

38. Herr Th. Christen-Bern: Ein absolutes Maß für die Qualität der Röntgenstrahlen und dessen Verwendung in der Therapie.

Wodurch hat seinerzeit das Metersystem seinen Sieg über alle anderen Maßsysteme errungen? Nicht bloß durch die Zehnteilung, denn man hätte damals ja ebensogut den Pariser Fuß oder die alte französische Toise in zehn und in hundert Teile teilen können. Nein, der Erfolg lag darin begründet, daß die dem Systeme zugrunde gelegte Einheit, der Meter, nicht wie bisher eine beliebig gewählte Länge war, sondern definiert wurde als der 10 000 000. Teil des Erdquadranten.

Auch auf anderen Gebieten hat man mit Vorteil die konventionellen Maße durch absolute ersetzt. Man gewinnt dabei nicht nur absolute anstatt bloß relativer Werte, sondern zugleich ist man gezwungen, sich Rechenschaft zu geben, ob die früheren Maße wirklich der gemessenen Größe proportional waren. Ich erinnere nur an die Untersuchungen über die mechanische Energie des Pulses, bei welchen erst die Aufstellung eines absoluten Maßes die Erkenntnis gebracht hat, daß die bisherigen relativen Zahlen gar nicht einmal ein relatives Maß darstellten.

Auch bei der Beurteilung der Qualität der Röntgenstrahlen ist die Einführung eines absoluten Maßes nur von Vorteil. Nicht bloß, weil die gegenwärtige Zersplitterung infolge der immerwährenden Umrechnungen von einer Härteskala in die andere eine Unbequemlichkeit darstellt, sondern weil das absolute Maß, welches ich Ihnen vorschlage, zugleich über die Oberflächen- und die Tiefenwirkung in anschaulicher Weise Auskunft gibt.

Außerdem erlaubt die neue Meßmethode eine exakte Dosierung in der Tiefentherapie, insofern man die Dicke der durchstrahlten Schicht mit Sicherheit abschätzen kann.

Absehen müssen wir von vornherein von der Berücksichtigung einer nicht homogenen Strahlung. Eine solche kann nie durch ein einziges Maß charakterisiert werden; es braucht dazu im günstigsten Fall deren drei¹⁾, so daß wir dabei leicht vom Hundersten ins Tausendste kämen. Wir wissen ja auch, daß sowieso die weichsten Strahlen schon vom Glase zurückgehalten werden. Eine Ausnahme macht nur die Lindemannröhre. Ich schließe deshalb ausdrücklich die Lindemannröhre von den folgenden Erörterungen aus. Ihre Verwendung hätte ja auch speziell in der Tiefentherapie nicht viel Zweck.

Gleichzeitig betone ich ausdrücklich, daß ebensogut jede andere von den bisherigen Meßmethoden auf der Voraussetzung einer homogenen Strahlung beruht, denn bei nicht homogener Strahlung kann jeder Härtegrad, sei er nun bestimmt wie er wolle, durch unendlich viele verschiedene Strahlungsmische hervorgebracht werden.

Worauf beruhen nun unsere bisherigen Härteskalen? Man geht von der Eigenschaft des Silbers aus, welches für Strahlungen verschiedener Härte ungefähr das gleiche Absorptionsvermögen hat, und vergleicht mit der Absorption eines Silberbleches von bestimmter Dicke die Absorption verschieden dicker Schichten eines anderen Metalles, meist Aluminium. Bestimmte, aber wohl gemerkt durchaus willkürlich gewählte Schichtdicken hat man dann mit bestimmten Nummern bezeichnet und die Härtegrade nach diesen Nummern benannt. Auf diesem Prinzip beruhen die Skalen nach Benoist, nach Walter, nach Wehnelt.

