

**Zeitschrift:** Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

**Herausgeber:** Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

**Band:** 14 (1958)

**Heft:** 5-6: Symposium sur les effets nocifs de faibles doses de radiation : éléments physiques et aspects biologiques = Symposium über schädliche Wirkungen schwacher Strahlendosen : physikalische Grundlagen und biologische Aspekte = Symposium on noxious effects of low level radiation : physical elements and biological aspects

**Rubrik:** Discussion = Diskussion = Diskussion

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

*Discussion – Diskussion – Discussion*

*F. Verzár, Basel:*

Since the metabolism of calcium is highest in the bones of children, Sr<sup>90</sup> will be deposited there mainly. – It was, however, shown that the turnover of Ca<sup>45</sup>, that is the rate of calcium-metabolism, changes with age in various organs in a very different way. In the bones the Ca<sup>45</sup> turnover decreases rapidly with age, while in connective tissue (collagen fibers) it increases with age. The most marked increase of Ca<sup>45</sup> turnover with age occurs in the aorta. Similar increase is seen in the lung, skin, tendons, etc. Since the higher the calcium metabolism the more Sr<sup>90</sup> will be deposited, it follows that if Sr<sup>90</sup> were present, these organs would collect more in the old individuals than in the young ones.

*H. Muth, Frankfurt a. M.:*

In Fortsetzung von Untersuchungen zur Frage des natürlichen Radiumgehalts des Menschen, die seit etwa 3 Jahren am Max-Planck-Institut für Biophysik in Frankfurt am Main durchgeführt werden, wurde in letzter Zeit von einer Arbeitsgruppe (*B. Rajewsky, H. Muth, H.-J. Hantke und K. Aurand*) in größeren Meßreihen der Radiumgehalt (Ra<sup>226</sup>) von Sektionsmaterial sowie der wichtigsten Nahrungsmittel und von Trinkwasser bestimmt. Die folgenden Tabellen 1, 2, 3 und 4 zeigen Ausschnitte aus diesen Ergebnissen. Aus den Werten der Tabelle 2 ist zu entnehmen, daß im Gegensatz zu chronischen Radiumvergiftungsfällen, bei denen das Radiumdepot nur im Knochen sitzt, bei täglicher Dauerzufuhr kleiner Radiummengen die spezifischen Aktivitäten

Tabelle 1  
Radiumgehalt (Ra<sup>226</sup>) des Knochens (Femur und Sternum)

Knochenart	n*	× 10 <sup>-15</sup> g Ra <sup>226</sup> pro 1 g Knochen (Frischgewicht)	
			Mittelwerte
Femur	37		6,3
Sternum	29		11,6
Femur	1	16,0	
Femur	1	4,9	
Femur	1	5,3	
Femur	1	7,0	
Femur	1	16,0	
Femur	1	9,0	
Femur			9,7

\* n ist die Zahl der Leichen, von denen das Ausgangsmaterial für die einzelnen Meßproben stammt.

Tabelle 2  
Radiumgehalt (Ra<sup>226</sup>) verschiedener Organe und Gewebe

Gewebeart bzw. Organ	n*	× 10 <sup>-15</sup> g Ra <sup>226</sup> pro Gewebe (Frischgewicht)	
			(Mittelwerte)
Knochen	siehe Tab. 1		ca. 8
Lungen	39		1,7
Lungen	1	1,2	
Lungen	1	1,6	
Lungen	1	1,9	
Lungen	1	3,5	
Lungen			2,0
Milz	32		1,4
Milz	1	1,8	
Milz	1	4,6	
Milz	1	7,4**	
Milz			4,6
Leber	1	0,4	
Leber	1	1,1	
Leber	1	1,2	
Leber	1	11,2**	
Leber			3,4
Nieren	36		0,9
Pancreas	35		0,9
Muskel	3		1,4
Hoden	28		0,6
Hoden	23		0,3
Placenten	1	2,0	
Placenten	1	0,8	
Placenten	1	0,7	
Placenten	3	0,4	
Placenten	2	1,2	
Placenten			0,9
Foeten	3	1,9	
Foeten	2	0,3	
Foeten	4	0,5	
Foeten			0,9

\* n ist die Zahl der Leichen, von denen das Ausgangsmaterial für die einzelnen Meßproben stammt.

