408

Sonderabdruck aus „Strahlentherapie", Band XIX (1925).
Herausgegeben von
Professor Dr. W. Falta in Wien, Professor Dr. C. J. Gauß in Würzburg, Professor Dr. H. Meyer in Bremen, Professor Dr. R. Werner in Heidelberg.
Verlag von Urban & Schwarzenberg in Berlin und Wien.

Meßtechnik in der Tiefentherapie.

Von

Ing. **L. Baumeister**, Erlangen.

(Mit 6 Abbildungen.)

Vortrag, gehalten am 25. Oktober 1924 bei der Vereinigung deutscher Röntgenologen in Prag.

In welcher Zeit erreiche ich nun die Hautdosis? Dies ist eine viel gestellte Frage, wenn mit einer neuen Apparatur oder mit einer neuen Röhre bestrahlt werden soll. Es ist diese Frage wohl begreiflich, da wir bis jetzt noch kein Meßgerät besitzen, welches gestattet, unbedingt sicher die Zeit für die Hautdosis festzustellen. Nach dem heutigen Stande der Meßtechnik muß das Meßgerät erstmals nach der Haut des Menschen geeicht werden.

Die geeignetsten Strahlen-Meßinstrumente sind diejenigen, welche auf dem Prinzip der Ionisationsmessung beruhen. Abb. 1 zeigt ein solches Meßgerät, welches unter dem Namen „Iontoquantimeter" bekannt ist, im Prinzip. Ein feststehendes Quadrantenpaar wird mittels einer kleinen Influenzmaschine elektrisch aufgeladen, wobei durch Niederdrücken eines Kontakthebels die Verbindung zwischen Lademaschine und Elektrometer herzustellen ist. Infolge der Ladung des Quadrantenpaares wird ein drehbar angeordneter Quadrant, welcher einen Zeiger trägt und an Erde liegt, angezogen und der Zeiger nimmt die punktierte Stellung ein. Von diesem elektrisch geladenen Quadrantenpaar führt eine hochisolierte Leitung durch ein biegsames Kabel zur Ionisierungs- bzw. Meßkammer und ragt als freistehender Stift (aus Aluminium) in diese hinein. Der Meßkammerraum wird gebildet durch eine Aluminiumkappe von 0,25 mm Wandstärke. Wird die Meßkammer von Röntgenstrahlen getroffen, so findet eine Ionisierung der Luft in der Meßkammer statt, d. h. die Luft wird leitend und die elektrische Ladung des Elektrometers fließt vom Stift über die ionisierte Luft zur Kammerhülle und von dort zur Erde ab. Die Entladung der Instrumente geht je nach Strahlenintensität in längerer oder kürzerer Zeit vor sich: je größer die Intensität, desto schneller die Entladung.

Die Eichung des Instrumentes wird nun auf folgende Weise vorgenommen:

Mit der gleichen Röhre und denselben Betriebsbedingungen, Filter usw., unter welchen am Menschen die Zeit zur Erreichung der Hautdosis ermittelt wurde, wird die Entladungszeit des Elektrometerzeigers über einen bestimmten Skalenbereich festgestellt. Der dabei bestehende Fokus-Kammerabstand muß dann ein für allemal eingehalten werden. Zur Erreichung einer großen Genauigkeit bedient man sich am vorteilhaftesten einer speziell für die Röhreneichung bestimmten Einrichtung. Abb. 2 zeigt eine solche Anordnung. Ein Holzstativ besitzt eine Klemm-

