahlung bei traumatischen *Iris cysten*. Mit ziemlich weicher Röntgenstrahlung (4 Sitzungen in 2—3 wöchentlichen Abständen) hat HANDMANN eine Cyste vollkommen zur Rückbildung gebracht. Ein ähnlicher Fall wurde von SALUS mit 140% der HED geheilt. Auch radioaktive Präparate wurden gebraucht. Schon vor Jahren hatte AXENFELD einmal einen erfolgreichen Versuch mit Mesothorium unternommen. Weniger erfolgreich waren KUMER und SALLMANN mit Radium. In einem Falle trat später die vorher verkleinerte Cyste wieder auf. In einem anderen Falle vergrößerte sich die Cyste schließlich trotz erneuter verstärkter Bestrahlung. Ebenfalls nur vorübergehende Erfolge hatte auch JENDRALSKI, der Röntgen und Mesothorium bei je einer Iris cyste benutzte. Bei 3 Fällen der Berliner Klinik hatten die Versuche auch keinen praktischen Erfolg.

Behandlung von Netzhauterkrankungen. Während einerseits beschrieben ist, daß bei einem Röntgenologen nach 20jähriger Einwirkung der Röntgenstrahlen eine pigmentosaähnliche Netzhauterkrankung entstand (CASOLINO), haben andere Autoren (MERKULOW und SCHICK, SGROSSO) den Versuch gemacht, die Pigmentartung der Netzhaut durch Röntgenbestrahlung zu heilen. MERKULOW und SCHICK wollen eine Besserung der Sehschärfe und des Gesichtsfeldes gefunden haben. Man muß sich fragen, ob ein solches Ergebnis auf Grund unserer Vorstellungen über den Krankheitsprozeß möglich ist. Im allgemeinen ist jedenfalls die Anwendung von Röntgen- und Radiumstrahlen bei den speziellen Erkrankungen der hinteren Augenhäute und bei Sehnervenleiden abzulehnen.

Behandlung des Glaukoms. Bei diesem Leiden können wenigstens gewisse symptomatische Erfolge erzielt werden. Nach HESSBERG soll beim hämorrhagischen Glaukom eine ziemlich weich gefilterte Strahlung die Gefäße veröden

und die Blutung zum Stehen bringen, wobei gleichzeitig eine Schmerzstillung beobachtet wird. Damit parallel gehe eine gewisse Druckherabsetzung. Die Erfolge sind nach HESSBERG denjenigen bei der Strahlentherapie gynäkologischer Blutungen und schmerzhafter hämorrhagischer Metropathien gleichzusetzen. Die günstige Beeinflussung der Nerven könnte in der (schon von WILMS beobachteten) günstigen Einwirkung auf Neuralgien ihre Analogie finden. Über solche rein symptomatische Röntgentherapie bei Glaucoma absolutum und haemorrhagicum ist in letzter Zeit noch mehrfach berichtet worden (z. B. von LLOYD, HENSEN und SCHAEFFER). Es wurden aber auch Rückfälle beobachtet, und es darf nicht unerwähnt bleiben, daß nach Bestrahlungen bei anderen Erkrankungen Glaukom gerade als Komplikation auftreten kann.

Einwirkung auf die Gefäße. Einen ähnlichen guten Effekt wie beim Glaucoma haemorrhagicum glaubt HESSBERG auch bei reinen Gefäßerkrankungen zu erreichen. Er hat z. B. die Behandlung der Netzhautvenenthrombose empfohlen. 4 Fälle, die bei der Berliner Universitäts-Klinik nach seinen Vorschriften behandelt wurden, zeigten nicht den vom Autor erstrebten Erfolg.

HESSBERG sah auch günstige Einwirkung auf die Hämophilie; durch Milzbestrahlung im Essener Röntgenlicht-Institut ließen sich mehrfach hämophile Blutungen zum Stehen bringen, sowie erreichen, daß Augenoperationen ausgeführt werden konnten, die sonst nicht möglich gewesen wären.

b) Behandlung der Augentuberkulose.

Die Röntgen- und Radiumbestrahlung bei Augentuberkulose wurde erst im letzten Jahrzehnt aufgenommen. Man hat sicherlich schon viel früher hie und da an diese Art der Behandlung gedacht. Jedoch der Gedanke an die Möglichkeit, daß bei dieser an sich schon gefährlichen Erkrankung des Auges nach der Bestrahlung unerwünschte Reaktionen auftreten könnten, hatte wohl lange Zeit verhindert, daß bei der Tuberkulose einmal ernstliche Bemühungen mit der Strahlentherapie gemacht wurden. KLOSTERS Experimente fielen der Vergessenheit anheim. Erst JENDRALSKI machte bei seinen systematischen Versuchen auf dem gesamten Gebiet der Röntgentherapie eine praktische Anwendung der Bestrahlung bei einer kleinen Reihe tuberkulöser Erkrankungen. Fast zu gleicher Zeit wurden aber auch in Tübingen schon tuberkulöse Augen mit Röntgenstrahlen behandelt. Durch die Tübinger Schule wurde diese Therapie dann stärker propagiert und hat schließlich an vielen Kliniken Eingang gefunden.

Es liegt jetzt auch eine gute experimentelle Arbeit über die Bestrahlung der Augentuberkulose von DAVIDS vor, der 20 mit einem abgeschwächten Stamm des Typus humanus geimpfte Kaninchen bestrahlte und die Augen histologisch untersuchte. Obgleich meistens das schwerer erkrankte Auge bestrahlt wurde, bot dieses hinterher in vielen Fällen das günstigere Bild. DAVIDS glaubt, daß bei längerer Beobachtung noch bessere Resultate erzielt werden könnten.

JENDRALSKI hatte bei seinen ersten Versuchen mit der Behandlung von Iristuberkulose Einzeldosen von etwa 30—35% der Volldosis gewählt. Dabei erhielt er 5mal einen deutlichen Erfolg. Es zeigte sich schon damals, daß die Dosis nicht zu hoch genommen werden durfte, weshalb JENDRALSKI schließlich auf 18% zurückging. Von der Breslauer Schule, der auch JENDRALSKI angehört, wurde das typische Verhalten nach der Bestrahlung folgendermaßen beschrieben (MARTENSTEIN und RICHTER):

„Etwa 24 Stunden nach der Bestrahlung setzte die Frühreaktion ein, die meist nach weiteren 24 Stunden abgeklungen war. Das Auge begann daraufhin abzulassen, die Exsudatbildung hörte auf, Präcipitate schwanden und die Knötchen bildeten sich zurück. Synechien, die häufigen Atropininstillationen

getrotzt hatten, lösten sich überraschend schnell. In frischen Fällen war das Auge schon nach einer oder zwei Bestrahlungen reizlos. Abgesehen davon, daß die Behandlungsdauer kürzer und der Erfolg sicherer war, hatte die frühzeitige Bestrahlung auch noch den Vorteil, daß die Bildung von Entzündungsprodukten kupiert und das Auge in seiner Funktion nicht geschädigt wurde. Bei älteren Iritiden dagegen waren nicht nur höhere Gesamtdosen erforderlich, um den Prozeß zum Stillstand zu bringen, in einigen Fällen (23%) versagte die Röntgentherapie völlig“.

JENDRALSKI hatte die Dosis schon an der unteren Grenze gehalten. Systematisch ausgebaut wurde die *Schwachbestrahlung* erst von STOCK und SCHEERER in der Tübinger Klinik; die Dosis wurde von zunächst 30% auf 20% und schließlich auf 10—15% herabgesetzt, weil damit der therapeutische Zweck vollkommen erreicht werden kann.

Dieser Zweck besteht nach SCHEERER in erster Linie in einer Lymphocytenzerstörung ohne Gefäßschädigung. Falls er eine Oberflächendosis von nur etwa 10% benutzte, so wurde nach seiner Berechnung die Lymphocytenzerstörung in der Iris durch Absorption von 2% der HED erzielt. Mit dieser Dosis ist nun aber nach SCHEERER auch die untere Grenze erreicht, mit welcher die Tuberkulose noch beeinflußt werden kann. (Später wurde sie wieder auf etwa das Doppelte erhöht.) Von SCHEERER werden die typischen Wirkungen folgendermaßen beschrieben: „In den meisten Fällen tritt nach 12—24 Stunden, manchmal fast unmittelbar im Anschluß an die Bestrahlung, eine mehr oder weniger heftige Reizung auf in Form einer Hyperämie der Iris, meist weniger der episcleralen Gefäße. Vorwiegend scheint hierfür der schon vorher bestehende Reizzustand bzw. das Vorhandensein von Irisgefäßchen maßgebend zu sein; doch lassen sich hierfür keine bestimmten Regeln angeben, und wir können es einem Auge meist nicht ansehen, wie es reagieren wird. Am ehesten ist eine lebhaftere Reaktion einmal bei frischen akuten Prozessen zu erwarten und dann, wenn etwa 3 Wochen nach einer Bestrahlung eine spontane, wohl als Röntgenwirkung aufzufassende Reizung eintritt und in diesem Stadium bestrahlt wird; ähnlich verhalten sich frische Rezidive“. „Mehrfach sahen wir lebhaftere Reaktion bei Fällen, die dann auf die erste und einzige Bestrahlung ausheilten, oder abnehmende Reaktion bei mehrfach bestrahlten Fällen, die ebenfalls günstig verliefen. Geringe oder fehlende Reaktion scheint prognostisch durchaus nicht ungünstig zu sein“. „Merkwürdigerweise beschränkt sich diese Reizung fast vollkommen auf die Hyperämie. Eine Steigerung der exsudativen Prozesse ist selten und hält sich in ganz engen Grenzen“. „Die eigentliche und frappanteste Wirkung zeigt sich aber an den Irisknötchen, so daß wir von Anfang an und im wesentlichen auch jetzt noch auf dem Standpunkt stehen, daß die Fälle mit Irisknötchen das dankbarste Objekt für die Strahlentherapie bilden“. „Wir sehen die Knötchen in der Regel schon nach wenigen Tagen kleiner werden und zugleich mit dem Rückgang der Hyperämie im Laufe von 2—4 Wochen verschwinden, also genau wie bei der Lymphdrüsentuberkulose. Der Vorgang ist so regelmäßig, daß sich ein Hinweis auf einzelne Fälle erübrigt“. „Nächst den Irisknötchen sehen wir mehrfach einen ziemlich raschen Rückgang tiefer Hornhautinfiltrate“.

Sekundäre Produkte verhalten sich nach SCHEERER verschieden; fast immer hört nach der Bestrahlung die Neubildung von Exsudaten auf. Gelegentlich wurden Sekundärglaukome beobachtet. Insgesamt ist aber nach den Erfahrungen der Tübinger Klinik die Röntgenbestrahlung ein mächtiges Hilfsmittel; *es gelinge auf keinerlei andere Weise, die akuten Erscheinungen so sicher und rasch zu beseitigen wie mit der Bestrahlung.*

Von STOCK ist in einer Handbuchbearbeitung der Röntgentherapie des menschlichen Auges die gute Wirkung der Strahlenbehandlung bei der Tuberkulose besonders hervorgehoben und schließlich die beste Dosis mit 20% HED angegeben worden. STOCK will selbst im Laufe eines Jahres nicht über 60% der HED hinausgehen und mindestens eine Pause von 8 Wochen zwischen den einzelnen Sitzungen einlegen. Die Zahl der Fälle, die auf die Strahlenbehandlung reagieren, schätzt STOCK auf 80%. STOCK will aber ebenso wie SCHEERER *diese Art der Behandlung auf die Uvealtuberkulose des vorderen Abschnittes beschränkt* wissen. Bei den behandelten Chorioiditiden hatte er eine mindestens ebenso große Zahl von Mißerfolgen wie Erfolgen; er glaubt, daß sich die Netzhauterkrankungen erst recht nicht für eine Röntgenbestrahlung eignen. Es zeigten sich bei der starken Reaktion gelegentlich Glaukome. Indes bringt nach STOCK die Bestrahlung keine Verschlechterung für die spätere Operation.

Auch die Staroperationen werden durch die Bestrahlung nicht ungünstig beeinflusst.

WERDENBERG hat neuerdings in einer bemerkenswerten Übersichtsarbeit ausführlich über 201 Röntgenbestrahlungen berichtet, die bei tuberkulösen Iridocyclitiden angewandt worden waren. Er gebrauchte eine abgestufte Dosierung in einer Stärke von $2\frac{1}{2}$ —20% HED, wobei nur in kritischen Fällen eine relativ kleine Anfangsdosis benutzt wurde. Am günstigsten reagierten frischere Iris- und Ciliarkörpertuberkulosen, ferner ältere mit ausgedehnter sklerosierender Keratitis, weniger gut alte mehr produktive wie fibröse Iridocyclitiden, z. B. solche mit schweren Residuen. Bei den älteren Erkrankungen wurde meist eine Einzeldosis von 20% HED genommen. Bei 28 Augen wurde ein positiver Erfolg erzielt, bei 16 Augen war die Bestrahlung erfolglos, 10mal trat eine starke Frühreaktion auf (bei Dosen von 5—15% HED). Bei einer exsudativen und einer alten hyperämischen Iridocyclitis sah WERDENBERG lange anhaltende Schädigungen in Gestalt von Frühreaktionen mit Exsudat und starker intraokularer Blutung, obwohl die Dosis nur 5—15% HED betragen hatte. Bei 2 weiteren Fällen von exsudativer und glaukomatöser Iridocyclitis erschien schon nach Anwendung von $2\frac{1}{2}$ % HED in wenigen Stunden eine starke Frühreaktion!! WERDENBERG empfiehlt mit großem Nachdruck eine vorsichtige Dosierung.

In der Berliner Universitäts-Klinik wurden durch meinen Kollegen ROHR-SCHNEIDER bisher 32 Fälle bestrahlt, dabei pro Sitzung eine Dosis von 18 bis 25% unter Anwendung verschiedener Filter zur Einwirkung gebracht und im Falle mehrfacher Bestrahlung Zwischenräume von mindestens zwei Wochen eingeschaltet. Wir sahen wirklich gute Erfolge im wesentlichen nur bei den frischeren Erkrankungen und fanden ältere Fälle meistens wenig beeinflussbar. Das Gesamtergebnis war zwar auch nicht schlecht, aber doch nicht so günstig, wie es nach den Ergebnissen der Tübinger Klinik sein sollte. Bei vielen Fällen war z. B. zunächst zwar eine gute Wirkung nicht zu verkennen, später traten aber dennoch nicht selten Rezidive auf, so daß dann manchmal noch andere Mittel (Tuberkulininjektion) zu Hilfe genommen werden mußten. Der deutlichste Einfluß ließ sich in Übereinstimmung mit SCHEERER, WERDENBERG u. a. bei der Knötcheniritis erweisen. Bei dieser möchte ich auch unbedingt die Bestrahlung als eine wesentliche Bereicherung unseres Schatzes von Heilmitteln ansehen. Der Arzt, der sie ausführt, muß aber wissen, daß selbst bei diesen verhältnismäßig günstigen Fällen auch Mißerfolge vorkommen. So sahen wir wenig angenehme Komplikationen, z. B. massenhaftes Auftreten von Präcipitaten, gelegentlich auch eine Drucksteigerung wenige Tage nach der Bestrahlung. Im allgemeinen dürften sich unsere eigenen Resultate gut mit denjenigen von MYLIUS decken. Wir halten aber die Bestrahlung nicht nur für ein Anregungsmittel, sondern glauben doch, daß bei richtiger Dosierung (vielleicht auch durch den Einfluß bestimmter Wellenlängen) eine besonders günstige, fast „spezifische“ Einwirkung auf das tuberkulöse Granulationsgewebe erzielt werden kann, welches wohl infolge seiner histologischen Zusammensetzung (Lymphocyten!) schon auf geringe Strahlendosen kräftig reagiert.

Jedoch ist mit dem schnellen Zerfall nach der Bestrahlung und mit der scheinbaren „Heilung“ noch kein Dauerresultat gesichert; wenn man den Gesamtverlauf der bestrahlten Fälle betrachtet, so muß man konstatieren, daß die Zahl der günstigen Ergebnisse geringer ist als man nach der ersten Reaktion erwarten könnte. Auch darf nicht vergessen werden, daß das Grundeiden, nämlich die Allgemeinerkrankung an Tuberkulose, welche der Augenerkrankung zugrunde liegt, durch die lokalen Bestrahlungen nicht beeinflusst werden kann!

Neuerdings wurde von einigen Autoren die Indikation bei den tuberkulösen Erkrankungen noch erweitert. Während die meisten bisher erwähnten Arbeiten nur die *Uvealerkrankungen* des vorderen Abschnitts zur Behandlung herangezogen haben, hat JENDRALSKI jetzt darauf hingewiesen, daß auch speziell die Scleritiden günstig reagieren. In 10 Fällen, meistens tuberkulöser Natur, mit teilweise großen buckligen Entzündungsherden, starken Reizerscheinungen und sichtbarem Vormarsch auf die Hornhaut, trat immer ein rascher Erfolg ein. Die Rezidive, die sich bei 3 Patienten zeigten, wurden durch weitere Bestrahlungen geheilt.

Füher hatte man sich ferner gegenüber Bestrahlung des hinteren Abschnittes meist ablehnend verhalten. STOCK gibt z. B. an, daß er bei der Chorioiditis tuberculosa verhältnismäßig schlechte Erfolge hatte und rät deshalb von Bestrahlungen ab. BRAUN und HERRNHEISER sowie JENDRALSKI haben jedoch gerade bei dieser Erkrankung verhältnismäßig günstige Wirkungen beobachtet. BRAUN und HERRNHEISER halten deshalb die tuberkulöse Aderhautentzündung für ein zur Bestrahlung sehr wohl geeignetes Leiden; auch der im allgemeinen recht kritisch eingestellte JENDRALSKI sah bei seinen 5 Fällen mit frischen Erkrankungsherden raschere Abgrenzung und eine günstigere Vernarbung als an den anderen alten schon vorher vorhandenen Herden.

JENDRALSKI behandelte auch 4 Fälle einer solitären Netzhaut-, Aderhauterkrankung höchstwahrscheinlich tuberkulöser Natur. Bei 3 von diesen 4 Fällen schien der Erfolg ein ausgezeichnete zu sein. JENDRALSKI betont, daß man bezüglich seiner Indikationen zwischen diesen solitären Erkrankungen und der Periphlebitis tuberculosa scharf unterscheiden müsse. Nur bei letzterer Erkrankung hält er, ebenso wie STOCK, eine Strahlenbehandlung für kontraindiziert.

Alle vorher angeführten Tuberkulosebestrahlungsversuche bezogen sich auf Erkrankungen des inneren Augapfels. Es soll nicht vergessen werden, hier anzufügen, daß eine der allerersten therapeutischen Bemühungen mit Röntgenstrahlen externe Augentuberkulose, nämlich Lupusfälle mit Beteiligung des Auges, betraf: KÜMMELL konnte schon im Jahre 1897 in Hamburg solche Patienten demonstrieren, bei denen eine Röntgenbestrahlung mit bestem Erfolge stattgefunden hatte; hochgradige Zerstörungen waren in glatte zarte pigmentfreie Narben übergegangen. Es waren diese Bestrahlungen mit kleinen Dosen täglich zweimal eine Viertelstunde lang mehrere Monate durchgeführt worden. Gegenüber neueren relativ schlechten Resultaten ROTHMANNs muß also ausdrücklich hervorgehoben werden, daß auch die Behandlung des Lupus mit Röntgenstrahlen gute Resultate geben kann, wenn sie richtig durchgeführt wird. Eine andere ziemlich seltene Form von Bindehauttuberkulose, einen dem Augapfel angelagerten Tumor von 8—11 mm Größe, dessen tuberkulöse Natur durch Tierimpfung erwiesen werden konnte, hat MIGLIORINO sowohl mit Radium wie mit Röntgen behandelt. Die Radiumbestrahlungen brachten ihm keinen Erfolg. Erst nach 10 Röntgenbestrahlungen (Dosis in dem mir zugänglichen Referat nicht angegeben) trat Narbenbildung ein.

c) Bestrahlung der Tumoren.

1. Allgemeines.

Die Tumorbstrahlung ist schon in der ersten Zeit der Röntgentherapie ein Hauptgebiet gewesen. Seitdem FREUND im Jahre 1897 einen Pigmentnaevus bestrahlte, sind viele Tausende von Geschwülsten erfolgreich, aber leider noch viele mehr ohne entscheidenden Erfolg oder erfolglos mit Röntgenstrahlen und Radium behandelt worden. Man braucht nur die kritischen Veröffentlichungen des Heidelberger Krebsforschungs-Institutes (WERNER und GRODE) zu

lesen, um einzusehen, daß auch bei Anwendung der modernsten Technik weitgehende Hoffnungen auf eine erfolgreiche Behandlung *aller* Tumoren nicht berechtigt sind und daß in absehbarer Zukunft eine Änderung in dieser Beziehung unwahrscheinlich ist. HALBERSTAEDTER hat ebenfalls neuerdings betont, daß eine feste Dosierung mit der sicheren Aussicht auf Erfolg nicht durchführbar sei.

Die Strahlenwirkung an den Tumoren ist an sich der Wirkung auf physiologisches Gewebe analog. Man erstrebt mit der Bestrahlung entweder

1. die gänzliche Vernichtung des Tumors oder
2. eine Verbesserung des Operationseffektes durch eine Nachbestrahlung.

Der günstigste Effekt der Bestrahlung, die Vernichtung des Tumorgewebes bei Erhaltung des umgebenden gesunden, basiert auf der oft differenten Empfindlichkeit der Zellen bei der Bestrahlung. Dabei ist aber auch die Reaktion der umgebenden Gewebe äußerst wichtig. Man soll die Tumorzellen nach Möglichkeit abtöten oder die Proliferation entscheidend schädigen, ohne daß die gesunden Nachbargewebe darunter leiden; dies hat am Auge ganz besonders Gültigkeit, weil hier das gesunde Gewebe fast überall eine hochwertige Funktion besitzt und oft der ganze Augapfel zugrunde geht, wenn größere Bezirke seiner Gewebe einmal stärker angegriffen wurden.

Die Empfindlichkeit der Tumorzellen ist außerordentlich verschieden. Es gibt sowohl besonders empfindliche wie sehr unempfindliche Geschwülste. Recht empfindlich sind z. B. die epithelialen Geschwülste mit stärkerer Proliferationsfähigkeit, andererseits auch Tumoren mit Zellen besonderer Herkunft, z. B. der Basalzellenkrebs. Noch unterschiedlicher als die Carcinome reagieren die Sarkome; ziemlich empfindlich sind diejenigen, die von einer empfindlichen Muttersubstanz abstammen (HEINICKE), wie z. B. die Lymphosarkome. Nach von WASSERMANN werden bei der Bestrahlung besondere Zellelemente, die Genozepatoren, abgetötet; damit würde die Teilungsfähigkeit der Zelle erlöschen.

Die Empfindlichkeit hängt aber auch von verschiedenen noch wenig erforschten Einflüssen ab, z. B. von dem Allgemeinzustand des Patienten, dem Alter des Tumors, der Nachbarschaft des Tumors usw.

Die Wirkung der Bestrahlung äußert sich auch am Tumor bei schwachen Dosen in einer Zellreizung (aktive Hyperämie und dadurch bedingte erhöhte Lebenstätigkeit des Gewebes; auch an eine direkte Zellreizung ist zu denken, obwohl diese von namhaften Radiologen bestritten wird) und davon abhängig in einem vermehrten Wachstum; bei stärkeren Dosen findet man Kernzerfall, Hinderung der Zellvermehrung, bei genügend starken Dosen schließlich sieht man schnelles Einschmelzen unter Bildung einer Narbe. Nicht alle Geschwülste reagieren so günstig. Neuere Bestrebungen gehen deshalb zum Teil auch dahin, durch schwellenmäßig abgestufte Schwachbestrahlungen gleichzeitig dem Geschwulstboden eine erhöhte Reaktionsfähigkeit zu geben. Nach LAZARUS ist das am besten mit einer passend abgestuften Radiumbehandlung möglich, die auch deshalb besser sei als die Röntgenbehandlung, weil sie den Geschwulstboden weniger schädige. Die cytokaustische Wirkung der β -Strahlen, die bis auf 7 mm Entfernung im Gewebe wirksam sind, sei besonders günstig, um Tumorstücke wegzuschaffen.

Jedenfalls muß *in allen Fällen* die Röntgen- und Radiumdosis der Empfindlichkeit des Tumors gut angepaßt werden. KRÖNIG und FRIEDRICH sowie SEITZ und WINTZ hatten wohl zunächst geglaubt, daß es für jede Tumorart eine bestimmte Dosis gebe. Bei Carcinomen sei 90—130%, bei Sarkomen 60 bis 70% der HED genügend zur Abtötung. Später hat sich jedoch gezeigt, daß solche Schematisierung bezüglich der Dosis nicht möglich ist. Letzten Endes

entscheidet immer die Empfindlichkeit des einzelnen Falles. Zahlreiche Tumoren sind so wenig empfindlich, daß sie schon bei der ersten Bestrahlung selbst gegenüber der doppelten Dosis keine Reaktion zeigen. Eine bestimmte Dosis für jede Art des Tumors gibt es nicht.

Häufig sieht man eine nur scheinbar gute Reaktion schon bei relativ geringen Dosen; es bleiben auch nicht selten Inseln in dem Tumor zurück, welche wenig oder gar nicht reagieren. Steigert man nachher die Dosis, so zeigt sich oft mit jeder Bestrahlung eine weitere Verminderung der Empfindlichkeit, so daß dabei sehr schnell die Grenze erreicht wird, welche im Interesse der Nachbarschaft des Tumors auf keinen Fall überschritten werden darf.

Eine lehrreiche Zusammenfassung über die *möglichen* biologischen Wirkungen bei der Tumorbestrahlung gibt WERNER. Er unterscheidet folgende Effekte:

1. Reizung des Geschwulstgewebes zu vermehrtem Wachstum ohne entsprechende Steigerung des Widerstandes im Organismus (bei zu schwachen Bestrahlungen).

2. Vermehrung des Antagonismus der Umgebung ohne Reizung, aber auch ohne stärkere Schädigung des Geschwulstgewebes (günstige Wirkung kleiner Dosen evtl. Fernwirkung).

3. Starke Schädigung des Geschwulstgewebes unter gleichzeitiger Stimulation der Umgebung zu vermehrtem Widerstand (Heilung bei Einwirkung großer Dosen).

4. Schädigung des Geschwulstgewebes ohne Lahmlegung der Wachstumstendenz, bei gleichzeitiger Schädigung der Umgebung (rapides vermehrtes Tumorwachstum nach der Bestrahlung).

5. Starke Läsion des Geschwulstgewebes und seiner Umgebung (also Heilung mit schweren Nekrosen in der Umgebung).

Bei 1 und 4 handelt es sich um therapeutisch unwirksame und schädliche Reizungen, bei 2 und 3 um günstige Behandlungseffekte. Die Kunst des Strahlentherapeuten besteht darin, die schädlichen Reizwirkungen am Tumor und in der Nachbarschaft zu vermeiden und doch die Heilung zu erzielen. Die Röntgenstrahlen besitzen gegenüber dem Radium den Vorzug, daß man sie in beliebiger Menge gleichmäßig über große Gebiete auch in großen Gewebstiefen verteilen, dabei durch Filter resp. durch Härteänderung die Tiefenwirkung gut einstellen kann. Die Radiumstrahlen besitzen dafür den Vorzug des stärkeren, die Tumorzelle schädigenden Effektes. Außerdem kann man wegen des Entfernungsgesetzes bei Anwendung kleiner Mengen, die unmittelbar an den Wirkungs-ort herangebracht werden (durch Spicken mit Röhrchen), den Effekt des Radiumpräparates fast streng lokal begrenzen und den Boden des Tumors nach Möglichkeit schonen.

