FACHVERBAND FÜR STRAHLENSCHUTZ E.V.

Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA)

DIE RADIOAKTIVITÄT IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND UND IN DER SCHWEIZ NACH DEM REAKTORUNFALL IN TSCHERNOBYL

Ergebnisse einer Messwerterhebung des Arbeitskreises Umweltüberwachung

M. Winter, H. Völkle, J. Narrog, P. Meyer, K. Kirchhoff

FS - 86 - 39 - AKU

Oktober 1986

Fachverband für Strahlenschutz E.V.
Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA)

DIE RADIOAKTIVITÄT IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND UND IN DER SCHWEIZ NACH DEM REAKTORUNFALL IN TSCHERNOBYL

ERGEBNISSE EINER MESSWERTERHEBUNG DES ARBEITSKREISES UMWELTÜBERWACHUNG

M. Winter[1], H. Völkle[2], J. Narrog[3], P. Meyer[1], K. Kirchhoff[4]

1) Hauptabteilung Sicherheit, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

2) Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Fribourg

3) Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten, Stuttgart

4) Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz, Hannover

FS - 86 - 39 - AKU
Oktober 1986

VORWORT

Der Arbeitskreis Umweltüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. hat im Auftrag des Direktoriums eine Meßwerterhebung über die Auswirkungen des Unfalles in Tschernobyl auf die Gebiete der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz durchgeführt. Eine Auswahl der Ergebnisse war vom Arbeitskreis bereits auf dem IV. Europäischen Kongreß der IRPA von 15.-19. September 1986 in Salzburg vorgestellt worden. Der vollständige Bericht der zu Übersichtsdarstellungen zusammengefaßten Ergebnisse der Meßwerterhebung liegt nunmehr vor.

Allen Kolleginnen und Kollegen, die sich an der Meßwerterhebung beteiligt haben, sei an dieser Stelle nochmals für ihre Arbeit gedankt. Allen Institutionen, deren Meßergebnisse zu diesem Bericht beigetragen haben, gilt der Dank des Fachverbandes für Strahlenschutz. Die Namen dieser Institutionen werden auf den beiden folgenden Seiten genannt. Ein besonderer Dank des Autorenteams richtet sich an Frau Dipl.-Phys. Waltraut Winter, ohne deren uneigennützige Hilfe bei der Auswertung des umfangreichen Datenmaterials eine fristgerechte Fertigstellung des Berichtes für den Kongreß in Salzburg nicht möglich gewesen wäre.

Der Sekretär
des Arbeitskreises Umweltüberwachung

Karlsruhe, im Oktober 1986

In die Ergebnisse der Meßwerterhebung des Arbeitskreises Umweltüberwachung sind Daten der nachfolgend aufgeführten Institutionen eingeflossen.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

1 Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, München
2 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München
3 Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
4 Bundesanstalt für Zivilschutz, Institut für Atmosphärische Radioaktivität, Freiburg
5 Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Geesthacht
6 Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH, Neckarwestheim
7 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Neuherberg
8 Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung GmbH, Berlin
9 Hessische Landesanstalt für Umwelt, Kassel
10 Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin
11 Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich
12 Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
13 Kernkraftwerk Krümmel GmbH, Geesthacht
14 Kraftwerk-Union AG, Erlangen
15 Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht, Mainz
16 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
17 Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart
18 Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz, Hannover
19 Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
20 Preussen-Elektra AG, Hannover
21 Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Biblis
22 Technischer Überwachungs-Verein Norddeutschland, Hamburg
23 Universität des Saarlandes, Homburg
24 Zentralstelle für Sicherheitstechnik des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

SCHWEIZ

25 Nationale Alarmzentrale und Sektion Überwachungszentrale, Zürich
26 Einsatzgruppe Kommission AC-Schutz und "Gesamtleitung Tschernobyl", Bern
27 AC-Labor der Armee / A-Labor '86, Spiez
28 Eidg. Institut für Reaktorforschung und Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen
29 Kantonales Labor Basel-Stadt
30 Abt. Radioaktivität, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Dübendorf
31 Labor Freiburg der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Freiburg/CH
32 Institut de Radiophysique applique/Institut d'Electrochimie et de Radiochimie, EPF Lausanne
33 Kantonale Labors Graubünden und Tessin
34 Alle Kantonalen Laboratorien bzw. Lebensmittelinspektorate (Probenahmen)
35 Bundesämter für
-Gesundheitswesen (Strahlenschutz, Lebensmittelkontrolle), Bern
-Veterinärwesen, Bern
-Aussenwirtschaft, Bern
36 Eidg. Forschungsanstalten für
-Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld
-Obst-, Wein- und Gemüsebau, Wädenswil
-Milchwirtschaft, Bern
37 Schweizerischer Verband der Milchproduzenten, Bern
38 CERN, Genf

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung 1

2. Zeitlicher Verlauf des Eintreffens und der Ablagerung der Radioaktivität 2

3. Nachgewiesene Radionuklide und ihre Anteile an der Gesamtaktivität 5

4. Vorgaben und Ziele der Meßwerterhebung 8

5. Probleme der Datenauswertung und ihrer Darstellung 11

6. Ergebnisse der Meßwerterhebung für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland 15
6.1 Ortsdosis 15
6.2 Luft 18
6.3 Niederschlag 20
6.4 Gras 26
6.5 Boden 28
6.6 Kuhmilch 31
6.7 Blattgemüse 33
6.8 Sonstige Nahrungsmittel 35

7. Ergebnisse der Meßwerterhebung für das Gebiet der Schweiz 43
7.1 Luft 43
7.2 Niederschläge 46
7.3 Ortsdosis 46
7.4 Milch 46
7.5 Blattgemüse 51
7.6 Gras und Boden 53
7.7 Fleisch 53
7.8 Weitere Lebensmittel 58

8. Dosisabschätzungen 60

9. Anhang 63

1. EINLEITUNG

Am 19. und 20. Juni 1986 trat der Arbeitskreis Umweltüberwachung (AKU) des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. aus Anlaß des Reaktorunfalles in Tschernobyl zu einer Sondersitzung in Karlsruhe zusammen. Diese Sondersitzung sollte dem Austausch von Erfahrungen und Meßergebnissen unter den Mitgliedern des AKU dienen. Eine Woche vorher hatte jedoch das Direktorium des Fachverbandes beschlossen, den AKU mit der Erarbeitung einer Übersichtsdarstellung der Auswirkungen von Tschernobyl auf die Gebiete der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz zu beauftragen, um damit einen aktuellen Beitrag zum internationalen Strahlenschutzkongreß vom 15. bis 19. September 1986 in Salzburg zu leisten.

Die Mitglieder des AKU erfuhren auf der eingangs erwähnten Sondersitzung von diesen Beschlüssen des Direktoriums. Angesichts der damals bevorstehenden Sommerurlaubszeit und der ohnehin schon bestehenden Arbeitsüberlastung aller Kolleginnen und Kollegen im Arbeitskreis wurde die fristgerechte Durchführbarkeit des Auftrages bezweifelt. Wie berechtigt diese Skepsis war, sollte das aus den Reihen des AKU berufene Autorenteam noch zu spüren bekommen. Darüberhinaus war von vornherein klar, daß vom AKU eine wirklich flächendeckende und für alle Regionen gleichermaßen gut statistisch abgesicherte Gesamtdarstellung der Auswirkungen von Tschernobyl nicht erwartet werden konnte. Wenn sich der AKU trotz dieser Bedenken entschloß, sich dieser Aufgabe zu stellen, so deshalb, weil auch bei den Mitgliedern des AKU angesichts der verwirrenden Fülle von Einzelmeßergebnissen das Bedürfnis nach einer Übersicht in Form einer radikal zusammenfassenden Darstellung bestand.

Der AKU beschloß deshalb auf seiner Sondersitzung Ende Juni, in seinen eigenen Reihen eine Meßwerterhebung durchzuführen, über deren Struktur und Ergebnisse hier berichtet wird.

Obwohl inzwischen weitgehend bekannt, soll vorher in den beiden folgenden Kapiteln auf den zeitlichen Verlauf der Immissionen und ihrer Nuklidzusammensetzungen kurz eingegangen werden.

2. ZEITLICHER VERLAUF DES EINTREFFENS UND DER ABLAGERUNG DER RADIOAKTIVITÄT

Am 26. April 1986 um 1.23 Uhr Ortszeit ereignete sich in Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl ein schwerer Unfall, der zu tagelangen starken Freisetzungen von Radioaktivität in die Atmosphäre führte, die infolge eines beträchtlichen thermischen Auftriebs Höhen bis zu etwa 1 500 m - 2 000 m erreichten und von dort durch Luftströmungen weiträumig verfrachtet wurden.

Dabei gelangte die Radioaktivität der ersten starken Freisetzung nach Skandinavien und die der letzten nach Südosteuropa sowie in die Türkei, während Mitteleuropa durch die zeitlich in der Mitte liegenden Emissionen beaufschlagt wurde. Weil außerhalb des sowjetischen Machtbereichs Skandinavien zuerst betroffen war und von dort die Weltöffentlichkeit am Abend des 28.04. über den ungewöhnlichen Vorgang informiert wurde, bestand für Mitteleuropa eine gewisse Vorwarnzeit, die von den Meßinstitutionen zur Vorbereitung gezielter Messungen genutzt werden konnte. Bereits am 29.04. gelangte Radioaktivität aus weiteren Freisetzungen in Tschernobyl nach Berlin und ins östliche Bayern. In der Nacht und in den Morgenstunden des 30. April wurden Südbayern, das südöstliche Baden-Württemberg, die Bodenseeregion, die Ost- und die Nordschweiz relativ massiv beaufschlagt, vor allem dort, wo Niederschläge die Radioaktivität auswuschen und dem Boden zuführten. Die Niederschläge bewirkten andererseits, daß am 30. April nur relativ geringe Radioaktivitätskonzentrationen weiter westwärts vordrangen und erst am 1. Mai mit einem neuen Schwall radioaktiv kontaminierter Luft die Westschweiz, das übrige Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz höhere Aktivitätskonzentrationen erhielten. Einen für diese Region typischen Verlauf der Jod-131-Aktivitätskonzentration der Luft zeigt Abb. 2/1. Die Wolke driftete dann nach Norden sowie Westen ab und überstrich dabei u. a. noch Nordrhein-Westfalen, das westliche Niedersachsen und Frankreich.

Generell ist ein ausgeprägtes Süd-Nord-Gefälle der radioaktiven Kontamination festzustellen, was einerseits darauf zurückzuführen ist, daß die am 30.04. und 01.05. in Süddeutschland und der Schweiz eingetroffene radioaktive Wolke unter günstigen Transportbedingungen (gleichmäßige Luftströmung mit 30 - 50 km/h) dorthin gelangte und andererseits die Niederschläge dort in der Nacht zum 30.04. viel Radioaktivität auswuschen. Da die Niederschläge dem Boden und Bewuchs wesentlich mehr Radioaktivität zugeführt haben als die

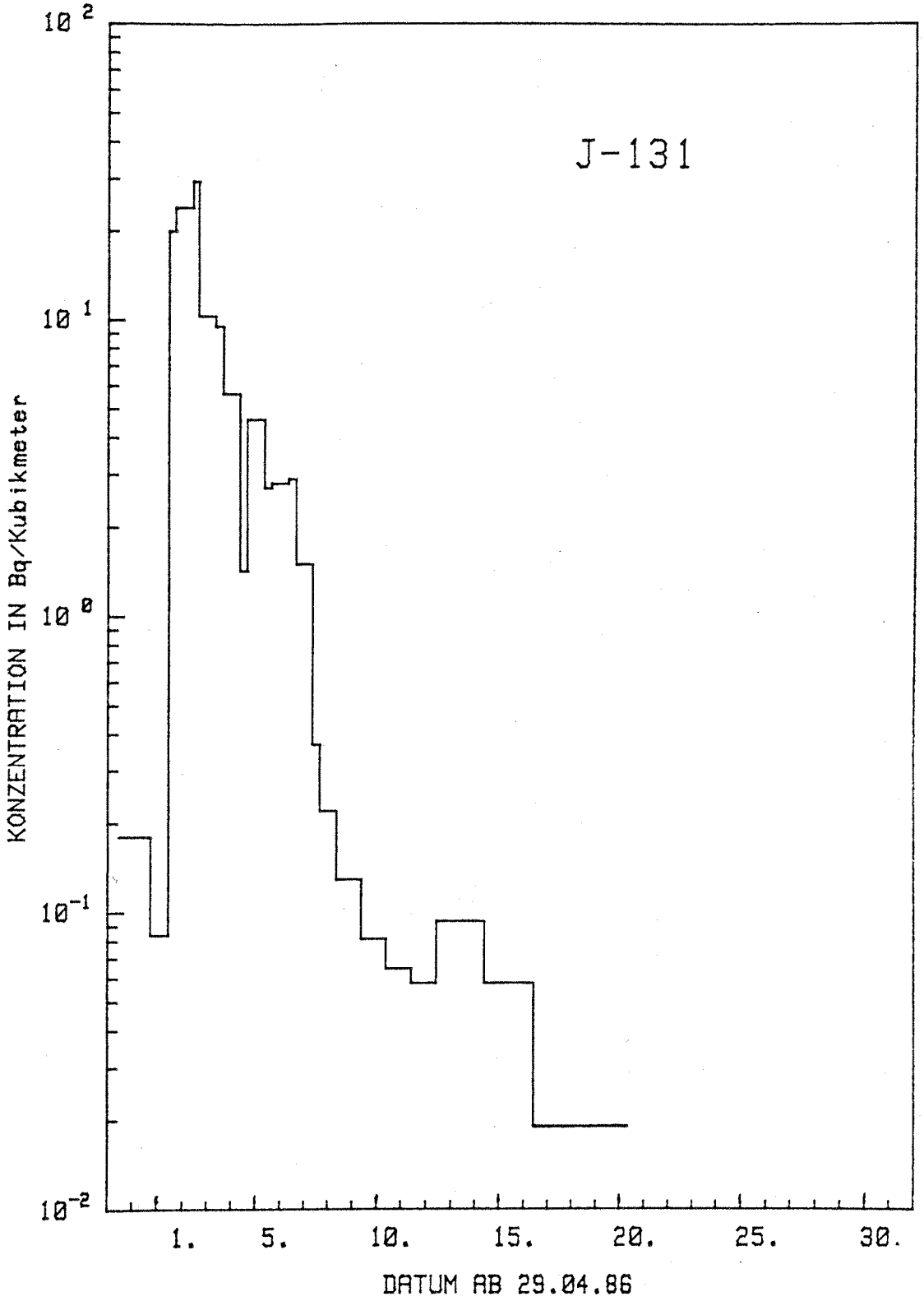


Abb. 2/1: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986 (entnommen aus KfK-Bericht 4115).

trockene Ablagerung aus der radioaktiven Wolke, sind entsprechend der Niederschlagsintensität erhebliche regionale Unterschiede festzustellen. Die Niederschlagstätigkeit blieb in den ersten Maitagen gering und lebte erst in der Nacht zum und am 7. Mai wieder kräftig auf, als die Aktivitätskonzentrationen in der Luft bereits wieder relativ gering waren. Allerdings fiel am 1. Mai im Tessin, in Südbünden und im Waadtländer Jura Regen, was auch dort zu einem Anstieg der abgelagerten Aktivität führte. Obwohl die Radioaktivität der Luft in der gesamten Schweiz etwa gleich war, führten die genannten Niederschläge vor allem im Tessin und in den Bündner Südtälern zu einer deutlich stärkeren Ablagerung von Radioaktivität.