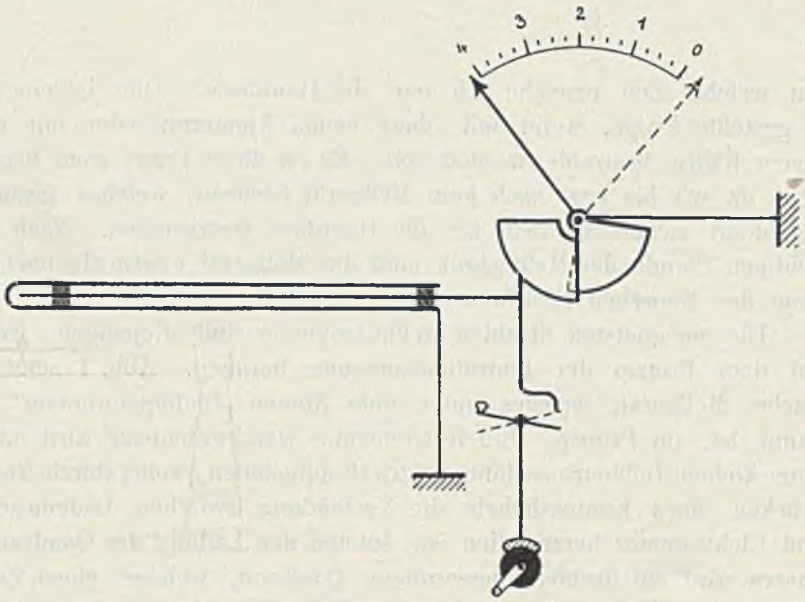

Abb. 1.

vorrichtung zum Halten und sicheren Fixieren der Meßkammer. Auf dem Stativ ist ein Röhrenschutzkasten angeordnet, der mit einer Bleiblechblende nebst dem Strahlenfilter unterlegt ist. Bei einer derartigen Anordnung ist der gleiche Fokus-Meßkammerabstand und die gleiche Strahlenkegelgröße jederzeit genau reproduzierbar. Die so erhaltene Ablaufzeit des Iontoquantimeters ist dann die Standardzeit, nach welcher weitere Röhren geeicht werden können.

Angenommen, bei der erstmaligen Eichung am Menschen habe sich für die Erreichung der Hautdosis eine Zeit von 20 Minuten ergeben und die Ablaufzeit des Iontoquantimeters unter Benützung vorbeschriebener Einrichtung betrage 40 Sekunden.

40 Sekunden Ablaufzeit ist somit die Standardzeit des Instrumentes, von der wir wissen, daß unter den gleichen Betriebsbedingungen, Filter usw. der Röhre die Hautdosis in 20 Minuten erreicht wird.

Ein Umrechnungsbeispiel für die Hautdosis-Zeitbestimmung mit einer neuen Röhre sei folgendes: Mit der Röhre, mit welcher die Hautdosis in 20 Minuten erreicht wurde, betrug die Entladungszeit des Elektro-

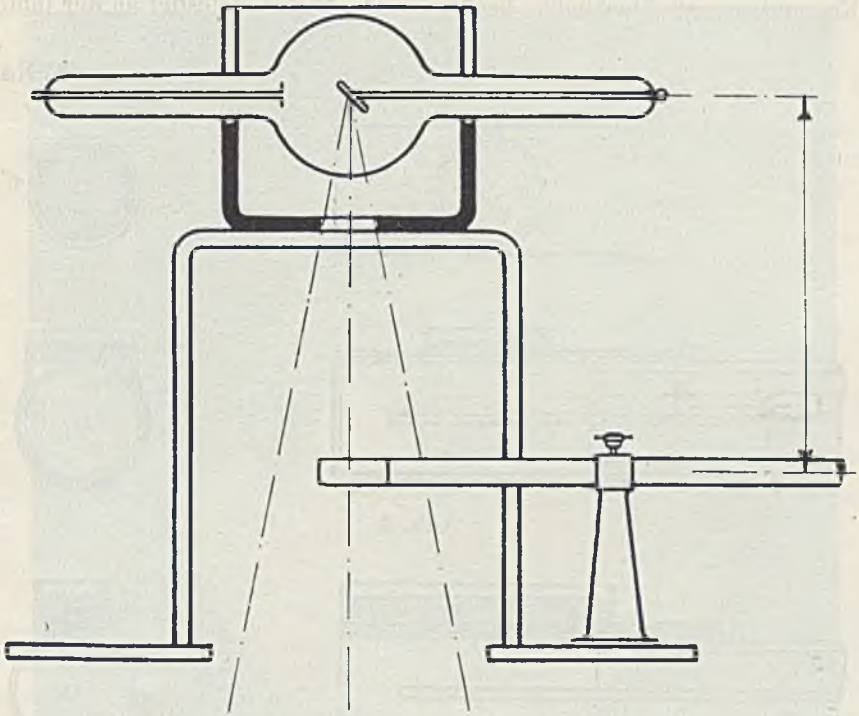

Abb. 2.

