

Cs - 137 in Milch und im menschlichen Körper

Autor(en): **Halter, J. / Michaud, B. / Völkle, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles =
Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **65 (1976)**

Heft 1: **Mélanges en l'honneur du professeur Otto Huber à l'occasion de
son 60e anniversaire = Festschrift zum 60. Geburtstag von
Professor Otto Huber**

PDF erstellt am: **18.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-308523>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Cs-137 in Milch und im menschlichen Körper

VON J. HALTER, B. MICHAUD und H. VÖLKLE,
Eidg. Kommission zur Überwachung
der Radioaktivität, Labor Fribourg

1. Einleitung

Alle Radioaktivitätsmessungen zu Überwachungszwecken dienen letztlich dem Ziel, die Bestrahlung, welche der Mensch über die verschiedenen Wege erhält, festzustellen. In diesem Zusammenhang kommt der Nahrung eine wesentliche Bedeutung zu, speziell ihrem Gehalt an langlebigen Radionukliden, welche, in einzelne Organe eingebaut, zu einer Quelle interner Strahlung werden können.

Verschiedentlich wurden aufgrund von Meßreihen Zusammenhänge zwischen der Aktivitätskonzentration der beiden langlebigen Spaltprodukte Sr-90 und Cs-137 in der Nahrung und im menschlichen Körper in einfachen mathematischen Modellen dargestellt, z.B. von BENNETT und von AARKROG. Hier soll untersucht werden, ob sich bei Reduktion der aufwendigen Messungen der Radioaktivität der gesamten Nahrung auf diejenigen eines einzigen Nahrungsmittels, nämlich der Milch, für den Fall des Cs-137 ebenfalls ein relevantes Modell für die Korrelation Nahrung – menschlicher Körper finden läßt.

2. Basis-Meßwerte

2.1. *Milch*. Seit 1961 wurden monatlich Milchproben in Kemptthal erhoben und am Labor Freiburg der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) auf Gammastrahler analysiert.

Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 65 (1), 6–17 (1976)

Die Resultate dieser Bestimmungen finden sich in den Jahresberichten der KUER.

Der Service Cantonal de Contrôle des Irradiations (SCCI) in Genf führt seit 1963 im Ganzkörperzähler Gammabestimmungen an Milchproben durch, deren Ergebnisse ebenfalls in den KUER-Berichten aufgeführt sind.

Von 1963 bis 69 zeigen die beiden Meßreihen praktisch dieselben Aktivitäten der Milch. Bei den kleinen Werten der späteren Jahre weisen die Proben aus Genf große Schwankungen im Cs-137-Gehalt auf, was darauf zurückzuführen ist, daß die Konsummilch der Stadt aus Gegenden unterschiedlicher Höhenlage stammt. Den Berechnungen werden deshalb die homogeneren Werte der Meßreihe der KUER, welche sich außerdem über ein längeres Zeitintervall erstreckt, zugrundegelegt.

2.2. *Menschen.* Am Ganzkörperzähler des SCCI werden seit 1963 systematisch monatlich etwa 10 Angestellte dieses Amtes gemessen, je zur Hälfte Männer und Frauen. Die beiden Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich K-Gehalt und Cs-Gehalt beträchtlich; deshalb wurden getrennte Mittelwerte für Männer und Frauen gebildet. In den Jahren 1963 bis 1974, auf die sich unsere Untersuchung bezieht, traten mehrere Personalwechsel ein. Die über die monatlichen Messungen und die Personen der Gruppe gemittelten Jahreswerte dienen als Basis für die Berechnungen. Außerdem wird die Methode auf einzelne Individuen, deren Gesamtkörper-Aktivität über längere Zeit gemessen wurde, angewendet.

3. Modell

Das Modell für die Berechnung der Cs-137-Aktivität im menschlichen Körper beruht auf der Grundannahme, daß diese proportional zur Aufnahme mit der Nahrung ist. Zur Eliminierung von Effekten jahreszeitlich bedingter Schwankungen werden nur Jahres-Mittelwerte betrachtet.

