


**Strahlen-Kompass europäisches Ausland**

## Die Strahlenbelastung Europas auf einen Blick

Eine Übersicht über die Belastung der europäischen Länder mit radioaktivem Cäsium nach Tschernobyl gibt das Strahlentelex in dieser Ausgabe. Abgesehen von den direkt betroffenen Gebieten in der Sowjetunion befinden sich in Mittelschweden die am höchsten, in Spanien und Portugal die am geringsten verseuchten Gebiete.

Der Übersicht zugrunde gelegt ist eine Karte von Roger H. Clark, Sekretär der Nationalen Strahlenschutzkommission (NRPB) Großbritanniens. Sie gibt eine vergleichende relative Übersicht über die im Mittel vorhandenen Größenordnungen der Bodenbelastungen mit den radioaktiven Nukliden Cäsium-137 und Cäsium-134 in den verschiedenen europäischen Ländern. In jedem Land können davon abweichend in einzelnen Gebieten sehr viel höhere Bodenbelastungen vorhanden sein. Für Norddeutschland sind es zum Beispiel auch nicht 1.000, wie von Clark beziehungsweise der NRPB angegeben, sondern im Mittel 5.000 Becquerel radioaktives Cäsium pro Quadratmeter, mit denen der Boden belastet ist. Das Strahlentelex hat deshalb die Angaben der auf Seite 3 abgebildeten Karte durch entsprechende Hinweise ergänzt und aktualisiert. Angaben über den Gehalt an radioaktiven Stoffen in Nahrungsmitteln können weitere Anhaltspunkte für die Belastung der einheimischen Bevölkerung und die Gefährdung im Urlaub in den jeweiligen Gebieten geben.

Hinweis: Den nachstehenden Zahlenangaben liegen Angaben der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und eigene Messungen der Unabhängigen Strahlenmeßstelle Berlin zugrunde. Dabei sind - soweit nichts anderes angegeben ist - die Bodenbelastungen in Becquerel Cäsium-Gesamtaktivität (Cäsium-137 und -134) pro Quadratmeter Erdoberfläche, die Belastung der Nahrungsmittel in Becquerel pro Kilogramm angegeben.

### Türkei

Entgegen den Angaben in der Karte auf der Seite 3 müßte entsprechend den hohen Verseuchungen von Tee und Haselnüssen für den Bereich der Schwarzmeerküste im Norden der Türkei die dünn gepunktete Flächenkennzeichnung aus Griechenland für eine Bodenbelastung um 10.000 Becquerel pro Quadratmeter fortgeführt werden. Für den südlichen und westlichen Teil mögen die Angaben der NRPB-Karte stimmen.

Bodenmeßwerte:

Schwarzes Meer, Sand vom Strand bis 6.000

Erdprobe aus Istanbul bis 8.000

Nur drei Produktsorten aus der Türkei sind hoch bis extrem hoch verseucht: Tee, Haselnüsse und rote Linsen, überwiegend in der Nordtürkei, der Küstenregion am Schwarzen Meer angebaut.

In der Türkei immer noch im Handel sind

Tees zwischen 1.000 und 10.000 Becquerel pro Kilogramm. Pressemeldungen über den Umgang mit hoch verseuchtem Tee in der Türkei lassen bisher keine Schlüsse über die Wirksamkeit der Entsorgungspolitik der türkischen Regierung zu.

Fertiggerichte aus der Türkei (Büchsen) bis 50 Milchprodukte, Honig, Brot, Pistazien, Rosinen, Gemüse

heute meist unter 10, meist aus südlichen und westlichen Landesteilen.

Getreide aus der Zentraltürkei kann höher belastet sein.

### Griechenland

Bodenbelastung: Zentralprovinz Thessalien und die nördliche Provinz Makedonien mehr als 5.000

Südgriechenland und die Inseln unter 2.000  
Scheidelinie ist das Pindhos-Gebirge im Westen.

Probleme in Griechenland machen die Anbauggebiete für Hartweizen vor allem in Thessalien:

Hartweizenprodukte (Nudeln) bis 400 Weizen- und Weizenmischbrot bis 120

Diese Produkte sind auch in den geringer oder kaum belasteten südlichen Gebieten und auf den Inseln (Kreta) im Handel.

Milch, Milchprodukte, Obst, Gemüse, auch Konserven, Honig der neuen Ernte

meist unter 10 Trahaná, ein Weizen-Ziegenmilchgranulat für Suppeneinlagen 270

Berg-Salbei, Ernte 1987, aus dem Pilion-Gebirge bei Vólos 16

Mandeln (1987) aus der selben Gegend 110

### Bulgarien

Über Bulgarien sind kaum ergänzende Aussagen möglich weil nur wenige Nachrichten und Ergebnisse vorliegen. Bulgarischer Schafskäse jedoch enthielt bis zu 250 Becquerel pro Kilogramm, insbesondere ältere, konservierte Käse aus 1986.

### Rumänien

Der Boden im Gebiet der Karpaten ist äußerst hoch belastet:

bis 180.000 Boden bei Poiana Brasov 30.000  
Fortsetzung Seite 3

### Aus dem Inhalt:

**Strahlen-Kompass europäisches Ausland 1,3,4**

**Im Überblick Milch und Milchprodukte 4**

**Unterschiede im Stoffwechsel von Cäsium und Kalium 2,5**

**J. K. Tashiro Hiroshima/Nagasaki 6**

**Strahlenrisiken****Unterschiede im Stoffwechsel von Cäsium und Kalium****Künstliches radioaktives Cäsium und natürliches Kalium-40 im Vergleich**

