



Österreichisches Forschungszentrum

Seibersdorf

Fünf Jahre nach Tschernobyl

Konrad Mück

AT 9100118

**FÜNF JAHRE NACH
TSCHERNOBYL**

Konrad MÜCK

Österreichisches
Forschungszentrum Seibersdorf
Hauptabteilung Lebenswissenschaften

2444 Seibersdorf

KURZFASSUNG

Zum fünften Jahrestag des Reaktorunfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl wird die damalige Ausgangssituation, die Beherrschung der Auswirkungen in Österreich aus heutiger Sicht, sowie die seither aus dem Unfall und seinen Auswirkungen gewonnenen Erkenntnisse dargestellt. Eine abschließende Abschätzung und Bewertung der gesamten Dosis der Bevölkerung durch den Unfall entsprechend den einzelnen Expositionspfaden sowie der durch die behördlichen Maßnahmen reduzierten Dosis wird gegeben.

Die Abnahme der Dosis in den Folgejahren wird beschrieben. Die externe Strahlenbelastung nach fünf Jahren ist auf etwa 6 % der Werte des ersten Jahres, die Ingestionsdosis auf etwa 5 % der Erstjahresdosis zurückgegangen. Abschließend wird die heutige Strahlensituation beschrieben und der Dosisbeitrag durch Nahrungsmittel mit erhöhten Aktivitätskonzentrationen abgeschätzt.

Auch die Konsequenzen aus den Erfahrungen und Erkenntnissen aus dem Reaktorunfall werden beschrieben.

ABSTRACT

At the fifth anniversary of the Chernobyl accident the initial situation at that time, the control of the consequences to Austria in the present light, as well as the knowledge gained from the accident and its consequences are described. A final estimate and appraisal of the total population dose by the accident allotted according to the individual exposure pathways and the dose reductions due to countermeasures by the authorities are given.

The dose reduction in the following years is described. Five years later the external exposure was reduced to about 6 % of the values of the first year, the ingestion dose to about 5 % of the first-year-values. Finally, the current radiation situation is described and the dose contribution by foodstuff with elevated activity concentration is estimated.

Also the consequences from the experience and knowledge obtained by the accident are described.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Die Ausgangssituation	2
3. Probleme bei der Beherrschung der Situation	3
4. Vergleich der tatsächlichen Dosis mit der ursprünglich ermittelten	4
5. Regionale Unterschiede	6
6. Reduktion der Dosis durch behördliche Maßnahmen	7
7. Abnahme der Dosis in den folgenden Jahren	9
8. Die heutige Situation	13
8.1 Die durchschnittliche Strahlensituation	13
8.2 Nahrungsmittel mit höheren Aktivitätskonzentrationen	13
9. Neue Erkenntnisse seit dem Unfall	14
10. Verbesserungen nach dem Unfall	15
11. Literatur	16

1. Einleitung

Am 26. April 1991 jährt sich zum fünften Mal der Tag des Reaktorunfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl. Aus diesem Anlaß werden die damalige Ausgangssituation, die Beherrschung der Auswirkungen in Österreich aus heutiger Sicht, sowie die seither aus dem Unfall und seinen Auswirkungen gewonnenen Erkenntnisse dargestellt. Damit verbunden ist eine abschließende Abschätzung und Bewertung der gesamten Dosis der Bevölkerung durch den Unfall sowie der durch die behördlichen Maßnahmen reduzierten Dosis. Abschließend wird die heutige Strahlensituation dargestellt.

Auch die Konsequenzen aus den Erfahrungen und Erkenntnissen aus dem Reaktorunfall werden beschrieben.

Die vorliegende Stellungnahme aus der Sicht der Strahlenschutzexperten des Österreichischen Forschungszentrums Seibersdorf berücksichtigt keine Interessen von Privatgruppen oder Lobbies. Sie basiert auf einer Vielzahl von wissenschaftlichen Berichten und Forschungsergebnissen, die nach dem Tschernobyl-Unfall im Forschungszentrum erarbeitet worden sind. Diese Unterlagen dazu sind zitiert und auf Anfrage im Forschungszentrum Seibersdorf erhältlich.

Ein Nachdruck dieses Berichtes mit Quellenangabe, auch auszugsweise, ist gestattet.

2. Die Ausgangssituation

Österreich war vor dem Reaktorunfall in einer besseren Ausgangssituation als eine Reihe anderer Länder durch:

- Das Strahlenfrühwarnsystem des Bundes
Die 336 über ganz Österreich verteilten Meßstationen zur Erfassung der externen Dosisleistung ergaben von Anfang an einen sehr guten Überblick über die Verstrahlungssituation und erleichterten die behördlichen Maßnahmen entscheidend. Dabei spielte auch der Ausfall einiger Stationen, wie sie bei einem derart großen System zu erwarten sind, keine Rolle, da auch bei Fehlen einiger Meßpunkte noch ein genügend genaues und detailliertes Bild der Strahlensituation gegeben ist.
- Eine ausreichende Zahl an Niedrigaktivitätsmeßgeräten
Eine ausreichende Zahl an staatlichen oder staatlich autorisierten Laboratorien mit Einrichtungen zur Messung niedrigster Aktivitäten stand zu Verfügung. Diese Labors waren mit den modernsten Geräten für diese Messungen (Halbleiterdetektoren) ausgerüstet. Die neun Detektoren im Forschungszentrum Seibersdorf hätten ausgereicht, um alle Lebensmittelproben aus ganz Österreich zu messen. Da auch in den anderen Labors genügend Geräte eingesetzt werden konnten, wurden in Seibersdorf nur fünf Halbleiterdetektoren für die Messungen benötigt. Insgesamt haben in Österreich die staatlichen oder staatlich autorisierten Meßstellen etwa 100.000 Lebensmittelproben gemessen, davon Seibersdorf etwa 40.000 (1, 2).
- Ausreichende Transportkapazität
Es bestand eine ausreichende Kapazität an Transportmitteln, um die Proben aus den Bundesländern schnell zu den Lebensmittelmeßstellen zu bringen. Dadurch konnten mit einer viel geringeren Anzahl an Meßgeräten alle relevanten Proben problemlos gemessen werden. Der routinemäßig täglich durchgeführte Transport wurde innerhalb kürzester Zeit von den zuständigen Stellen (Bundesheer, Exekutive) optimal organisiert und in den folgenden Monaten ohne Unterbrechung durchgeführt. Täglich wurden auf diese Art und Weise bis zu 1000 Proben an Lebens- oder Futtermitteln in das Forschungszentrum Seibersdorf gebracht und gemessen.
- große Zahl an ausgebildeten Meßtrupps
In Österreich stehen etwa 700 ausgebildete, mobile Meßtrupps bei Bundesheer, Exekutive und Einsatzorganisationen zur Messung von großräumigen Verstrahlungen zur Verfügung, die im Laufe der Jahre in etwa 600 Kursen im Forschungszentrum Seibersdorf ausgebildet wurden. Diese große Zahl an Meßtrupps ermöglicht eine Vermessung großräumiger Verstrahlungen innerhalb kurzer Zeiträume auch bei Ausfall des Frühwarnsystems oder in den Bereichen zwischen den Stationen des

Frühwarnsystems, sodaß dementsprechende Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung rechtzeitig veranlaßt werden können.