Das Cs-137 im Körper – für den Einbau in den Körper ist normalerweise das eingeatmete Cs-137 von untergeordneter Bedeutung – stammt nach GUSTAFSON und MILLER zu ungefähr je einem Drittel von Milch, Getreideprodukten und andern Lebensmitteln, hauptsäch-

lich Fleisch. Es sollen die Hypothesen gelten, daß von 1961 bis 74 der zeitliche Verlauf der Kontamination (bei beliebigen absoluten Konzentrationen) in allen Pflanzen gleich ist und daß der Übergangsfaktor des Cs-137 von der Pflanze in das eßfertige Lebensmittel nur von der Art des Lebensmittels, jedoch nicht von der Stärke der Kontamination abhängt. Dann setzt sich die Nahrung zusammen aus einem Teil, welcher von der laufenden Ernteperiode stammt (Milch, Gemüse, andere Frischprodukte) und zeitlich proportional der Frischmilch kontaminiert ist, und einem Teil, der Produkte der vorhergegangenen zwei Ernteperioden umfaßt (Getreideprodukte, konservierte Lebensmittel), welche proportional der Milch der entsprechenden Ernteperioden verstrahlt sind. Ältere Nahrungsmittel fallen nicht ins Gewicht und werden deshalb nicht berücksichtigt.

Die biologische Halbwertszeit des Cs-137 im menschlichen Körper variiert je nach Organ zwischen 40 und 140 Tagen, mit einem Mittelwert von 70 Tagen. Die obige Annahme, daß die Aktivität proportional derjenigen der Milch des laufenden und der beiden vorhergehenden Jahre ist, gilt also gemäß der Grundannahme auch für den menschlichen Körper. Nur ein eventueller langlebiger Einbau in den Knochen (nach GUSTAFSON und MILLER wenige %) könnte einen Korrekturterm ergeben.

Als Vergleichswert des Cs-137-Gehalts im menschlichen Körper und in der Milch wird mit Vorteil das Verhältnis pCi Cs-137/g K verwendet, denn das Verhältnis Cs/K (beide Alkalien) ist unter den Einzelpersonen gleichen Geschlechts weniger unterschiedlich als der totale Cs-137-Gehalt. Da der K-Gehalt bei der gammaspektrometrischen Methode über die K-40-Bestimmung automatisch mitgemessen wird und zeitlich praktisch konstant ist, bietet diese Normierung keine Nachteile.

Das Modell gestattet die Anwendung folgender Formel:

$$(1) A_{K,i} = \alpha_i \cdot A_{M,i} + \alpha_{i-1} \cdot A_{M,i-1} + \alpha_{i-2} \cdot A_{M,i-2} \quad ,$$

mit $A_{K,i}$ = Cs-137-Aktivität im Körper im Jahr i (in pCi/ g K)

$A_{M,i(i-1,i-2)}$ = Cs-137-Aktivität in der Milch im Jahr
 i (bzw. $i-1, i-2$) in pCi/g K

$\alpha_i (i-1,i-2)$ = zu bestimmende Proportionalitätsfaktoren.

Anstelle der Kalenderjahre werden die Vegetationsperioden, aus denen die Milch stammt, verwendet, d. h. jeweils die Zeit von Mai bis April des nächsten Jahres. Dies ergibt folgende Ausgangsdaten der Jahresmittelwerte:

Tabelle 1

Gemessene Cs-137-Aktivitäten

Jahr	pCi Cs-137/gK		
	Milch	Männer ♂	Frauen ♀
1961/62	10,0		
62/63	51,8		
63/64	111,6	157,6	117,7
64/65	78,6	205,9	133,8
65/66	35,4	158,0	103,6
66/67	12,9	84,8	57,1
67/68	9,1	43,8	35,0
68/69	9,8	27,7	22,9
69/70	7,8	21,6	17,7
70/71	9,2	22,0	19,2
71/72	10,8	21,6	22,9
72/73	7,8	16,5	15,5
73/74	5,4	11,1	10,0

Die Bestimmung der α -Werte nach der Methode der kleinsten Quadrate:

(2) $\sum_i (\alpha_i A_{M,i} + \alpha_{i-1} A_{M,i-1} + \alpha_{i-2} A_{M,i-2} - A_{K,i})^2 = \text{Minimum}$ führt auf ein System von drei linearen Gleichungen in den drei Unbekannten $\alpha_i, \alpha_{i-1}, \alpha_{i-2}$, mit der Lösung:

	Männer	Frauen
α_i	0,949	0,878
α_{i-1}	0,921	0,349
α_{i-2}	0,493	0,440

Einsetzen dieser α -Werte in Gleichung (1) ergibt die in Figur 1 eingetragenen ausgezogenen Kurven.

Cs-137 im menschlichen Körper

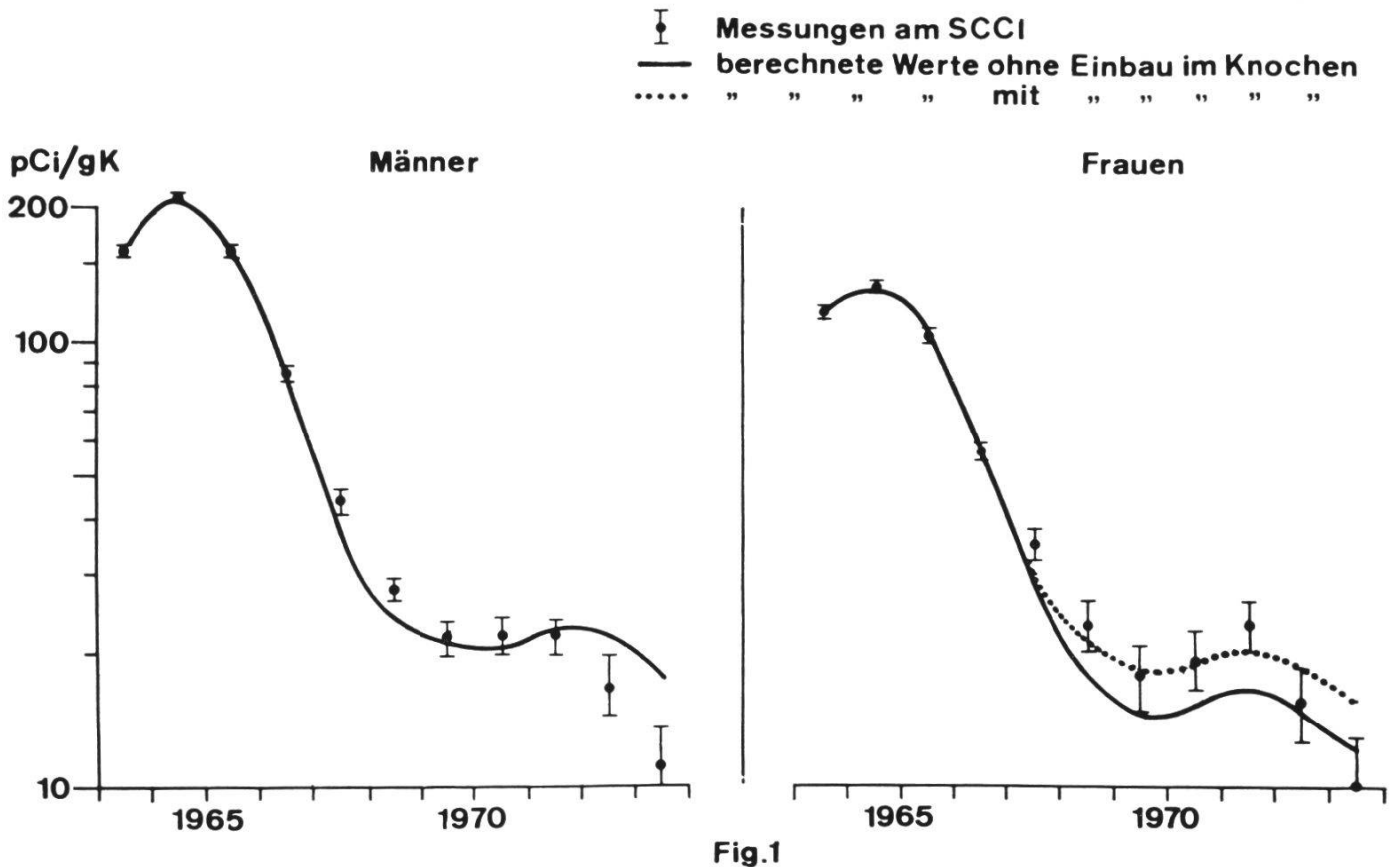


Fig.1

Die oben erwähnte Korrektur durch einen eventuellen Einbau von Cs-137 in die Knochen mit langer biologischer Halbwertszeit läßt sich folgendermaßen berücksichtigen:

Im Jahr $i-1$ betrage die Aktivität an Cs-137 in den Knochen (in pCi/g K des Gesamtkörpers) $A_{Kn,i-1} = \alpha_{Kn} \cdot Q_{i-1}$, wobei α_{Kn} den Bruchteil der langlebigen Komponente und Q_{i-1} einen Ausdruck, der die Gesamtkörper-Aktivität der früheren Jahre berücksichtigt, bedeutet. Im