Bei der Bestrahlung *am Auge* äußern sich die Vorzüge der Röntgenstrahlen darin, daß man mit ihnen schnell auch größere Tiefen in der Orbita genügend bestrahlen, andererseits die direkte Röntgenstrahlung überall schon durch 2 mm dicke Filter praktisch völlig genügend abschirmen kann; das gilt auch für die Linse. Bei Anwendung des Radiums besteht für die Linse nur dann keine Gefahr, wenn man mit relativ geringen Mengen, durch Plattenträger oder durch unmittelbar auf die Schleimhaut gebrachte Röhrchen nur die Oberfläche der Schleimhaut oder der Hornhaut einer stärkeren Strahlenwirkung aussetzt. Bei der Fernbestrahlung mit Radium dagegen (intraorbitale Geschwülste) ist es wegen der mangelhaften Filtermöglichkeiten (1 cm Blei absorbiert nur 30% der γ -Strahlung) kaum zu vermeiden, daß die Linse einen großen Teil der applizierten Dosis mitbekommt. Allerdings wird man meistens wegen der Gefährlichkeit der Tumoren auch den grauen Star in Kauf nehmen können.

Sehr günstig für die Behandlung sind trotz aller Fortschritte auch heute nur die oberflächlicher gelegenen Tumoren, an welchen sich die Wirkung unmittelbar kontrollieren läßt. Handelt es sich um Lidgeschwülste, so kann man im Falle der Röntgenstrahlenbehandlung den Augapfel gut abdecken. Bei der Radiumbehandlung kann man eine stärkere Mitbestrahlung des Augapfels ebenfalls vermeiden, indem man den Tumor spickt oder das Radium direkt auflegt. Bei den relativ kleinen Lidgeschwülsten nimmt bei dieser Anordnung die Wirkung auf den Augapfel schon in $\frac{1}{2}$ cm Entfernung ganz beträchtlich ab; die Distanz und der Schutz läßt sich durch zwischengeschaltete dicke Prothesen oder durch Abziehen des Lides noch steigern. Für den hinteren Augenpol berechnete man bei der üblichen Radiumapplikation an der Lidhaut nur eine Mitbestrahlung von 3% der am Lide zur Wirkung kommenden Dosis, das ist also praktisch ganz unbedeutend. Auch die Einwirkung auf die Linse läßt sich bei der Radiumbestrahlung des Lides wohl stets unter 10% der Dosis halten (s. D. TEN HOED, G. STOLL und S. DE VRIES).

Eine Gefahr für die wichtigen Teile des Augapfels, besonders für die Linse, entsteht aber, wenn eine Tiefenbestrahlung der Augenhöhle durchgeführt werden muß; bei Einäugigen oder praktisch einäugigen Menschen können schwer operierbare Geschwülste den Anlaß geben, daß solche Tiefenbestrahlung der Augenhöhle notwendig wird, auch wenn ein sicherer Erfolg nicht in Aussicht steht.

Besser läßt sich schließlich eine gute Dosierung ohne Gefahr für den Augapfel wieder durchführen bei den Geschwülsten in der Gegend der Sella (s. S. 795). Man gebraucht Kreuzfeuerbestrahlungen mit mehreren Feldern, die wegen des größeren Abstandes vom Augapfel hier leicht so gewählt werden können, daß eine direkte Bestrahlung des Augapfels mit einer schädlichen Dosis nicht in Frage kommt. Unangenehm sind dabei auch die ziemlich unberechenbaren Sekundärwirkungen. Gegen diese von hinten her in den Augapfel eindringenden Sekundärstrahlen gibt es keine Abblendung. Immerhin ist doch eine Erkrankung an grauem Star bei richtiger Bestrahlung der Sella kaum zu befürchten, weil selbst die härtesten Sekundärstrahlen eine relativ geringe Reichweite haben.

2. Spezielles über Röntgen- und Radiumbestrahlung der Tumoren.

Lidgeschwülste.

Naevi. Die kleinsten gutartigen Geschwülste, z. B. die Warzen, bedürfen keiner Strahlenbehandlung; sie sind viel einfacher chirurgisch zu entfernen.

Mäler und Angiome. Etwas unangenehmer sind bei dieser Gruppe von Geschwülsten diejenigen Angiome, welche mit Ausläufern in die Tiefe reichen und dann in gewissem Sinne den Orbitaltumoren zuzurechnen sind. Trotzdem sind gerade die Angiome eines der Vorzugsgebiete für Radiumbehandlung. Bei KUMER und SALLMANN findet man eine ausgezeichnete, durch Abbildungen unterstützte Darstellung dieser Behandlung. Auch hier ist Vorsicht am Platze, weil gerade der oberflächliche Naevus flammeus (das Feuermal) durchaus nicht immer günstig auf Radium reagiert. Man wird bei den Feuermälern besser von vornherein eine andere Methode heranziehen, z. B. Elektrolyse- oder Kohlensäureschneebehandlung (näheres vgl. Abschnitt Kaustik). Versucht man aber doch die Radiumbehandlung des Naevus flammeus, so soll man nach KUMER und SALLMANN ganz weiche Strahlen verwenden, also die β -Strahlen eines Flimmerplattenträgers zu Hilfe nehmen. Vor einer alleinigen γ -Strahlenbehandlung wird gerade bei den oft wenig empfindlichen Feuermälern wegen der Notwendigkeit starker Dosen und der dadurch bedingten Gefährdung der Linse gewarnt.

Viel bessere Erfolge hat die Radiumtherapie bei den eigentlichen Angiomen. Himbeerartige Oberfläche und leichte Ausdrückbarkeit des Blutes gibt eine gute Prognose; schnelle Wiederfüllung, erektilen Verhalten der Gefäßschlingen läßt erwarten, daß der Tumor weniger gut anspricht. Auch hier soll man mit γ -Strahlen allein nur arbeiten, wenn die Geschwulstteile vom Augapfel etwas entfernt sind oder das Lid gut abgezogen werden kann.



Abb. 50. Frau Angelika F., 45 Jahre. Aus einem Naevus entstandenes Carcinom des rechten Unterlides.

Alles in allem sind diese Geschwülste bei richtiger Radiumdosierung in erstaunlicher Weise einer Rückbildung zugänglich; die benachbarte Haut (namentlich des Säuglings und Kleinkindes) wächst wieder glatt über das vorher von der Gefäßgeschwulst eingenommene Gebiet hinweg —, es bleibt oft auch bei großer Ausdehnung der Geschwulst später kaum noch ein kosmetisch ins Gewicht fallender Defekt. Während sich an den übrigen Stellen des Körpers die Angiome meist ohne schädliche Folgen exstirpieren lassen, entstehen nach der Ausschneidung am Lid doch außer den kosmetischen häufig funktionelle Störungen; außerdem sind sie hier in der Tiefe oft nicht zu isolieren. Durch diese Umstände ist man noch besonders bewogen worden,

die Radiumbehandlung der Angiome als die Methode der Wahl zu erklären (vgl. FLEMMING, KOSTER, JENDRALSKI, VON LIEBERMANN, KUMER). KUMER gibt an, daß 95% der oberflächlichen Angiome und 75% der etwas tiefer liegenden Gefäßgeschwülste der Heilung zugeführt würden. Neuere Literaturberichte finden sich bei DENNIS, ROBINSON, DEGRAIS und BELLOTT, welche die gute Anwendbarkeit selbst bei Neugeborenen (gegenüber den Röntgenstrahlen), die große Tiefenwirkung (gegenüber der Kältebehandlung) und die Schmerzlosigkeit (gegenüber der Elektrolyse) erwähnen. Allerdings ist die Tiefenwirkung nicht genau kontrollierbar, weshalb für ganz in die Tiefe reichende Angiome eine chirurgische Therapie mit Nachbestrahlung empfohlen wird (ROBINSON).

Wesentlich ungünstiger reagieren auf die Radiumtherapie die *Lymphangiome* (KUMER und SALLMANN). Über die Dosierung ist nur zu sagen, daß man bei der einzelnen Bestrahlung jede starke Reaktion vermeiden soll und deshalb nach

den Angaben der letztgenannten Autoren am besten mit kleinen Dosen vorgeht ($\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ HED, dazu 10—15 Bestrahlungen in Abständen von 2 Wochen).

Sarkome. Diese Tumoren sind an den Lidern nicht sehr häufig; JULER konnte das Rezidiv eines kleinen Rundzellensarkoms des unteren Lides und eine Metastase an der Präauriculardrüse durch mehrfache Radiumstrahlung für über ein Jahr rezidivfrei zur Heilung bringen. Daß Radium bei den Sarkomen gute Dienste leisten kann, geht auch aus den Erfolgen hervor, die vereinzelt bei Orbital-sarkomen erzielt wurden (vgl. unten, LÖWENSTEIN u. a.). Immerhin ist zu beachten, daß die Sarkome doch durchschnittlich nicht allzu günstig reagieren und leicht zu Metastasierungen in entlegenen Organen führen, bei welchen jeder Versuch der Hilfe zu spät kommen muß. Verschiedene Autoren haben deshalb bei Sarkom als erstes vor jeder Bestrahlung eine Operation empfohlen. Auch JENDRALSKI schließt sich auf Grund seiner eigenen Beobachtungen dieser Ansicht an.

ROBINSON erwähnt andererseits die Behandlung eines plexiformen Neurofibroms im Oberlid eines 7jährigen Knaben, das mehrfach vergeblich operativ behandelt worden war und schließlich nur mit Radiumbehandlung zur Heilung gebracht werden konnte. Da sich bei diesen Neurofibromen gerade nach Operationen häufig Rezidive einstellen, die sarkomatösen Charakter haben, so ist dieses Resultat besonders bemerkenswert.

Carcinome. Das dankbarste Objekt der Strahlentherapie an den Lidern sind die Carcinome und zwar wegen ihrer prozentualen Häufigkeit die Basalzellencarcinome. Hier kommen Röntgen- und Radiumtherapie als fast gleich starke Rivalen in Betracht. Während bei den Angiomen das Gewebe an vielen Stellen nur von einzelnen Gefäßschlingen durchwachsen ist, handelt es sich bei den Carcinomen meist um kompaktere Tumoren. Gerade weil sie am Lide ziemlich flach bleiben und häufig vom inneren Lidwinkel aus nur die Substanz des Lides einschließlich Haut und Tarsus arrodieren, so sind bei diesen strahlenempfindlichen Geschwülsten trotz der oft beträchtlichen Substanzverluste primäre Bestrahlungen ein ausgezeichnetes Mittel. Sie wirken auch im Hinblick auf die

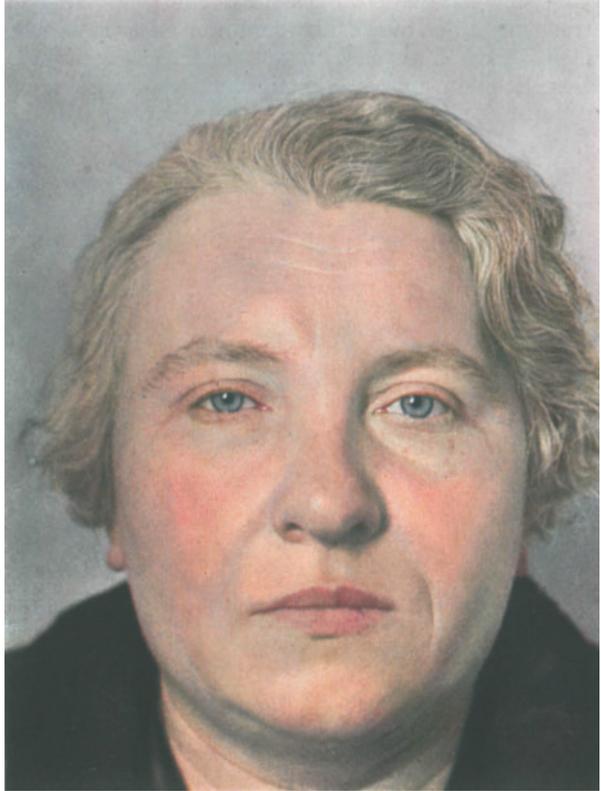


Abb. 51. Fall der Abb. 50. Geheilt nach einer Röntgenbestrahlung filterlos, $1\frac{1}{2}$ cm Tubus, eine Voldosis. (Bestrahlt im Röntg.-Rad. Inst. d. Chir. Univ. Klinikums Berlin, Dr. HINZKE.)

günstigere Vernarbung meist besser als Operationen mit Nachbestrahlungen. Es entstehen gerade bei der rein chirurgischen Behandlung unter den zur Deckung benutzten Lappen nicht ganz selten Narbenrezidive, die dann doch bestrahlt werden müssen. Dann ist aber das Gebiet des Tumors wenig übersichtlich und die Beurteilung sehr unsicher.

Technik der Bestrahlung bei Lidtumoren. Für die *Röntgenbehandlung* einer Lidgeschwulst wird die Nachbarschaft mit Blei gut abgedeckt, der Augapfel selbst mit einer quecksilbergefüllten Glasschale nach ROHRSCHEIDER oder mit einer Bleischale nach WÖLFFLIN oder der Bleischale nach HOFFMANN geschützt (diese Schalen müssen einen Schutz gegen Sekundärstrahlen haben; s. S. 764). Alsdann wird eine schwach gefilterte Röntgenstrahlung von 120% der HED auf



Abb. 52. Gustav B., 54 Jahre. Basalzellen-carcinom am rechten äußeren Augenwinkel.



Abb. 53. Gleicher Fall wie Abb. 52. Geheilt nach Röntgenbestrahlung filterlos. 4 cm Tubus, 100% HED. (Bestrahlt im Röntg.-Rad. Inst. d. Chir. Univ. Klinikums Berlin, Dr. HINTZE.)

einmal zur Einwirkung gebracht. Nach STOCK berechnet sich dabei die Oberflächendosis auf 130—180% der HED. Verhält sich die Geschwulst bei der Bestrahlung günstig, so ist sie unter Umständen nach 4 Wochen fast ganz verschwunden, nach 8 Wochen sieht man nur eine glatte Narbe. Es ist dabei erstaunlich, wie große Defekte durch eine Narbe ohne bedeutende kosmetische Entstellung gedeckt werden können. Liegt der Tumor am Lidrande, so wird das Lid in der Richtung des Lidrandes nachher stärker angespannt; da der Lidknorpel kein echtes Knorpelgewebe ist, so pflegt sich der erhaltene Rest des Lidgewebes dabei beträchtlich zu dehnen. Am Unterlid sieht man deshalb auch noch oft funktionell und kosmetisch gute Resultate, wenn das halbe Lid von der Geschwulst eingenommen war.

Es ist wichtig, daß durch die erste Behandlung die Geschwulst möglichst ganz vernichtet wird. Alle Geschwulstnester und alle Rezidive sind viel hartnäckiger. Durch jede ungenügende Bestrahlung wird die Geschwulst unempfindlicher und spricht auf die nächste Bestrahlung noch schlechter an. Besonders wichtig ist die Dosierung, falls der Tumor an sich wenig empfindlich ist; man kann dann die Bestrahlung in Zwischenräumen von 3—4 Wochen noch 1—2mal wiederholen, dabei auch zwischen Röntgen und Radium wechseln. Indes soll man doch nicht zulange mit der Operation zögern. Mit der 5. von WERNER (s. oben) genannten Wirkungsmöglichkeit der Bestrahlung — starke Läsion des Geschwulstgewebes wie seiner Umgebung — darf man bei den Lid-

geschwulsten niemals rechnen, da eine Läsion der Umgebung stets eine starke Störung der Funktion bedeuten würde.

Schwierig wird die Situation auch, wenn die Geschwulst schon auf den Augapfel oder auf größere Bezirke der Bindehaut übergegriffen hat; JENDRALSKI und KAFKA glauben alsdann eine Verbindung der Bestrahlung mit anschließender Exstirpation der wenig beeinflussbaren Geschwulstreste befürworten zu können. Nach WETTERER sollen nämlich die *vorher* bestrahlten Zellen, falls sie in den Kreislauf gelangen, zur metastatischen Entwicklung nicht mehr geeignet sein. Über Röntgenbestrahlung der Lidtumoren findet man nähere Angaben bei MAJOU, PERTHES, JENDRALSKI, STOCK, GASTEIGER.

Wer über Radium verfügt, kann mit der *Radiumbehandlung* bei den Lidcarcinomen geradezu glänzende Resultate erhalten. Die Abbildungen in dem ausgezeichneten Buche von KUMER und SALLMANN zeugen von der großen funktionellen Restitutionsfähigkeit der befallenen Lider nach Radiumbestrahlung, zeigen auch, daß schwere Rezidive nach der Operation schließlich nur durch Radium geheilt werden konnten. Um den Bulbus keinen Gefahren auszusetzen, braucht man auch hier wieder am besten Kontaktbestrahlung, bei welcher nach dem Entfernungsgesetz der Augapfel besser geschont wird. Obwohl bekannt ist, daß das Lidcarcinom mit *einer* Dosis geheilt werden kann, wählt die Wiener Schule eine Bestrahlungsserie, bei welcher allerdings in toto 250—700% der HED an β -Strahlen (einzelne Dosis zwischen 20 und 60% HED) durch Kontaktbestrahlung zur Einwirkung gelangen. Das Lid wird vom Augapfel durch Heftpflaster möglichst weit abgezogen und der Bulbus auch noch durch die besonders präparierte Prothese geschützt. Die *notwendige* Dosis soll zwischen 100 und 1000% der HED schwanken.

In Berlin wurden mit bestem Erfolge von HALBERSTÄDTER und SIMONS (s. SIMONS) die vorher (S. 760) erwähnten Thoriumstäbchen zur Anwendung gebracht. SIMONS berichtet über 31 Patienten mit durchweg günstigen Resultaten. Die Stäbchen sind in Goldnadeln eingeschlossen, können durch Spicken in den Tumor oder durch Auflegen unmittelbar auf den Tumor gebracht werden. Es kam stets zu einer auch kosmetisch vorzüglichen Heilung. Rezidive wurden in der Beobachtungszeit bis zu 2 $\frac{1}{2}$ Jahren nicht gesehen.

In der Literatur finden sich weitere Berichte über Radiumbehandlung (TUSY, CAPIZZANO, ROBINSON, TAKAHASHI, KERGROHEN, COLLIN, BENEDICT. KERGROHEN hält die Radiumbestrahlung für bedeutend besser als die Röntgenbestrahlung, da der Boden der Geschwulst viel mehr geschont werden könne und da man auch durch intratumorale Anwendung eine große und genau angepaßte Tiefenwirkung erzielt. Er konnte 6 Epitheliome noch durch Radium zur Heilung bringen, nachdem die Röntgenstrahlen keinen Erfolg gehabt hatten.

Ähnlich sind die Ergebnisse der sehr sorgfältig angelegten Arbeit von S. DE VRIES, welcher über Erfahrungen an 12 mit Röntgen und 32 mit Radium behandelten Patienten verfügt. Von den 12 mit Röntgen (1 HED, Filter $\frac{1}{2}$ mm Cu + 1 mm Al) bestrahlten Patienten wurden nur 4 sofort geheilt, von den übrigen 8 weitere 3 durch Radiumbehandlung. Von 32 mit Radium behandelten Patienten (250 mgh pro Quadratcentimeter, Filter $\frac{1}{2}$ mm Fe + $\frac{1}{2}$ mm Pb + 1 mm Gummi, Applikation unmittelbar am Lid) dagegen 30. Die Restitution der Lider war erstaunlich. An der Bindehaut zeigten sich nur unbedeutende Gefäßveränderungen, an der Hornhaut einige Male feine spät auftretende Epithelläsionen, an der Regenbogenhaut lokalisierte Atrophie, an der Linse 2mal nach 3—4 Jahren gleichmäßige Trübungen aller Teile, außerdem gelegentlich feine Trübungen unter der hinteren Kapsel in einem Sektor radial zur Bestrahlung hin, und zwar letztere erst nach 5, 8 und 10 Jahren. Glaskörper und Augenhintergrund waren immer normal.

COLLIN rühmt besonders das gute kosmetische Resultat der Radiumbestrahlung. Die Narbenretraktion sei geringer als nach Röntgenbehandlung. Von 40 Fällen wurden 33 geheilt; bei den übrigen 7 handelte es sich um schwere Fälle oder um besondere Komplikationen bei der Behandlung.

BENEDICT gebraucht auch Radiumbestrahlungen, sieht aber besondere Vorteile in einer mit Chirurgie *kombinierten Behandlung*. Bei der Radiumtherapie allein bleiben nach seiner Beobachtung häufig in der Tiefe Geschwulstzellen zurück, deshalb müsse man das krankhafte Gewebe zuerst durch Fulguration oder Excision mit der chirurgischen Diathermie vernichten und dann noch eine Radiumbestrahlung vornehmen. Bei seiner sehr großen Zahl von Fällen erhielt er am häufigsten Rezidivfreiheit, wenn er solche kombinierte Behandlung ausführen konnte.

Zusammenfassend wäre über die Lidcarcinome etwa folgendes zu sagen:

Die Situation ist verhältnismäßig einfach, wenn die Nachbarschaft noch nicht mit ergriffen wurde. Entweder man *sieht* die gute Reaktion, der Tumor zerfällt bei Anwendung einer Volldosis (geringfügige Reste lassen sich durch ergänzende Bestrahlungen zur Einschmelzung bringen), oder man sieht, daß mehrfache Bestrahlungen keinen entscheidenden Erfolg haben. Dann lassen sich die reinen Lidgeschwülste natürlich immer noch chirurgisch radikal behandeln. Es ist aber, wie erwähnt, sehr wichtig, daß nicht durch allzu häufige und allzu starke Bestrahlung das benachbarte Gewebe in seiner Regenerationsfähigkeit geschädigt ist. Hier entscheidet nur genügende Erfahrung über das notwendige Handeln.

Geschwülste des vorderen Augapfelabschnittes.

An der Hornhaut finden sich häufig von dem Limbus ausgehende Papillome, die bei fortschreitendem Wachstum fast regelmäßig bösartig werden und Carcinomcharakter annehmen. Sie können alsdann über die ganze Hornhaut hinüber wachsen.

An der Bindehaut kommen nicht selten Pseudotumoren vor, die auch durch Bestrahlungen günstig beeinflußt werden können. Ferner erstrecken sich Lymphangiome und Hämangiome gelegentlich bis dicht unter die Bindehaut. In therapeutischer Hinsicht verdient der Naevus der Bindehaut eine besondere Beachtung. Es ist bei diesen Geschwülsten oft schwer, sicher festzustellen, ob es sich schon um bösartige Neubildungen handelt. Außerdem sind sie gegen Bestrahlungen recht unempfindlich.

Strahlenbehandlung bei den Hornhauttumoren. Seitdem man weiß, daß die Linse strahlenempfindlich ist, wird man für die Oberflächentumoren der Hornhaut am besten möglichst weiche Röntgenstrahlen gebrauchen oder Radiumstrahlung mit Einschluß der β -Strahlung. Die β -Strahlen sollen zum größten Teil schon in den oberflächlichsten Schichten derart stark absorbiert werden, daß bei Kontaktbestrahlung mit den dazu nur notwendigen geringen Mengen von Radium das meiste in der Hornhaut abgefangen wird.

Experimentelle Daten über die Wirkung der Bestrahlung an der Hornhaut findet man in den Arbeiten von BIRCH-HIRSCHFELD und LÖHLEIN.

Schon BURK hatte gezeigt, daß man bei einem über die Hornhaut hinübergewachsenen Tumor durch *Röntgenbestrahlung* ohne chirurgisches Vorgehen glatte Heilung erzielen konnte. RADOS und SCHINZ konnten ein Hornhautcarcinom durch einmalige Röntgenbestrahlung mit 180% der HED restlos vernichten. Mehrere Hornhauttumoren hat STOCK mit Röntgenbestrahlung behandelt; er empfiehlt die Anwendung von 180% der HED, erwähnt aber auf zwei sofort günstig reagierende Fälle einen Fall mit einem Rezidiv, das erst

durch erneute Bestrahlung behandelt werden konnte. Ähnliche Hornhauttumoren wurden auch von PLOCHER, GRIER, GASTEIGER mit Röntgen bestrahlt.

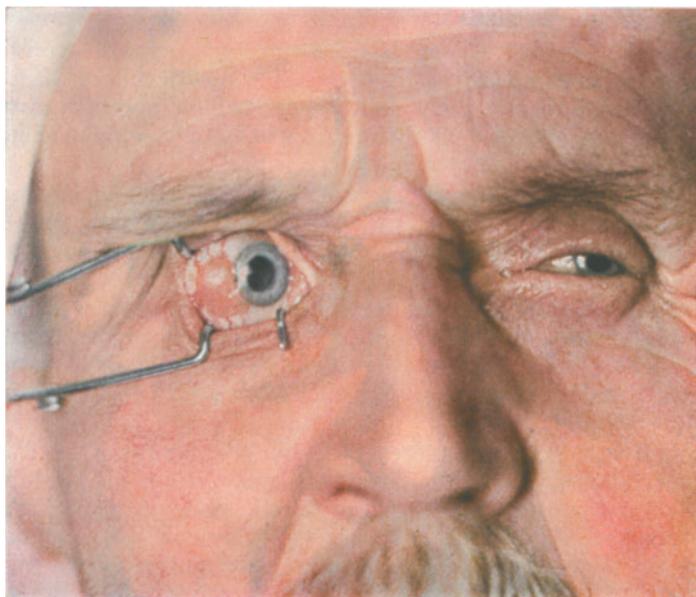


Abb. 54.

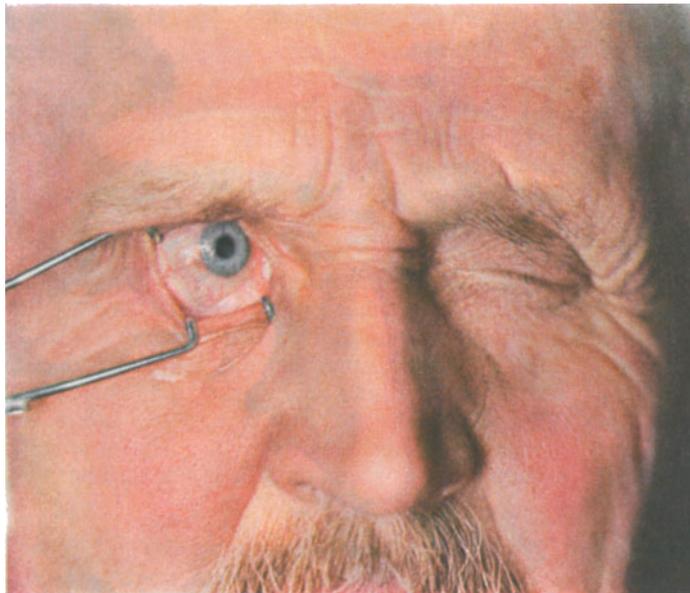


Abb. 55.

Abb. 54 u. 55. Wilhelm H., 80 Jahre. Papillom der Conjunctiva des rechten Auges. Geheilt nach 3 Radiumbestrahlungen (24 mg 4 h, 1 mm Messing; 12 mg 1 h, 8 mg 2 h je filterlos. Geheilt in 2 $\frac{1}{2}$ Monaten. (Bestrahlt im Röntg.-Rad. Inst. d. Chir. Klinikums Berlin, Dr. HINTZE.)

