

Schwermetalle in Getreide und Getreideprodukten*

Von W. Seibel, H. D. Ocker und W. Nierle

Unter der Überschrift „Gift im Brot — Forscher analysieren die schwerste Quecksilberkatastrophe aller Zeiten“ — berichtete Günter Haaf¹⁸⁾ in der Zeitschrift „Die Zeit“, im August 1973, über einen Unglücksfall, der sich Anfang des Jahres 1972 im Irak ereignete.

Bei dieser, wie er schreibt, größten Epidemie, die jemals durch das giftige Schwermetall Quecksilber ausgelöst worden ist, mußten 6530 Menschen im Krankenhaus behandelt werden, offiziell registrierten die Behörden 459 Tote.

Die Ursache dieser Massenvergiftung war der Verzehr von Saatgetreide (Weizen und Gerste), das mit einem quecksilberhaltigen Fungicid behandelt worden war, durch die hungerrnde Bevölkerung.

Vergiftungsfälle durch Quecksilberbeizmittel haben sich schon früher in den USA und in der Türkei ereignet; sie sind bisher stets durch unsachgemäßen Umgang mit den Pflanzenschutzmitteln oder durch folgenschwere Verwechslungen entstanden²⁰⁾. Auch das jahrelange Massensterben unter der Vogelwelt in Skandinavien muß auf mit Methylquecksilberverbindungen gebeiztes Saatgetreide zurückgeführt werden. Die Berichte über alle diese Fälle haben bekanntlich dazu geführt, daß viele Staaten eine Reihe von Quecksilberbeizmitteln aus dem amtlichen Register gestrichen haben.

So verheerend diese und andere Katastrophen**) sicherlich gewesen sind, so sagen sie doch auf der anderen Seite nur wenig darüber aus, wie hoch im Durchschnitt die Belastung des Getreides und seiner Produkte mit toxischen Elementen liegt und welche Mengen an diesen Elementen über die Nahrung Mensch und Tier zugeführt werden. Sie gaben indessen den Anstoß, sich intensiv mit einer ganzen Reihe von potentiell toxischen Elementen in Lebensmitteln aller Art zu befassen.

Aus der Fülle der inzwischen auf diesem Gebiet erschienenen Publikationen geht hervor, daß Getreide und Getreideprodukte hauptsächlich durch Quecksilber und Blei kontaminiert sein können; über andere Elemente, z. B. Arsen, Selen, Kadmium, Zink usw. ist weit weniger bekannt.

Fast überhaupt nicht ist der Einfluß der verschiedenen Stufen der Getreideverarbeitung und Produkt-Herstellung auf Anreicherung oder Verminderung dieser toxischen Spurenstoffe untersucht worden. Da Getreide zum größten Teil vor dem Verzehr die Verarbeitung durchläuft und überwiegend in Form seiner Produkte (Mehl, Brot, Backwaren, Teigwaren, Flocken usw.) zum Verbraucher gelangt, ist zur Abschätzung der Zufuhr von toxischen Elementen durch Getreide und Getreideprodukte die Untersuchung der Übertragungsfaktoren notwendig. Das gleiche Problem trat vor rund 10 Jahren bei der Beurteilung der Gefährdung des Menschen durch Radionuklide des Fallouts auf.

Seit kurzem befaßt sich die Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung im Rahmen eines längerfristigen Forschungsvorhabens mit dem angeschnittenen Problemkreis. Die bisher erzielten Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen.

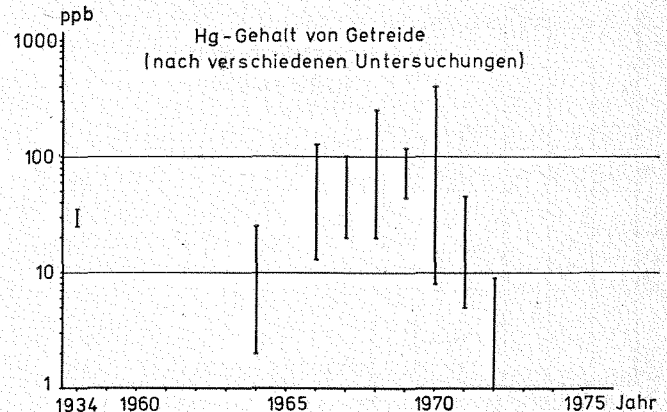
*) Vorgetragen anlässlich des Symposiums „Toxische Spurenelemente in Lebensmitteln“ am 10./11. Okt. 1973 in Karlsruhe.