folgenden Jahr ist davon noch der Bruchteil $\eta = 0,964$ (effektive Halbwertszeit 18,9 Jahre nach GUSTAFSON und MILLER) vorhanden. Dazu kommt ein der Einnahme mit der Nahrung und damit der gemessenen Körperaktivität $A_{K,i}$ proportionaler Betrag, so daß

$$(3) \quad A_{Kn,i} = \alpha_{Kn} (\eta Q_{i-1} + A_{K,i}) = \alpha_{Kn} \cdot Q_i$$

Wenn also zu einem Zeitpunkt Q_i bekannt ist, lassen sich daraus und aus der Körperaktivität die späteren Q_{i+n} sukzessive berechnen und die korrigierte Körperbelastung wird zu

$$(4) \quad A_{K,i} = \alpha_i A_{M,i} + \alpha_{i-1} A_{M,i-1} + \alpha_{i-2} A_{M,i-2} + \alpha_{Kn} Q_i$$

Die Nuklearexplosionen bis 1959 führten dem Erdboden rund 1/3 der Aktivität derjenigen der Jahre 1961/63 zu. Damit läßt sich der Anfangswert $Q_{63/64}$ ($=A_{K,62/63} + \eta \cdot A_{K,61-62} + \eta^2 \cdot A_{K,60/61} + \dots$) zu 180 pCi Cs-137/gK für Männer und zu 120 pCi Cs-137/gK für Frauen abschätzen.

