

**EUR 3179.d**

**EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM**

**LITERATURSTUDIE ÜBER PROBLEME DER DEKONTAMINATION  
VON GETREIDE UND GETREIDEERZEUGNISSEN**

**von**

**H.D. OCKER, M. MÜHLENING und H. ZWINGELBERG**  
(Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung)

**1966**



Bericht abgefasst vom  
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung  
Detmold - Deutschland

Euratom-Vertrag Nr. 019-64-9 PSTD

## HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und die in deren Namen handelnden Personen :

keine Gewähr dafür übernehmen, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind, oder dass die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;

keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird in den auf der vierten Umschlagseite genannten Vertriebsstellen

zum Preise von DM 4,- FF 5,- FB 50,- Lit. 620 Fl. 5,60
--

**Es wird gebeten, bei Bestellungen die EUR-Nummer und den Titel anzugeben, die auf dem Umschlag jedes Berichts aufgeführt sind.**

Gedruckt von SMEETS  
Brüssel, Dezember 1966

Das vorliegende Dokument wurde an Hand des besten Abdruckes vervielfältigt, der zur Verfügung stand.

**EUR 3179.d**

LITERATURSTUDIE ÜBER PROBLEME DER DEKONTAMINATION VON GETREIDE UND GETREIDEERZEUGNISSEN von H.D. OCKER, M. MÜHLENING und H. ZWINGELBERG (Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung)

Europäische Atomgemeinschaft - EURATOM  
Bericht abgefasst vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold (Deutschland)

Euratom-Vertrag Nr. 019-64-9 PSTD  
Brüssel, Dezember 1966 - 50 Seiten - FB 50

Diese Studie über die Probleme der Dekontamination von radioaktiv kontaminiertem Getreide ist zu dem Zweck durchgeführt worden, die

**EUR 3179.d**

LITERATURE STUDY OF PROBLEMS RELATING TO THE DECONTAMINATION OF CEREALS AND CEREAL PRODUCTS by H.D. OCKER, M. MÜHLENING and H. ZWINGELBERG (Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung)

European Atomic Energy Community - EURATOM  
Report prepared by the Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold (Deutschland)

Euratom Contract No. 019-64-9 PSTD  
Brussels, December 1966 - 50 Pages - FB 50

The aim of the present study on the problems of decontaminating radioactively contaminated grain was to collect and evaluate the available

**EUR 3179.d**

LITERATURE STUDY OF PROBLEMS RELATING TO THE DECONTAMINATION OF CEREALS AND CEREAL PRODUCTS by H.D. OCKER, M. MÜHLENING and H. ZWINGELBERG (Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung)

European Atomic Energy Community - EURATOM  
Report prepared by the Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold (Deutschland)

Euratom Contract No. 019-64-9 PSTD  
Brussels, December 1966 - 50 Pages - FB 50

The aim of the present study on the problems of decontaminating radioactively contaminated grain was to collect and evaluate the available

**EUR 3179.d**

LITERATURE STUDY OF PROBLEMS RELATING TO THE DECONTAMINATION OF CEREALS AND CEREAL PRODUCTS by H.D. OCKER, M. MÜHLENING and H. ZWINGELBERG (Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung)

European Atomic Energy Community - EURATOM  
Report prepared by the Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold (Deutschland)

Euratom Contract No. 019-64-9 PSTD  
Brussels, December 1966 - 50 Pages - FB 50

The aim of the present study on the problems of decontaminating radioactively contaminated grain was to collect and evaluate the available

in der Literatur vorliegenden Daten zu sammeln und zu verarbeiten, um den augenblicklichen Stand der Möglichkeiten und Verfahren zur Dekontaminierung grosser Posten Getreide und -Produkte aufzuzeigen. Im Vordergrund stehen dabei solche Verfahren, die in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht am besten geeignet sind, bzw. die nach entsprechender Weiterentwicklung die besten Aussichten bieten würden.

Aufgrund der bisherigen Untersuchungen über Dekontaminierungsmöglichkeiten bei Getreide kommen in Betracht : Getreidereinigung bzw. -Wäsche, Enthülsen, Schälen bzw. Entspelzen, Vermahlen.

published data in order to elucidate the present situation as regards the possibilities and processes for decontaminating large batches of grain and grain products. The accent is placed on those methods which are most suitable from the technical and economic viewpoints or would offer the best prospects after appropriate further development.

In the light of the investigations conducted to date, the following principles merit consideration : cleaning, washing, shelling, peeling, husking, grinding.

published data in order to elucidate the present situation as regards the possibilities and processes for decontaminating large batches of grain and grain products. The accent is placed on those methods which are most suitable from the technical and economic viewpoints or would offer the best prospects after appropriate further development.

In the light of the investigations conducted to date, the following principles merit consideration : cleaning, washing, shelling, peeling, husking, grinding.

published data in order to elucidate the present situation as regards the possibilities and processes for decontaminating large batches of grain and grain products. The accent is placed on those methods which are most suitable from the technical and economic viewpoints or would offer the best prospects after appropriate further development.

In the light of the investigations conducted to date, the following principles merit consideration : cleaning, washing, shelling, peeling, husking, grinding.

**EUR 3179.d**

**EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM**

**LITERATURSTUDIE ÜBER PROBLEME DER DEKONTAMINATION  
VON GETREIDE UND GETREIDEERZEUGNISSEN**

**von**

H.D. OCKER, M. MÜHLENING und H. ZWINGELBERG  
(Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung)

**1966**



Bericht abgefasst vom  
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  
Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung  
Detmold - Deutschland

Euratom-Vertrag Nr. 019-64-9 PSTD

## INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	3
Einleitung	4
I. Dekontamination durch Getreidereinigung	5
II. Dekontamination durch Enthülsen des Getreides	12
A. Weizen und Roggen	12
B. Schleifen und Schälen von Reis	15
C. Dekontamination durch Entspelzen von Hafer	16
III. Dekontamination durch Vermahlen von Getreide	17
IV. Weitere Dekontaminationsmöglichkeiten	26
Zusammenfassung	27
Literatur-Verzeichnis	29

### ZUSAMMENFASSUNG

Diese Studie über die Probleme der Dekontamination von radioaktiv kontaminiertem Getreide ist zu dem Zweck durchgeführt worden, die in der Literatur vorliegenden Daten zu sammeln und zu verarbeiten, um den augenblicklichen Stand der Möglichkeiten und Verfahren zur Dekontaminierung grosser Posten Getreide und -Produkte aufzuzeigen. Im Vordergrund stehen dabei solche Verfahren, die in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht am besten geeignet sind, bzw. die nach entsprechender Weiterentwicklung die besten Aussichten bieten würden.

Aufgrund der bisherigen Untersuchungen über Dekontaminierungsmöglichkeiten bei Getreide kommen in Betracht : Getreidereinigung bzw. -Wäsche, Enthülsen, Schälen bzw. Entspelzen, Vermahlen.

VORWORT

Der vorliegende Bericht über die Probleme der Dekontamination radioaktiv verseuchter Getreideprodukte wurde auf Ersuchen der Direktion Gesundheitsschutz von der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, in Detmold (Deutschland), ausgearbeitet. Es werden darin die in der Literatur behandelten Dekontaminationsverfahren, soweit sie technisch und wirtschaftlich durchführbar sind oder bei entsprechender Weiterentwicklung günstige Aussichten bieten, kritisch erörtert; ferner enthält die Studie konkrete Vorschläge für ergänzende Untersuchungen, die hinsichtlich bestimmter Aspekte für zweckdienlich erachtet werden.