In der Nacht zum 7. Mai erreichten eine kräftige Westströmung und ein ausgedehntes Niederschlagsgebiet Mitteleuropa, wodurch die Atmosphäre von künstlicher Radioaktivität weitgehend gereinigt wurde. Danach gab es keinen weiteren Zustrom radioaktiv kontaminierter Luft aus Tschernobyl. Lediglich Ende Mai/Anfang Juni waren nochmals geringe Jod-131-Aktivitäten in der Luft im Bereich von einigen mBq/m^3 meßbar. Die im Vergleich zu Anfang Mai 1 000 mal geringere Aktivität war für die Strahlenexposition bedeutungslos und wahrscheinlich auf den 2. Erdumlauf der radioaktiven Wolke zurückzuführen.

Die Niederschläge wiesen in den ersten Tagen zeitweise relativ hohe Radioaktivitätskonzentrationen (bis zu max. 38 000 Bq Jod-131/l) auf und führten im Oberflächenwasser, nicht jedoch im Grundwasser, kurzzeitig zu deutlich erhöhten Radioaktivitätsgehalten, die jedoch im allgemeinen sehr rasch abgeklungen und abtransportiert worden sind (ausgenommen die Cs-Kontamination der Biotope einiger Seen).

Die anfänglich z. T. beträchtliche radioaktive Kontamination des Bewuchses und des Freiland-Blattgemüses ist infolge des radioaktiven Zerfalls, des starken Wachstums (Verdünnungseffekt) und des Abspülens durch Regen generell sehr schnell erheblich zurückgegangen.

Die längerlebigen radioaktiven Stoffe gelangten letzlich zum größten Teil in den Boden, wo sie zu einem geringen Bruchteil von Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden.

Nachwachsendes Gemüse zeigte deshalb im allgemeinen nur geringe Gehalte an künstlichen Radionukliden, während einige Obstsorten, wie z. B. Johannisbee-

ren, offenbar auch infolge der Kontamination von Blüten und Blättern und Translokation der radioaktiven Stoffe deutlich mehr Radioaktivität aufwiesen.

3. NACHGEWIESENE RADIONUKLIDE UND IHRE ANTEILE AN DER GESAMTAKTIVITÄT.

Neben dem kurzlebigen radioaktiven Edelgas Xenon-133 mit einer Halbwertszeit (HWZ) von 5,25 Tagen, das jedoch biologisch kaum wirksam wird, trafen vor allem ein:

1. Jod-131
2. Tellur-132/Jod-132
3. Barium-140/Lanthan-140, Cäsium-137, Cäsium-134, Ruthen-103 sowie geringe Aktivitäten anderer Radionuklide.

Die genaue Zusammensetzung ist aus Abb. 3/1 und Tab. 9/1 (s. Anhang) zu entnehmen.

Die 3 erwähnten Gruppen von Radionukliden lagen Anfang Mai jeweils etwa in der gleichen Größenordnung vor. Wegen des raschen Zerfalls der kurzlebigen radioaktiven Stoffe sind diese derzeit nicht mehr nachweisbar, und es dominieren jetzt die radioaktiven Cäsiumisotope Cs-137 und Cs-134 im Verhältnis 2:1, sowie Ruthen-103. Leitnuklid (d. h. vorherrschend hinsichtlich Betrag und biologischer Wirksamkeit) für die kurzlebigen radioaktiven Stoffe (Jod-131, Tellur-132/Jod-132, Barium-140/Lanthan-140) ist das Jod-131 (HWZ: 8 d) und für die längerlebigen Radionuklide das Cäsium-137 (HWZ: 30 a).

Strontium-90 (HWZ: 28,5 a) wurde in der Luft Süddeutschlands und der Schweiz zu weniger als 1 % der Aktivität des Cäsium-137 gefunden. Im Bewuchs wurden um 1 %, in Milch und verschiedenen Milchprodukten bei höherer Kontamination zwischen 0,3 und 2 % Strontium-90 in Bezug auf Cäsium-137 gemessen. Strontium-89 (HWZ: 50 d) war anfangs in etwa 10-fach höherer Konzentration als Strontium-90 zu finden.

Ein zum Strontium hin verschobenes Sr-90/Cs-137-Verhältnis war in Bewuchs- und Milchproben geringer Kontamination festzustellen. Wie Tab. 3/1 zeigt,

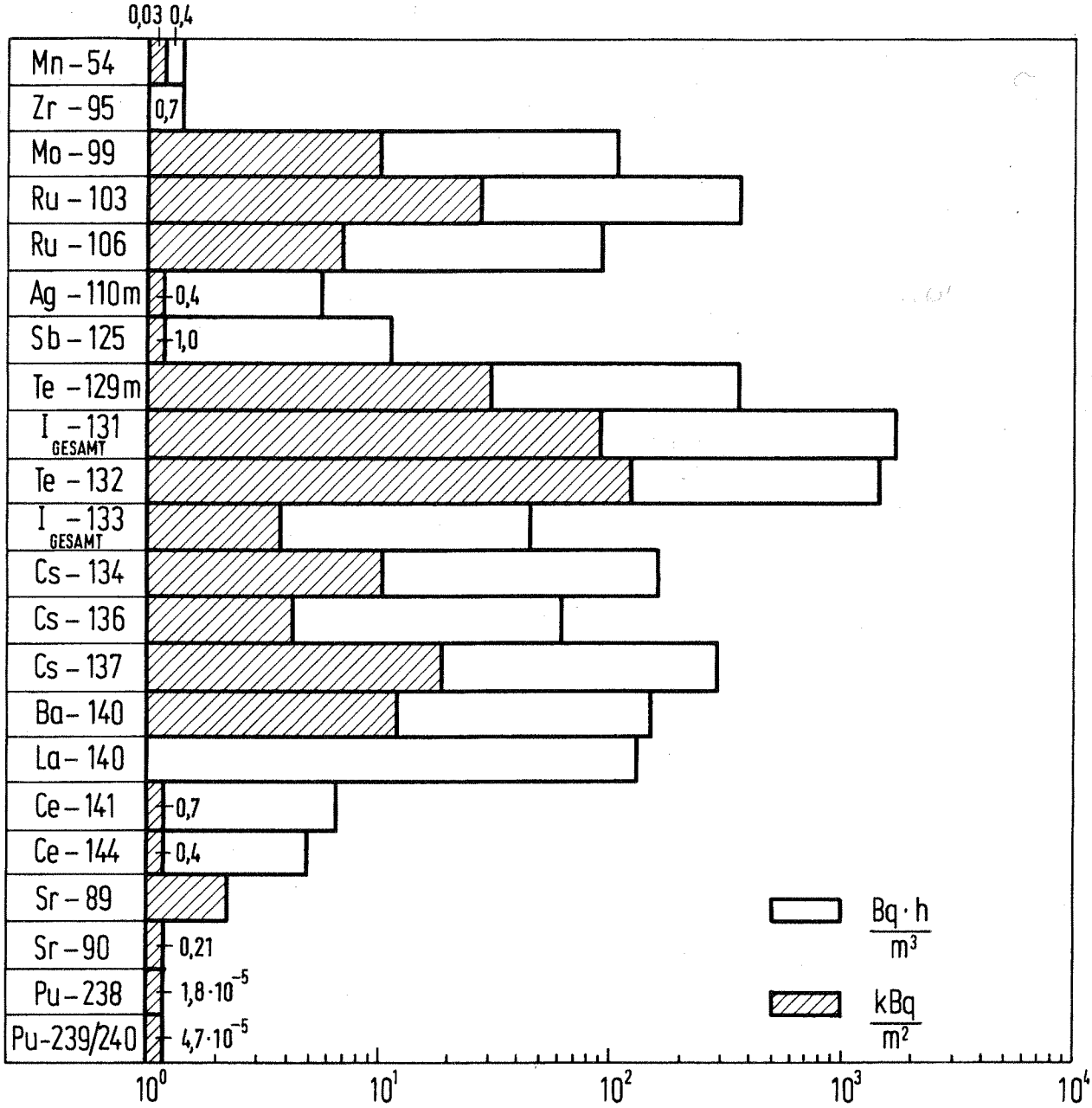


Abb. 3/1: Zeitintegrierte Nuklidspektren für die bodennahe Luft und für den Niederschlag vom 29.04. bis 09.05.1986. (gemessen in München/Neuherberg von der GSF)

Probenahme-ort	Datum	Aktivitätskonzentration in Bq/l			
		Sr-89	Sr-90	Cs-137	I-131
Ravensburg	13.05.86	2,6	0,3	72	138
Ravensburg	05.02.86	-	0,09	< 0,04	< 0,02
Ravensburg	Juli 1963	8,0	3,3	8,6	-
Mosbach	13.05.86	0,06	0,07	0,5	1,9
Mosbach	14.02.86	-	0,09	< 0,04	< 0,02
Öhringen	Juli 1963	4,2	1,2	4,6	-
Mannheim	15.05.86	0,4	0,08	9,3	27
Mannheim	27.02.86	-	0,06	< 0,04	< 0,02
Karlsruhe	Juli 1963	5,2	1,2	4,8	-
Gemrigheim	16.05.86	0,06	0,05	1,8	7,5
Gemrigheim	14.02.86	-	0,045	< 0,04	< 0,02
Ludwigsburg	Juli 1963	4,1	1,3	3,9	-

Tab.3/1: Vergleiche der Aktivitätskonzentrationen einiger Radionuklide in Milch, gemessen 1986 vor und nach Tschernobyl und im Juli 1963 (Meßwerte der Chemischen Landesuntersuchungsanstalt Stuttgart)

ist dabei der Einfluß des Sr-90 aus dem Fallout der Kernwaffenversuchsexplosionen nicht zu vernachlässigen. Bei geringer Kontamination lag die Sr-90-Aktivität in der Milch im Mai nicht bzw. kaum höher als im Februar 1986.

Ähnliches wie für Strontium gilt auch für Plutonium. Es liegen verschiedene Meßergebnisse vor, die zeigen, daß die bisher vom Fallout aus Kernwaffenversuchen herrührende mittlere Bondenbelastung von ca. 0.8 Bq/kg - die unter Strahlenschutzgesichtspunkten nur geringe Bedeutung hat - nicht merklich erhöht wurde (vgl. auch Tab.9/1). Dies stimmt mit mehreren Luftmessungen überein, die keine oder nur äußerst geringe Werte ergaben. So wurde z. B. beim Kernforschungszentrum Karlsruhe indirekt über den Nachweis von Cm-242 auf eine maximale Pu-239/240-Konzentration von 3×10^{-5} Bq/m³ geschlossen. Gelegentlich wurden auch Spuren von Np-239 (HWZ: 2,4 d) gemessen, das sich unter Beta-Zerfall in Pu-239 umwandelt. Dabei nimmt allerdings die Aktivität im umgekehrten Verhältnis zu den Halbwertszeiten (ca. 1:3 600 000) ab, so daß Pu-239 im allgemeinen nicht mehr nachweisbar war.

Erhebliche Abweichungen von den hier beschriebenen Verhältnissen der Radionuklide zueinander traten lediglich vereinzelt in sogenannten "heißen Teilchen" auf.

Eine Erhöhung des C-14-Gehaltes der Luft konnte ebenfalls nicht gemessen werden (die Nachweisgrenze betrug dabei 0,4 % des bisherigen künstlichen C-14-Gehaltes der Atmosphäre).

4. VORGABEN UND ZIELE DER MESSWERTERHEBUNG

Im Folgenden werden die wesentlichen Beschlüsse und Gedankengänge des AKU im Zusammenhang mit der Erarbeitung einer Übersicht über die Immissionsmeßergebnisse in der Bundesrepublik und in der Schweiz wiedergeben.

Der AKU beschloß auf seiner Sondersitzung am 19. Juni 1986, unter seinen Mitgliedern eine Meßwerterhebung mittels geeigneter Tabellen durchzuführen, um sicherzustellen, daß alle angeforderten Daten in einheitlicher Form geliefert werden.

Mit der Bezeichnung Meßwerterhebung wurde eine erste wichtige Abgrenzung

vorgenommen. Obwohl von zahlreichen AKU-Mitgliedern bereits erste Dosisabschätzungen vorgenommen worden waren, sollte sich die Erhebung auf solche Größen beschränken, die einer Messung unmittelbar zugänglich waren. Das Abfragen und Zusammenfassen der von vielen messenden Institutionen gewonnenen Aktivitätsmeßergebnisse erschien bereits schwierig genug. Eine Erhebung von rechnerisch ermittelten Dosiswerten zur Abschätzung der Strahlenexposition der Bevölkerung in verschiedenen Orten oder Landesteilen hätte hingegen mit Sicherheit dazu geführt, daß miteinander völlig unvergleichbare Dosiswerte geliefert worden wären. Man denke nur an die vielen Möglichkeiten, sich für verschiedene Dosisgrößen, Rechenmodelle, Dosisfaktoren, Verzehrgewohnheiten, betrachtete Integrationsintervalle usw. usw. zu entscheiden.