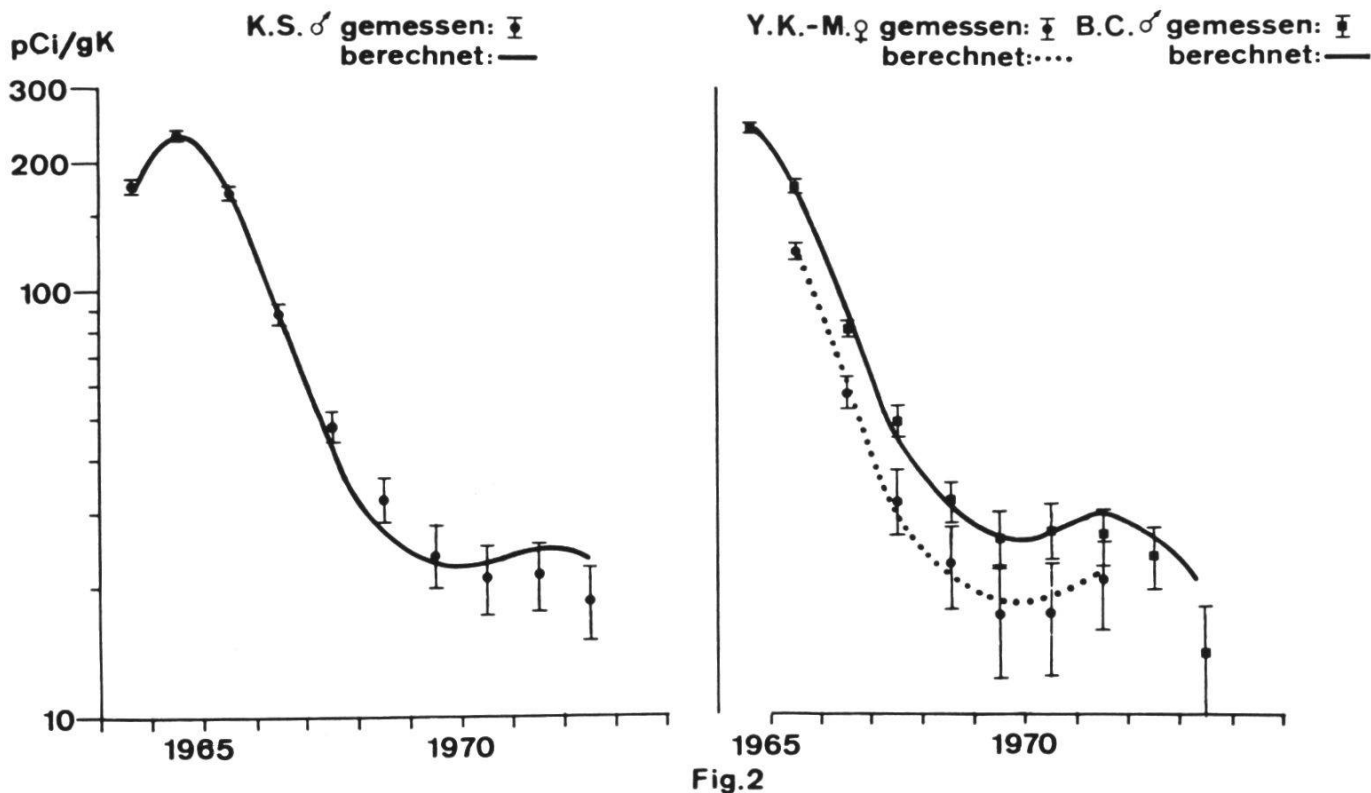
Die Bestimmung der α nach der Methode der kleinsten Quadrate führt zu:

	Männer	Frauen
α_i	0,951	0,844
α_{i-1}	0,918	0,389
α_{1-2}	0,497	0,376
α_{Kn}	$< 10^{-3} $	$8 \cdot 10^{-3}$

Während bei den Männern diese Korrektur keinen Einfluß hat, ergibt die Berechnung mit den neuen Parametern für die Frauen die in Figur 1 eingezeichnete punktierte Kurve.

In Figur 2 sind die gemessenen und die nach dem Modell (ohne Einbau in die Knochen) berechneten Cs-137-Gesamtkörper-Aktivitäten von Einzelpersonen des SCCI aufgetragen.

Cs -137 im menschlichen Körper, Einzelpersonen



4. Diskussion

Inwieweit das beschriebene Modell sinnvoll ist, hängt von folgenden Kriterien ab:

1. Übereinstimmung der berechneten mit den gemessenen Ganzkörper-Aktivitäten.
2. Erlauben die berechneten Werte der Parameter eine realistische Interpretation?
3. Wie generell läßt sich das Modell anwenden?

4.1. *Übereinstimmung.* Die Approximation der gemessenen Cs-137 Ganzkörper-Aktivitäten durch Bestimmung von nur 3 Parametern aus den gemessenen Cs-137-Werten der Milch über einen Aktivitätsbereich von einer Größenordnung ist speziell für Einzelpersonen erstaunlich gut, wie Figur 2 und die folgende Tabelle zeigen.