In einer neueren Arbeit hat SABA den Bestrahlungseffekt bei der Röntgenbehandlung mit der Spaltlampe genau kontrolliert und außerdem nach Abschluß

der Behandlung histologische Untersuchungen an exzidierten Teilen vorgenommen. Durch die histologische Untersuchung kam er zu der Überzeugung, daß die Strahlenwirkung an den Gefäßen für den therapeutischen Effekt eine besondere Bedeutung besitzt.

Radiumbestrahlung bei einem *Hornhautepitheliom* wurde von WEEKERS und COLMANT vorgenommen; es blieb nur eine oberflächliche Narbe zurück. (Dosierung: 2 Platinröhrchen mit 2—3 $\frac{1}{2}$ mg Radium vor dem Auge an besonderem Träger 6 Tage lang zur Einwirkung gebracht. Visus nachher Fingerzählen in 2 $\frac{1}{2}$ m, keine Druckerhöhung).

KUMER und SALLMANN empfehlen einen Träger mit 100 mg Radiumelement, 0,3 mm Platin und Guttaperchaumwicklung. Alle Einwirkungen sollen weit unterhalb der Erythemgrenze liegen, evtl. werde die Bestrahlung nach einigen Wochen wiederholt.

Die Radiumbestrahlung scheint ebenso erfolgreich zu sein wie die Röntgentherapie, wenn auch GRIER die Röntgenbestrahlung bevorzugt, weil das umgebende Gewebe besser geschützt werden könne und die Behandlung kürzere Zeit dauere. Über Radiumbehandlung haben auch noch TAKAHASHI und BIRCH-HIRSCHFELD berichtet.

Die epibulbären Pigmenttumoren. Es ist oben erwähnt, daß diese Geschwülste sehr bösartig sind. Die Berliner Klinik verfügt über Erfahrungen in 5 Fällen, davon 3 in der Chirurgischen Klinik, einer auswärts bestrahlt, bei welchen trotz verhältnismäßig frühzeitiger Entfernung des Augapfels später Metastasen auftraten und die Patienten zugrunde gingen. Eben wegen dieser großen Gefahr sollte bei deutlichem Wachstum des Naevus die Entfernung des Augapfels evtl. sogar die Ausweidung der Augenhöhle (WÄTZOLD) ernstlich in Betracht gezogen werden. Es sind aber in der Literatur auch mehrere Fälle mitgeteilt, bei welchen die Röntgenbestrahlung zur Heilung führte (STOCK 2 Fälle, E. VON HIPPEL 1 Fall, GRIER 2 Fälle von Melanosarkom, ROBINSON bei einem Melanom 3 Jahre Rezidivfreiheit).

Nach den schlechten Erfahrungen, welche die Berliner Universitäts-Klinik gemacht hat, möchte man jedenfalls dringend davor warnen, bei den epibulbären Pigmenttumoren Bestrahlungen anzuwenden. Allgemein ist ein schnelles chirurgisches Vorgehen dringend geboten, damit für den Patienten keine Lebensgefahr entsteht.

Über Behandlung epibulbärer Carcinome mit *Radium* berichtet JOHNSON, der bei allen Fällen sehr gute Resultate erhielt, bei welchen die Geschwulst nicht in das Augennere hineingewachsen war. Auch H. SATTLER ist der Überzeugung, daß bei den weniger umfangreichen epibulbären Carcinomen die Strahlentherapie funktionell und kosmetisch die beste Art der Behandlung ist, wobei er jedoch auch dem Radium den Vorzug gibt (siehe Abb. 54, 55). GASTEIGER hat bei seinen 10 Fällen nur Erfahrungen mit einer Nachbestrahlung der epibulbären Geschwulst nach chirurgischer Entfernung des Tumors gemacht. Diese Behandlungen wurden mit Röntgenstrahlen vorgenommen (110—150 HED).

Geschwülste des inneren Augapfels.

Im allgemeinen kann vor einer Bestrahlung dieser Tumoren nur gewarnt werden. Auf die Gefährlichkeit der Pigmenttumoren ist oben schon hingewiesen worden. Die Geschwülste des Augennern sind dabei schwerer zu kontrollieren als die epibulbären Tumoren.

Tumoren der Gefäßhaut. Bei den der Beobachtung unmittelbar zugänglichen Tumoren der Iris mag gelegentlich der Versuch mit einer Bestrahlung

noch zugänglich sein: AXENFELD hat solch einen pigmentierten Iristumor, dem Augenschein nach ein Sarkom, durch die Röntgentherapie zur Heilung gebracht. Der Tumor war immerhin so groß, daß eine isolierte Exstirpation nicht in Frage kam und der Augapfel sonst hätte entfernt werden müssen. Eigene Erfahrungen bei den intrabulbären Tumoren fehlen mir, abgesehen von einem kleinen Melanosarkom der Aderhaut, bei welchem jedoch kurz nach der Bestrahlung die Enucleation angeschlossen wurde, da der Tumor nicht reagierte.

In der deutschen Literatur ist nur über eine günstig verlaufene Bestrahlung bei Aderhautsarkom berichtet (SALZER). ROBINSON hat 4 Patienten mit Aderhautsarkom bestrahlt, und davon blieben drei 6—24 Monate ohne Rezidiv, ein vierter Patient starb aber erst 5 Jahre nach der Operation an seinen Metastasen; drei andere mit großem Durchbruch starben ebenfalls. Schließlich blieben noch drei Patienten, ebenfalls mit größerem Durchbruch, sechs Monate bis fünf Jahre nach der Bestrahlung gesund.

Zeigt sich bei der Operation, daß der Tumor schon durchgebrochen ist, daß im Sehnerven oder an den Bindehautgefäßen Geschwulstzellhaufen liegen, dann sollte auch nicht der Versuch mit einer Bestrahlung der Orbita gemacht werden. (Zwei ungünstige Fälle von TAKAHASHI mit Radium.)

Carcinommetastasen. IGERSEHEIMER hat den Versuch gemacht, bei den typischen doppelseitigen Augenmetastasen des Mammacarcinoms den üblen Verlauf mit Röntgenstrahlen aufzuhalten. Es ist bekannt, daß das Leben dieser Patienten wegen der gleichzeitigen Metastasierung in anderen Organen stark befristet ist. Es gelingt vielleicht doch manchmal, sie durch Bestrahlung für die letzten Tage vor völliger Erblindung zu bewahren. Man muß aber wahrscheinlich schon sehr starke Dosen nehmen. In einem solchen Falle, welchen ich selbst auf einem Auge wiederholt bestrahlen ließ, starb die Patientin ein Vierteljahr später, nachdem sie auf beiden Augen sehr schwachsichtig geworden war. Das rechte Auge war zweimal mit der anderthalbfachen Dosis bestrahlt worden; im histologischen Präparat zeigte sich trotzdem kein merklicher Unterschied zwischen rechtem und linkem Auge.

Gliome. Ein viel diskutiertes Gebiet der Strahlentherapie sind die *Gliome der Retina*. AXENFELD hat als erster hier ein systematisches Vorgehen versucht. Es kann die Bestrahlung in verzweifelten Fällen in Betracht kommen — falls der Patient doppelseitig erkrankt ist oder bei Einäugigen. AXENFELD gebrauchte eine mit 3—5 mm Aluminium gefilterte Röntgenstrahlung; die Behandlung wurde in vier Serien mit Pausen von 4—8 Wochen vorgenommen und es wurde eine Oberflächenenergie von 143, 190 und 95 X zur Einwirkung gebracht. Außerdem wurde als Zusatzbehandlung eine durch Aluminium und Blei gefilterte Mesothoriumbestrahlung gewählt. Es gelang zunächst, das zweite Auge vor dem Untergang zu retten, jedoch zeigten sich nach Jahresfrist Linsentrübungen und nach der dann vorgenommenen Staroperation kam es zu einer Netzhautablösung. Im Präparat fanden sich später trotz der enormen Dosen Rezidive, so daß AXENFELD zugeben mußte, daß beim Gliom die höchsten zulässigen Dosen keine genügende Kraft zur Vernichtung des Tumors besitzen.

Wenig günstige Resultate erhielt auch JENDRALSKI. Nur 2 Fälle, bei welchen nach der Enucleation eine Nachbestrahlung wegen orbitaler Metastasen vorgenommen wurde, kamen zur Heilung. Bei 3 von 5 einseitigen Fällen wurde trotz einer später vorgenommenen Enucleation der tödliche Ausgang nicht vermieden. Besser waren die Resultate VERHOEFFS, bei dem das zweite bestrahlte Auge noch nach 3 Jahren kein Rezidiv aufwies, und von CHANCE, der durch Spicken des Gewebes mit Radiumnadeln eine Dauerheilung erzielt haben will. In 10 Jahren kein neues Wachstum erhielt nach Radiumbehandlung auf dem nicht enukleierten Auge auch SCHÖNBERG. Nur für einige Zeit günstige

Resultate erhielten E. v. HIPPEL, UTHOFF, SIGRIST, JACOBY, GASTEIGER. Ob der von KÜMMELL behandelte Fall zu einer Heilung geführt hat, konnte ich aus der Literatur nicht ersehen. Ein gutes Resultat auf 7 mit Radium bestrahlte Fälle von Gliom der Augenhöhle, nämlich Rezidivfreiheit für 4 Jahre, hat ROBINSON erzielt.

Geschwülste der Augenhöhle.

Diese verhalten sich bei der Bestrahlung sehr unterschiedlich. ALLEN sieht als strahlenempfindlich Cysten, Dermoiden, Polypen, entzündliche Tumoren, Teratome und Lipome an, als hochempfindlich Lymphosarkome, Carcinome der Tränendrüse und metastatische Carcinome, als reaktionsfähig, aber langsam reagierend Lymphangiome, cavernöse Hämangiome, Myxome, Endotheliome, Peritheliome, weiche Sarkome, Gliome, als schlecht reagierend Neurofibrome und Chondrosarkome. Er meint, daß der Versuch mit der Röntgenbestrahlung geradezu einen Aufschluß über den Charakter der vorliegenden Geschwülste geben könne. Man muß diesen Versuch zu therapeutischen Zwecken öfter wagen.

Günstig verhalten sich die als *Pseudotumoren* anzusprechenden Rundzellengeschwülste. Hier sind die gutartigen symmetrischen Lid- und Tränendrüsengeschwülste zu erwähnen, die klinisch bei dem Bilde der MIKULICZschen Erkrankung erscheinen, histologisch von ASCHOFF als aleukämisches Lymphadenom angesprochen werden. Diese hat z. B. MARCOTTY mit glänzendem Erfolge an einem Auge mit Röntgen, am zweiten mit Mesothorium bestrahlt. BIRCH-HIRSCHFELD gibt an, daß von allen Orbitalgeschwülsten die Lymphome auf die Bestrahlung am besten ansprechen.

Gute Resultate wurden auch bei einigen *Fibrosarkomen* gemeldet. Ein eigener Fall, ein praktisch Einäugiger, bei dem sich bei der Probeexcision ein an die hintere Bulbushälfte angewachsenes Fibrosarkom feststellen ließ, reagierte bei der kürzlich vorgenommenen ersten Bestrahlung (200% der HED) leider nur mit vorübergehender Besserung. Man steht also trotz der Bestrahlung bei diesem Einäugigen vor der Exenteratio orbitae. Diese wäre trotz der guten zentralen Sehschärfe notwendig, wenn man das Leben erhalten will. Da der Kranke die Operation verweigert hat, sollen noch weitere Bestrahlungen versucht werden.

RATERO berichtet, daß ein sehr ausgedehntes orbitales Fibrom in Abständen von einem Monat 3mal bestrahlt werden mußte und insgesamt 800% mit 4 mm Aluminium gefilterter harter Strahlen zur Anwendung kamen, daß dann der Tumor verschwand und der Befund 5 Jahre unverändert blieb. Eine günstige Wirkung bei einem großen Orbital Sarkom erhielten mit Röntgenbestrahlung HAMBRESIN und GOBEAUX. LÖWENSTEIN erzielte durch Dreifelderbestrahlung mit Radium 2 Jahre anhaltenden ausgezeichneten Erfolg bei dem Rezidiv eines vorher operativ behandelten Spindelzellensarkoms; der Exophthalmus verschwand, die Beweglichkeit kehrte uneingeschränkt zurück. Bei einem zweiten Fall von Sarkom, den er ähnlich behandelte, mußte er wegen eines Mißerfolges der Bestrahlung den Inhalt der Augenhöhle entfernen. GASTEIGER konnte ein Hämangioendotheliom der Orbita bei einem halbjährigen Kinde durch Bestrahlung mit $2 \times 100\%$ und $1 \times 70\%$ HED für 2 Jahre rezidivfrei heilen; bei einem Sarkom des oberen Orbitalrandes erzielte er durch Röntgenbestrahlung 4 Jahre lang Rezidivfreiheit.

Es wurde schon erwähnt, daß manchmal Lidgeschwülste einen Übergang des Wachstums in die tiefere Augenhöhle zeigen; besonders bei den Hämangiomen sind Ausläufer in die Tiefe sehr oft anzutreffen. Es gibt auch Hämangiome, die sich nur in der Tiefe der Orbita ausbreiten. Bei diesen wird man besser eine

sofortige Kombination von chirurgischer Therapie und Bestrahlung wählen. Es ist jedenfalls sehr unangenehm, wenn der Tumor auf die Bestrahlung nicht richtig reagiert, später weiter wächst und alsdann doch operativ angegangen werden muß.

Indes ergibt bekanntlich auch die sofortige Operation bei den tiefen *Hämangiomen* der Orbita nicht immer ein gutes Resultat. Ein in der Berliner Universitäts-Klinik nach KRÖNLEIN operierter Fall, der nachher bestrahlt worden war, rezidierte 2 Jahre später. Es wurde wegen der ungünstigen Operationsverhältnisse noch einmal ein Versuch mit 130% der HED gemacht. Jetzt ist der Exophthalmus zwar zurückgegangen und die an der Bindehaut vorher sichtbaren Gefäßschlingen sind gänzlich verschwunden; es kam aber im Anschluß an die Bestrahlung zunächst zu einer bedrohlichen Reaktion mit starkem Orbitalödem. Offenbar handelte es sich um eine teilweise Thrombosierung der Gefäßknäuel. Der Augapfel war schon vorher erblindet, es muß in solchen Fällen eventuell doch noch eine Ausweidung der ganzen Augenhöhle angeschlossen werden.

Auch sonst wird die Strahlenbehandlung der Orbitalgeschwülste oft nur in Form der Nachbestrahlung im Anschluß an Operationen anzuwenden sein, wobei sie sehr gutes zu leisten vermag. Alsdann braucht man auch mit der Dosierung meist weniger Rücksicht zu nehmen.

Bestrahlung der Hypophysengegend.

Pathologisch-anatomische Vorbemerkungen. Die Hypophyse besteht aus zwei verschiedenen Teilen. Der eigentliche Hirnteil ist der Hinterlappen mit dem in der embryonalen Anlage hohlen Infundibulum. Der Vorderlappen ist ein drüsiges innersekretorisches Organ, welches entwicklungsgeschichtlich aus einer Ausstülpung der Darmanlage (ductus craniopharyngeus; RATHKESche Tasche) entstanden ist. Auch oberhalb des Vorderlappens bleiben gelegentlich Zellinseln dieser embryonalen Anlage zurück, die bis an das Infundibulum heranreichen. Es können an dem drüsigen Teile Geschwülste und Cysten entstehen, die intra- und suprasellar liegen, ebenso Tumoren des Hirnanteils. Man kann mit VAN BOGAERT unterscheiden:

1. Tumoren, die einen Druck von unten und vorn gegen das Chiasma hervorrufen und im Gesichtsfeld Ausfälle in den oberen schläfenwärts gelegenen Quadranten zeigen (häufig Geschwülste oder Cysten des Vorderlappens).

2. Tumoren, die von hinten auf das Chiasma drücken, außer einer unteren Quadrantenhemanopsie gelegentlich zentrales Skotom zur Folge haben. Diese gehen häufiger vom Hypophysenstiel aus. Außerdem kommen dabei auch suprasellare Meningiome und Plexustumoren in Betracht.

Die weiter nach oben und hinten liegenden Geschwülste zeigen häufiger Hirnerscheinungen, Stauungspapille, Hydrocephalus und psychische Symptome. Vielfach sind die ersten Klagen durch Druck auf das Chiasma bedingt. Erst nachher zeigen sich die eigentlichen Hypophysensymptome: Adipositas, Akromegalie, Diabetes usw.

Die beste Therapie der Hypophysentumoren wäre eine radikal-chirurgische, jedoch kann wegen der schwierigen Technik der Erfolg nur ausnahmsweise in einer gründlichen Beseitigung des Tumors bestehen; meist erzielt der Operateur nur eine *Entlastung* und nicht selten tritt nach der besten chirurgischen Behandlung später ein Rezidiv auf. Auch ein CUSHING kann wohl trotz seiner berühmten operativen Technik solche Rezidive häufiger nicht vermeiden (vgl. z. B. TOWN). Die Hypophysenerkrankungen sind deshalb ein Gebiet, bei dem oft nur die Bestrahlung übrig bleibt. Es handelt sich meistens um sehr langsam wachsende

Geschwülste, deren Sitz trotz der Entfernung von der Oberfläche recht genau lokalisiert werden kann und die gut auf Bestrahlung ansprechen. Insbesondere verhalten sich die Adenome günstig, die sich aus dem drüsigen Teil der Hypophyse entwickeln. Ungünstig für die Bestrahlung sind die Cysten, doch kann bei ihnen nach Ausbleiben des Bestrahlungserfolges immer noch die Operation (unter Umständen schon die Punktion) eine Entlastung schaffen.

Technik der Röntgen- und Radiumbehandlung. Für diese ist Folgendes zu beachten:

Bei der *Röntgentherapie* muß man wegen der tiefen Lage des Tumors eine Mehrfelderbestrahlung wählen. Einige Autoren nehmen nur 2 oder 3 Felder, andere 4, 6 oder sogar 8. An der Stelle des Tumors sollten nach unseren Erfahrungen mindestens 100% der HED zur Einwirkung gebracht werden; unter Umständen muß man die Wirkung noch weiter verstärken. Natürlich muß man dabei eine harte Strahlung nehmen und den Augapfel vor direkten Strahlen möglichst gänzlich und vor Sekundärstrahlen wenigstens nach Möglichkeit schützen. Man kann die Röntgenbehandlung auch gut mit Radiumbestrahlungen kombinieren oder ausschließlich eine Radiumbehandlung versuchen, besonders wenn es sich um isolierte Prozesse des Vorderlappens handelt.

Auf der Röntgenabteilung der Berliner Universitäts-Nervenklinik (Dr. ALBRECHT), deren Patienten ich seit Jahren augenärztlich kontrolliere, gebraucht man eine Vierfelderbestrahlung mit harten Röntgenstrahlen von 180 Kilovolt und einer Filterung von 0,5 Cu und 1,0 Al. Die Strahlung wird durch 6×8 cm große Hautbezirke auf die Hypophysengegend gerichtet. Bei der einzelnen Bestrahlung werden pro Feld 300 R an der Haut — das ist bei dieser Art der Strahlung 100 R an der Hypophysengegend selbst — zur Einwirkung gebracht. Zwischen den einzelnen Bestrahlungen wird je nach dem Befinden des Patienten eine Pause von 3—5 Tagen eingeschaltet. Das erste Feld bestreicht die Haut an der Stirn, das zweite an der Schläfe einer Seite, das dritte an der Schläfe der anderen Seite, das vierte am Hinterkopf. Dieser Turnus wird zweimal wiederholt, so daß an der Hypophysengegend etwa 800 R, also etwa 120% der HED, zur Einwirkung gelangen. Diese Röntgenbestrahlung wird je nach der vorhandenen Situation zum Teil ersetzt, zum Teil verstärkt durch eine Radiumapplikation, bei welcher der Radiumträger von der Nase aus mit einer langen Sonde in die vorher eröffnete Keilbeinhöhle gebracht wird. Die Lage des Radiumträgers wird in den meisten Fällen röntgenologisch kontrolliert.

Ich habe sowohl bei der reinen Röntgenbestrahlung wie mit der kombinierten Methode verschiedentlich sehr gute Erfolge gesehen. Diagnostisch ist die Situation in den letzten Jahren auch durch die von SIMONS angegebene Punktion der Sella so verbessert worden, daß man jetzt schon meistens im voraus angeben kann, wie der Fall auf Bestrahlung reagieren wird. Auch schon früher erhielten wir übrigens ausgezeichnete Resultate bei Bestrahlungen. Ich führe z. B. nur folgenden Fall an:

Pat. St., seit 1919 Flimmern, allgemeine und neurologische Untersuchungen zuerst stets negativ. 1920 beiderseits parazentral und schläfenwärts oben relative Skotome für rot. Seit 1922 bemerkt er, daß das Sehen auf beiden Augen schnell nachläßt. Röntgenbild ergab jetzt einen sehr großen Schatten in der Gegend der Sella und weitgehende Destruktion des Knochens. Damals $RS = \frac{5}{5}$, $LS = \frac{5}{50}$. November 1922 erste Bestrahlung. März 1923 zweite Bestrahlung: kombiniert Radium und Röntgen. Zunächst nach den Bestrahlungen subjektiv verschlechtert; auch eine Vergrößerung der Gesichtsfelddefekte, die sich später wieder besserten. Im Dezember 1923 dritte kombinierte Bestrahlung. 1925, 1927, 1930 weitere Bestrahlungen. Außer der anfänglichen Verschlechterung im Jahre 1923, die wohl zum Teil als eine starke Bestrahlungsreaktion aufgefaßt werden muß, und außer einer Störung durch Ohrensausen im Jahre 1925, keinerlei unangenehme Reaktionen auf die zum Teil sehr starken Dosen. Visus und Gesichtsfeld ist von 1923—1931 nach den Bestrahlungen völlig gleichgeblieben. Wahrscheinlich handelt es sich um ein Adenom des

drüsigen Anteils, welches von vorn und hinten auf das Chiasma gewirkt hatte. Patient, ein vielbeschäftigter Jurist, kann seinem Beruf unverändert nachgehen.

In mehreren anderen Fällen wurde durch die Röntgenbestrahlung der Befund gleichfalls gebessert und hielt sich ähnlich; in anderen Fällen konnte aber schließlich das Fortschreiten doch nicht ganz aufgehalten werden.

Literatur der Hypophysenbestrahlung. Relativ frühzeitig ist über gute Erfolge berichtet worden. An erster Stelle muß man eine Mitteilung von v. SZILY und KÜPFERLE erwähnen, die schon aus dem Jahre 1918 stammt. Die Autoren wählten eine kombinierte Röntgen- und Radiumbehandlung bei allen Tumoren, die nach der klinischen Beurteilung wahrscheinlich radiosensibel waren, und erreichten bei 7 Fällen 5 mal eine ganz deutliche anhaltende Besserung der Funktion. In einem Falle konnte sogar eine Erblindung beseitigt werden, die nach einer Operation eingetreten war, und zwar hielt sich die gute Funktion in der Beobachtungszeit von über zwei Jahren. Der sicherste Hinweis auf voraussichtlich gute Reaktion sei die Akromegalie. Strahlenrefraktäre Fälle, Cysten, Teratome und Gliome müßten operiert werden, insbesondere wenn rasche Druckentlastung am Platze ist. Zur Unterstützung solle man Jod, evtl. auch Drüsenpräparate geben. Alle nicht progressiven und für das Sehvermögen nicht bedrohlichen Erkrankungen könnten auch rein medikamentös behandelt werden.

Die Zahl der Therapeuten, die mit Publikationen hervorgetreten sind, ist inzwischen groß geworden. BIRCH-HIRSCHFELD sah mehrfach Heilung und Besserung. STOCK notierte bei 18 bestrahlten Tumoren 9mal Besserung, in einem Falle, der mit 100% der HED bestrahlt worden war, traten in der folgenden, 3 Jahre dauernden Beobachtungszeit überhaupt keine Beschwerden mehr auf. GASTEIGER machte günstige Beobachtungen in zwei Fällen mit Hemi-anopsie. Bei einem der beiden Patienten wurde nur das Allgemeinbefinden gebessert, bei dem zweiten auch die Sehschärfe und das Gesichtsfeld. WEVE sah 4 mal glänzende Erfolge unter sieben Fällen, nur einmal einen gänzlichen Mißerfolg, doch konnte bei diesem Fall durch die Operation eine Besserung herbeigeführt werden. Er möchte alle Kranken, außer denjenigen mit Stauungspapille, zunächst bestrahlen. WEHEFRITZ berichtet in seiner Arbeit über 6 Fälle. Er hat bei der Akromegalie sowohl Erfolge wie Mißerfolge gesehen und erklärt das verschiedene Verhalten auch dadurch, daß die Cysten auf Bestrahlung schlecht reagieren, während die Adenome sich günstig verhalten. Es wurden 100% der HED gegeben, an Ort und Stelle nur 40%; harte Strahlung, 1 mm Cu + 1 mm Al; zwei Felder bitemporal, evtl. ein drittes Feld nasal. HIRSCH unterscheidet zwei Formen; eine gutartige, bei welcher die Geschwulst gegen die Keilbeinhöhle zu wächst und eine bösartige, die das Chiasma nach oben drückt und Sehstörungen hervorruft. HEINESMANN berichtet über 15 Fälle. Er hatte bei den Akromegalien beste Erfolge und erinnert daran, daß im Falle der Hirndrucksteigerung eine Dekompression gemacht werden muß. Über erfolgreiche Fälle berichteten ferner MÜLLER-CZEPA, JENDRALSKI, SCHAEFER, HEUSER, BARTELS und HESSBERG. Der HEUSERSche Patient wurde wieder arbeitsfähig, nachdem er vier Monate blind gewesen war. Mehrere Autoren gebrauchten (ähnlich wie von SZILY und KÜPFERLE schon vor 1918) Kombinationen von Röntgen- und Radiumbestrahlung. Von FAVALORO und von WEVE ist dies ausdrücklich angegeben.

Zusammenfassung über Hypophysenbestrahlung. Wenn ich die in der Literatur gesammelten Resultate und eigene Erfahrungen berücksichtige, so läßt sich Folgendes sagen: Besonders gut reagiert augenscheinlich nur das Adenom der Sellagegend. Andere Tumoren sprechen nicht so sicher an, zum Teil überhaupt nicht. Cysten reagieren schlecht. Über die Erfolge ist bei noch so guter diagnostischer Untersuchung trotz aller Fortschritte auch jetzt noch keine ganz sichere

Voraussage zu machen; der Versuch entscheidet. Eine verhältnismäßig radikale Wirkung, die aber ziemlich streng auf die Sella begrenzt ist, bekommt man nach Freilegung des Zuganges von der Nase aus und nach Einführung von Radium in die Keilbeinhöhle. In den günstigsten Fällen ist es so wohl möglich, eine Dauerheilung zu erzielen. Sehr häufig gelingt es bei den langsam wachsenden Geschwülsten auf mehrere Jahre die Beschwerden ganz wesentlich zu bessern, die Sehschärfe zu heben und den Patienten wieder arbeitsfähig zu machen. Fälle, die auf Bestrahlung schlecht reagieren und durch die Diagnose als Prozesse der RATHKESchen Tasche sicher festgestellt sind, lassen sich etwas leichter operativ angehen. Es muß bei Cysten ein großes Stück der Wand entfernt werden, alsdann besteht eine gewisse Aussicht, daß die schweren Symptome schwinden. Bei Hirntumoren, die von der Nachbarschaft aus auf die Sella wirken, hilft zunächst die Entlastungsoperation, und gar nicht selten sieht man auch noch Besserung nach der Bestrahlung.