Man war sich einig, daß es darum ging, die riesige Anzahl von Einzelmeßwerten zu möglichst repräsentativen Mittelwerten für größere Regionen oder Landesteile oder gar Länder zu verdichten. Nach kontroverser Diskussion entschloß sich die Mehrheit des AKU für die Bildung arithmetischer Mittelwerte unter Angabe der einfachen Standardabweichung in %. Unter der Nachweisgrenze liegende Werte sollten bei der Mittelbildung mit Null bewertet werden.

Die Mittelbildungen sollten sowohl räumlich als auch zeitlich für vorgegebene Zeitintervalle vorgenommen werden. Die Details der räumlichen Mittelung blieben den Datenlieferanten überlassen. Klare Angaben des Ortes bei nur punktuell gültigen Meßergebnissen sowie Angaben der ungefähren räumlichen Ausdehnung des Gebietes, für das der Mittelwert gelten soll, wurden ausdrücklich gefordert.

Als Gesamt-Berichtszeitraum für die Meßwerterhebung wurde festgelegt:
ca. 28. April bis einschließlich 20. Juni 1986.

Die Diskussion über die Frage, welche Meßgrößen für welche der überwachten Medien erhoben werden sollen, erbrachte folgende Ergebnisse: Neben Meßwerten zur Bestimmung der externen Strahlenexposition (Ortsdosisleistung, Ortsdosis und Untergrunddosis) sollten nuklidspezifische Aktivitätsmeßergebnisse für die Medien Luft, Niederschlag, Gras, Boden, Kuhmilch, Blattgemüse und sonstige Nahrungsmittel (z. B. Fleisch und andere Nahrungsmittel von besonderer regionaler Bedeutung) erhoben werden.

Die Erhebung sollte sich auf die sog. Leitnuklide I-131 und Cs-137 beschränken. Ergänzend sollten für verschiedene Medien typische γ-Spektren und womöglich zeitintegrierte Nuklidspektren für Luft und Niederschläge geliefert werden.

Auf eine Erhebung der mit Kontaminationsmonitoren gemessenen Gesamt-β-Aktivitätsflächenbelegung der Bodenoberfläche soll trotz der sehr großen Zahl vorhandener Meßergebnisse verzichtet werden. Verzichtet wurde auch auf die Erhebung von Meßergebnissen für Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser, da in diesen Medien nirgendwo nennenswerte Konzentrationen künstlicher Radionuklide festgestellt worden waren.

Die Tabellenformulare zur Meßwerterhebung wurden noch auf der Sondersitzung des AKU entworfen und allen AKU-Mitgliedern am 24. Juni zugesandt. Als Rücksendetermin für die ausgefüllten Tabellen wurde der 15. Juli 1986 festgelegt.

5. PROBLEME DER DATENAUSEWERTUNG UND IHRER DARSTELLUNG

Das Ziel einer flächendeckenden Darstellung der radioaktiven Kontaminationen in den Ländern und Regionen der Bundesrepublik und der Schweiz konnte nur teilweise erreicht werden. Da die Meßwerterhebung bis auf wenige Ausnahmen nur unter den Mitgliedern des Arbeitskreises Umweltüberwachung durchgeführt werden konnte und sollte, standen für verschiedene Länder, Regionen und Zeitintervalle keine oder nur wenige Meßergebnisse zur Verfügung. Diesem Mangel konnte z. T. durch mühsame Auswertungen bereits veröffentlichter Berichte einzelner Institutionen abgeholfen werden.

Als gravierender erwies sich die Tatsache, daß viele der gelieferten Daten miteinander nicht vergleichbar waren oder nicht glaubwürdig erschienen. Gründe für die Unvergleichbarkeit von Meßdaten, die deshalb zur Bildung von Mittelwerten nicht benutzt werden konnten, waren vor allem die Uneinheitlichkeit der angewandten Meß- und Probenahmeverfahren und fehlende Angaben über die genaue Herkunft der Proben, der Art der Probenahme und Probenahme- und Meßdatum. So erwiesen sich z. B. zahlreiche Jodmeßergebnisse als unbrauchbar, weil die zwischen Probenahme und Messung vergangene Zeit entweder unbekannt oder, bei nicht erfolgter rechnerischer Zerfallskorrektur, zu ausgedehnt war. Meßergebnisse der spezifischen Cs-137-Aktivität von Bodenproben waren in besonders vielen Fällen miteinander nicht vergleichbar, weil die Probenahmetiefe zwischen 2 cm und 40 cm variierte oder nicht bekannt war. Aus diesen hier beispielhaft erwähnten und aus vielen anderen Gründen konnten viele der gelieferten Daten für die Bildung repräsentativer Mittelwerte nicht verwendet werden.

Obwohl bei der sehr sorgfältigen Prüfung des Datenmaterials scharfe Auswahlkriterien für die Verwendbarkeit der Meßergebnisse für die zusammenfassende Darstellung angewandt wurden, sind insgesamt rund 7000 I-131-Meßergebnisse und rund 8000 Cs-137-Meßergebnisse in die synoptischen Übersichtsdarstellungen und Tabellen dieses Berichtes eingeflossen. Details der Verteilung der Anzahl der verwendeten Einzelmeßergebnisse auf die in der Bundesrepublik und in der Schweiz überwachten Medien können Tab. 5/1 entnommen werden.

Angesichts der z. T. erheblichen Streubreiten der zu Mittelwerten zusammenzufassenden Daten wurden für die synoptische Darstellung in Länderumrißkarten die gebildeten Mittelwerte verschiedenen Größenklassen der spezifischen

Überwachte Medien	Anzahl der Einzelmeßergebnisse I-131	Cs-137
Bundesrepublik		
Luft	463	438
Niederschlag	-	16
Gras	1007	997
Boden	-	500
Kuhmilch	2894	2074
Blattgemüse	452	452
Sonstige Nahrungsmittel	-	804
Summe	4816	5281
Schweiz		
Luft	73	73
Niederschlag	7	7
Gras	461	424
Boden	-	54
Kuhmilch	628	628
Blattgemüse	745	833
Sonstige Nahrungsmittel	188	632
Summe	2102	2651
Gesamtsumme	6918	7932

Tab. 5/1: Anzahl der Einzelmeßergebnisse, die in den vorliegenden Bericht eingeflossen sind.

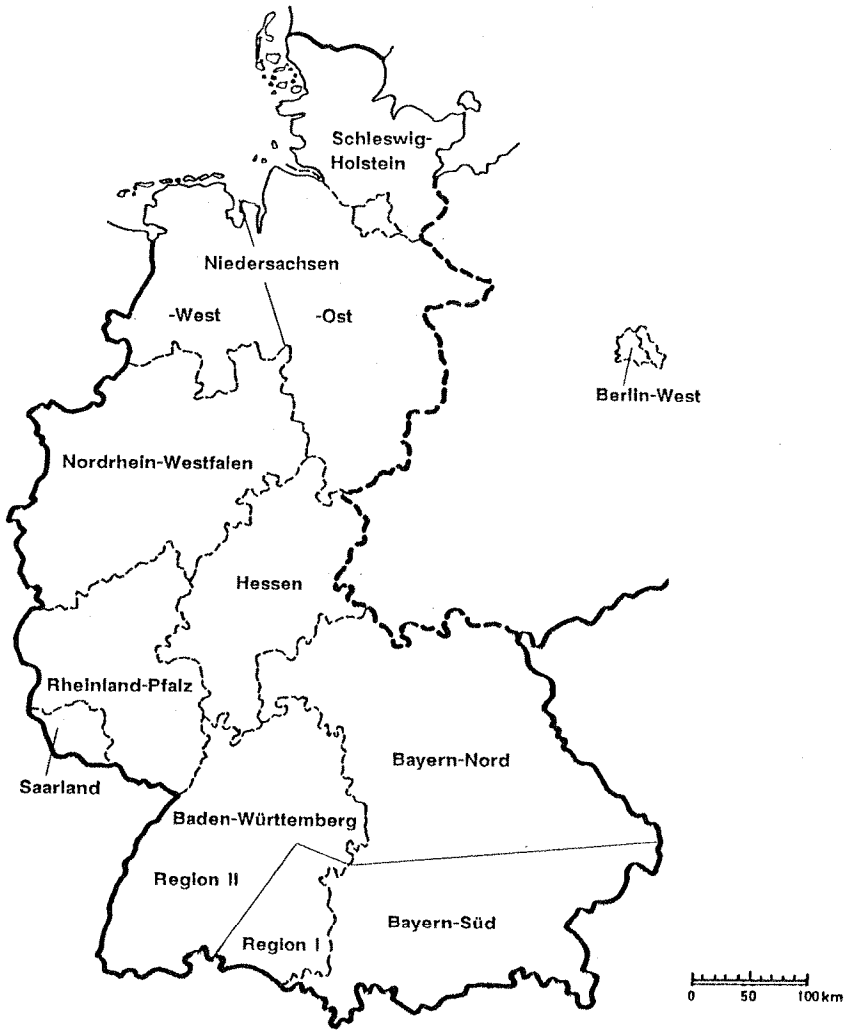


Abb. 5/1: Umrißkarte Bundesrepublik Deutschland
Bundesländer und Regioneneinteilung

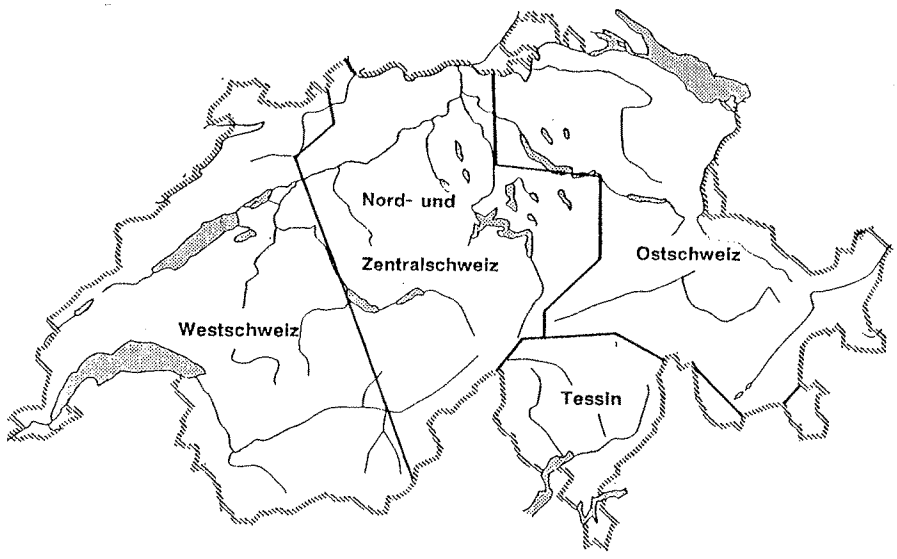


Abb. 5/2: Umrißkarte Schweiz, Einteilung in Regionen

Aktivität zugeordnet. Für die Einteilung der Größenklassen wurde folgende Stufung gewählt: 0-5, >5-10, >10-20, >20-50, >50-100 usw.

Für die graphischen Darstellungen wurde das Gebiet der Schweiz in 4 Regionen aufgeteilt (s. Abb. 5/2), entsprechend der Strahlenexposition in den einzelnen Landesgegenden. Zur Darstellung der Ergebnisse für das Gebiet der Bundesrepublik wurde von den Bundesländern ausgegangen (s. Abb. 5/1). Allerdings wurden die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Niedersachsen in je 2 Regionen unterteilt. Die "Grenze" zwischen Bayern-Süd und Bayern-Nord entspricht etwa der Verbindungslinie zwischen Ulm und Passau. Der durch Tschernobyl deutlich höher belastete Südosten von Baden-Württemberg wurde als Region I bezeichnet, der übrige, bei weitem größere Landesteil als Region II. Die "Grenze" zwischen Niedersachsen-Ost und -West entspricht etwa dem Lauf der Weser.

Die den synoptischen Darstellungen in Kapitel 6 zugrundeliegenden Mittelwerte, ihre prozentualen Standardabweichungen und die jeweilige Anzahl der Proben wurden in tabellarischen Computerausdrucken im Anhang dokumentiert.

6. ERGEBNISSE DER MESSWERTERHEBUNG FÜR DAS GEBIET DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

6.1 ORTSDOSIS

Ein Ziel der Meßwerterhebung war die Ermittlung der durch den Unfall in Tschernobyl verursachten zusätzlichen externen Strahlenexposition der Bevölkerung in der Bundesrepublik. Gefragt wurde nach dem Zeitintegral der Brutto-Ortsdosisleistung für den Zeitraum vom 28. April bis einschließlich 20. Juni 1986. Für dieselbe Zeitspanne von 54 Tagen war die Untergrund-Ortsdosis anzugeben, die aus der mittleren Ortsdosisleistung bestimmt werden konnte, die vor dem Unfall in Tschernobyl gemessen wurde. Die durch Differenzbildung ermittelte Netto-Ortsdosis gibt die Erhöhung der Ortsdosis durch den Einfluß von Tschernobyl an.

Die für die Bundesländer oder bestimmte Landesregionen aus den Einzelwerten errechneten Mittelwerte der Netto-Ortsdosen (siehe Tab. 9/2, Anhang) wurden in der Einheit für die Äquivalentdosis verschiedenen Größenklassen zwischen 10 und 500 µSv zugeordnet. Das Ergebnis zeigt Abb. 6/1.

