

Vergleichende Studie von zwei dosimetrischen Röntgen- einheiten — das französische R (Solomon) und das deutsche R (Behnken).¹⁾

Von

Dr. J. Murdoch,

Leiter der Universitätsklinik und
Chef der Radiologischen Station an
der Antikrebszentrale in Brüssel.

und

E. Stahel,

Leiter der physikalischen Kurse an
der freien Universität in Brüssel.

Aus dem Französischen übertragen von Dr. med. **Gustav Wittigslager** in Bremen.

Mit 1 Bild.

I. Einleitung.

Das Problem der Röntgenstrahlendosimetrie hat noch keine allgemein angenommene Lösung gefunden. Übereinstimmend wird erklärt, daß in der medizinischen Praxis allein die ionometrischen Messungen es gestatten, die Röntgenstrahlen quantitativ zu bestimmen und alle in den Händen der Radiologen befindlichen modernen Meßapparate basieren auf dem Prinzip der Ionisierung.

Indes gestattet der Ionisierungsstrom in irgendeiner ionometrischen Kammer es nicht die Intensität der Strahlung direkt zu messen, da dieser Ionisierungsstrom nicht nur von der Größe, der Form und der Orientierung der Kammer abhängt, sondern auch von dem Material, welches zu ihrer Herstellung benutzt worden ist. Diese Fehlerquellen bei der Messung erfahren noch eine Vermehrung durch die Tatsache, daß alle diese Faktoren mit der Qualität der Strahlung sich ändern. Mit einem Wort, die Ionisierung verändert sich mit der Wellenlänge der Strahlung und wechselt von einem Apparat zum anderen.

Die Wahl einer Einheit, welche diese Ungenauigkeiten ausschaltet, drängt sich seit langem auf. Eine große Zahl von Vorschlägen sind gemacht worden und die Gelehrten verschiedener Länder sind noch weit davon entfernt, sich über diesen Gegenstand zu verständigen, obschon eine Standardisierung sehr erwünscht wäre.

Gegenwärtig ist die größte Zahl der früher vorgeschlagenen Einheiten von der Bildfläche verschwunden und nur zwei sind noch in laufender Verwendung; unglücklicherweise werden sie alle beide mit dem gleichen Buchstaben R bezeichnet.

¹⁾ Aus dem „Archives d'électricité médicale et de physiothérapie du cancer“, 35. Jahrg., No. 525, März-April 1927.

Die erste dieser Einheiten ist im Jahre 1920 von Solomon vorgeschlagen worden. Sie wird besonders in den romanischen Ländern angewendet und wir werden sie mit französisches R (fr. R) bezeichnen.

Die zweite Einheit R (deutsches R, d. R) wurde im Jahre 1924 von der „Deutschen Röntgengesellschaft“ vorgeschlagen.

Zwecks Vergleichung der von den Gelehrten der verschiedenen Länder erzielten biologischen und therapeutischen Resultate ist es unumgänglich erforderlich, das Verhältnis zwischen diesen beiden Einheiten genau zu kennen. Zu wiederholten Malen hat man sich bemüht, dieses Verhältnis festzustellen.

1. Caplan (American Journal of Röntg. and Rad. Ther., 1925, pag. 464) nennt als Verhältniszahl 3,0.

2. Solomon gibt in seinem Werke (La Radiothérapie profonde, 1926, pag. 146) für dieses Verhältnis den Wert von 2,2 an (1 d. R = 2,2 fr. R).

3. Jona (Internationale Radiotherapie, 1926, I., pag. 812) findet dagegen ein von 2,5 bis 3,0 variierendes Verhältnis.

Wir sind zu der Auffassung gekommen, daß eine neue systematische Vergleichung zwischen den beiden Einheiten sich als zwingend erweist.