Anhang: Bestrahlung bei anderen Hirnerkrankungen.

Ebenso wie die Hypophysengegend können auch Erkrankungen der Gehirnbasis, des Stirnhirns und der Gegend des dritten Ventrikels durch Kompression der Sehbahnen dem Augenlicht gefährlich werden.

Entzündliche Erkrankungen der Basis lassen sich, falls andere Versuche nichts nutzen, gelegentlich auch mit relativ schwachen Dosen erfolgreich beeinflussen (Analogie zur Tuberkulosebehandlung des Auges). Es ist aber zu bedenken, daß nach den Bestrahlungen oft unangenehme Reizerscheinungen auftreten und der Verfall des Sehvermögens unaufhaltsam weiter geht, wie ich das selbst bei einem Patienten beobachtet habe, der kurz nach einer Tumorbestrahlung erblindete.

Mehrfach habe ich auch Fälle von Hirntumoren gesehen, bei welchen eine Bestrahlung vorgenommen wurde. Da die topische Diagnostik der Hirnerkrankungen durch die Anwendung der Hirnpunktion und die genaue Auswertung aller anderen lokalisatorischen Hinweise beträchtlich fortgeschritten ist, kann man gelegentlich auch einen gut lokalisierten Tumor mit einer genügend starken Dosis von Röntgenstrahlen behandeln. Durch diese Bestrahlung soll nach den Angaben verschiedener Autoren zunächst der Druck herabgesetzt werden; bei den Fällen der Berliner Universitäts-Nervenklinik ließ sich allerdings eine Bestätigung dieser Angabe nicht finden. (Es sei daran erinnert, daß auch beim Glaukom der Druck durch die Bestrahlung im allgemeinen nicht herabgesetzt wird.) Weiter kann man bei verschiedenen Tumoren auch eine günstige spezifische Wirkung der Bestrahlung beobachten. Insbesondere reagieren Hämangiome und gewisse Formen von Gliomen günstig, dagegen die Endotheliome und die Cysten schlecht. Ähnlich wie bei den Hypophysentumoren wird auch hier auf dem Wege der Mehrfelderbestrahlung möglichst eine HED oder sogar noch eine größere Dosis zur Einwirkung gebracht. Einen guten Effekt bei den Störungen der Sehbahnen habe ich zweimal durch eigene Untersuchungen kontrollieren können.

In der Literatur wird man detaillierte Angaben über die Technik der Röntgenbestrahlung in der Arbeit von STÖRMER und GOTTHARDT finden, die ebenfalls eine Mehrfelderbestrahlung benutzten und in 30 Fällen fast klinische Heilung, in 20 Fällen anhaltende Besserung erzielten. SKOTNICKY, ROLLEY und COLRAT sahen deutliche Besserung der Stauungspapille und Zunahme der Sehschärfe; ihre Resultate hielten sie für mindestens ebenso gut oder noch besser als bei der Entlastungsoperation. Die Angabe SGALITZERS, daß die

Liquorbildung sich verringere und der Rückgang des Hydrocephalus experimentell nachzuweisen sei, konnte klinisch bei den Fällen der Berliner Universitäts-Nervenklinik nicht bestätigt werden.

III. Grenzstrahlentherapie.

Neuerdings hat BUCKY eine Strahlung für die Therapie nutzbar gemacht, welche in ihren Wirkungen zwischen Röntgenstrahlung und Ultraviolett liegt. Es handelt sich eigentlich um die langwelligsten Röntgenstrahlen, also um Strahlen, die auch noch dem Röntgenspektrum zuzuteilen sind. Um sie nutzbar zu machen, mußten an der Apparatur besondere Maßnahmen getroffen werden. Die Durchdringungsfähigkeit ist, verglichen mit den gewöhnlichen Röntgen- und Radiumstrahlen, äußerst gering. Die Wellenlänge liegt um 10^{-6} mm gegenüber 10^{-8} mm der harten Röntgenstrahlung. Es ist also eine Strahlung von 2 ÅNGSTRÖM-Einheiten (eine ÅE = 10^{-7} mm). An der Haut werden 25% innerhalb der ersten 0,2 mm Tiefe absorbiert (vgl. Abb. 56 aus BUCKY: Grenzstrahlentherapie). Man sieht an der wiedergegebenen Abbildung ohne weiteres, daß gerade die äußerste Gefäßschicht des Papillarkörpers noch eine stärkere Dosis erhält. Weiter nach der Tiefe zu nimmt die Wirkung so schnell ab, daß praktisch eine Überbestrahlung der tiefen Schichten gar nicht in Frage kommt.

Es bestand für Haut- und Augenkrankheiten ein erhebliches Interesse an der Erprobung dieser Grenzstrahlen, und es war zu erwarten, daß man mit geeigneter Dosierung auf die oberen Schichten sowohl einen ausgezeichneten therapeutischen Reiz im Sinne der Regeneration wie bei stärkerer Bestrahlung eine zellzerstörende Wirkung ausüben kann. Am Auge würden z. B. nach KRASSO in der Hornhaut 99% der Strahlung schon in dem vordersten Drittel absorbiert, und zwar der Hauptanteil sogar fast elektiv im Epithel. Zeichnet man den gleichen Absorptionsmaßstab an eine Abbildung des vorderen Augapfelabschnittes, welchen BUCKY in der vorhergehenden Abbildung für die Darstellung der Absorption an der Haut benutzt hat, so erhält man eine Absorption von etwa 50% in der vorderen, von etwa 20% in der hinteren Hornhauthälfte. Es ergibt sich aus dieser Abbildung auch ohne weiteres, daß die Regenbogenhaut und die Linse von einer nennenswerten Einwirkung ganz frei bleiben, selbst wenn die Hornhaut in ihren oberflächlichen Schichten eine sehr intensive Einwirkung erfährt.

Frau KRASSO hat bereits 200 Fälle von Augenkrankheiten mit der neuen Strahlung behandelt. Es sollen Herpes, Oberflächengeschwüre, Epitheldefekte, Wunden von Verätzungen günstig reagieren. Die gute Wirkung äußerte sich auch in Schmerzstillung, Ablassung des Auges und Aufhellung der geschädigten Hornhaut. Es erfolgte eine schnelle Regeneration des Epithels innerhalb 48 Stunden. Nach den vorliegenden, von MELLER bestätigten Angaben wurden in *Wien* folgende Resultate erhalten:

1. Herpes und Keratitis punctata superficialis waren schnell geheilt.
2. Infizierte Erosionen reinigten sich in kurzer Zeit.
3. Katarrhalische und ekzematöse Geschwüre ließen sich schnell beeinflussen.
4. Bei einem Falle von Ulcus rodens mit unterminierten Rändern trat ein schlagender Erfolg ein.

5. Scleritis und Episcleritis reagierten ebenfalls recht gut.

Die Technik der Behandlung ist äußerst einfach. Man braucht nichts abzudecken, da die benutzte Dosis von der Lidhaut ohne schädliche Reaktionen vertragen wird; es kam niemals zu einer Epilation. KRASSO gebrauchte pro

Sitzung eine Bestrahlung mit 70—100 R bei einer Halbwertschicht von 0,2 mm Al. Die Eichung wird an einer modifizierten Ionisationskammer vorgenommen.

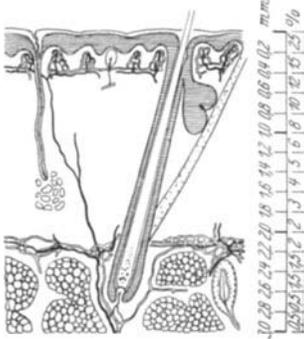


Abb. 56. Absorption der Grenzstrahlen in der Haut.

Es wurde in der Aussprache nach einem Vortrage von Frau KRASSO geltend gemacht, daß man dieselben Erfolge auch mit Röntgen und Radium erzielen könne. Dies ist natürlich der Fall und muß in der Tat auch erwartet werden. Man darf aber nicht verkennen, daß die Absorptionsverhältnisse für die Behandlung der Oberflächenerkrankungen und speziell von Augenerkrankungen so günstig wie möglich sind und daß niemals eine Gefährdung der Linse oder der Regenbogenhaut eintreten kann.

Eigene Erfahrungen habe ich bisher erst an einigen Fällen von Keratitis superficialis gewonnen; ich kann nicht verschweigen, daß wir neben relativ günstiger Wirkung auch Versager gesehen haben. Trotzdem möchte ich nach den Wiener Veröffentlichungen weiter hoffen, daß wir in der Grenzstrahlentherapie ein brauchbares und relativ ungefährliches Mittel zur Behandlung von bestimmten oberflächlichen Augenkrankheiten besitzen. Auch die Erkrankungen der Lidhaut können in den Bereich dieser neuen Therapie gezogen werden, da schon viele an anderen Körperstellen lokalisierte Hautkrankheiten von Fachärzten mit der Grenzstrahlung günstig beeinflußt wurden.

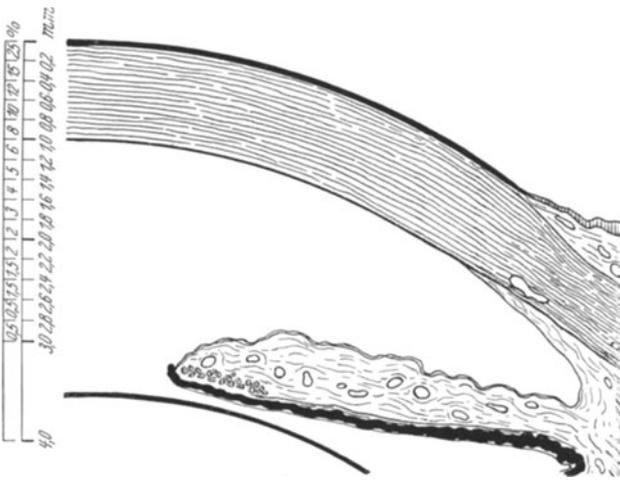


Abb. 57. Absorption der Grenzstrahlen am Auge. Man sieht, daß im mittleren Hornhautfünftel nur halb so viel absorbiert wird wie im ersten Hornhautfünftel und im letzten Hornhautfünftel nur knapp 1/2 so viel wie im ersten Hornhautfünftel, und kann daraus leicht die Unterschiede im Effekt bei der Bestrahlung ableiten. Diese Zeichnung wurde in Anlehnung an die zugleich wiedergegebene Zeichnung aus BUCKY: Grenzstrahlentherapie, hergestellt, welche die entsprechenden Verhältnisse an der Haut veranschaulicht. Auch die Absorptionsverhältnisse an der Haut sind bei der Augenbestrahlung wichtig, falls man die Lidhaut mitbestrahlt.

Eine Allgemeinbestrahlung der Haut mit Grenzstrahlen kann ferner offenbar mächtige spezifische Wirkungen am übrigen Körper entfalten. BUCKY stellte fest, daß bei Allgemeinbestrahlung ein Leukocytensturz auftrat, der bei harten Röntgenstrahlen nur vereinzelt, bei strahlender Wärme, bei Licht und Ultraviolett niemals beobachtet wurde. BUCKY schloß daraus, daß eine besonders starke Einwirkung der Grenzstrahlen auf das autonome Nervensystem angenommen werden müsse.

Dies sei keine Wellenlängenspezifität, sondern vielmehr durch die prozentual starke Absorption in der Haut bedingt, die eine ganz überlegene Empfindlichkeit für Reize am autonomen Nervensystem besitze. Der Minimumquant bezüglich dieses Reizes lag bei Verabfolgung einer Dosis von 1/20 HED; wurde diese Dosis auf 4, 6 oder 8 Min. verteilt, so blieb der Leukocytensturz aus. Es ist anzunehmen, daß die Allgemeinbestrahlung der Haut —

auf direktem Wege und auf dem Wege über das Nervensystem — auch sonst eine starke Wirkung entfalten kann. Röntgenbestrahlung verschiebt bekanntlich das Säurebasengleichgewicht. Lichtbestrahlung der Haut ruft eine ganze Reihe von Reaktionen im übrigen Körper hervor. Die Grenzstrahlen scheinen auch noch andere Wirkungen zu haben; BUCKY konnte durch Allgemeinbestrahlung z. B. den Grundumsatz heben.

Von der Anschauung ausgehend, daß beim Glaukom häufig Nerveneinflüsse des vegetativen Systems nachgewiesen werden können, wurde KRASSO veranlaßt, bei dieser Erkrankung eine Einwirkung durch Hautbestrahlung mit Grenzstrahlen zu versuchen. Dabei soll sich nach ihrer Angabe für einen großen Teil der behandelten Fälle von chronischem Glaukom eine starke Beeinflussungsmöglichkeit ergeben und der Druck vielfach für kürzere Zeit, vielfach dauernd, unter der Wirkung der Bestrahlung sinken. Das Pilocarpin sei in einzelnen Fällen wieder wirksam geworden, wenn es vorher nicht mehr wirksam war. Während von Frau KRASSO bei Glaukom mit erhöhtem Grundumsatz die Röntgenbestrahlung der Schilddrüse durchgeführt wird, hält sie auf Grund ihrer Ergebnisse bei den Fällen mit herabgesetztem Grundumsatz mit vasomotorischer Übererregbarkeit und herabgesetzter S.D.N. die Hautbestrahlung mit BUCKYs Grenzstrahlen für ein wichtiges Mittel.

Zusammenfassung über Röntgen-, Radium- und Grenzstrahlentherapie.

Überblicken wir noch einmal in Kürze die Ergebnisse.

Wir haben in den Strahlen des Röntgenspektrums ein starkes Heilmittel, welches zu vielfältigen Wirkungen befähigt ist. Jetzt schon ist die Ausbeute der praktischen Verwertung so groß, daß man diese Bestrahlungen als Heilverfahren kaum noch missen könnte. Aber nur in der Hand des sorgfältigen und zielbewußten Therapeuten vermögen sie viel zu leisten. Durch Behandlung ohne strenge Indikationen kann der Zustand häufig verschlechtert, bei Bestrahlungen der Geschwülste geradezu eine Lebensgefahr heraufbeschworen werden. Man soll also seine Indikationen stets mit einer gewissen Vorsicht stellen.

Nach MARZIO sind die Hornhautschädigungen durch Röntgenstrahlen den Alkalivergiftungen verwandt, bei welchen bekanntlich die Heilung nur äußerst langsam vor sich geht. Gerade bei den Augenerkrankungen muß die hier in so hohem Grade bestehende Gefahr der Schädigung besonders ernsthaft berücksichtigt werden.

In diesem Sinne sei auch an Bestrahlungsversuche bei Tieren erinnert, die mit Pneumokokken und Streptokokken infiziert waren (CORPER und CHORVAY). Regelmäßig zeigte sich ein ungünstiger Einfluß auf den Verlauf der Infektion. Auch die motorischen Capillarfunktionen, die zunächst nach der Bestrahlung gesteigert werden, sind später häufig gestört (SIEDAMGRODZKI).

Von den *Erkrankungen des Auges* sind offensichtlich einer günstigen Beeinflussung durch Radium- und Röntgenstrahlen einige Bindehautleiden zugänglich, z. B. das Trachom und der Frühjahrskatarrh, einige oberflächliche Hornhauterkrankungen, bestimmte Fälle von Keratitis parenchymatosa und ferner viele Fälle von Augentuberkulose. Die Erfolge bei den übrigen Erkrankungen außer den Geschwülsten sind weniger sicher, sie werden von einzelnen Autoren überhaupt bestritten. Für viele der behandlungsfähigen Erkrankungen sind Radium- und Röntgenstrahlen ziemlich gleichwertig.

Die oberflächlichen Erkrankungen lassen sich durch die Grenzstrahlen gut beeinflussen; tiefer gehende können aber mit diesen Strahlen nicht erreicht werden.

Besonders starkes Interesse konzentriert sich auf die *Bestrahlung der Geschwülste*. Man darf sagen, daß ein Erfolg bei klinisch sehr verschiedenen Tumoren erzielt werden *kann*. Ein schwacher Punkt ist aber leider dennoch die Unsicherheit des Resultats bei vielen Tumorarten, und zwar auch trotz Anwendung der besten Technik. Die Folgen des Mißlingens sind um so schwerwiegender, je maligner der Tumor und je gefährlicher die Gesamtsituation ist. Im allgemeinen ist folgendes zu sagen:

1. Gutartige Geschwülste. Von diesen haben die meisten Hämangiome sowie die Lymphadenome der Lider gute Aussichten auf erfolgreiche Behandlung. Besonders bei Säuglingen und kleinen Kindern ist die Strahlenbehandlung auch kosmetisch sehr zu empfehlen wegen der großen Regenerationsfähigkeit der benachbarten Gewebe, welche den Defekt häufig ohne sichtbare Narbenbildung ausfüllen.

2. Bösartige Geschwülste. Besonders empfindlich sind die Basalzellencarcinome des Lides. Aber auch alle anderen Lidcarcinome können zunächst einer Strahlenbehandlung unterworfen werden, da man den Effekt gut kontrollieren kann. Gut reagieren ferner Lymphosarkome und Carcinome der Tränendrüsengegend. Weniger gut reagieren die Lymphangiome und die Sarkome außer dem Lymphosarkom. Häufig schlecht ist die Wirkung bei den Pigmenttumoren, sowohl bei epibulbären wie bei intrabulbären.

Eine Sonderstellung nimmt das beiderseitige Gliom und das beiderseitige metastatische Carcinom des Augapfels ein; die zwar geringe, jedoch zweifels-ohne bestehende Möglichkeit einer Rückbildung beim Gliom und erst recht beim Carcinom rechtfertigt in Anbetracht der unglücklichen Lage der Patienten bei Erkrankung beider Augen die rücksichtslose Bestrahlung mit den höchsten Dosen.

Einseitige bösartige Tumoren des Augapfels scheiden gewöhnlich wegen der Gefährdung des Patienten für die Strahlentherapie aus. Unter besonderen Umständen ist aber doch der Versuch gerechtfertigt, z. B.

- a) bei ganz oberflächlichen Geschwülsten,
- b) bei Einäugigen,
- c) falls die Operation verweigert wird.

Geschwülste der Augenhöhle wird man im Falle der Inoperabilität gelegentlich bestrahlen müssen; man wird die Operation im allgemeinen vorziehen, weil man sonst in der Tiefe den Effekt nicht genügend kontrollieren kann. Häufig ist auch eine gründliche Nachbestrahlung nach den Operationen angezeigt.

3. Die Pseudotumoren der Orbita sind durchweg gut empfindlich, dagegen sind wenig empfindlich cystische Gebilde und Dermoid.

4. Bei den Tumoren der der Augenhöhle benachbarten Gebiete richtet sich die Indikation zum Teil nach ähnlichen Grundsätzen wie bei Bestrahlung der Augenhöhle selbst. Besonders häufig wird sich hier eine Indikation zu der Bestrahlung bei inoperablen Tumoren ergeben, bei welchen die chirurgische Therapie nicht mehr radikal in die tiefen Teile des Geschwulstbettes am Schädel vordringen kann.

5. *Gegen* öftere Wiederholung der Bestrahlungen oder gegen Bestrahlung ohne wichtige Indikation spricht bei manchen gefährlichen und vor allen Dingen auch bei allen unübersichtlichen in der Tiefe liegenden Tumoren das Gefahrenmoment der alsdann drohenden Rezidive und Metastasen, weiter die Verschlechterung der operativen Chancen.

6. *Für* eine Strahlenbehandlung spricht manchmal die größere Schonung der Gewebe und bei Einäugigen der Umstand, daß in einzelnen Fällen nur auf diese Weise die Funktion des Augapfels (z. B. bei manchen tiefen Tumoren der Orbita

und der anschließenden Gebiete) oder, falls der Tumor inoperabel ist, unter Umständen sogar das Leben erhalten werden kann.

Es wird jedesmal sorgsamst abzuwägen sein, ob und wie weit man Bestrahlungen anwenden soll.

E. Gewebszerstörung.

Die Methoden der Gewebszerstörung sind nicht einheitlicher Natur; verwandt ist allen nur der Effekt. Man kann zwischen chemischen, thermischen und elektrolytischen Methoden unterscheiden.

Chemokaustik. Zur *Chemokaustik* benutzt man die starken Ätzmittel. Auch diese können in schwächeren Lösungen eine rein adstringierende Wirkung haben und müssen deshalb als „Caustica“ in genügender Konzentration angewandt werden. Für praktische Zwecke brauchbar sind nur einige Schwermetallsalze, einige anorganische Säuren und einzelne organische Verbindungen, und zwar alle nur, soweit sie einen demarkierenden Wall von ausgefälltem Eiweiß um die Ätzstelle entstehen lassen. Die durch Laugen bewirkten Koagulationsnekrosen grenzen sich nach der Umgebung hin nicht so scharf ab; deshalb sind diese auch für das benachbarte Gewebe gefährlich und praktisch nicht verwendbar (s. LEWIN).

Die Anwendung der chemischen Ätzmittel reicht in die ältere Zeit der Augenheilkunde zurück. In der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts scheinen sie sogar recht beliebt gewesen zu sein; denn im Lehrbuch von JÜNGKEN findet man z. B. eine ganze Anzahl solcher Caustica zusammengestellt. Mit Schwefelsäure wurde damals die Haut beim Entropion senile geätzt, bis durch Narbenbildung die Stellung des Lidrandes korrigiert war. Konzentrierte Salzsäure wurde mit einem feinen Pinsel auf den Grund der Hornhautulcera aufgetragen; falls diese Salzsäurekaustik nicht zum Ziele führte, das Ulcus vielmehr Neigung zu üblem Verlauf zeigte, wagte man auch wohl die sonst wegen ihrer starken Reizwirkung etwas gefürchtete Berührung des Geschwürgrundes mit einem Argentumstift. Auch bei Tumoren, besonders beim Naevus und Angiom, ferner bei Entzündungen des Tränensackes (ARLT) wurde chemische Verschorfung geübt; neben der Salpetersäure wurde dazu auch der Höllensteinstift benutzt.

Die neuere Zeit ist der Anwendung von starken Ätzmitteln am Auge im allgemeinen mit Recht nicht gerade freundlich gesinnt gewesen. Es stehen andere Verfahren zur Verfügung, mit denen genauere Dosierung der Kaustik bezüglich Intensität und Tiefenwirkung möglich ist. An der Bindehaut wird meist nur noch die adstringierende und reinigende Wirkung verdünnter Lösungen beim sog. Touchieren ausgenützt. Der einzige Fall, in dem die Chemokaustik Bedeutung für die Bindehautbehandlung behalten hat, ist die Milchsäureätzung bei der Tuberkulose. Nach ihrer ersten Empfehlung durch englische Autoren hat sie sich auch in Deutschland eingebürgert. Man soll eine 30—50%ige Lösung, unter Umständen auch konzentrierte Milchsäure, mit einem feinen Haarpinsel auf die tuberkulösen Granulationen auftragen (s. bei AXENFELD); dabei ist die Hornhaut sorgfältig zu schonen; denn durch tierexperimentelle Arbeiten ist bekannt, daß schon 1%ige Milchsäurelösung irreparable Trübungen zurücklassen kann. Nach genügender Einwirkung wird das behandelte Auge sorgfältig mit Wasser abgespült. Granulationen sollen evtl. vorher mit dem Löffel abgekratzt oder mit dem Galvanokauter behandelt werden.

Für die Hornhauttherapie sind die chemo-therapeutischen Mittel neuerdings fast ganz verlassen worden. Eine leichte Ätzwirkung für die oberflächlichsten Zellschichten erkrankten Gewebes kommt wohl noch in Frage bei Anwendung der Jodtinkurbetupfung der Hornhautgeschwüre (BAHR). In

gewissem Sinne diesen kaustischen Methoden zuzurechnen ist schließlich auch noch die Jodtinkturbehandlung der Tränensackerkrankungen (WESSELY).

Kaustik mit erhitzten Instrumenten. Die Anwendung der *Hitzekaustik* reicht ebenfalls weit in die ältere Zeit zurück. Das *Ferrum candens*, auf vielen chirurgischen Gebieten angewandt, konnte den aus Chirurgen hervorgegangenen älteren Augenärzten nicht unbekannt sein; von JÜNGKEN und anderen alten Autoren wird deshalb die Anwendung des Glüheisens erwähnt. Die Aufmerksamkeit wurde auf die thermokaustische Behandlung aber erst allgemeiner



Abb. 58.

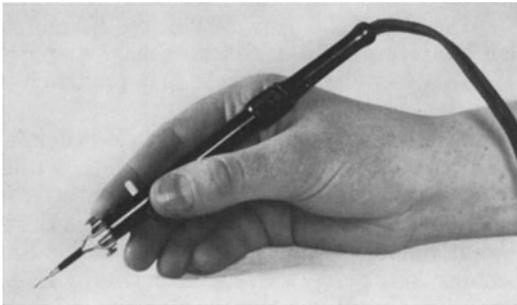


Abb. 59.

Abb. 58 und 59. Halter für Galvanokauter - Brenner.
Abb. 58 älteres Modell; Abb. 59 handlicher Galvano-
kautergriff für verschiedene auswechselbare Ansätze.

Mit dem Bekanntwerden der *Galvanokaustik* fand der Galvanokauter allgemeine Verbreitung; für die Ophthalmologen wurde von SATTLER in Deutschland zum ersten Male ein Modell angegeben, das den jetzt käuflichen Brennern ähnelte. Als Ansatz genügt für den Augenarzt neben einem Flachbrenner für etwas ausgedehntere Operationen bei allen kleinen Verschorfungen meist die spitze Glühschlinge (Abb. 58 u. 59, Galvanokautergriff der Firma Wurach-Berlin). OPPENHEIMER hat neuerdings an der Schlinge noch eine Nadel angebracht, welche mitglüht und sehr fein abgegrenzte Einwirkungen ermöglicht.

Schon von MARTINACHE war die Kaustik für Ulcera und Irisprolapse mit Erfolg benutzt worden; später wurde sehr bald die Technik der Behandlung so ausgebaut, wie sie noch heute üblich ist. Für die Hornhautkaustik genügt immer die feine Schlinge; die Spitze darf nie bis zur Weißglut, sondern nur bis zu schwacher Rotglut erhitzt werden. Die Anästhesie muß genügend sein. Gegen unerwünschte Kopfbewegungen der Patienten hat man sich zu schützen, indem man sie auf den Operationstisch legt und den Kopf unruhiger Kranker durch Assistenten besonders sorgfältig fixieren läßt.

Bei den Hornhautgeschwüren hatte man sich in der ersten Zeit noch mehr als heute auf die Behandlung der Fälle beschränkt, die jeder anderen Therapie trotzten, um so mehr als die Instrumente damals ziemlich unvollkommen waren.

gelenkt, als französische Autoren (MARTINACHE und GAYET) die Hitzeverschorfung auch bei Hornhautgeschwüren in Empfehlung gebracht hatten. Man benutzte zuerst recht primitive Instrumente, heißgemachte Nadeln und sogar eine erhitzte Bleistiftspitze. Später kam der bekannte Paquelinbrenner in Aufnahme, auch in der von UNNA angegebenen Modifikation des Mikrobrenners, bei dem durch Wärmeableitung mittels eines kleinen Metallstäbchens allzu starker Erhitzung vorgebeugt wird; dieser Brenner ist später durch EVERSBUCH verbessert worden.