meters angenommen 40 Sekunden. Bei der neuen Röhre sei die Entladungszeit 45 Sekunden. Das Verhältnis ist nun $\frac{40 - 20 \text{ Min.}}{45 - X}$, daraus ergibt sich eine Zeit von 22 Min. für die HED mit dieser Röhre.

Die Stabilität des Meßinstrumentes ist für diese Messungen Hauptbedingung. Vor allem darf innerhalb der in Betracht kommenden Meßzeiten (Ablaufzeiten) keine Selbstentladung bemerkbar sein.

Einen weiteren Sicherheitsfaktor besitzen wir in der Benützung von Radium. Prof. Wintz benützt eine Vorrichtung, wie Abb. 3 zeigt. Über die Meßkammer des Iontoquantimeters wird eine Metallhülse geschoben, die eine seitliche Bohrung besitzt und an dieser Stelle einen kleinen

Tubus von etwa 18 mm Durchmesser trägt. Eine dünnwandige Silberkapsel mit 31 Radiumelement-Inhalt, von gleichem Durchmesser wie der Tubus, wird in diesen, also unmittelbar auf die Meßkammer gelegt. Das Radiumpräparat wird deshalb nur mit einer dünnwandigen Silberkapsel filtriert, damit nicht nur Gamma-, sondern auch Betastrahlen austreten können, so daß ein nicht zu langer Zeigerablauf stattfindet. Eine ähnliche Vorrichtung zeigt Abb. 4, welche von Prof. Forssell im Radiumhemmet, Stockholm, benützt wird. Dieser befestigt an der Ionto-

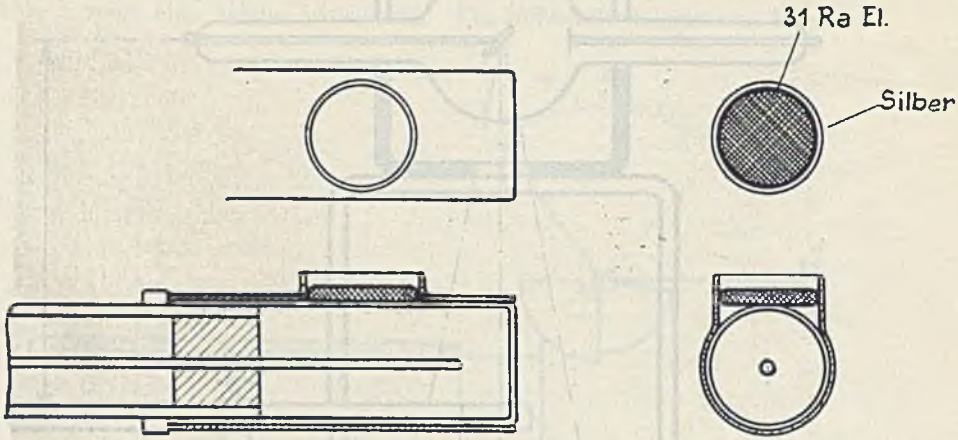

Abb. 3.