II. Definierung der beiden Einheiten R.

Wie wird das Verhältnis definiert, welches zwischen der Quantität der Röntgenstrahlen und der erzeugten Ionisierung besteht?

a) Für das fr. R wird die Ionisierung der Röntgenstrahlen verglichen mit derjenigen der Radium- γ -Strahlen und man definiert diese Einheit wie folgt:

„Die Einheit der Intensität einer Röntgenstrahlung¹⁾ erzeugt die gleiche Ionisierung wie 1 Gramm Radiumelement, welches 2 cm von der Ionisierungskammer (Achse an Achse) plaziert ist und durch 0,5 mm Platin gefiltert wird.“

Diese Definierung stipuliert nicht, welche ionometrische Kammer man verwenden muß. Es wird indes stillschweigend vorausgesetzt, daß die Messungen mit dem Solomonschen Ionometer vorgenommen werden sollen. Wenn man die gleiche Definierung auf Messungen anwenden

¹⁾ 1 R pro Sekunde. Es muß bemerkt werden, daß die Tatsache, daß die Einheit R bald als Einheit der Dosis, bald als Intensitätseinheit der Strahlung angewendet wird, viel Verwirrung stiftet. Wir adoptieren hier, mit Solomon und Behnken, die erstere dieser Definitionen. Die Intensität einer Strahlung wird in R-Sekunden ausgedrückt, die Dosis, welche das Produkt der Intensität \times Zeit ist, in R.

wollte, welche mit anderen Ionometern vorgenommen worden sind, so würde dies zu anderslautenden Resultaten führen. (Siehe weiter unten.)

b) Für das deutsche R bezieht sich die Definierung direkt auf die unter bestimmten, genau festgesetzten Bedingungen erzeugte Ionisierung und wird in elektrostatischen Einheiten ausgedrückt: „Die absolute Einheit der Röntgenstrahlendosis wird von der Röntgenenergiemenge geliefert, die bei der Bestrahlung von 1 ccm Luft von 18° C Temperatur und 760 mm Druck bei voller Ausnutzung der in der Luft gebildeten Elektronen und bei Ausschaltung der Wandwirkungen eine so starke Leitfähigkeit erzeugt, daß die bei Sättigungsstrom gemessene Elektrizitätsmenge eine elektrostatische Einheit beträgt“.

Die auf diese Weise definierte Einheit hat den großen Vorteil, daß sie von der benutzten Kammer unabhängig ist, vorausgesetzt, daß die Kammer die Meßbedingungen der Definierung erfüllt. Die Kammern des gebräuchlichen Typs entsprechen diesen Bedingungen nicht und man kann sie deshalb nicht direkt verwenden. Behnken und andere haben Ionisierungskammern von großem Ausmaß konstruiert, welche ausschließlich die Ionisierung in der Luft messen und jedwede sekundäre Wandwirkung auszuschalten gestatten. Die Übereinstimmung zwischen den Angaben dieser Standardapparate ist durchaus zufriedenstellend. Eine Vergleichung der Kammern von kleinem Ausmaß mit den Standardkammern gestattet eine Eichung in Einheit R vorzunehmen und zwar für alle die Spannungen und Filterungen, welche den Arzt interessieren.

III. Das zahlenmäßige Verhältnis zwischen den beiden Einheiten R.

Wir haben diese experimentelle Vergleichung auf folgende Weise angestellt: Ein Siemensches Dosimeter, welches in deutschen R geeicht ist, wird zu gleicher Zeit mit einem Solomonschen Ionometer bestrahlt. Auf beiden Apparaten werden die Messungen gleichzeitig vorgenommen. Der Siemenssche Apparat zeigt die Dosis in deutschen R an, der Solomonsche die gleiche Dosis in fr. R. Es ist leicht das Verhältnis der beiden Einheiten abzuleiten.

Es wurden zahlreiche Vorsichtsmaßnahmen getroffen, um die Genauigkeit der Messungen zu gewährleisten:

a) Wir haben den Siemensschen Dosimeter eingehend auf die Zuverlässigkeit seiner Zeigerangaben, auf die Sättigung und die Konstanz der Zeitfunktion geprüft. Der Apparat hat uns zufriedengestellt. Die Einzelheiten dieser Studie werden später publiziert werden.

b) Untersuchung auf die Richtigkeit der Eichung in deutscher R-Einheit. Wir verglichen unseren Ionometer mit einem zweiten Siemensschen Apparat und in gleicher Art und Weise mit einem Wulffschen