Bereits früher ist auf Veranlassung der Kommission ein gleichartiger Bericht über die Dekontamination radioaktiv verseuchter Milch ausgearbeitet und in 1965 als Euratom-Bericht EUR 2507 veröffentlicht worden.

Diese Veröffentlichungen sollen einen Überblick über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse auf diesem Gebiet vermitteln; gleichzeitig erscheint es wünschenswert, auf eine mehr oder weniger ernste radioaktive Verseuchung von der Ernährung dienenden Produkten vorbereitet zu sein, um eine mögliche Überschreitung der für die Bevölkerung höchstzulässigen Bestrahlungswerte vermeiden zu können.

Aus mehreren Gründen, die als bekannt vorausgesetzt werden dürfen, ist Milch zweifellos die bedeutendste potentielle Gefahrenquelle für eine innere Kontamination des Menschen. Einen zweiten ebenfalls bedeutenden Platz nehmen in dieser Beziehung jedoch die Getreideprodukte ein. Dies hängt sowohl mit dem möglichen Verseuchungsgrad als auch mit den verbrauchten Mengen zusammen. Im allgemeinen dürfte aber die Dekontamination von Getreideprodukten - u.a. in Anbetracht der mehr oder weniger begrenzten Produktionsperiode und der Möglichkeit, auf nicht verseuchte Vorräte zurückgreifen zu können - ein weniger dringliches Problem sein als die Dekontamination der Milch. Dies schließt allerdings die Notwendigkeit nicht aus, auf alle möglichen Fälle vorbereitet zu sein.

Einleitung (\*)

Die vorliegende Literaturstudie über die Probleme der Dekontamination von radioaktiv kontaminiertem Getreide ist zu dem Zweck durchgeführt worden, die in der Literatur vorliegenden Daten zu sammeln und zu verarbeiten, um den augenblicklichen Stand der Möglichkeiten und Verfahren zur Dekontaminierung großer Posten Getreide und -Produkte aufzuzeigen. Im Vordergrund sollen dabei solche Verfahren stehen, die in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht am besten geeignet sind, bzw. die nach entsprechender Weiterentwicklung die besten Aussichten bieten würden.

Aufgrund der bisherigen Untersuchungen über Dekontaminierungsmöglichkeiten bei Getreide kommen folgende Prinzipien in Betracht.

- a) Getreidereinigung bzw. -Wäsche
- b) Enthülsen, Schälen bzw. Entspelzen
- c) Vermahlen



## I. Dekontamination durch Getreidereinigung

In der Mühlenreinigung wird durch Abtrennung der im Getreide enthaltenen Besatzanteile (Unkrautsamen, Spreu, Steine usw.) auch Schmutz und Staub und anderer in der äußeren Beschaffenheit nicht für die Vermahlung geeignete Anteile durch folgende Maschinen nacheinander gereinigt:

Aspirateur

Magnet

Trieure

Pneumatische Reinigung

Fester anhaftende Verunreinigungen, die an bestimmten Stellen des Getreidekornes (Furche, Bärtchen) nur schwer durch die Trockenreinigung erfaßt werden, können zum Teil durch eine Getreidewäsche gelöst und anschließend in einer Zentrifuge abgeschleudert werden. Bei dieser Behandlung kann das Getreide je nach Ausgangsfeuchtigkeit für einen Zeitraum von 0,5 bis 2 Minuten mit dem Waschwasser in Berührung kommen.

Obwohl durch eine kombinierte Naßtrockenreinigung ein gut gereinigtes Getreide erhalten werden kann, zeigen doch die bisherigen Veröffentlichungen, daß auf diese Weise nur ein relativ kleiner Anteil von Radionukliden von dem Getreide entfernt wird.

A a r k r o g und L i p p e r t (1) beobachteten an dänischen Weizen (Ernte 1960) eine Abnahme des Gehaltes an Strontium-90 beim Waschen von 32,3 auf 29,2 pCi pro kg entsprechend 9,6 %. Einzelheiten des Waschvorganges werden nicht mitgeteilt.

M e r t e n und K n o o p (2) konnten deutschen Roggen von 70 auf 62 pCi pro kg entsprechend 11,4 % durch Waschen dekontaminieren.

H a r l e y und R i v e r a (3) behandelten Koloradoweizen der Ernte 1950 2 Stunden lang mit Wasser. Sie konnten jedoch

nur 6 - 8 % des Strontium-90 und 3 - 5 % Calcium entfernen.  
(Der Calciumgehalt des Wassers wurde nicht angegeben)

Middleton (4) untersuchte 1957 und 1958 den Kontaminationsmechanismus von Weizen und anderen Nutzpflanzen durch Besprühen von Blättern und anderen Pflanzenteilen mit trägerfreien Lösungen von Strontium-90 und Caesium-137. Er beobachtete dabei, daß Weizenkörner, die durch Besprühen der Ähren kontaminiert worden waren, selbst durch Waschen mit Trägerlösungen nicht wesentlich dekontaminiert werden konnten.

In Zusammenhang mit Untersuchungen zur Enthülsung von Weizen stellt R i v e r a (5) fest, daß weder Strontium-90 noch inaktives Strontium oder Calcium durch das bei der Enthülsung verwendete Wasser gelöst und entfernt werden. Auf diese Arbeit wird später bei der Erörterung der Dekontamination von Getreide durch Enthülsen noch eingegangen werden.

In einem gewissen Gegensatz zu diesen Befunden stehen die Ergebnisse von S t a d e l m a n n (6). Er berichtet, daß durch einen "gründlichen Reinigungs- und Waschvorgang" 25 - 30 % des Strontium-90 vom Getreide entfernt werden können. Einzelheiten des bei diesen Untersuchungen angewandten Verfahrens werden jedoch nicht angegeben.

Nach größere Effekte erzielte S t a d e l m a n n (6) durch den Zusatz von Komplexbildnern (Zitronensäure, EDTA) und Polyphosphaten zum Waschwasser. Mit relativ verdünnten Lösungen dieser Stoffe (0,1 %) konnten nach seinen Befunden bis zu 55 % des Strontium-90 bei 2 kg-Mustern von Weizen und Roggen der Ernte 1961 und 1962 entfernt werden. Nach der von ihm gegebenen Vorschrift steht das Getreide für etwa eine halbe Minute mit der Waschlösung in Berührung und wird nach anschließender zweiter Wäsche mit

reinem Wasser erneut zentrifugiert. Wesentlich für die Höhe der Dekontamination scheint ein gewisser Calciumgehalt der Waschlösung zu sein (7). Die Wirkungsweise speziell der Polyphosphate wird von S t a d e l m a n n (6) auf einen Ionenaustausch zwischen den in der Ionenwolke der Polyphosphat-Anionen gebundenen Calciumionen der Waschlösung und den Strontium-(Strontium-90)Ionen des Getreides zurückgeführt. Die kombinierte Anwendung von Komplexbildnern (EDTA) und Polyphosphaten brachte nur eine geringfügige Steigerung der Dekontamination. Dagegen führte das sogenannte Vakuumverfahren, bei dem die Waschlösung auf unter einem Vakuum von 60 mm Wassersäule stehendes Getreide einwirkt, zu einer fast 70 %igen Abtrennung des Strontium-90.

