

# Quecksilbergehalte von Lebensmitteln des deutschen Marktes

R. Schelenz und J. F. Diehl

Mitteilung aus dem Institut für Strahlentechnologie der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelrisikohaltung, Karlsruhe (BRD)\*

Eingegangen am 29. Januar 1973

## Mercury Content of Foods from the German Market

*Summary.* A method for the determination of mercury in biological material by neutron activation, involving distillation and isotopic exchange, is briefly described. The detection limit of this method is  $10^{-10}$  g Hg. Nearly 150 non-fish food samples altogether had an average mercury concentration of 0.01 mg/kg with extreme values of 0.001—0.149 mg/kg. Data are also presented for canned tuna and for several species of freshwater fish. Based on these values and on the average food consumption in the German Federal Republic the average total uptake of mercury from foodstuffs — beverages excluded — is estimated to be 53  $\mu$ g per week. This value is far below the amount of 300  $\mu$ g of mercury regarded by the World Health Organization (WHO) and the Food and Agriculture Organization (FAO) as the "acceptable weekly dose".

*Zusammenfassung.* Eine Methode zur neutronenaktivierungsanalytischen Hg-Bestimmung in biologischem Material durch Destillation und Isotopenaustausch wird kurz beschrieben. Die Nachweisgrenze der Methode liegt bei  $10^{-10}$  g Hg. Etwa 150 untersuchte Lebensmittel (Fisch ausgenommen) hatten einen mittleren Hg-Gehalt von 0,01 mg/kg mit Extremwerten von 0,001—0,149 mg/kg. Auch an Dorsenfisch und mehreren Arten von Süßwasserfisch wurden Hg-Analysen durchgeführt.

Aus diesen Werten und aus dem mittleren Nahrungsmittelverbrauch der Bevölkerung der BRD wurde eine mittlere Hg-Gesamtaufnahme des Menschen durch die Nahrung — ohne Getränke — ermittelt; sie beträgt etwa 53  $\mu$ g pro Woche. Dieser Wert liegt weit unter der von der World Health Organization (WHO) und der Food and Agriculture Organization (FAO) als „annehmbare Wochendosis“ angesehenen Menge von 300  $\mu$ g Gesamt-Hg.

### Einleitung

Die Anfang 1970 bekannt gewordenen Berichte über hohe Hg-Gehalte von Thunfisch und anderen Fischarten haben weltweit Aufmerksamkeit gefunden. Insbesondere war der Hg-Gehalt von solchen Fischen hoch, die in durch Industrieabwässer belasteten Binnenseen in Schweden, den Vereinigten Staaten und Kanada gefangen wurden. Da eine Autorengruppe auch in sonstigen Lebensmitteln kanadischer Herkunft überraschend hohe Hg-Konzentrationen gefunden hatte [1], wurde eine zunehmende Verseuchung der Lebensmittel durch Hg befürchtet. So wurden auch in der BRD — aus methodischen Gründen hauptsächlich an Fisch — Hg-Analysen durchgeführt.

Zur Beurteilung einer möglichen Gefährdung des Menschen durch Hg ist es erforderlich, die Hg-Gehalte möglichst vieler Einzellbensmittel zu kennen. Von der World Health Organization (WHO) und der Food and Agriculture Organization (FAO) wird gegenwärtig die Nahrungsbedingte Zufuhr von 0,3 mg Gesamt-Hg und davon 0,2 mg Methyl-Hg pro Woche und Person als „annehmbare Wochendosis“ angesehen. Um die Gesamtquecksilberaufnahme durch die Nahrung berechnen zu können, müssen Analysen insbesondere an den Grundnahrungsmitteln durchgeführt werden. Lebensmittel wie Kartoffeln, Mehl, Fleisch, Obst und Gemüse enthalten zwar weniger Hg als Fisch, werden jedoch in größerer Menge verzehrt und leisten zur Gesamtquecksilberaufnahme einen wesentlichen Beitrag. Wir haben in den letzten Jahren mit Hilfe der sehr empfindlichen und genauen Neutronenaktivierungsanalyse derartige Untersuchungen in großer Zahl durchgeführt, wober schon teilweise berichtet wurde [2, 3].