Ein anderes Prinzip besteht darin, daß man diejenige Schicht einer Substanz aufsucht, welche die gegebene Strahlung „gerade noch durchläßt“. Dieses Prinzip muß direkt als fehlerhaft bezeichnet werden. Die Absorption verläuft nach dem Exponentialgesetze und die Ordinate der Absorptionskurve ist daher nie gleich Null. Wollte man aber anstatt Null einen bestimmten unteren Grenzwert als „eben noch wahrnehmbar“ zulassen, so beginge man den Fehler, daß eine solche Grenze nicht einzig von der Strahlenqualität, sondern außerdem noch von der Intensität abhängig wäre.

¹⁾ Zwei Absorptionskoeffizienten und ein Mischungsverhältnis.

Nimmt man eine homogene Strahlung an, so ist dem Physiker ohne weiteres klar, daß ihm damit die Möglichkeit gegeben ist, für die Strahlenqualität ein absolutes Maß aufzustellen, nämlich den Absorptionskoeffizienten. Diese Größe hat die Eigenschaft, daß sich mit ihr alle theoretischen Aufgaben auf die einfachste Weise behandeln lassen. Sie ist aber mit dem großen Nachteil behaftet, daß sie für den Nichtphysiker nicht anschaulich genug ist. Und doch müssen wir damit rechnen, daß die Mehrzahl der Ärzte, die sich mit Röntgentherapie beschäftigen, die mathematische Physik nicht genügend beherrschen, als daß man den Absorptionskoeffizienten als Maß für die Strahlenqualität einführen dürfte. Ich habe mich zur Genüge überzeugt, daß die Herren Kollegen von dem Absorptionskoeffizienten, welcher die Dimension cm^{-1} hat, sich im allgemeinen keine Vorstellung bilden.

Deshalb habe ich in die Röntgentherapie den Begriff der Halbwertschicht eingeführt. Was damit gemeint ist, kann mit wenigen Worten erklärt werden: Je dicker eine absorbierende Schicht ist, desto mehr wird in derselben eine Strahlung durch Absorption geschwächt. Man kann daher für jede Strahlung die Schichtdicke des absorbierenden Mediums so auswählen, daß von der einfallenden Strahlung gerade die Hälfte absorbiert und die Hälfte durchgelassen wird.

Die Halbwertschicht eines Mediums für eine gegebene Strahlung ist also diejenige Schichtdicke — ausgedrückt in cm —, welche die Intensität der Strahlung durch Absorption gerade auf die Hälfte ihres Wertes reduziert. Dabei besteht zwischen dem Absorptionskoeffizienten, h , und der Halbwertschicht, a , die folgende einfache Beziehung:

$$h \cdot a = \log. \text{nat.} (2)$$

oder mit hinreichender Annäherung

$$a = \frac{7}{10 \cdot h}$$

Nun werden Sie aber mit Recht verlangen, daß man auch imstande sein sollte, diese Eigenschaft für jede Strahlung praktisch zu bestimmen. Dabei haben wir zunächst die Frage aufzuwerfen, welches Medium sich hierfür am besten eignen dürfte. Ich denke, daß nur ein einziges Medium in Betracht fallen kann: das destillierte Wasser. Nicht bloß aus dem Grunde, daß man ja überall in der Physik für die Festlegung von Maßeinheiten von diesem Körper ausgeht, sondern auch deshalb, weil die Körpergewebe, deren absorbierende Eigenschaften für uns in erster Linie von Interesse sind, sich in dieser Hinsicht vom destillierten Wasser nur in geringem Grade unterscheiden, und zwar nicht mehr, als die Unterschiede der verschiedenen Gewebe unter sich betragen.

Wir stehen also zuerst vor der Aufgabe, eine Methode zu finden, mit welcher man die Halbwertschicht einer gegebenen Strahlung in destilliertem Wasser bestimmen kann. Dies ist nicht schwierig, sobald man ein zweites Medium zum Vergleich heranziehen kann, welches von jeder Strahlung sicher stets die Hälfte abfängt und die Hälfte durchläßt. Das sicherste Mittel zu diesem Zwecke, eine rotierende Scheibe mit Ausschnitten, kann man leider bei der Röntgenstrahlung nicht verwenden, denn die Röntgenstrahlung ist diskontinuierlich, und wenn man sie durch eine rotierende Scheibe mit Ausschnitten sendet, so entstehen zwar die prächtigsten Interferenzfiguren, aber niemals die für den Versuch erforderliche gleichmäßig erhellte Fläche, welche man mit einem anderen Felde vergleichen könnte.