Obwohl solche Messungen nach dem Reaktorunfall Tschernobyl wegen der vergleichsweise niedrigen Dosisleistungen nicht erforderlich waren, können sie in einem Anlaßfall mit höheren Kontaminationen (z.B. Kernwaffeneinsatz) von erheblicher Bedeutung sein. Auch bei der Suche nach Bruchstücken von verglühten Satelliten mit Reaktoren an Bord tragen sie erheblich zum raschen Auffinden und damit zum Schutz der Bevölkerung bei.

In allen diesen Punkten nahm Österreich zum damaligen Zeitpunkt international eine führende Rolle ein. Dies gilt insbesondere für das Strahlenfrühwarnsystem, das zum damaligen Zeitpunkt in dieser Dichte nur in Österreich bestand. In der Zwischenzeit haben auch andere Länder nach dem Vorbild Österreichs ein solches Frühwarnsystem aufgebaut.

Auch bei den vorhandenen Kapazitäten zur Messung niedriger Aktivitätskonzentrationen, und der großen Anzahl von mobilen Meßtrupps lag Österreich im Spitzenfeld. So war auch nach dem Reaktorunfall eine Erhöhung dieser Meßkapazität nicht erforderlich, auch wenn private Vereine und Gruppen in der Öffentlichkeit den gegenteiligen Eindruck zu erwecken versuchten. Bei Kontaminationen dieser Art ist jedoch nicht die Messung jedes einzelnen Nahrungsmittels erforderlich, sondern ein repräsentativer Querschnitt jeder Nahrungsmittelgruppe⁽²⁾. Dafür sind die vorhandenen Meßkapazitäten bei weitem ausreichend.

3. Probleme bei der Beherrschung der Situation

Aus der Sicht von Seibersdorf gab es im Bereich der für die Beherrschung eines solchen Unfalls verantwortlichen Behörden kaum Probleme. Lediglich bei der Abschätzung der zu erwartenden Folgedosis und der daraus abgeleiteten Grenzwerten ergaben sich Schwierigkeiten. Auf der Grundlage der Erkenntnisse aus den Kernwaffentests der Sechzigerjahre und Messungen an künstlich kontaminierten Böden wurde eine höhere Erwartungsdosis abgeschätzt, als dann tatsächlich auftrat. Das hatte zur Folge, daß die Grenzwerte in Nahrungsmittel niedriger als aus heutiger Sicht erforderlich angesetzt wurden. Dadurch mußten teilweise Nahrungsmittel aus dem Verkehr gezogen werden, ohne daß eine wesentliche Dosisersparung damit verbunden war.

Um diese Aspekte in Zukunft besser abschätzen zu können, wurden inzwischen in Seibersdorf im Auftrag des Bundes das radioökologische Prognosemodell OECOSYS installiert, das eine wesentlich genauere Prognose der Dosis und damit eine bessere Abschätzung der Effektivität erforderlicher Maßnahmen oder eventueller Empfehlungen ermöglicht⁽⁴⁾.

Das Hauptproblem betraf die Kommunikation mit der Bevölkerung. Ein Ereignis dieser Art war für alle Beteiligten neu, und so war es kaum möglich, das gesamte Konzept der

Strahlenschutzphilosophie der Öffentlichkeit in kurzer Zeit zu erklären. Als Konsequenz wird angestrebt, mit umfassenden und ausführlichen Informationen, wie sie von den Behörden, aber auch vom Forschungszentrum Seibersdorf damals vermittelt wurden, in kurzer Zeit breiteste Kreise zu erreichen. Dazu ist allerdings auch eine volle Unterstützung durch die Medien erforderlich.

Besonders wichtig erscheint in diesem Zusammenhang eine umfangreiche Information der Ärzte und Apotheken, da diese Gruppen im Anlaßfalle von der Bevölkerung in erster Linie konsultiert werden. Fehlerhafte Informationen aus dieser Richtung wirken sich besonders negativ auf die Wirksamkeit von Maßnahmen der Gesundheitsbehörden aus.

Ein wichtiger, erster Schritt in dieser Richtung wurde durch die Erarbeitung von "Rahmenempfehlungen" durch die Strahlenschutzkommission beim Gesundheitsministerium gesetzt. Einen weiteren Schritt stellen die Merkblätter für die Anwendung von Jodtabletten dar.

Ein Beitrag zum besseren Verständnis mancher Maßnahmen und der Frage, warum manche Maßnahmen nicht getroffen werden, sollte auch durch die vorliegende Darstellung geleistet werden.

4. Vergleich der tatsächlichen Dosis mit der ursprünglich ermittelten

Erste Abschätzungen der nach dem Fallout im ersten Jahr zu erwartenden Dosis durch externe Strahlung, Einatmen von Radionukliden in Luft und über die Nahrungsmittel ließen Werte zwischen bei 0,8 – 1,8 mSv erwarten. Die Ungenauigkeit dabei ergab sich vor allem aus der Schwierigkeit, unmittelbar nach dem Eindringen der Wolke den Verlauf der Aktivitätskonzentration in den Nahrungsmitteln für den darauffolgenden Winter 1986/87 zu prognostizieren. Eine später durchgeführte, genauere Prognose mit dem nach dem Reaktorunfall in Österreich adaptierten Prognosemodell OECOSYS ergab eine Erwartungsdosis von 0,9 mSv ⁽⁴⁾.

Bei diesen Werten wurde die Dosisreduktion durch die behördlichen Gegenmaßnahmen noch nicht berücksichtigt, die die Dosis im Erstjahr um etwa 0,33 mSv reduzierten ⁽¹⁰⁾.

Die mittleren Aktivitätskonzentrationen in Nahrungsmitteln, die aus der Messung von etwa 100.000 Nahrungsmittelproben in ganz Österreich resultierten, ergaben eine Erstjahresdosis durch externe und interne Strahleneinwirkung von 0,54 mSv ^(1,2). Darin sind die Auswirkungen der behördlichen Maßnahmen bereits enthalten, da die durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen durch diese Maßnahmen verringert wurden und sich somit niedrigere Werte bei der Aktivitätszufuhr ergaben.

Die zuverlässigste Methode zur Bestimmung der Dosis durch Nahrungsmittel ist jedoch die Messung der in den Körper aufgenommenen Aktivität. Die solcherart ermittelte,

Erläuterungen

Aktivität: Anzahl der radioaktiven Zerfälle pro Sekunde und damit Maß für die pro Sekunde emittierte ionisierende Strahlung

Einheit: 1 Becquerel [Bq], (die veraltete Einheit 1 nanoCurie [nCi] = 37 Bq)

Aktivitätskonzentration: Aktivitätsmenge pro Gewicht oder Volumen

Einheit: 1 Bq/kg (in Lebensmittel bzw. Wasser) oder 1 Bq/m³ (in Luft),
(veraltete Einheit: 1 nCi/kg = 37 Bq/kg)

Dosis: Maß für die schädigende Wirkung auf biologisches Gewebe

Einheit: 1 Sievert [Sv], Untereinheit: 1 milliSievert [mSv] = 0.001 Sv

Externe Strahlendosis: Dosis durch von außen auf den Körper einwirkende Strahlung
(vor allem Gammastrahlung)

Ingestionsdosis: Dosis durch Aufnahme von radioaktiven Stoffen über den Mund in den Körper

Inhalationsdosis: Dosis durch Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Einatmen in den Körper

Erstjahresdosis: Die im ersten Jahr nach dem Unfall folgende Dosis

(29. April 1986 – 28. April 1987)

