

- HANDLER, P., and J. R. KLEIN: J. biol. Chem. **143**, 49 (1942).
 HOFFMANN-OSTENHOF, O.: Enzymologie. Wien: Springer 1954.
 HOLZER, A., A. GOLDSCHMIDT, W. LAMPRECHT u. E. HELMREICH: Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. **297**, 1 (1954).
 JEDEKIN, W. H., and S. WEINHOUSE: J. biol. Chem. **213**, 271 (1955).
 KORNBERG, A.: J. biol. Chem. **176**, 665, 1475 (1948).
 —, and JR. PRICER: J. biol. Chem. **182**, 763 (1950); **186**, 587 (1950).
 MANN, P. J. G., and J. H. QUASTEL: Biochem. J. **35**, 502 (1941).
 SCHMIDT, O., B. FORSTER u. G. SCHULZ: Untersuchungen über die Anteile der Eigen- und Fremdfermente am postmortalen Eiweißzerfall. (Erscheint demnächst in dieser Z.)
 WARBURG, O., u. W. CHRISTIAN: Biochem. Z. **314**, 399 (1943).

Dr. B. FORSTER und Dr. G. SCHULZ, Göttingen, Geiststr. 7
 Institut für gerichtliche Medizin der Universität

O. PRIBILLA (Kiel): Der gegenwärtige Stand der ^{90}Sr -Kontamination des menschlichen Organismus. (Mit 7 Textabbildungen.)

Die in den letzten Jahren auch in der Bundesrepublik angelaufenen Untersuchungen über die Kontamination der Nahrungsmittel mit radioaktiven Spaltprodukten dienen

letztlich dazu, das biologische Risiko für den Menschen abzuschätzen, das durch die Einführung zahlreicher Radionuklide in seiner Umwelt entstanden ist. Während man sich zunächst mit der Bestimmung der Gesamt- β -Aktivität begnügen konnte, mußte man sich, da die erlaubte Höchstdosen für die Tageszufuhr an Gesamtradioaktivität teilweise bereits überschritten wurden, dem biologisch relevantesten Radionuklid des Fallouts, dem $^{90}\text{Strontium}$ zuwenden. Es ist ein β -Strahler mit einer Halbwertszeit von 28 Jahren und wandert biologisch mit dem Calcium. Sein Auftreten in der Milch der Bundesrepublik in Abhängigkeit von der Gesamtradioaktivität der Niederschläge läßt sich aus dem ersten

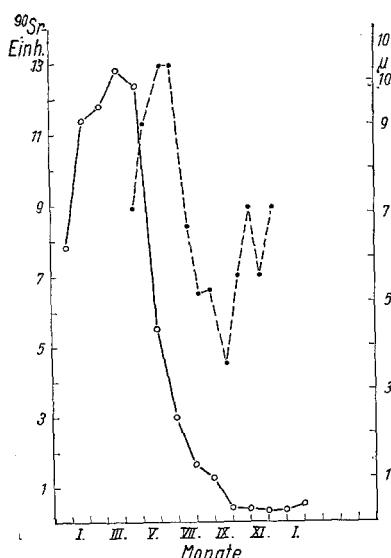


Abb. 1. ○—○ Spezifische β -Aktivität der Niederschläge aus atomtechnischen Versuchen (Monatsmittel von 10 bzw. 15 Meßstellen des DWD). ●—● ^{90}Sr -Gehalt der Milch (Bundesdurchschnitt 1959)

Bild erkennen. Hieraus wird ohne weiteres die große Bedeutung der Niederschläge für das Auftauchen des $^{90}\text{Strontium}$ in Milch ersichtlich. Ebenso

läßt sich entnehmen, daß 1959 die Fallout-Menge deutlich abgenommen hat. Dies ist nicht zuletzt auf den trockenen Sommer zurückzuführen.