Eine zusätzliche Strahlenbelastung durch künstliche Radioaktivität sei unbedenklich, solange sie sich im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenbelastung befinde. So wird fälschlich heute zum Teil immer noch argumentiert, um Dosisgrenzwerte zu begründen. Stewart und Kneale hatten 1987 für England gezeigt, daß zwischen der Höhe der erdgebundenen Strahlung und der örtlichen Krebshäufigkeit ein Zusammenhang besteht. Nach ihren Schlußfolgerungen rührt die Mehrzahl der Krebs- und Leukämiefälle bei Kindern unter 16 Jahren von der natürlichen Strahlenbelastung während der Schwangerschaft her (Strahlentelex 31/1988). Bei der natürlichen Strahlung wird zwischen kosmischer, erdgebundener (terrestrischer) und körperinnerer Strahlung unterschieden. Dabei wird der vorwiegend durch das radioaktive Kalium-40 verursachte Einfluß der körperinneren Strahlung mit Hilfe der Statistik kaum nachweisbar sein, denn Unterschiede in der Belastung verschiedener Menschen sind dabei praktisch nicht vorhanden. Aus strahlenbiologischer Sicht werden aber gerade die Teilchenstrahlungen der in den Körper aufgenommenen Radionuklide für Schädigungen verantwortlich gemacht. Jacqueline Burkhardt und Erich Wirth zeigten in einer im Herbst 1986 veröffentlichten Studie außerdem Unterschiede im Stoffwechsel von Cäsium und Kalium bei Säugetieren auf. Sie folgern gleichwohl, daß Kalium und Cäsium physiologisch nah verwandt seien und zum größten Teil gemeinsame Stoffwechselwege verfolgen. Deshalb sei unter Berücksichtigung der verschiedenen zelltyp- und organspezifischen Unterschiede und der möglichen inneren und äußeren Einflüsse auf ihre Stoffwechselgeschwindigkeit eine gemeinsame Betrachtung von Kalium und Cäsium durchaus sinnvoll.

Für die Bundesrepublik wird in der amtlichen Begründung zur Strahlenschutzverordnung von 1976 (Anlage 2) die mittlere natürliche Strahlenbelastung beim Aufenthalt im Freien mit 110 Millirem pro Jahr angegeben. Örtlich kann dieser Wert zwischen 70 Millirem pro Jahr in Schleswig-Holstein und 230 Millirem pro Jahr an einigen Orten im Schwarzwald und im Bayerischen Wald schwanken. Beim Aufenthalt in Häusern können je nach verwendeten Baumaterialien diese Werte um 20 Millirem pro Jahr niedriger, oder auch bis zu 170 Millirem pro Jahr höher sein. Die Belastung durch in den Körper aufgenommenes natürliches radioaktives Kalium-40 wird dabei mit 20 Millirem pro Jahr angesetzt, ist weitgehend gleichbleibend und unterliegt kaum örtlichen Schwankungen. Jedes 10.000ste Kalium-Atom ist radioaktiv. Radioaktives Kalium-40 geht mit einer Halbwertszeit von 1,28 Milliarden Jahren in stabiles Calcium-40 über.

**Cäsium wird bevorzugt im Körper angereichert**

Seit Beginn der oberirdischen Atombombenversuche läßt sich radioaktives Cäsium-137 in allen Lebewesen nachweisen. 1959 und 1964 stellten sich im Säugetierorganismus Konzentrationsspitzen ein, die bis zu achtfach höher als die Cäsium-137-Werte im Jahre 1962 waren. Es ließ sich zeigen, daß nahezu 100 Prozent der vom Körper aufgenommenen Radioaktivität aus der Nahrung stammen und das Mengenverhältnis von Cäsium und Kalium im Mittel doppelt so groß war wie das entsprechende Mengen-

verhältnis in der Nahrung. Cäsium wird also im Organismus bevorzugt angereichert.

**Kalium ist kein Entseuchungsmittel**

Wegen der physiochemischen Ähnlichkeit von Cäsium und Kalium hegte man insbesondere in den sechziger und siebziger Jahren die Hoffnung, Kalium als nichtstrahlendes Entseuchungsmittel einsetzen zu können. Doch alle Versuche in dieser Richtung schlugen insbesondere in den Fällen fehl, in denen der Organismus normal mit Kalium versorgt war.

**Radioaktives Cäsium und Kalium-40 verhalten sich im Körper nicht völlig gleich**

Jacqueline Burkhardt und Erich Wirth haben in ihrer im September 1986 vom nicht atomunfreundlichen Institut für Strahlenschutzhygiene des Bundesgesundheitsamtes veröffentlichten Studie den Stoffwechsel von Kalium und Cäsium miteinander verglichen (ISH-Heft 95). Sie zeigen, daß die ungleichmäßige Verteilung der beiden Alkalimetalle im Organismus aus unterschiedlich starken Unterscheidungsvorgängen beim Transport durch die Zellwände (Zellmembranen) verursacht wird, für die eine unterschiedliche und gerichtete Durchlässigkeit (selektive und relative Permeabilität) der Zellmembran verantwortlich ist.

**Der Kaliumgehalt bleibt gleich, der Cäsiumgehalt steigt an**

Kalium wird unter Energieverbrauch (aktiv) in den Körperzellen

angereichert. In der Zellmembran befindet sich ein aktiver, durch den Energieträger Adenosintriphosphat (ATP) angetriebener Transportmechanismus, der nach dem Prinzip einer Pumpe (Natrium-Kalium-Pumpe) den Kalium-Einstrom in die Zelle mit dem Natrium-Ausstrom aus der Zelle koppelt und die Innenkonzentration beider Stoffe stabil hält. Der Kaliumgehalt und damit auch die Menge des radioaktiven Kalium-40 werden konstant gehalten.

Cäsium verhält sich im Transport ebenso. Es reichert sich laut Burkhardt und Wirth ebenfalls innerhalb von Zellen an, wobei es gleich dem Kalium zelleinwärts überwiegend unter Energieverbrauch (aktiv) und zellauswärts ohne Energieverbrauch (passiv) transportiert wird. Untersuchungen zeigen, daß Kalium in vielen Zelltypen sowohl beim passiven Ein- und Ausstrom als auch beim aktiven Einstrom gegenüber Cäsium bevorzugt wird. Von den roten Blutkörperchen (Erythrozyten) wird Cäsium besonders stark aussondierend behandelt. Deren in der Membran angesiedelte Trägermoleküle bevorzugen das Kalium beim Transport, so daß Cäsium von roten Blutkörperchen viereinhalb bis fünfmal langsamer als Kalium aufgenommen wird, während der passive Ausfluß von Kalium und Cäsium aus der Zelle sich nur um das 1,55fache unterscheidet.