Versuche, die 1964/65 an der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung in Detmold (8) an 5 deutschen Weizen der Ernte 1963, einem deutschen Weizen der Ernte 1964, 2 deutschen Roggen der Ernte 1963 und 1 deutschen Roggen der Ernte 1964 durchgeführt wurden, hatten folgende Ergebnisse: Die pneumatische Trockenreinigung erbrachte nur bei einem der insgesamt 9 Getreidemuster einen deutlichen Dekontaminationseffekt (35 % Strontium-90). Selbst bei diesem Muster konnten jedoch keine wesentlichen Mengen von Caesium-137 und Mangan-54 durch die Trockenreinigung entfernt werden.

Die Getreidewäsche in einer konventionellen Waschanlage führte zu einer Abtrennung von 0 - 14 % Strontium-90, 3 - 10 % Caesium-137 und 1 - 6 Mangan-54 bei Weizen, 0 - 5 % Strontium-90, 0 - 13 % Caesium-137, 0 - 10 % Mangan-54 bei Roggen. Die Verlängerung der Waschzeit von 1,5 auf 3 - 5 Minuten bzw. das Aufnetzen des Getreides vor dem Waschen erbrachte keine Verbesserung der Dekontamination hinsichtlich des Strontium-90, hatte jedoch einen deutlichen, wenn auch nicht sehr hohen Effekt auf die Entfernung von Caesium-137 (13 bis 19 %) zum Teil auch Mangan-54 (0-10 %).

Wichtig ist aber vor allem der Befund, daß durch Anwendung von Komplexbildnerlösung (EDTA bzw. Polyphosphatlösungen) nach der Vorschrift von S t a d e l m a n n (6) auf dieselben Getreidemuster in keinem Fall eine Steigerung des Dekontaminationseffektes beobachtet werden konnte. Auch die Erhöhung der Komplexbildnerkonzentration, die Verlängerung der Waschzeit sowie das zweimalige Waschen desselben Musters führte nicht zu einer merklichen Verbesserung. Desgleichen blieb auch die Anwendung des Vakuumverfahrens ohne Steigerung der Dekontamination. Lediglich bei dem Roggenmuster der Ernte 1964, das kurz nach der Ernte dem Vakuumverfahren unterzogen wurde und das einen etwas höheren Wassergehalt als die anderen Muster aufwies, konnte der höhere Dekontaminationseffekt von 23 % für Strontium-90, 21 % für Caesium-137 und 11 % für Mangan-54 beobachtet werden.

Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß bei den Vakuumverfahren bereits eine Ablösung von Zellschichten der Getreidehülle auftrat, so daß insgesamt gesehen das Vakuumverfahren bereits einen Übergang zu den in dem nächsten Abschnitt zu beschreibenden Enthüllungsverfahren darstellt.

#### Diskussion der Waschverfahren

Von einer umfassenden und erschöpfenden Untersuchung der Auswirkungen der Getreidereinigung und Wäsche auf die Dekontamination kann unter Berücksichtigung der hier angeführten Veröffentlichungen noch nicht gesprochen werden. Die Mehrzahl der Arbeiten behandelt das Thema Reinigung mehr am Rande und offensichtlich unter anderer Zielsetzung. Es handelt sich überwiegend um Handversuche mit dem Ziel, die Lokalisation und die Festigkeit der Bindung

der Radionuklide, vornehmlich des Strontium-90, bei Getreide zu untersuchen. Eine eigentliche Dekontamination war weniger beabsichtigt.

Lediglich die Arbeiten von S t a d e l m a n n (6) und der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold, (8) haben das Thema mehr unter Berücksichtigung der technologischen Gegebenheiten studiert.

Mit Ausnahme von S t a d e l m a n n (6) finden alle übrigen Autoren insgesamt gesehen nur einen relativ geringen Dekontaminationseffekt.

Unter den derzeit gegebenen Kontaminationsbedingungen scheint daher eine Getreidereinigung durch Trockenreinigung bzw. durch Wäsche relativ wenig wirksam zu sein. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß ein wesentlich höherer, unter Umständen sogar sehr hoher Dekontaminationseffekt erzielt wird, wenn voll ausgereiftes Getreides mit trockenem radioaktivem Staub kontaminiert ist. Wird trocken kontaminiertes Getreide (Reaktorunfall, Bombentest) jedoch befeuchtet, z.B. durch Regen, Tau oder dergleichen, so dringen offenbar die löslichen Radionuklide in das Korninnere ein und entziehen sich damit einer Dekontamination durch Trockenreinigung oder Wäsche. Daher bleibt der Dekontaminationseffekt durch die Getreidereinigung relativ stark von den Kontaminationsbedingungen abhängig. Für die Gegenwart und noch mehr für die nahe Zukunft muß jedoch vermutlich mit geringen Reinigungseffekten gerechnet werden, da mit Absinken der Falloutrate der Anteil der aus dem Boden stammenden Radionuklide größer werden wird und somit die Radionuklide von vornherein in tieferen Schichten des Kornes verankert sind.

Diese Vorstellungen bedürfen jedoch der experimentellen Nachprüfung, wobei zweckmäßigerweise die Reinigung von künstlich kontaminiertem Getreide zu untersuchen wäre. Da bei einem Reaktorunfall oder bei einer Atomexplosion, d.h. bei relativ frischem Fallout, Strontium-90 und Caesium-137 prozentual verhältnismäßig geringe Bedeutung haben, wären außer diesen beiden Nukliden auch andere Nuklide von mittlerer Halbwertszeit z.B. Ru-103, Ru-106, Ce-141, Ce-144, Zr-95, Nb-95, Ba-140 usw. in den Kreis dieser Untersuchungen einzuschließen.

Ungeklärt ist z.Zt. der Wirkungsgrad von Komplexbildner-Lösungen bzw. Polyphosphatlösungen. Eine mögliche Ursache für die Diskrepanz zwischen den Stadelmann'schen Befunden und den Ergebnissen der Bundesforschungsanstalt könnte in den verschiedenen Erntejahren und damit Kontaminierungsbedingungen der von beiden Untersuchungsstellen verwendeten Getreidemuster zu suchen sein. Es ist denkbar, daß die Muster aus dem Jahre 1961/62, die S t a d e l m a n n (6, 7) untersuchte, unter relativ trockenen Bedingungen und damit mehr an der Oberfläche kontaminiert worden sind. Damit wäre erneut bestätigt, wie sehr die Reinigung durch Waschen von dem Kontaminationsmechanismus abhängig ist.

N a c h t r a g:

Nach Fertigstellung des Entwurfs dieser Literaturstudie erschien Anfang 1966 eine Veröffentlichung von A n d e r s o n und P f e i f e r \* über die Entfernung von Strontium-90 aus Weizen und Mahlprodukten mittels Getreidewäsche bzw. Getreide-Schälung. Durch eine zeitlich bis auf 48 Stunden ausgedehnte Wäsche von Kansas hard redwinter-Weizen der Ernte 1963 mit Calcium-haltigen Wasser konnten bis zu 71 % des Sr-90 entfernt werden. Der Zusatz von bestimmten Säuren (Phosphorsäure, Zitronensäure, Milchsäure u.a.) in Höhe von 0,2 bis 0,5 % reduzierte die erforderliche Waschzeit auf 3 1/2 Stunden bei ähnlich hohem Dekontaminationseffekt. Mahlversuche mit dem gewaschenen Weizen zeigten keine Verringerung des Sr-90-Gehaltes des Endosperms, wenn nur mit Calcium-haltigen Wasser gewaschen worden war. Der Zusatz der oben angeführten Säuren zum Waschwasser führte dagegen zu einer nachweisbaren Abnahme des Strontium-90-Gehalts auch der hellen Mehle.