Eine Abschätzung der gesamten, mit der Nahrung des Menschen bei uns zugeführten ⁹⁰Strontium-Menge läßt sich einmal durch Addition der bestimmten Einzelwerte der verschiedenen Nahrungsbestandteile und zum anderen nach repräsentativem Verfahren gewinnen. So wurden zusammen mit MERTEN im Jahre 1959 in den Monaten Juni und Juli die jeweiligen Tagesportionen von Nicht-Diätpatienten eines städtischen Krankenhauses im eßfertigen Zustand untersucht. Sie sehen (Abb. 2), daß, wahrscheinlich zusammenhängend mit dem unterschiedlichen Milchanteil der Gesamtportionen — die Milch liefert bei uns 87%

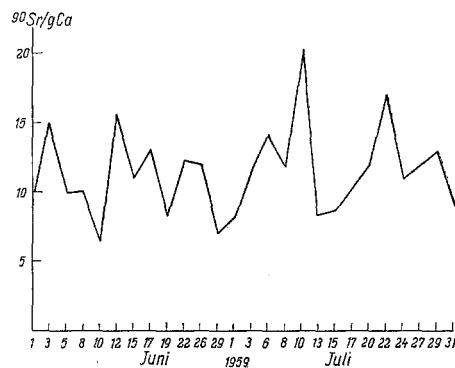


Abb. 2. Der ⁹⁰Sr-Gehalt der „Normalkost“

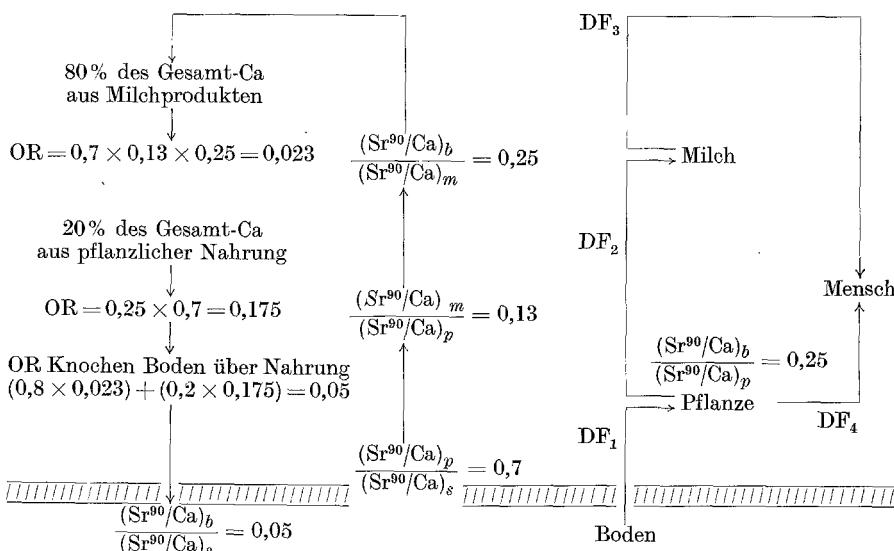


Abb. 3

des Gesamtnahrungscalcium —, die ⁹⁰Strontiumzufuhr außerordentlich großen Schwankungen unterworfen war. Während der Mittelwert dieser Normalkost bei 11 Strontiumeinheiten (pC⁹⁰Sr/g Ca) lag, haben wir Grenzwerte von etwa 8—17 beobachtet. Nach dem additiven Verfahren

würde sich zur Zeit bei uns eine Konzentration von 13 pC⁹⁰Sr pro Gramm zugeführtem Calcium ergeben. Diese Menge befindet sich in guter Übereinstimmung mit Angaben von KULP, der für Amerika ein Ansteigen der ⁹⁰Strontium-Zufuhr-Werte von 2 Einheiten im Jahre 1954 auf 15 im Jahre 1959 mitteilte. In Abb. 3 sind nach BRYANT die einzelnen Wege dargestellt, auf denen das ⁹⁰Strontium in den menschlichen