**Muskelzellen ziehen Cäsium dem Kalium vor**







Anders verhält es sich bei den Muskelfaserzellen. Sie ziehen Cäsium dem Kalium vor und sind für die weltweit beobachtete bevorzugte Anreicherung von radioaktivem Cäsium aus Atombomben-Fallout und Kernkraftstörfällen im Säugetierorganismus verantwortlich. Sogenannte rote Muskelfaserzellen reichern dabei laut Burkhardt und Wirth das Cäsium zwei- bis etwa viermal stärker gegenüber Kalium an als sogenannte weiße Muskelfaserzellen. In weißen Muskelfaserzellen spielt der für den Kalium-Einstrom verantwortliche Pumpmechanismus nur eine untergeordnete Rolle. So wird beim passiven Ein- und Ausstrom Cäsium gegenüber Kalium in etwa gleich behandelt. Bei den roten Muskelfasern übernimmt dagegen der energieverbrauchende aktive Pumpmechanismus den Hauptanteil des Kationeneinstromes in die Zelle. Hier konkurriert Cäsium an den für den aktiven Einstrom zuständigen Bindungsstellen des Muskels ziemlich gut, während es zellauswärts auf dem passiven Weg weitaus langsamer als Kalium strömt. Hier reichert sich Cäsium gegenüber Kalium an.

**Kalium und Cäsium gelangen vollständig und schnell ins Blut**

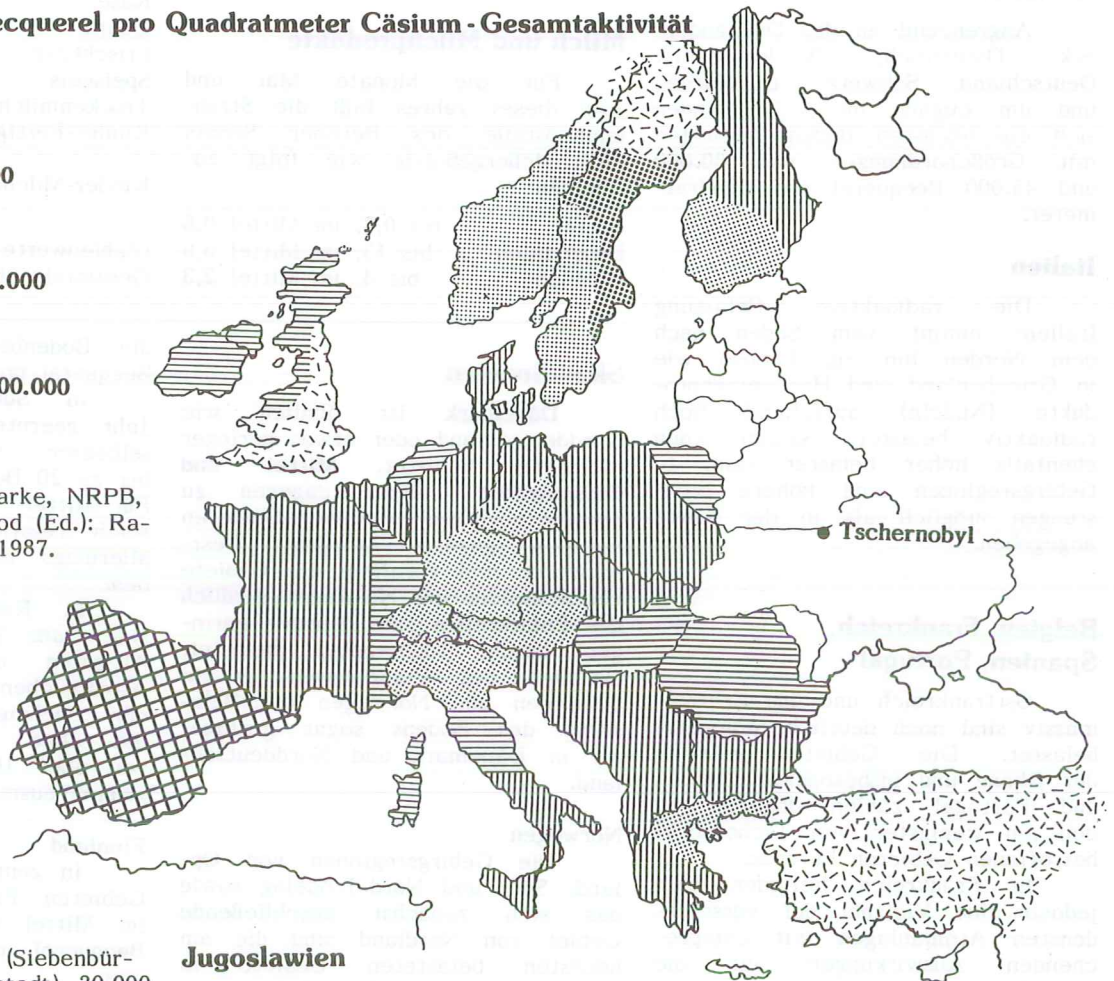
Im Unterschied zu einigen Spurenelementen (Fortsetzung Seite 5)

# Strahlen-Kompass europäisches Ausland

## Bodenbelastung in Becquerel pro Quadratmeter Cäsium - Gesamtaktivität

-  kleiner 100
-  100 bis um 1.000
-  um 1.000
-  1.000 bis um 10.000
-  um 10.000
-  10.000 bis um 100.000

Karte nach Roger H. Clarke, NRPB, in R.R.Jones, R.Southwood (Ed.): Radiation and Health, UK 1987.