Elektrometer. Diese Vergleichsprüfung ergibt, daß die Unterschiede zwischen den mit diesen drei Apparaten vorgenommenen Messungen immer unter 5% sind. Da die drei Apparate, jeder für sich, in der Physikalischen Reichsanstalt in Berlin geeicht worden sind, so dürfen die Zertifikate dieses Instituts doch wohl als vertrauenswürdig betrachtet werden.

c) Eichung des Solomonschen Ionometers. Diese Eichung haben wir selbst vorgenommen, indem wir uns auf die Definierung des fr. R stützten. 132 mg Ra.-E. (gefiltert durch 0,5 mm Platin) wurden in einem zylindrischen Träger Achse an Achse untergebracht. Nur die Ionisierungskammer war den Radium- γ -Strahlen exponiert — die Verbindungsröhre des Elektrometers war durch mehrere Zentimeter Blei abgedeckt.

d) Die Konstruktion des Solomonschen Ionometers, über den wir verfügen, scheint keinen genügenden Schutz gegen die Röntgenstrahlen zu gewährleisten. Bedeckt man die ionometrische Kammer mit einer Bleikappe, so konstatiert man tatsächlich, daß ein recht kräftiger Entladungsstrom noch vorhanden ist, welcher durch die Ionisierung in der Verbindungsröhre erzeugt wird. Dieser parasitische Strom kann recht bedeutend sein und 30% erreichen. Er muß sorgfältig eliminiert werden dadurch, daß man die Röhre mit Bleifolien abdeckt. Dieser Bleischutz genügt, um die parasitische Ionisierung auf etwa 3% herabzumindern.

e) Wir haben festgestellt, daß die beiden ionometrischen Kammern durch die von ihnen emittierten Sekundärstrahlen nicht auf einander einwirken.

Auf jeden Fall beträgt diese Beeinflussung weniger als 1%.

f) Das Maß der konstanten Spannung wurde bestimmt durch Kombination der Zeigerangaben eines Kugelfunkenmessers (25 cm), eines Seemannschen Spektrographen und eines Abraham Villardschen elektrostatischen Voltometers, welches speziell für diesen Zweck im physikalischen Laboratorium der Brüsseler Universität geeicht worden war. Erst nachdem alle diese Vorsichtsmaßnahmen getroffen waren, haben wir die Zeigerangaben der beiden Ionometer systematisch verglichen. Wir wollen an der Hand eines Beispiels deutlich machen, wie wir vorgegangen sind: Nehmen wir den Fall einer 200 Kilovoltstrahlung, welche durch 1,5 mm Kupfer + 1 mm Aluminium gefiltert ist. Der „Solomon“ ergibt eine Strahlungsintensität von 0,87 fr. R in der Sekunde, der „Siemens“ zeigt 0,204 deutsche R pro Sekunde. Da die Kammern von ein und derselben Strahlung irradiert wurden (die Messungen wurden gleichzeitig von zwei Beobachtern vorgenommen), so wird das Verhältnis der Einheiten $\frac{0,87}{0,204} = 4,27$ sein.

Unsere Messungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle I.

Beziehungen zwischen den beiden dosimetrischen Einheiten, dem deutschen R und dem französischen R.

Spannung in kV. (konstante Spannung)	Kupferfilter						
	0,1 mm Cu + 1 mm Al	0,3 mm Cu + 1 mm Al	0,5 mm Cu + 1 mm Al	0,7 mm Cu + 1 mm Al	1 mm Cu + 1 mm Al	1,5 mm Cu + 1 mm Al	2 mm Cu + 1 mm Al
120	2,55	2,68	2,73	2,76	2,78	2,80	2,87
130	2,60	2,74	2,79	2,84	2,86	2,94	3,03
140	2,66	2,80	2,87	2,93	2,97	3,09	3,23
150	2,72	2,87	2,94	3,03	3,11	3,26	3,43
160	2,79	2,95	3,03	3,41	3,28	3,46	3,64
170	2,85	3,04	3,13	3,28	3,47	3,67	3,86
180	2,92	3,13	3,24	3,45	3,67	3,87	4,08
190	2,99	3,24	3,35	3,63	3,86	4,08	4,31
200	3,07	3,35	3,49	3,84	4,06	4,32	4,55