Veröff.-Nr. 4079 der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold.

**) Auf akute und chronische Vergiftungen durch andere Schwermetalle, wie etwa in Japan durch Kadmium (Itai-Itai-Krankheit) oder durch Blei in der Umgebung von Bleihütten (Nordenham!), bei denen allerdings das Getreide nicht betroffen war, sei an dieser Stelle nur kurz hingewiesen.

1. Quecksilber-Gehalt von Getreide

Über den Quecksilbergehalt von Getreide und Getreideprodukten gibt das internationale Schrifttum keine einheitliche Aussage. Stock¹⁾ und Mitarbeiter berichten im Jahr 1934 über einen Gehalt von 25 bis 35 ppb. 30 Jahre später findet Goldwater²⁾ zwischen 2 und 25 ppb. Beide Angaben liegen recht niedrig im Vergleich zu den Befunden der folgenden Jahre^{3-8, 14, 17)} von 1966 bis 1970. Wie in Abb. 1 darge-



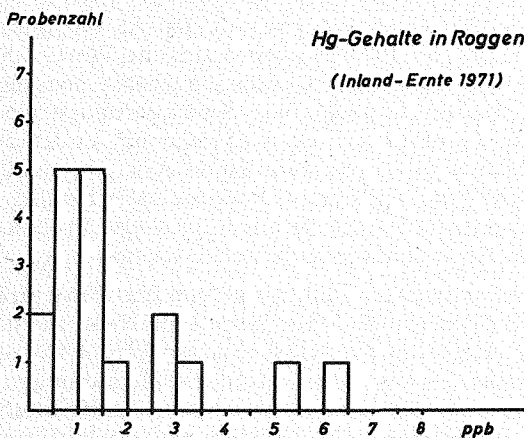
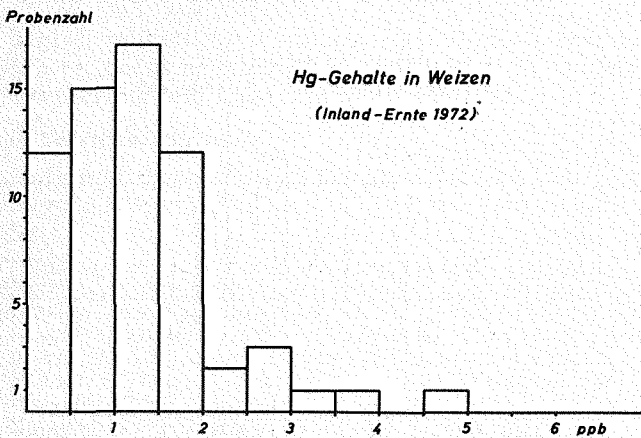
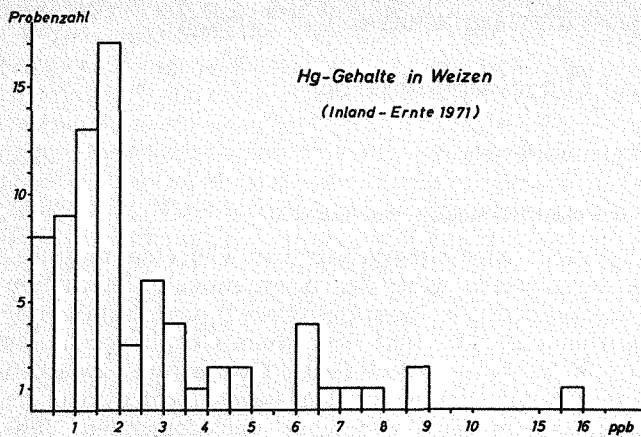
stellt, werden Quecksilbergehalte bis zu 400 ppb angegeben. Erst ab 1970/71 nähern sich die Werte^{9, 11, 12, 13, 15, 16, 19)} wieder dem Quecksilbergehalt von bis zu 40 ppb, wie er seinerzeit von Stock gefunden wurde. Die Abb. 1 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; insofern mag das Bild einer Art „Quecksilberschwemme“ in den Jahren 1966 bis 1970 zufällig zustande kommen, zumal oft nur vereinzelte Proben mit geringer Repräsentanz untersucht wurden.