In wissenschaftlicher Hinsicht sind diese Ergebnisse hoch interessant, da sie Anhaltspunkte über die Geschwindigkeit geben, mit der das Strontium-90 aus dem Getreidekorn diffundieren kann.

Die Übertragung dieser Befunde auf die müllereitechnische Praxis begegnet jedoch erheblichen Schwierigkeiten. Durch die lange Verweildauer im Waschwasser muß mit einer beträchtlichen Wasseraufnahme durch das Getreide gerechnet werden, die zu langen Trocknungszeiten führt, da das feuchte Getreide schonend, d.h. langsam getrocknet werden muss.

Da andererseits durch die übliche Vermahlung des Getreides auch ohne eine so ausgedehnte Wäsche ein erheblicher Teil der Radionuklide, insbesondere Sr-90, mit der Kleie und den Nachprodukten entfernt wird, ist der Wert dieses Waschverfahrens im Hinblick auf die Erzeugung kontaminationsarmer Mehle fraglich.

Das erörterte Waschverfahren hat daher in erster Linie Bedeutung für die Herstellung von niedrig-kontaminierten Vollkornprodukten. In zukünftigen Untersuchungen sollte allerdings - neben der Festlegung der technischen Einzelheiten der Getreidewäsche (Waschzeit, Temperatur, Säurekonzentration usw.) auch möglichen Beeinflussungen der Getreidequalität Beachtung geschenkt werden.

-----  
\* Fussnote: Anderson, R.A. and V.F.Pfeifer:  
Progress on Methods for Reducing Strontium-90 in  
Wheat and Milled Products  
Rad.Health Data 7, 2, S.57-60 (1966)

## II. Dekontamination durch Enthülsen des Getreides

### A. Weizen und Roggen

Ausgehend von der von zahlreichen Autoren gemachten Beobachtung, daß sich die Radionuklide vorwiegend an bzw. in den äußeren Schichten des Getreidekornes anreichern, und im Gegensatz dazu das Korninnere verhältnismäßig aktivitätsarm bleibt, haben H a r l e y und R i v e r a (3, 5) sowie M e r t e n und K n o o p (2) versucht, durch Abtrennung der äußeren Kornschicht (Enthülsen) auch einen beträchtlichen Anteil des Sr-90 zu entfernen.

Die Versuche der Amerikaner wurden an Ohioweizen der Ernte 1958 nach einem Verfahren von T. E a r l e (9) vorgenommen. Es konnten rund 25 % des Sr-90, rund 6 % des inaktiven Strontium und 14 % des Calcium mit den Hülsen entfernt werden, obwohl deren Gewichtsanteil am Getreidekorn nur etwa 4 % ausmacht.

M e r t e n und K n o o p (2) untersuchten Muster von Weizen und Roggen (Ernte 1960), die nach dem im Prinzip ähnlich arbeitenden Steinmetzverfahren enthülst worden waren (10), und fanden, daß mit den Hülsen 32 % des Sr-90 beim Weizen und 45 % des Sr-90 beim Roggen entfernt wurden.

1964/65 hat die BFG (11) ebenfalls Untersuchungen an enthülstem Getreide (Steinmetz-Verfahren) durchgeführt. Es wurden dazu Mischproben während der Enthülsung von jeweils 500 kg Getreide gezogen. Untersucht wurden 1 Weizenmuster der Ernte 1960, 1 Roggenmuster der Ernte 1962 und 1 Roggenmuster der Ernte 1963. Bei dem Weizenmuster konnten 37 % Sr-90, dagegen praktisch kein Cs-137, bei einem Roggenmuster (Ernte 1962) 50 % des Sr-90, 10 % des Cs-137 und 21 % des Mm-54 und bei dem 2. Roggenmuster 42 %



des Sr-90, 0 - 5 % des Cs-137 und 25 % des Mn-54 mit den Hülsen entfernt werden. Das Enthülsen von Getreide (Roggen und Weizen) wird in der Mühlentechnik bereits seit längerem vorgenommen. Als Beispiel eines derartigen Enthülsungsverfahrens sei hier das Steinmetzverfahren kurz erläutert.

Nach der üblichen Trockenreinigung wird das Getreide einer Kaskadenwäscherei zugeführt, in der Steine und andere nicht zum Getreide gehörende Bestandteile, wie Staub, Fremdkörper usw. entfernt werden. Bei dieser Behandlung wird von der äußeren Schalenschicht (Holzfaserhülle) Wasser aufgenommen. Der Prozeß wird so abgestimmt, daß die unter der Holzfaserhülle liegenden Schalenschichten kaum Wasser aufnehmen können. Der Wasserstrom dient als Transportmittel und befördert das Getreide in eine Schleudertrommel. Hier wird das Getreide bewegt und gestaut, wobei die Körner durch Reibung sich gegenseitig vorenthülsen, d.h. die Holzfaserhülle wird gelockert und größtenteils abgezogen. Das Wasser wird abgeführt. Durch eine sich rhythmisch öffnende Drosselklappe gelangt das Getreide samt Hülsen in eine weitere Schleudertrommel. In beiden Enden derselben sind Luftsiebe angeordnet. Der von einem Exhauster erzeugte regulierbare Luftstrom fördert die feuchten Hülsen fort und trocknet zugleich die äußerlich angefeuchteten Körner ab, wobei durch eine Wiederholung des Schleudervorganges die letzten Reste der Hülsen gelöst und die Körner glatt poliert werden. Durch eine weitere rhythmisch bewegte Drosselklappe verläßt das gewaschene und enthülste Getreide die Enthülsungsanlage. Die Feuchtigkeitsaufnahme der enthülsten Körner beträgt durchschnittlich 0,5 %, die der Hülsen 25 - 30 %.

### Diskussion der Dekontamination von Weizen und Roggen durch Enthülsen

Nach den Literaturangaben konnte Getreide aus den Ernten 1958 bis 1963 durch Enthülsen merklich dekontaminiert werden. Der Dekontaminationseffekt, der bei Roggen etwas höher liegt als bei Weizen, scheint danach nicht sehr stark von den Kontaminationsbedingungen (Klima, Erntebedingungen usw.) abzuhängen, doch muß diese Erwartung mit einem gewissen Vorbehalt gegeben werden. Nach den amerikanischen Untersuchungen (5) werden nämlich nur 6 % des inaktiven Strontiums durch das Enthülsen entfernt. Wenn das Getreide ausschließlich durch Aufnahme des Sr-90 über die Wurzeln kontaminiert ist, müßte danach der Dekontaminationseffekt ebenfalls auf etwa 6 % zurückgehen.