Es mußte daher ein anderes Mittel gesucht werden und ich bin schließlich darauf gekommen, eine fein gelochte Scheibe aus undurchlässigem Material zu verwenden, deren Löcher alle genau den gleichen Durchmesser haben, genau regelmäßig über die Fläche verteilt sind, und deren Größenverhältnisse so berechnet wurden, daß die Summe aller Löcher gleich ist der Hälfte der ganzen Fläche. Nötig ist dann nur noch, daß die gelochte Scheibe in solcher Entfernung von dem Leuchtschirm angebracht werde, daß für das beobachtende Auge nicht eine Zeichnung der Löcher, sondern eine gleichmäßig helle Fläche entsteht.

Endlich war es aus technischen Gründen notwendig, das destillierte Wasser durch einen festen Körper von gleichem Absorptionsvermögen zu ersetzen. Hier ist es die Reiniger, Gebbert & Schall A.-G. gewesen, welche die Freundlichkeit hatte, eine Reihe verschiedener

Mater
auf d
eignet
Wass
man
Platt
wahr
heit
Schaf

ließ
Dane
gelag
des
daß
Man
redu
im

den
kann

dem
nich
wor

koe
seit
sch
ist,
auf
Vo

nu
als
wo
jed
St

Ti
dr
Ti
vo
au

Fi

gr
St
di

D

Materialien durchzuprüfen. Den Herren Ingenieuren der Firma verdanke ich, daß sie mich auf den Bakelit aufmerksam gemacht haben, welcher sich zu unserem Zwecke vorzüglich eignet. Den Beweis für die Übereinstimmung der absorbierenden Eigenschaften zwischen Wasser und Bakelit leistet man nach dem Vorgange von Perthes am besten dadurch, daß man den Bakelit in destilliertes Wasser legt, das Ganze durchstrahlt und eine photographische Platte unterlegt. Dabei zeigt es sich, daß man auf der Platte keine oder nur eine kaum wahrnehmbare Zeichnung des Bakelitstückes zu erkennen imstande ist. Wäre eine Verschiedenheit des Absorptionsvermögens vorhanden, so müßte sich der eingelegte Bakelit deutlich als Schatten oder als Aufhellung abzeichnen.

Nach diesen Feststellungen war die Form des absoluten Härtemessers gegeben: Ich ließ eine Treppe aus Bakelit anfertigen, und hinter einem Leuchtschirm beweglich anbringen. Daneben ist ein Vergleichsfeld angebracht, welchem die beschriebene gelochte Platte vorgelagert ist. Dieses Vergleichsfeld zeigt stets, d. h. bei jedem Härtegrad, die halbe Intensität des einfallenden Röntgenlichtes. Man braucht also bloß die Bakelittreppe so zu verschieben, daß beide Felder gleich hell erscheinen und die Dicke der vorgelagerten Bakelitstufe abzulesen. Man weiß dann, daß die eingestellte Treppenstufe die einfallende Strahlung auf die Hälfte reduziert, daß also ihre Höhe gleich der Halbwertschicht der Strahlung im Bakelit, also auch im destilliertem Wasser ist.

Nebenbei bemerke ich, daß außerdem eine undurchlässige Platte angebracht ist, welche den Beobachter vor der Strahlung schützt, sowie eine Ablendung des Tageslichtes nach bekanntem Muster, welche gestattet, das Instrument im erhellten Zimmer zu gebrauchen.

Wir sind mit diesem Instrument in den Stand gesetzt, durch direkte Beobachtung auf dem Leuchtschirm die Halbwertschicht einer gegebenen Strahlung abzulesen und haben dadurch nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch ein absolutes Maß für die Strahlenqualität gewonnen.