Sicher ist jedenfalls, daß die stürmische Entwicklung der Analysetechnik — hier ist auf die Neutronenaktivierung und die Atomabsorptionsspektrophotometrie hinzuweisen — sowie die vielfältigen Bemühungen zur Verbesserung der Analysenmethoden (Aufschlußverfahren, Aufspüren von Hg-Verlusten durch Verwendung radioaktiver Tracer usw.) einen entscheidenden Anteil daran haben, wenn heute die Angaben über den Quecksilbergehalt von Lebensmitteln in einem erheblich kleineren Bereich spielen.

Unsere eigenen Messungen stützen sich auf das Probenmaterial der „Besonderen Erntermittlung der deutschen Weizenerten“ der Jahre 1971 und 1972. Ausgehend von rund 2 500 Einzelproben wurden durch Ziehung von Unterproben und Zusammenstellung nach sieben Bundesländern Mischproben von je 6 kg Gewicht hergestellt, die mit mehrfacher Wiederholung analysiert wurden.

Der Aufschluß des Kornmaterials erfolgte mit einer Schwefelsäure/Salpetersäure-Mischung, die Anreicherung und Bestimmung des Quecksilbers mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorptionsspektrometrie.

Bei der Bewertung der in den Abbildungen 2, 3 und 4 dargestellten Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß die Fehlerbreite im Bereich der sehr geringen Quecksilber-



gehalte um $\pm 50\%$ liegt. Trotz dieser Einschränkung, die diesen orientierenden Untersuchungen zugeordnet werden muß, kann als Hauptresultat festgehalten werden, daß der Quecksilbergehalt des Inland-Getreides nur in Ausnahmefällen einen Wert von 20 ppb überschreiten dürfte. Regionale Unterschiede im Quecksilbergehalt der einzelnen Muster konnten bei diesen Untersuchungen nicht festgestellt werden. Es gibt jedoch Anhaltspunkte dafür, daß in der Nähe von quecksilberverarbeitender Industrie (Erzhütten, Gießereien, Chemische Werke usw.) in der Tendenz höhere Werte gefunden werden. Zwischen Weizen und Roggen bestehen offenbar keine gesicherten Unterschiede im Quecksilbergehalt.

2. Bleigehalt von Getreide

Über den Einfluß, den Kraftfahrzeugabgase und bleiverarbeitende Industrien auf den Gehalt an Blei in Böden und Pflanzen ausüben, ist so häufig berichtet,

daß es sich hier erübrigt, darauf im einzelnen einzugehen.

Eine kurze, aber inhaltsreiche Darstellung dieses Sachverhaltens gibt Kloke ²¹⁾ 1973. Offensichtlich hängt der Bleigehalt des Getreides in erheblichem Ausmaß vom jeweiligen Standort ab, die Angabe eines durchschnittlich zu erwartenden Gehalts bleibt daher unsicher.

In unseren Untersuchungen, die bisher nur zum Teil Proben der „Besonderen Erntermittlung“ umfassen, wurden Bleigehalte zwischen 0,1 bis 0,2 ppm gefunden, wenn eine besondere äußere Kontaminationsquelle mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte. Einen ähnlich hohen Bleigehalt von 0,15 ppm hatte Getreide, das im Abstand von 250 m von der Bundesautobahn Ruhrgebiet-Hannover geerntet wurde; unmittelbar neben der Fahrbahn aufgewachsenes Kornmaterial wies demgegenüber einen Bleigehalt von 0,40 ppm auf. Bedeutend höhere Bleimengen — bis zu 1,5 ppm im Vollkorn — wurden von uns in der näheren Umgebung (ca. 1 km) einer Zinkhütte gefunden. Bei diesen hohen Werten handelt es sich jedoch wegen des außergewöhnlichen Standorts und wegen der andersartigen Emissionsform um Ausnahmen, von denen schon wegen ihres geringen Volumens kaum zu befürchten ist, daß sie zu einer wesentlichen Erhöhung des Bleigehaltes von Mühlenmischungen und der daraus hergestellten Mahlprodukte führen.