Tabelle 2

pCi Cs-137/gK in Einzelpersonen (Initialen)

Jahr	K.S. ♂			B.C. ♂			Y.K.-M. ♀		
	gem.	ber.	Abw.%	gem.	ber.	Abw.%	gem.	ber.	Abw.%
1963/64	176+6	176	0						
64/65	228+	226	-1	242+6	242	0			
65/66	171+6	174	+2	176+6	172	-2	126+6	125	-1
66/67	88+5	89	+1	81+5	86	+7	58+5	60	+3
67/68	48+4	40	-17	49+4	43	-13	32+5	29	-9
68/69	32+4	26	-19	32+4	30	-5	23+5	21	-6
69/70	24+4	23	-3	26+4	25	-3	17+5	18	+9
70/71	21+4	23	+7	27+4	27	-1	17+5	19	+11
71/72	22+4	25	+15	26+4	29	+13	20+5	21	+5
72/73	19+4	24	+27	23+4	26	+10			
73/74				14+4	20	+44			

Die Streuung der Gesamtkörper-Aktivität ist für 95% Vertrauensgrenze angegeben, dagegen kommt der statistische Fehler der Milchmessungen in den Kurven nicht zum Ausdruck. Er ist ungefähr gleich groß wie derjenige der Gesamtkörpermessung. Die absolute Abweichung beträgt maximal 8 pCi Cs-137/g K, liegt also knapp über der kombinierten 95%-Vertrauensgrenze. Die großen relativen Abwei-

chungen bei kleinen Aktivitätswerten sind auf die Ungenauigkeit der Messungen zurückzuführen. In Tab. 3 sind die gemessenen und die berechneten Ganzkörperaktivitäten der Gruppen miteinander verglichen. Bei den Frauen sind zusätzlich die Resultate mit Berücksichtigung eines Einbaus in den Knochen aufgeführt.

Tabelle 3

pCi Cs-137/gK im Gesamtkörper, Männer/Frauen

Jahr	Männer ♂			Frauen ♀				
	gem.	ber.	Abw.%	gem.	ohne Einbau ber.	Abw.%	mit Einbau ber.	Abw.%
1963/64	158+4	159	+1	118+4	121	+3	119	+1
64/65	206+4	203	-2	134+4	131	-2	131	-2
65/66	158+4	161	+2	104+4	108	+4	106	+2
66/67	85+4	83	-2	57+3	58	+2	58	+2
67/68	44+3	38	-13	35+3	28	-20	30	-14
68/69	28+2	24	-13	23+3	18	-23	21	-9
69/70	22+2	21	-3	18+3	14	-19	18	+2
70/71	22+2	21	-6	19+3	15	-21	19	-3
71/72	22+2	22	+4	23+3	16	-30	20	-13
72/73	17+2	22	+32	16+3	15	-5	19	+19
73/74	11+2	18	+58	10+3	12	+22	16	+61

Auch für die Gruppen treten die größten relativen Diskrepanzen zwischen gemessenen und berechneten Werten am Ende der Meßperiode auf. Die angegebenen Fehlergrenzen sind aufgrund der größeren Statistik kleiner als bei den Einzelpersonen. Während für die Männer das Ergebnis zu befriedigen vermag und ein Term des Einbaus in die Knochen so klein wird, daß er die Berechnungen nicht ändert, ergeben sich bei den Frauen für die Jahre 1967–72 bei der Berechnung systematisch zu kleine Werte. Dies ist auf den relativ starken Wechsel der gemessenen Personen zurückzuführen, welcher bei einer so kleinen Gruppe bedeutende Auswirkungen haben kann. Bei der Frauengruppe ändert (in diesem Fall verbessert) die Einführung eines Einbauterms die Übereinstimmung mit den gemessenen Werten erheblich, wie aus Figur 1 ersichtlich ist.

Die starke Änderung der berechneten Körperaktivitäten bei Einführung eines kleinen α_{Kn} (0,008 gegenüber den übrigen α der Größe

0,3 bis 0,8) zeigt, daß, falls überhaupt, sicher nur ein kleiner Teil des aufgenommenen Cs-137 mit langer Halbwertszeit in die Knochen eingebaut wird. Selbst unter den vorliegenden ungünstigen Bedingungen einer Statistik mit wenigen, dazu noch wechselnden Elementen würde ein α_{Kn} von wenigen Prozent zu einer schlechteren Übereinstimmung mit den gemessenen Werten führen als die 3-Komponenten-Hypothese.