Fortsetzung von Seite 1

Ackerboden aus Harman (Siebenbürgen, Bezirk Brasov/Kronstadt) 30.000  
 Erde bei Predeol (Karpaten) 300.000  
 Weidezaunpfähle aus Predeol 50.000 bis 180.000

Boden Nähe Botosani, Nordosten  
 10.000 bis 15.000

Sand und Algen vom Strand bei Constanta an der Schwarzmeerküste 6,5 Becquerel pro Kilogramm

Nahrungsmittel aus 1987:  
 Pfirsich-Marmelade 60  
 Streichkäse 74 bis 200

Heute:  
 Schafskäse aus Suceava, im Nordosten, kleiner 4  
 Honig aus dem Donaudelta/Ost-rumänien, Ernte 1987 6  
 Ernte 1988 4

### Ungarn

Bodenproben aus  
 Domös, Nähe Donau-Ufer 15.000  
 Győr im Nordwesten 15.000  
 Waldboden aus dem Bükk-Gebirge im Norden 30.000  
 am Plattensee 4.000

Nahrungsmittel aus 1987:  
 Dosenmilch 20  
 Honig aus der Umgebung von Budapest kleiner 1  
 Mehl bis 10  
 Milchpulver bis 10  
 Brot (Plattensee) 10

### Jugoslawien

Erde vom Kartoffelfeld in Slowenien im Nordwesten bis 6.000  
 Im Süden und in Küstengebieten weniger.

Kräutertee, gekauft im Juli 1988  
 in Belgrad 110  
 Schokolade 110  
 andere Produkte meist unter 10  
 Hotelnahrung meist bis 20  
 Tee meist bis 2.000, Spitzenwerte bis 10.000

Einzelwerte aus 1987:  
 Steinpilze, getrocknet, aus der Gegend von Minsk 750  
 Hartwurst aus Moskau aus Kiew 30  
 Schweineschinken-Konserve, Ukraine, haltbar bis 1992 16  
 35  
 Walnüsse aus Wolgograd 27  
 Walnusskuchen aus Czernowitz 19  
 Kirschen aus Czernowitz (700 km südlich von Tschernobyl) 150  
 Birnen, getrocknet, Moskau 408  
 Mischbrot aus Moskau aus Leningrad 27  
 8

Heute:  
 Frisch-Gemüse, Ukraine kleiner 1

### Polen

Erdproben aus Masuren 8.000 bis 16.000  
 aus Bialystok 5.000  
 aus Drohiczyn am Bug, östlich von Warschau 40.000  
 aus Neustadt/Oberschlesien 23.000

Moos aus Wegrów, östlich von Warschau 160 Becquerel pro Kilogramm

Lebensmittel meist unter 10  
 Frischgemüse vom August 88 kleiner 1  
 Roggen und Weizen aus Bialystok, Nordwesten, Ernte 1987 kleiner 1

### Tschechoslowakei

Genauere Werte liegen aus neuerer Zeit nicht vor. Es ist jedoch entgegen den Angaben in der Karte davon auszugehen, daß sich die höhere Belastung im Südosten der DDR, der Bundesrepublik und Österreich auch in der angrenzenden Region der Tschechoslowakei zunächst fortsetzt. Im Dreiländereck Bundesrepublik Deutschland, Österreich, Tschechoslowakei liegt die Bodenbelastung jedenfalls bei 20.000 Becquerel pro Quadratmeter. Weiter östlich werden die Werte wieder geringer.

### Österreich

Oberösterreich ist speziell im Gebiet von Linz am höchsten belastet, mit mehr als 65.000 Becquerel pro Quadratmeter. Siehe die ausführliche Darstellung im vorigen Strahlentelex Nr.38 vom 4.8.1988, Seite 3. Fortsetzung Seite 4

Fortsetzung von Seite 3

## Im Überblick

### Schweiz

Angrenzend an das Dreiländereck Österreich, Bundesrepublik Deutschland, Schweiz im Norden und um Lugano im Süden finden sich die höchsten Bodenbelastungen mit Größenordnungen von 30.000 und 45.000 Becquerel pro Quadratmeter.

### Italien

Die radioaktive Belastung Italiens nimmt vom Süden nach dem Norden hin zu. Ebenso wie in Griechenland sind Hartweizenprodukte (Nudeln) auffallend hoch radioaktiv belastet. Salami kann ebenfalls höher belastet sein. In Gebirgsregionen sind höhere Belastungen möglich als in der Karte angeben.

### Belgien, Frankreich, Spanien, Portugal

Ostfrankreich und das Zentralmassiv sind noch deutlich radioaktiv belastet. Die Gebiete westlich der Rhone und insbesondere Spanien und Portugal zählen dagegen zu den am wenigsten von Tschernobyl betroffenen Gebieten Europas.

In Frankreich befinden sich jedoch eine Vielzahl der verschiedensten Atomanlagen mit entsprechenden Auswirkungen auf die Umwelt.

### Niederlande

Im Süden der Niederlande um Eindhoven sind die höchsten Belastungen von mehr als 8.000 Becquerel pro Quadratmeter zu finden. Im Nordosten und Süden liegt die Bodenbelastung meist unter 2.000.

### Großbritannien und Irland

Die radioaktive Belastung Großbritanniens aus Tschernobyl ist überwiegend in Schottland konzentriert. Die höheren Belastungen der Westküste Mittelenglands (Cumbrien) rühren von der Wiederaufarbeitungsanlage Windscale/Sellafield her. Dort sind die höchsten Verseuchungen Großbritanniens zu finden. Die Irische See zählt zu den am höchsten radioaktiv verseuchten Seegebieten der Welt. Die Auswirkungen sind bis in die Nordsee hinein zu spüren. Fische, Muscheln und Krebse aus der Irischen See sollten nicht verzehrt werden. Neben Cäsium enthalten diese auch Plutonium. Ähnliches gilt für Frankreich im Gebiet um La Hague.

In Schottland gilt immer noch ein Schlachtverbot für die verseuchten Schafe.