\*\* In einem Falle wurde in der Leber der Wert  $11,2 \cdot 10^{-15}$  g Ra pro g Gewebe und in einem anderen Falle in der Milz  $7,4 \cdot 10^{-15}$  g Ra pro g Gewebe gemessen. Diese Einzelwerte übersteigen die im Durchschnitt bei anderen Personen ermittelten Aktivitäten zwar wesentlich, wurden aber trotzdem bei der Mittelwertbildung berücksichtigt. Leider standen von diesen Personen keine Proben von anderen Gewebearten und Organen zur Verfügung.

Tabelle 3  
Radiumgehalt (Ra<sup>226</sup>) verschiedener Nahrungsmittel

Ausgangsmaterial	Radiumgehalt pro 1 g Ausgangs- material (10 <sup>-15</sup> g)	
Weizenmehl	500 g	2,7
Weizenmehl	500 g	2,0
Weißbrot	896 g	3,2
Weißbrot	1 181 g	2,0
Roggenmischbrot	1 445 g	2,9
Roggenmischbrot	1 475 g	3,5
Äpfel	1 610 g	0,9
Möhren	1 240 g	6,5
Kartoffeln (mit Schale)	966 g	6,9
Kartoffeln (mit Schale)	986 g	13
20 Eier	940 g	3,0
(Eierschalen	22 g	44)
Schweinehackfleisch	1 000 g	0,9
Schweinehackfleisch	1 000 g	1,7
Schweinehackfleisch	1 000 g	2,4
Rindfleisch	1 055 g	0,8
Rindfleisch	880 g	0,8
Rinderblut	2 kg	0,3
Milch	1 l	0,3
Lebertran	1 kg	5,9
9 grüne Heringe	985 g	4,0
8 grüne Heringe	975 g	3,0
Schellfisch	635 g	6,3
Kabeljau	607 g	4,6

Tabelle 4  
Natürlicher Gehalt an Ra<sup>226</sup> von menschlichem Gewebe und Nahrungsmitteln

Gemessenes Material	C Ra <sup>226</sup> pro 1 g Asche × 10 <sup>-14</sup>	C Ra <sup>226</sup> pro 1 g Frischgewicht × 10 <sup>-15</sup>	C Ra <sup>226</sup> pro 1 g Calcium × 10 <sup>-13</sup>
<b>Mensch</b>			
Ganzkörperasche	5	—	1-2
Knochen	1-2,5	4-12	0,3-0,5
Muskel	17	1,5	150
Pancreas, Leber, Milz, Niere, Lunge, Darm usw.	2-15	0,3-1,4	12-140
<b>Nahrungsmittel</b>			
Milch	2,6	0,2	1,5
Kartoffeln	3,6	0,2	40
Roggenbrot	15	2	110
Weißbrot	15	2,4	26
Schweinefleisch	14	0,8	100
Eier	29	2,2	46
Mohrrüben	96	4,5	125

(g  $\text{Ra}^{226}$  pro 1 g Frischgewicht) einzelner Organe und Gewebe mit der spezifischen Aktivität des Knochens größenordnungsmäßig vergleichbar sind. Auf die Bedeutung dieser Befunde für das Problem der Daueraufnahme kleiner Mengen  $\text{Sr}^{90}$  sei hier verwiesen. Bisher hat man den  $\text{Sr}^{90}$ -Gehalt nur im Knochen gemessen (*Kulp* u. Mitarb.) und die Strahlenbelastung nur des Knochens diskutiert. Es wäre wünschenswert, wenn bei künftigen Untersuchungen auch Zahlen über den  $\text{Sr}^{90}$ -Gehalt von verschiedenen Organen und Geweben (z. B. auch der Gonaden) ermittelt würden, denn nur solche Daten können eine sichere Grundlage für die weitere Diskussion des  $\text{Sr}^{90}$ -Problems bilden. Aus Tab. 4 ist zu entnehmen, daß das  $\text{Ra}^{226}/\text{Ca}$ -Verhältnis im menschlichen «Weichgewebe» etwa dem der Nahrung entspricht, während im Knochen eine starke Diskriminierung des Radiums gegenüber dem Calcium auftritt. Auch diese Ergebnisse sind für das  $\text{Sr}^{90}$ -Problem von Bedeutung. Aus den Zahlen der Tabelle 2 und den für den «Standard»-Menschen festgelegten Daten für die tägliche Nahrungs- und Wasseraufnahme läßt sich eine durchschnittliche tägliche Radiumaufnahme für den Menschen von etwa  $3 \cdot 10^{-12}$  g  $\text{Ra}^{226}$  mit der Nahrung und  $3 \cdot 10^{-13}$  g  $\text{Ra}^{226}$  mit dem Trinkwasser abschätzen. Die Radiumaufnahme mit dem Trinkwasser macht also unter normalen Umweltbedingungen etwa 10% der Aufnahme mit der Nahrung aus. Für den durchschnittlichen Gesamtradiumgehalt des Menschen ergibt sich aus den in Tab. 2 zusammengestellten Meßergebnissen der Wert  $1,4 \cdot 10^{-10}$  g  $\text{Ra}^{226}$ .