Beziehung zwischen Aktivität und Dosis

Die Aufnahme von 1000 Bq ¹³⁷Cs über den Mund führt zu einer Dosis von
0,014 mSv (Erwachsener), bzw. 0,0093 mSv (einjähriges Kind)

Die Aufnahme von 1000 Bq ¹³¹I über den Mund führt zu einer Dosis von
0,013 mSv (Erwachsener), bzw. 0,11 mSv (einjähriges Kind)

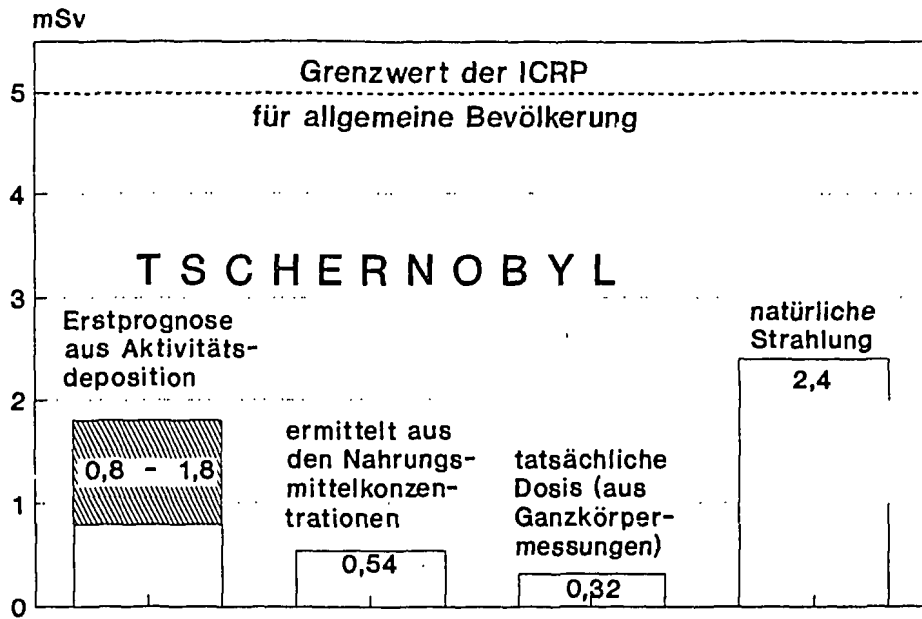
tatsächliche Strahlenbelastung war erheblich niedriger. Ganzkörpermessungen an mehr als 1000 Personen im Forschungszentrum Seibersdorf zeigten, daß die tatsächlich aufgenommene Aktivitätsmenge an radioaktivem Jod, aber vor allem an Cäsium nur etwa die Hälfte der aus den mittleren Nahrungsmittelkonzentrationen errechneten betrug ⁽⁵⁾. Gleiche Resultate wurden auch von der medizinischen Strahlenmeßgruppe am Ganzkörperzähler des Allgemeinen Krankenhauses in Wien festgestellt ⁽⁶⁾.

Hauptgründe für diese Überschätzung waren die Nichtberücksichtigung von Lebensmittelschwund und Aktivitätsverlusten bei der Nahrungsmittelzubereitung und in der Lebensmittelindustrie ⁽⁷⁾. Es konnte gezeigt werden, daß veränderte Lebensgewohnheiten – etwa eine Reduktion des Konsums bestimmter Nahrungsmittel als Folge der Verunsicherung – de facto kaum zur Reduktion der Dosis beigetragen haben ⁽⁷⁾. Eine Ausnahme bildet lediglich das Frischgemüse in der Anfangsphase, das bekanntlich durch behördliches Verkaufsverbot aus dem Verkehr gezogen worden war.

Die durch Schilddrüsen- und Ganzkörpermessungen ermittelte, durchschnittliche interne Strahlendosis betrug 0,22 mSv ⁽⁸⁾ im ersten Jahr nach dem Reaktorunfall. Dies beinhaltet sowohl die über Nahrungsmittel als auch durch Inhalation (Einatmen von Luft) aufgenommenen Nuklide. Einschließlich der durch die äußere Strahlung erhaltenen Dosis von 0,10 mSv beträgt somit die gesamte Dosis durch den Unfall 0,32 mSv im ersten Jahr.

Abbildung 1: Vergleich von prognostizierten Dosiswerten mit den tatsächlich gemessenen Werten und der natürlichen jährlichen Strahlenbelastung (Summe der Dosis aus äußerer und innerer Strahleneinwirkung 29. April 1986 - 28. April 1987)

Dosis im 1. Jahr



Vergleicht man dies mit den Grenzwerten der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) für die allgemeine Bevölkerung, so liegt die tatsächliche Dosis in Österreich durchschnittlich nur bei etwa 6 % der von der internationalen Kommission empfohlenen Grenzwerte und bei etwa 19 % der in der österreichischen Strahlenschutzverordnung für die Bevölkerung festgelegten Grenzwerte.

Die Dosis durch Tschernobyl von Ende April 1986 bis Ende April 1987 lag unter einem Siebentel der natürlichen Strahlenbelastung im gleichen Zeitraum.

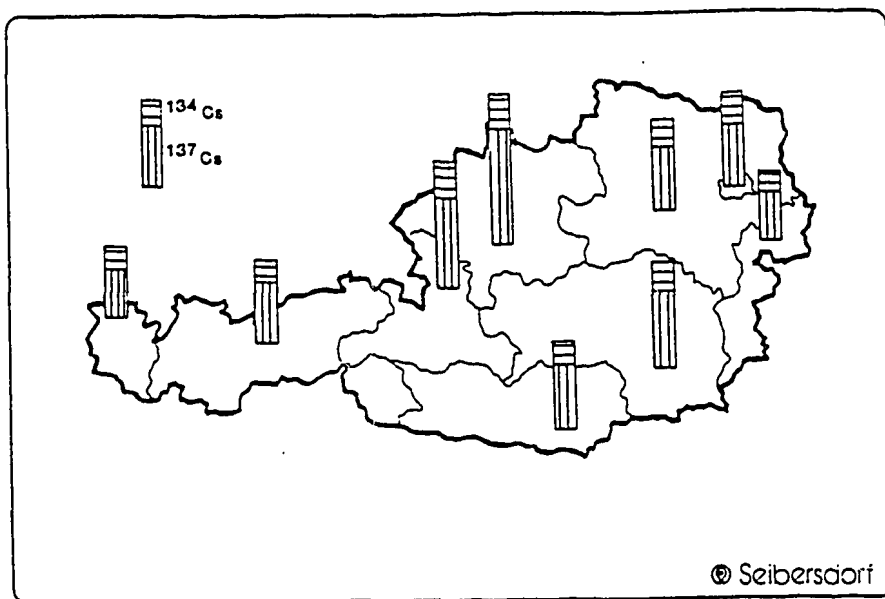
5. Regionale Unterschiede

Viel diskutiert wurden in der Öffentlichkeit die beträchtlichen, regionalen Unterschiede im Fallout in Österreich. Bekanntlich sind in manchen Gegenden durch die zum Teil erheblichen Niederschläge um den 1. Mai bis zu 20-fach höhere Ablagerungen am Boden als in Gegenden mit den niedrigsten Depositionswerten an der niederösterreichisch-tschechischen Grenze beobachtet worden^(3,9). Es war jedoch zu erwarten, daß die Unterschiede in der Dosis zwischen den verschiedenen Regionen erheblich geringer sein sollten, da es durch den intensiven Nahrungsmittelaustausch quer durch ganz Österreich zu einer Angleichung der Dosiswerte kommen sollte.