Diese Vermutung müßte durch Bestimmung des Gehaltes an inaktivem Strontium im Ausgangsgetreide, dem enthülsten Getreide und den Hülsen an einer größeren Zahl von Untersuchungsmustern noch näher geprüft werden. Unter Umständen ist es dabei möglich, die Enthülsung so vorzunehmen, daß ein größerer Anteil des inaktiven Strontiums mit den Hülsen entfernt wird.

Obwohl somit durch Enthülsen Weizen und Roggen im technischen Maßstab, d.h. in größeren Partien, nach bereits vorliegenden Verfahren wenigstens z.T. dekontaminiert werden können, so darf doch andererseits nicht übersehen werden, daß ein erheblicher Teil der kontaminierenden Radionuklide noch in dem enthülsten Getreide vorhanden ist. Dieser Anteil macht unter den gegenwärtigen Bedingungen selbst beim Sr-90, bei dem der höchste Dekontaminationseffekt erzielt wurde, mehr als die Hälfte aus.

Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse für Mn-54 und vor allem für Cs-137. Hier werden durch das Enthülsen rund 20 % (Mn) bzw. 0 - 10 % (Cs) entfernt. Die Ursache dieser geringen Dekontamination ist wohl darauf zurückzuführen, daß diese Radionuklide in tieferen Schichten des Kornes angereichert und somit durch das Enthülsen nicht erfaßt werden.

Der Dekontaminationseffekt für weitere Radionuklide, vor allem solche, die im frischen Fallout prozentual stärker vertreten sind, ist noch nicht untersucht. Insbesondere bei mehrwertigen Elementen, wie Zirkon, Cer, Ruthen usw. könnte er jedoch sogar höher sein als für Sr-90.

Die Dekontamination durch Enthülsen hat vor allem insofern besondere Bedeutung für die Getreidewirtschaft, als durch dieses Verfahren Vollkornprodukte mit geringerer Kontamination hergestellt werden können. Bei der Bedeutung, die Vollkornprodukte zumindest in einigen Ländern besitzen, sollten alle Verfahren zur Herstellung von niedrig kontaminierten Vollkornprodukten besonders gefördert werden.

## II- B. Schleifen und Schälen von Reis

Bei der Verarbeitung von Braunreis zu Weißreis werden durch Schleif- und Schälvorgänge Randschichten des Reiskornes entfernt, die reich an Rohfaser und Mineralstoffen sind. So sinkt nach Neumann-Pelshenke der Mineralstoffgehalt des ungeschälten Reises (Paddyreis) von 4 % auf 0,8 % (geschälter Reis) bzw. 0,5 % (polierter Reis) ab, und der Rohfasergehalt von 8,9 % auf 0,8 % bzw. 0,4 %.

Man sollte daher erwarten, daß durch die Verarbeitung des Braunreises auch ein erheblicher Teil an kontaminierenden Radionukliden entfernt wird. Nach den Litera-

turangaben ist dies offenbar auch der Fall. Man entnimmt einer von der FAO 1960 herausgegebenen Unterlage (13), daß beim Übergang von Braunreis zum Weißreis zwischen 60 bis 94 % des Sr-90 mit den Schleif- und Poliermehlen entfernt werden. Der Dekontaminationseffekt ist demnach bei Reis bedeutend höher als das Enthülsen bei Weizen oder Roggen. Nach der zitierten Unterlage (13) handelt es sich bei diesen Angaben um japanischen Reis der Ernten 1955 - 1957, bei dem die Radionuklide überwiegend direkt aufgenommen werden. Ob bei Kontamination ausschließlich über die Wurzeln ähnlich hohe Dekontaminationseffekte durch das Schälen und Polieren des Reises erreicht werden, muß offen bleiben. Die Tabelle 5 auf Seite 172 der zitierten Schrift (13) zeigt Versuchsergebnisse der Verteilung von Sr-90 und Cs-134.

	<u>Sr-90</u>	<u>Cs-134</u>
Bran	70 %	54 %
Polished Rice	30 %	46 %

Nach dieser Tabelle ist zumindest der Dekontaminationseffekt bei Caesium geringer als beim Strontium-90

#### II- C. Dekontamination durch Entspelzen von Hafer

Nach Untersuchungen der BFG (14) wird durch das Entspelzen von Hafer mehr als 50 % des Sr-90 mit den Spelzen entfernt.

Die Gesamtreinigung, einschließlich der Entspelzung, entfernt zwischen 60 und 70 % des Sr-90, zwischen 40 und 50 % des Cs-137 und 30 bis 40 % des Mn-54. Die bisher durchgeführten Untersuchungen sind jedoch nicht ausreichend für eine abschließende Beurteilung.

### III. Dekontamination durch Vermahlen von Getreide

Eine Reihe von Veröffentlichungen, vor allem von britischen und amerikanischen Autoren, befaßt sich mit der Übertragung von Radionukliden bei der Vermahlung von Getreide. Überwiegend ist dabei das Verhalten von Sr-90 bei Weizen untersucht worden. Erst in neuerer Zeit wurde dem Cs-137 mehr Beachtung geschenkt. Die Roggenvermahlung ist kaum behandelt worden. (1, 3, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23).

Die Interpretation der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wird jedoch durch unvollständige bzw. fehlende Angaben sehr erschwert. So vermißt man häufig Angaben über den Aschegehalt der Mahlprodukte, die Durchführung der Vermahlung (z.B. Diagramm, eingesetzte Getreidemenge, Vermahlungsfeuchtigkeit usw.) oder eine Bilanz des untersuchten Radionuklids.

Will man trotzdem versuchen zu einem einheitlichen Bild zu gelangen, so lassen sich folgende Punkte aufzählen:

1.

Ein erheblicher Anteil des im Ausgangsgetreide vorhandenen Sr-90 und Cs-137 wird mit der Kleie und anderen nicht für die menschliche Ernährung vorgesehenen Mahlprodukten zunächst aus der Ernährungskette des Menschen herausgezogen. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß diese Produkte als Viehfutter indirekt doch wieder zur Gefährdung des Menschen durch Radionuklide beitragen können. Das gilt insbesondere für das Cs-137, das sich im Tierkörper vornehmlich in den Fleischteilen anreichert, während das Sr-90 größtenteils in den Tierkörperknochen endgültig gebunden wird.

2.

Die Höhe des durch die Vermahlung zunächst entfernten Anteils an Radionukliden ist nicht genau festzulegen. Dieser Anteil dürfte unter den gegenwärtigen Umständen jedoch sicher mehr als 60 % des im vollen Weizenkorn enthaltenen Sr-90 ausmachen. Die Dekontamination durch die Vermahlung ist daher z.Zt. größer als durch alle anderen bisher vorgeschlagenen Dekontaminationsverfahren. Für Cs-137 liegt dieser Prozentsatz offensichtlich niedriger, d.h. das Verhältnis Cs-137 zu Sr-90 verschiebt sich in den Mahlprodukten zugunsten des Cs-137 (14, 19, 22, 23).

Für Roggen liegen z.Zt. noch nicht genügend Messungen vor, um sichere Aussagen machen zu können. Der in den Mahlprodukten verbleibende Anteil an Sr-90 und Cs-137 ist jedoch vermutlich höher als beim Weizen (14).

3.