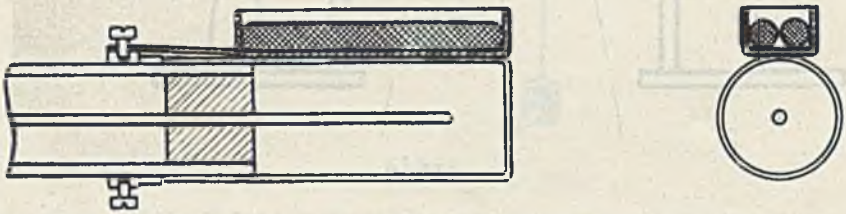

Abb. 4.

quantimetermeßkammer eine dünnwandige Aluminiumwanne, in welche zwei Radiumzylinder nebeneinander gelegt werden.

Für die Verwendung dieser Standardstrahlung sei folgendes Beispiel angeführt: Bei einer Strahlenintensität, welche in 20 Minuten die Hautdosis erreichen ließ, betrug die Entladungszeit des Elektrometers 40 Sekunden. Bei der unmittelbar darauf folgenden Prüfung mit dem Standard-Radiumpräparat sei die Entladungszeit 10 Minuten. Folglich: Bei 10 Min. Ra.E. ist 40 Sek. Rö.E. gleich 20 Min. für die HED. Angenommen, es sei nun später durch irgend einen Umstand

eine Änderung in den Angaben des Meßinstrumentes eingetreten und die Entladungszeit mit dem Standard-Radiumpräparat betrage nun 12 Minuten, gegen vorher 10 Minuten. Daraus ergibt sich nun ein Verhältnis von $\frac{10 \text{ Ra.E.} - 40 \text{ Rö.E.}}{12 \text{ Ra.E.} - X} = 48$ Rö.E., folglich jetzt: 12 Min. Ra.E. ist 48 Sek. Rö.E. = 20 Min. für die HED, gegen vorher bei

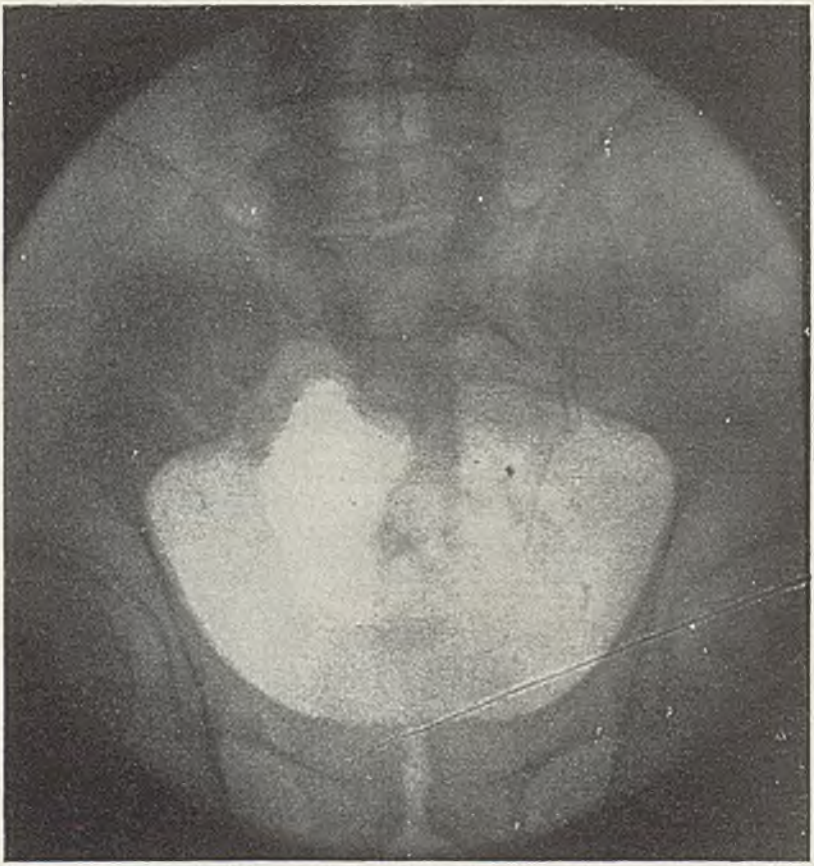

Abb. 5.