Zur Untersuchung dieser Frage wurde eine umfangreiche Untersuchung im Forschungszentrum Seibersdorf durchgeführt. Vergleichbare Bevölkerungsgruppen aus allen neun Bundesländern wurden auf dem Ganzkörperzähler im Forschungszentrum Seibersdorf gemessen. Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit wurden hierfür Soldaten aus Kasernen in allen Landeshauptstädten – und zwar je eine Gruppe älterer Kaderangehöriger und eine von Grundwehrdienern – ausgewählt.

Das erstaunliche Ergebnis war, daß im Bundesland mit den höchsten Aktivitätsdepositionswerten die durchschnittliche Dosis um nicht mehr als das 1,6 fache über dem österreichweiten Durchschnitt lag. Im Bundesland mit dem niedrigsten Fallout lag sie nur um einen Faktor 1,4 unter diesem Durchschnittswert ⁽⁷⁾. Dies zeigt, daß die regionalen Unterschiede in der Dosis trotz erheblicher Differenzen im Fallout sehr gering sind, weil durch die regionalisierte Nahrungsmittelerzeugung und nachfolgende landesweite Verteilung die Belastung weitgehend nivelliert wird.

Abbildung 2: Regionale Unterschiede in der internen Strahlenbelastung durch Cäsium nach dem Reaktorunfall (April 1987)



Auch im am stärksten belasteten Bundesland (Oberösterreich) betrug die Dosis somit nicht mehr als 22 % der natürlichen Strahlenbelastung im gleichen Jahr.

6. Reduktion der Dosis durch behördliche Maßnahmen

Nach dem Reaktorunfall wurden in Österreich eine Reihe von Maßnahmen durch die Behörden getroffen, um die Folgen für die Bevölkerung zu minimieren. Diese umfaßten eine weite Palette und reichten von Fütterungsverboten von Milchkühen mit Frischfutter bis zu Verkaufsverboten verschiedener Nahrungsmittel.

Die insgesamte Einsparung durch alle Maßnahmen zusammen ergab etwa 0,33 mSv. Für das einjährige Kind, für das die Maßnahmen vor allem gedacht waren, betrug die durchschnittliche Reduktion sogar 0,58 mSv. Die behördlichen Gegenmaßnahmen ergaben somit für den Erwachsenen eine Dosisersparung von 30 %, für das Kleinkind von etwa 50 % der ohne Maßnahmen zu erwartenden Dosis (10,11).

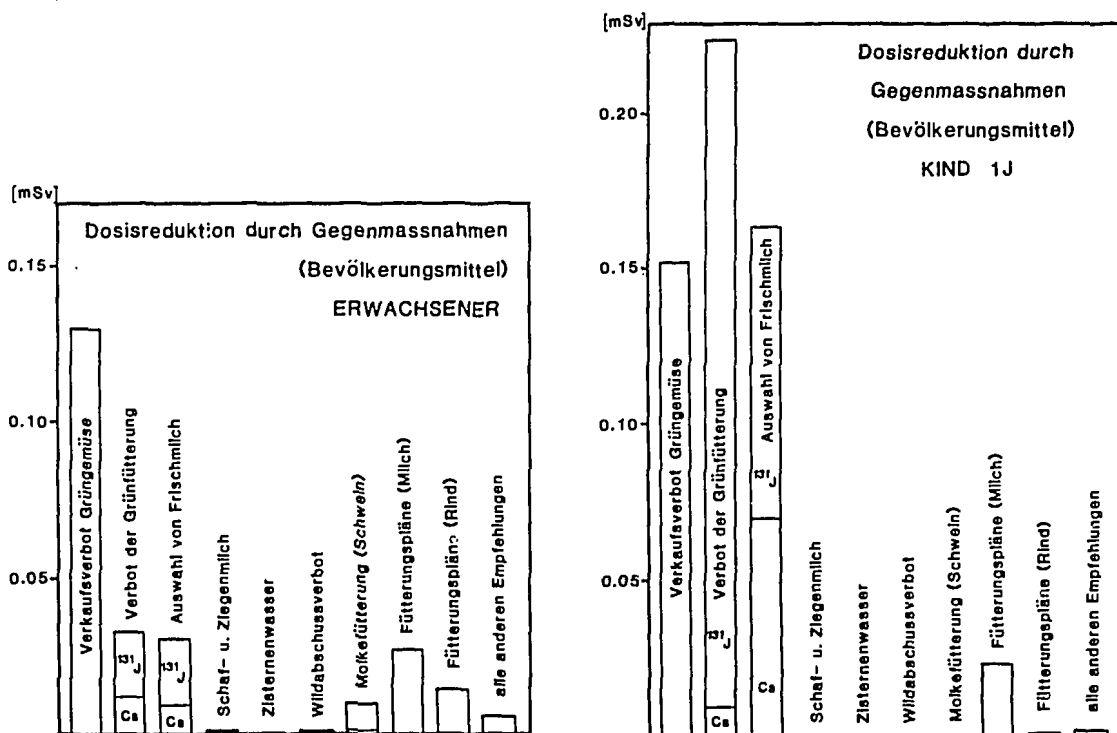
Eine nachfolgende Evaluation zeigte, daß nur drei Maßnahmen einen wesentlichen Beitrag zur Dosisersparung lieferten:

- das Verkaufsverbot für Frischgemüse in den ersten drei Wochen,
- das Verbot der Grünfütterung von Milchkühen im gleichen Zeitraum,
- die Auswahl von niedrig aktiver Frischmilch in den Molkereien im ersten Jahr.

Sie zusammen ergaben 75 % der insgesamten Dosisersparung durch alle Maßnahmen, für das einjährige Kleinkind sogar 93 % (10).

Die Festlegung eines sehr niedrigen Grenzwertes von 11 Bq/kg für Babynahrungsmittel und eine strikte Kontrolle dieses Wertes brachte eine Dosisreduktion von 0,085 mSv. Dies entspricht allerdings nur etwa 4 % der natürlichen Strahlenbelastung des Babys im ersten Jahr.

Abbildung 3: Dosisersparung durch verschiedene Maßnahmen nach dem Reaktorunfall



Alle anderen Maßnahmen zusammen – manche von ihnen in der Öffentlichkeit heftig diskutiert – ergaben nur sehr geringe Dosisersparungen. Dies betrifft sowohl die Maßnahmen beim Wild, bei der Molke, aber auch bei der Klärschlammasbringung, die praktisch überhaupt keine Reduktion der Dosis erbrachte. Auch die Maßnahmen betreffend die Molkefütterung bei Schweinen hatten nur geringfügige Auswirkungen.

Einige Maßnahmen wurden von den Behörden bewußt nicht ergriffen, da abzusehen war, daß die resultierenden Dosisersparungen zu gering waren, um einen ernsthaften Beitrag zu liefern. Im nachhinein kann dies nur voll bestätigt werden. Ein Absage der 1. Mai-Feiern beispielsweise, wie von einer damaligen Politikerin gefordert, hätte nur eine Dosisersparung von 0,005 mSv, also einen Bruchteil der von den Behörden empfohlenen, wesentlich effizienteren Maßnahmen ergeben ⁽¹⁰⁾.