### Milch und Milchprodukte

Für die Monate Mai und Juni dieses Jahres faßt die Strahlenmeßstelle des Berliner Senats ihre Meßergebnisse wie folgt zusammen:

Butter	bis 0,8, im Mittel 0,6
Dosenmilch	bis 13, im Mittel 5,6
H-Milch	bis 4, im Mittel 2,3

### Skandinavien

Dänemark ist ähnlich wie Norddeutschland oder etwas geringer radioaktiv belastet. Mittel- und Ostschweden müssen dagegen zu den am höchsten belasteten Gebieten Europas gezählt werden. Westschweden und vorallem die Gebiete von Schweden und Norwegen nördlich des Polarkreises sind deutlich geringer durch Tschernobyl belastet. Nördlich des Polarkreises ist in Schweden und Norwegen die Belastung des Bodens sogar geringer als in Dänemark und Norddeutschland.

### Norwegen

Die Gebirgsregionen von Oppland, Sør- und Nord-Trøndelag sowie das sich zunächst anschließende Gebiet von Nordland sind die am höchsten belasteten Gebiete in Norwegen, mit Bodenbelastungen zwischen 80.000 und 700.000 Becquerel pro Quadratmeter (Rondane-Gebirge).

### Wildfrüchte:

frische Pfifferlinge aus Brevik in der Telemark (1987)	60
Heidelbeeren aus der selben Gegend	30
Moos am Polarkreis (Aug.87)	250

### Schweden

Ein Gebiet um Stockholm und die vorgelagerten Schären sind ähnlich Südschweden geringer belastet. In Erdproben aus der Gebirgsregion Mittelschwedens wurden mit 200.000 bis 800.000 Becquerel pro Quadratmeter (westlicher Bereich von Västerbotten) die höchsten radioaktiven Belastungen überhaupt ermittelt, abgesehen von direkt betroffenen Gebieten der Sowjetunion.

Südlich von Gävle und nördlich von Sundsvall im Osten liegen

Joghurt	bis 26,9, im Mittel 3,1
Dessert/Pudding	bis 3,2, im Mittel 1,5
Käse	bis 7, im Mittel 1,9
Quark	bis 4,2, im Mittel 2,9
Frischkäse	bis 4,9, im Mittel 2,6
Speiseeis	bis 13,3, im Mittel 6,8
Trockenmilch	bis 41,9, im Mittel 34,7
Kinder-Fertigbrei	bis 11, im Mittel 3,9
Kinder-Milchnahrung	bis 2,9, im Mittel 2,1

(Zahlenwerte in Becquerel Cäsium-Gesamtaktivität pro Kilogramm) ●

die Bodenbelastungen über 70.000 Becquerel pro Quadratmeter.

In Südschweden in diesem Jahr geerntete Heidelbeeren, Preiselbeeren und Pilze enthielten bis zu 20 Becquerel pro Kilogramm. Für Mittel- und Ostschweden dürfen solch relativ niedrige Belastungen allerdings nicht angenommen werden.

In Rentier- und Elchfleisch sind zum Teil hohe Anteile von Altlasten aus den oberirdischen Atombombenversuchen bis Mitte der sechziger Jahre zu finden, die ohne weiteres einen Anteil von über 100 Becquerel pro Kilogramm ausmachen können.

### Finnland

In zentralen und südwestlichen Gebieten Finnlands ist der Boden im Mittel mit Werten um 20.000 Becquerel pro Quadratmeter belastet.

Moosbelastungen aus 1987 in Becquerel pro Kilogramm:

aus Naantali bei Turku/Südwest-Finnland	3.400
aus dem Gebiet des Oulujärvi-Sees in Mittelfinnland	2.400
aus Alta in Ostfinnland	150
aus Tervola, nördlich von Kemi	200

frische Pfifferlinge aus Südfinnland (Konvola)	220
Preiselbeeren aus dem Saimaa-Seengebiet in Südostfinnland	186

Zu beachten ist, daß solche Belastungen von Naturböden und von Wildfrüchten sich von Jahr zu Jahr nur geringfügig verringern.

**Hinweis:** Die vorstehenden Zahlenangaben gelten - soweit nichts anderes angegeben ist - für Böden in Becquerel Cäsium-Gesamtaktivität pro Quadratmeter, für Moos, Waldfrüchte und andere Nahrungsmittel in Becquerel pro Kilogramm. ●

**Richtwertempfehlungen:** In den Ländern der Europäischen Gemeinschaft (EG) gilt ein Grenzwert für die Cäsium-Gesamtaktivität von 600 Becquerel pro Kilogramm für Nahrungsmittel, die aus Drittländern eingeführt werden, und von 370 Becquerel pro Kilogramm für Milch und Säuglingsnahrung. Unabhängige Experten rieten auf der Grundlage der Bestimmungen der geltenden Strahlenschutzverordnung von 1976 zu Nahrung mit höchstens 30 bis 50 Becquerel pro Kilogramm Cäsium-Gesamtaktivität für Erwachsene und mit höchstens 10 bis 20 Becquerel pro Kilogramm für Kinder, stillende und schwangere Frauen. Dabei wurde von einem Anteil von 1 Prozent Strontium-90 bezogen auf den Aktivitätsgehalt an Cäsium-137 in Nahrungsmitteln ausgegangen. Der tatsächliche Strontium-Gehalt in der Nahrung liegt jedoch höher, wie Untersuchungsergebnisse zeigen. Deshalb und wegen Unsicherheiten bei den Bewertungsgrundlagen wird jetzt meist nur noch bis zu 5 Becquerel pro Kilogramm Cäsium-Gesamtaktivität als Höchstwert für Kindernahrung empfohlen.

## Unterschiede im Stoffwechsel von Cäsium und Kalium

werden Kalium und Cäsium im Magendarmtrakt von Säugetieren unabhängig vom Lebensalter nahezu vollständig aufgenommen. Beim Menschen wird radioaktives Cäsium in leicht löslicher Form zumindest zu 90 Prozent, nach anderen Angaben sogar bis zu 99 Prozent ins Blut übergeführt. In der ICRP-Veröffentlichung 59 von 1960 wird eine hundertprozentige Aufnahme von Kalium angenommen.