#### *P. Lerch, Lausanne:*

L'augmentation du rythme des explosions nucléaires ces dernières années d'une part, et surtout le fait qu'à l'avenir, un nombre de plus en plus grand d'états pourront se trouver en mesure de tenter des essais militaires à l'aide d'engins nucléaires d'autre part, va tendre à accumuler dans la stratosphère des quantités de plus en plus élevées de produits radioactifs de longue vie.

La plupart des estimations touchant les retombées radioactives sont calculées à partir de bombes classiques à fission. Qu'en est-il exactement pour les retombées résultant des explosions d'engins thermonucléaires?

Plus exactement, nous aimerions savoir, pour autant que de tels détails soient actuellement divulguables:

a) Pour un engin thermonucléaire dont la puissance est équivalente à 2–20 mégatonnes de T.N.T., quelle est grossièrement la part du détonateur à fission?

b) L'emploi d'une coque d'uranium, entourant la bombe thermonucléaire, se généralise-t-il ou n'était-ce qu'un type d'essai déjà dépassé?

c) Dans le cas d'une bombe réellement «propre», sans coque, et avec un détonateur de puissance relativement négligeable, des estimations ont-elles été faites de la radioactivité induite par les gamma et les neutrons?

#### *W. G. Marley, Harwell:*

We cannot go into the construction of various types of bombs but must restrict our discussion to the biological effects of the different types of explosions. I should therefore like to ask Dr. *Langham* if he could reply to Dr. *Lerch* by commenting on the relative long-range biological effects of the so-called «clean» bomb and the fission bomb. Perhaps in replying he would indicate the possible extent of biological effects of the  $\text{C}^{14}$  produced by neutron escape into the air.

#### *W. H. Langham, Los Alamos:*

The fusion process does not produce fission products, and does, therefore, lessen the world-wide fallout problem. The principal contribution is that it provides enough energy to carry the fission products into the stratosphere. These fission products result

from fission in the detonating device which is usually a fission bomb required to attain thermal fusion. Theoretically a pure thermonuclear device would produce no  $\text{Sr}^{90}$  or  $\text{Cs}^{137}$ . If it was possible to initiate the fusion reaction without the aid of fission then such a device would provide the ultimate so-called "clean bomb". with regard to  $\text{Sr}^{90}$  and  $\text{Cs}^{137}$ . The neutrons released from the thermal fusion would obviously produce small amounts of induced activities. Neutron capture in the nitrogen of the atmosphere will produce  $\text{C}^{14}$  and in fact the increase in biospheric  $\text{C}^{14}$  as a result of thermonuclear tests is measurable.

Because of the vast carbon reservoir of the biosphere, for example the carbonate content of the oceans, the  $\text{C}^{14}$  is so greatly diluted that it will never pose a significant somatic problem. The question has been raised regarding its potential genetic consequence, because of its very long biospheric accumulation mean time (about 8000 years). Because of the vastness of the biospheric carbon reservoir, I personally doubt that  $\text{C}^{14}$  can be of any serious relative genetic significance compared to that of natural background. With regard to the development of "clean" weapons, the President of the United States has announced that the A.E.C. has produced a 95 per cent fusion device. This means that 95 per cent of the total yield is from thermal fusion and only 5 per cent is derived from the fission process which is responsible for the production of  $\text{Sr}^{90}$  and  $\text{Cs}^{137}$ .