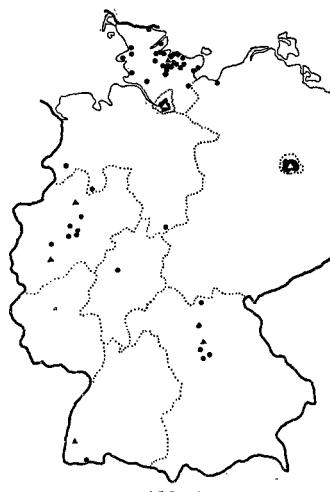


Abb. 4

Organismus, vor allem den Knochen, gelangt. Jeder dieser Schritte, also z. B. von der Pflanze über die Milch zum Menschen, ist mit einem gewissen Verlust verbunden, dessen Größe ausgedrückt wird als Quotient ⁹⁰Strontium zum Calcium. Dies ist der jeweils experimentell und empirisch zu bestimmende Diskriminierungsfaktor. Für Deutschland liegt dieser Wert für die Gesamtnahrung bzw. vom Boden über die Nahrung zum Knochen bei etwa 0,063, d. h. 6,3 % des im Fallout vorhandenen ⁹⁰Strontium gelangen in den Knochen.

Um nun für unsere Situation eine Beziehung herstellen zu können zwischen der Höhe der ⁹⁰Strontium-Zufuhr mit der Nahrung und den effektiv im Organismus erreichten Konzentrationen haben wir seit 1958 menschliche Knochen-

Altersgruppen	1958				1959				1960			
	Proben-anzahl	Min-imum	Maxi-mum	Mittel-wert	Proben-anzahl	Min-imum	Maxi-mum	Mittel-wert	Proben-anzahl	Min-imum	Maxi-mum	Mittel-wert
Totgebürtten .	13	0,4	2,05	1,07	14	0,39	5,28	1,56	22	0,58	2,7	1,28
0-5 Jahre .	7	0,58	2,0	1,41	24	0,9	4,3	1,92	13	1,1	3,22	2,11
5-20 Jahre .	3	0,2	0,9	0,5	19	0,28	1,39	0,83	16	0,33	1,88	0,94
Über 20 Jahre	20	0,1	0,25	0,14	29	0,02	0,55	0,18	2	0,13	0,21	0,17
												1,39

Abb. 5. ⁹⁰Str-Gehalt in menschlichen Knochen

proben untersucht. Als Untersuchungsmaterial diente dabei Tibia, bei den Totgeburten bzw. jüngeren Neugeborenen wurden die gesamten langen Röhrenknochen aufgearbeitet. Auf Abb. 4 ist die Herkunft unseres Untersuchungsmaterials vermerkt. Seit 1959 haben uns, wofür ich den Beteiligten besonders danken möchte, das Pathologische Institut in Berlin-Moabit, die Gerichtsmedizinischen Institute in Berlin, Hamburg, Münster, Köln, Freiburg und Erlangen durch Übersendung von Material unterstützt. Wir konnten so bis jetzt insgesamt 166 Knochenproben untersuchen. Die Ergebnisse nach den einzelnen Jahren und Altersgruppen geordnet, sind aus Abb. 5 ersichtlich. Wir fanden bei 43 1959 untersuchten Proben bei 13 Totgeburten einen Mittelwert von 1,07 pC $^{90}\text{Strontium}$ pro Gramm Calcium, bei 7 Null- bis Fünfjährigen 1,41, bei 3 Fünf- bis Zwanzigjährigen 0,50 und bei 20 über Zwanzigjährigen einen Wert von 0,14. In der zweiten und dritten Spalte sind jeweils die geringsten und höchsten bestimmten Konzentrationen angegeben. Demgegenüber haben wir bei 86 im Jahre 1959 untersuchten Proben einen deutlichen Anstieg feststellen können. Die Totgeburten stiegen im Mittelwert auf 1,56, die 0—5 Jahre alten auf 1,92 und die Fünf- bis Zwanzigjährigen auf 0,83 an. Bei den Erwachsenen sahen wir keinen Anstieg. Auch bei den im Jahre 1960 bis 15. 11. analysierten 53 Proben konnten wir in der Altersklasse 0—5 Jahre einen weiteren Anstieg feststellen. Wenn man die Altersjahrgänge Totgeburten bis 20 Jahre mittelt, so ergibt sich ein Anstieg von 1,10 auf 1,47 pC/g Ca. In Abb. 6 lässt sich dieser Anstieg der Mittelwerte gut erkennen.