Spannung in kV. (konstante Spannung)	Aluminiumfilter	
	1 mm Al allein	5 mm Al
100	2,47	2,60
110	2,40	2,56
120	2,42	2,57
130	2,47	2,62
140	2,54	2,68
150	2,60	2,74
160	2,68	2,81

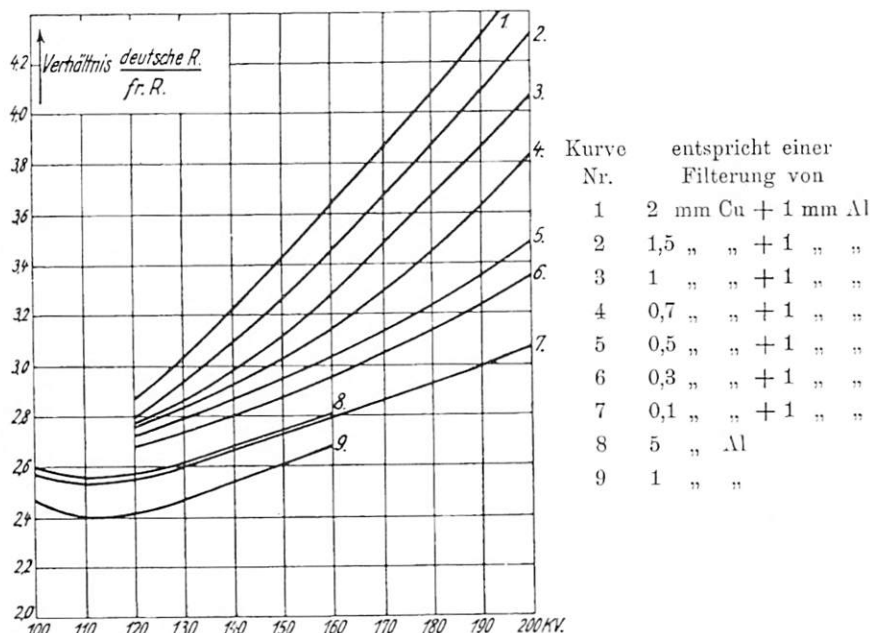
Diese Tabelle zeigt also die Beziehungen zwischen den $\frac{\text{deutschen R}}{\text{fr. R}}$ als Funktion der Spannung und Filterung.

In dem ersten Teil der Tabelle sind die Werte dieses Verhältnisses zusammengestellt, wie sie für durch Kupfer (0,1 bis zu 2 mm) gefilterte Strahlungen und für Spannungen sich ergaben, welche zwischen 120 und 200 Kilovolt variierten; der zweite Teil bringt die Werte für schwache Aluminiumfilterungen.

Ein allgemeine Überblick ergibt, daß das Verhältnis $\frac{\text{deutsche R}}{\text{fr. R}}$

in dem Maße sich steigert als man zu höheren Spannungen und stärkeren Filterungen übergeht. So entsprechen, beispielsweise, 1000 fr. R 393 deutschen R für eine Strahlung von 120 Kilovolt, welche durch 0,1 mm Cu + 1 mm Al gefiltert worden sind, aber nur 200 deutschen R, wenn die Strahlung unter weniger als 200 Kilovolt emittiert wurde und durch 2 mm Cu gefiltert worden ist. Alle diese Messungen wurden, ohne Phantom, in der Luft vorgenommen. Die folgende Kurvenfigur

demonstriert graphisch dieses variierende Verhältnis zwischen den beiden Einheiten R.



Das Verhältnis der beiden Einheiten $\frac{\text{deutsche R.}}{\text{fr. R.}}$ ist eingetragen als Funktion der Spannung der Röntgenröhre (in Kilovolt) für die verschiedenen Filterungen.