Anders bei den Wiederkäuern. Comar und Wassermann wiesen 1957 an Ziegen mit chronischer Cäsium- und Kaliumzufuhr eine Nettoaufnahme von 68,3 Prozent Cäsium-137 und 93,9 Prozent Kalium-42 nach, vermutlich als Ergebnis besonderer Eigenschaften tierart-spezifischer Futtermittel.

Von ausgewachsenen Ratten wurden nach längerem Nahrungsentzug über 90 Prozent der Kalium-Gaben innerhalb einer halben Stunde aufgenommen und über 98 Prozent der Cäsium-137-Dosis innerhalb von einer Stunde. Zur Aufnahme der Hälfte der angebotenen Cäsium-137-Menge werden von den einzelnen Abschnitten des Dünndarms (Duodenum, Jejunum und Ileum) nur 4, 17 und 21 Minuten benötigt, während der Magen in der Rangfolge der Aufnahmeleistung an letzter Stelle steht. Bei gemästeten Tieren wird Cäsium am langsamsten aufgenommen. Nach Ablauf eines Tages waren von Masttieren 10 Prozent weniger Cäsium als von nicht gemästeten Tieren aufgenommen worden.

Kalium und Cäsium gehen unabhängig von der Verseuchungsart über die Nahrungsaufnahme oder über die Atmung sofort ins Blut über und bauen dort innerhalb der ersten Minuten bis Stunden ein Konzentrationsmaximum auf. Im Unterschied zu Cäsium wandert Kalium jedoch schon beim Eintritt ins Blut unverzüglich aktiv in die roten Blutkörperchen ein. Die Aktivitätskonzentration von Radiokalium in rote Blutkörperchen erreicht deshalb schon in den ersten 2 bis 3 Stunden ihren Höchstwert, der in der Folgezeit von Stunden konstant gehalten wird.

Anders verhält es sich mit Radiocäsium, das anfänglich stark im Blutplasma konzentriert ist und in den roten Blutkörperchen erst nach 24 Stunden den Höchstwert erreicht, wenn das Blutplasma bereits 90 Prozent seiner maximalen Cäsium-Konzentration verloren hat. Ein großer Teil des aus dem Blutplasma verschwundenen Cäsiums wird mit dem Blutstrom in andere Organe und vorzugsweise auch über die Ausscheidungsorgane abgeführt. Bei Kühen baut sich die Cäsium-Aktivität in roten Blutkörperchen erst im Laufe von

Tagen auf, wobei sich ein Gleichgewicht einstellt.

Kaliumzusätze in der Nahrung über den Bedarf hinaus setzen die Aktivitätskonzentrationen von radioaktivem Cäsium-137 im Muskel trotz ihrer physio-chemischen Verwandtschaft nicht herab. Es wäre jedoch falsch, erklären Burkhardt und Wirth, darin nur einen Beweis dafür zu sehen, daß Kalium und Cäsium unabhängig voneinander verstoffwechselt werden. Beim Überschreiten des Kalium-Bedarfs scheine die Transportkapazität der energieverbrauchenden Natrium-Kalium-Pumpe einen Sättigungswert zu erreichen. Da deshalb das überschüssige Kalium in den Zellzwischenräumen verbleibe, könne es den Cäsium-Ausfluß aus der Zelle auch nicht mehr steigern. Der Kalium-Überschuß werde dann sofort mit dem Urin ausgeschieden.

### Die Ausscheidung erfolgt zu 80 Prozent über die Nieren

Nach der Einstellung eines Gleichgewichts verhalten sich Kalium und Cäsium bei der Ausscheidung nahezu gleich. Beide Stoffe werden im Organismus des Menschen und bei Tieren wie Meerschweinchen und Kaninchen zu etwa 80 Prozent über die Nieren ausgeschieden. Bei Wiederkäuern werden mit Stuhl und Urin etwa gleiche Mengen ausgeschieden. Der Verlust von Kalium und Cäsium mit dem Schweiß ist dagegen bis auf einige Ausnahmen extremer körperlicher Anstrengung gering.

### Kalium und Cäsium verteilen sich unterschiedlich

Kalium wird über das Blut sehr schnell im Körper verteilt. Den Hauptanteil des körpereigenen Kaliums vereinigen die Muskeln auf sich. Für diese ist die Anreicherungskapazität für Kalium sehr hoch und die Muskelmasse stellt den größten Teil des Weichgewebes dar. Die Organe Hirn, Milz und Leber stehen in der Rangfolge der Kalium-Aufnahme dem Muskelgewebe kaum nach, jedoch haben sie einen geringeren Gewichtsanteil. Rote Blutkörperchen, Geschlechtsorgane, Herz, Lunge und Niere nehmen Mittelstellungen ein. Im Gleichgewicht enthält das Blutplasma sehr wenig Kalium. Auch die Skelettknochen reichern Kalium nur schwach an, rangieren wegen des hohen Gewichtsanteils jedoch bereits hinter dem Muskelgewebe.

Die Cäsium-Verteilung weicht zeitlich und räumlich in einigen Punkten von der Kalium-Verteilung ab. Zu Beginn einer Cäsium-Verseuchung werden die Ausscheidungsorgane entsprechend dem Ausscheidungs-

verhalten von Kalium am stärksten belastet. Im Unterschied zum Stoffwechsel von Kalium wird aber die Cäsium-Aktivität im Muskelgewebe der Tiere mit zeitlicher Verzögerung nur langsam aufgebaut. Der gegenüber Kalium verzögerte Cäsium-Einstrom in Muskelzellen ist Ursache dafür, daß sich das Gleichgewicht der Cäsium-Verteilung langsamer einstellt als das von Kalium.