Auch eine Empfehlung zum Verbleiben in den Häusern hätte nur sehr geringe Dosisersparungen ergeben ⁽¹⁰⁾. Vorwürfe wie "hätten wir davon gewußt, wären wir am 1. Mai nicht mit unseren Kindern spazieren gegangen oder hätten sie nicht im Freien spielen gelassen" sind daher nicht gerechtfertigt. Die Dosisreduktion hätte maximal 0,02 mSv betragen. Das wäre durch die Radonbelastung im Inneren von Häusern zum Teil kompensiert worden.

Natürlich waren zu einem späteren Zeitpunkt, als die radioaktive Wolke bereits durchgezogen war, Maßnahmen in dieser Hinsicht wie Absagen von sportlichen Veranstaltungen u.ä., erst recht nicht gerechtfertigt. Sie waren auch von keinem Strahlenschutzexperten der Behörde oder von Seibersdorf empfohlen worden.

7. Abnahme der Dosis in den folgenden Jahren

Während radioaktives Jod, Tellur und einige andere Nuklide nur kurze Halbwertszeiten besitzen und somit nur über einen kurzen Zeitraum einen Beitrag zur Dosis lieferten, haben die Cäsiumisotope mit Halbwertszeiten von 2 bzw. 30 Jahren, sowie Strontium-90 wesentlich längere Auswirkungen. Dabei ist das radiotoxischere Cs-134 mit zwei Jahren Halbwertszeit heute bereits stark zerfallen. Seine Aktivität ist auf 10 % der Aktivität des langlebigen Cs-137 zurückgegangen. Damit ist die Dosis von 1 Bq Cs-137, einschließlich des immer mit aufgenommenen Anteils an Cs-134, auf 65 % des Wertes von 1986 zurückgegangen.

Daß Strontium-90, zum Unterschied von den Kernwaffenversuchen der Sechzigerjahre, generell, d.h. auch in der Anfangsphase erwartungsgemäß keinen nennenswerten Dosisbeitrag lieferte, wurde in einer umfangreichen Untersuchung im Forschungszentrum Seibersdorf belegt, in der praktisch alle Nahrungsmittel auf ihren Sr-Gehalt untersucht wurden ⁽¹²⁾. Der Beitrag durch Strontium blieb unter 3 % der durch alle Radionuklide verursachten internen Strahlenbelastung und betrug somit im ersten Jahr nur etwa ein Hundertstel der insgesamten Dosis nach dem Reaktorunfall.

Ingestionsdosis durch Cäsiumisotope

ERWACHSENER

$$1 \text{ Bq } ^{134}\text{Cs} = 0.020 \text{ } \mu\text{Sv}$$

$$1 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs} = 0.014 \text{ } \mu\text{Sv}$$

1986

$$1 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs} (+ 0.56 \text{ Bq } ^{134}\text{Cs}) = 0.025 \text{ } \mu\text{Sv}$$

1991

$$1 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs} (+ 0.10 \text{ Bq } ^{134}\text{Cs}) = 0.016 \text{ } \mu\text{Sv}$$

1 jähriges KIND

$$1 \text{ Bq } ^{134}\text{Cs} = 0.012 \text{ } \mu\text{Sv}$$

$$1 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs} = 0.0093 \text{ } \mu\text{Sv}$$

1986

$$1 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs} (+ 0.56 \text{ Bq } ^{134}\text{Cs}) = 0.016 \text{ } \mu\text{Sv}$$

1991

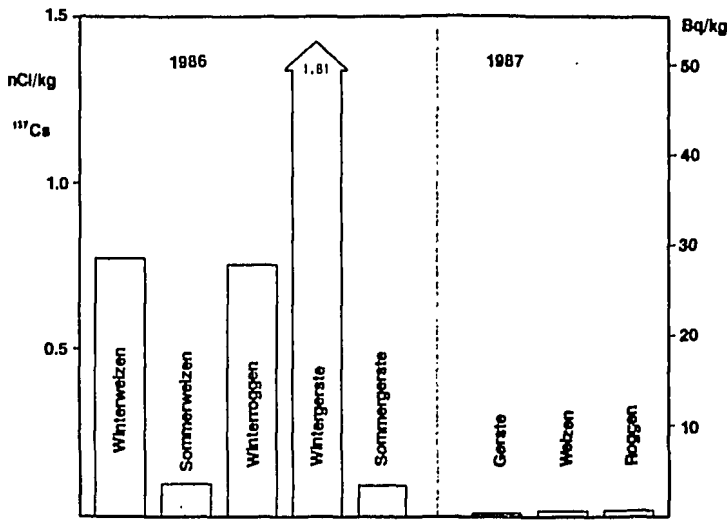
$$1 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs} (+ 0.10 \text{ Bq } ^{134}\text{Cs}) = 0.011 \text{ } \mu\text{Sv}$$

Damit verursacht heute von den vielen Radionukliden, die bei dem Reaktorunfall freigesetzt wurden, nur mehr Cs-137 eine Dosisbelastung. Cäsium wird allerdings im Boden sehr gut gebunden und von der Pflanzenwurzel nur in geringem Ausmaß aufgenommen (13,14,15). Es war daher, nachdem auch das direkt kontaminierte Gras und Heu verfüttert war, mit einer starken Abnahme der Cäsium-Aktivität in allen Nahrungsmitteln – insbesondere Milch und Fleisch – zu rechnen. Das wurde auch im Frühjahr 1987 beobachtet (2, 3, 16).

So nahm die Aktivitätskonzentration in Äpfel, Birnen und Milch von 1986 auf 1987 um das 10-fache, in Getreide sogar um das 30-fache ab (16).

Daher betrug die Dosis durch Nahrungsmittel im zweiten Jahr nur mehr 0,08 mSv oder 18 % der Dosis im ersten Jahr, im dritten Jahr nur mehr 0,03 mSv oder 7 % der Erstdosis (17).

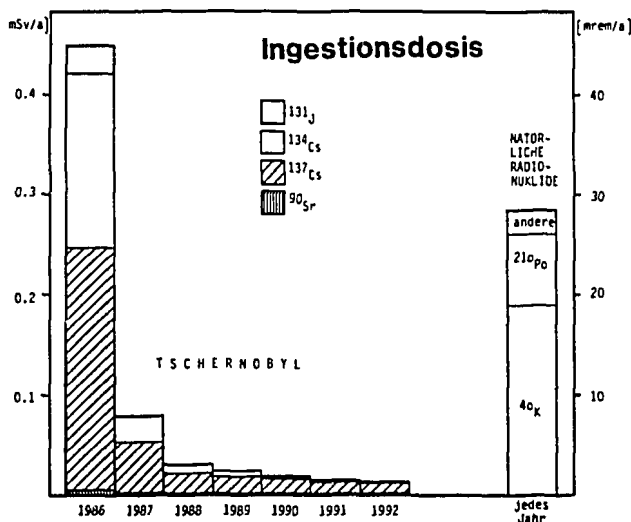
Abbildung 4: Abnahme der Aktivitätskonzentration in Getreide von 1986 auf 1987



Cäsium wird auch in den folgenden Jahren in zunehmendem Maße im Boden gebunden und damit immer weniger für die Pflanzenwurzel – also für die Biosphäre – verfügbar. Man spricht von einer biologischen Halbwertszeit, die zum Unterschied von der physikalischen Halbwertszeit, die Abnahme der Konzentration in den Pflanzen und damit den Nahrungsmitteln einschließlich den tierischen Produkten beschreibt.