Es ist oft versucht worden, eine Beziehung zwischen der Kontaminationshöhe des Ausgangsgetreides und der daraus hergestellten Mahlprodukte aufzustellen. Die Prüfung der bisherigen Untersuchungen ergibt leider, daß eine konstante Beziehung dieser Art nicht besteht. So ging z.B. der Prozentsatz des Sr-90 im patent flour aus US-Weizen, das mit durchschnittlich 52 % Ausbeute anfällt, von 11 % im Jahre 1958 auf nur 3 % im Jahre 1963 zurück (16). In dem gleichen Zeitraum sank der Prozentsatz des Sr-90 in den Mehlen 1st und 2nd clear von 11 % auf 4 % ab. In allen 3 Mehlen fiel somit der Prozentsatz um  $\frac{2}{3}$  des Anfangswertes von 1958 ab. Dagegen stieg der Anteil des Sr-90 in den shorts und in der Kleie von 34 bzw. 43 auf 43 bzw. 50 % an.

Auch die gelegentlich geäußerte Auffassung, daß ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Aktivität des Getreides und der Aktivität des daraus hergestellten Patent-Mehles besteht (Patent-Mehl/Getreide wie 1/5), trifft nach diesen Daten nicht in allen Fällen zu.

Nach den Angaben von R i v e r a (16) beobachtete das Health und Safety Laboratory vielmehr folgende Verhältnisse:

	<u>1958</u>	<u>1959</u>	<u>1960</u>	<u>1961</u>	<u>1962</u>	<u>1963</u>
<u>Patent-Mehl</u> Getreide	0,21	0,21	0,154	0,17	0,134	0,058
1st and 2nd <u>clear</u> Getreide	0,435	0,39	0,35	--	0,35	0,175

Bei den Angaben dieser Tabelle ist zu beachten, daß es sich um Verhältniszahlen von Mittelwerten handelt, die bei einer einzelnen Vermahlung nach oben oder unten verlassen werden können. Die tatsächliche Streuung ist also größer, als aus diesen Zahlen hervorgeht.

4.

B o e k (22) folgert aus der Zunahme der Sr-90 und Cs-137-Aktivität der Mahlprodukte (bezogen auf Gewichtseinheit) mit steigendem Ausmahlungsgrad auf eine "völlige Parallelität der Radioaktivität mit dem Asche- und auch mit dem Calcium- bzw. Kaliumgehalt der Mahlprodukte". Mit anderen Worten sollte das Verhältnis Sr-90-Aktivität bzw. Cs-137-Aktivität pro Gramm Asche bzw. pro Gramm Calcium bzw. pro Gramm Kalium in allen Mahlprodukten konstant bleiben.

Nach seinen eigenen Befunden ergibt sich jedoch ein anderes Bild. So steigt nach den Ergebnissen der von ihm untersuchten Manitoba-Vermahlung der Sr-90-Gehalt (pCi-Sr-90/g Asche) von 0,86 (Mehl Type 550) über 1,13 (Mehl Type 1050), 1,93 (Bollmehl) auf 2,57 (Kleie) an, desgleichen steigt die Sr-90-Aktivität pro Gramm Calcium von 34,0 (Mehl Type 550) über 36,8 (Mehl Type 1050), 95,6 (Bollmehl) auf 130 (Kleie) an. Von einer Konstanz, d.h. von einem Parallellaufen zwischen Sr-90-Gehalt und Aschegehalt oder Calcium-Gehalt kann daher nicht die Rede sein.

Auch die Untersuchungen anderer Autoren lassen eine derartige Konstanz nicht erkennen (14, 16, 20, 21).

Etwas günstiger sieht das Bild im Fall des Cs-137 aus. Das Verhältnis Cs-137-Aktivität pro Gramm Asche ist auffallenderweise bei den aschearmen Mehlen relativ hoch, sinkt mit steigendem Aschegehalt zunächst etwas ab, fällt bei den Nachmehlen, insbesondere beim Bollmehl, deutlich ab und steigt u.U. bei der Kleie wieder an.

Wenn somit im strengen Sinne auch keine Parallele zwischen Radionuklid-Gehalt und Aschegehalt besteht, so ist Boek (22) doch unbedingt darin zuzustimmen, daß Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung der Aktivität von Mahlprodukten aus der bekannten Aktivität des Ausgangsgetreides als Faustzahlen von großem Wert sind und eine Menge von für die Zwecke der Überwachung unnötigen Untersuchungen an einer Vielzahl von einzelnen Mehlmustern überflüssig machen würden.

Boek selbst gibt folgende abgerundete Faktoren:

	<u>Sr-90</u>	<u>Cs-137</u>
Type 550	0,2	0,45
" 812	0,35	0,55
" 1050	0,5	0,7
" 1600	0,6	1,35



für die Abschätzung der Radioaktivität der Mehle aus der gemeinsamen Aktivität des Ausgangsgetreides (gereinigtes Getreide!). Auch hier muß beachtet werden, daß es sich bei diesen Umrechnungsfaktoren nur um Mittelwerte aus einer mehr oder minder großen Zahl von Untersuchungen handeln kann, die im Einzelfall nach oben oder unten über- bzw. unterschritten werden können. Generell läßt sich eine feste Beziehung der oben genannten Art auch gar nicht erwarten. Das ergibt die Betrachtung der grundsätzlichen Vorgänge beim Mahlen von Getreide.

Ziel der Vermahlung ist die Trennung von Endosperm (Mehlkern) und Schale. Durch Aufreißen des Getreidekorns beim I. Schrot wird bereits eine gewisse Menge Mehl gewonnen, die durch Sieben abgetrennt wird. Dieser Vorgang wiederholt sich in den weiteren Zerkleinerungspassagen, wobei Mehle unterschiedlicher Qualität, unterschiedlichen Feinheitsgrades und - worauf es hier besonders ankommt - auch mit unterschiedlichem Schalenanteil anfallen. Durch die Sichtung können die in den Mehlen vorhandenen Schalenanteile, die bereits die Mehlfineheitsgrenze erreicht haben, nicht vollständig abgetrennt werden. Somit erhalten die verschiedenen Endprodukte einen mehr oder weniger hohen Anteil von Schalen bzw. Randpartien des Getreidekorns. Je nach dem Vermahlungsdiagramm, den Mahleigenschaften des Weizens, der Vermahlungsfeuchtigkeit und anderen Faktoren ist dieser Anteil in den einzelnen Mehlen auch bei gleichem Aschegehalt der Mehle verschieden groß. Da in den Randschichten des Getreidekorns eine annähernd zehnmal höhere Aktivität als im Endosperm vorliegt, wird durch einen geringfügigen Anteil von Schalenteilchen (Randteilchen) ein beträchtlicher Anteil der Sr-90-Aktivität in den Mehlen verursacht. Da sowohl der Aschegehalt

der Schale als auch der Anteil der Schalen schwankt, unterliegt auch der Gehalt an Sr-90 in den einzelnen Mahlprodukten einer erheblichen Streuung. Auf diese Weise erklären sich die großen Unterschiede in dem Gehalt an Sr-90, die in den letzten Jahren bei der Untersuchung von Mehlen gefunden wurden.

Das Bild wird weiterhin durch die Vermahlung von Weizenmischungen aus Partien mit unterschiedlicher Kontaminationshöhe und unterschiedlichen Mahleigenschaften kompliziert.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die kontaminierenden Radionuklide je nach dem Kontaminationsmechanismus (Fallout-Rate, Klima, Niederschläge, Bodenverhältnisse) von Erntejahr zu Erntejahr und von Getreidepartie zu Getreidepartie mehr oder weniger tief in das Getreidekorn eindringen.