Dafür, daß der „durchschnittliche“ Bleigehalt von Inlandgetreide zwischen 0,1 und 0,2 ppm zu erwarten ist, sprechen auch weitere, eigene Untersuchungen an Weizen, der industriefern und in erheblicher Entfernung vom Straßenverkehr mit einem Bleigehalt von 0,14 ppm geerntet wurde.

Der Abstand dieses „natürlichen“ Schwankungsbereiches zu dem vorgeschlagenen Höchstgehalt für Getreide von 0,3 ppm ist dennoch recht gering; dies könnte im Einzelfall sehr wohl zu unangemessenen Beanstandungen an sich einwandfreier Getreidepartien führen, wenn man daran denkt, daß Unsicherheiten in der Probenahme sowie die Analysefehler bei diesen Spurenstoffbestimmungen eine erhebliche Rolle spielen.

3. Einfluß der Getreideverarbeitung auf den Gehalt an Schwermetallen in Getreideprodukten

3.1. Vermahlung

Erste, vorläufige Ergebnisse konnten wir inzwischen mit dem relativ hoch kontaminierten Weizen aus der Umgebung einer Zinkhütte erzielen. Dieser Weizen enthielt 1,5 ppm Blei und 11 ppb Quecksilber und muß, wie bereits erwähnt, sowohl hinsichtlich der Kontaminationshöhe wie auch der Kontaminationsart als Ausnahme angesehen werden. Die nachstehend geschilderten Ergebnisse der Auswirkungen der Getreidevermahlung bedürfen daher der Ergänzung durch Untersuchungen an weiteren Getreidepartien.

Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, wurde bei der mühlenüblichen Weizenvermahlung rund 60% des Quecksilbers und fast ebensoviel des ursprünglich vorhandenen Bleis in den Nachprodukten gefunden. Immerhin war jedoch der Anteil der Schwermetalle im mineralstoffarmen sog. hellen Mehl (Type 550), mit rund 40% recht hoch, wenn auch ein gewisser Dekontaminationseffekt unverkennbar ist.

Tabelle 1
Vermahlungsbilanz für Schwermetalle (Hg, Pb)
(Weizen, stark kontaminiert)

Ausgangsgetreide	Gehalt % Anfall	Queck- silber	Blei
		0,011 ppm % Hg	1,5 ppm % Pb
Weizenmehl (Type 550)	70,0	39,0	41,7
Nachprodukte insgesamt	30,0	61,0	58,3
davon Schrotkleie	14,4	38,1	39,4

Auf einen solchen Effekt haben auch *Schelenz* und *Diehl*¹⁹⁾ aufgrund ihrer Untersuchungen von Vollkorn und von Weizenmehlen geschlossen. Dennoch muß beachtet werden, daß bei geringerer von außen verursachter Kontamination des Ausgangsweizens die Aufteilung der Schwermetallfraktionen auf „helles“ Mehl und auf die Nachprodukte ungünstiger ausfallen könnte.

Von anderen Autoren wird zwischen der Schwermetallkonzentration des Ausgangsgetreides und der einzelnen Mahlprodukte kein großer Unterschied gefunden.

In der Schrotkleie, die im wesentlichen aus der Kornschale besteht, fanden sich erhebliche Anteile beider Schwermetalle Quecksilber und Blei an, ein Hinweis darauf, daß diese Metalle überwiegend in den äußeren Kornschichten abgelagert werden. Dies läßt erwarten, daß es möglich sein müßte, einen Teil der Schwermetalle durch verschiedene Reinigungsverfahren zu entfernen.

3.2. Mühlenreinigung

Tabelle 2
Einfluß verschiedener Reinigungsverfahren auf den Gehalt von Schwermetallen (Hg, Pb)

	Hg-Gehalt ppm	Pb-Gehalt ppm
Ausgangsgetreide		
Weizen stark kontaminiert	0,011	1,5
nach dem Waschen	0,011	1,3
nach dem Trockenschälen	0,007	0,8
1. Schälkleie	0,220	19,0
2. Schälkleie	0,090	7,0

Tabelle 2 zeigt, daß in der Tat durch Trockenschälen ein merklicher Anteil der Schwermetalle, besonders des Bleis, entfernt werden konnte. Hervorzuheben ist ferner die Konzentrierung der Schwermetalle in der anfallenden Schälkleie, die eine 20fach höhere Quecksilberkonzentration und eine 12fach höhere Bleikonzentration als der Ausgangsweizen aufwies.