Trägt man nun die 1958 und 1959 gemessenen 129 Werte getrennt nach Altersjahrgängen auf, so ergibt sich (Abb. 7) eine charakteristische Kurve. Bei den 27 Totgeburten findet sich ein Durchschnittswert 1,3 pC/g Ca. Dieser steigt bei den zwei- bis vierjährigen auf 2,0 an, um dann abzufallen. Der Abfall des $^{90}\text{Strontium}$ -Gehaltes des Knochens mit dem Alter ist aber kein kontinuierlicher. Die Form der Kurve ist abhängig einmal von dem Diskriminierungsfaktor des $^{90}\text{Strontium}$ von der Ernährung zum Knochen. Dieser ist, wie gesagt, in etwa bekannt. Weiterhin lässt sich aus dem steilen Anstieg in den ersten Lebensjahren die Calciumapposition des Gesamtskelets erkennen. Während der

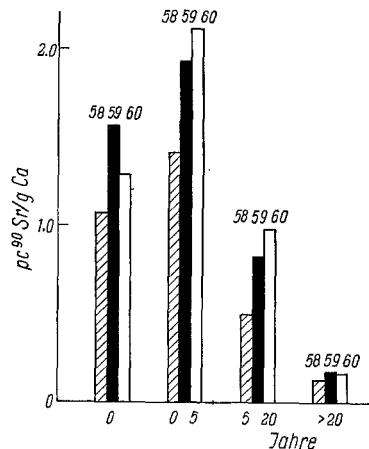


Abb. 6. ^{90}Sr -Mittelwerte von menschlichen Knochen (1958—1960)

Neugeborene 30 g Calcium im Skelet mitbringt, erreicht die Calcium-Wachstumsrate des Skelets im ersten Jahr ihren Höhepunkt. Der Calciumgehalt steigt auf 100 g an und damit der ^{90}Sr -Strontiumwert. Dann fällt das Inkrement des Calciums auf einen niedrigeren Wert zwischen 4—6 Jahren ab. Ein zweiter Gipfel zeigt sich als Ausdruck eines relativ vermehrten Anbaus in der Pubertät. Anschließend ist dann der Abfall zu einem konstanten Wert des Erwachsenen zu erkennen. Beim Erwachsenen beträgt der geschätzte Calciumstoffwechsel des Gesamtskelets pro Jahr etwa nur noch 2 %. Entsprechend liegen die in die Knochenstruktur eingebauten Strontiummengen niedriger, da die Erwachsenen den größten

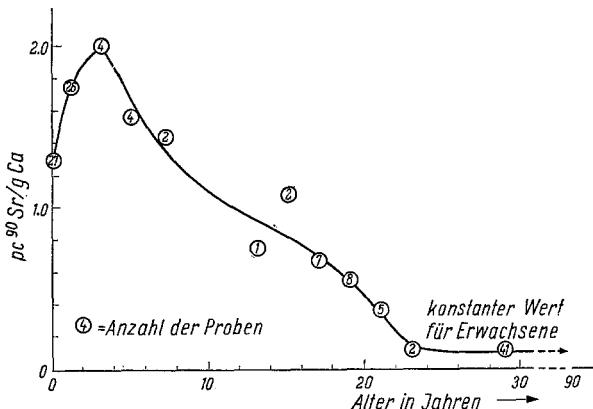


Abb. 7. ^{90}Sr -Gehalt in menschlichen Knochen

Teil ihres Skeletknochens in einer Zeit gebildet haben, in der nennenswerte ^{90}Sr -Mengen in der Nahrung noch nicht vorhanden waren. Die vorliegende Kurve ist in ihrer Form weitgehend ähnlich der von J. L. KULP u. Mitarb. theoretisch vorausberechneten. Nur scheint in der Bundesrepublik nach den bisherigen Ergebnissen der Kurvengipfel zeitlich etwas verzögert aufzutreten.