10 Min. Ra.E. = 40 Sek. Rö.E. = 20 Min. für die HED. Mittels des Radiumpräparates, der Standardstrahlung, läßt sich jede Veränderung des Instrumentes sofort feststellen und dementsprechend der Elektrometerablauf für eine bestimmte Hautdosiszeit umrechnen.

Jetzt soll in Deutschland die „Röntgeneinheitsdosis, das R" eingeführt werden, welche von der Physikalischen Reichsanstalt festgelegt wird. Dort werden auch die verschiedenen Strahlenmeßgeräte als

Standardtypen geeicht und von Zeit zu Zeit nachgeprüft. Es besteht somit die beste Aussicht, bald Meßgeräte zu bekommen, mit denen die Zeit für die Erreichung der Hautdosis unmittelbar bestimmt werden kann. Immerhin wird es aber auch dann noch wertvoll sein, das Radiumpräparat, die Standardstrahlung, weiter als Kontrolle für die Beständigkeit des Meßinstrumentes zu benutzen.

Ein weiteres, viel schwierigeres Kapitel ist die Tiefendosierung. Wir besitzen Tabellen und Kurven, welche für bestimmte Strahlenqualitäten die Dosenverteilung von Zentimeter- zu Zentimetertiefe angeben. Diese Tiefendosenwerte wurden mit Hilfe eines Wasserphantoms festgestellt. Die Absorptionsverhältnisse am Menschen sind aber ganz andere. Betrachten wir diese Beckenröntgenaufnahme (Abb. 5), dann bemerken wir, daß auf der linken Beckenseite der Darm stark mit

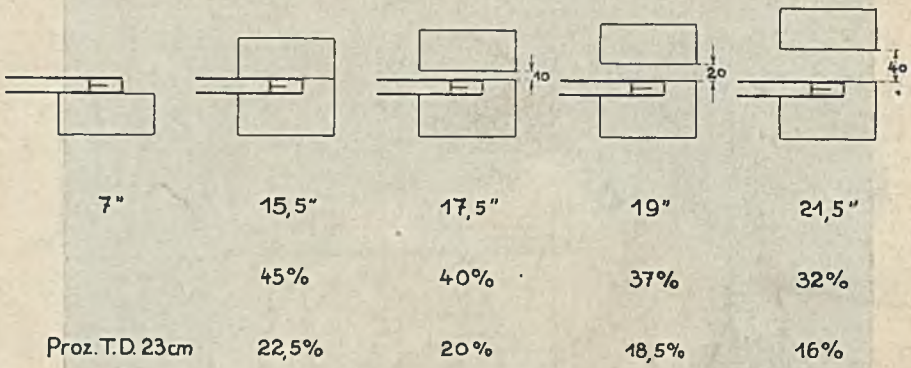

Abb. 6.

Gas gefüllt ist, auf der rechten Seite ist dies nicht der Fall. Wie sehr solche Lufträume die Tiefendosis beeinflussen, mögen folgende Messungen zeigen. Es wurde unter Bedingungen, wie die Abb. 6 zeigt, mit dem Iontoquantimeter hinter 10 cm Wasser bei vorschriftsmäßiger Anordnung eine prozentuale Tiefendosis von 22,5 % gemessen. Allein durch Abrücken des Wasserkastens von der Meßkammer, so, daß zwischen beiden ein Luftraum von 1 cm entstand, ohne dabei den Fokus-Kammerabstand zu verändern, und natürlich bei der gleichen Strahlenintensität und -qualität, verminderte sich die Tiefendosis auf 20 %. Bei einem 2 cm Luftraum ergab sich eine 18,5 %ige Tiefendosis und bei einem 4 cm Luftraum betrug die Tiefendosis nur noch 16 %.

Wir sehen an Hand dieses einen Meßversuches schon, daß beim Menschen die Tiefendosierung, trotz genauester Oberflächendosierung, sehr ungewiß ist und vielleicht darauf mancher Mißerfolg zurückzuführen ist.