Früher mühlenübliches Naßreinigen entfernte, wie Tabelle 2 weiter zeigt, nur unwesentliche Teile der beiden Schwermetalle. Selbst in solchen Fällen, in denen Schwermetalle überwiegend durch direkte Kontamination von außen auf der Kornschale abgelagert werden, wie dies vermutlich für Blei zutrifft, sollte hinsichtlich der Abwaschbarkeit kein übertriebener Optimismus gepflegt werden. Ob durch Verwendung von Komplexbildnern oder anderen Mitteln ein besserer Wascheffekt zu erzielen ist, bleibt offen.

Obwohl die Kornschale einen beträchtlichen Anteil des Quecksilbers zu binden vermag, stellt sie doch keine undurchdringliche Barriere für wasserlösliche Quecksilberverbindungen dar. Durch Netzen von Weizen mit radioaktiver Quecksilberlösung (Quecksilber als Kation), anschließendem 24stündigem Abstehen und Vermahlen des so behandelten Weizens zeigte sich (Tabelle 3), daß radioaktives Quecksilber zu einem erheblichen Teil auch in das Endosperm eingedrungen und somit auch im „hellen“ Mehl nachweisbar war. Man muß daher annehmen, daß Getreide auch auf dem Halm durch lösliche Quecksilberverbindungen kontaminiert werden kann. Es ist ferner nicht auszuschließen, daß das Waschen des Getreides auch einen negativen Effekt haben kann, da mit der Wasseraufnahme auch ein Eindringen löslicher Schwermetallverbindungen gekoppelt sein kann. Aus technologischen und hygienischen Gründen ist jedoch das Waschen des Brotgetreides nicht mehr notwendig.

Tabelle 3
Vermahlungsbilanz von mit Hg-203 genetztem Weizen

	% Anfall	% Hg-203
Weizenmehl (Type 550)	74,1	17,7
Nachprodukte insgesamt	25,9	82,3
davon Schrotkleie	17,5	63,1

3.3. Backprozeß

Die hohe Flüchtigkeit von Quecksilberverbindungen hat uns veranlaßt, zu untersuchen, ob eventuell beim Backen von Brot eine Reduzierung des Quecksilbergehaltes beobachtet werden kann. Zwei mit radioaktivem Quecksilber verschieden hoch kontaminierte Mehle wurden zu Weizenkastengebäcken verarbeitet und ihre Radioaktivität gammaspectrometrisch bestimmt.

Tabelle 4
Einfluß des Backvorganges auf den Hg-203-Gehalt

	I	II
Mehl	9 500 IpM	3 500 IpM
Krume	3 580 IpM	1 800 IpM
Brot		
Kruste	3 700 IpM	1 500 IpM
	7 280 IpM = 76,2 %	3 300 IpM = 94,1 %

Tabelle 4 weist auf eine merkliche, wenn auch nicht sehr hohe Abnahme des Quecksilbergehaltes durch den Backvorgang hin. Die Unterschiede zwischen Krume und Kruste des Gebäcks sind — etwas überraschend — nicht sehr groß. Allerdings lag in diesem Versuch das Quecksilber in anorganischer Bindung vor. Metallorganische Quecksilberverbindungen sind wahrscheinlich auch beim Backprozeß stärker flüchtig, doch ist bisher überhaupt noch nicht bekannt, in welcher Bindungsform das Quecksilber im Getreide oder in den Getreideprodukten vorliegt.

4. Kadmiumgehalt in Getreide

Messungen des Kadmiumgehaltes in Getreide und Getreideprodukten liegen bisher nur vereinzelt vor, so daß eine Angabe über den durchschnittlichen Gehalt noch nicht gegeben werden kann. Eigene Messungen, die jedoch noch bestätigt werden müssen, deuten darauf hin, daß auch das Kadmium in den Randschichten

des Getreidekornes abgelagert wird. Sollte dies zu treffen, so würde auch ein erheblicher Teil des Kadmiams durch die Vermahlung des Getreides mit der Kleie zu entfernen sein.