Die Verwendung der Einheit µSv für die Ortsdosis ist streng genommen nicht korrekt, da die originäre Meßgröße der ortsfesten und tragbaren Meßsysteme die Ionendosisleistung in Luft ist, gemessen in µR/h. Diese Meßgröße ist zunächst in die Energiedosisleistung in µrad/h und diese wiederum in die dem menschlichen Gewebe entsprechende Äquivalentdosisleistung in µrem/h umzurechnen. Berücksichtigt man die entsprechenden Umrechnungsfaktoren und die bei den Immissionen durch Tschernobyl relevanten Photonenenergien, so ergibt sich folgende Beziehung:

$$\frac{\text{Äquivalentdosis}}{\text{Ionendosis}} \approx 0{,}7\,\frac{\mu\text{rem}}{\mu\text{R}} = 0{,}007\,\frac{\mu\text{Sv}}{\mu\text{R}}$$

Da bei der Meßwerterhebung die benutzten Detektorsysteme nicht in allen Fällen angegeben worden waren und auch nicht bekannt war, ob einzelne Datenlieferanten eine solche Umrechnung selbst schon ausgeführt hatten, wurde auf eine Umrechnung der gelieferten Meßwerte verzichtet. Dies bedeutet, daß die in Tab. 9/2 des Anhangs in µSv angegebenen Netto-Ortsdosiswerte wahrschein-

lich mehrheitlich um bis zu 30 % höher sind als die tatsächlichen Äquivalentdosiswerte. Diesem systematischen Fehler kommt jedoch angesichts des Ziels einer groben Übersichtsdarstellung für das Gebiet der Bundesrepublik keine besondere Bedeutung zu. Für die graphische Darstellung der Größenklassen in Abb. 6/1 wurden Mittelwerte aus zahlreichen Einzelmeßwerten von verschiedenen Meßorten gebildet, die selbst innerhalb räumlich eng begrenzter Regionen erhebliche Streubreiten aufwiesen. Ursache dafür sind die lokal sehr unterschiedlichen Niederschlagsintensitäten. Von großer Bedeutung ist auch die Rauhigkeit der Bodenoberfläche am Meßort. Nach der ersten starken Aktivitätsablagerung durch Niederschläge haben die nachfolgenden Niederschläge auf glattem Grund, wie z. B. auf asphaltierten Straßen, einen beträchtlichen Teil der abgelagerten Aktivität weggespült, während der Abfluß von Wiesen und Äckern sehr viel geringer war. Die Ortsdosisleistung der bodennahen Luft war deshalb zunächst auf Wiesen oft mehr als doppelt so hoch wie in eng benachbarten Stadtgebieten. Später wurde hingegen auf niedrigerem Niveau das umgekehrte Verhältnis beobachtet, weil inzwischen die auf Wiesen und Ackerböden abgelagerte Aktivität in das Erdreich eingedrungen war, wodurch die von ihr ausgehende Strahlung teilweise absorbiert wurde. Die von Asphalt oder Beton nicht mehr abspülbare Aktivität wurde an den porösen Oberflächen fixiert.

Die in Abb. 6/1 dargestellte Verteilung der Größenklassen der Netto-Ortsdosen weist das südliche Bayern und das südöstliche Baden-Württemberg eindeutig als die höchstbelasteten Gebiete der Bundesrepublik aus. Die Netto-Ortsdosen für die Region nördlich der Linie Ulm - Passau liegen bereits um 2 der hier gewählten Größenklassen niedriger als für den südbayerischen Raum. Die niedrigsten Werte wurden in Schleswig-Holstein gemessen. Die mittleren Netto-Ortsdosen für alle anderen Bundesländer einschließlich Berlin-West fallen in dieselbe Klasse von 20 bis 50 µSv, was für den Zeitraum von 54 Tagen bis zum 20. Juni 1986 einem Schwankungsbereich der mittleren zusätzlichen Ortsdosisleistung zwischen 16 nSv/h und 40 nSv/h entspricht.

Obwohl für das südliche Bayern und für Nordrhein-Westfalen nur einzelne Meßwerte zur Verfügung standen, boten später bekannt gewordene Meßergebnisse keinen Anlaß, an der in Abb. 6/1 vorgenommenen Klassifizierung Änderungen vorzunehmen.

Mit Ausnahme der deutlich höher belasteten Gebiete Südbayern und Südost-

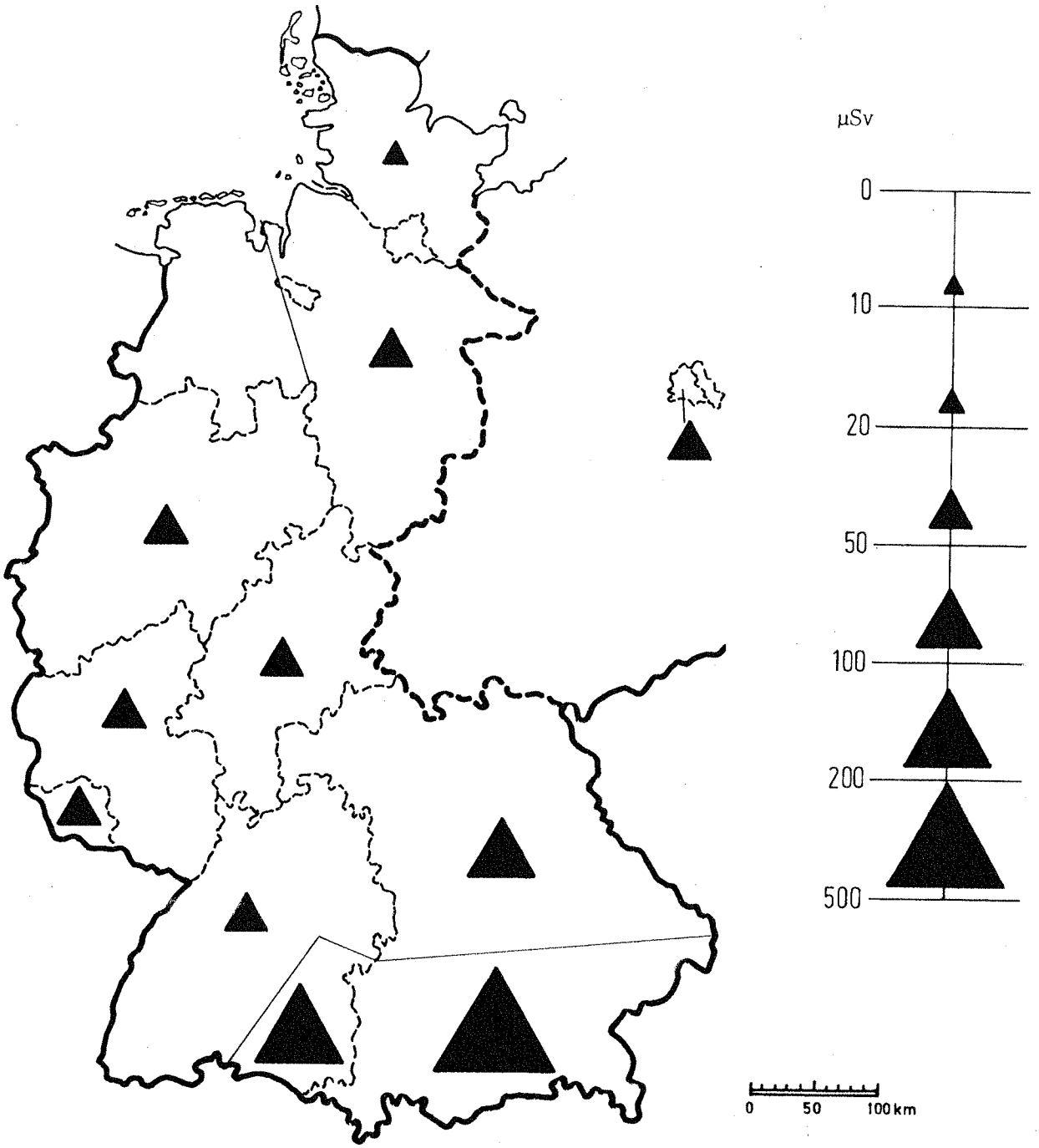


Abb. 6/1: Netto-Ortsdosis $\Delta D = D - D_0$
für den Zeitraum 28.04. - 20.06.1986
D = Zeitintegral der gemessenen Ortsdosisleistung
D_0= Zeitintegral der Untergrund-Ortsdosisleistung
ermittelt aus $\overline{D}_0$ vor Tschernobyl

Baden-Württemberg, wo auch nach dem 20. Juni 1986 die Ortsdosisleistung noch nicht wieder ganz auf den alten Untergrundwert abgefallen ist, waren in allen übrigen Gebieten der Bundesrepublik gegen Ende des hier zugrundegelegten Erhebungszeitraumes keine signifikanten Erhöhungen der Ortsdosisleistung mehr feststellbar.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die tatsächliche externe Strahlenexposition der Bevölkerung den hier dargestellten Werten für die zusätzliche Ortsdosis nur dann entspräche, wenn für das hier betrachtete Zeitintervall von 54 Tagen ein täglich 24-stündiger Aufenthalt im Freien unterstellt würde.

6.2 LUFT

Die Überwachung der Radioaktivitätskonzentration des primären Mediums Luft ist zur Abschätzung der Aktivitätsinkorporation durch Inhalation wichtig. Da für die Berechnung der Strahlenexposition das Produkt aus Aktivitätskonzentration und Einwirkungsdauer maßgebend ist, wurde im Rahmen der Meßwerterhebung die Angabe der Zeitintegrale der Aktivitätskonzentration der Luft für die Nuklide I-131 und Cs-137 für den Zeitraum von ca. 28. April bis einschließlich 8. Mai 1986 verlangt. Die Beschränkung des Integrationsintervalles bis zum 8. Mai war gerechtfertigt, weil danach aufgrund der Auswaschungen der Atmosphäre durch Niederschläge nirgendwo in der Bundesrepublik noch nennenswerte I-131- und Cs-137-Konzentrationen der Luft nachgewiesen wurden (s. auch Abb. 2/1).

Obwohl in die Tabellen zur Meßwerterhebung die Zeitintegrale sowohl für das Gesamt-Jod als auch für das aerosolgebundene Jod eingetragen werden sollten, waren rund 80 % der Datenlieferanten nur in der Lage, Werte für das aerosolgebundene I-131 anzugeben. Nur an relativ wenigen Meßorten sind beide Größen bestimmt worden, und ein sehr kleiner Anteil der Datenlieferanten gab nur den Wert für das Gesamt-Jod an. Aufgrund dieses Sachverhaltes erfolgte die Darstellung der Ergebnisse in Abb. 6/2 nur für das aerosolgebundene I-131. Sofern das Zeitintegral für das Gesamt-Jod angegeben worden war, wurde der für die einheitliche Darstellung benötigte Aerosolanteil rechnerisch bestimmt. Dabei wurde ein mittleres Verhältnis von aerosolgebundenem Jod zu

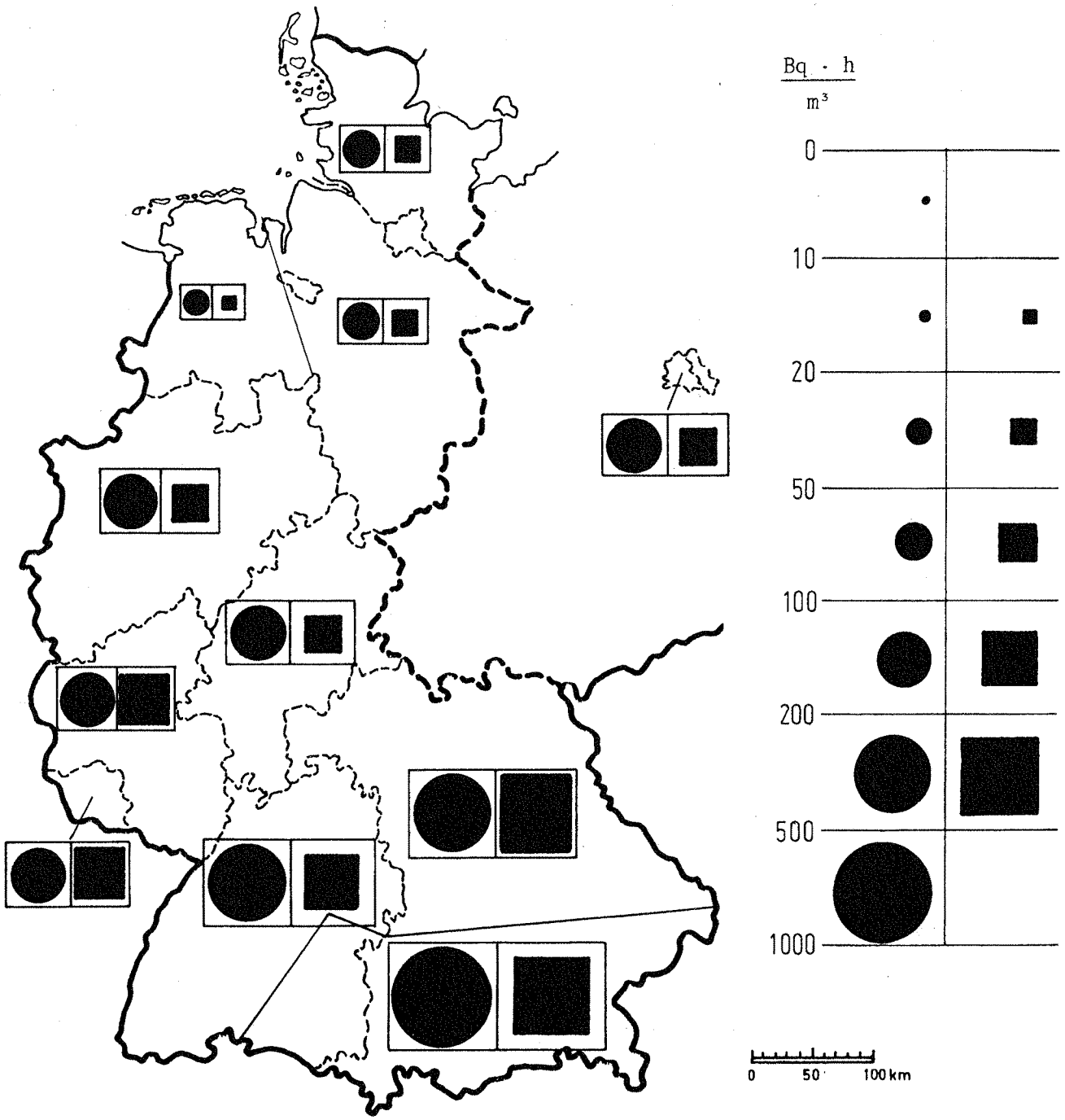


Abb. 6/2: Zeitintegrierte Aktivitätskonzentration der Luft für den Zeitraum 28.04. - 08.05.1986

● Aerosolgebundenes I-131 ■ Cs-137

Gesamt-Jod von 1:3 zugrundegelegt. Das Verhältnis war in Wirklichkeit zeitlich nicht konstant. Aus den verfügbaren Wertepaaren ergibt sich jedoch für das Zeitintervall bis zum 8. Mai das Verhältnis von 1:3 als hinreichend gesicherter Mittelwert. Die hier nicht dargestellten Zeitintegrale für das Gesamt I-131 können folglich durch Multiplikation mit dem Faktor 3 aus den in Tab. 9/3 im Anhang notierten Mittelwerten abgeschätzt werden.