Diese wurde bereits in Zusammenhang mit den Kernwaffenversuchen der 50-er und 60-er Jahre beobachtet. Nach diesen Tests wurde für Cäsium eine biologische Halbwertszeit in der Biosphäre von 4,5 Jahren ermittelt⁽¹⁷⁾. Die Dosis nimmt somit auch in den folgenden Jahren weiter ab. Die Abnahme ist dabei wesentlich schneller als dem radioaktiven Zerfall von Cs-137 entspricht.

Abbildung 5: Abnahme der Dosis durch Nahrungsmittel (ermittelt aus der Aktivitätskonzentration in Nahrungsmittel)



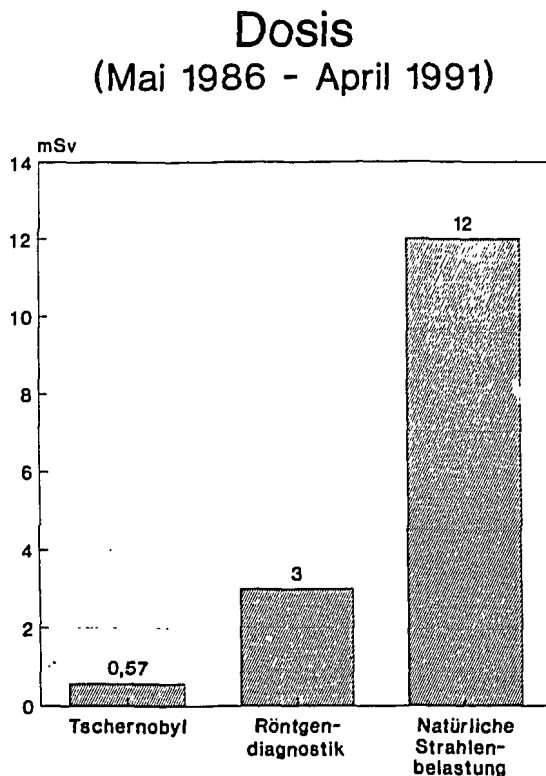
Auch die Exposition durch Direktstrahlung von Cäsium, das am Boden abgelagert worden ist, nimmt mit den Jahren stark ab. Einerseits wird Cs in den Boden eingewaschen: So ist vom ursprünglich abgelagerten Cäsium bereits 27 % in eine Tiefe von mehr als 35 mm vorgedrungen und trägt somit nur mehr zu einem geringeren Teil zur externen Strahlendosis bei (18,19). Andererseits wird Cäsium durch Umgraben und Umpflügen in tiefere Bodenschichten verlagert, von wo es nur in geringem Maße auf die Oberfläche strahlen kann.

Die wichtigste Abnahme der Dosis ergibt sich jedoch durch das Abwaschen von Cäsium von befestigten Oberflächen im städtischen Bereich. Im Auftrag des Bundes hat Seibersdorf diese Frage in einer Untersuchung in den Städten Wien, Linz, Graz erforscht. Dabei wurde festgestellt, daß im Durchschnitt die Radioaktivität auf befestigten Flächen wie Asphalt und Beton um etwa das 10-fache gegenüber den seinerzeitigen Depositionswerten an Cäsium abgenommen hat (20). Hierbei ist der radioaktive Zerfall noch nicht berücksichtigt.

Wenn man die übliche Aufenthaltsdauer im Freien über Wiesenflächen und über Asphalt- oder Betonflächen berücksichtigt, bedeutet dies, daß heute die Dosis durch externe Strahlung im Freien gegenüber der ursprünglichen Abschätzung um durchschnittlich etwa das 8-fache reduziert ist.

Die Strahlendosis (externe und interne Strahlung) ist somit seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl auf 6 % der Dosisbelastung im ersten Jahr zurückgegangen. Sie beträgt derzeit etwa 1 % der höchsten Dosis im Mai 1986. Beim einjährigen Kind liegt sie sogar nur mehr bei 0,2 % der Werte im Mai 1986.

Abbildung 6: Durchschnittliche Strahlenbelastung durch künstliche und natürliche Quellen in den fünf Jahren seit dem Tschernobylunfall



8. Die heutige Situation

8.1 Die durchschnittliche Strahlensituation

Fünf Jahre nach dem Reaktorunfall ist die Dosis durch externe Strahlung und durch Aufnahme von Radionukliden über Nahrungsmittel stark zurückgegangen. Sie beträgt heute durch Strahlung von außen durchschnittlich 0,02 mSv pro Jahr und durch interne Strahlung, d.h. über Nahrungsmittel etwa 0,01 mSv pro Jahr. Mit einer Gesamtdosis von 0,03 mSv/a liegt sie somit bei 1,3 % der natürlichen jährlichen Strahlenbelastung von 2,4 mSv pro Jahr.

Argumente, die zwischen "natürlicher" und "künstlicher" Strahlung unterscheiden wollen, sind in diesem Zusammenhang grundsätzlich falsch, da es für den menschlichen Organismus gleich ist, ob das Gammaquant, das für die Strahleneinwirkung von außen verantwortlich ist, aus einem radioaktiven, "natürlichen" K-40 Atom oder einem "künstlichen" Cs-137 Atom stammt. Auch bei Aufnahme in den Körper zeigt das Cäsium-Atom praktisch das gleiche Verhalten im Körper wie das in viel größerem Umfang aufgenommene natürliche K-40, sodaß die Strahlenwirkung unmittelbar vergleichbar ist.

Die Strahlendosis des noch vorhandenen Cäsium-137 liegt somit heute bei einem Bruchteil der natürlichen Strahlendosis. Diese natürliche Strahlung schwankt in Österreich zwischen 1,5 und mehr als 4 mSv pro Jahr. Ein Ortswechsel von einem Gebiet mit niedriger natürlicher Strahlenbelastung zu einem solchen mit hoher ergibt daher eine Zunahme der Dosis um etwa 2,5 mSv, die mehr als das 50-fache über der heutigen Strahlendosis durch den Reaktorunfall liegt.

8.2 Nahrungsmittel mit höheren Aktivitätskonzentrationen

In normalem Boden wird Cäsium so gut gebunden, daß keine erhöhten Aktivitätskonzentrationen mehr auftreten können^(13,14,15). Dies ist für mehr als 99 % der landwirtschaftlichen Bodenflächen in Österreich der Fall. Nur bei humusreichen Böden mit geringen Tongehalten ist mit geringerer Cäsium-Fixierung zu rechnen. Pflanzen, die auf solchen Böden wachsen, können bei gleicher Cs-Menge im Boden mehr Cäsium aufnehmen als sonst üblich. Dies ist praktisch nur für hoch gelegene Weideflächen der Fall, wo überdies noch das kürzere Gras eine höhere Konzentration ergibt, als auf normalen Wiesen.

Milch auf einigen Hochalmen bzw. Fleisch von Wild in hochgelegenen Bergzonen zeigen daher einen langsameren Rückgang der Aktivitätskonzentration als in Tälern. Wie in einer Untersuchung des Forschungszentrum Seibersdorf gezeigt wurde⁽²¹⁾, stellt jedoch auch Milch, die auf diesen Hochalmen produziert wird, kein gesundheitliches Risiko dar.