Zusammenfassung

Nach eigenen Untersuchungen schwankt der Quecksilbergehalt von Inlandgetreide (Weizen und Roggen) zwischen 1 bis 20 ppb. Regionale Unterschiede des Quecksilbergehalts konnten nicht festgestellt werden, ebensowenig gesicherte Unterschiede zwischen Weizen und Roggen. Diese recht niedrigen Quecksilbergehalte stehen im Einklang mit neueren Untersuchungen aus Kanada, England, USA und aus der BRD; sie korrigieren damit frühere Angaben über bedeutend höhere Quecksilbergehalte in Getreide.

Im Gegensatz zum Quecksilbergehalt hängt der Bleigehalt des Getreides weit stärker vom jeweiligen Standort ab. Industrienähe (vor allem bleiverarbeitende Industrie), vermag den Bleigehalt stark zu beeinflussen. Im Inlandgetreide wurden Werte zwischen 0,1 bis 0,2 ppm gefunden. Der Abstand dieses „durchschnittlichen“ Bleigehalts zu der vorgesehenen Höchstmenge von 0,3 ppm für Getreideerzeugnisse ist danach recht gering gehalten.

Erste Ergebnisse an hochkontaminierten Weizen zeigten, daß beide Schwermetalle überwiegend in den Randschichten des Getreidekornes gespeichert werden. Bei der Vermahlung erhielt man Mahlprodukte mit geringerem Schwermetallgehalt (Mehle), während die Mühlennachprodukte, vor allem die Kleie, wesentlich höhere Schwermetallkonzentrationen aufwiesen. Durch Trockenschälen konnte etwa die Hälfte der Schwermetalle des Ausgangsgetreides entfernt werden, die Naßreinigung blieb fast wirkungslos.

Über den Kadmiumgehalt des Getreides liegen nur spärliche Angaben vor. Nach eigenen Untersuchungen scheint auch Kadmium in den Randschichten des Getreides angereichert zu werden. Vermutlich wird daher auch ein erheblicher Teil dieses Schwermetalls bei der Vermahlung mit der Kleie entfernt werden können.

Summary

According to investigations of ours, the mercury content in domestic cereals (wheat and rye) varies between 1 and 20 ppb. Regional differences in mercury content could not be ascertained, and no firm differences between wheat and rye either. These rather low mercury contents are in agreement with recent investigations made in Canada, England, USA and the FRG; they are revising earlier data listing considerably higher mercury contents in cereals.

Contrary to the mercury content, a cereal's lead content is much more dependent on its site. The vicinity of industrial facilities (particularly lead-processing industries) will heavily affect the lead content. In domestic cereals, we found figures of between 0.1 and 0.2 ppm. As can be seen, the clearance between this "average" lead content and the maximum allowable figure of 0.3 ppm for cereal products is quite slim.

First results of investigations on highly contaminated wheat have shown that both of these heavy metals are mainly accumulated in the outer layers of the cereal grain. Milling yielded flours of lower contents in heavy metals, with after-products, particularly brans, having considerably higher concentrations. By means of dry husking, we were able to eliminate about half of the heavy metals found in the original cereal; wet cleaning was of practically no effect.

As for the cadmium content in cereals, the data available are rather fragmentary. According to investigations of our own, it seems that cadmium as well is accumulated in the outer layers of the cereal grain. It can therefore be expected that a considerable portion of this metal too will be removed with the bran during the milling process.

Résumé

D'après nos propres études, la teneur en mercure des céréales de notre pays (blé et seigle) varie entre 1 et 20 ppb. On n'a pas décelé de différences entre les régions, pas plus qu'entre blé et seigle. Ces taux très bas sont en

accord avec ceux résultant des dernières études faites au Canada, en Angleterre, aux U.S.A. et en R.F.A. Ils ont permis de corriger les données précédentes qui indiquaient une teneur en mercure des céréales nettement plus élevée.

Au contraire de la teneur en mercure, la teneur en plomb des céréales dépend essentiellement des régions de production. La proximité d'industries (en particulier celles traitant du plomb) semble avoir une forte influence sur la teneur en plomb. Dans les céréales de notre pays, les chiffres varient entre 0,1 et 0,2 ppm. L'écart entre cette teneur «moyenne» en plomb et la quantité de 0,3 ppm considérée comme maximum admis pour les céréales est donc très peu important.