Das wichtigste Ergebnis dieser Messungen ist, daß das Verhältnis der beiden Einheiten R zu einander weit davon entfernt ist, konstant zu sein. Tatsächlich variiert es von 2,40 bis 4,55 innerhalb der Grenzen der Spannungen und Filterungen, welche wir der Bestrahlung unterzogen haben. Unsere Messungen bestätigen und vervollständigen die von Jona (loc. cit.) gefundenen Resultate. Da alle Solomonschen Ionisierungskammern nach dem gleichen Prinzip gebaut sind, so sind unsere Messungen auf alle Apparate dieses Typs anwendbar. Sie verlieren aber selbstverständlich ihre Gültigkeit, wenn an dem Meßapparat konstruktive Veränderungen vorgenommen werden.

IV. Eichung anderer Ionisierungskammern als der Solomonschen, entsprechend der Definierung des französischen R.

Es erschien uns interessant, experimentell zu untersuchen, mit welchem Ergebnis die Eichung in fr. R auf andere ionometrische

Kammern Anwendung finden konnte. Zu diesem Zweck eichten wir mit 132 mg Radiumelement einen Siemensschen Dosimeter in der fr. R Einheit nach den Angaben Solomons. Die Messungen wurden mit denen eines Solomonschen Ionometers verglichen.

War die französische Einheit eine absolute Einheit, so mußten diese beiden Apparate, welche auf die gleiche Weise geeicht worden waren, identische Zeigerangaben aufweisen. Das Experiment hat ergeben, daß nichts dergleichen der Fall ist. Wir lassen einige Messungsergebnisse folgen:

Tabelle II.

Einzige Filterung: 0,7 mm Cu + 1 mm Al.

Spannung in Kilovolt (konstante Spannung)	Intensität ausgedrückt in fr. R per Sekunde, gemessen mit den Apparaten Siemens und Solomon		
	Siemens	Solomon	Verhältnis zwischen den Zeigerangaben Siemens - Solomon
130	0,33 fr. R/Sekunden	0,31 fr. R/Sekunden	1,06
140	0,44 " "	0,45 " "	0,98
150	0,59 " "	0,58 " "	1,02
160	0,73 " "	0,79 " "	0,93
170	0,87 " "	1,01 " "	0,86
180	1,01 " "	1,33 " "	0,86

Diese Tabelle zeigt uns, daß für die Spannungen von 130 bis zu etwa 160 kV. die Zeigerangaben der beiden Apparate annähernd übereinstimmen; für die höheren Spannungen erreichen die zutage tretenden Unterschiede 24%. Die Unterschiede werden noch viel beträchtlicher, wenn man die Messungen mit anderen Filterungen vornimmt.

Zusammenfassend stellen wir fest, daß zwei ionometrische Meßapparate, welche in der gleichen rigorosen Weise mit Radium, nach der Solomonschen Definierung, geeicht worden sind, Zeigerangaben liefern, welche mehr als vom Einfachen zum Doppelten (von 0,64 bis 1,31) variieren.

Zum Beispiel:

Tabelle III.

Spannung in Kilovolt (konstante Spannung)	Filter in mm	Verhältnis Siemens - Solomon
100	0,1 Cu + 1,0 Al	1,31
100	1,0 Al	1,20
150	1,0 Al	1,12
200	0,7 Cu + 1,0 Al	0,76
200	2,0 Cu + 1,0 Al	0,64

Dies demonstriert, daß die Solomonsche Definierung nicht unterschiedslos auf alle Ionisierungskammern anwendbar ist und daß das französische R keine absolute Einheit darstellt.

Aus diesem Grunde haben wir die Einheit des fr. R bei unseren Messungen fallen lassen trotz der großen Bequemlichkeit der Eichung.