Nach Einführung des Galvanokauters gewann das Verfahren an Beliebtheit; im Jahre 1885 konnte NIEDEN schon über eine große Reihe behandelter Fälle berichten.

Außer dem Ulcus serpens wurden noch zahlreiche andere Erkrankungen mit dem Galvanokauter behandelt. Man kann ihn vorteilhaft verwenden, um kleine Irisprolapsen zu sengen, namentlich wenn man gleichzeitig eine mangelhafte Regenerationstendenz anregen und zur Schonung des Auges Operationen umgehen muß. Mit gutem Resultat gebraucht man ihn auch beim Ulcus rodens, beim Gefäßbändchen, beim stark wuchernden Pannus, bei schwer heilbaren Erosionen, sowie nach Abtragung von Tumoren, um die vollständige Entfernung aller Zellnester zu sichern.

Besondere Erwähnung verdient die Behandlung des Keratoconus, bei dem eine rechtzeitige Kauterisation mitunter die beste Methode ist (ELSCHNIG, SIEGRIST). Man umfährt bei schwacher Rotglut mit der Glühspirale die Kegelspitze der Hornhaut, die meist etwas temporal unten liegt und kann im Anschluß daran durch eine Brückenkauterisation nach der nächsten Limbusstelle das Hinüberwachsen von Gefäßen auf

die Hornhautmitte anregen. Es bildet sich an Stelle des schlaffen Hornhautgewebes eine feste Narbe und es kommt zu einer Konsolidierung des anatomischen und optischen Zustandes in der Nachbarschaft.

Zugleich mit der Einführung der Kauterisation zur Behandlung der Hornhautulcera wurde sie bei der Trichiasis empfohlen; die primitivste Methode war auch hier die Anwendung heißer Nadeln oder der heißgemachten Bleistiftspitze (BRUCH). Soweit man die Stellung des Lidrandes korrigieren wollte, ging man in früherer Zeit oft so vor, daß an der Lidhaut eine oberflächliche Narbe gesetzt wurde. Später wurde der Vorschlag gemacht, eine Reihe kleiner tiefergehender Narben parallel zum Lidrand zu erzeugen (SCHMIDT-RIMPLER), oder man legte den Tarsus frei (GALEZOWSKI, ZIEMSEN) und nahm die Kauterisation der Cilienwurzeln und des Tarsus selbst vor.

Ähnliche Methoden mit dem Versuch größerer Schonung der Cilien wurden in Deutschland empfohlen (PESCHEL, HILLEMANN). PESCHEL, der die Cilien erhalten will, gibt an, daß man durch passende Kauterisation mit Sicherheit auch lediglich ihre Richtung um etwa 90 Grad ändern könne.

In der Umgebung des Auges und an den Lidern behandelt man mit der Glühverschöpfung Xanthelasmata, kleine Naevi und Angiome, unter Umständen auch andere kleine Geschwülste, die oberflächlich und gut lokalisiert sind. Zum Schutze des Augapfels legt man dann eine Lidplatte ein. Um bei größeren Kauterisationen Nekrosen der Haut zu vermeiden, muß man die Kauterisationsstellen der Nadel in gewissem Abstand voneinander halten und in mehreren Sitzungen vorgehen. Es bleibt dabei jedesmal zu überlegen, ob man nicht noch schonendere Verfahren anwenden kann, z. B. die Elektrolyse, die Behandlung mit Kohlensäureschnee (s. unten) oder die Bestrahlung.

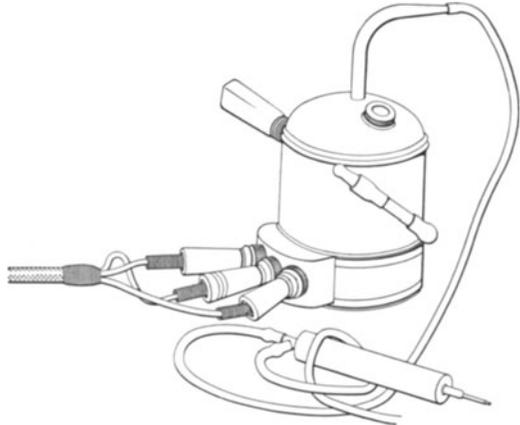


Abb. 60. Dampfkauter nach WESSELY.

Bei der Behandlung der Hornhautgeschwüre erzielt man besondere Schonung des Gewebes mit der Anwendung des Dampfkauters nach WESSELY (Abb. 60). Aus einem kleinen elektrischen Kochkessel wird Wasser- oder Alkoholdampf in ein dünnes, in einer Spitze umgebogenes Metallrohr geführt. Die hohle Umbiegungsstelle nimmt bei Verwendung von Wasserdampf eine Temperatur von 98° , bei Verwendung von Alkoholdampf eine solche von 78° an. Durch Aufsetzen des konstant erhitzten Metallröhrchens an der Hornhaut kann man eine streng lokalisierte Koagulation kleinster Bezirke herbeiführen. WESSELY rechnet mit der Thermolabilität der Pneumokokken. Bei Anwendung von Wasserdampf genügt meist einmaliges Aufsetzen für eine Sekunde für jede Stelle des Geschwürs. Bei Erhitzung durch Alkohol muß die Kauterisation mehrfach wiederholt werden. Fast immer erhält man eine vorzügliche Reaktion, und meist erfolgt die Heilung unter besonders zarter Narbenbildung. Ein Vergleich mit galvanokaustisch behandelten Fällen zeigte nach WESSELYS Angaben die Überlegenheit der Dampfkauterisation in recht sinnfälliger Weise. Es ist aber vorteilhaft, den überhängenden Geschwürsrand und die scharfrandigen Stellen des benachbarten Gewebes vor der Behandlung mit dem scharfen Löffel zu entfernen.

Das Bestreben, die thermokaustische Zerstörung mit möglichst niedrigen Wärmegraden vorzunehmen, hat auch amerikanische Autoren zu neuartigen experimentellen und therapeutischen Versuchen geführt. SHAHAN nahm zunächst eine systematische Prüfung über das Verhalten der Hornhaut bei verschiedenen Temperaturen vor. Er benutzte elektrisch erwärmte, genau temperierte Metallspitzen. Bei $47,2^{\circ}$ fand sich zarte Opaleszenz, bei $47,8^{\circ}$ unregelmäßige Abschuppung der Epithelien, bei $48,3$ — $48,9^{\circ}$ Epithelzerstörung, bei Temperaturen über $54,4^{\circ}$ auch Zerstörung in der Substantia propria, aber noch keine Wirkung auf die Pneumokokken. GREEN will mit SHAHANs Apparat bei Erhitzung auf 70° nach Aufsetzen während einer Minute Hornhautgeschwüre erfolgreich behandelt haben. Auch SHAHAN hat solche Behandlung mit dem auf 71° erhitzten Apparat mehrfach praktisch angewandt; er ging ebenfalls eine Minute lang an alle Teile des Geschwürs und noch $\frac{1}{2}$ mm weit über die Ränder hinaus; bei unregelmäßigen Geschwürsformen nimmt er andere Kontaktflächen. Er glaubt, daß er häufig eine vollkommene Sterilisation erreicht hat. Zur Nachbehandlung genüge alsdann eine Einträufelung von 25%igem Argyrol oder 2%igem Mercurochrom in Verbindung mit Atropin. Bleibe ein kleiner gelber Bezirk zurück, so soll an diesen Stellen der Apparat noch ein zweitesmal in gleicher Weise aufgesetzt werden. Bei nicht infizierten schlaffen Ulcerationen genüge der auf 57° erhitzte Kauter, ebenfalls bei Anwendung von 1 Min. Dauer. SHAHAN berichtet aber, daß in den 60 Fällen, in welchen sein Apparat von ihm und seinen Kollegen angewandt wurde, 5—6 Perforationen vorgekommen sind! LINDNER bestreitet, daß die Methode überhaupt im Durchschnitt eine günstige Wirkung habe; er fand öfter hinterher eine graue oder porzellanweiße Trübung an der Hornhaut; bei seinen 12 Fällen kam dreimal eine Perforation am Tage nach der Behandlung zustande.

Wer die von SHAHAN angegebene Methode versuchen will, kann in Deutschland dazu besser das von FLEISCHER konstruierte Instrument benutzen. Man muß aber Bedenken haben, ob es sich um eine rationelle und sichere Technik handelt. Es ist kaum anzunehmen, daß die gewünschte, genau differenzierte Einstellung der Temperaturen, die SHAHAN erreichen möchte, in den erhitzten Gewebsteilen richtig zur Geltung kommt. Jedenfalls dürften alle durch strömende Flüssigkeiten oder durch strömenden Dampf gewärmten Hohnadeln den Vorzug einer viel größeren Temperaturkonstanz haben. Das muß sich ganz besonders dann bemerkbar machen, wenn man eine Temperatur gebrauchen will, die sich

an der unteren Grenze des Möglichen hält. Das Instrument mit der niedrigsten, wirklich brauchbaren Temperatur und mit einer genügend konstanten Dosierung dürfte der WESSELYsche Apparat sein.

Erwähnung verdient hier ein interessanter Versuch NICHELATTIS, welcher die trachomatöse Bindehaut auf $\frac{1}{2}$ cm Entfernung mit dem glühenden Paquelin für 3 Minuten bestrahlte. Wenn der Patient Schmerz äußert, soll die Temperatur im Bindehautsack auf 60° gestiegen sein. Es wurden 10—20 Bestrahlungen in einer Serie hintereinander gegeben und damit ausgezeichnete Erfolge bei Trachom erzielt. NICHELATTI gibt an, daß die Sekretion stark nachließ und auch Hornhautkomplikationen sich nachher besserten; schwieriger war die papilläre Hypertrophie zu behandeln, doch nahm auch diese schließlich ab und es kam zu einer rezidivfreien Heilung. Das Verfahren scheint immerhin einer Nachprüfung wert zu sein; da der Hitzeeffekt mit der Dicke des Paquelinbrenners und dem Grade der Glut sehr wechselt, müßte man zunächst Versuche am Kaninchen unternehmen, um sich über den Effekt bei dem jeweils benutzten Gerät zu orientieren (s. auch DUFOUR, S. 703).

Diathermiekaustik. Mit der *Diathermie* tauchte als neues Verfahren die sog. „Kaltkaustik“ oder chirurgische Diathermie auf. Durch Einengung des Diathermiestromes in spitzen Nadeln, knopf- oder messerähnlichen Ansätzen wird in der Nähe der Einstichstelle oder an der Stelle der Berührung eine zur Koagulation des durchströmten Gewebes genügende Hitze erzeugt. Der Ausdruck „Kaltkaustik“ ist schlecht, da es sich, streng genommen, trotz der relativ niedrigen Temperaturen doch um eine thermokaustische Zerstörung des Gewebes handelt.

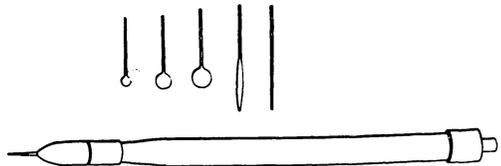


Abb. 61. Elektrochirurgischer Brenner mit verschiedenen Ansätzen.

Entsprechende Instrumentarien in der von NAGELSCHMIDT angegebenen oder in modifizierter Form (Abb. 61) werden jetzt von verschiedenen Firmen geliefert. Wenn man einsticht, so muß zum Schutz der Haut die Nadel in Öl eingetaucht werden. Man kann den Effekt auf bestimmte Stellen in vorzüglicher Weise lokalisieren und hat eine ganze Reihe von Anwendungen auch für den Ophthalmologen angegeben. In der amerikanischen (CLARK) und später auch in der französischen Literatur (ROURE, CHARPENTIER, MAWAS) finden sich entsprechende Mitteilungen. So kann man die Lidtumoren (Warzen, Carcinome, Angiome) gut damit behandeln; auch die Therapie des Lupus soll rationell sein. Bindehautbehandlung ist bei Trachom mehrfach mit diesem Verfahren geübt worden. Manche Pigmentgeschwülste des Limbus lassen sich nach MAWAS ebenfalls durch diese Therapie sehr gut beseitigen, während die Strahlenbehandlung bekanntlich machtlos ist; LAGRANGE empfahl aber doch die Excision und nur eine nachfolgende Kaustik des Geschwulstbettes. Neuerdings ist in Deutschland von JESS erneut die Aufmerksamkeit auf die Elektrochirurgie des Auges gelenkt worden. Selbst bei Rezidiven von Orbitaltumoren kann man nach seinen Angaben in vielen Fällen noch eine Dauerheilung erzielen. Die Anheftung der Netzhaut an die Aderhaut (ähnlich wie bei der GONINSchen Operation) sei möglich, wenn eine feine, bis auf 1 oder 2 mm durch Lack isolierte Nadel eingestochen und für wenige Sekunden der Strom mit seiner Frequenz von über einer Million pro Sekunde durch das Gewebe geschickt werde.

Besonders wichtig und beachtenswert scheint mir zu sein, daß JESS die experimentellen Bedingungen studiert hat, um die Operation der menschlichen Cataract mit Hilfe der elektrischen Koagulation auszuführen. Es wird nach regulärer Ausführung des Starschnitts mit dem Messer eine feine fast bis an die Spitze isolierte Nadel in die Linse eingestochen und der Strom für 1—2 Sekunden geschlossen. Alsdann klebt die koagulierte Linse fest an der

Nadel und kann nach Lockerung der Zonula in toto herausgezogen werden. Dabei steigt die Temperatur in der Peripherie der Linse nicht einmal um 1°.

Ein besonderes Anwendungsgebiet sind die narbigen Verwachsungen der Bindehaut und die Granulationen nach der Enucleation. ROURE und CHARPENTIER zählen eine Reihe von Fällen auf, in welchen sie die Verwachsungen soweit zu lösen vermochten, daß nachher eine Prothese getragen werden konnte. CHARPENTIER gebraucht die oberflächliche Einwirkung, d. h. die Kaltfunkenbehandlung mit Strömen von etwa 50 000 Volt — die schon seit 20 Jahren in Deutschland bekannte *Fulguration* —, bei der die Elektrode nicht ganz bis an das Gewebe herangebracht wird, so daß die Funken überspringen und eine oberflächliche Koagulation bewirken, welche ohne stärkere Narbenzugwirkung heilt. Zur Zerstörung von dichten Narbenmassen wird dagegen auch von ihm die eigentliche Diathermiekoagulation benutzt, bei welcher nach Einschaltung des Stromes die Elektrode mit dem Gewebe in Berührung gebracht oder eingestochen wird. Das Resultat soll sich auch späterhin von der gewöhnlichen chirurgischen Behandlung durch eine auffallend geringe Narbenzugwirkung unterscheiden. Als Vorteile werden ferner gerühmt, daß nur eine Sitzung nötig, bei äußerst zuverlässiger Wirkung der Effekt auf den Ort der Anwendung streng zu beschränken und die Dosierung sehr leicht sei (CLARK).

Gewebszerstörung durch Kälte. Eine echte „Kältekaustik“ übt man aus bei der *Anwendung des Kohlensäureschnees* zur Gewebserstörung (PUSEY und STRAUSS). In der Augenheilkunde wurde die Kohlensäureschneebehandlung zuerst von CAPAUNER geprüft und als recht brauchbar befunden. Zur Gewinnung des Schnees läßt man die Kohlensäure aus der Bombe in ein kleines Stoffsäckchen strömen; hierbei entsteht starke Verdunstungskälte und ein Teil der Kohlensäure gefriert zu Schnee von — 90° C. Der Schnee läßt sich in kleine Gläser oder Metallröhrchen einstampfen, die man mit dem offenen Ende auf die zu behandelnde Stelle setzt. Mit einem kleinen Stempel preßt man dann den Schnee unter mäßigem Druck gegen die Haut. Die Einwirkung soll etwa 20—30 Sekunden dauern; sie muß unter Umständen mehrmals wiederholt werden. Es bildet sich eine kleine Kruste, die nach einigen Tagen abfällt. Unter der Kruste liegt neugebildete Haut; angiomatöse Gefäße gehen dabei fast immer zugrunde. Wird die Einwirkungszeit über eine Minute gesteigert, so können sich entstellende Narben bilden; man soll deshalb lieber erst mit kurz dauernden Applikationen beginnen und sie nur, falls es nötig wird, auf 50 bis 60 Sekunden steigern. Die Brauchbarkeit der Methode speziell zur Angiombehandlung ist von inländischen (z. B. WAGENMANN) und ausländischen Autoren (HARSTON) bestätigt worden. HARSTON hat auch eine Reihe von Trachomen mit Kohlensäureschnee behandelt und in 3—6 Monaten Heilung erzielt.

Elektrolyse. Bei der *elektrolytischen Gewebserstörung* geht man von der Tatsache aus, daß mit einer genügend kräftigen Durchströmung alle Gewebe abgetötet und überhaupt alle Kolloide koaguliert werden können. Freilich bedarf es dazu eines Stromes, der an Einwirkungen stärker ist als bei der übrigen Elektrotherapie. Zur Erzielung der nötigen Stromdichte wendet man meist kleinere Elektroden an oder nimmt feine Nadeln, durch die das Strombett besonders stark eingengt wird.

Die bekannteste augenärztliche Anwendung der Elektrolyse dient zur *Epilation* störender Cilien (BENSON, SCHUBERT). Man benutzt eine besondere Epilationsnadel (Abb. 62), die genau an der Cilie entlang eingestochen werden muß. Anästhesie des Lides ist erwünscht, aber nicht nötig. Der Patient wird zwecks guter Beleuchtung mit dem Auge am besten in den Strahlenkegel eines durch Optik gerichteten Lichtbüschels gesetzt (z. B. Hammerlampe oder Kugellampe von ZEISS); der Arzt stellt sich hinter den Patienten, so daß er dessen

Kopf gut anstützen kann und benutzt zur genauen Kontrolle bei der Einführung der Nadel am besten eine binokulare Lupe, z. B. die vorzügliche BUSCH'sche Lupenbrille. Nach dem Einstechen läßt man einen Strom von etwa 2—3 mA für 20—30 Sekunden hindurchgehen, und zwar so, daß am Lid der negative Pol liegt. Dabei steigen feine Gasblasen auf. War die Haarwurzel richtig getroffen, so kann man die Wimper ohne den geringsten Widerstand aus ihrer Scheide herausheben.

Sehr gut läßt sich die Elektrolyse auch zur Verödung kleiner *teleangiektatischer Naevi* und zur Entfernung unbedeutender *Angiome* gebrauchen. Wegen der stärkeren Wirkung verwendet man dabei besser eine bipolare Methode, d. h. man sticht zwei Nadeln (Anode und Kathode) in einigen Millimeter Abstand parallel nebeneinander ein. Man muß dazu goldene oder aus Platiniridium bestehende Nadeln nehmen, da andere Metalle am positiven Pol stark angegriffen werden. Um an allen Stellen die verschiedene Wirkung des positiven und



Abb. 62. Elektrolysenadelhalter mit federndem Kontakt.

negativen Pols in gleicher Weise zur Geltung zu bringen, muß man bei jeder Lage der Nadeln nach der Hälfte der Zeit den Strom wechseln. NIEDEN gelang es, mit diesem Verfahren (er gebrauchte 6 Elemente, ließ die Durchströmung von jeder Einstichstelle $1\frac{1}{2}$ Minuten wirken, behandelte durchschnittlich 10 Minuten pro Sitzung bei einer Gesamtbehandlung von 4 Sitzungen) selbst mittelgroße angiomatöse Geschwülste der Orbita restlos zu entfernen. Auch Xanthelasmata, die im wesentlichen aus Cholestearindepots bestehen, lösen sich meist vollkommen auf oder blättern ab, wenn man in ähnlicher Weise den Strom durchgeführt hat. Es bilden sich nach der Behandlung Borken, die sich bald abstoßen; meist genügt eine Sitzung. Man soll die Nadeln parallel in einigen Millimetern Abstand unter die Haut schieben (v. REUSS, SILEX); wenn man vorsichtig vorgeht, bleibt auch bei der elektrolytischen Zerstörung von kleinen Tumoren die Haut fast unverändert, so daß man die Stelle nachher kaum erkennen kann (MORGANO).

Elektrolyse zur Behandlung von *Tränensackleiden* ist von französischen Autoren öfter angewandt worden. Es sollte zwar nur eine geringere elektrochemische Einwirkung auf das Gewebe stattfinden; aus der Stärke der angewendeten Ströme (3—5 mA, LAGRANGE; 5 mA für 4—5 Min., GOURLAY) geht aber hervor, daß wahrscheinlich eine regelrechte elektrolytische Zerstörung dabei zustande kam. Man soll besonders isolierte kleine Sonden gebrauchen (LAGRANGE), deren mittlerer Teil durch eine dünne Hartgummischicht geschützt ist. Nach SCHWARZ kann man gewöhnliche Tränensacksonden an einer mittleren Strecke mit Kollodium bestreichen, um zu verhindern, daß die Stromdurchwanderung auch in der Gegend der Tränenpunkte und der Tränenkanälchen stattfindet. Die Sonde muß mit dem negativen Pol verbunden werden. Ob eine kurze anschließende Behandlung mit dem positiven Pol (Stromwechsel für 30 Sekunden; GOURLAY) wünschenswert ist, scheint wegen der starken Ätzwirkung doch recht zweifelhaft. Durch die Behandlung soll das strikturierte Gewebe erschlafft und so präpariert werden, daß nun die gleichzeitig einsetzende Sondenbehandlung zum Erfolg führt. Bezüglich der Resultate ist GOURLAY

optimistisch; er will bei seinen 60 Fällen viele Dauerheilungen erzielt haben. Auch Fälle von Fisteln konnten geheilt werden; der Fistelgang selbst wurde allerdings mit dem Elektrokauter zerstört.

Schon vor langer Zeit wurde von SMITH die elektrolytische Behandlung des *Trachoms* versucht. Er nahm bipolare Elektroden (Anode aus Kupfer), die in wenigen Millimeter Abstand voneinander gehalten und über die erkrankte Stelle der Bindehaut hin- und hergeführt wurden. Neuerdings hat GEORGE eine Kupferelektrode mit einer kleinen ovalen Endplatte angeben, mit der er (5 mA 3—5 Min.) die ganze erkrankte Partie der evertierten Conjunctiva bestreicht (positiver Pol am Lid). Das aktive Element bei dieser Art der Behandlung sind aber die von der Anode ausgehenden Kupferionen. Diese Behandlung soll auch im Narbenstadium brauchbar sein unter gleichzeitiger Anwendung von Scarifikationen; dann wird aber der negative Pol angelegt und die Behandlung hauptsächlich in der Gegend des Tarsus und der Lidränder vorgenommen; sie soll in diesem Falle zur Erweichung des Narbengewebes dienen.

Eine interessante Methode zur Behandlung der *Hornhautulcera* hat von REUSS benutzt. Er bestreicht mit dem knopfförmigen Ende einer Platinnadel die ulcerierte Stelle, bei einer Stromstärke von 5—6 mA. Die Behandlung soll eine milde Kaustik ersetzen, und erst, wenn das Ulcus stärker progressiv ist, geht VON REUSS zu der intensiveren galvanokaustischen Behandlung über.

Eine originelle Anwendung erfuhr die Elektrolyse durch DOR zur Zerstörung eines *Cysticercus*, der in der Ciliarkörpergegend saß. Die Nadel wurde in die Blase eingestoßen und der positive Pol mit 5 mA für 5 Min. zur Einwirkung gebracht; die Blase verschwand und die Netzhaut legte sich wieder an. Auch zur Verödung von *Iriszysten* scheint die Elektrolyse brauchbar zu sein; THILLIEZ ließ hier einen Strom von 4 mA für 2 Min. einwirken.

Schließlich sind hier noch die Techniken zu erwähnen, bei welchen die Kaustik zur Erzielung einer Narbe benutzt wird, um die *Netzhautablösung* zur Wiederanlegung zu bringen. Man kann hierbei unterscheiden 1. diejenigen Verfahren, welche die Kaustik als ein Reizmittel für die Aderhaut angewandt wissen wollen, um nach der Punktion Verlötungen zwischen Netzhaut und Aderhaut zu erzielen; 2. Verfahren, bei welchen jedesmal an der Stelle der Kaustik die Augenhäute perforiert werden, damit sich aus dem Schorf eine Narbe bildet und 3. das von GONIN angegebene Verfahren, bei welchem diese Verlötungsstelle genau am Orte des Netzhautlochs geschaffen werden soll, um gleichzeitig das Netzhautloch und den Glaskörperraum wieder zu verschließen.

ABADIE, der ursprünglich durch eine mit dem elektrischen Pol verbundene Punktionsnadel eine festere Verwachsung erzielen wollte, dachte wohl an eine Art elektrolytischer Reizwirkung, die zu einer Vernarbung führt. Auch SCHÖLER ging bei seiner bipolaren Elektrisierung nach ähnlichen Grundsätzen vor. TERSON rechnete hauptsächlich mit dem koagulierenden Effekt des Stromes auf das Eiweiß des subretinalen Exsudates. Er nahm möglichst feine Nadeln aus Platiniridium und ließ den positiven Pol bei einer Stromstärke von 5 mA für eine Minute zur Einwirkung kommen; dadurch sollte sich das Exsudat zurückbilden und die Netzhaut wieder angelegt werden.

Ein neuer Aufschwung für diese Therapie brach an, als STARGARDT auf dem Heidelberger Kongreß 1922 über einen sehr instruktiven Fall berichtete, bei welchem er durch mehrfache Kauterisationen eine Dauerheilung erzielt hatte. LÖHLEINS und THIELS Versuche durch Kaustik vor der anschließend ausgeführten Punktion der Netzhaut zur dauerhaften Anheftung zu verhelfen, waren eine konsequente Weiterführung der von STARGARDT verfolgten Idee. Der WESSELY-Kauter wurde dabei an einer großen Fläche langsam über die freigelegte Sclera

hinweggeführt. Es konnten breite Verbindungen zwischen den Augenhäuten geschaffen werden.

GONIN verfolgte mit seinen Operationen sofort den weitergehenden Plan, nach der vorhergehenden Ablassung des subretinalen Exsudates durch den Kauter die Gegend des Netzhautloches selbst zu treffen und die nach der Punktion wieder angelegte Netzhaut nicht nur anzuheften, sondern auch das Netzhautloch zu verschließen.

Der deutliche aber prozentual immer noch nicht befriedigende Erfolg der GONINSchen Operation hat zu neuen Versuchen geführt. GUIST hat ein chemisches Ätzverfahren (Anwendung von Ätzkali) ausgearbeitet, mit welchem teilweise sehr gute Resultate erhalten wurden. MELLER und später JESS sowie einige andere Autoren haben versucht, die Diathermie in Gestalt der lokalen stärkeren Erwärmung der Gewebe oder in Gestalt kleinerer Brennungen zu dem gleichen Zwecke dienstbar zu machen.

Literatur.

Bäder.

AGRICOLA: Über eitrige Diplobacillenkeratitis, besonders ihre Therapie. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 44, Erg.-H., 160 (1906). — AXENFELD: Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde, 7. Aufl., 1923. S. 339.

BACH: (a) Fortgesetzte Versuche über Desinfektion des Lidrandes und Bindehautsackes. *Arch. Augenheilk.* 35, 116 (1897). (b) Über den Gehalt des Bindehautsackes, dessen natürliche und künstliche Beeinflussung sowie über den antiseptischen Wert der Augensalben. *Graefes Arch.* 40 III, 190f. — BEER: Lehre von der Augenheilkunde, 2. Aufl. Wien 1913.

DAVIDS: Die großen Ausspülungen nach KALT bei der Behandlung der Blennorrhoea adultorum. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 45, 187 (1907).