### Beschreibung der Versuche

Die Methode zur Hg-Bestimmung in biologischem Material mit Hilfe der Neutronenaktivierung wurde bereits an anderer Stelle ausführlich beschrieben und dort auch über kinetische Untersuchungen des Hg-Isotopenaustausches berichtet [4]. Sie besteht aus folgenden stichwortartig zusammengefaßten Schritten:

Einwiegen der Analyseproben (maximal 200 mg) und der Hg-Standardproben in Quarzampullen. Abgeschmolzene Ampullen bei einem Neutronenfluß von  $3 \times 10^{13}$  ncm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> 3 Tage im Reaktor bestrahlen. Nach 3 tägigem Abklingen der hohen Matrixaktivität (<sup>24</sup>Na, <sup>42</sup>K, <sup>32</sup>P und <sup>82</sup>Br) die Proben unter Zugabe von nicht radioaktivem Hg-Träger mit einem Oxidationsgemisch von

\* Frau E. Haller, Frau C. Kilgus, Fräulein R. Knorr und Fräulein U. Turck sowie Herrn K. Ansperger, danken wir für die geschickte und sorgfältige experimentelle Arbeit.

konz. Salpetersäure und konz. Schwefelsäure erhitzen und naß veraschen [5]. In die Destillationsapparatur [6] Perchlorsäure und Glycin geben. Bei 120° C Entwicklung von Chlorwasserstoff, der aus Quecksilber abdestillierendes  $\text{HgCl}_2$  bildet. Im verdünnten Destillat Quecksilber auf einem amalgamierten Kupferplättchen abscheiden [4, 7]. Nach 2—3 Std Kupferplättchen herausnehmen, abspülen, trocknen, in Plastikfolie einschweißen und die Radioaktivität des  $^{197}\text{Hg}$  oder des  $^{203}\text{Hg}$  gammaspektrometrisch bestimmen. Meßgeräte: Ge(Li)-Halbleiterdetektor (Ortec) in Verbindung mit einem Vielkanal-Impulshöhenanalysator (TMC, Modell 400 D). Hg-Menge in der Probe durch Vergleich der Impulsraten der Probe und des unter identischen Bedingungen aufgearbeiteten Standards bestimmen. Datenauswertung: Programmgesteuert mit einem Kleinrechner (Hewlett-Packard, Modell 9100 B) über automatische Berechnung der Peakfläche und Ausdruck des Hg-Gehaltes der Probe in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Frischgewicht. Nachweisgrenze bei einer 100 mg-Probe:  $10^{-10}$  g Hg. Abweichungen vom Mittelwert der gefundenen Hg-Werte: 20—30% bei 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 5—10% bei  $>100$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

### Ergebnisse und Diskussion

Die in den einzelnen Lebensmitteln und anderen biologischen Materialien gefundenen Quecksilberkonzentrationen sind in Tab. 1 wiedergegeben. Die Untersuchungen an Wildgeflügel (Fasan, Rebhuhn) wurden durchgeführt, da diese Tiere möglicherweise mit Hg-haltigen Pesticiden gebeiztes Saatgut gefressen haben könnten. Die Hg-Konzentration in Schweineleber lag deutlich höher als in Rinderleber. Auffallend war auch der Unterschied der Hg-Gehalte in den Nieren von Schwein und Rind. Es ist bekannt, daß Schweine zum Teil mit fischmehlhaltigem Kraftfutter aufgezogen werden. Für Fischmehl wurden im Mittel 243  $\mu\text{g}$  Hg/kg gefunden. Die Hg-Werte für ungemahlene deutschen Weizen sowie für andere Getreidearten lagen weit unter dem von der WHO für Lebensmittel außer Fisch empfohlenen Grenzwert von 50  $\mu\text{g}$  Hg/kg. Die Ursache für den im Vergleich zu Mehl relativ hohen Quecksilbergehalt in Brot ist unklar.

Drei der 18 untersuchten Süßwasserfische hatten einen Hg-Gehalt, der über dem von der Food and Drug Administration (FDA) der USA festgesetzten Hg-Höchstwert für Fisch von 500  $\mu\text{g}/\text{kg}$  lag. Diese Maximalwerte wurden ausnahmslos bei ausgewachsenen Tieren festgestellt. Aus Arbeiten anderer Autoren ist bekannt, daß die Hg-Konzentration im Muskelgewebe von Fischen mit steigendem Alter zunimmt [8]. Bei 3 von 13 untersuchten Thunfischkonserven lag der Hg-Gehalt über 500  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Tab. 2). Die ermittelten Hg-Werte von bis zu 11 Jahre alten Konserven von Heringsfilets verschiedener Zubereitungen, die uns von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg überlassen wurden, lagen in der gleichen Größenordnung wie die Hg-Gehalte entsprechender Konserven aus dem Jahre 1971 (Tab. 3).