4.2. *Interpretation der Parameter.* Der K-Gehalt beträgt im Körper von Männern rund 150 g, in demjenigen von Frauen rund 100 g und im Liter Milch 1,6 g. Nach den Annahmen des Modells läßt sich damit die gesamte Cs-137-Aktivität im Körper angeben zu:

$$(5a) \quad G_{K,i} = 150 \cdot A_{K,i} = \frac{150}{1,6} \cdot \sum_{n=0}^2 (\alpha_{i-n} \cdot G_{M,i-n}) \text{ in pCi Cs-137 im männlichen Körper,}$$

$$(5b) \quad G_{K,i} = 100 \cdot A_{K,i} = \frac{100}{1,6} \cdot \sum_{n=0}^2 (\alpha_{i-n} \cdot G_{M,i-n}) \text{ in pCi Cs-137 im weiblichen Körper.}$$

Das Verhältnis $\alpha_i : \alpha_{i-1} : \alpha_{i-2}$ hängt von der Zusammensetzung der Nahrung ab; $\frac{150}{1,6}$ resp. $\frac{100}{1,6}$ mal die Summe $\alpha_i + \alpha_{i-1} + \alpha_{i-2}$ ergäbe bei gleichbleibender Kontamination die Anzahl Liter Milch, welche den gleichen Cs-137-Gehalt aufweist wie der menschliche Körper. Dieser Wert wird für Männer rund 220 und für Frauen rund 100 Liter Milch. Der überraschend große Unterschied ergibt sich direkt aus den Messungen und ist also unabhängig vom Modell; er ist auf den Metabolismus zurückzuführen.

Die International Commission on Radiological Protection (ICRP) geht von einem «Normalmenschen» aus, der (für jedes Organ und auch für den Gesamtkörper) durch die Formel $\frac{\sigma + \varphi}{2}$ ausgedrückt werden kann. Wenn man die α für einen Normalmenschen nach Gleichung (1) bestimmt, ergeben sich diese zu

$$\alpha_i = 0,91 \qquad \alpha_{i-1} = 0,64 \qquad \alpha_{i-2} = 0,47.$$

Der Cs-137-Gehalt des Normalmenschen, entsprechend demjenigen von 160 l Milch, kann mit den Angaben der ICRP verglichen werden. Nach den statistischen Erhebungen beträgt der mittlere tägliche

Milchkonsum in der Schweiz 0,5 Liter pro Person. Da rund 1/3 des Cs-137 mit der Milch aufgenommen wird, entspricht die tägliche Einnahme dem Cs-137-Gehalt von 1,5 Liter Milch. Im Körper des Normalmenschen befindet sich also die gleiche Cs-137-Aktivität wie in der Nahrung von etwas über 100 Tagen. Bei einem exponentiellen Abbau der Aktivität bedeutet dies eine biologische Halbwertszeit von 70 Tagen im menschlichen Körper, in Übereinstimmung mit der Angabe der ICRP. Diese rohe Abschätzung zeigt, daß das angewendete Modell einer realistischen Interpretation zu genügen vermag.

Spaltet man die α -Werte des Normalmenschen durch Multiplikation mit den Faktoren

$$\frac{2\Sigma A_{K,i}^{\sigma}}{\Sigma A_{K,i}^{\sigma} + \Sigma A_{K,i}^{\varphi}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{2\Sigma A_{K,i}^{\varphi}}{\Sigma A_{K,i}^{\sigma} + \Sigma A_{K,i}^{\varphi}}$$

in solche für Männer und Frauen auf, d. h. nimmt man für beide Geschlechter einen einheitlichen Kurvenverlauf an, so werden die entsprechenden α :

Männer σ :	$\alpha_i = 1,08$	$\alpha_{i-1} = 0,75$	$\alpha_{i-2} = 0,55$
Frauen φ :	$\alpha_i = 0,75$	$\alpha_{i-1} = 0,53$	$\alpha_{i-2} = 0,39.$

Die mit diesen Werten berechneten Körperaktivitäten weichen nur wenig von den früher berechneten ab. Die Unterschiede treten hauptsächlich in den Jahren hoher Körperaktivitäten auf, ergeben aber auch dort im Maximum nur 7% Abweichungen gegenüber den gemessenen Werten.