So beobachtet man bei amerikanischen Weizen eine Schwankung der Sr-Aktivität der Kleie von 115-1090 % (Aktivität des vollen Kornes gleich 100 gesetzt), das heißt etwa um den Faktor 10 : dabei handelt es sich um Untersuchungen eines einzigen Erntejahres (1958) und einer einzigen Weizensorte (Hard Red Spring) (3).

Aus diesen Gründen ist eine feste Beziehung zwischen der Radioaktivität des vollen Kornes und der daraus hergestellten Mahlprodukte nicht zu erwarten. Derartige Beziehungen hängen zu sehr von einer Vielzahl weitgehend unbekannter Parameter ab und besitzen infolgedessen nur eine zeitlich und örtlich begrenzte Gültigkeit.

Nach unseren Beobachtungen hat sich jedoch ergeben, daß die Sr-90-Aktivität (in pCi Sr-90/g Asche) der Mehle mit einem Aschegehalt kleiner als 1,2 % stets niedriger

ist als die auf Gramm Asche bezogene Sr-90-Aktivität des Ausgangsgetreides.

Durch Messung der Sr-90-Aktivität des Ausgangsgetreides kann daher eine obere Grenze für die Sr-90-Aktivität der Mehle abgeschätzt werden, wenn der Wert für das Ausgangsgetreide (in pCi Sr-90/g Asche) mit dem Aschegehalt des in Betracht gezogenen Mehles multipliziert wird. Das Beispiel der von B o e k (22) untersuchten Manitoba-Vermahlung mag dies verdeutlichen.

Produkt	% Asche i.Tr.	pCi Sr-90/g Asche (gemessen)	pCi Sr-90/kg i.Tr. (gemessen)	pCi Sr-90/kg i.Tr. (geschätzt)
Ausgangs- getreide (gewaschen)	1,84	1,37	25,2	--
Type 550	0,63	0,86	5,4	7,5
Type 812	0,86	1,07	9,2	11,2
Type 1050	1,08	1,13	12,2	14,4
Type 1600	1,60	0,96	15,3	22
Nachmehl	3,70	1,42	52,4	51
Futtermehl	4,50	2,10	94,5	62
Bollmehl	5,73	1,93	110	79
Kleie	5,63	2,57	150	77

Die berechnete Sr-90-Aktivität der Mehle wird, wie die Aufstellung zeigt, stets zu hoch geschätzt; erst bei den Nachmehlen liegt die Schätzung im Vergleich zu den Meßwerten zu niedrig. Für die Aufgabenstellung der Radioaktivitätsüberwachung ist es jedoch sicher vom Vorteil, eine einfache Methode zur Abschätzung einer Sr-90-Aktivität der Mehle, die diese höchstens aufweisen, zu besitzen,

bei der nur die Kenntnis der Aktivität des Ausgangsgetreides und der Aschegehalt der Mehle erforderlich ist. Diese Relation trifft nach unseren Beobachtungen auch für Roggenmahlprodukte zu.

Diese Abschätzung führt nach unserer Auffassung weiter als etwa die Berücksichtigung des Ausmahlungsgrades, der in diesem Zusammenhang nur geringe Aussagekraft hat, da jede Mühle letztlich nach eigenen Gesichtspunkten mahlt.

6.

Fortschritte in dieser Frage sind möglich, wenn durch grundlegende Untersuchungen das Verhalten der einzelnen Radionuklide im Verarbeitungsprozeß besser bekannt wird. Hierzu gehört vor allem die Bestimmung des Gehaltes an stabilem Strontium in den einzelnen Mahlprodukten. Es ist zu erwarten, daß die Verteilung des Sr-90 in Zukunft in zunehmendem Maße der Verteilung des stabilen Strontiums folgen wird, da der Anteil der über dem Boden bzw. die Wurzeln aufgenommenen Sr-90-Aktivität relativ steigen wird. Bei ausschließlicher Aufnahme des Sr-90 über die Wurzeln muß das Verhältnis Sr-90 zu inaktivem Strontium in allen Pflanzenteilen und auch in allen Mahlprodukten gleich hoch sein. Wenn die Verteilung des inaktiven Strontiums auf die einzelnen Mahlprodukte bekannt ist, läßt sich durch die Messung des Verhältnisses Sr-90 zu inaktivem Strontium beim Ausgangsgetreide die Sr-90-Aktivität aller Mahlprodukte genau berechnen.

Nach den gegenwärtigen Kenntnissen wird in einem solchen Fall die Aufteilung des Sr-90 auf die Randschichten des Getreidekornes und den Mehlkern ungünstiger liegen, als dies zur Zeit der Fall ist. Nimmt man daher die Verteilung des inaktiven Strontiums als Grundlage für eine Berechnung,

so erhält man eine weitere Sicherheit bei der Abschätzung der Sr-90-Aktivität der Mahlprodukte, da die tatsächliche Sr-90-Aktivität im Mehl immer dann kleiner sein wird als berechnet, wenn zu der Kontamination über die Wurzeln noch eine direkte Kontamination stattgefunden hat.

#### IV. Weitere Dekontaminationsmöglichkeiten

Bei hoher Kontamination auch der Mehle ist es unter Umständen denkbar, daß durch die Verarbeitung des Mehles zu Stärke eine weitere Abtrennung der Radionuklide erreicht werden kann. Hierüber liegen jedoch noch keine Veröffentlichungen vor.

Weiter ist vorgeschlagen worden, hochkontaminierten Mehlen Calcium-Salze, insbesondere Calcium-Carbonat bzw. Calcium-Phosphat, zuzusetzen, um das Verhältnis Sr-90 pro g Ca herabzusetzen und damit die physiologische Gefährlichkeit zu mindern. Es handelt sich bei diesem Vorschlag sicher nicht um eine Dekontamination im eigentlichen Sinne, da von dem vorhandenen Sr-90 durch die Zugabe der Salze ja nichts entfernt wird. Dennoch kann diese Maßnahme sehr wirkungsvoll werden, da auf diese Weise die Gefahr für einen großen Bevölkerungskreis verhältnismäßig einfach reduziert werden kann. Die Auswirkungen eines derartigen Zusatzes zu Mahlprodukten sind jedoch nur von medizinischer bzw. ernährungsphysiologischer Seite in vollem Umfang zu beurteilen. Hier kann daher nur festgestellt werden, daß der Zusatz von Ca-Salzen zu Mehlen technisch möglich ist.

## Z u s a m m e n f a s s u n g

1.

Trockenreinigung und Wäsche von Getreide haben bisher nur zu einer geringfügigen Dekontamination von Sr-90 und Cs-137 geführt. Auch die Anwendung von Komplexbildner-Lösungen brachte nicht in allen Fällen eine entscheidende Verbesserung der Dekontamination. Es wird angeregt, die Reinigung von auf trockenem Wege künstlich kontaminiertem Getreide näher zu untersuchen. Dabei sollte auch das Verhalten weiterer Radionuklide geprüft werden.

2.

Durch Enthülsen von Weizen und Roggen können derzeit 30 - 50 % Sr-90, bis zu 20 % Mn-54, aber nur wenig Cs-137 entfernt werden. Noch wirksamer ist das Schälen und Polieren von Reis und das Entspelzen von Hafer hinsichtlich der Entfernung von Sr-90.