Tabelle 1. Hg-Gehalte von Lebensmitteln und anderem biologischem Material (bezogen auf Frisch- oder Anlieferungsgewicht)

Art des Lebensmittels	Hg-Einzelwerte $\mu\text{g}/\text{kg}$	Mittelwert $\mu\text{g}/\text{kg}$
1. Fleisch		
Rind	1,6, 3,1, 4,9	3,2
Schwein	5,5, 7,1, 7,4, 10,5	7,6
Hähnchen	2,2, 4,5, 9,3	5,3
Fasan	5,7, 11,9, 45,0, 71,1	33,4
Rebhuhn	6,1, 19,2	12,7
2. Leber		
Rind	2,6, 5,5, 6,4, 7,3, 10,1	6,4
Schwein	6,0, 6,4, 18,4, 25,0, 125,1	36,2
Hähnchen	8,1, 12,7	10,4
Fasan	13,3	—
3. Niere		
Rind	13,0, 14,0, 16,7	14,6
Schwein	15,9, 20,3, 81,1, 148,8	66,5

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Art des Lebensmittels	Hg-Einzelwerte $\mu\text{g}/\text{kg}$	Mittelwert $\mu\text{g}/\text{kg}$
4. Getreide (ungemahlen)		
Weizen	1,5, 2,3, 2,4, 2,8, 3,8, 5,4, 5,9, 28,3	6,6
Roggen	5,6, 6,0	5,8
Hafer	2,7, 4,0	3,4
Gerste	2,3, 2,8, 3,3	2,8
Mais	9,1, 16,5, 17,7	14,4
Reis	2,9, 3,9, 4,7, 5,6	4,3
5. Getreide (gemahlen/geschrotet)		
Weizen	1,5, 1,5, 1,7, 1,8, 2,5, 3,0, 4,1, 4,4	2,6
Roggen	1,4, 1,9	1,7
Hafer	4,7, 4,8, 14,0	7,8
6. Obst		
Äpfel	1,9, 3,2, 11,6	5,6
Birnen	3,5, 4,4, 4,4	4,1
Feigen (getr.)	2,9, 10,7	6,8
Rosinen	8,6	—
7. Gemüse		
Tomate	5,1, 5,3	5,2
Kohl	1,4, 3,7, 6,1	3,7
8. Kartoffeln	1,4, 3,4, 4,6, 5,3, 7,1	4,4
9. Milchzeugnisse		
Milchpulver	1,1, 2,0, 3,0	2,0
Käse	4,8, 10,2, 12,0	9,0
Butter	1,1, 1,2, 6,1	2,8
10. Brot		
Weißbrot	10,3, 14,2, 16,0, 18,3	14,7
Vollkornbrot	4,1, 7,1, 30,9, 35,1, 53,8	26,2
11. Süßwasserfische		
Hecht	328,4, 377,7, 732,8	479,6
Zander	82,6, 290,8, 477,5	283,6
Schleie	187,9, 476,6, 879,4	514,6
Rotauge	155,8, 227,2, 227,3, 242,3, 312,3	233,0
Forelle	41,9, 81,8	61,9
Barsch	547,5	—
Aal	225,5	—
12. Verschiedenes		
Zucker	1,1, 0,3	0,7
Zuckerrübe	4,3, 32,8	18,6
Zuckerrübenblätter	30,8, 33,0	31,9
Margarine	1,0, 7,2, 7,7	5,3
Mohn	10,6, 15,0	13,1
Raps	1,8	—
Sonnenblumenkerne	10,7	—
Schwertfisch (getrocknet)	93,3	—
Lebertran	4,1, 7,1	5,6
Fischmehl	64,9, 420,3	242,6
Hühnerfutter (Mais, Weizen, Fisch, Kalk, etc.)	18,2	—
Eipulver	13,6	—
Zigaretten tabak	30,3, 32,0	31,2

Bei Baby-Fertigkost (Tab. 4) wurden die höchsten Hg-Konzentrationen in fischhaltigen Zubereitungen gemessen — alle Werte lagen jedoch unter  $50 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Untersuchungen an bis zu 52 Jahre alten Weizenkörnern deutscher Ernte (Tab. 5) ergaben einen relativ hohen Wert für eine Probe aus dem Jahre 1967, während der Hg-Gehalt der Proben aus den 20er Jahren, also vor Anwendung Hg-haltiger Beizmittel, etwa im Bereich der Proben von 1971 lag. Das Material für diese Analysen hat uns die Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg überlassen.