Für einen Wanderer, der nach einer anstrengenden Bergtour auf die Alm kommt und dort einen Becher Milch trinkt, ergäbe sich eine Dosis von maximal 0,002 mSv. Das ist weniger, als der Wanderer bei einer achtstündigen Tour durch die äußere Strahlung in der Höhe

abbekommen hat. Auch für ein Kind, das vier Monate lang im Sommer auf der Alm lebt und ausschließlich Milch dieser Alm trinkt, würde sich höchstens ein Wert von 0,05 mSv oder etwa 5 % der natürlichen Strahlung, der es zur selben Zeit auf der Alm ausgesetzt ist, ergeben ⁽²¹⁾.

Ähnliche Überlegungen gelten auch für Wild. Wildfleisch in Tallagen hat heute gleich niedrige Werte wie Rindfleisch oder Schweinefleisch. Wild aus großen Höhen zeigt Werte bis zu 800 Bq/kg (20 nCi/kg). Bei einem durchschnittlichen Verzehr von 0,5 kg Wildfleisch pro Jahr, würde sich jedoch auch für dieses Wildfleisch höchstens eine Dosis von 0,006 mSv ergeben. Ein Konsum selbst von extremen Hochlagenwild ist daher heute unbedenklich.

Auch das Mycel von manchen Pilzen liegt in einer Bodenschicht mit hohem organischen Anteil. Aus diesen und anderen Gründen kommt es in einigen Pilzen auch längere Zeit nach einer Cäsiumdeposition zu im Vergleich zu anderen Nahrungsmitteln höheren Aktivitätskonzentrationen. In einer Untersuchung von mehr als 465 Pilzen im Forschungszentrum Seibersdorf wurde gezeigt, daß die Aktivitätskonzentration vom Standort abhängig ist ⁽²²⁾. Wiesenpilze zeigen die niedrigsten Werte; eine Zunahme ergibt sich für Pilze im Laubwald. Die höchsten Werte werden im Nadelwald beobachtet. Bei einigen Pilzen, wie Maronenröhrling oder Reifpilz ist eine besondere Anreicherung an Cäsium beobachtbar.

Dennoch ist der Verzehr von Wildpilzen wegen der allgemein niedrigen Verzehrsmengen als unbedenklich zu bezeichnen. Selbst der Konsum von 1 kg "hoch radioaktiver" Maronenröhrlinge mit 1000 Bq/kg würde nur eine Dosis von etwa 0,016 mSv, also 0,56 % der natürlichen jährlichen Strahlenbelastung ergeben. Einschränkungen im Verzehr von Wildpilzen, wie sie anfänglich vom Gesundheitsministerium empfohlen worden waren, sind daher heute nicht mehr erforderlich.

9. Neue Erkenntnisse seit dem Unfall

Obwohl viele nach dem Reaktorunfall beobachtete Fakten bereits aus der Zeit nach den Kernwaffenversuchen gut bekannt waren, wurde eine Reihe neuer Erkenntnisse aus dem Unfall gewonnen:

- Eine viel stärkere Abnahme der Strahlung durch Cäsium im städtischen Bereich als ursprünglich angenommen. Dies ist durch Abwascheffekte begründet ⁽²⁰⁾ und führt zu einer niedrigeren Langzeitdosis als prognostiziert.
- Niedrigere Transferfaktoren als bislang wissenschaftlich bekannt. Bisher wurden Bestimmungen des Übergangs von Cäsium aus dem Boden in die Pflanze oder von der Pflanze in Fleisch oder Milch mit künstlich kontaminierten Böden oder Pflanzen durchgeführt. Bei der Kontamination nach dem Tschernobylunfall wurde zum Teil ein erheblich niedrigerer Transfer beobachtet. Dies ergibt niedrigere Aktivitätskonzentrationen in Lebensmitteln als ursprünglich angenommen ^(14,15,23,24,25).

- Eine Ermittlung der Dosis aus der Messung von Lebensmitteln ergibt eine erhebliche Überschätzung der Dosis. Eine Überprüfung durch Ganzkörpermessungen ist erforderlich, um die tatsächliche Dosis der Bevölkerung zu ermitteln ⁽⁷⁾.
- Bei den Maßnahmen zur Dosisreduktion bringen einige wenige sehr hohe Einsparungen, andere nur verhältnismäßig geringe. Auf diese kann daher in der Regel verzichtet werden ⁽¹⁰⁾. Wichtig ist, sich auf die richtigen Maßnahmen zu konzentrieren und diese mit großer Effektivität durchzusetzen.
- Aufgrund einiger Fehlmessungen privater Institutionen sollten Behörden bzw. die Medien nur den staatlichen oder staatlich autorisierten Meßstellen vertrauen. Nur deren Ergebnisse sind im Zweifelsfall genau, weil sie durch Ringvergleiche laufend überprüft werden.
- Maßnahmen bezüglich des Klärschlammes bringen im Verhältnis nur relativ geringe Dosisreduktionen. Bei geringen Ablagerungen wie nach dem Tschernobyl-Unfall in Österreich sind solche Maßnahmen nicht sinnvoll ⁽¹⁰⁾.

10. Verbesserungen nach dem Unfall

Obwohl die Unfallfolgen mit den vorhandenen Kapazitäten und Einrichtungen generell gut beherrscht werden konnten, wurden aus einigen Schwachstellen Lehren gezogen und Verbesserungen eingeführt:

- Im Auftrag des Gesundheitsministeriums wurde in Seibersdorf das Prognosemodell OECOSYS – eine auf österreichische Verhältnisse adaptierte Version des deutschen Modells ECOSYS – etabliert. Damit sind Prognosen der insgesamt zu erwartenden Dosis sowie der Dosisbeiträge einzelner Nahrungsmittel und eventueller Gegenmaßnahmen schnell und zuverlässig abzuschätzen. Dadurch können in Zukunft Entscheidungen über Maßnahmen zuverlässiger optimiert werden.
- Durch die Erstellung von Rahmenempfehlungen und vorbereiteten Texten durch die Strahlenschutzkommission soll die Kommunikation mit der Bevölkerung im Anlaßfall erleichtert werden.
- Obwohl nach Tschernobyl in Österreich nicht erforderlich, kann durch die Vorbereitung von Jodtabletten die Schilddrüsendosis in der Anfangsphase erforderlichenfalls erheblich reduziert werden.
- Zur schnellen Entscheidung in lebensmittelerzeugenden Betrieben oder in Gemeinden wurde vom Forschungszentrum ein Gerät zur Messung von Lebensmittelaktivitäten entwickelt. Diese Lebensmittelsonde soll grobe Messungen in den Betrieben und Gemeinden ermöglichen und auf diese Weise die Auswahl von Nahrungsmitteln für den Konsum erleichtern. Damit kann auch der Transport großer Lebensmittelmengen zu den autorisierten Labors vermieden werden.
- Zusätzliche Niedrigtaktivitätsmeßstellen wurden in den Bundesländern eingerichtet.