V. Einfluß des Phantoms.

In den romanischen Ländern sind wir gewohnt die Röntgenstrahlen so zu messen, daß man die ionometrische Kammer über einem Paraffin- oder Wasserphantom placiert. Auf diese Weise fügen wir zu der Primärstrahlung die in dem bestrahlten Phantom erzeugten Sekundärstrahlen dazu. Im Gegensatz hierzu wird die deutsche R-Einheit festgestellt durch die Wirkung der Primärstrahlung in der Luft ohne Phantom. Der Grund zu diesem Verfahrensmodus, welcher auf den ersten Blick unlogisch erscheint, da er die ja doch sehr wichtigen Sekundärstrahlungen eliminiert, ist der: Man weiß, daß die Sekundärstrahlung, infolge des Debye-Comptoneffektes, größere Längenwellen besitzt als die Primärstrahlung. Da nun die sämtlichen gegenwärtig zur Verwendung kommenden Ionisierungskammern auf die verschiedenen Wellenlängen auch verschieden reagieren, so ist es unmöglich, die Primärstrahlungen und die Sekundärstrahlungen zu gleicher Zeit quantitativ zu messen. Ein in R für eine bestimmte Primärstrahlung geeichtes Dosimeter würde inexakte Zeigerangaben ergeben, wenn man zur gleichen Zeit Sekundärstrahlen auf den Apparat einwirken lassen würde.

Zwecks Vergleichung der nach diesen beiden verschiedenen Methoden (mit und ohne Phantom) gemessenen Dosen haben wir sorgfältig danach geforscht, wie groß die Bedeutung der von dem Phantom erzeugten Sekundärstrahlung war. Diese Messungen wurden mit Hilfe eines Solomonschen Dosimeters bewerkstelligt und haben nur für diesen Dosimeter Gültigkeit.

Wir haben also die mit dem Phantom erzielten Ergebnisse mit denen ohne Phantom verglichen. Der Einfluß der Sekundärstrahlung variiert wenig (Maximum 7% für verschiedene Filter und Spannungen), aber wohl verstanden, nur so lange als die Einfallsöffnung während der ganzen Experimentalserie die gleiche bleibt¹⁾.

¹⁾ Die Messungen erfolgten an großen Bestrahlungsfeldern (mindestens 15×15 cm). Eine größere Arbeit über diese Frage werden wir später publizieren.

Tabelle IV.

Filter in Millimetern	Der durch die Einwirkung eines Phantoms erzeugte Vermehrungs- koeffizient
0,1 Cu + 1,0 Al	1,31
0,2 Cu + 1,0 Al	1,31
0,3 Cu + 1,0 Al	1,31
0,5 Cu + 1,0 Al	1,30
0,7 Cu + 1,0 Al	1,29
1,0 Cu + 1,0 Al	1,27
1,5 Cu + 1,0 Al	1,25
2,0 Cu + 1,0 Al	1,24
1,0 Al	1,31
3,0 Al	1,30
5,0 Al	1,30

Durchschnittswerte für
Spannungen zwischen
100 bis 200 Kilovolt.
(Konstante Spannung).

Wenn man diese Werte gelten läßt, so ist es möglich, das Verhältnis zwischen den Dosen in fr. R (gemessen mit Phantom) und den Dosen in deutschen R (gemessen in der Luft) zu berechnen. Die nachfolgende Tabelle enthält die aus diesem Vergleich sich ergebenden Werte und nennt den Koeffizienten, durch welchen man die fr. R. dividieren muß, um sie in deutsche R zu verwandeln.

Tabelle V.

Verhältnis der gemessenen Dosen, entweder in fr. R (mit Phantom)
oder in deutschen R (ohne Phantom).

Spannung in Kilovolt (Konstante Spannung)	Filter								
	0,1 mm Cu + 1 mm Al	0,3 mm Cu + 1 mm Al	0,5 mm Cu + 1 mm Al	0,7 mm Cu + 1 mm Al	1 mm Cu + 1 mm Al	1,5 mm Cu + 1 mm Al	2 mm Cu + 1 mm Al	1 mm Al	5 mm Al
100	3,37	—	—	—	—	—	—	3,25	3,38
110	3,33	—	—	—	—	—	—	3,14	3,33
120	3,34	3,51	3,55	3,56	3,53	3,50	3,56	3,16	3,34
130	3,40	3,58	3,63	3,66	3,64	3,67	3,75	3,24	3,41
140	3,48	3,67	3,73	3,78	3,77	3,86	4,00	3,32	3,48
150	3,56	3,75	3,83	3,91	3,95	4,07	4,25	3,40	3,56
160	3,65	3,86	3,94	4,05	4,16	4,32	2,51	3,51	3,65
170	3,73	3,98	4,06	4,23	4,40	4,59	4,77	—	—
180	3,72	4,10	4,20	4,45	4,66	4,74	5,05	—	—
190	3,91	4,24	4,33	4,68	4,90	5,09	5,34	—	—
200	4,02	4,38	4,54	4,95	5,16	5,40	5,65	—	—

Diese Tabellen geben also die Zahlen an (als Funktion der Spannungen und Filterungen), mit deren Hilfe man die französischen Dosen dividieren muß, um sie in deutsche R zu verwandeln; die ersteren sind mit Phantom gemessen, die letzteren in der Luft.