Wenn sich einerseits die Mehrzahl der Kollegen von der Bedeutung eines Absorptionskoeffizienten von beispielsweise $0,7 \text{ cm}^{-1}$ keine Vorstellung machen können, so wird andererseits ein jeder sofort verstehen, wenn man ihm sagt, diese Strahlung habe eine Halbwertschicht von 1 cm. Er weiß dann, daß die Durchdringungsfähigkeit dieser Strahlung so groß ist, daß sie nach dem Durchtritt durch 1 cm Wasser oder Weichteile infolge Absorption gerade auf die Hälfte ihrer Intensität reduziert ist. Dies ruft sofort einer ganz bestimmten konkreten Vorstellung.

Aber noch mehr! Mit Hilfe der Halbwertschicht sind wir in die Lage versetzt, nicht nur an der Körperoberfläche, sondern auch in der Tiefe exakt zu dosieren; so exakt wenigstens, als wir über die Tiefe des Gewebes orientiert sind, welches wir der Strahlenwirkung aussetzen wollen. In verschiedenen Publikationen habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß es für jede Tiefe unter einer Weichteildecke eine bestimmte Strahlenqualität gibt, welche an dieser Stelle den größten Nutzeffekt erzielt.

Wählt man die Strahlung weicher, so dringt nicht genügend Röntgenenergie in die Tiefe, dafür verbrennt man die Haut. Nimmt man im Gegenteil die Strahlung härter, so dringt zwar eine genügende Menge von Röntgenenergie in die Tiefe vor, aber auch in der Tiefe wird infolge des hohen Härtegrades nur wenig absorbiert, und weil die Wirkung nicht von der einfallenden, sondern von der absorbierten Röntgenenergiemenge abhängt, so ist auch in diesem zweiten Falle die physiologische Wirkung ungenügend.

Es lassen sich diese Verhältnisse am besten graphisch demonstrieren, wie dies folgende Figur darstellt.

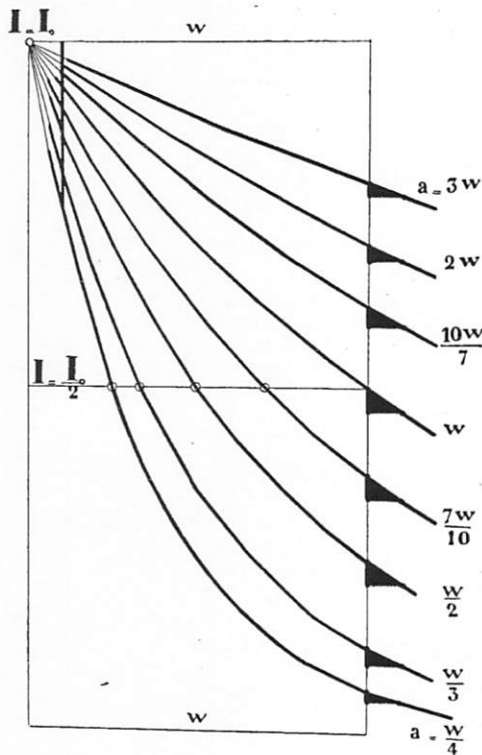
Dabei bedeutet w die Dicke irgendeiner Weichteilschicht. Für verschiedene Härtegrade sind die entsprechenden Absorptionskurven eingezeichnet. Für alle die verschiedenen Strahlungen ist die gleiche Intensität des einfallenden Röntgenlichtes, I_0 , angenommen. Hat die Strahlung ihre Halbwertschicht, a , durchsetzt, so ist ihre Intensität auf $I = \frac{I_0}{2}$ gesunken.

Die weichste der eingezeichneten Strahlungen hat die Halbwertschicht $a = \frac{w}{4}$, d. h. sie wird

schon im vierten Teile der angenommenen Weichteilschicht auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Intensität reduziert. Sie ergibt selbstverständlich die stärkste Hautwirkung. Man überzeuge sich hiervon an dem vertikalen Strich links oben, an welchem sich ablesen läßt, wieviel von der einfallenden Strahlung nach dem Durchgang durch den ersten Zehntel der Weichteilschicht absorbiert worden ist.