Tabelle 2. Hg-Gehalte von Thunfisch in Konserven (bezogen auf Doseninhalt)

Herkunft Land	Fabrikation Jahr	Hg $\mu\text{g}/\text{kg}$
unbekannt	1965	502,6
Japan	1968	154,0
Japan	1969	310,0
Portugal	1969	412,9
Spanien	1969	182,9
Japan	1970	1640,0
Japan	1970	590,0
Japan	1970	117,4
Kuba	1970	209,7
Mauretanien	1970	182,4
Spanien	1970	218,0
Spanien	1971	163,2
Japan	1971	76,4
Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		366,1 $\pm$ 412,6

Tabelle 3. Hg-Gehalte von Heringsfilets in Konserven (bezogen auf Doseninhalt)

Zubereitung	Herstellung Monat/Jahr	Hg $\mu\text{g}/\text{kg}$
Tomatentunke	I/61	32,7
Biertunke	III/61	36,1
Senftunke	III/61	23,5
Meerrettichtunke	III/61	49,2
Sojaöl	V/62	52,0
Sojaöl	V/62	66,3
Fischöl	V/62	48,5
Tomatentunke	71	25,2
Senftunke	71	38,1
Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		41,3 $\pm$ 13,9

Tabelle 4. Hg-Gehalte von Baby-Fertigkost in Gläsern

Kost	Hg-Mittelwerte $\mu\text{g}/\text{kg}$	
Zartes Gartengemüse	3,8	
Dorsch in Kräutersauce	21,2	
Dorsch in Reis	24,3	
Rindfleisch in Tomatenreis	2,2	
Truthahn in Reis	7,1	
Hähnchen in Reis und Gemüse	6,5	
Leberpastete	7,1	
Leber in Karotten	15,0	
Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		10,9 $\pm$ 8,3

Tabelle 5. Hg-Gehalte von bis zu 72 Jahre altem Weizen

Erntejahr	Hg $\mu\text{g}/\text{kg}$	Erntejahr	Hg $\mu\text{g}/\text{kg}$
1920	15	1960	29
1920	13	1967	64
1920	23	1967	34
1934	5	1971	7 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Gemäß Tab. 1.

Tabelle 6. Jährliche Hg-Belastung durch einzelne Lebensmittelgruppen (ohne Fisch) unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Verbrauchs pro Kopf der erwachsenen Bevölkerung 1969/70

Lebensmittel	mittl. Hg-Gehalt <sup>a</sup> µg/kg	Prokopfverbrauch <sup>b</sup> kg/Jahr	jährl. Hg-Aufnahme µg
Weizenmehl	2,6	47,1	122,5
Roggenmehl	1,7	15,3	26,0
Sonst. Getreideerzeugnisse	7,8	3,9	30,4
Reis	4,3	1,4	6,0
Kartoffeln	4,4	102,0	448,8
Zucker	0,7	32,0	22,4
Gemüse	4,3	65,4	281,2
Frischobst	4,8	93,8	450,2
Trockenobst	7,4	1,1	8,1
Rindfleisch	3,2	21,2	67,8
Schweinefleisch	7,6	37,0	281,2
Geflügelfleisch	5,3	7,8	41,3
Innereien	27,8	4,6	127,9
sonst. Fleisch (Wild)	26,5	0,8	21,2
Trinkvollmilch	0,2 <sup>c</sup>	93,7	18,7
Vollmilchpulver	2,0	1,3	2,6
Käse	9,0	9,6	86,4
Eier und Eierzeugnisse	4,7 <sup>c</sup>	15,8	74,3
Butter	2,8	8,6	24,1
Margarine	5,3	8,9	47,2
Insgesamt			2188,3

<sup>a</sup> Gemäß Tab. 1.

<sup>b</sup> Gemäß dem Statistischen Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1971 [11].

<sup>c</sup> Berechnet über Milch- bzw. Eipulver [12].