Abb. 6/2 zeigt die Verteilung der verschiedenen Größenklassen der Zeitintegrale der Aktivitätskonzentration der Luft für die Nuklide I-131 und Cs-137 in der Einheit $Bq \cdot h/m^3$. Dabei wurden für die beiden Radionuklide unterschiedliche geometrische Formen zur Darstellung benutzt. Die Gesamtdarstellung zeigt ein nahezu stetiges Süd-Nord-Gefälle sowohl für I-131 als auch für Cs-137.

Die in Abb. 6/2 in die Länderumrißkarte in das Gebiet von Südbayern eingezeichneten Größenklassensymbole von 500 bis 1000 $Bq \cdot h/m^3$ für aerosolgebundenes I-131 und von 200 bis 500 $Bq \cdot h/m^3$ für Cs-137 gelten gleichermaßen für den mit Region I bezeichneten Südostteil von Baden-Württemberg. Die in die Region Niedersachsen-West eingezeichneten Größenklassensymbole sind für die Region nicht repräsentativ, da sie nur auf Meßergebnissen von Norderney basieren.

6.3 NIEDERSCHLÄGE

Im Rahmen der Überwachung der Umweltradioaktivität stellen die Niederschläge ein besonders überwachungswürdiges, primäres Medium dar, da das Produkt aus der Aktivitätskonzentration des Niederschlages und seiner Intensität die durch Auswaschung der Atmosphäre der Flächeneinheit der Bodenoberfläche zugeführte Aktivitätsmenge beschreibt. Dennoch liegen insgesamt für das Gebiet der Bundesrepublik nur relativ wenige Niederschlagsmeßergebnisse vor, und noch weniger standen dem AKU für seine Auswertung zu Verfügung. Dies liegt nicht zuletzt daran, daß die Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen weder von den Betreibern noch von den sog. unabhängigen Meßstellen eine routinemäßige Überwachung der Niederschläge fordert. Damit fallen die meisten der mit der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen befaßten Meßstellen als Datenlieferanten aus.

In den ersten Wochen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurden zwar in verschiedenen Bundesländern zusätzliche Messungen der Aktivitätskonzentration der Niederschläge durchgeführt, oft jedoch ohne gleichzeitig die Niederschlagsmengen zu ermitteln, so daß die relevantere Größe der Flächenbeaufschlagung nicht bestimmt werden konnte.

Die Abbildungen 6/3 bis 6/6 wurden dem AKU von der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz zur Verfügung gestellt. Sie zeigen Isoliniendarstellungen für die Radionuklide Cs-137 und Ru-103, und zwar sowohl für die Aktivitätsablagerungen durch die Niederschläge in Bq/m² als auch für die Aktivitätskonzentrationen in Bq/l. Die Darstellungen gelten für den Zeitraum vom 28. April bis 31. Mai 1986 und basieren auf der Auswertung von Monatsproben, wobei die Anteile der April-Niederschläge einzelner Stationen aus dem süddeutschen Raum, die durch den Reaktorunfall beeinflußt wurden, berücksichtigt wurden.

Die 16 Niederschlagssammelstationen wurden in den Abbildungen durch Punkte gekennzeichnet. Die jeweils danebenstehenden Zahlen bezeichnen die Meßwerte in der in der Legende angegebenen Einheit. An den Grenzen der Bundesrepublik ist die Lage der Isolinien verständlicherweise besonders unsicher. Auch können lokal an anderen Orten von anderen Meßstellen höhere oder niedrigere Aktivitätswerte gemessen worden sein, so daß diese möglicherweise nicht in die hier angegebene Verteilung passen. Dies gilt z. B. für den Raum München. Hier wurden allein in der Zeit zwischen dem 29.4. und 9.5.86 wesentlich höhere Werte gemessen als die aus den Abbildungen 6/3 und 6/5 ablesbaren Maxima. So betrug die Cs-137-Ablagerung hier 19 000 Bq/m² und die Ru-103-Ablagerung 27 000 Bq/m² (siehe auch Anhang, Tab. 9/1). Die Isoliniendarstellung ist deshalb für den südbayerischen Raum mit Sicherheit korrekturbedürftig. Der Wert von 2900 Bq/m² für die Cs-137-Ablagerung in der Südwestecke Baden-Württembergs (s. Abb. 6/3) schließt sich hingegen gut an den Wert von 3300 Bq/m² an, der in der Nordschweiz in der Nähe der Ländergrenze gefunden wurde (s. Abb. 7/4).

So unsicher die hier für Cs-137 und Ru-103 präsentierten Isoliniendarstellungen für das Gebiet der Bundesrepublik noch sein mögen, zeigen sie doch die enormen Unterschiede der Aktivitätsablagerungen auf der Bodenoberfläche. Für das langlebige Nuklid Cs-137 überstreichen die Meßwerte für die Flächenbelastung einen Bereich von rund 0,3 kBq/m² bis rund 20 kBq/m².