VI. Vergleich der in Frankreich und der in Deutschland angewendeten Dosen.

Bei der Strahlentiefentherapie nimmt man in Frankreich und in Belgien an, daß ungefähr 4000 R von Strahlen von 160 bis 200 kV. Spannung, kräftig gefiltert und auf einmal appliziert, ein ausgesprochenes Erythem erzeugen, welches sich bis zur Strahlendermatitis steigern kann. Lassen Sie uns feststellen, welches die Anzahl der korrespondierenden deutschen R-Einheiten ist. Für den Fall einer sehr penetrierenden Strahlung (200 kV. gefiltert durch 1 mm Cu + 1 mm Al) ergibt die Tabelle V einen Reduktionskoeffizienten von 5,16; 4000 mit Phantom gemessene französische R entsprechen demnach $4000 : 5,16 = 774$ in der Luft gemessenen deutschen R.

Nun ergibt aber unsere Erfahrung bei der Krebsbehandlung, daß 760 bis 800 auf einmal und durch eine große Einfallspforte (z. B. 15×15 cm) applizierte deutsche R ein Erythem II. Grades mit Blasenbildung und Abschuppung (Strahlendermatitis) erzeugen.

720 unter den gleichen Bedingungen auf einmal administrierte deutsche R erzeugen ein sehr ausgesprochenes Erythem mit starker Pigmentierung. 600 deutsche R verursachen nach drei Wochen ein Erythem I. Grades mit leichter Pigmentierung (Seitz und Wintz). Die Nichtübereinstimmung, welche zwischen den physikalischen Messungen der Erythemdosis, wie sie in Deutschland und Frankreich administriert wird, zu bestehen schien, verschwindet also, wenn man sowohl das veränderliche Verhältnis zwischen den beiden Einheiten in Betracht zieht als auch das Plus der Sekundärstrahlung, wenn die Messung über dem Phantom vorgenommen worden ist.

Unsere Schlußfolgerungen sind:

1. Das Verhältnis zwischen den beiden Einheiten R ist nicht konstant. Es variiert von 2,40 bis zu 4,55 bei den von uns vorgenommenen Messungen — dieses Verhältnis nimmt mit der Spannung und Filterung zu.

2. Ionometrische Kammern verschiedener Konstruktion, welche mit Radium gemäß der Solomonschen Definierung, rigorös auf die gleiche Art und Weise geeicht worden sind, ergeben sehr auseinandergehende Zeigerangaben. Das französische R kann also nicht als eine absolute Einheit betrachtet werden.

3. Es ist unerläßlich, daß die kleinen, im gewöhnlichen Gebrauch befindlichen Ionisierungskammern mit Hilfe von großen Standardkammern für die verschiedenen Spannungen und die verschiedenen zur Verwendung kommenden Filter geeicht werden.

4. Die ionometrischen Messungen müssen in der Luft ohne Phantom vorgenommen werden, so lange man nicht über eine Ionisierungskammer verfügen wird, deren Zeigerangaben unabhängig von der Wellenlänge sind.

5. Es ist indessen möglich, wenn man die mit dem Solomonschen Apparat gemessene Sekundärstrahlung in Rechnung stellt, die in Frankreich applizierten Dosen und die von den deutschen Autoren gelehrteten Dosen in Vergleich zu ziehen.

6. Stellt man diese verschiedenen Faktoren in Rechnung, so kommt man zu dem Schluß, daß die Nichtübereinstimmung doch nur sehr gering ist, welche zwischen den physikalischen Messungen der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen existiert, so wie sie in den romanischen Ländern und in Deutschland appliziert werden.