Tabelle 7. Jährliche Hg-Belastung durch Fisch und Fischprodukte unter Berücksichtigung des für den Inlandmarkt verfügbaren Anteils pro Kopf der Bevölkerung 1970 (bezogen auf Filet- bzw. Produktgewicht)

Erzeugnis	mittl. Hg-Gehalt <sup>a</sup> µg/kg	Prokopfanteil <sup>d</sup> kg/Jahr	jährl. Hg-Aufnahme µg
Heringskonserven			
Marinaden	41	2,02	83
Thunfischkonserven	366	0,24	88
Frischfisch	200 <sup>b</sup>	1,04	208
Frostfisch	200 <sup>b</sup>	0,70	140
Süßwasserfisch	250 <sup>c</sup>	0,20 <sup>e</sup>	50
Insgesamt			569

<sup>a</sup> Gemäß Tab. 1.

<sup>b</sup> Gemäß Mercury Contamination in Man and his Environment [14].

<sup>c</sup> Gewichteter Mittelwert; s. Fußnote d.

<sup>d</sup> Gemäß dem Jahresbericht über die Deutsche Fischwirtschaft 1970/71 [13].

<sup>e</sup> Geschätzt.

Der durchschnittliche Quecksilbergehalt der rund 150 von uns untersuchten Einzellebensmittel – außer Fisch – lag bei 11 µg/kg. Bei 70% aller Proben lag der Hg-Gehalt zwischen 1–10 µg/kg, bei 21% zwischen 10–20 µg/kg. Lediglich bei 4 der untersuchten Lebensmittelproben (Schweineiere, Schweineleber, Fasan, Vollkornbrot) wurde der WHO-Richtwert von 50 µg/kg überschritten. Der Vergleich mit den von Stock [9] angegebenen Werten zeigt, daß der Hg-Gehalt unserer Lebensmittel gegenüber 1934 praktisch unverändert ist. Die relativ hohen Hg-Konzentrationen in

Fisch entsprechen den von vielen anderen Autoren gefundenen Ergebnissen. Bereits vor fast 40 Jahren wurde über auffallend höhere Hg-Mengen in Süßwasser- und Seefischen als in anderen Lebensmitteln berichtet [9]. Neuere Untersuchungen an Schwert- und Thunfischen, deren Fang bis zu 93 Jahre zurückliegt, ergaben, daß der Hg-Gehalt dieser Fische im gleichen Bereich lag wie heute [10].

Unter Berücksichtigung der Angaben des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten [11] über den durchschnittlichen Verbrauch von Lebensmitteln, läßt sich aufgrund der Angaben in Tab. 1 die mittlere wöchentliche Hg-Aufnahme durch die Nahrung abschätzen (Tab. 6). Die durch unsere Untersuchungen erfaßten Lebensmittel stellen etwa 92% des durchschnittlichen Verbrauchs an Nahrungsmitteln (ohne Getränke) je Kopf und Jahr der erwachsenen Bevölkerung dar [11]. Nach den Ergebnissen der Tab. 6 beträgt die geschätzte Hg-Zufuhr durch die Nahrung – ohne Getränke und Fisch – rund 42,1 µg pro Woche oder 6 µg pro Tag. Das entspricht einer durchschnittlichen nahrungsbedingten Hg-Aufnahme von rund 2,2 mg pro Jahr.

Wir sind uns darüber im klaren, daß eine derartige Berechnung problematisch ist. Der in Tab. 6 z. B. für „Frischobst“ eingesetzte Mittelwert von 4,8 µg Hg/kg setzt sich aus den in Tab. 1 für Äpfel und Birnen angegebenen Werten zusammen. Es wurden keine Analysen an Stein- und Beerenobst durchgeführt. Birnen und Äpfel machen jedoch zusammen rund 63% des Prokopfverbrauchs im Jahr an Frischobst aus. Für keine der untersuchten Nahrungsgruppen ist die Zahl der Einzelanalysen groß genug, um von statistisch gesicherten Werten zu sprechen. Es erscheint aufgrund des vorliegenden Materials jedoch wenig wahrscheinlich, daß eine Steigerung der Zahl der Analysen zu einer wesentlich anderen Schlußfolgerung über die Hg-Situation in unseren Lebensmitteln führen würde.