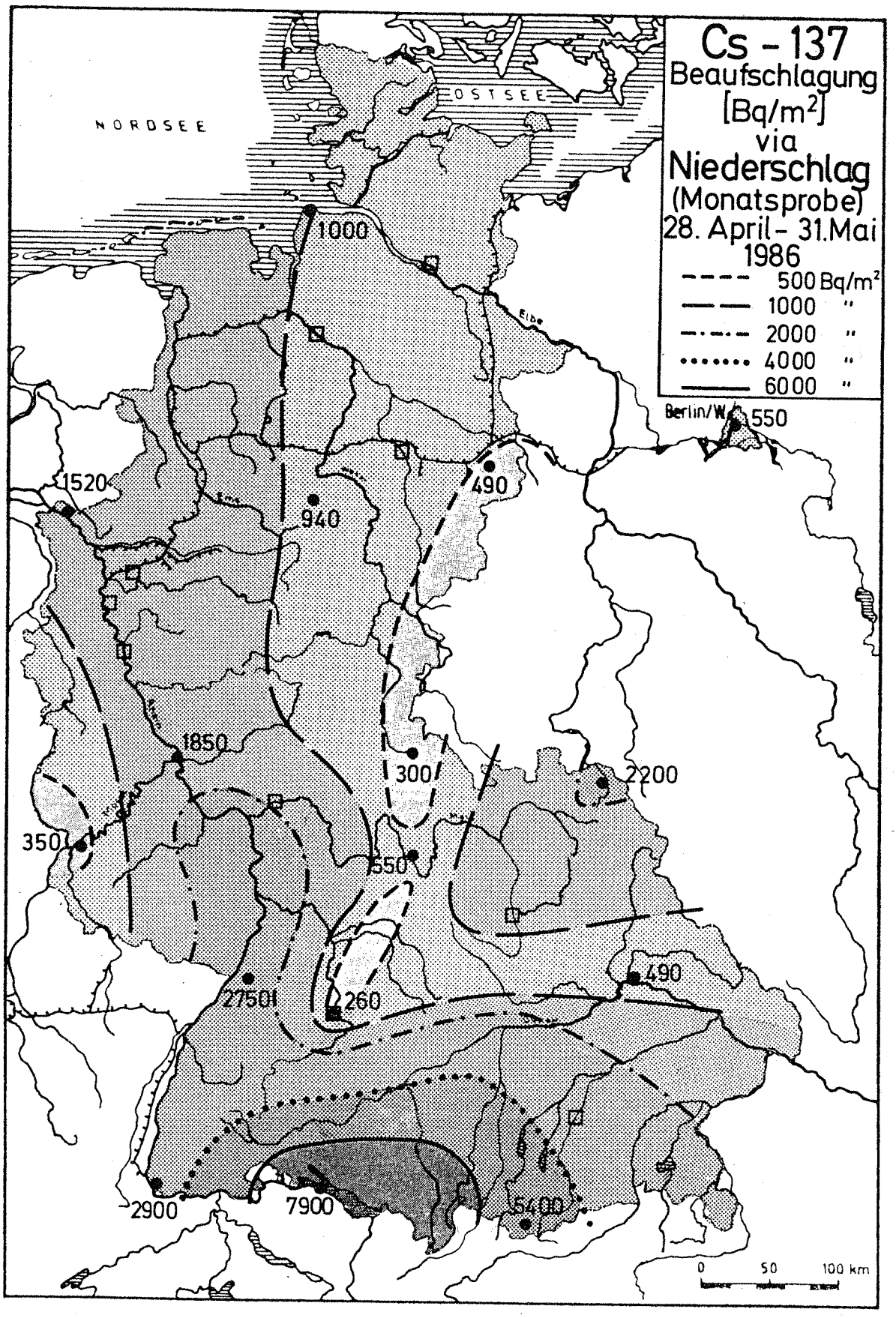


Abb. 6/3: Cs-137-Aktivitätsablagerung durch Niederschläge

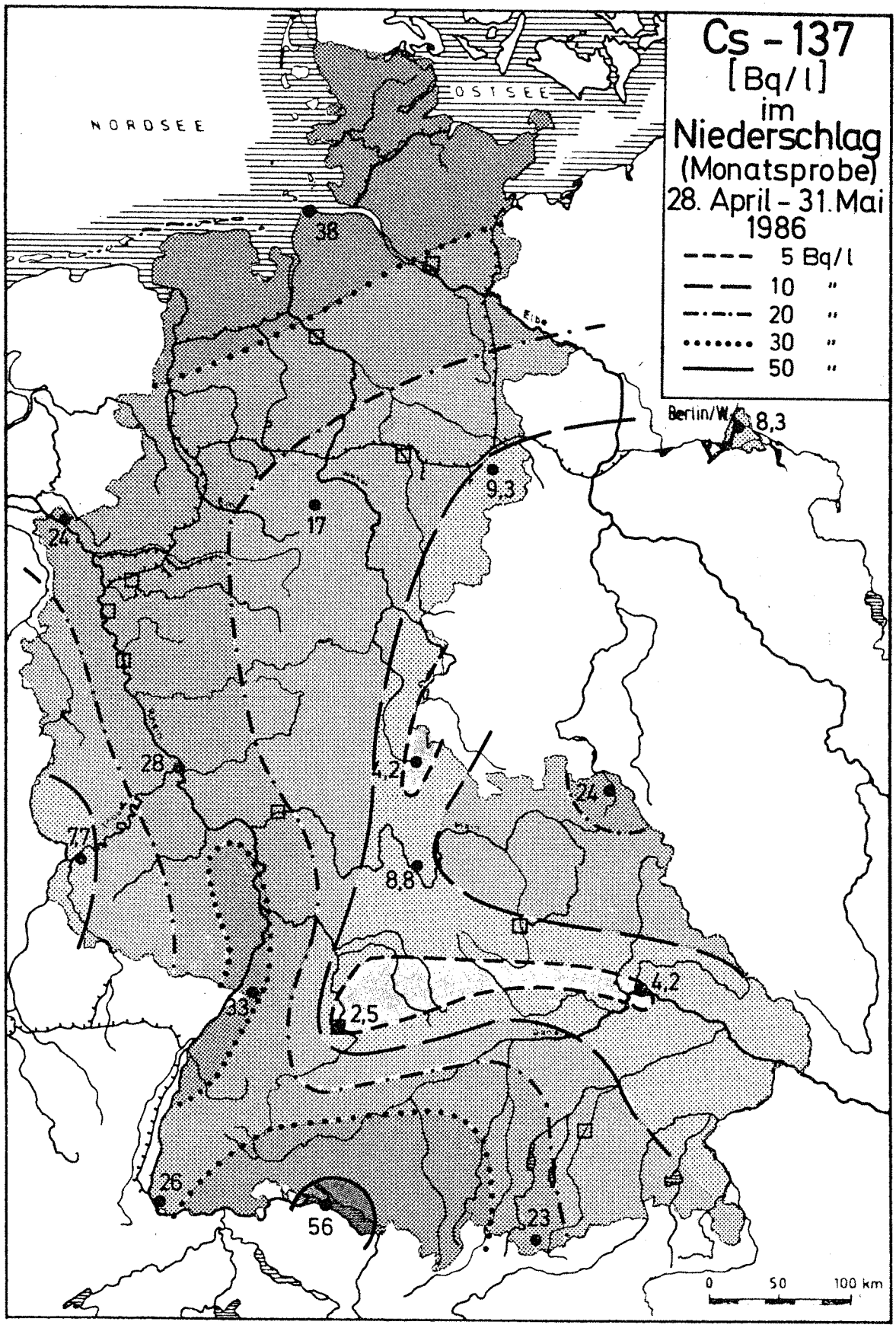


Abb. 6/4: Cs-137-Aktivitätskonzentration des Niederschlages

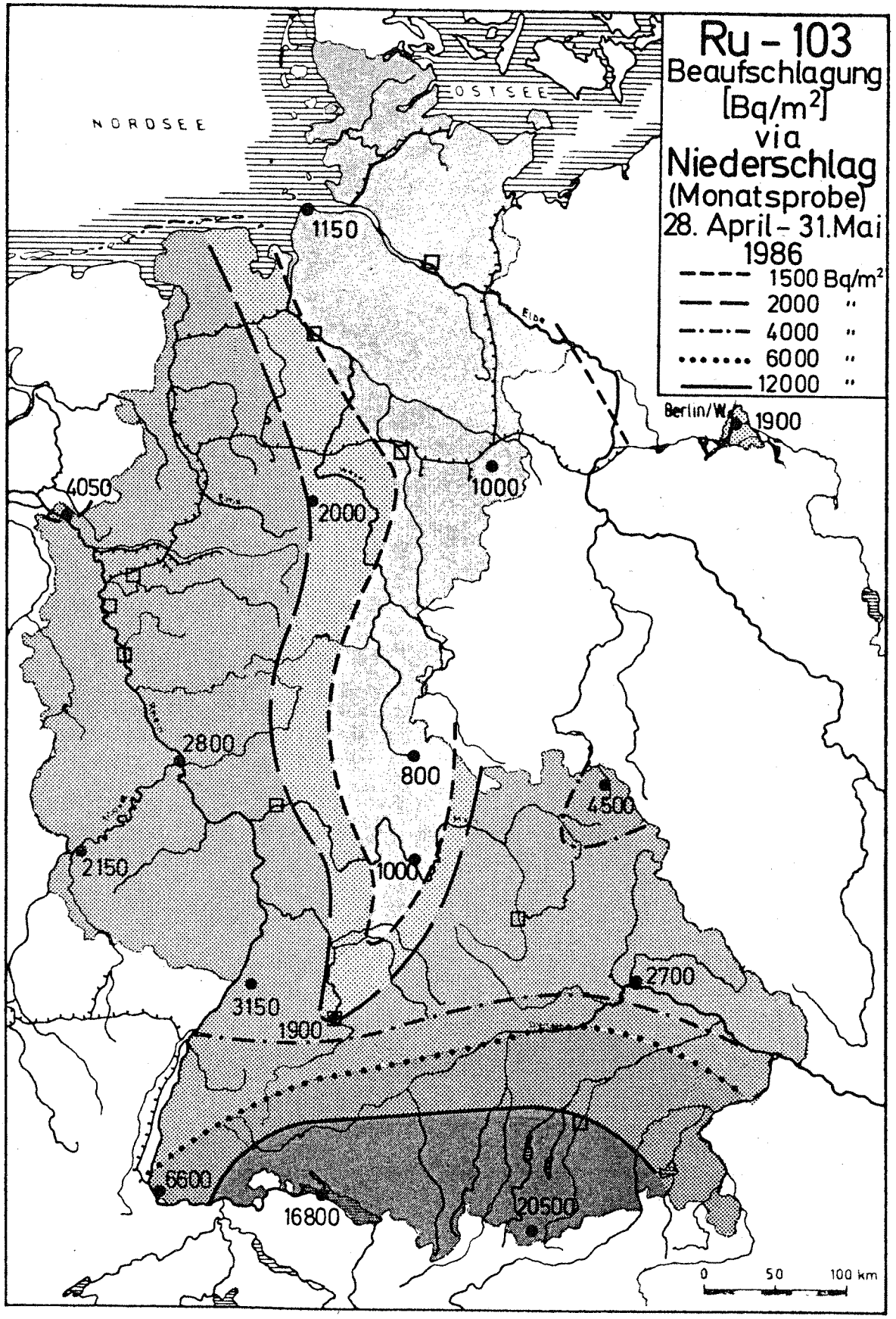


Abb. 6/5: Ru-103-Aktivitätsablagerung durch Niederschläge

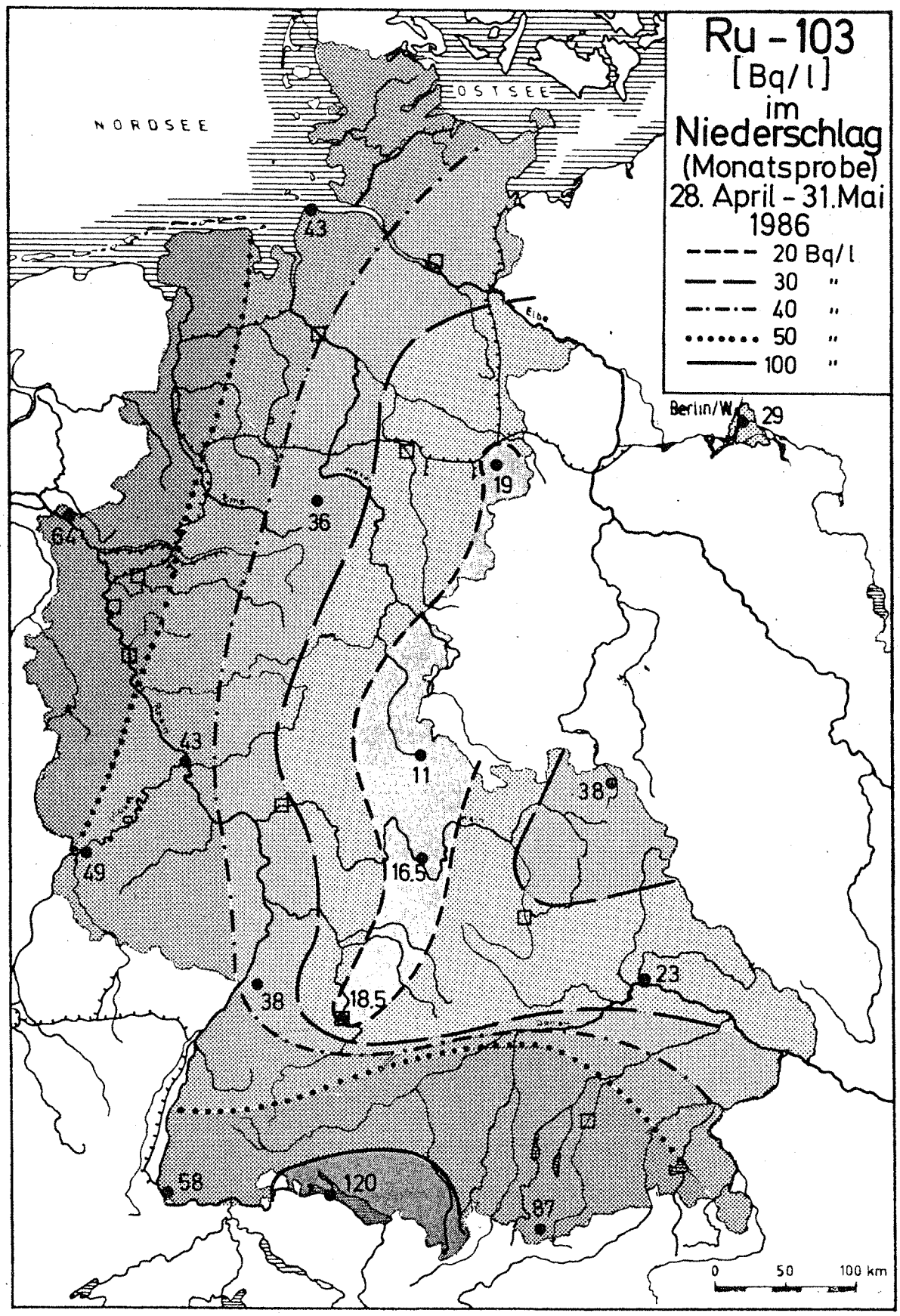


Abb. 6/6: Ru-103-Aktivitätskonzentration des Niederschlages

6.4 GRAS

Der Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes des Grases wurde besondere Bedeutung zugemessen, da es als Futtermittel für alle Weidetiere dient. Die spezifische Aktivität des Grases ist die Ausgangsgröße zur Abschätzung des zu erwartenden Aktivitätsgehaltes von so wichtigen Nahrungsmitteln wie Milch, Milchprodukten und Fleisch. Deshalb sind auch bundesweit besonders viele Grasproben untersucht worden.

Trotz der vielen verfügbaren Einzelmeßergebnisse war ihre Auswertung und Zusammenfassung zu Mittelwerten nicht unproblematisch. Die Meßergebnisse zeigten Anfang Mai große Streubreiten aufgrund der sehr unterschiedlichen Aktivitätsablagerungen durch trockenen Fallout und durch Niederschläge. Auch später blieben die Streubreiten der Meßwerte erheblich, da je nach örtlicher Niederschlagsintensität die abgelagerte Aktivität unterschiedlich stark abgewaschen wurde. Bei der Auswertung zeigte sich auch, daß die zur Meßwerterhebung festgelegten Zeitintervalle (s. Abb. 6/7) nicht optimal gewählt worden waren. Das erste Zeitintervall (28.4. bis 15.5.86) erwies sich als zu groß gewählt, da die effektive Halbwertszeit der spezifischen Aktivität des Grases während dieses Zeitintervalles, das eine Periode starken Wachstums war, nur etwa 1 Woche betrug. Die Meßergebnisse waren deshalb stark vom Probenahmedatum abhängig, insbesondere die für I-131.

In zahlreichen Fällen waren bei I-131-Meßwerten Verfälschungen des Gesamtbildes erkennbar, da die zwischen Probenahme und Messung vergangene Zeitspanne zu ausgedehnt war und eine rechnerische Zerfallskorrektur aus Zeitmangel nicht vorgenommen wurde. Eine weitere Ursache für die eingeschränkte Vergleichbarkeit der Meßergebnisse lag darin, daß die Aktivitätsmessungen fast ausnahmslos an der Frischsubstanz des Grases durchgeführt wurden, weshalb auch alle Ergebnisse nur in der Einheit Bq/kg_{FS} vorliegen. Die zeitaufwendige Bestimmung einer wohldefinierten Fläche für die Grasprobenahme, die in Verbindung mit der Gewichtsbestimmung eine Angabe über die Bewuchsdichte zuläßt, unterblieb. Darüberhinaus fehlten weitgehend Angaben darüber, ob die Grasproben vor der Messung getrocknet wurden oder nicht, und ob bei getrockneten Proben das Meßergebnis rechnerisch wieder auf Frischsubstanz korrigiert wurde.

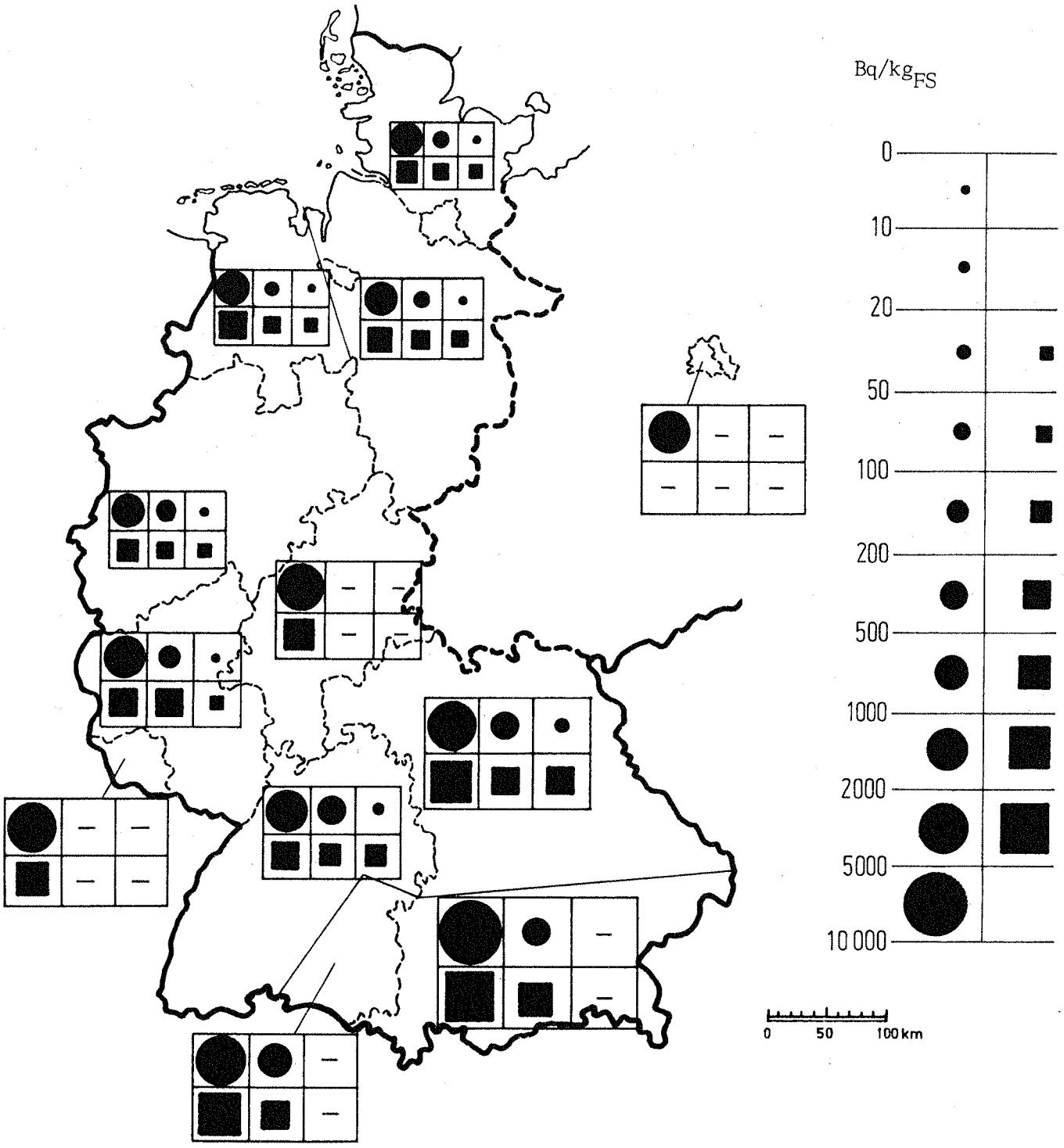


Abb. 6/7: Spezifische Aktivität im Gras

● I-131 ■ Cs-137

28.04. - 15.05.	16.05. - 04.06.	05.06. - 20.06.

1986

Obwohl nicht wenige Meßergebnisse aus den hier angeführten Gründen als möglicherweise verfälscht oder doch faktisch unvergleichbar angesehen und deshalb verworfen werden mußten, flossen insgesamt die I-131- und Cs-137-Meßergebnisse von rund 1000 Grasproben in die zusammenfassende Darstellung ein. Lediglich für das Bundesland Nordrhein-Westfalen standen nur wenige Meßergebnisse für die Auswertung zur Verfügung. Für Nordrhein-Westfalen wurden nur die Ergebnisse der KFA Jülich dargestellt.