EVERSBUSCH: PENITZOLDT und STINTZINGS Handbuch der Therapie, 5. Aufl., Bd. 5, Abschn. Augenkrankheiten. 1911.

FUCHS: Lehrbuch der Augenheilkunde, 13. Aufl., 1921.

GELPKE: (a) Gesundheitspflege des Auges. Karlsruhe 1887. (b) 15jährige augenärztliche Tätigkeit. Hamburg 1902. Zit. nach HAASE: Aus meiner 15jährigen augenärztlichen Praxis. Hamburg 1902, S. 7.

HAASE: Bäderbehandlung Augenkranker. *Zbl. Ophthalm.* Sammelref. 2, 129 (1914). —

HEIMANN: Apparat zur Behandlung äusserer Augenerkrankungen mit vernebelten Arzneimitteln. *Berl. ophthalm. Ges. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 64, 392 (1920). — HERMANN, FRANZ: Über die Wirkung feuchter Umschläge. *Dermat. Z.* 19, 466; 50, 277 (1927). — HERTEL: Die nicht medikamentöse Therapie der Augenkrankheiten. GRAEFE-SÄEMISCHS Handbuch, 2. Aufl., Kap. 3, Nachtr. 1; S. 30. 1909. — HOOR: Zur Irrigationstherapie Dr. KALTS bei der Behandlung eitriger Ophthalmien. *Zbl. prakt. Augenheilk.* 20, 233 (1896).

KALT: (a) Nouvelles observations sur le traitement d'ophtalmie purulente par les grandes irrigations. *Heidelberg. ophthalm. Ges.* 24. Verslg 1895, 208. (b) Traitement d'ophtalmie des nouveaux-nés. *Arch. d'Ophtalm.* 14, 780 (1895). (c) De l'emploi des grands lavages dans le traitement d'ophtalmie granuleuse. *Arch. d'Ophtalm.* 16, 484 (1896).

LAMMHOFFER: Enzyklopädie des Auges von SCHWARZ, 1904. S. 125. — LEMAIRE: Emploi des solutions isotoniques en oculistique. *Gaz. Sci. méd. Bordeaux* 35, 78 (1914). — LIBBERMANN u. LENGYELL: Die Vernichtung der pathogenen Bindehautbakterien zum Zweck der Prophylaxe bei Kataraktoperationen. *Z. Augenheilk.* 26, 489 (1911). — LINDNER: Über eine Endemie von 56 Gonoblenorrhöen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 65, 637 (1920).

MEYER-STEINIG: (a) Der chronische Bindehautkatarrh und seine Bekämpfung durch Augenbäder. *Wschr. Ther.* 17, 129 (1914). (b) Eine neue Augenspülwanne. *Z. ophthalm. Opt.* 1, 175 (1914).

NEUSER: Das Emser Augenbad. *Wschr. Ther.* 17, 263 (1914).

PICHLER: Augenbäder. *Z. Augenheilk.* 31, 159 (1914).

SALZER: Demonstration eines praktischen Augenspülapparates. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 78, 85 (1927).

TEICH: *Wschr. Ther.* 17, 105 (1914). — TILLOT: Maladies oculaires soignées par les eaux ferro-cuivreuses de Sain-Christan. *Clin. ophthalm., Aug.* 1918. *Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 61, 623 (1918).

Massage.

ABADIE: Importance des médications locales en thérapeutiques oculaires. *Annales d'Ocul.* **97**, 261 (1887).

CASTOMYRIS: Du massage oculaire au point de vue historique et sur tout du massage direct de la conjonctive et de la cornée. *Arch. d'Ophtalm.* **10**, 37 (1890).

DANTZIGER: Beiträge zur Anwendung der Massage in der Augenheilkunde. *Graefes Arch.* **31 III**, 187 (1885). — DEMARIA: Experimentelle Untersuchungen über die Erzeugung von Katarakt durch Massage der Linse. *Graefes Arch.* **59**, 568 (1904). — DIANOUX: Glaucome et sclérotomie. *Annales d'Ocul.* **133**, 81 (1905). — DOMEC: Die Behandlung des Glaukoms mit Druckmassage. *Ophthalm. Klin.* **3**, Nr 23 u. 24 (1899). — DONDERS: Verschiedene Mitteilungen. *Ophthalm. Congr. London 1872*. *Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* **10**, 302 (1872). — VAN DUYSSE: Obstruction de l'artère centrale de la rétine, massage-pression, guérison. *Arch. d'Ophtalm.* **27**, 129 (1908).

ELSCHNIG: (a) Über eine neue Behandlung des Trachoms. *Intern. klin. Rdsch.* **5**, 868 (1891). (b) GRAEFE-SAEMISCHS Handbuch, 2. u. 3. Aufl. *Operationslehre 1922*. S. 1187. — EVERSBUCH in PENZOLDT u. STINZING: Behandlung der Augenkrankheiten. *Handbuch der gesamten Therapie*, Bd. 5, S. 461. 1911.

FÖRSTER: Ber. Heidelberg. *ophthalm. Ges.* 1881. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **19**, Beil.-H. 133 (1881).

HAAB: Diagnose und Behandlung des Glaukoms. *Dtsch. med. Wschr.* **36**, 17 (1910). — HERTEL: GRAEFE-SAEMISCHS Handbuch der Augenheilkunde, 2. Aufl., Bd. 4, 2. Abt., Kap. 3, Nachtr. 1, S. 167. 1913. — HIRSCHBERG: (a) Geschichte der Augenheilkunde. GRAEFE-SAEMISCH, 2. Aufl., Bd. 12. (b) Klinische Kasuistik (Schlagaderverstopfung). *Z. prakt. Augenheilk.* **12**, 296 (1888).

KEINING, GUSTAV u. OTTO: Ein an zahlreichen Fällen erprobtes Verfahren zur Heilung des Trachoms. *Dtsch. med. Wschr.* 1890, Nr 41. — KLEIN: (a) Massage der Augenkrankheiten. *Handbuch der Massage von BUM.* (b) Über die Anwendung der Massage in der Augenheilkunde. *Wien. med. Presse* 1882, Nr 9, 10, 12, 15, 267, 302, 369, 464. — KNAPP: (a) Über den Einfluß der Massage auf die Tension normaler und glaukomatöser Augen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **50 I**, 691 (1912). (b) Tonometrische Messungen über den Einfluß der Massage auf die Tension des Auges. *Berl. klin. Wschr.* **49**, 1254 (1912). — KUHN: Therapie der Conjunctivitis granulosa. *Klin. Jb.* **6**. Jena 1897.

MAKLAKOFF: La plume électrique d'Edison dans l'ophtalmologie. *Arch. d'Ophtalm.* **13**, 530 (1893). — MUSY, TH.: Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß der Massage auf das Verhalten von Tusche im Auge. *Z. Augenheilk.* **31**, 124, 238 (1914).

PAGENSTECHE: Über die Massage des Auges und deren Anwendung bei verschiedenen Augenkrankheiten. *Zbl. prakt. Augenheilk.* **2**, 281 (1878). — PIESBERGEN: Beiträge zur Vibrationsmassage des Auges. *Zbl. prakt. Augenheilk.* **23**, 33 (1899).

SCHEFFELS: Zur Bedeutung der Massage für die Glaukombehandlung. 9. Verslg rhein-westfäl. Augenärzte *Ophthalm. Klin.* **7**, 104 (1893). — SCHENKL: Die Massage des Auges. *Prag. med. Wschr.* **30** (1882). *Ref. Zbl. prakt. Augenheilk.* **6**, 281. — SCHMIDT-RIMPLER: Glaukom und Ophthalmomalacie. GRAEFE-SAEMISCHS Handbuch der Augenheilkunde, Bd. 6, I. Abt. Berlin 1908. — SELZ: Beitrag zur Augenmassage. *Z. Augenheilk.* **41**, 272 (1919). — SILEX: Zur Behandlung des Glaukoms. *Z. ärztl. Fortbildg* **6** (1904). — SNEGUIROFF: *Arch. d'Ophtalm.* **18**, 759 (1898). *Ref. NAGEL-MICHELS*, Jber. 1898, 407.

Druckverband.

ARLT: Krankheiten des Auges. *Prag* 1855. — ASMUS: Zur Frage des Druckverbandes bei Netzhautablösung. *Münch. med. Wschr.* **51**, 703 (1904).

BAURMANN: Untersuchungen über die Struktur des Glaskörpers bei Säugetieren. *Graefes Arch.* **111**, 352 (1923).

FEHR: Die Kombination von Punktion und Druckverband zur Behandlung der Netzhautablösung. *Graefes Arch.* **85**, 336 (1913). — FREYTAG: Der Druckverband in der Therapie der Netzhautablösung. *Münch. med. Wschr.* **54**, 1734 (1907). — FUCHS: *Lehrbuch der Augenheilkunde*, 12. Aufl. Wien 1910.

INOUBE: (a) Staphylooma corneae und seine Behandlung durch Gummidruckverband. *Graefes Arch.* **110**, 332 (1922). (b) Entropium und seine Behandlung durch Gummidruckverband. *Graefes Arch.* **110**, 352 (1922). (c) Über Korrektoren von leichter Myopie durch neue Behandlung mit Gummidruckverband. *Graefes Arch.* **110**, 337 (1922).

LASINSKI: Beiträge zur Behandlung der Sublatio retinae. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **16**, 99 (1878).

MÜLLER: (a) Ein neues Operationsverfahren zur Heilung der Netzhautabhebung. *Münch. med. Wschr.* **50**, 977 (1903). (b) Eine neue Operation zur Behandlung der Netzhautablösung. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **41 I**, 459 (1903).

SAMELSON: (a) Über mechanische Behandlung der Netzhautablösung. Zbl. med. Wiss. 1875, 833. (b) Die Behandlung der Netzhautablösung durch den Druckverband. Zbl. Augenheilk. 11, 351 (1887). — SATTLER: Über die Behandlung der Netzhautablösung. Dtsch. med. Wschr. 31, 15 u. 56 (1905). — SCHMIDT-RIMPLER: Zur Theorie und Behandlung der Netzhautablösungen. Dtsch. med. Wschr. 23, 697 (1897).

ULRICH: Zur Behandlung der Netzhautablösung. Klin. Mbl. Augenheilk. 27, 337 (1889). — UHTHOFF: (a) Über die Behandlung der Netzhautablösung. Vossius' Abh. 6, H. 8 (1907). (b) Zur Ätiologie und Behandlung der Netzhautablösung. Dtsch. med. Wschr. 48, 115 (1921).

WESSELY: Kasuistischer Beitrag der Wirkung des Druckverbandes bei Netzhautablösung. Klin. Mbl. Augenheilk. 43 I, 645 (1905).

Stauungs- und Saugtherapie.

BARTISCH: Augentrost, 1583. — BIER: (a) Hyperämie als Heilmittel. Leipzig 1903. (b) Behandlung akuter Eiterungen mit Stauungshyperämie. Münch. med. Wschr. 52, 201 (1905).

COPPEZ: Über Revulsion und Blutentziehung in der Augenheilkunde. Ber. belg. ophthalm. Ges. Ref. Zbl. prakt. Augenheilk. 22, 269 (1898).

EVERSBUSCH: Handbuch der gesamten Therapie von PENZOLDT u. STINTZING, Bd. 5, Abschnitt Augenkrankheiten. Jena 1911.

FUCHS: Lehrbuch, 13. Aufl., Bd. 20, S. 53. 1923.

GLIBERT: Über die Wirkung des DYESSchen Aderlasses beim Glaukom. Graefes Arch. 80, 238f. (1911). — GRÄFE, A. v.: Beiträge zur anatomischen Klinik der Augenkrankheiten. Arch. f. Ophthalm. 6 I, 125 (1860).

HESSE: Die Stauungshyperämie im Dienste der Augenheilkunde. Zbl. prakt. Augenheilk. 31, 133 (1907). — HOPPE: (a) Über den Einfluß der Saughyperämie auf das gesunde Auge und den Verlauf gewisser Augenkrankheiten. Münch. med. Wschr. 53, 1958 (1906). (b) Einwirkungen der Stauungshyperämie als sog. Kopfstauung (nach BIER) auf das normale Auge und der Verlauf gewisser Augenkrankheiten. Klin. Mbl. Augenheilk. 44 II, 389 (1906).

LEXER: Allgemeine Chirurgie, 7. Aufl., Bd. 1, S. 198f. Stuttgart 1914.

NEDDEN, ZUR: Experimentelle Untersuchungen über das Vorkommen bactericider Substanzen im Auge nicht immunisierter Individuen. Graefes Arch. 65, 2/7 (1907).

PERGENS: Die Blutentziehung und die Revulsion in der Augenheilkunde. Klin. Mbl. Augenheilk. 37, 191 (1899).

SCHNELLER: Untersuchungen über den Einfluß bestimmter Eingriffe auf die Zirkulation in den Augen lebender Kaninchen. Graefes Arch. 3 I, 121 (1857).

WESSELY: Über die Wirkung der Bierschen Kopfstauung auf das Auge im Tierexperiment. Heidelberg. ophthalm. Ges. 33. Verslg.-Ber. 1906, 143.

Thermotherapie.

BEER: Lehre von der Augenheilkunde, 2. Aufl. Wien 1813. — BERNHEIMER: Zur Behandlung der Gonoblenorrhöe. Klin. Mbl. Augenheilk. 44, 253 (1906). — BEST: Die Diathermie in der Augenheilkunde. Münch. med. Wschr. 61, 1722 (1914). — BIER: Hyperämie als Heilmittel, 6. Aufl. Leipzig 1907. — BUCKY: Kombinierte Augenelektrode und Augen-Irrigationsgefäß. Münch. med. Wschr. 60, 186 (1913).

CHISOLM, J. cf. HIRSCHBERG: Presbyterian eye, ear and throat charityhospital of Baltimore. Zbl. prakt. Augenheilk. 18, 211 (1894). — CLAUSNITZER: Diathermie und intraokulärer Druck. Klin. Mbl. Augenheilk. 50, 755 (1912). — COPPEZ: La technique de la diathermie médicale en ophtalmologie. Bull. Soc. belge Ophtalm. 1928, 91 (20, 764).

DIEHL: Über die Störung der Wärmeregulation durch Kollaps machende Gifte. Arch. f. exper. Path. 87, H. 3/4.

EMANUEL: Ein elektrischer Augenwärmeapparat in einer Aluminiumkapsel. Klin. Mbl. Augenheilk. 52, 267 (1914). — ESMARCH: Die Anwendung der Kälte in der Chirurgie. Arch. klin. Chir. 1, 275 (1861). — EVERSBUSCH: PENZOLDT u. STINTZINGs Handbuch der Therapie, 5. Aufl., Bd. 5, Abt. Augenkrankheiten, 1911.

GIESE: Temperaturmessungen im Conjunctivalsack des Menschen. Arch. Augenheilk. 28, 292 (1895). — GOLTZ u. EWALD: Der Hund mit verkürztem Rückenmark. Pflügers Arch. 63, 362 (1896). — GRÄFE, A. v.: Über die Anwendung lauer und warmer Umschläge bei gewissen Ophthalmien. Graefes Arch. 6 II, Nr 2, 133 (1860).

HERRENSCHWAND: Über Schädigungen der Hornhaut im Hochgebirgskriege. Zbl. prakt. Augenheilk. 40, 161 (1916). — HERTEL: (a) Die nicht medikamentöse Behandlung der Augenkrankheiten. GRAEF-SAEMISCHs Handbuch der Augenheilkunde, Bd. 4, 2. Abt., Kap. 3, Nachtr. 1, S. 35. 1908. (b) Über die Wirkung von kalten und warmen Umschlägen

auf die Temperatur des Auges. Graefes Arch. **49 I**, 125 (1873). (c) Über die Wirkung von kalten und warmen Umschlägen auf die Temperatur des Auges. Graefes Arch. **49 I**, 125 (1899). — HIRSCHBERG: Geschichte der Augenheilkunde. GRAEFES-SAEMISCHS Handbuch, 2. Aufl., Bd. 12, S. 160. 1899. — HOWE: (a) On the coefficient of thermal conductivity of eye and orbit method measured with cold application. Amer. med. Assoc. Ref. Zbl. Ophthalm. **4**, 392 (1920). (b) The coefficient of thermal conductivity measured with warm application. Amer. med. Assoc. Ref. Zbl. Ophthalm. **8**, 197 (1923).

KISCH: Zur Theorie der Lichtbehandlung chirurgischer Tuberkulosen. Münch. med. Wschr. **64**, 614 (1917). — KOLLMER u. LIEBESNY: Experimentelle Untersuchungen über Diathermie. Wien. klin. Wschr. **33**, 945 (1920). — KOEPE: Diathermie und Lichtbehandlung des Auges. Leipzig 1919. — KOWARSCHICK: Die Diathermie, 3. Aufl. Berlin 1921. — KRAFT u. TEN DOESCHATE: Über die Behandlung der Ophthalmia gonorrhoeica mittels Diathermie. Nederl. Tijdschr. Geneesk. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. **59**, 707 (1917). — KRÜCKMANN u. TELEMANN: Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Temperaturverhältnisse am Auge mit Hilfe der Thermopenetration. Graefes Arch. **86**, 395 (1913).

LAURENCO: Sur un nouveau procédé de traitement des affections oculaires au moyen d'un vaporisateur. J. d'Ophtalm. **1**, 119 (1872). Ref. NAGEL-MICHEL.

MICHEL, v.: (a) Die Temperaturtopographie des Auges. Graefes Arch. **32 I**, 227 (1886). (b) Über den Einfluß der Kälte auf die brechenden Medien des Auges. Festschrift Fick in Beitr. Physiol. **1899**, 71. Braunschweig.

NAGELSCHMIDT: (a) Ergänzung zur Geschichte der Diathermie. Wien. klin. Wschr. **1910**, Nr 7. (b) Lehrbuch der Diathermie, 2. Aufl. Berlin 1921. — NERNST: Theoretische Chemie. Stuttgart 1903.

PERLMANN: Über die Anwendung strömenden Dampfes in der Augenheilkunde. Klin. Mbl. Augenheilk. **48**, 1, 659f. (1910). — PLAUT: Lidgangrän im Anschluß an übermäßige Eisenwendung. Klin. Mbl. Augenheilk. **38**, 35 (1900).

QRIN: Über Diathermie am Auge. Z. Augenheilk. **31**, 136 (1914). — QRIN, A.: Der heutige Stand der Augendiathermie mit besonderer Berücksichtigung ihrer technischen Durchführbarkeit. Klin. Mbl. Augenheilk. **78**, 840 (1927) (18, 726).

SATTLER, H.: Experimentelles zur Diathermie am Auge. Heidelberg. ophthalm. Ges. **38**. Verslg-Ber. **1912**, 379. — SCHEFFELS: Elektrischer Augenthermophor. Verslg rhein-westfäl. Augenärzte. Ref. Ophthalm. Klin. **7**, 233 (1903). — SCHIECK: Diathermie des Auges. Ärztl. Ver. Halle. Ref. Münch. med. Wschr. **1916**, 432. — SCHLÖSSER: Ein elektrischer Augenwärmeapparat. Hamburg. ophthalm. Ges., **31**. Verslg-Ber. **1903**, 299. — SHAHAN: Effects of heat on the eye. Amer. med. Assoc. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. **56**, 457 (1916). — SIEGRIST u. SCHENDEROWITSCH: Die Behandlung der Gonoblenorrhöe der Neugeborenen und Erwachsenen an der Berner Universitätsaugenklinik. Klin. Mbl. Augenheilk. **54**, 1, 223 (1915). — SILEX: Zur Temperaturtopographie des Auges und über warme und kalte Umschläge. Arch. Augenheilk. **26**, 141 (1893).

TESSLA: Electr. eng. **1891**. Ref. in KOWARSCHIK: Die Diathermie (Kap.: Geschichte der Diathermie), 4. Aufl. Berlin u. Wien 1924.

WALDMANN: Die Diathermie in der Augenheilkunde. Arch. Augenheilk. **76**, 1 (1914). — WESSELY: Zur Kenntnis der Wirkung lokaler Reize und lokaler Wärmeapplikation (nach Experimenten am Auge). Arch. klin. Chir. **71**, 554 (1903). — WESTERLAIN, A.: La diathermie dans un cas de goitre exophthalmique. Le Scalpel **81**, 263 (1928). — WOLFFBERG: (a) Die Heißluftdusche und ihre Anwendung bei Augenkrankheiten. Wschr. Ther. u. Hyg. Auge **4**, H. 3 (1900). (b) Eine neue Methode der künstlichen Starreifeung nebst Bemerkungen über die Indikationen zur Heißluftbehandlung am Auge. Wschr. Ther. u. Hyg. Auge **7**, 52; **8**, 1 (1904).

ZABEL: Über die Wärmeanwendung am freien Auge. Arch. Augenheilk. **97**, 599 (1926). — ZAHN: Über die Anwendung der Diathermie am Auge. Klin. Mbl. Augenheilk. **50**, 371 (1912). — ZEYNEK, v. BERNDT u. v. PREYSS: Vorläufige Mitteilungen über Thermopenetration. Münch. med. Wschr. **1908**, 432. — ZONDEK: Tiefenthermometrie. Münch. med. Wschr. **66**, Nr 46 u. 48; **67**, Nr 9, 28, 36; **68**, Nr 10; **69**, Nr 16 (1919—1922).

Elektrotherapie.

ABRAMOVICZ: De l'introduction dans l'oeil de sanocrycine à l'aide de l'ionisation. Arch. d'Ophtalm. **44**, 48 (1927). — ABRAMOWICZ u. GROSSMANN: Weitere experimentelle Untersuchungen über die Einführung von Neosalvarsan in das Auge mittels Iontophorese. (poln.). Ref. Zbl. Ophthalm. **19**, 645. — ALBRAND u. SCHÖLER: Experimentelle Studien usw. Wiesbaden 1894. — ALBRICH: Die Ergebnisse der Iontophorese. Z. Augenheilk. **45**, 391 (1921). — ASMUS: Die Zinkiontophorese bei Ulcus serpens. Z. Augenheilk. **42**, 216 (1919).

BENEDICT: Elektrotherapeutische und physiologische Studien über Augenmuskellähmungen. Graefes Arch. 10, 97 (1864). — BIRKHÄUSER: Zur iontophoretischen Behandlung von Hornhautrübungen mit der Röhrenelektrode. Klin. Mbl. Augenheilk. 67, 536 (1921). — BRAUN u. HAUROWITZ: Experimentelle histologische und therapeutische Versuche zur Kalkverätzung der Corneae. Klin. Mbl. Augenheilk. 70, 157 (1923) — BUMKE: Die Pupillenstörungen bei Geistes- und Nervenkrankheiten, 2. Aufl., S. 303. Jena 1911.

CANTONNET, A.: (a) La ionisation de l'oeil technique, résultats. Paris 1927. (b) L'ionisation dans le glaucome. Clin. ophtalm. 17, 553 (1928). — CATTANEO: La Ionoforesi nel trattamento de la cataratta. Soc. di Oftalm. Roma 1926. Ref. Zbl. Ophthalm. 689. — CHIARI u. JANUSCHKE: Zit. nach G. KLEIBER: Über die Wirkung örtlich angewandter Kalksalzlösungen auf den Augendruck. Arch. Augenheilk. 91, 288 (1922).

ERLANGER: Zur Wirkung der Iontophorese bei Augenleiden; erfolgreiche Aufhellung der Maculae corneae. Dtsch. med. Wschr. 46, 1107 (1920). — EULENBURG: Über episcleerale Faradisation und Galvanisation der Augenmuskeln. Zbl. prakt. Augenheilk. 11, 67 (1887). — EVERSBUCH: Handbuch der Therapie cf. PENZOLDT und STINZING, 5. Aufl., Bd. 5, Abschn. Augenkrankheiten. Jena 1911.

FRANKENHÄUSER: Die physiologischen Grundlagen und die Technik der Elektrotherapie. Stuttgart 1906.

GOLDSCHMIDT: Experimentelles Studium über Diffusion durch die Hornhaut. Graefes Arch. 103, 280 (1920).

HAGENMANN: Über Iontophorese. 23. Verslg rhein.-westfäl. Augenärzte. Klin. Mbl. Augenheilk. 48, 2, 93 (1909). — HAMBURGER: Wie nimmt man dem Histamin (Aminglaukosan) seine lästigen Eigenschaften? Klin. Mbl. Augenheilk. 86, 631 (1931). — HELMHOLTZ: Physikalische Optik, 3. Aufl., Bd. 2, S. 13. Leipzig 1911. — HERTEL: Die nicht medikamentöse Therapie der Augenkrankheiten. GRAEFE-SÄEMISCH, 2. Aufl., Kap. 3, Nachtr. 1. 1909. — HIRSCHBERG: Ist Katarakt ohne Operation heilbar? Virchows Arch. 80, 513 (1880). — HÖBER: Physikalische Chemie der Zelle, 3. Aufl. Leipzig 1913.

JOEL: Klin. Kolloidchemie. Dresden u. Leipzig 1923.

KAUFMANN: Versuche mit Optochin-Iontophorese an der Hornhaut des lebenden Kaninchens. Klin. Mbl. Augenheilk. 79, 838 (1927). — KIRBY, DANIEL: A report of treatment of 80 cases of cataract by ionization. Trans. amer. Acad. Ophthalm. a. Otol. 1927, 233. — KLEIBER, G.: Über die Wirkung örtlich angewandter Kalksalzlösungen auf den Augendruck. Arch. Augenheilk. 91, 288 (1922). — KRÜCKMANN: Über die Verwendbarkeit der Kataphorese zur Lokalbehandlungluetischer Augenerkrankungen. Z. Augenheilk. 11, H. 1, 13 (1904).

LEDUC: Die Ionen- oder elektrolytische Therapie. Leipzig 1907. — LEVY: Ein Beitrag zu den Verletzungen des Auges. B. Scleritis traumatica. Klin. Mbl. Augenheilk. 38, 840 (1900). — LUBOWSKY: Eine neues Instrument zur Behandlung des septischen Hornhautgeschwüres mittels Iontophorese. Med. Klin. 7, 1658 (1911).

MANN: (a) Über elektrotherapeutische Versuche bei Opticuserkrankungen. Z. physik. u. diät. Ther. 1904, 416. (b) Elektrotherapie A und B im Handbuch der physikalischen Therapie von GOLDSCHMIDT u. JACOB, Teil 1, Bd. 2. Leipzig.

NERNST: Theoretische Chemie. Stuttgart 1903.

OHM: Bemerkungen zu dem Aufsatz von Dr. SCHNYDER: Ein Instrument zur Technik der Iontophorese des Ulcus corneae. Klin. Mbl. Augenheilk. 67, 291 (1921).

REUSS, v.: (a) Neue Erfahrungen über die Elektrotherapie entzündlicher Augenkrankheiten. Graefes Arch. 46, 398 (1898). (b) Die Elektrizität bei der Behandlung entzündlicher Augenkrankheiten. Beitr. Augenheilk. 3, 269 (1898). (c) Artikel Elektrotherapie in Schwarz, Enzyklopädie des Auges. Leipzig 1902. (d) Ophthalmologische Bagatellen. Graefes Arch. 78, 306 (1911).