Sur du blé fortement contaminé, les premiers résultats ont montré que les deux métaux lourds sont emmagasinés surtout dans les couches superficielles des grains. Après mouture, on a constaté que le produit moulu avait une teneur en métaux lourds assez faible (farines) alors que les bas produits, et surtout le son, présentaient des concentrations beaucoup plus fortes. L'écorçage à sec a permis d'éliminer environ la moitié de la teneur en métaux lourds, alors que l'épuration humide n'a pratiquement eu aucun effet.

En ce qui concerne la teneur en cadmium des céréales, on ne dispose que de rares indications. D'après nos propres études, il semble que le cadmium aussi se fixe surtout dans les couches superficielles des grains. On peut donc penser qu'une importante partie de ce métal lourd est éliminée avec le son au moment de la mouture.

LITERATUR

- 1) Stock, A., und F. Cucuel: Die Verbreitung des Quecksilbers. Naturwiss. 22 390—393 (1934).
- 2) Goldwater, L. J.: Mercury in the environment. Scientific American 224, Nr. 5, 15 (1971).
- 3) Pappas, E. G., und L. A. Rosenberg: J. Assoc. off. agric. Chemists 49, 782—792 (1966).
- 4) Furutani, S., und Y. Osajima: Nippon Shokohin Kogyo Gakkaishi 14, 15—19 (1967).
- 5) Kim, C. K., und J. Silverman: The mercury content of world wide samples of wheat. Am. Nucl. Soc. II 54 (1968).
- 6) Ruzicka, J., und C. Lamm: Automated determination of traces of mercury in biological materials by substochiometric radioisotope dilution. Talanta 16 157—168 (1969).
- 7) Haller, W. A., R. Filby, L. A. Raucitelli, und J. A. Cooper: in modern trends in Activation Analysis NBS-Publication Nr. 312 S. 177 (1969).
- 8) Jervis, R. E., D. Debrun, W. LePage, und B. Tiefenbach: Mercury residues in Canada foods, fish, wildlife. National Health Grant Project Nr. 605-7-510 Progress Report Sept. 1970.
- 9) Saha, J. G., Y. W. Lee, und R. D. Tinline: Mercury residues in cereal from seeds or soil treated with organomercury compounds. Can. J. Plant Sci. 50 597 (1970).
- 10) Neuburger, M., Zitat in J. F. Diehl, und R. Schelenz: Quecksilber in Lebensmitteln. Medizin u. Ernährung 12, 241—249 (1971).
- 11) Diehl, J. F., und R. Schelenz: Quecksilber in Lebensmitteln. Medizin u. Ernährung 12, 241—249 (1971).
- 12) Ministry of Agric., Fisheries and Food, Working Party on the Monitoring of Foodstuffs for Mercury and other Heavy Metals. 1st. Report, London 1971.
- 13) Hart, v. H., und K. H. Willis: Flour Milling and Baking Research Association, Bulletin Nr. 1, Febr. 1972.
- 14) Malatyandi, M., und J. B. Barette: Determination of Submicro Quantities of Mercury in Biological Materials. Analyt. Lett. 1970) 3 579—584.
- 15) Tanner, J. T., M. H. Friedmann, D. N. Lincoln, L. A. Ford, und M. Jaffee: Mercury Content of Common Foods Determined by Neutron Activation Analysis, Science 177 1102—1103 (1972).
- 16) Tkachuk, R., und F. D. Kuzina: Mercury Levels in wheat and other cereals, oilseed and biological samples, J. Sci. Fd. Agric. 23 1—36 (1968).
- 17) Smart, N. A.: Use and Residues of Mercury Compounds in Agriculture, Residue Reviews 23, 1—36 (1968).
- 18) Haaf, G.: Die Zeit 35 v. 24. 8. 73, S. 43.
- 19) Schelenz, R., und J. F. Diehl: Anwendung der Neutronenaktivierungsanalyse zur Quecksilberbestimmung in Lebensmitteln, Z. Anal. Chem. 265 93—97 (1973).
- 20) Diehl, J. F.: Schwermetallgehalte in Lebensmitteln, Ber. Ldw. 50 256—266 (1972).
- 21) Kloke, A.: Schwermetalle in Nahrungs- und Futterpflanzen, Deutsch. Lebensm. Rdsch. 69 (1973) 45—49.

Für die sorgfältige und gewissenhafte Ausführung der zahlreichen Analysen danken wir Fr. H. Mechel, Fr. B. Korff und Fr. E. Schieseck an dieser Stelle recht herzlich.