Bei der Ankunft an der innern Grenze der Weichteilschicht ist die Intensität dieser Strahlung bereits so gering geworden, daß ihre weitere Abnahme, dargestellt durch die Höhe des kleinen Dreieckes, keinen nennenswerten Betrag an Röntgenenergie mehr darstellen kann.

Auch hier wieder ist die Grundlinie des Dreieckes gleich $\frac{w}{10}$ gewählt worden; das will sagen, daß die Höhe des Dreieckes diejenige Menge von Röntgenenergie darstellt, welche in



$\frac{w}{10}$ Schichtdicke zur Absorption gelangt. Dieses $\frac{w}{10}$ ist eine ganz beliebig gewählte Zahl, die nur zu einer Fixierung der Ideen dienen soll. Man hätte ebensogut $\frac{w}{20}$ oder $\frac{w}{30}$ usw. nehmen können und wäre dabei zu dem nämlichen Resultate gekommen, wie folgt:

Man sieht, daß für die folgenden Härtegrade: $a = \frac{w}{3}$, $a = \frac{w}{2}$ die Höhen der Dreiecke stetig größer werden und bei $a = \frac{7 \cdot w}{10}$ den höchsten Wert erreichen.

Bei den nächstfolgenden Härtegraden: $a = w$, $a = \frac{10 \cdot w}{7}$, $a = 2 \cdot w$ und $a = 3 \cdot w$ werden die Höhen der Dreiecke, welche die in der Tiefe absorbierte Strahlenmenge darstellen, wieder stetig kleiner.

Sie überzeugen sich aus dieser Figur mit einem Blick, daß wir den größten Nutzeffekt in der Tiefe stets mit derjenigen Strahlung erreichen, deren Halbwertschicht gleich ist sieben Zehnteln der überlagernden Weichteilschicht, wie ich dies früher schon auf rein mathematischem Wege dargetan habe. Hier haben Sie den geometrischen Beweis dafür.

Ich möchte Ihnen aber vorschlagen, daß wir die Regel für die Praxis noch um einen Grad vereinfachen. Sie sehen aus der Figur weiter noch folgendes: Es besteht zwischen den Strahlungen mit den Halbwertschichten $a = \frac{7 \cdot w}{10}$ und $a = w$ kein beträchtlicher Unterschied der Tiefenwirkung, indem die Höhen der entsprechenden Dreiecke beinahe gleich sind. Wir verschlechtern also den Nutzeffekt für die Tiefe nicht merklich, wenn wir an Stelle der Strahlung $a = \frac{7 \cdot w}{10}$ die Strahlung $a = w$ setzen. Tun wir dies, so haben wir einen dreifachen Vorteil erreicht: Erstens ist bei der Strahlung $a = w$ die Hautwirkung doch wesentlich geringer, als bei $a = \frac{7 \cdot w}{10}$, wie man sich wieder aus der Figur (links oben) überzeugen kann. Ferner ist für die Praxis die Regel $a = w$ leichter zu behalten, als $a = \frac{7 \cdot w}{10}$, wobei man doch immer schon rechnen müßte. Endlich ist bei der Strahlung $a = w$ die Tiefendosis (abgesehen von der Dispersion, deren man ja stets Rechnung tragen kann) stets gerade gleich der halben Oberflächendosis, während man bei der Strahlung $a = \frac{7 \cdot w}{10}$ das weniger einfache Verhältnis drei Achtel hätte.

Für diejenigen unter den Herren Kollegen, welchen die mathematisch-physikalische

Begründung des Gesagten ein Interesse bietet, stelle ich noch kurz den Zusammenhang zwischen den in Betracht kommenden Größen auf, namentlich um zu zeigen, in welcher Weise der Härtegrad, bzw. die Halbwertschicht einer Strahlung die Größe der Dosis beeinflusst.