*J. L. Kulp, New York:*

I concur with Dr. *Langham* that the formation of  $\text{C}^{14}$  from the neutrons from fusion with nitrogen in the air will not become an important component of background radiation from fallout. The  $\text{C}^{14}$  concentration in the air has now increased from the pre-bomb level by about 10 per cent. Since  $\text{C}^{14}$  normally contributes only 1 per cent of the natural background radiation to tissue, the increase from atomic tests is far less than the increase of the tissue dose from  $\text{Cs}^{137}$  fallout. The great ocean reservoir of carbon with its mean turnover time in the order of 1000 years means that the  $\text{C}^{14}$  will probably never become important as a radiation hazard.

With regard to the question of Dr. *Vannotti* concerning  $\text{Sr}^{90}$  in soft tissue it should be noted that the calcium concentration in such tissues is 10 to 100 times less than bone. Therefore the ionization dose to these organs from  $\text{Sr}^{90}$  is entirely negligible compared, let us say, to the  $\text{Cs}^{137}$  dose.

The other matter which I wish to discuss is the meteorological interpretation of Dr. *Stewart*. First let us recall that there is a break between the tropic and polar tropopause. This break varies in latitude, height interval, and complexity depending on the time of year and the preceding atmospheric condition. In this break there is rapid mixing so that it provides an obvious passage for debris from the stratosphere to the troposphere. One other fact of importance is that there is a vertical zone in the stratosphere north of  $60^\circ \text{N}$  and south of  $60^\circ \text{S}$  in which the temperature decreases with altitude hence making relatively rapid mixing just as in the troposphere.

Now here is the contradiction. Dr. *Libby's* balloon data show that from  $60^\circ \text{N}$  to  $60^\circ \text{S}$  in the stratosphere the  $\text{Sr}^{90}$  content appears fairly constant at a given altitude. This indicates rapid lateral mixing. Since the atmosphere seems to be broadly symmetrical it would be expected that the stratospheric introduction in the tropical regions (Eniwetok and Christmas Island) would result in a similar fallout in the south temperate and north temperate zones.

The observed results show three times as much fallout in the north temperate zone even after counting for small-yield ( $< 100 \text{ kT}$ ) tests. This was particularly graphic in 1957 when apparently Russian tests produced 8 to 10  $\text{mc}/\text{mi}^2$  in much of the north temperate zone, whereas the south temperate zone received only 1  $\text{mc}/\text{mi}^2$ .

It is proposed that this contradiction is explained by the short residence time of debris that is injected into the stratosphere in high northerly latitudes. The rapid vertical mixing in this portion of the stratosphere (which was brought to my attention by Dr. *Jerome Spar* of New York University) adjacent to the discontinuity in the tropo-

pause would produce the high north temperate fallout. This phenomenon may also explain Dr. *Stewart's* observation that the greatest fallout occurs in the winter and spring since this is the period when the maximum vertical mixing may take place in the polar stratosphere.