- Für die Einsatzorganisationen wurde in Seibersdorf ein spezielles, sehr robustes Meßgerät entwickelt, das das bisher verwendete, fast 30 Jahre alte Schweizer Fabrikat ersetzen soll.
- Der Strahlenschutzmeßwagen des Forschungszentrums wurde mit zusätzlichen Geräten zur schnellen Präzisionsmessung der Aktivität in Luft, am Boden oder in Lebens- bzw. Futtermitteln an beliebigen Stellen in Österreich ausgerüstet.
- Zusätzlich zu den bereits vor Tschernobyl vorhandenen drei Ganzkörperzählern, die ausschließlich in Seibersdorf und Wien aufgestellt waren, wurden nun auch Ganzkörperzähler in anderen Landeshauptstädten im Westen eingerichtet.
- Eine Verbesserung der Kommunikationssysteme zwischen den Meßlabors und den amtlichen Stellen, Behörden und Lebensmittelinspektoren führte zu einer Erleichterung der Arbeit und höherer Flexibilität.

Durch diese Maßnahmen ist in Zukunft eine noch bessere Beherrschung von großen Kontaminationen auch für den Fall gewährleistet, daß diese bei erheblich höheren Werten als durch den Unfall von Tschernobyl liegen sollten.

11. Literatur

- (1) MÜCK, K.:
Abschätzung der Strahlenexposition der österreichischen Bevölkerung nach dem Reaktorunfall Tschernobyl
OEFZS-4406, ST-147/87 (1987)
- (2) MÜCK, K.:
Contamination of food in the first and second year after the Chernobyl accident and its derived dose to the Austrian population, Tagungsberichte der 19. Tagung der ESNA, European Society of Nuclear Methods in Agriculture, Wien (1988)
- (3) Die Auswirkungen des Reaktorunfalls Tschernobyl auf Österreich, BEITRÄGE 2/88, Bundeskanzleramt, Sektion VII, Ed. E. Bobek (1988)
- (4) KUNSCH, B., LOIBL, W., MÜCK, K., ORTHOFER, R.:
OECOSYS: Auf dem Modell ECOSYS basierendes Prognoseinstrument für die regionalen Auswirkungen einer großräumigen Verstrahlung in Österreich,
OEFZS-4507 (1989)
- (5) STEGER, F.:
Regional Distribution of Internal Contamination with Cesium in Austria as a Result of the Chernobyl Accident, Tagung Medizinische Physik, Ed. H. Bergmann, Innsbruck, 9.-12.Sept.87
- (6) HAVLIK, E., et al.:
The time course of Cs-137 in a normal group of the Austrian population after the Chernobyl accident, Tagung Medizinische Physik, Editor H. Bergmann, Innsbruck, 9.-12.Sept.87
- (7) STEGER, F., MÜCK, K., DUFTSCHMID, K.E.:
Comparison of dose estimates derived from whole body counting and intake calculations based on average food activity concentration in Symposium Environmental Contamination following a Major Nuclear Accident, IAEA-SM-306/6 (1990)
- (8) STEGER, F.:
Tschernobyl in Österreich: Der Beitrag inkorporierter radioaktiver Stoffe zur Dosisbelastung der Bevölkerung, Vortrag im Forschungszentrum Seibersdorf, 7.3.1991
- (9) HORAK, O., GERZABEK, M.:
Basisdaten zur regionalen Prognose der Strahlenbelastung des Menschen nach Modell ECOSYS. 1.Teilber., OEFZS-4447 (1988)

- (10) MÜCK, K.:
Abschätzung der Effektivität der nach dem Reaktorunfall ergriffenen Gegenmaßnahmen
OEFZS-A-1297 (1988)
- (11) MÜCK, K.:
Estimate of Dose Reduction Effects due to countermeasures after the Chernobyl Accident,
Rad.Prot.Dosim. 35/2 (1991) 99-114
- (12) MÜCK, K., STREIT, S., STEGER, F., MAYR, K.:
Der Dosisbeitrag von Strontium-90 zur Ingestionsdosis nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl
OEFZS-4452, ST-157/88 (1988)
- (13) HAUNOLD, E., HORAK O., GERZABEK M.:
Umweltradioaktivität und ihre Auswirkungen auf die Landwirtschaft I. Das Verhalten von
Radionukliden in Böden und Pflanzen. Die Bodenkultur **38** (1987) 95-111
- (14) HORAK, O., GERZABEK, M., MÜCK, K., ARTNER, CH.:
Ermittlung von praxisbezogenen Transferfaktoren, ÖFZS-A--1837 (1990)
- (15) GERZABEK, M., HORAK O., ARTNER C., MÜCK K.:
Untersuchungen des Radionuklidtransfers im System Boden - Pflanze. OEFZS-4568 (1991)
- (16) MÜCK, K., KARG, V.:
Aktivitätskonzentration von Cs-137 in wichtigen Lebensmittelbewuchsproben der Ernte 1987
OEFZS-4466, ST-161/88, AR-28/88 (1988)
- (17) MÜCK, K., KARG V.:
Zukünftige Aktivitätskonzentrationen in Nahrungsmitteln
OEFZS--4490 (1989)
- (18) MÜLLER, H.J., MEISEL, S., GRALLER P., KAHR, G., NINAUS, W., OSWALD, K.,
GERZABEK, M., MÜCK, K., STEGER, F., STREIT, S.:
Verteilung und Wanderung von Radionukliden in Böden und deren Aufnahme in Pflanzen nach dem
Reaktorunfall in Tschernobyl, Beiträge, Österreichisches Bundeskanzleramt, Sekt. VII (1988)
- (19) MEISEL, S., GERZABEK M., MÜLLER H.J.:
Influence of plowing on the depth distribution of various radionuclides in the soil,
Z.Pflanzenernähr.Bodenk. **154** (1991) im Druck
- (20) STEGER, F., MÜCK, K., LOVRANICH, E., URBANICH, E.:
Die Bestimmung der Abwascheffekte radioaktiver Depositionen in urbanen Bereichen durch
"In-situ-Messungen" mit einem HP-Germaniumdetektor,
OEFZS-4576 (1991)
- (21) MÜCK, K., GERZABEK, M., STEGER, F.:
¹³⁷Cs-activity concentration in milk two years after the Chernobyl accident compared to deposition
rates, EC-Workshop on Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environments,
Passariano (1989), ÖFZS--4562
- (22) GERZABEK, M., HAUNOLD, E., HORAK, O.:
Radioaktivität in Pilzen, Bodenkultur **39/1** (1988) 37-52
- (23) HORAK, O., MÜCK, K., GERZABEK, M.:
¹³⁷Cs-soil to plant transfer factors derived from spot experiments and field studies, in Symp.
Environmental Contamination following a major nuclear accident, Wien (1989), IAEA-SM-306/4
- (24) GERZABEK, M., HORAK O., MÜCK K.:
Cs-137 Soil to Plant transfer studies and their implications parameters used in the Austrian version of
ECOSYS. EC-workshop on transfer of radionuclides in natural and seminatural environments,
Passariano (1988)
- (25) RATHEISER, N., BEKÖ, J., BINDER, J.P., GRUBER, L., HENRICH, E.,
LEIBETSEDER, J., LEITGEB, R., LETTNER, F., PETROVIC, G., PICHER, W.,
RINGDORFER, RITTMANSPERGER, F., SCHULLER, W., SÖLKNER, H., STEINWENDER,
R., THOMA, K., WEISHEIT, WETSCHEREK, W., WÜRZNER, H.:
Acht Versuche zum Radionuklidtransfer Pflanze-Tier, unveröffentlicht (1986).

ÖEFZS-Berichte

Herausgeber, Verleger, Redaktion und Hersteller:

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H.

A-2444 Seibersdorf, Tel. (02254) 80, Telex 014-353

Alle Rechte vorbehalten.