4.3. *Anwendbarkeit des Modells.* Das Modell zeigt bei seiner Anwendung auf Einzelpersonen eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Cs-137-Körperaktivitäten.

Für eine allgemeine Anwendung hat sich die getrennte Behandlung der Männer und Frauen als günstig erwiesen. Generell zeigt sich, daß bei erhöhtem Cs-137-Gehalt der Nahrung die Werte für Männer auch bei Berücksichtigung des Körpergewichts wesentlich höher, diejenigen der Frauen wesentlich tiefer liegen als beim «Normalmenschen».

Die Abweichungen der einzelnen Individuen vom Mittel ihrer Gruppe liegen in der Größenordnung bis zu 20 %, falls man sich auf das Verhältnis pCi Cs-137/g K stützt, welches gegenüber dem absoluten Körpergehalt zu einer Nivellierung führt. Dabei ist zu bemerken, daß die vorliegenden Messungen auf einer zu kleinen Anzahl von Einzelindividuen, die zudem alle aus städtischen Verhältnissen stammen, beruhen, als daß die Ergebnisse numerisch landesweit mehr als einen Richtwert bieten könnten. In diesem Sinn dürften sie jedoch bei einem allfälligen Wiederanstieg der Cs-137-Aktivität zur Abschätzung der zu erwartenden Körperaktivitäten und damit der Gesamtkörperdosen von Cs-137 im laufenden und den folgenden Jahren aus Messungen der Milchaktivität verwendet werden.

Die Anhaltspunkte für einen langfristigen Einbau von Cs-137 in den Knochen sind zu unsicher, als daß ihnen ein größeres Gewicht zugeschrieben werden könnte. Insbesondere die Gesamtkörper-Meßresultate der beiden letzten Jahre der Untersuchungsperiode deuten im Gegenteil darauf hin, daß ein solcher Einbau nicht stattfindet.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das hier beschriebene Modell zur Bestimmung der Cs-137-Aktivität im menschlichen Körper aus derjenigen der Milch des laufenden und der beiden vorhergehenden Jahre bei Gesamtkörperaktivitäten von rund 1000 bis 30 000 pCi Cs-137 zu übereinstimmenden Ergebnissen mit den gemessenen Werten führt.

Zusammenfassung

Aufgrund von Gammamessungen im Labor Fribourg der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität und im Ganzkörperzähler des Service Cantonal de Contrôle des Irradiations in Genf wird ein Modell entwickelt, welches den Cs-137-Gehalt im menschlichen Körper aus demjenigen in der Milch zu berechnen gestattet.

Résumé

Un modèle est développé, qui permet de calculer l'activité du Cs-137 dans le corps humain par rapport à celle du lait. Les calculs sont basés sur des mesures de rayonnement gamma effectuées au laboratoire de la Commission Fédérale de Surveillance de la Radioactivité à Fribourg et au Service Cantonal des Irradiations à Genève.

Summary

On the basis of gamma measurements at the laboratory Fribourg of the Swiss Federal Commission of Surveillance of the Radioactivity and at the Service Cantonal de Contrôle des Irradiations in Geneva, a model is developed, that allows to calculate the Cs-137-content in the human body from that in milk.

Literatur

AARKROG, A.: Prediction models for strontium-90 and caesium-137 levels in the human food chain. *Health Physics* 20, 297–311 (1971).

BENNETT, B. G.: Strontium-90 in human bone. *HASL-Bericht* 257, I, 51–70 (1972).

GUSTAFSON, P. F., and MILLER, J. E.: The significance of Cs-137 in man and his diet. *Health Physics* 16, 167–183 (1969).