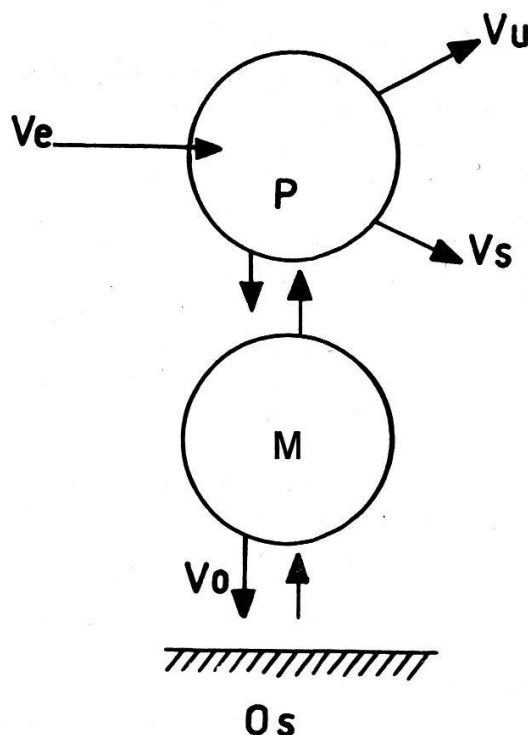
*N. G. Stewart, Harwell:*

I am afraid that I would require to study Dr. *Kulp's* model in detail before I were sure that I understood all the implications of his thesis. I am, however, puzzled by his statement that a large additional deposition of  $\text{Sr}^{90}$  occurred in 1957 due to relatively rapid transfer of Russian debris from the stratosphere. We have found no such deposition in the U.K. and in fact the  $\text{Sr}^{90}$  deposition in the successive years between 1954 and 1957 have been 1.5, 2.3, 2.5 and 2.8 mc/km<sup>2</sup>, respectively. One other point is that I do not think the amount of  $\text{Sr}^{90}$  we observed was consistent with Dr. *Kulp's* hypothesis. Finally, I would like to point out that the increase in the specific  $\text{Sr}^{90}$  content of rainwater and tropospheric air observed in successive springs appears to be accompanied by a similar increase in the lower stratospheric air. Our model accounts for this by the sinking of air rich in  $\text{Sr}^{90}$  from the higher stratosphere. I am not certain if Dr. *Kulp's* model also satisfies this condition.

*G. Milhaud et J. P. Aubert, Paris: Métabolisme du  $\text{Sr}^{90}$  chez l'homme*

Nous avons comparé la vitesse de fixation sur l'os du calcium et la vitesse de fixation du strontium chez un malade de 20 ans atteint de maladie de Hodgkin, sans signe clinique ou radiologique d'atteinte osseuse. On peut schématiser le métabolisme du calcium ou du strontium par quatre processus: entrée dans l'organisme ( $V_e$ ), élimination urinaire ( $V_u$ ), élimination fécale ( $V_s$ ) et fixation sur l'os ( $V_o$ ). A chacun de ces processus correspond une vitesse moyenne horaire que l'emploi de  $\text{Ca}^{45}$  et de  $\text{Sr}^{90}$  sans entraîneur permet de mesurer.

Le calcium entrant dans l'organisme est dilué par le calcium sanguin  $P$ , qui est de l'ordre de 250 mg, puis il s'équilibre rapidement avec une masse de calcium beaucoup plus importante, que nous avons appelé le *calcium circulant*  $M$  et qui est de l'ordre de 7 000 mg. La vitesse d'élimination du calcium par l'urine est du même ordre de





grandeur que celui de la vitesse d'élimination par les selles, soit environ 6 mg/heure. La vitesse de fixation sur l'os est de 66 mg/heure. On peut exprimer ces résultats par le volume sanguin dont la teneur en calcium correspond aux valeurs ci-dessus, ce qui permet une comparaison facile avec les résultats se rapportant au métabolisme du strontium et évite de pratiquer le dosage des traces de strontium présentes dans le sang et l'urine. On trouve dans ces conditions

	$V_u$	$V_s$	$V_o$	$P + M$
Calcium	100 ml/h	100 ml/h	1 100 ml/h	115 l
Strontium	325 ml/h	65 ml/h	520 ml/h	60 l

On voit que la vitesse de fixation du strontium sur l'os est la moitié de celle du calcium exprimée en millilitre de sang. D'autre part, le strontium, après injection intra-veineuse, est éliminé davantage par le rein que par l'intestin. Nous avons enfin essayé d'augmenter l'élimination urinaire et fécale du strontium en injectant 200 mg de strontium non radioactif, 6 heures après l'injection de 2  $\mu\text{C}$  de  $\text{Sr}^{90}$  représentant 10  $\mu\text{g}$ . Malheureusement, l'augmentation de l'excrétion radioactive est très faible.