In weiteren Versuchen sollte durch Messung des Gehalts an stabilem Strontium geklärt werden, ob diese Dekontaminationseffekte auch bei ausschließlicher Aufnahme des Sr-90 über die Wurzeln erzielt werden können. Ferner wäre zu prüfen, ob die Vermahlung von enthülstem Getreide zu geringer kontaminierten Mahlprodukten führt.

3.

Die Vermahlung des Weizens entfernt z.Zt. mehr als 60 % des Sr-90 sowie einen etwas geringeren Prozentsatz an Cs-137. Diese Anteile wandern überwiegend in die Viehfütterung. Ihr dortiges Verhalten müßte durch Fütterungsversuche näher geklärt werden.

Das Studium der Literatur ergibt keine konstanten Beziehungen zwischen der Radioaktivität des Ausgangsgreides und der daraus hergestellten Mahlprodukte. Es wird eine empirische Beziehung erläutert, die es gestattet, bei bekanntem Sr-90-Gehalt des Ausgangsgreides den Höchstgehalt an Sr-90 in den Mehlen zu berechnen.

Für Cs-137 ist eine analoge Beziehung noch nicht bekannt.

In weiteren Untersuchungen sollte das Verhalten der Radionuklide sowie des inaktiven Strontiums bei der Vermahlung näher studiert werden; vor allem beim Roggen sind die derzeitigen Kenntnisse lückenhaft.



Literatur-Verzeichnis

- 1) Aarkrog, A. u. J. Lippert: Risö Report Nr. 23 (1960)
- 2) Merten, D. u. E. Knoop: Zur Dekontamination der Nahrungsmittel  
Ernährungsumschau 8, 34 (1961)
- 3) Harley, J. H. u. J. Rivera: HASL-Report Nr. 90 (18.8.1960)
- 4) Middleton, L. J.: Int. J. Rad. Biol. 4, 387 (1959)
- 5) Rivera, J.: Distribution of Sr-90 in a 1959 Wheat Sample  
Science 133, 755 (1961)
- 6) Stadelmann, W.: Die Entfernung radioaktiver Substanzen  
aus Brotgetreide  
Getreide u. Mehl 12, 139 (1963)
- 7) Stadelmann, W.: Pers. Mitteilung 1965
- 8) -- Veröffentlichung erfolgt demnächst,  
siehe auch 14)
- 9) Earle, T.: Method of stripping epidermal material from  
grain U.S. patent office Nr. 2867, 256, 6.1.59  
ref. nach 5)
- 10) Merten, D.: Pers. Mitteilung 1964
- 11) -- Veröffentlichung erfolgt demnächst
- 12) Neumann-Pelshenke: Brotgetreide und Brot 5. Aufl. 1954, S. 65
- 13) Broeshart, H. u. R. F. Reitemeier: Supplement to the Report of  
the FAO Export Committee on Radioactive Ma-  
terials in Food and Agriculture  
FAO, Rom (1960), S. 112, Tab. 8 u. S. 170, Tab. 2
- 14) Ocker, H. D. u. H. Zwingelberg: Ergebnisbericht zum Euratom-  
Forschungsvorhaben  
SC 8/003 - 63 - 9 PSTD  
Untersuchungen der Übertragung von Radio-  
nukliden bei der Getreideverarbeitung Nov. 1965
- 15) HASL-Report Nr. 69
- 16) HASL-Report Nr. 147 July 1964
- 17) HASL-Report Nr. 122 April 1962
- 18) ARC-Report Nr. 5 (1960)

- 19) Grummitt, W.E.: Sr-90 and Cs-137 in Canadian Cereal Grains  
Canad. J. Bot. 42, 367-374 (1964)
- 20) Pfeifer, V.F., A.J. Pepliwski and J.E. Hubbard:  
Sr-90 on Plant Parts and Milling Fractions  
From a 1963 Illinois Wheat  
Rad. Health Data 5, 283 (June 1964)
- 21) Anderson, R.A. and V.E. Pfeifer:  
Effect of Variety on the Accumulation of  
Sr-90 in wheats and their milled products  
Rad. Health Data 6, 438 (Aug. 1965)
- 22) Boek, K.: Die Radioaktivitätsüberwachung von Lebens-  
mittelimporten, insbesondere von Getreide  
Schriftenreihe des Bundesm. für Wiss.  
Forschung, Strahlenschutz,  
Heft 26, S. 183-189 (1965)
- 23) Rivera, J.: HASL-Report 142 (Jan. 1964)

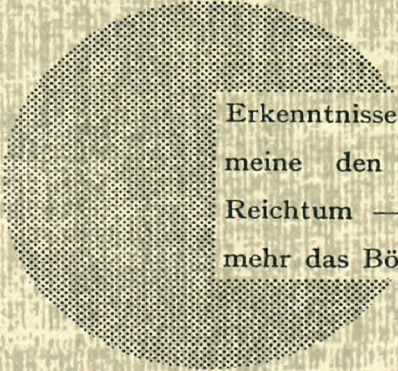
## AN UNSERE LESER

Alle Euratom-Berichte werden nach Erscheinen in der von der Zentralstelle für Information und Dokumentation (CID) herausgegebenen Monatszeitschrift **EURATOM INFORMATION** angezeigt. Abonnements (1 Jahr : DM 60) und Probehefte sind erhältlich bei :

**Handelsblatt GmbH**  
**"Euratom Information"**  
**Postfach 1102**  
**D-4 Düsseldorf (Deutschland)**

oder

**Office central de vente des publications**  
**des Communautés européennes**  
**2, Place de Metz**  
**Luxembourg**



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

## VERTRIEBSSTELLEN

Alle Euratom-Berichte sind bei folgenden Stellen zu den auf der ersten Rückseite des Umschlags angegebenen Preisen erhältlich (bei schriftlicher Bestellung bitte die EUR-Nummer und den Titel, die beide auf der ersten Umschlagsseite jedes Bericht stehen, deutlich angeben).

### PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES

98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6

Banque de la Société Générale - Bruxelles  
compte N° 964.558,

Banque Belgo Congolaise - Bruxelles  
compte N° 2444.141,

Compte chèque postal - Bruxelles - N° 167.37,

Belgian American Bank and Trust Company - New York  
compte No. 22.186,

Lloyds Bank (Europe) Ltd. - 10 Moorgate, London E.C.2,  
Postcheckkonto - Köln - Nr. 160.861.

### OFFICE CENTRAL DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

2, place de Metz, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

#### BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE  
40-42, rue de Louvain - Bruxelles  
BELGISCH STAATSBLAD  
Leuvenseweg 40-42 - Brussel

#### LUXEMBOURG

OFFICE CENTRAL DE VENTE  
DES PUBLICATIONS DES  
COMMUNAUTES EUROPEENNES  
9, rue Goethe - Luxembourg

#### DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER  
Postfach - Köln 1

#### NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ  
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

#### FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE  
DES PUBLICATIONS DES  
COMMUNAUTES EUROPEENNES  
26, rue Desaix - Paris 15<sup>e</sup>

#### ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO  
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

#### UNITED KINGDOM

H. M. STATIONARY OFFICE  
P. O. Box 569 - London

EURATOM — C.I.D.  
51-53, rue Belliard  
Bruxelles (Belgique)