Als „Dosis“ definiere ich die in einem Volumen absorbierte Röntgenenergiemenge, dividiert durch dieses Volumen woraus sich dann folgendes ergibt:

Trifft auf das Flächenstück F in der Zeit T die Röntgenenergiemenge E , und dringt die Strahlung bis in die Tiefe x vor, so ist in dem Volumen $dV = F \cdot dx$ die Dosis gleich der Abnahme

$$-\frac{dE}{dV} = -\frac{dE}{F \cdot dx}.$$

Nennt man, wie vorhin, die Intensität I , und den Absorptionskoeffizienten h , so ist die Intensität

$$I = \frac{E}{F \cdot T},$$

woraus

$$\frac{dE}{dx} = F \cdot T \cdot \frac{dI}{dx}.$$

Nun ist aber bei der homogenen Strahlung

$$I = I_0 \cdot e^{-h \cdot x}$$

und somit

$$\frac{dI}{dx} = -I_0 \cdot h \cdot e^{-h \cdot x} = -I \cdot h,$$

wonach

$$-\frac{dE}{dx} = h \cdot I \cdot F \cdot T$$

und

$$D = h \cdot I \cdot T.$$

Benützt man dann noch die angegebene Beziehung zwischen dem Absorptionskoeffizienten h und der Halbwertschicht, a , so kommt:

$$D = \frac{7 \cdot I \cdot T}{10 \cdot a}.$$

Sie ersehen daraus, daß die Dosis nicht nur der Intensität I und der Bestrahlungszeit T proportional, sondern außerdem der Halbwertschicht umgekehrt proportional ist. Daraus erklärt sich die Tatsache, daß man mit den üblichen Dosierinstrumenten bei harter Strahlung unter- und bei weicher Strahlung überdosiert. Die weiteren Folgerungen aus diesen Gleichungen finden sich in meinem Aufsatz „Einige Anwendungen der Absorptionsgesetze auf die Röntgentherapie“. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Band XVI.

Für die Tiefentherapie ergibt sich somit die einfache Regel, daß man zugleich eine gute Hautschonung und einen guten Nutzeffekt für die Tiefe erhält, wenn man die Strahlenqualität so wählt, daß ihre Halbwertschicht gleich ist der Dicke der überlagernden Weichteile. Dabei ist die Tiefendosis gerade gleich der Hälfte der Oberflächendosis (ohne Rücksicht auf die Dispersion).

Damit ist jeder Röntgentherapeut ohne weiteres in die Lage versetzt, in jedem Falle diejenige Strahlenqualität auszusuchen, welche ihm die günstigste Tiefenwirkung gewährleistet. Zugleich weiß er auch, wie groß die Dosis ist, welche er in der Tiefe verabfolgt, nämlich die Hälfte der Hautdosis.

Hieran anschließend ist zum Schlusse noch eine kurze Bemerkung unerlässlich. Es ergibt sich aus dem Gesagten und aus den Verhältnissen am menschlichen Körper, daß für alle einigermaßen tiefliegenden Gewebe sehr hohe Härtegrade notwendig sind, um unserer Forderung zu genügen; oft so hoch, daß sie nur bei Verwendung von Aluminiumfiltern überhaupt erhältlich sind, unter Verschleuderung einer großen Menge von Röntgenenergie, wollen wir nicht riskieren, daß die Röhre durchschlägt.

Diese hohen Härtegrade liegen selbstverständlich weit außerhalb der Gültigkeitszone aller zurzeit gebräuchlichen Dosimeter. Die wirklichen physiologischen Dosen sind daher viel