#### H. Muth, Frankfurt a. M.:

Ich möchte die Herren Prof. Kulp und Dr. Langham fragen, welche Bedeutung sie der Strahlenbelastung durch  $\text{J}^{131}$  von Atombombenversuchsexplosionen beimessen. Dabei sei an die Messungen von Van Middlesworth (1955/56) an Rindern (1 044 Tieren) und Menschen (175 Personen) im Gebiet von Memphis, Tenn. (USA) erinnert. Er fand bei den Tieren Maximalmengen bis zu  $10^{-8}$  C  $\text{J}^{131}$  pro 1 g Schilddrüse, bei den Menschen bis zu  $10^{-10}$  C/g entsprechend  $2 \cdot 10^{-9}$  C pro gesamte Schilddrüse. Die höchstzulässige Menge  $\text{J}^{131}$ , die dauernd in der Schilddrüse des Menschen vorhanden sein darf, beträgt  $6 \cdot 10^{-8}$  C (bei Einwirkung auf die Gesamtbevölkerung), liegt also nur um den Faktor 30 über den gemessenen Maximalwerten. Van Middlesworth hat auch den  $\text{J}^{131}$ -Gehalt der Schilddrüsen von Rindern und Schafen aus anderen Bereichen der Erde (Deutschland, Japan, England, Staat Washington) gemessen. Obwohl diese Werte bei nur etwa einem Zehntel der für Tennessee ermittelten Zahlen liegen, zeigen sie, daß bereits damals (1955/56) eine weltweite Kontamination durch  $\text{J}^{131}$  bestand, die inzwischen sicher durch die in verstärktem Maße und in immer kürzeren Zeitabständen erfolgte Weiterführung der Versuchsexplosionen auch zahlenmäßig an Bedeutung gewonnen haben dürfte.

#### W. H. Langham, Los Alamos:

$\text{I}^{131}$  is perhaps the most important intermediate-lived fission product. In fact  $\text{I}^{131}$  might well be a major hazard in local fallout in the event of nuclear war. Its high selective uptake in the thyroid gland could result in very high radiation doses to the gland. Its presence in the thyroids of domestic animals and man has been measured quantitatively. Because of its 8-day half-life, however, it cannot integrate in man and in the biosphere and it is found only during periods of weapon testing as a result of tropospheric deposition. After the atmosphere is freed of tropospheric fallout, the thyroid levels drop essentially to zero. During 1955 the thyroids of man in the U.S. reached average peak levels of about 0.005  $\text{m}\mu\text{C/g}$  and domestic animals reached levels 18 to 200 times higher. Its entry into domestic animals is largely via the consumption of direct fallout on vegetation and its entry into man is perhaps via direct inhalation with the ingestion of contaminated milk as a secondary route. Since its uptake is only during short periods of tropospheric fallout, integrational radiation dose to the thyroid



gland is quite small although peak radiation dose rates, especially to domestic animals, may appear high compared to the dose rate from Sr<sup>90</sup> or Cs<sup>137</sup>.

*G. Joyet, Zurich:*

Au sujet des mesures de répartition du radium dans l'organisme présentées par Monsieur le professeur *Muth*, il est très important de savoir si ces mesures sont relatives au radium seul et si elles excluent complètement l'émanation, ou si elles comportent également l'émanation et ses produits de désintégration, qui peuvent diffuser dans presque tous les tissus sans donner une image fidèle de la répartition du radium initial.

*H. Muth, Frankfurt a. M.:*

Aus den Tab. 1-4 meines obigen Diskussionsbeitrages ist ersichtlich, daß es sich in allen Fällen um den Gehalt an Ra<sup>226</sup> handelt. Gemessen wurde nach der Emanationsmethode: Das Sektionsmaterial bzw. die Nahrungsmittel werden in Muffelöfen bei maximal 600° C verascht und die Aschen nach einem besonderen Verfahren chemisch aufgeschlossen. Die klaren Lösungen (etwa 200 cm<sup>3</sup>) werden in Curie-Kölbchen eingeschlossen. Im Zustand des radioaktiven Gleichgewichts zwischen gelöstem Ra<sup>226</sup> und Radon wird das Radongas mit gealtertem, emanationsfreiem Stickstoff quantitativ in die Meßkammer überführt. Die Meßanordnung ist mit bekannten Radonmengen von Radium-Normallösungen geeicht. Durch diese Methode ist sichergestellt, daß nur der Ra<sup>226</sup>-Gehalt der Meßproben erfaßt wird. Weitere Einzelheiten des Verfahrens und eine Beschreibung der Meßanordnungen finden sich in: Sonderband zur Strahlentherapie **35**, 227 (1956); Strahlenforschung und Strahlenbehandlung, München/Berlin; Brit. J. Radiol. Suppl. **7**, 54 (1957); Strahlenther. **104**, 157 (1957).