Im Gleichgewicht weisen die Muskeln die höchste Cäsium-Aktivität auf, gefolgt von Leber, Herz, Milz, Geschlechtsorganen, Lunge und Hirn. Die Ausscheidungsorgane, die fetthaltige Haut sowie das Blut (rote Blutkörperchen und Blutplasma), altersbedingt auch die Knochen, sind am schwächsten belastet. In allen Fällen steht das Blutplasma an letzter Stelle. Von den roten Blutkörperchen wird Cäsium nahezu ausgeschlossen. Im weitgehend Kalium-freien Fett läßt sich auch Cäsium allenfalls in Spuren nachweisen.

In den Jahren des stärksten atmosphärischen Atombomben-Fallouts waren die Knochen der Menschen durch Cäsium-137 unterschiedlich stark verseucht. Yamagata u.a. wiesen 1960, Anderson und Mitarbeiter 1962 im Menschenknochen teilweise höhere Aktivitäten als im Weichteilgewebe nach. Nach Furchner u.a. (1964) geht durch Entfernung des Knochenmarks über die Hälfte der Cäsium-Aktivität im Oberschenkelknochen verloren. In den ersten fünf Lebensjahren ist das Skelett des Menschen besonders stark belastet. Mit dem Calciumeinbau in das Knochenkollagen sinkt die Cäsium-Aktivität beim Menschen bis zum 15. Lebensjahr ab. Wahrscheinlich, so Burkhardt und Wirth, könne der größte Teil der radioaktiven Belastung der Knochen dem Knochenmark und dem Kollagen im Kindesalter zugeschrieben werden, die gleich einem Ionenaustauscher Cäsium stark binden.

Knochen, Milz, Gehirn und rote Blutkörperchen unterscheiden mäßig bis stark zwischen Cäsium und Kalium. Bei den roten Blutkörperchen ist die Unterscheidung am stärksten. Lunge und Leber unterscheiden kaum Cäsium vom Kalium. Alle übrigen Gewebe und Organe, durchwegs von Muskeln durchsetzt, ziehen Cäsium dem Kalium vor. In den Muskeln Herz und Zunge wird dabei Cäsium nur wenig gegenüber Kalium bevorzugt. Kaumuskeln, Zwerchfell, Oberarmmuskeln (Triceps), Lendenmuskulatur (Psoas) und Bauchdecke nehmen eine Mittelstellung ein. In der Unterschenkelmuskulatur (Gastrocnemius) und in den Rückenmuskeln ist die Bevorzugung von Cäsium gegenüber Kalium am stärksten ausgeprägt, wegen des stärksten Anteils roter Muskelfasern. ●

# Kurz bemerkt

## Raumfahrtunfall

### Absturz eines Atomsatelliten für September oder Oktober erwartet

Der Absturz eines sowjetischen Satelliten der Kosmos-Serie ist nach Angaben des Kontrollzentrums der Europäischen Raumfahrtbehörde (ESA) im September oder Oktober dieses Jahres zu erwarten. Der Satellit hat einen Atomreaktor mit etwa 50 Kilogramm angereicherter Uran-235 sowie Plutonium als Zerfallsprodukt an Bord. Voraussichtlich werde der im Dezember 1987 gestartete Satellit in einem Band zur Erde stürzen, das von 65 Grad nördlicher bis 65 Grad südlicher Breite reiche. Damit können sämtliche Ballungsräume von dem Absturz und einer radioaktiven Verseuchung betroffen sein. Möglicherweise liege die Absturzstelle im Bereich der Europäischen Gemeinschaft (EG).

Die Informationen über den Satelliten Kosmos 1900 gehen auf eine Veröffentlichung in dem US-Luft- und Raumfahrtmagazin „Aviation Week“ zurück. Die amtliche sowjetische Nachrichtenagentur TASS habe in einem Bericht bestätigt, daß der Satellit außer Kontrolle geraten und der Absturz zu erwarten sei. Der Satellit könne nicht abgefangen werden.

Über 40 dieser Kernreaktoren wurden bisher von den sowjetischen Militärs gestartet. Sie haben eine Arbeitshöhe von 250 bis 270 Kilometern, starten von Baikonur aus und umkreisen die Erde in einem Winkel von 65 Grad zum Äquator. Die Satelliten tasten so innerhalb einer Woche den größten Teil des Planeten zu nachrichtendienstlichen Zwecken ab. Nach einigen Wochen Betriebsdauer wird üblicherweise der Kernreaktor abgesprengt und in eine „Parkbahn“ mit 800 bis 1.000 Kilometern Abstand zur Erde katapultiert. Dabei gingen bereits im Januar 1978 radioaktive Trümmer von Kosmos 954 im Gebiet des Großen Sklavensees in Kanada nieder. 1983 stürzte Kosmos 1402 in den südlichen Atlantik.

Besondere Vorkehrungen könnten nicht getroffen werden, verläutet von der ESA. Allenfalls sei den Menschen zu raten, sich zur Zeit des zu erwartenden Absturzes nicht im Freien aufzuhalten, um einer etwaigen unmittelbaren radioaktiven Verseuchung im Bereich der Absturzschneise auszuweichen. ●

## Hiroshima/Nagasaki

### Zum 43. Mal

Am 6. August jährte sich der Atombombenabwurf auf Hiroshima

zum 43. Mal. Bis Ende Dezember 1945 starben annähernd 140.000 der etwa 400.000 Betroffenen in der Stadt. In Nagasaki starben in der selben Zeit weitere 70.000 Menschen durch die drei Tage später abgeworfene Atombombe. Infolge der radioaktiven Bestrahlung erkrankten und starben Atombombenopfer in Hiroshima und Nagasaki noch heute.

Diese Menschen sind heutzutage die größte statistisch genau erfaßte Personengruppe, deren Schicksal etwas über die Strahlen- spätfolgen aussagt. Inzwischen weiß man, daß die Atombombenopfer viel weniger Strahlung ausgesetzt waren als angenommen. Aufgrund dieser Tatsache wird das Krebsrisiko heute höher bewertet als noch vor drei Jahren. Manche Krebsarten wie Magen- und Leberkrebs treten erst heute, nach mehreren Jahrzehnten, auf. Nach über 40 Jahren ist insbesondere die Lungenkrebsrate deutlich erhöht.