SABOWSKY: Die Iontotherapie oder Iontophorese. Klin. Mbl. Augenheilk. 49, 2, 389 (1911). — SCHNYDER: Die Iontophorese in der Ophthalmologie. Klin. Mbl. Augenheilk. 63, 433 (1919). — SCHWARZKOPF: Experimentelles und Klinisches zur Optochin-Iontophorese und ihrer Kombination mit der Ultraviolettherapie. Z. Augenheilk. 48, H. 2/3, 77—89 (1922). — SIEGRIST: Typisches Ulcus rodens, geheilt durch Zinkiontophorese. 13. Jverslg schweiz. Augenärzte. Klin. Mbl. Augenheilk. 65, 107 (1920). — SILEX: Klinisches und Experimentelles aus dem Gebiete der Elektrotherapie bei Augenkrankheiten. Arch. Augenheilk. 37, 127 (1898). — SIMON: Expérience de l'ionisation de l'oeil clinique. Ophthalm. 16, 483 (1927). — SPEYR, DE: La iontophorese en ophthalmologie. Klin. Mbl. Augenheilk. 57, 601 (1916). — STEINDORF, CURT: (a) Experimentelles zur Iontophorese, zugleich ein Beitrag zur medikamentösen Linsentrübung. Graefes Arch. 120, 175 (1928). (b) Über Iontophorese und die medikamentöse Behandlung von Linsentrübungen. Dtsch. med. Wschr. 54, 959 (1928). — STREBEL, J.: Technische Fortschritte in der Iontophoresebehandlung. Klin. Mbl. Augenheilk. 86, 662 (1931). — STOCKER: Die Resultate der Iontophorese. Klin. Mbl. Augenheilk. 57, 591 (1916).

WIRTZ: (a) Die Ionotherapie in der Augenheilkunde. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **46**, 2, 547 (1908). (b) Weitere klinische Erfahrungen mit der Ionotherapie bei Augenleiden. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **47**, 2, 25 (1909). (c) Untersuchungen über die bactericide Kraft der Zink- und Kupferiontophorese. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **48**, 2, 89 (1910).

ZAHN: (a) Experimentelle und klinische Erfahrungen mit der Ionotherapie. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **48**, 1, 15 (1910). (b) Über Erfahrungen mit Ionophorese. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **49**, 2, 105 (1911). — ZIEMSEN, v.: Die Elektrizität in der Medizin, 5. Aufl. Berlin.

Lichttherapie.

BEHRING u. MEYER: Methoden zur Messung der Wirksamkeit violetter und ultravioletter Strahlenquellen. *Strahlenther.* **1**, 189 (1912). — BIRCH-HIRSCHFELD: (a) Die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf das Auge. *Graefes Arch.* **58 III**, 469 (1904). (b) Zur Beurteilung der Schädigung des Auges durch kurzwelliges Licht. *Z. Augenheilk.* **21**, 384, 385 (1919). (c) Zur Behandlung entzündlicher Hornhauterkrankungen besonders des Ulcus serpens mit ultraviolettem Licht. *Z. Augenheilk.* **44**, 1 (1920). (d) Zur Behandlung entzündlicher Hornhauterkrankungen besonders des Ulcus serpens mit ultraviolettem Licht. *Z. Augenheilk.* **44**, 1 (1920). (e) Vortrag auf der Hundertjahrfeier deutscher Naturforscher und Ärzte, 1922. — BIRCH-HIRSCHFELD u. HOFFMANN: Die Lichtbehandlung in der Augenheilkunde. Berlin 1928. — BRAUNSTEIN: Zur Frage der Behandlung der Infektionserkrankungen der Cornea und Iris mit ultravioletten Strahlen. *Allruss. Kongr. Augenärzte. Z. Augenheilk.* **65**, 232 (1928).

CASTRESANA: Traitement photothérapique de quelques affections oculaires. *Congr. Assoc. franç. Ophtalm. Ref. Zbl. Ophthalm.* **18**, H. 6 (1927). — CZERNY: Über Blendung der Netzhaut durch Sonnenlicht. *Sitzgsber. Akad.* **6** (1867).

DEUTSCHMANN: Über die Blendung der Netzhaut durch direktes Sonnenlicht. *Graefes Arch.* **28 III**, 241 (1882). — DÖRR u. MOLDAVAN: Die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf das Eiweißantigen und seinen Antikörper. *Wien. klin. Wschr.* **24**, Nr 16, 555 (1911). — DUKE-ELDER: Phototherapy in ophthalmology. *Trans. ophthalm. Soc. U. Kingd.* **46**, 213 (1926). — DUKE-ELDER, W. STEWART: Ultraviolet light in the treatment of ophthalmological diseases. *Brit. J. Ophthalm.* **12**, 353 (1928).

EHRMANN: Das melanoblastische Pigment und die pigmentbildenden Zellen des Menschen und der Wirbeltiere. *Bibl. med. Abt. D* **2** (1896).

FINK: Fürstenu-Aktinometer und Lichtdosierung. *Dtsch. med. Wschr.* **1921**, 385. — FINSSEN: Anwendung der konzentrierten chemischen Lichtstrahlen in der Medizin. Leipzig 1899. — FLEMMING u. KRUSIUS: Zur Einwirkung „strahlender Energie“ auf die experimentelle Tuberkulose des Auges. *Heidelberg. ophthalm. Ges. Ber.* **37**. Verslg **1911**, 107. — FÜRSTENAU: Dosierbare Lichttherapie. *Dtsch. med. Wschr.* **1920**, 1362.

GILBERT: (a) Erfolge der Ultraviolettbehandlung des Auges. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **74**, 781 (1925). (b) Über Erfolge der Ultraviolettbestrahlung am Auge. *Med. Klin.* **24**, Nr 14, 533 (1928). — GRÖNHOLM: Finsentherapie bei Trachom. *Graefes Arch.* **80**, 1 (1912).

HALLAUER: Über die Absorption von kurzwelligem Licht durch die menschliche Linse. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **47 II**, 721 (1909). — HASSELBALCH u. SINDHARD: Chemische und biologische Wirkungen der Lichtstrahlen. *Strahlenther.* **2**, H. 2 (1913). — HAXTHAUSEN: Some further investigations into the optical characters of the lupus nodules and the bearing of these characters on the Finsen treatment. *Acta radiol. (Stockh.)* **3**, H. 6, 494—500 (1925). — HEGNER u. BAUMM: *Berl. klin. Wschr.* **1910**, Nr 29. — HEIBERG u. LOMHOLT: Beitrag zur Kenntnis der Wirkungsweise der Finsenbehandlung mit besonderer Berücksichtigung der Lupusrezidive. *Bibl. Laeg. (dän.)* **116**, Nr 5, 330 (1924). — HERTEL: (a) Experimentelles über ultraviolettes Licht. *Ber. Heidelberg. ophthalm. Ges.* **31**. Verslg **1903**, 144. (b) Über Beeinflussung des Organismus durch Licht, speziell durch die chemisch wirksamen Strahlen. *Z. allg. Physiol.* **4**, 1, 1 (1904). (c) Über die Einwirkung von Lichtstrahlen auf den Zellteilungsprozeß. *Z. Physiol.* **5**, 535 (1905). (d) Über Versuche mit lokaler Lichttherapie beim Ulcus serpens corneae. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **45 II**, 178 (1907). (e) Experimentelles und Klinisches über die Anwendung lokaler Lichttherapie bei Erkrankungen des Bulbus, insbesondere beim Ulcus serpens. *Graefes Arch.* **66 II**, 275 (1907). (f) Die nicht medikamentöse Therapie der Augenkrankheiten. *GRAEFE-SAEMISCH*, 2. Aufl., Kap. 3, Nachtr. 1, S. 120. 1908. — HESS: Versuche über die Einwirkung ultravioletten Lichtes auf die Linse. *Arch. Augenheilk.* **57**, 185 (1907). — HOEVE VAN DER: Die Bedeutung der optischen Heterogenität und der Fluoreszenz der Linse für den Einfluß ultravioletter Strahlen auf das Auge. *Nederl. Tijdschr. Geneesk.* **2**, 660 (1912). *Ref. NAGEL-MICHEL* **1912**, 69. — HOFFMANN-Königsberg: Die Wirkung kurzwelligen Lichtes auf die Regeneration der Hornhaut. *Ber. dtsh. ophthalm. Ges. Heidelberg* **1925**. — HUME: Treatment of certain diseases of the eye by ultraviolet light. *Brit. J. Actinother.* **3**, Nr 5, 87 (1928).

JANSEN: Untersuchungen über die Fähigkeit der bactericiden Lichtstrahlen, durch die Haut zu dringen. Mitt. Finsens Inst. 4, 37 (1903). — JENTZSCH-GRAEFÉ: Dosierbare Lichttherapie. Dtsch. med. Wschr. 46 (1921).

KISCH: Zur Theorie der Lichtbehandlung bei der chirurgischen Tuberkulose. Münch. med. Wschr. 64, 5614 (1917). — KOEPPÉ: (a) Klinische Beobachtungen mit der Nernstspaltlampe und dem Hornhautmikroskop. Graefes Arch. 91, 363 (1916). (b) Lichtbehandlung des Auges. Leipzig 1919.

LACROIX: Rayons ultra-violets et kerato-conjunctivitis Paris 1927. Congr. Soc. franç. Ophthalm. Ref. Zbl. Ophthalm. 20, H. 1, 7 (1928). — LOMHOLT: Treatment of xanthelasma palpebrale with concentrated carbon arc light (Finsen). Brit. J. Dermat. 36, Nr 3, 112—115 (1924). — LUNDSSGAARD: (a) Behandlung (Lichtbehandlung) von Lupus conjunctivae. Klin. Mbl. Augenheilk. 44 I, 191 (1906). (b) Bemerkungen über die Behandlung des Trachoms mit konzentriertem Lichte ad modum Finsen. Klin. Mbl. Augenheilk. 46 I, 602 (1908). (c) Lichtbehandlung von Conjunctivalleiden (Tuberculosis conjunctivae). Klin. Mbl. Augenheilk. 47 I, 386 (1909). (d) Das universale Lichtbad in der Ophthalmologie. Klin. Mbl. Augenheilk. 66 I, 861 (1921).

MAKLAKOW: Resultate der Anwendung der chemischen Sonnenstrahlen in der Ophthalmologie. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. 40, 437 (1902). — MEBROWSKY: Das Problem der Pigmentbildung im Lichte der neuen Forschungen BLOCHS in seiner Umarbeitung. Dermat. Z. 24, Dez.-H. (1917). — MEYER-BETZ: Dtsch. Arch. klin. Med. 112, 476 (1913). Ref. nach PINKUSSEN: Biologische Lichtwirkungen, ihre physikalischen und chemischen Grundlagen. München u. Wiesbaden 1920. — MIESCHER: Die Pigmentgenese im Auge nebst Bemerkungen über die Natur des Pigmentkorns. Klin. Wschr. 1, 173 (1922). — MOHR u. BAUMM: Zur Behandlung des Trachoms und des Follikularkatarrrhs mit Quarzlicht. Klin. Mbl. Augenheilk. 49, 1, 629 (1911). — MÜLLER, O.: Die Behandlung des Erysipels mit Rotlichtbestrahlung. Münch. med. Wschr. 64, 348 (1917).

NESNAMOW: Über die Einwirkung der chemischen Sonnenstrahlen auf den Verlauf der eitrigen Augenerkrankungen. Vestn. Oftalm. 18, 1 (1901).

PAGES: Du traitement des affections dites scrofuleuses et tuberculeuses possibles du globe oculaire par les rayons ultraviolets en bains généraux. Arch. d'Ophthalm. 45, 236 (1928). — PASSOW: (a) Dosierung und Technik der Bestrahlung mit der BACHSchen Quarzlampe unter Berücksichtigung der schädigenden und therapeutischen Wirkung auf die Augen. 42. Verslg dtsh. ophthalm. Ges. 1920, 243. (b) Beitrag zur Bewertung und praktischen Anwendung der Lichtbehandlung bei tuberkulösen Augenerkrankungen. Strahlenther. 12, 441 (1921). (c) Beitrag zur Photometrie ultravioletten Lichts. Arch. Augenheilk. 90, 123 (1922). (d) Über das Wesen und die praktische Bedeutung der photodynamischen Erscheinung. Dtsch. med. Wschr. 50, 1023 (1924). (e) Über die Aussichten der Lichttherapie und anderer Behandlungsmethoden beim Hornhautgeschwür, besonders bei Ulcus serpens. Arch. Augenheilk. 97, 74 (1925). — PASSOW u. RIMPAU: Untersuchungen über photodynamische Wirkungen auf Bakterien. Münch. med. Wschr. 71, 733 (1924). — PFLUGK, v.: Soll der in der Praxis stehende Augenarzt Bestrahlungsbildung mit ultraviolettem Licht ausüben? Klin. Mbl. Augenheilk. 79, 790 (1927). — PINKUSSEN: Biologische Lichtwirkungen usw. Ergeb. Physiol. 19. München u. Wiesbaden 1920.

LO RUSSO: La fototerapia nel tracoma. Ann. di Ottalm. 54, 406 (1926).

SCHANZ: (a) Lichttherapie bei Augenleiden. Graefes Arch. 86, 568 (1913). (b) Über die Veränderungen und Schädigungen der Augen durch die nicht direkt sichtbaren Lichtstrahlen. Graefes Arch. 86, 555 (1913). (c) Lichtbehandlung bei Augenleiden. Z. Augenheilk. 36, 22 (1916). (d) Lichtbehandlung bei Augenleiden. Z. Augenheilk. 36, 22 (1916). (e) Licht und Leben. Graefes Arch. 96, 172, 174 (1918). (f) Das Sehen. Außerord. Sitzg ophthalm. Ges. Wien 1921, 181. (g) Die Behandlung von Augenleiden mit Licht. Ber. dtsh. ophthalm. Ges. 43. Verslg 229 (1922). — SCHANZ u. STOCKHAUSEN: Über die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf das Auge. Graefes Arch. 69, 452 (1908). — SEIDEL: Zur Frage der Lichtbehandlung von Augenleiden. Graefes Arch. 93, 357 (1917). — SONNE, K.: Direkte Messungen der spezifischen Wirkung der Wärmestrahlen. Hospitid. (dän.) 64, 1 (1922). — STREBEL: Lichttherapie und Augenheilkunde. 75. Verslg dtsh. Naturforsch. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. 41 II, 484 (1903). — SULZER: Traitement des opacités cornéennes par les agents physiques. Annales d'Ocul. 86, 351 (1906).

TAPPEINER u. JESIONEK: Therapeutische Versuche mit fluoreszierenden Stoffen. Münch. med. Wschr. 1903, 2043. — TAPPEINER, v.: Über die Wirkung fluoreszierender Stoffe auf Infusorien nach Versuchen von O. RAAB. Münch. med. Wschr. 1900, Nr 1, 5. — THEDERING: Das Quarzlicht, 5. Aufl. Berlin 1923.

WIDMARK: Über die Durchlässigkeit der Augenmedien für ultraviolette Strahlen. Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) 3, 91 (1891).

Röntgen und Radium.

ALLEN, D. A. KENNETH: X-ray therapy as a diagnostic agent in orbital tumors. With case report. *Amer. J. Ophthalm.* 11, 794 u. 808 (1928). — AXENFELD: (a) Intraokulare Strahlentherapie, besonders beim Glioma retinae. *Heidelberg. ophthalm. Ges., Ber.* 40. Verslg 1916, 396. (b) Weitere Erfahrungen über intraokulare Strahlentherapie. *Graefes Arch., Ber.* 41. Verslg 1918, 312. — AXENFELD, KÜPFERLE u. WIEDERHEIM: (a) Doppelseitiges Glioma retinae und intraokulare Strahlentherapie. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 52, 1, 426 (1914). (b) Glioma retinae und intraokulare Strahlentherapie. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 54, 74 (1915).

BARTELS: Bluterkrankungen. Röntgenbestrahlung, Augenhintergrundveränderungen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 76, 122 (1926). — BENEDICT, WILLIAM L. u. MARY KNIGHT-ASBURY: The treatment of malignant lesions of the eyelids. *N. Y. State J. Med.* 29, 675 (1929). — BIRCH-HIRSCHFELD: (a) Die Wirkung der Röntgen- und der Radiumstrahlen auf das Auge. *Graefes Arch.* 59 II, 229 (1904). (b) Klinische und anatomische Untersuchungen über die Wirkung des Radiums auf die trachomatöse Bindehaut. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 43 II, 497 u. 546 (1905). (c) Die Strahlentherapie maligner Tumoren in der Ophthalmologie. *Dtsch. med. Wschr.* 50, Nr 13, 401 (1924). (d) Weiterer Beitrag zur Wirkung der Röntgenstrahlen auf das menschliche Auge. *Graefes Arch.* 66 I, 104 (1907). — BOGAERT, VAN: Internat. ophthalm. Congr. Amsterdam und Scheveningen 1929. *Ref. Zbl. Ophthalm.* 22. — BRANDT u. FRÄNKEL: Verödung der Tränendrüse durch Röntgenstrahlen. *Dtsch. med. Wschr.* 48, 159 (1922). — BRAUN, GEORG u. GUSTAV HERRNHEISER: Röntgenbehandlung der Chorioiditis tuberculosa. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 79, 187 (1927). — BUCKY: Grenzstrahlentherapie. Leipzig 1928. — BUSACCA, A. u. P. SIGHINOLFI: Azione dei raggi Roentgen sulle fibre del cristallino. *Boll. Ocul.* 4, 769 (1925). — BURK: Die Behandlung der Hornhaut-Epitheliome durch Röntgenstrahlen. *Strahlenther.* 1, 168 (1912). — BYCHOVSKIJ: Über die Behandlung des Trachoms mit Röntgenstrahlen. *Russk. oftalm. Ž.* 6, Nr 3, 231 (1927).

CAPIZZANO: Curietherapie des Lidkrebses. *Semana méd. Buenos-Aires* 34, 795 (1927). — CASOLINO: Su la retinite pigmentaria atipica da raggi X. *Soc. ital. Ottalm. Roma* 1926. *Ref. Zbl. Ophthalm.* 19, 695 (1928). — CASOLINO, L.: Retinite pigmentaria da raggi X. *Ann. Oftalm.* 53, 1003 (1925). — CASTRESANA, A.: Traitement de la conjunctivite printanière par le radium. *Zbl. Ophthalm.* 21, H. 12, 625—688 (1929). — CASTRO DE LA JARA u. ANGEL CASTRESANA: Radiumbehandlung des Trachoms. *Arch. Oftalm. Buenos Aires* 25, 417 (1925). — CHALUPECKY: (a) Über die Wirkung der Röntgenstrahlung. *Z. prakt. Augenheilk.* 21, 234 u. 286 (1897). (b) Über die Wirkung verschiedener Strahlungen auf das Auge. *Strahlenther.* 8, 141 (1918). — CHANCE: Radium plugs for the dissolution of orbital gliomatus masses developing after excision of the globe. *Amer. J. Ophthalm.* 4, 641 (1921). — CHEVALLEREAU u. OFFRET: Guérison d'un lymphome de l'orbite avec exophtalmie par les rayons X très pénétrants. *Annales d'Ocul.* 83, 111 (1920). — CHRISTEN: Sekundärstrahlen und Härtegrad. *Fortschr. Röntgenstr.* 25, 55 (1917). — COHN u. LEVIN: Die Wirkung des Radiums auf die Katarakte. *Rev. Cub. de Oftalm.* 2, 457. *Ref. Zbl.* 4, 434 (1920). — COLLIN, E.: Radiumbehandlung des Lidkrebses. *Verh. ophthalm. Ges.* 1926, 40. *Hosp. tid. (dän.)* 70 (1927). — CORDES, F. C. u. W. D. HORNER: Radium therapy in vernal catarrh, Report of six cases. *Amer. J. Ophthalm.* 11, 622 (1928). — CORPER u. CHORWAY: The effect of Roentgen, Radium and Thorium X on Pneumococcus and Streptococcus infections in mice. *J. nif. Dis.* 27, 491 (1920). *Ref. Zbl. Ophthalm.* 5, 29 (1921). — COURCY, T. L. DE u. J. H. MATHER: X-ray treatment of interstitial keratitis. *Brit. med. J.* 1924, Nr 3288, 12—13.

DAVIDS, HERMANN: Röntgenbehandlung bei experimenteller Tuberkulose des vorderen Augenabschnittes. *Arch. Augenheilk.* 99, H. 3, 331—366 (1928). — DEGRAIS, P. u. A. BELLOT: (a) Curietherapie des epitheliomas de la paupière. *Bull. Soc. Ophthalm. Paris* 1927, No 9, 536 (1927). (b) Curietherapie de l'angiome des paupières. *Bull. Soc. Ophthalm. Paris* 1928, No 4, 181 (1928). — DENNIS, C. B.: Notes and experiences in radium therapeutics. *Med. J. Austral.* 1, Nr 25, 607 (1924). — DESSAUER: (a) Zur Therapie des Ca. m. R., S. 42. *Dresden* 1922. (b) Dosierung und Wesen der Röntgenstrahlwirkung. *Z. Physik* 12 (1922). — DINGER: Beitrag zur Behandlung des Trachoms mit Radium. *Berl. klin. Wschr.* 1906, 1311.

EICHENLAUB: The Roentgen ray treatment of the eczema group. *Amer. J. Roentgenol.* 8, 520. *Ref. Z. Ophthalm.* 7, 159 (1922). — EICHENLAUB u. HAZEN: The Roentgen ray treatment of acne vulgaris. *Arch. of Dermat.* 4, 671. *Ref. Z. Ophthalm.* 7, 322 (1921). — ELSCHNIG: Demonstration eines Falles von beiderseitiger Hornhautaffektion durch Acne rosacea. 2. Verslg Ärzte Böhmen. *Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 50, 598 (1912).

FAVALORO, G.: Contributo clinico y radiologico allo studio delle sindromi oculari gravi di origine paraipo-fisaria ed ipofisaria. *Ann. Ottalm.* 53, 945 (1925). — FISCHÖDER: Über Schädigungen am vorderen Augenabschnitt durch Röntgenstrahlen an einem wegen Ader-

hautsarkom bestrahlten Bulbus. Z. Augenheilk. 44, 160 (1920). — FLEMMING: Experimentelle und klinische Studien über den Heilwert radioaktiver Strahlen bei Augenerkrankungen. Graefes Arch. 84, 345 (1913). — FRANKLIN u. CORDES: Radium for cataract. Amer. J. Ophthalm. 3, 643. Ref. Zbl. Ophthalm. 4, 146 (1920). — FRANKLIN, CORDES u. SCOTT: Radium applicator for cataracts. Amer. J. Ophthalm. 4, 429. Ref. Zbl. Ophthalm. 6, 84 (1921). — FRANKLIN, WALTER SCOTT u. FREDERIC CORDES: Radium applicator for cataracts. Amer. J. Ophthalm. 4, 429 (1921).

GASTEIGER, H.: Zur therapeutischen Anwendung der Röntgenstrahlen in der Augenheilkunde. Arch. Augenheilk. 100/101, 352 (1929). — GABSIEWICZ u. WACHTEL: Über die Wirkung des Radiums bei Altersstar. Ref. Zbl. Ophthalm. 21, 723. — GRIER, G. W.: The treatment of malignancy of the eyeball. Radiology 4, Nr 2, 125 (1925).

HALBERSTÄDTER: Biologische Fragen bei der Strahlentherapie maligner Tumoren. Dtsch. med. Wschr. 47, 1154 (1921). — HAMBRESIN u. GOBEAUX: Tumeur de l'orbite traitée par la radiothérapie. Bull. Soc. belge Ophtalm. 1928, No 55, 84 (1928). — HAMBRESIN, L. u. Z. GOBEAUX: Tumeur de l'orbite traitée par la radiothérapie. J. belge Radiol. 17, H. 1, 27 (1928). — HANDMANN, M.: Vollständige Rückbildung einer traumatischen Iriscyste nach Röntgenbestrahlung. Klin. Mbl. Augenheilk. 72, 111 (1924). — HEIDENHAIN u. FRIED: Röntgenstrahlen und Entzündung. Arch. klin. Chir. 133, 5, 165, 624 (1924). — HEINECKE: Zur Therapie der Strahlenwirkung, besonders über die Latenzzeit. Münch. med. Wschr. 61, 807 (1914). — HEINESMANN u. CZERNY: Die Röntgentherapie der Hypophysentumoren. Strahlenther. 24, 331 (1926). — HENN u. SCHÄFER: Über die Ergebnisse von Röntgenstrahlenbehandlung bei Augenkrankheiten bzw. Tumoren des Sehapparates. Graefes Arch. 114, 123 (1924). — HESSBERG: (a) Die Behandlung des Glaucoma haemorrhagicum mit Röntgenstrahlen. Klin. Mbl. Augenheilk. 64, 607 (1920). (b) Bestrahlungsergebnisse bei hämophilen Blutungen. Klin. Mbl. Augenheilk. 69, 130 (1922). (c) Behandlung von Netzhautblutungen mit Röntgenstrahlen. Strahlenther. 23, 313 (1926). — HIPPEL, von: (a) Über angeborenen Zentral- und Schichtstar. Heidelberg. ophthalm. Ges. 32. Verslg.-Ber. 1905, 163. (b) Über Versuche mit Strahlenbehandlung am Auge und den Lidern. Graefes Arch. 95, 264 (1918). — HOED, D. TEN, G. STOEL u. S. DE VRIES: Untersuchungen über Zweckmäßigkeit des Augenschutzes bei Bestrahlung des Augenlides. Klin. Mbl. Augenheilk. 82, 158. — HOFFMANN, W.: Unsere Erfahrungen mit der Röntgenbehandlung von Augenkrankheiten. Z. Augenheilk. 65, 5, 306 (1928). — HOLM, E.: Beschädigung des Auges bei Radiumbestrahlung der Nachbarschaft. Hosp.tid. (dän.) 70, Nr 48 (1927). — HORVATH, B.: (a) Ophthalmologische Röntgentherapie. Orv. Hetil. (ung.) 69, Nr 41, 988 (1925). (b) Röntgentherapeutische Erfahrungen in dem Gebiete der Augenheilkunde. Magy. Röntgen-Közl. 1, Nr 12, 366 und deutsche Zusammenfassung 387 (1927). — HEYMANN, B.: Med. Welt 1930, 473 (1930).

IGERSHEIMER: Therapeutische Versuche bei einem doppelseitigen Aderhautcarcinom. Klin. Mbl. Augenheilk. 56, 558 (1916).

JACKSON, B. H.: Use of X-ray in uveoparotitis. Amer. J. Ophthalm. 8, Nr 5, 361 bis 363 (1925). — JACOBY: Erfahrungen über Röntgenbehandlung von Netzhautgliomen. Klin. Mbl. Augenheilk. 68, 180 (1922). — JENDRALSKI: (a) Radiotherapeutische Erfahrungen bei Tumoren und Tuberkulose des Auges und seiner Umgebung. Klin. Mbl. Augenheilk. 65 II, 565 (1920); 66 I, 96 (1921). (b) Radiotherapeutische Erfahrungen an Hypophysistumoren. Ver. Augenärzte Schles. u. Pos. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. 66, 928 (1921). (c) Radiotherapeutische Erfahrungen bei Tumoren und Tuberkulose des Auges und seiner Umgebung. Klin. Mbl. Augenheilk. 67, 629 (1921). (d) Strahlentherapie der Iriscysten. Klin. Mbl. Augenheilk. 68, 175 (1922). (e) Ergebnisse der Röntgenbehandlung experimenteller Tuberkulose des vorderen Augenabschnittes. Dtsch. ophthalm. Ges. Ber. 43. Verslg. 1922, 71. (f) Ergebnisse der Röntgenbehandlung experimenteller Tuberkulose des vorderen Augenabschnittes. Graefes Arch. 110, 168 (1922). (g) Beitrag zur Röntgenbehandlung chronisch entzündlicher Erkrankungen des Auges. Strahlenther. 36, 327 (1930). — JOHNSON, F. M.: Treatment of carcinoma of the conjunctiva with radium. Amer. J. Ophthalm. 7, 589 (1924). — JULER, FRANK: Diseases of the eyelids. Sarcoma of the eyelid with local secondary growth, apparently cured by radium. Trans. ophthalm. Soc. U. Kingd. 47, 81 (1927).