Besonders wichtig für die Abschätzung des in Zukunft entstehenden biologischen Risikos bzw. der in den nächsten Jahren zu erwartenden ^{90}Sr -Strontiumkontamination des Organismus sind die Werte der Totgeburten. In der Gravidität nimmt der Fetus Calcium und damit ^{90}Sr lediglich im Verhältnis zu dem im Gewebsplasma der Mutter vorhandenen freien Calcium auf. Erst bei einer völligen Calciumverarmung des Plasmas wird das Depot im Skelet angegriffen. Dies fanden wir bestätigt bei der Untersuchung zweier Graviden, bei denen wir den ^{90}Sr -Strontiumgehalt des mütterlichen und des fetalen Knochens bestimmen konnten. Es handelte sich um Frauen im Alter von 23 bzw. 26 Jahren, Mens VI bzw. VII. Bei ihnen betrug der Gehalt des mütterlichen Knochens 0,2 Einheiten, während sich in den fetalen Knochen 0,6

befanden. Wegen dieser besonderen Stoffwechselverhältnisse in der Gravität ist der ⁹⁰Strontiumgehalt des Totgeborenen ein direkter Ausdruck für die ⁹⁰Strontiumaufnahme mit der Ernährung durch die Mutter. Der Diskriminierungsfaktor von der mütterlichen Ernährung zum Fetus ist bedingt einmal durch den Diskriminierungsfaktor von der Nahrung über die Darmwand und dann vom mütterlichen Blut- bzw. Gewebsplasma über die Placenta zum Feten. Er beträgt nach experimentellen Untersuchungen am Kalb und an der Ratte nach Äußerungen von KULP etwa 8:1. Betrachten wir unsere 1958 und 1959 bestimmten Knochenwerte der Totgeborenen mit 1,3 Einheiten und multiplizieren wir sie mit 8, so kommt man ziemlich genau auf die bei uns in der Nahrung bestimmten ⁹⁰Strontiumgehalte.

Daß die Kurve dann einen steilen Anstieg aufweist, hängt damit zusammen, daß im ersten Jahr eine Umstellung des kindlichen Organismus auf eine ⁹⁰Strontium reichere Ernährung erfolgt. Bei den älteren Jahrgängen macht sich dann bemerkbar, daß erst seit 1954 nennenswerte ⁹⁰Strontiummengen mit dem Fallout in die Nahrung gelangt sind. Außerdem haben sie ja einen großen Teil ihres Skeletcalciums in einer Zeit ⁹⁰strontiumfreier Nahrung eingebaut.

Betrachten wir nun die Höhe der erreichten ⁹⁰Strontiumwerte bei den jugendlichen Individuen, die rund acht- bis zehnfach höher als die der Erwachsenen liegen, so läßt sich erkennen, daß wir gegenüber der bisher noch gültigen, maximal zulässigen Konzentration von 100 Einheiten für den Knochen bereits Durchschnittswerte von $1/_{50}$ erreicht haben. Bei Einzelwerten haben wir aber bereits $1/_{20}$ auffinden können. Dabei wird voraussichtlich die maximal zulässige Konzentration für den Knochen für jugendliche Individuen demnächst eine Herabsetzung auf etwa 10 erfahren, so daß wir dann schon $1/_{5}$ dessen, was als erlaubter Höchstwert angegeben wird, erreicht hätten. Wir liegen z. Z. dabei noch unter den in anderen Ländern erreichten Konzentrationen!