Die für die 3 Zeitintervalle gebildeten Mittelwerte (siehe Anhang, Tab. 9/4 und 9/5) wurden Größenklassen der spezifischen Aktivität zugeordnet. Für I-131 und Cs-137 wurden unterschiedliche geometrische Symbole verwendet. Das Ergebnis der Gesamtdarstellung zeigt Abb. 6/7. Auch für das Medium Gras ergibt sich das typische Süd-Nord-Gefälle, das im ersten Zeitintervall für I-131 von der Größenklasse 5 bis 10 kBg/kg in Südbayern bis zur Klasse 0,5 kBq/kg bis 1 kBq/kg in Norddeutschland reicht. Insgesamt läßt sich feststellen, daß die spezifischen Aktivitätswerte für Gras bis Mitte Juni 1986 für I-131 auf Werte von 1 % und darunter und für Cs-137 auf Werte von ca. 15 % der Ausgangswerte der 1. Maihälfte zurückgegangen sind.

6.5 BODEN

Die Meßwerterhebung für Bodenproben betraf nur die spezifische Cs-137-Aktivität. Die Einteilung in Zeitintervalle erwies sich als nicht sinnvoll und wegen der großen Halbwertszeit von Cs-137 und des langsamen Eindringens der Radioaktivität in die obersten Bodenschichten auch als nicht erforderlich. Deshalb wurden bei den Mittelwertbildungen alle Meßergebnisse für die Monate Mai und Juni 1986 zusammengefaßt.

Auswertung und Zusammenfassung der Meßergebnisse erwiesen sich im Falle der Bodenproben als ganz besonders problematisch. In vielen Fällen fehlten bereits den Datenlieferanten für die Meßwerterhebung genaue Ortsangaben und Angaben über die Art der Bodenprobe. So blieb oft unbekannt, ob die Bodenprobe einem Acker oder ungepflügtem Naturboden entnommen worden war. Auch war am Ende nicht mehr von allen Proben bekannt, ob die Grasnarbe entfernt worden war oder zusammen mit der eigentlichen Bodenprobe zur Messung gelangte. Das größte Hindernis für eine Vergleichbarkeit der Daten und damit auch für die Möglichkeit zur Mittelwertbildung lag darin, daß die Probenah-

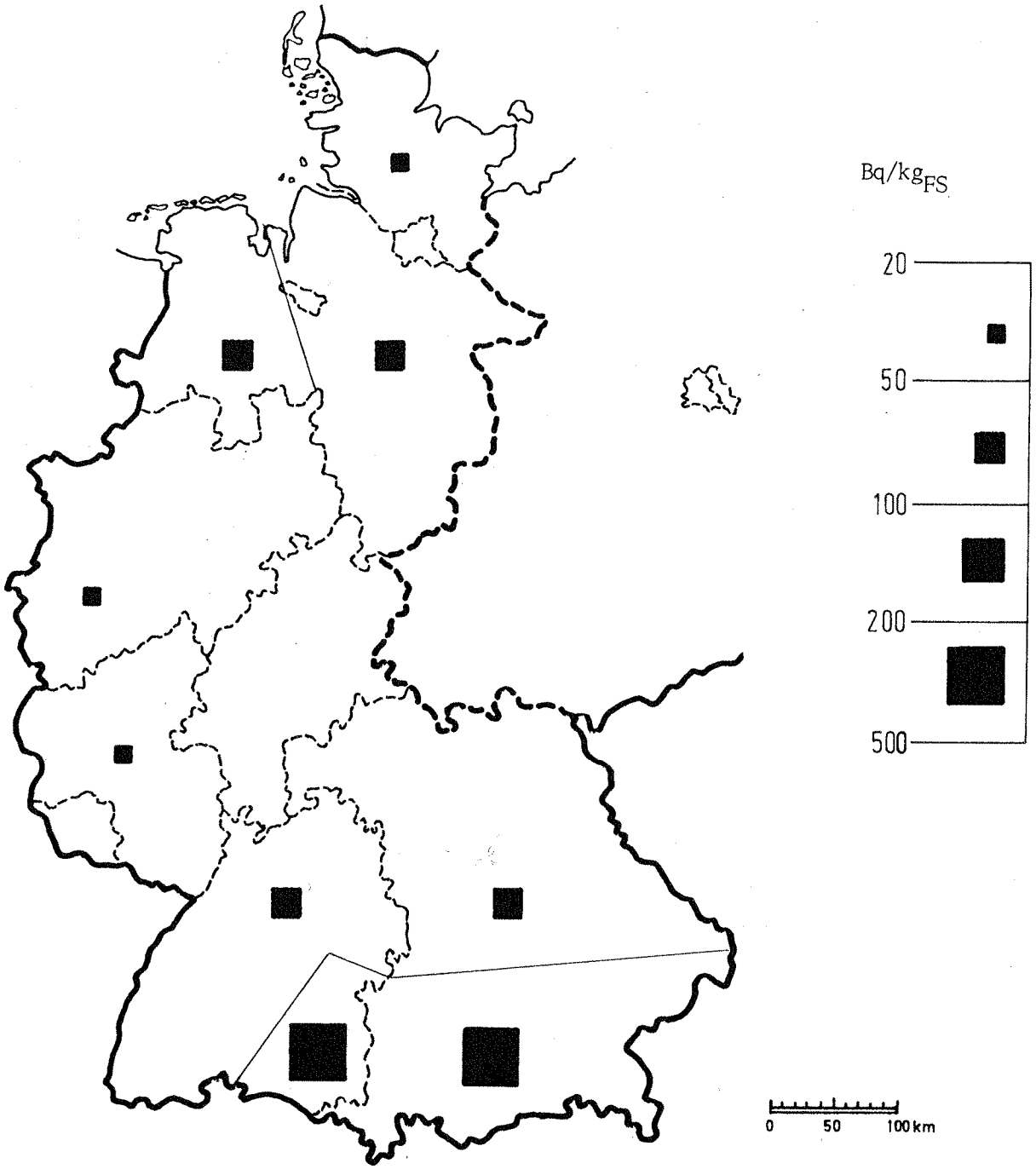


Abb. 6/8: Spezifische Aktivität von Cs-137 im Boden
(Schichttiefe: 0-5 cm)
Probenahmezeitraum: Mai und Juni 1986

metiefen - falls eine Angabe darüber nicht gänzlich fehlte - zwischen 2 cm und 40 cm variierten. Zur Bildung der Mittelwerte (s. Anhang, Tab. 9/6) wurden deshalb ausschließlich Meßergebnisse von Bodenproben verwendet, für die als Probenahmetiefe 0 bis 5 cm angegeben worden war. Trotz dieses scharfen Auswahlkriteriums sind in die vorliegenden Auswertung noch Meßergebnisse von 500 Bodenproben eingeflossen.

Für Hessen, das Saarland und Berlin-West standen leider keine Meßwerte zur Verfügung. Für Rheinland-Pfalz wurde ein Mittelwert aus nur 12 Meßergebnissen gebildet und für Nordrhein-Westfalen wurden nur die Meßergebnisse der KFA Jülich verwendet. Abb. 6/8 zeigt die graphische Darstellung der wiederum verschiedenen Größenklassen der spezifischen Cs-137-Aktivität zugeordneten Mittelwerte. Die fehlenden Werte für Hessen und das Saarland und die für Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen offenkundig nicht repräsentativen und wahrscheinlich zu niedrigen Werte stören den optischen Eindruck des auch für das Medium Boden erwarteten nahezu stetigen Süd-Nord-Gefälles.

Am Beispiel der Schwierigkeiten bei der Auswertung und zusammenfassenden Darstellung der Meßergebnisse von Bodenproben zeigt sich besonders deutlich die Notwendigkeit für eine Standardisierung der Meßverfahren und insbesondere der Probenahmeverfahren. Dies gilt insbesondere für ungewöhnliche Situationen wie im vorliegenden Fall nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl, in denen Laien und nicht oder unzureichend ausgebildetes Hilfspersonal zur Probenahme eingesetzt werden müssen.

6.6 MILCH

Da die Kuhmilch und ihre Produkte zu den wichtigsten Nahrungsmitteln in Mitteleuropa zählen und außerdem seit langem bekannt ist, daß sich radioaktive (und auch andere) Kontaminationen der Umwelt aufgrund von Anreicherungseffekten besonders stark in der Milch auswirken, wurde die Aktivitätskonzentration der Kuhmilch in allen Bundesländern intensiv überwacht. Dabei wurde insbesondere die Molkereimilch scharf kontrolliert, um die Einhaltung des von der Strahlenschutzkommission empfohlenen Vorsorgerichtwertes für I-131 von 500 Bq/l zu ermöglichen.

Bei der Auswertung der im Rahmen der Meßwerterhebung gelieferten Daten wurden deshalb auch überwiegend die Meßwerte der Molkereimilch berücksichtigt. Die für die 3 festgelegten Zeitintervalle zwischen 28. April und 20. Juni 1986 gebildeten I-131-und Cs-137-Mittelwerte (s. Tab. 9/7 und 9/8, Anhang) wurden 7 Konzentrationsklassen zwischen 0 und 500 Bq/l zugeordnet. Abb. 6/9 zeigt die graphische Darstellung dieser Konzentrationsklassen für beide Radionuklide und für 3 Zeitintervalle für das Gebiet der Bundesrepublik. Für die Bundesländer Bayern, Saarland, Hessen und Niedersachsen standen nicht für alle 3 Zeitintervalle und nicht immer Meßdaten für beide Radionuklide zur Verfügung. Insgesamt jedoch sind in die vorliegende Auswertung knapp 3000 Einzelmeßergebnisse für I-131 und rund 2000 Einzelmeßwerterergebnisse für Cs-137 eingeflossen.

Die Maxima der I-131-Konzentration der Molkereimilch wurden bereits nach ca. 5 Tagen erreicht. Diese Maxima lagen jedoch selbst in der am stärksten betroffenen Südregion der Bundesrepublik in den meisten Fällen deutlich unter dem Richtwert von 500 Bq/l. Die am 2. Mai 1986 ergangene Empfehlung, die Kühe nicht auf die Weide zu treiben und kein Grünfutter zu füttern, wurde zwar nicht von allen Landwirten befolgt und mußte z. T. auch aus Mangel an Winterfutter nach einigen Tagen aufgegeben werden, hat aber dennoch in der aus vielen Einzellieferungen zusammengesetzten Molkereimilch das Konzentrationsmaximum reduziert und auch den weiteren Verlauf der Milchkontamination günstig beeinflußt.

Das generelle Süd-Nord-Gefälle zeigt sich sowohl bei der I-131- als auch bei der Cs-137-Konzentration der Kuhmilch in Abb. 6/9 sehr deutlich.

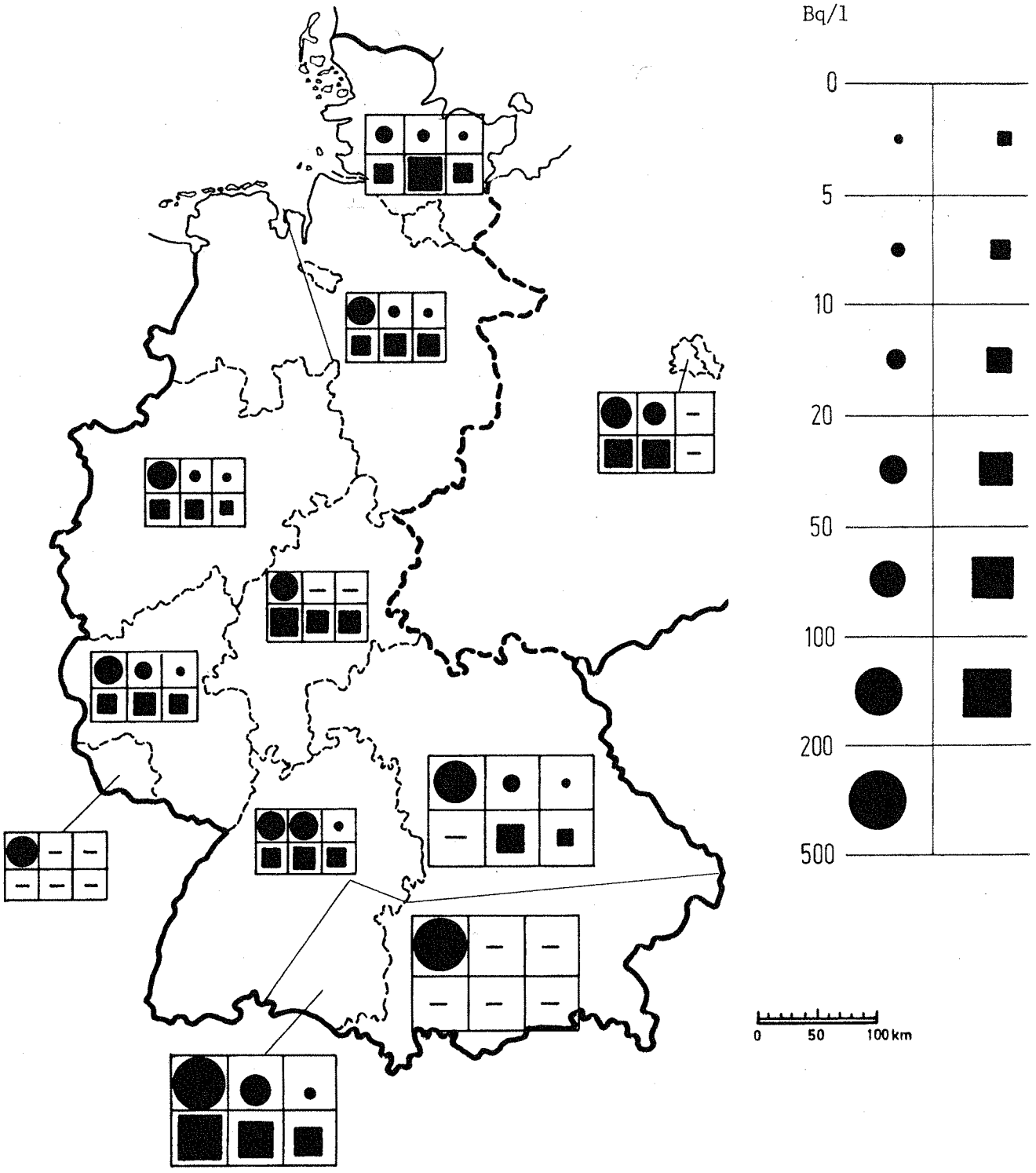


Abb. 6/9: Aktivitätskonzentration der Kuhmilch
(überwiegend Proben aus Molkereien)

● I-131 ■ Cs-137

28.04. - 15.05.	16.05. - 04.06.	05.06. - 20.06.