KAFFKA: Epibulbäres Melanosarkom und Radiumtherapie. Wien. med. Wschr. 71, 1060 (1921). — KERGOHEN: 6 cas d'epitheliomas de la face non stérilisé par les rayons X et guéris par le radium. Arch. Electr. méd. 34, 81 (1926). — KLOSTER: Über die direkte Behandlung von Augenerkrankungen mit Radium und Mesothorium. Strahlenther. 3, 582. — KRASSO: (a) Die Beeinflussung des Glaukoms durch allgemeine Bestrahlungen mit BUCKYs Grenzstrahlen. Z. Augenheilk. 69, 74 (1919). (b) Die Beeinflussung des Glaukoms durch Allgemeinbestrahlungen mit BUCKYs Grenzstrahlen. Z. Augenheilk. 69, 74 (1929). (c) Experimentelles und Histologisches über den Einfluß einer einmaligen Bestrahlung mit BUCKYs Grenzstrahlen auf das gesunde Kaninchenaugenauge. Z. Augenheilk. 70, 237 (1930). (d) Die Behandlung der Erkrankungen des vorderen Bulbusabschnittes

mit BUCKYs Grenzstrahlen. *Z. Augenheilk.* 71, 1 (1930). — KRÖNIG u. FRIEDRICH: Physiologische und biologische Grundlage der Strahlentherapie. Berlin 1918. — KUMMER: Zur Radiumtherapie einiger Liderkrankungen. *Wien. ophthalm. Ges. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 69, 851 (1922). — KUMMER u. SALLMANN (a): Zur Radiumtherapie des Trachoms. *Z. Augenheilk.* 53, 23 (1924). (b) Über Radiumbehandlung fistelnder Hornhautgeschwüre. *Z. Augenheilk.* 62, 41 (1927). — KÜMMEL: (a) Behandlung des Lupus mit Röntgenstrahlen. *Münch. med. Wschr.* 44, 1486 (1897). (b) Intraokulare Strahlentherapie besonders beim Glioma retinae. Heidelberg. *ophthalm. Ges.* 40. Verslg Disk. zu AXENFELD, Ber. 1916, 407. — KÜMMEL, R.: Eigenartige Schädigung der Hornhaut durch Röntgenstrahlen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 66, 480 (1921).

LANE, LAURA, A.: (a) Radium in ophthalmology with special reference to its use in benign affections. *Trans. sect. ophthalm. amer. med. Assoc.* 1924, 176. (b) Radium in ophthalmology. *J. Amer. med. Assoc.* 88, 232 (1927). — LAUBER: Zur Behandlung oberflächlicher Hornhauterkrankungen mit Radium. *Wien. med. Wschr.* 71, 1066 (1921). — LAUE, v.: Sitzgsber. bayer. Akad. Wiss., Math.-physik. Kl. 1912, 303. — LAZARUS, P.: (a) Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde. Berlin: Julius Springer 1928. (b) Zur Radium- insbesondere Beta- Bestrahlung der Carcinome. *Med. Klin.* 23, 309 u. 347 (1927). — LIEBERMANN, DR. v.: Lidangiom mit Mesotorium behandelt. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 69, 137 (1922). — LILLENFELD: Eine Röntgenröhre von beliebig und momentan einstellbarem, vom Vakuum unabhängigen Härtegrad. *Fortschr. Röntgenstr.* 18, 256 (1912). — LLOYD, R. I.: X-ray therapy in certain types of glaucoma. *Arch. of Ophthalm.* 56, 445 (1927). — LÖWENSTEIN, A.: Zur Radiumbestrahlung des Orbitalsarkoms. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 80, 237 (1928).

MAJOU: A case of trachoma treated by X-rays. *Rev. d'Ophtalm.* 1902, 203. — MARCOTTY: Doppelseitige symmetrische aleukämische Lymphadenome der Orbita und der Tränendrüsen und ihre Heilung durch Strahlentherapie. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 68, 166 (1922). — MARTENSTEIN: Technik der Tiefenbestrahlung bei malignen Tumoren des Auges und seiner Umgebung. *Ver. Ärzte Schles. u. Pos. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 66, 929 (1921). — MARTENSTEIN u. RICHTER: Erfahrungen über die Behandlung der Iristuberkulose mit Röntgenstrahlen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 78, 643 (1927). — MARZIO, Q.: Lesioni corneali da raggi X e de ammoniaca. *Saggi Oftalm.* 1924, 63 (1924). — MARZIO, Q. DI u. G. B. SALVATORI: Roentgenterapia delle cheratiti ulcerose. *Saggi Oftalm.* 3, 3 (1928). — MAUKSCH, H.: Radiumschädigung des Hornhautepithels. *Z. Augenheilk.* 55, 189 (1925). — MCKEE, A. B. u. W. F. SWETT: The use of radium in cataract. *Amer. J. Ophthalm.* 7, 587 (1924). — MEESMANN, A.: Beitrag zur Röntgen-Radiumstrahlenschädigung der menschlichen Linse. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 81, 259 (1928). — MERKULOW, J. u. J. SCHICK: (a) Versuch einer Röntgentherapie der Retinitis pigmentosa. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 81, 844 (1928). (b) Röntgentherapie der parenchymatösen Keratitis. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 81, 673 (1928). — MIGLIORINO, S.: Contributo alla cura della tubercolosi neoplastica della congiuntiva bulbare con la Röntgenterapia. *Boll. Ocul.* 3, 448 (1924). — MILANO u. MOLDOLESI: Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde von LAZARUS, Bd. 1, S. 472. München 1928. — MÜLLER u. CZEPA: Über die Behandlung von Hypophysentumoren mit Röntgenstrahlen. *Ber. außerordentl. Tagg Wien. ophthalm. Ges.* 1921, 332. — MYLIUS, K.: Erfahrungen mit der Strahlenbehandlung tuberkulöser Erkrankungen des vorderen Augenabschnittes. *Z. Augenheilk.* 61, 230 (1927).

NEUSCHÜLER, I.: Röntgenterapia delle cheratiti parenchimatose. *Saggi Oftalm.* 3, 29 (1928).

PERTHES: Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf das epitheliale Gewebe, insbesondere auf das Carcinom. *Arch. klin. Chir.* 21, 955 (1903). — PETER, GUSTAV: Glaukom nach Röntgenbestrahlung. *Strahlenther.* 17, 189 (1924). — PLOCHER: Strahlentherapie beim epibulbären Carcinom. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 66, 189 (1918).

RADOS u. SCHINZ: (a) Behandlung und Heilung eines Carcinoma corneae mit Röntgenstrahlen. *Graefes Arch.* 110, 370 (1922). (b) Tierexperimentelle Untersuchungen über die Röntgenempfindlichkeit der einzelnen Teile des Auges. *Graefes Arch.* 110, 354 (1922). — RATERA, J. u. S. RATERA: Ein Fall von retrokularem Fibrom mit Heilung durch Röntgentherapie. *Arch. Oftalm.* 24, 564 (1924). — ROBINSON, G. A.: Radium therapy in diseases of the eye and adnexa. *Arch. of Ophthalm.* 1, 583 (1929). — ROHRSCHNEIDER, W.: (a) Klinischer Beitrag zur Entstehung und Morphologie der Röntgenstrahlenkatarakt. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 81, 254 (1928). (b) Experimentelle Erzeugung von Röntgenstrahlenkatarakt. *Strahlenther.* 31, 596 (1929). (c) Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen normaler Augengewebe nach Röntgenbestrahlung. I. Mitt. Zweck der Versuche, Definition der angewandten Röntgenstrahlung. *Graefes Arch.* 121, 526 (1929). (d) Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen normaler Augengewebe nach Röntgenbestrahlung. II. Mitt. Allgemeines über Röntgenstrahlenwirkung. Veränderungen der Conjunctiva, Cornea und Uvea nach Röntgenbestrahlung. *Graefes Arch.* 121, 537

(1929). (e) Eine neue Prothese zum Schutze des Auges gegen Röntgen- und Radiumstrahlen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 82, 169 (1929). — ROLLEY, F. u. COLRAT: Retrocession de l'œdème papillaire et arrêt de dévolutio consécutive à la radiothérapie des tumeurs cérébrales. *J. Med. Lyon* 7, 143 (1926). — RÖNTGEN: (a) Über eine neue Art von Strahlen. *Sitzgsber. Würzburg. physik.-med. Ges.*, Dez. 1895. (b) Die RÖNTGENschen Experimente mit Kathodenstrahlen und ihre diagnostische Verwertung. S. auch JASTROWITZ, *Dtsch. med. Wschr.* 21, 65 (1896). — ROTHMANN: Folgezustände der Röntgenbehandlung bei *Lupus vulgaris*. *Strahlenther.* 13, 325 (1922).

SABA, VITTORIO: Contributo alla roentgenterapia dei papillomi della cornea. *Studi sassar.* 6, 285 (1928). — SALLMANN: Radiumbehandlung des Trachoms. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 69, 852 (1922). — SALZER: Über den Verlauf eines seit 3 Jahren mit Röntgenstrahlen behandelten Aderhautcarcinoms. *Münch. med. Wschr.* 63, 203 (1921). — SÄTTLER: Ein Beitrag zur Kenntnis der epibulbären Carcinome und ihrer Behandlung. *Graefes Arch.* 105, 1207 (1921). — SCHÄFER: Zur Röntgenbehandlung der Hypophysentumoren und der Akromagalie mit bitemporaler Hemianopsie. *Breslau. med. Wschr. Ref. Dtsch. med. Wschr.* 45, 981 (1919). — SCHEERER: (a) Röntgenbestrahlung bei Iristuberkulose. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 48, 186 (1922). (b) Röntgenbestrahlung bei Uvealtuberkulose. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 75, 27 (1925). (c) Aussprache zum Vortrage ROHRSCHEIDER: Über experimentellen Katarakt nach mehrfacher Bestrahlung mit kleinen Röntgenstrahlendosen. *Ber.* 48. *Versg dtsh. ophthalm. Ges.* 1930, 241. — SCHOENBERG: Report on a case of bilateral glioma of the retina cured in the non-enucleated eye by radium treatment. *Arch. of Ophthalm.* 56, 221 (1927). — SEITZ u. WINTZ: Grundsätze der Röntgenbestrahlung des Gebärmutterkrebses und des Carcinoms im allgemeinen. Die Carcinomdosis. *Münch. med. Wschr.* 65, 89 (1918); s. auch MARTENSTEIN, *Med. Klin.* 66, 929 (1921). — SELENKOVSKIJ: (b) Über Trachombehandlung mit Radium. *Russk. oftalm. Ž.* 6, 409 (1927). (a) Über die Behandlung des folliculären Trachoms mit Becquerel-Strahlen. *Petersburg. ophthalm. Ges.*, Jan. 1906. *Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 44, 152 (1906). — SELENKOVSKIJ, J. W. u. A. A. MALISCHIEFF: Über die Trachombehandlung durch Radiumemanation (Radon). *Klin. Mbl. Augenheilk.* 82, 162 (1929). — SGALITZER, MAX: Über die Art der Einwirkung der Röntgenstrahlen bei Hirntumoren. *Z. Augenheilk.* 64, 33 (1928). — SGROSSO, S.: Contributo alla Röntgentherapie nelle affezioni delle membrane profonde del bulbu oculare. *Arch. di Radiol.* 1, 623 (1925). — SIEDAMGROTZKY, K.: Über das Verhalten der Hautcapillaren im röntgenbestrahlten Gebiet. *Strahlenther.* 19, 84 (1925). — SIEGRIST: Intraokulare Strahlentherapie besonders beim Glioma retinae. *Ber. Heidelberg. ophthalm. Ges.*, 40. *Versg. Disk. zu AXENFELD* 408 (1916). — SIMONS, A.: Ergebnisse bei Behandlung von Carcinomen der Augenlider mittels Thor-X-Stäbchen. *Z. Augenheilk.* 61, 211 (1927). — SKOTNICKI, S. H.: Sur l'influence de la radiothérapie sur les symptômes oculaires dans les tumeurs cérébrales. *Arch. d'Ophthalm.* 42, 402 (1925). — STARGARDT: Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Trachomfollikel. *Z. Augenheilk.* 14, 251 (1905). — STEPHENSON, F. B.: Remarks on X-ray treatment of superficial infections. *Amer. J. Ophthalm.* 11, 554 (1928). — STOCK: (a) Intrauterine Schädigung der menschlichen Linse durch Röntgenstrahlen. *Versg südwestdtsch. Augenärzte. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 49, 1, 93 (1911). (b) Über Behandlung der chronischen tuberkulösen Iridocyclitis mit Röntgenstrahlen. *Münch. med. Wschr.* 72, 1499 (1925). (c) Über Strahlenbehandlung in der Augenheilkunde. *Med. Klin.* 22, 1834 (1926). (d) Über Röntgenbehandlung extraokularer Tuberkulose. *Ber.* 47. *Versg dtsh. ophthalm. Ges.* 1928, 443. — STÖRMER, A. u. P. P. GOTTHARDT: Zur Röntgenbehandlung der Hirntumoren. *Strahlenther.* 29, 678 (1928). — STRAUSS u. ROTHER: Strahlenwirkung auf das vegetative System. *Strahlenther.* 18, 37 (1924). — STUMPF: Technik und Erfolge der Strahlenbehandlung in der Ophthalmologie. *Arch. Augenheilk.* 90, 109 (1922). — SZILY, v. u. KÜFFERLE: Über die nicht chirurgische Behandlung, insbesondere über die Strahlenbehandlung der Hypophysistumoren. *Versg. südwestdtsch. Neur.* 1918. *Ref. Klin. Mbl.* 60, 847 (1918).

TAKAHASHI, TAKEHIRA: Klinische und experimentelle Erfahrungen mit der Radiumbehandlung bei malignen Tumoren und Tuberkulose auf ophthalmologischem Gebiet. *Tohoku J. exper. Med.* 5, 385 (1924). — THEOBALD: Die Behandlung inoperabler bösartiger Geschwülste der Orbita mit X-Strahlen. *Amer. ophthalm. Soc.*, Mai 1905. *Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* 43 II, 574 (1905). — THIELEMANN: Die Wirkungsweise der Radiumbestrahlung auf die trachomatöse Bindehaut. *Z. Augenheilk.* 14, 559 (1905). — TISCHNER: Über Röntgentherapie bei Lidcarcinom. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 49 I, 477 (1911). — TOWN: Röntgen ray treatment of pituitary tumors. *Arch. of Neur.* 15, 92 (1926). — TRETENERO: Contributo allo studio radioterapico dei sarcomi a rapido sviluppo dei seni e della cavità orbitaria. *Ann. Ottalm.* 53, 174 (1925). — TRIOSI, S.: Sulla terapia delle uveiti con i raggi X. *Saggi Oftalm.* 3, 298 (1928). — TRON, E.: Zur Frage über die Wirkung der Radiumemanation auf das Auge. *Russk. oftalm. Ž.* 7, 158 (1928). — TUSEY, S.: Progress in X-ray and radium therapie. *Phys.-Therapia* 44, 423 (1926).

URTHOFF: Beitrag zur Bestrahlungstherapie bei doppelseitigem Glioma retinae mit anatomischer Untersuchung des einen bestrahlten Auges. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **62**, 6 (1919).

LA VEGA, E. DE: Die X-Strahlen in der Behandlung der interstitiellen Keratitis. *Bol. Inst. Med. exper. Cánc. Buenos Aires* **1**, 265 (1924). — VERHOEFF: Glioma retinae treated by X-rays with apparent destruction of the tumor and preservation of normal vision. *Arch. of Ophthalm.* **50**, 450 (1921). — VOGT, A.: Röntgenkatarakt des zweiten Auges trotz Bleischutz des letzteren. *Ges. Augenärzte Zürich, Dez. 1931. Klin. Mbl. Augenheilk.* **88**, 247 (1932). — VRIES, F. DE: Strahlenbehandlung von Augenlidkrebs. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **82**, 145.

WAARDENBURG, P. J.: Radiumbestrahlung bei Frühjahrskatarrh der Bindehaut. *Nederl. Tijdschr. Geneesk.* **1928 II**, 3565. — WALTER u. LAX: Über Röntgenbehandlung und Trigeminusneuralgie. *Münch. med. Wschr.* **1926**, 643 (1926). — WASSERMANN, v.: Analyse der Wirkung radioaktiver Substanzen auf Mäusekrebs. *Dtsch. med. Wschr.* **43**, 524 (1914). — WEEKERS u. COLMANT: Guérison d'un epithelioma de la cornea par le radium. *Soc. med. chir. Liège* **59**, 108 (1926). — WEHEFRITZ, E.: Die Röntgenbestrahlung der Hypophysentumoren. *Fortschr. Röntgenstr.* **31**, 680 (1924). — WERNER u. GRODE: Über den gegenwärtigen Stand der Strahlenbehandlung der bösartigen Geschwülste. *Erg. Chir.* **14**, 222 (1921). — WETTERER: Handbuch der Röntgen- und Radiumtherapie. Ein Lehrbuch für Ärzte und Studierende. Kempten-Allgäu 1928. — WILLIAMS, F. H.: Radium in some diseases of the eye as illustrated by its use in opacity of the cornea. *Trans. Assoc. amer. Physicians* **40**, 348 (1925). — WILMS: Heilung der Trigeminusneuralgie. *Münch. med. Wschr.* **1918**, 7. — WINTZ: Die wirksame Röntgenenergie in der Tiefentherapie und ihre Messung. *Münch. med. Wschr.* **64**, 900 (1917). — WÖLFFLIN: (a) Röntgenschutzschale für Augenbestrahlungen. *Schweiz. med. Wschr.* **50**, 186 (1920). (b) Über eine neue Schutzprothese zur Verhütung von Röntgenschädigungen des Auges. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **82**, 813 (1929).

ZABEL: Beiträge zur Röntgenbestrahlung in der Augenheilkunde. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **78**, 89 (1927). — ZIEGLER, S. L.: Radiation of the cervical sympathetic and other measures to reduce glaucomatous tension. *Trans. amer. ophthalm. Soc.* **22**, 61 (1924).

Gewebserstörung.

ABADIE: Traitement du décollement de la rétine par la galvanopuncture. *Annales d'Ocul.* **86**, 776 (1881). — AXENFELD: Lehrbuch der Augenheilkunde, 7. Aufl., S. 381. 1923.

BAHR: Erfahrungen über die Behandlung von Hornhautgeschwüren und Wundinfektionen am Auge mit Jodtinktur. *Verslg südwestdtsch. Augenärzte. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* **52 I**, 137 (1914). — BENSON: The more modern operations for trichiasis. *Ophthalm. hosp. Rep.* **11**, 18. *Ref. NAGEL-MICHEL 1887*, 425. — BRUCH: Cautérisation au crayon. *J. Méd. et Chir. prat.* **1884**, 234 u. 257. *Ref. NAGEL-MICHEL, Jber. 1884*, 600.

CAPAUNER: Behandlung der Lidkavernome mittels Kohlenäureschnee. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **49 II**, 641 (1911). — CLARK: The use of the desiccation method in ophthalmologie. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **57**, 458 (1916).

DOR: Heilung eines subretinalen Cysticercus durch Elektrolyse. *Soc. franç. Ophtalm.* **1908. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. **46 I**, 653 (1908).**

ELSCHNIG: Über den Keratoconus. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **32**, 25 (1894). — EVERS-BUSCH: Über die Anwendung des Thermokauters bei destruktiven Hornhautprozessen. *Klin. Mbl. Augenheilk.* **24**, 85 (1886).

GALEZOWSKI: Sur un nouveau procédé opératoire des trichiasis au moyen du thermo-cautère. *Rec. Ophtalm.* **1877**, 269. *Ref. NAGEL-MICHEL*, S. 347. — GAYET: Cautérisation ignée de la cornée. *Gaz. Hôp.* **1877**, No 11. — GEORGE: Electrolyses in the treatment of trachoma and its sequelae. *Ophthalm. Rec.* **24**, 130 (1915). — GONIN, I.: Wie bringt man Netzhautrisse zum Verschuß? *Ber.* **47. Verslg dtsch. ophthalm. Ges.**, S. 46. München: J. F. Bergmann 1929. — GOURLAY: Études sur le traitement des lésions de l'appareil par l'électricité. *Annales d'Ocul.* **123**, 340 (1900).

HARSTON: The treatment of trachoma bei CO₂ snow. *Ophthalmoskope, Okt. 1914. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk.* **54**, 582 (1914). — HILLEMANN: Zur Trichiasisoperation. *Zbl. prakt. Augenheilk.* **24**, 264 (1900).

JESS: Elektrochirurgie des Auges und seiner Umgebung. *Ver. hess. u. hessen-nass. Augenärzte 1931. Klin. Mbl. Augenheilk.* **87**, 838 (1931). — JÜNGKEN: Lehre von den Augenkrankheiten, S. 959. Berlin 1832.

LAGRANGE: Technique électrolyse des voies lacrymales. *Annales d'Ocul.* **126**, 457 (1900). — LEWIN u. GUILLERY: Die Wirkung von Arzneimitteln und Giften auf das Auge, Bd. 2, S. 757 u. 758. Berlin 1905.

MARTINACHE: Ulcers of the cornea treated by the actual cautery. Pacific med. J. 1873, 294. — MAWAS, JACQUES: Traitement des cancers mecaniques de l'oeil et des angiomes par l'arsonvalisation diathermique. Bull. Soc. Ophtalm. Paris 1928, 82.

NAGELSCHEIDT: Lehrbuch der Diathermie, 2. Aufl., S. 244f. Berlin 1921. — NICHELATTI: Le radiazioni infrarosse nella terapia di alcune affezioni congiuntivali e in particolare del tracoma. Sec. oculist. csp. civ. Salo. Ann. Ottalm. 56, 316 (1928). — NIEDEN: (a) Über die Anwendung der Elektrolyse in der augenärztlichen Therapie. Arch. Augenheilk. 9, 339 (1880). (b) Die zweite Hundertreihe galvanokaustisch behandelter Augenaffectationen. Arch. Augenheilk. 15, 405 (1885).

OPFENHEIMER: Der Nadelkauter. Klin. Mbl. Augenheilk. 87, 804 (1931).

PESCHEL: Eine neue Modifikation der Trichiasisoperation. Klin. Mbl. Augenheilk. 36, 426 (1898). — PUSEY: Kohlensäureschnee zur Behandlung von Hautkrankheiten. Berl. klin. Wschr. 1903, Nr 24.

REUSS, v.: Neue Erfahrungen über die Elektrotherapie entzündlicher Augenkrankheiten. Graefes Arch. 46 I, 398 (1898).

SATTLER: Über die Anwendung der Antiseptica in der Ophthalmologie, insbesondere des Sublimats, und über Kauterisation der Cornea. 15. Verslg Heidelberg. ophthalm. Ges. Ber. 1883, 107. — SCHMIDT-RIMPLER: Diskussion zu VOSSIUS: Zur Operation der Trichiasis. Ber. Heidelberg. ophthalm. Ges. 19. Verslg 50 (1887). — SCHÖLER: Die bekannten Vorgänge im lebenden Gewebe bei Elektrolyse mittels konstanten Stromes. Klin. Mbl. Augenheilk. 31, 215 (1893). — SCHUBERT: Behandlung der Distichiasis durch Elektrolyse. Münch. med. Wschr. 35, 543 (1888). — SCHWARZ: Enzyklopädie der Augenheilkunde, S. 259. Leipzig 1902. — SHAHAN: Effects of heat on the eye. Lect. on Ophth., Amer. med. Assoc., Juni 1916. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. 57, 458. — SIEGRIST: Die Behandlung des Keratoconus. Klin. Mbl. Augenheilk. 56, 400 (1916). — SILEX: Klinisches und Experimentelles aus dem Gebiete der Elektrotherapie bei Augenkrankheiten. Arch. Augenheilk. 37, 127 (1898). — SMITH: On the treatment of trachoma by Galvanization. N. Y. med. J. 1876, 252. Ref. NAGEL-MICHEL, Jber. 236. — STARGARDT, V.: Zur Behandlung der Netzhautablösung. Ber. 34. Verslg dtsh ophthalm. Ges., S. 248. München: J. F. Bergmann 1922.

TERSON: Quelques considérations sur l'application de l'électrolyse en 12 cas de décollement de la rétine. Annales d'Ocul. 113, 22 (1895). — THIEL, R.: Diskussionsbemerkung zu GONIN. Ber. 47. Verslg dtsh. ophthalm. Ges., S. 50. München: J. F. Bergmann 1929. — THILLIEZ: Traitement des kystes de l'iris par l'électrolyse. Arch. d'Ophtalm. 28, 579 (1908).

WAGENMANN: Resultate der Behandlung der Lidkavernome mittels Kohlensäureschnee, Elektrolyse und Kaustik. Disk. zu CAPAUNER, 2. Verslg südwestdtsh. Augenärzte, Dez. 1913. Ref. Klin. Mbl. Augenheilk. 52, 136. — WESSELY: (a) zur Behandlung des Ulcus serpens. Ber. Heidelberg. ophthalm. Ges. 38. Verslg 1912, 339. (b) Weitere Erfahrungen in der Behandlung des Ulcus serpens mit dem Dampfkauter und der Dacryocystitis mit Jodtinkturinjektionen. Ber. Heidelberg. ophthalm. Ges. 39. Verslg 1913, 156. (c) Zur Behandlung der chronischen Dacryocystitis und der Tränensackfisteln mit Jodtinkturinjektionen. Münch. med. Wschr. 63, 1076 (1916).

Nachtrag zum Literaturverzeichnis.

Folgende Arbeiten wurden durch ein Versehen nicht aufgenommen:

Elektrotherapie.

ERLANGER, S.: Die praktische und wissenschaftliche Bedeutung der Iontophorese in der Augenheilkunde. Ber. 13. Cons. ophthalm. Amsterdam 1929, 196 (1930).

ROCHAT, S. F.: La jontophorèse des mydriatiques dans le traitement des irites etc. Ber. 13. Cons. ophthalm. Amsterdam 1929, 199 (1930).

Lichttherapie.

BÜCKLERS, M.: Spektrale Untersuchungen über die Absorption des Lichtes durch die menschliche Linse. Ber. 48. Tagg dtsh. ophthalm. Ges. 1930, 234.

Röntgen und Radium.

HOFFMANN, W.: Röntgendiagnostik und Therapie in der Augenheilkunde. Leipzig: Georg Thieme 1932.

LÖHLEIN, W.: Vorarbeiten für eine therapeutische Verwendung des Thorium-X am Auge. Ber. 47. Verslg dtsh. ophthalm. Ges. 1928, 345.

MEERHOFF, W.: Behandlung der Xanthelasmata mit Thorium-X-Degea. Klin. Mbl. Augenheilk. 85, 661 (1930).

STOCK: (e) Röntgenbehandlung in der Augenheilkunde. Leipzig: Georg Thieme 1928.

Gewebszerstörung.

GUIST, G.: Eine neue Ablatiooperation. Z. Augenheilk. 74, 232 (1931).

MELLER, J.: Über die Schaffung von flächenhaften Verlötungen der Netzhaut mit der Aderhaut durch Endothermie. Z. Augenheilk. 75, 207 (1931).