Der Hg-Mittelwert aller von uns untersuchter Süßwasserfische liegt bei 325 µg/kg Filet- oder Produktgewicht. Dabei ist zu berücksichtigen, daß fast nur ausgewachsene ältere Fische analysiert wurden. Es ist nicht wahrscheinlich, daß nur solche Fische vom Verbraucher verzehrt werden. Weiter ist zu beachten, daß relativ wenig Hecht und andere Raubfische mit hohem Hg-Gehalt (Tab. 1), dagegen viel Forelle mit wesentlich niedrigeren Hg-Konzentrationen (Tab. 1) in den Handel gelangen [13]. Daher dürfte der mittlere Hg-Gehalt von tatsächlich verzehrtem Süßwasserfisch eher bei 250 µg/kg Filetgewicht liegen. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren und unter dem Vorbehalt lückenhafter statistischer Angaben über den Prokopfverbrauch insbesondere bei Süßwasserfischen, ergibt sich eine wöchentliche Hg-Zufuhr durch Fisch von 11 µg (Tab. 7). Die Gesamt-Hg-Aufnahme durch die Nahrung – ohne Getränke – beträgt somit rund 53 µg pro Woche entsprechend 2,8 mg pro Jahr. Individuelle Abweichungen von diesem Durchschnittswert werden vor allem durch den Fischverzehr – auch regional – bedingt sein. Ein Verbraucher, der statt 4 kg Fisch und Fischprodukte [11] 10 kg im Jahr verzehrt, nimmt pro Woche etwa 70 µg Hg zu sich entsprechend rund 3,6 mg Hg pro Jahr. Die WHO betrachtet eine wöchentliche Aufnahme von 0,3 mg Hg, d. h. etwa 16 mg Hg pro Jahr als duldbar. Es erscheint unwahrscheinlich, daß dieser Wert – selbst bei Berücksichtigung der durch unsere Untersuchungen nicht erfaßten Lebensmittel sowie der Getränke – bei irgendwelchen Bevölkerungsgruppen in der BRD erreicht oder gar überschritten wird. Wie Untersuchungen des Canadian Food and Drug Directorate [15] der FDA [16] und einer britischen Arbeitsgruppe [17] ergaben, haben sich die Befürchtungen einer allgemeinen Lebensmittelverseuchung durch Quecksilber auch in diesen Ländern als unbegründet erwiesen.

### Literatur

1. Jervis, R. E., Debrun, D., Le Page, W., Tiefenbach, B.: Mercury residues in Canadian foods, fish, wild life. National Health Grant Project Nr. 605-7-510. Progress Report Sept. 1970.
2. Diehl, J. F., Schelenz, R.: Med. Ernähr. 12, 241 (1971).
3. Diehl, J. F.: Ber. Landwirtschaft 50, 256 (1972).

4. Schelenz, R., Diehl, J. F.: Z. Anal. Chem. (im Druck).
5. Sjöstrand, B.: Anal. Chem. **36**, 814 (1964).
6. Bethge, P. O.: Anal. chim. Acta **10**, 317 (1954).
7. Kim, J. I., Stärk, H.: Radiochim. Acta **13**, 213 (1970).
8. Bache, C. A., Gutenmann, W. H., Lisk, D. J.: Science **172**, 951 (1971).
9. Stock, A., Cucuel, F.: Naturwissenschaften **22**, 390 (1934).
10. Miller, G. E., Grant, P. M., Kishore, R., Steinkruger, F. J., Rowland, F. S., Guinn, V. P.: Science **175**, 1121 (1972).
11. Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1971. Hrsg. v. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, S. 154. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey 1971.
12. Souci-Fachmann-Kraut: Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen. Stuttgart: Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft mbH 1962.
13. Jahresbericht über die Deutsche Fischwirtschaft 1970/71, S. 37, 38, 59; Anhang: S. 34. Hrsg. v. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unter Mitwirkung des Statistischen Bundesamtes. Berlin: Verlag Gebr. Mann 1971.
14. Holden, A. V.: Mercury contamination in man and his environment, Technical Report Series, No. 137, S. 143. Vienna: IAEA 1972.
15. Somers, E.: Mercury in man's environment, S. 99. Ottawa 1971.
16. Tanner, J. T., Friedman, M., Lincoln, D. N., Jaffee, M., Ford, L. A.: Science **177**, 1102 (1972).
17. Food Chem. News, Nov. 1, 3 1971.

Professor Dr. J. F. Diehl  
Institut für Strahlentechnologie der  
Bundesforschungsanstalt für  
Lebensmittelfrischhaltung  
D-7500 Karlsruhe 1, Engesserstraße 20  
Bundesrepublik Deutschland