Aufgrund dieser neuen Erkenntnisse über die Krebserkrankungen bei Atombombenopfern mußte die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) den Risikofaktor radioaktiver Bestrahlung heraufsetzen. Bis vor kurzem galt, daß 1 Million Personen-Rem 100 Todesopfer verursachen würden. Jetzt muß von 550 Toten pro 1 Million Personen-Rem ausgegangen werden.

Die neue Bewertung der Strahlengefahr durch die ICRP hat die britische Strahlenschutzbehörde - im Gegensatz zur bundesdeutschen Strahlenschutzkommission - dazu veranlaßt, eine Senkung des Grenzwertes für beruflich bedingte Bestrahlung von 5 rem auf 1,5 rem pro Jahr zu fordern.

Der Krebsrisikofaktor erhöht sich noch bei genauer Beachtung der Methode, nach der die Atombombenopfer statistisch erfaßt wurden. Zwei grundsätzliche Fehler sind bei dieser statistischen Erfassung zu beanstanden.

Die Statistik beginnt erst 1950. Zwischen 1946 und 1949 starben 90.000 Opfer der beiden Atombomben, fast alle an Strahlenfolgen. Diese Opfer gingen bisher nicht in die Bewertung des Strahlenrisikos ein. Gerade die Auswirkungen in der ersten Phase nach der Bestrahlung scheinen jedoch erheblich zu sein.

Der zweite Kritikpunkt betrifft die Vergleichsgruppe. Den Atombombenopfern wird eine angeblich nicht bestrahlte Gruppe gegenübergestellt, um die Krebsrate beider Gruppen zu vergleichen. Angehörige dieser Vergleichsgruppen wurden nicht nur vom gleichen Alter ausgewählt. Auch die geographischen Gegebenheiten mußten angeblich vergleichbar sein. Das heißt diese Gruppen wurden aus Einwohnern von Hiroshima und Nagasaki und Umgebung zusammengestellt. Viele Menschen aus der Vergleichsgruppe

waren in die verseuchten Städte gegangen oder hatten vom schwarzen Regen aus den Atompilzwolken verseuchte Nahrung zu sich genommen. Einige Menschen in der Vergleichsgruppe waren sogar mit bis zu 9 rad von dem Atomblitz bestrahlt worden. Nach der Statistik gelten nur diejenigen als bestrahlt, die bis zum dritten Tag in die verseuchten Städte hineingingen. Der japanische Staat jedoch übernimmt Kosten für die medizinische Betreuung von Menschen, die noch 14 Tage nach den Atombombenabwürfen in die verseuchten Gebiete hineingingen. Atombombenopfer fordern eine Erweiterung des Gebietes von 2,5 Kilometer auf 10 Kilometer Radius um den Explosionsnullpunkt, das offiziell als verseucht gilt und somit Entschädigungsansprüche begründet.

Es ist anzunehmen, daß diese statistische Verschleierung die Strahlenfolgen verharmlosen sollte, zumal das weltweit anerkannte Forschungsinstitut „Radiation Effects Research Foundation“ in Hiroshima ursprünglich von der Atomic Energy Commission (AEC) gegründet wurde. Die AEC war nämlich noch jahrzehntelang für die Entwicklung von Atombomben zuständig.

Jannes Kazuomi Tashiro

## Strahlentelex

- Umweltinformationsdienst der Unabhängigen Strahlenmeßstelle Berlin - Wilsnacker Straße 15, D-1000 Berlin 21. Tel. 030 / 394 89 60.

**Herausgeber und Redaktion:** Dipl.-Ing. Thomas Dersee (verantw.), Dipl.-Ing. Bernd Lehmann.

**Wissenschaftlicher Beirat:** Prof. Dr. Klaus Bätjer, Bremen, Dr. med. Helmut Becker, Berlin, Dr. Thomas Bigalke, Berlin, Prof. Dr. med. Karl Bonhoeffer, Dachau, Prof. Dr. Friedhelm Diel, Fulda, Priv. Doz. Dr. Andreas Faensen-Thiebes, Berlin, Dr. Dieter Gawlik, Berlin, Dr. med. Joachim Großhennig, Berlin, Dr. med. Ellis Huber, Berlin, Dr. med. Klaus Lischka, Berlin, Prof. Dr. E. Randolph Lochmann, Berlin, Dipl.-Ing. Heiner Matthies, Berlin, Dr. Peter Plieninger, Berlin, Dr. Ernst Rößler, Berlin, Prof. Dr. Jens Scheer, Bremen, Prof. Dr. med. Roland Scholz, Gauting, Priv. Doz. Dr. Hilde Schramm, Berlin, Jannes Kazuomi Tashiro, Kiel, Prof. Dr. med. Michael Wiederholt, Berlin.

**Erscheinungsweise und Bezug:** Das Strahlentelex erscheint an jedem ersten und dritten Donnerstag im Monat. Bezug im Jahresabonnement DM 74,- für 24 Ausgaben frei Haus. Einzelexemplare (nur gegen Vorauszahlung) DM 3,50. Vertrauensgarantie: Eine Kündigung ist jederzeit und ohne Einhaltung von Fristen möglich.

**Kontoverbindung:** B. Lehmann, Sonderkonto Strahlenmessung, Konto-Nr. 199701-109, Postgiroamt Berlin West (Bankleitzahl 100 100 10).

**Druck:** Lützowsatz, W. Plum, Lützowstr. 102-104, 1000 Berlin 30.

**Vertrieb:** Datenkontor, E. Feige, H. Slesiona, Badensche Str. 29, 1000 Berlin 31.

Die im Strahlentelex gewählten Produktbezeichnungen sagen nichts über die Schutzrechte der Warenzeichen aus.

© 1988 bei den Herausgebern. Alle Rechte vorbehalten.

ISSN 0931-4288