Wir haben zur Prüfung der Frage, ob nicht außer der Ablagerung im Knochen ein erfaßbarer ⁹⁰Strontiumgehalt auch in die übrigen Gewebe des Organismus gelangt, weiterhin eine größere Menge von Hodenmaterial untersucht. In den Jahren Ende 1958 — Mitte 1960 wurden insgesamt 6118 g Hodengewebe in einzelnen Portionen aufgearbeitet. Wir konnten darin einen Durchschnittswert von 9,39 pC ⁹⁰Sr/g Ca auffinden. Er zeigt, daß auch in genetischer Hinsicht auf die Dauer mit einer zusätzlichen Strahlenbelastung zu rechnen sein dürfte.

Zum Schluß sei die Bitte ausgesprochen, die Fortsetzung der Arbeit durch Überlassung von Knochenproben vor allem aus dem süddeutschen Raum zu ermöglichen, um eine möglichst gute Übersicht über den Kontaminationsgrad des Knochens in der Bevölkerung der Bundesrepublik zu ermöglichen.

Literatur

- BRYANT, F. J., A. C. CHAMBERLAIN, A. MORGAN, G. S. SPICER: AERE HP/R 2056.
 HARRISON, G. E.: Nature (Lond.) **182**, 792 (1958).
 KULP, J. L., A. R. SCHULERT and E. J. HODGES: Strontium 90 in man. IV. Science **132**, 448—454 (1960).
 MERTEN, D., u. E. KNOOP: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Bericht II/60 des BMAt X.
 —, u. O. PRIBILLA: Die Kontamination durch Radiostrontium. Dtsch. med. Wschr. **85**, 1449—1456 (1960).

Priv.-Doz. Dr. med. Dipl.-Chem. O. PRIBILLA, Kiel, Hospitalstr. 42

A. BERNT, CH. KERDE und O. PROKOP (Berlin): Zur Frage der Verwertbarkeit von Cyanidbefunden im Leichenmaterial.

Im Rahmen der Routineuntersuchungen an unserem Institut sind Fälle zur Beobachtung gekommen, die die grundsätzliche Frage nach dem Beweiswert von Cyanidbefunden im Leichenmaterial aufwerfen.

Ausgangspunkt waren zwei besondere Fälle: Anläßlich einer Leichenöffnung wurde von den Obduzenten an unserem Institut auf Grund der suspekten Vorgeschichte in Verbindung mit dem fast negativen Leichenöffnungsbefund der allgemeine Verdacht einer Vergiftung vorsichtig geäußert. Es handelte sich um eine 29 Jahre alte Frau. Spezifische Zeichen einer Cyanwasserstoffvergiftung wurden durch die Leichenöffnung nicht festgestellt. Die Totenflecke waren unauffällig, was jedoch eine Cyanidvergiftung nicht ausschließt. Schleimhautblutungen im Magen waren vorhanden; es bestand Status menstruationis. Die Obduktion fand 2 Tage nach dem Ableben statt.

Alle zunächst durchgeführten üblichen chemischen Untersuchungen hatten ein negatives Ergebnis. Schließlich wurde — trotz Fehlens spezifischer Hinweise — auf Cyanwasserstoff untersucht. Inzwischen waren 6 Tage seit der Leichenöffnung vergangen. Während in den Organen und im Gehirn sich keine Spuren von Cyaniden nachweisen ließen, konnte im Mageninhalt und im Blut eine Cyanidkonzentration von jeweils 500 µg-% gefunden werden. Das von uns erstattete Gutachten bezeichnete die im Blut und Mageninhalt festgestellte Cyanidmenge bei einer perakut wirkenden Vergiftung als toxisch. Ein von dritter Seite erstattetes Zusatzgutachten hielt eine Cyanidvergiftung für sehr fragwürdig, weil unter anderem die Totenflecke keine charakteristische Färbung zeigten und in den Organteilen kein positiver Befund zu erheben war. Im Hinblick auf die späteren Versuche muß erwähnt werden, daß sich das Untersuchungsmaterial von der Leichenöffnung an bis zum Tag der chemischen Untersuchung im gekühlten Asservatenraum befand.