kleiner, als irgendeines dieser Instrumente angibt. Leider sind die quantitativen Verhältnisse noch zu wenig erforscht, als daß ich weiter auf diesen höchst interessanten Gegenstand eintreten könnte. Wir wissen zwar, daß man bei harten Strahlen mit dem Sabouraud zu niedrig dosiert, aber wir wissen noch nicht, wieviel Sabouraud Dosen wir bei einem bestimmten Härtegrad geben müssen, um die Volldose zu erreichen. Umgekehrt wissen wir, daß man bei weichen Strahlen mit dem Sabouraud überdosiert, aber wir wissen noch nicht, welchen Bruchteil einer Sabouraud Dose wir bei einem bestimmten Grad der Weichheit geben müssen, um gerade die Normaldosis zu erreichen. Hier haben die weiteren Untersuchungen einzusetzen, und ich bin schon jetzt überzeugt, daß dieselben meine Voraussage bestätigen werden, daß in erster Linie die direkte Dosimetrie es ist, deren Einführung in die Röntgentherapie eine zuverlässige Dosierung bei allen Härtegraden ermöglichen wird.

Bevor diese quantitativen Versuche ausgeführt und an einem größeren klinischen Material nachgeprüft sind, bleiben wir für sehr harte Strahlen (sehr weiche kommen einstweilen weniger in Betracht) über die Tiefendosis gerade so sehr im unklaren, wie über die Hautdosis, wenn wir auch wissen, daß die eine die Hälfte der andern ist. Haben wir aber unser weiter gestecktes Ziel, die Einführung der direkten Dosimetrie erreicht, so sind wir in der Lage, für alle Härtegrade nicht nur die Hautdosis, sondern, dank der Halbwertregel, auch die Tiefendosis direkt zu bestimmen.

Zusammenfassung.

1. Die Halbwertschicht als Maß für die Qualität einer gegebenen Röntgenstrahlung hat den Vorteil, daß sie — im Gegensatz zu allen bisher gebräuchlichen Härteskalen — ein absolutes Maß ist, daß ihre Bedeutung jedem ohne weiteres klar ist, und daß sie sofort auch eine konkrete Vorstellung von der Durchdringungsfähigkeit einer Strahlung gibt.

2. Mit Hilfe des oben beschriebenen absoluten Härtemessers läßt sich die Halbwertschicht jeder gegebenen Röntgenstrahlung direkt optisch bestimmen.

3. Die günstigsten Verhältnisse für die Tiefenwirkung erhält man bei Anwendung einer solchen Strahlung, deren Halbwertschicht gleich ist der Dicke der überlagernden Weichschicht.

4. In diesem Falle ist die Tiefendosis (abgesehen von der Dispersion) gleich der halben Oberflächendosis.

5. Zur Erreichung einer zuverlässigen Dosierung, an der Oberfläche wie in der Tiefe, empfiehlt sich die Einführung der direkten Dosimetrie, weil alle bis heute bekannten Reagenzkörper die Dosis nur innerhalb einer beschränkten Härtezone richtig angeben.

39. Herr Gottwald Schwarz-Wien: Neue Verbesserung meines Kalomelradiometers.

Votr. teilt die Zusammensetzung der Radiometerflüssigkeit mit.

Dieselbe ist bei Reiniger, Gebbert und Schall fertig zu haben. Der durch Bestrahlung entstehende Kalomelniederschlag ist proportional der Dosis.

Man füllt sich ein paar Tropfen der Meßflüssigkeit in ein kleines Eprovettchen mit Paragummikappe (Augentropferkappe). Das Eprovettchen wird mit der Gummikappe nach unten mittels eines einfachen Trägers (Reiniger, Gebbert und Schall) in halber Fokushautdistanz wie die Sabouraudpastille befestigt.

Der Trübungsgrad wird mit einer von der Firma Reiniger, Gebbert und Schall verfertigten stufenförmigen oder neuerdings keilförmigen (Milchglaskeil) Skala in jeder beliebigen Genauigkeit abgelesen.

Votr. hält nach wie vor daran fest, daß die Kalomelreaktion der Röntgenstrahlen das sicherste und einfachste Maß für die Therapie darstellt.

(Erscheint ausführlich im 1. Hefte der Zeitschrift „Strahlentherapie“, Urban & Schwarzenberg.)

40.

des
rap
Jah
Rör
dabGas
Ulc
weibei
in
aus
die
dic
aus

41

wo