1986

Die I-131-Konzentration der Kuhmilch nahm mit einigen Schwankungen im Mai relativ schnell ab und sank, je nach Höhe der Anfangswerte, zwischen Mitte und Ende Juni unter 2 Bq/l (s. Abb. 6/9).

Im Gegensatz zu I-131 baute sich die Cs-137-Kontamination der Milch langsamer auf und auch ab. Das Maximum wurde in der Regel erst in der 2. Maihälfte erreicht (s. Abb. 6/9, zweites Zeitintervall). Für die Südostregion Baden-Württembergs, für die diese Aussage lt. Abb. 6/9 nicht zu stimmen scheint, ist zu bedenken, daß die zugrundeliegenden Zahlenwerte für das 1. und 2. Zeitintervall nur wenig differieren (s. Tab. 9/8, Anhang), und daß die Mehrzahl der 40 Proben des 1. Zeitintervalles zwischen dem 10. und dem 15. Mai genommen wurde. Deshalb ist der Cs-137-Mittelwert etwas höher und der I-131-Mittelwert etwas niedriger als bei einer gleichmäßig über das Zeitintervall verteilten Probenahme zu erwarten gewesen wäre.

Die Cs-137-Konzentration der Kuhmilch nahm im Juni stark ab und fiel im Juli und August selbst in höchstbeaufschlagten Regionen auf Werte unter 20 Bq/l. Zum Vergleich sei hier erwähnt, daß die natürliche K-40-Konzentration der Milch etwa 40 Bq/l beträgt.

Die Milch von Ziegen und Weideschafen, die für die Ernährung in der Bundesrepublik von untergeordneter Bedeutung ist, wies höhere Aktivitätskonzentrationen als die Kuhmilch auf.

In menschlichen Muttermilchproben wurden nur außerordentlich geringe Gehalte an I-131 und Cs-137 gefunden. Die Konzentrationen lagen im allgemeinen bei einigen wenigen Bq/l.

6.7 BLATTGEMÜSE

Für die Bundesländer Bayern, Saarland, Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie für Berlin-West wurden im Rahmen der Meßwerterhebung des AKU entweder gar keine oder so wenige Meßwerte für Blattgemüse geliefert, daß sich der Versuch, repräsentative regionale Mittelwerte zu bilden von selbst verbot. Auch für die beiden Regionen Baden-Württembergs (s. Abb. 5/1), für Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen war die Bildung von Mittelwerten der spezifischen I-131- und Cs-137-Aktivität von Blattgemüseproben sehr proble-

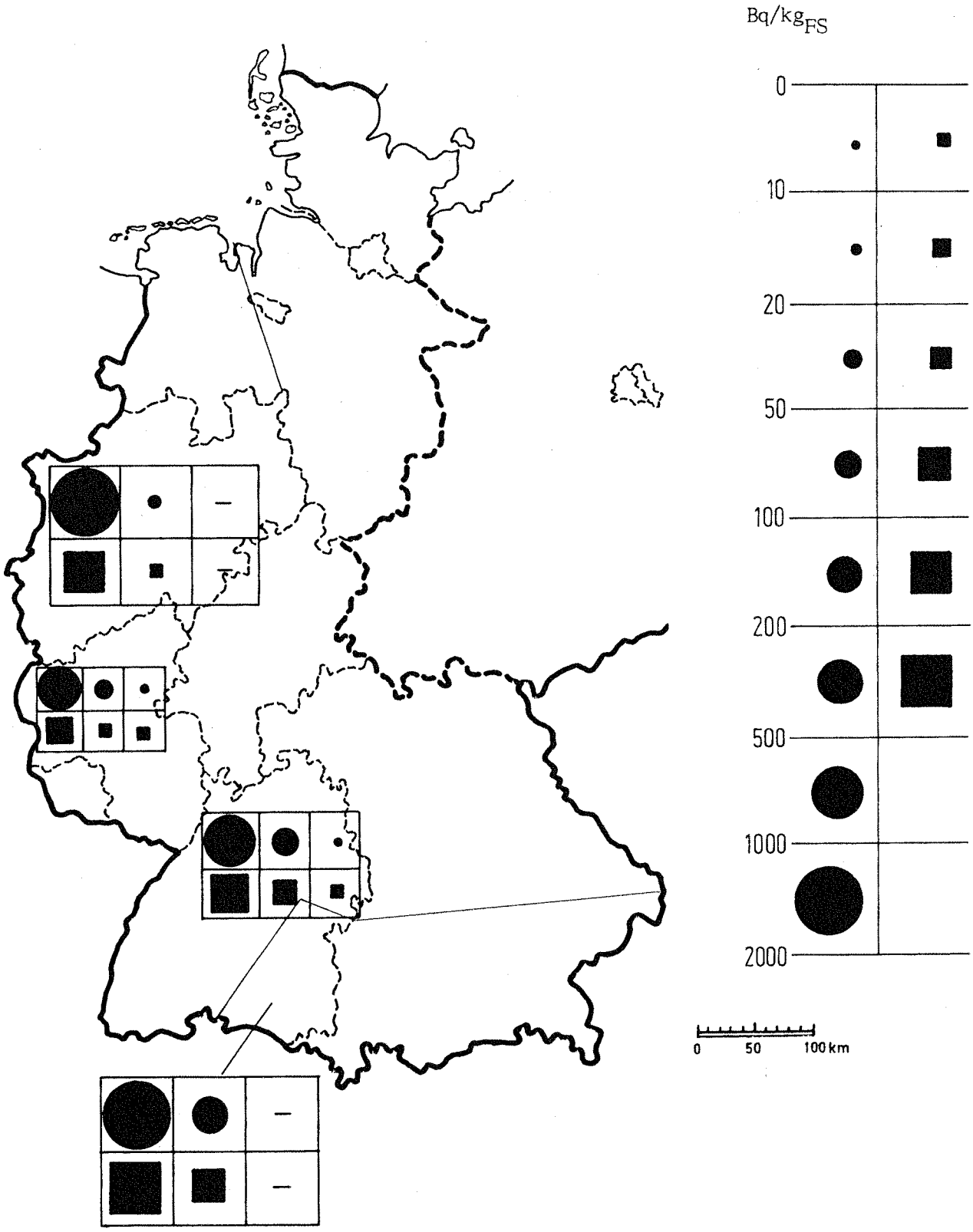


Abb. 6/10: Spezifische Aktivität im Blattgemüse
(überwiegend Freiland-Kopfsalat, verzehrbereit)

● I-131 ■ Cs-137

28.04. - 15.05.	16.05. - 04.06.	05.06. - 20.06.

1986

matisch. Von den dem AKU für Nordrhein-Westfalen vorliegenden Blattgemüse-Meßwerten erwiesen sich nur die Daten von der KFA Jülich als auswertbar. Die Meßwerte streuten z. T. innerhalb eines Bundeslandes über 2 bis 3 Größenordnungen. Schon kleinräumig zeigten sich starke Schwankungen der Kontamination, bedingt durch unterschiedliche Niederschlagsintensitäten und Wachstumszustände der Pflanzen. Unter dem Begriff Blattgemüse wurden z. T. Meßergebnisse von so unterschiedlichen Pflanzen wie Kopfsalat, Blumenkohl, Wirsingkohl und Petersilie subsummiert.

Für die Auswertungen im Sinne einer zusammenfassenden Darstellung kamen deshalb nur Untermengen von Daten in Frage, die sich auf dieselbe Blattgemüseart bezogen. Zur Darstellung gelangten deshalb schließlich vorwiegend nur Mittelwerte von spezifischen Aktivitätswerten für verzehrbereiten Freiland-Kopfsalat. Selbst der Begriff "verzehrbereit" erwies sich als unscharf. So wurden, abgesehen vom Waschvorgang, die äußeren Salatblätter vor der Messung teilweise entfernt, teilweise aber belassen. Ferner kann nicht ausgeschlossen werden, daß Meßwerte von unter Folie angebautem Kopfsalat in die Auswertung eingegangen sind, weil eine entsprechend genaue Probenkennzeichnung in der Hektik der ersten Tage oft unterblieb.

Die in Tab. 9/9 und 9/10 für I-131 und Cs-137 im Anhang notierten Mittelwerte und die in Abb. 6/10 graphisch dargestellten Größenklassen der spezifischen Aktivitäten in Bq pro kg Frischsubstanz können aufgrund der hier geschilderten Probleme bei der Auswertung der extrem heterogenen Daten nur als grobe Orientierungswerte aufgefaßt werden.

6.8 SONSTIGE NAHRUNGSMITTEL

Milch und Blattgemüse sind die einzigen Nahrungsmittel von größerer Bedeutung, die von der radioaktiven Kontamination durch Tschernobyl direkt betroffen wurden. Deshalb sind sie in den vorhergehenden Kapiteln gesondert dargestellt worden. Ebenfalls direkt betroffene Nahrungsmittel, jedoch von geringerer Bedeutung für die menschliche Ernährung in Mitteleuropa, sind Fische aus Binnengewässern und Wild. Sie werden deshalb hier abgehandelt. Von besonderem Interesse schien auch die radioaktive Kontamination des Honigs zu sein, an dem deshalb sehr viele Messungen - insbesondere in Baden-Württemberg - durchgeführt wurden. Auch auf Erdbeeren und Johannisbeeren,

als typische Vertreter für sehr gering und etwas höher kontaminiertes Obst, soll hier kurz eingegangen werden.

Da die Erhebung für "sonstige Nahrungsmittel" nicht gezielt durchgeführt wurde, fehlen jeweils Werte aus mehreren Bundesländern. Deshalb wurde auch nur die tabellarische Darstellungsform gewählt. Dennoch ergibt sich für jedes aufgeführte Nahrungsmittel ein hinreichender Überblick.

Bei den "sonstigen Nahrungsmitteln" wurde das zeitliche Limit 20.6.86 nicht eingehalten, da einerseits z. T. große Probenzahlen erst danach gemessen wurden und zum anderen die weitere Entwicklung, z. B. bei Wild und Fischen, besonders interessant erschien. Weil die Radiojod-Kontamination hier nur eine geringe Rolle für die menschliche Ernährung spielte (Honig, Erdbeeren, Johannisbeeren und Fische zeigten anfänglich eine geringe bis mäßige, Rehwild z. T. eine hohe Radiojod-Kontamination, jedoch im wesentlichen vor Beginn der Jagdzeit und in den Schilddrüsen der Tiere konzentriert) ist die Darstellung auf Cs-137 beschränkt worden. Pilze wurden nicht in die Erhebung aufgenommen. Die Kontaminationswerte streuen hier sehr stark. So wurden z. B. Anfang September in der Region I von Baden-Württemberg Maronen mit Cs-137-Aktivitäten von 250 Bq/kg aber auch mit 19 400 Bq/kg (Spitzenwert) gefunden. Generell zeigen Maronen die höchsten Werte, gefolgt von anderen Röhrlingen, während Steinpilze relativ geringe und Wiesenchampignons sehr geringe Cs-137-Aktivitäten aufweisen.

In Tabelle 6.1 ist die spezifische Cs-137-Aktivität im Wildbret von Rehen (Rehfleisch) aufgeführt. Rehwild gehört generell zu den am stärksten kontaminierten Wildarten und fiel auch in hohen Stückzahlen an. Ein signifikanter Unterschied zu den wenigen Rot- und Dam-Wild-Proben konnte nicht beobachtet werden, wohl aber zu Hasen, Schwarzwild und Federwild, die erheblich geringere Kontaminationen zeigten. Weideschafe zeigten anfänglich Kontaminationen, die in die Nähe der Rehwildwerte kamen, fielen jedoch zeitlich schneller ab, was wohl auf das unterschiedliche Futterangebot zurückzuführen ist. Haustiere, wie Schweine und Rinder, wiesen stets nur eine relativ geringe radioaktive Kontamination des Fleisches auf, weil Schweine in Mitteleuropa praktisch ausschließlich und Fleischrinder in den letzten Wochen vor der Schlachtung zur Mast in Ställen gehalten werden.

Wie aus Tab. 6.1 hervorgeht, ist die radioaktive Kontamination der Rehe in

Bundesland oder Region	Probenahme-zeitraum in 1986	Proben-zahl N	Cs-137 in Bq/kg_{FS}	s in %
Baden-Württemberg (Region I)	15.05.-13.06.	28	1220	58
	07.07.-15.08.	23	500	94
	05.09.-23.09.	22	950	110
Baden-Württemberg (Region II)	20.05.-13.06.	52	250	60
	30.06.-15.08.	73	180	144
	05.09.-25.09.	23	220	140
Bayern-Nord	14.05.-25.06.	17	1560	70
Nordrhein-Westfalen	05.05.-16.05.	13	260	70
	17.05.-30.06.	28	200	66
Rheinland-Pfalz	16.05.-20.06.	42	390	-

Tab. 6/1: Spezifische Cs-137-Aktivität in Rehfleisch
FS = Frischsubstanz, s = Standardabweichung

der Region II von Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz im Mittel praktisch gleich hoch, während sie in Nordbayern und der Region I von Baden-Württemberg merkbar größer ist.

Wie aus der zeitlichen Unterteilung der Werte für die Region I von Baden-Württemberg ersichtlich ist, hat dort die Cs-137-Kontamination zunächst abgenommen, eine Entwicklung, die sicher auch für die anderen stärker beaufschlagten Regionen zutrifft. Die zeitliche Abnahme war dort sogar prozentual stärker als in den weniger beaufschlagten Regionen wie Baden-Württemberg II oder Nordrhein-Westfalen, was dadurch verursacht ist, daß die geringen Radioaktivitätsablagerungen mit dem Niederschlag der Folgezeit sich in den weniger kontaminierten Gebieten prozentual stärker auswirkten als in den höher kontaminierten. Der Trend zur Abnahme setzt sich - nach den bis Mitte September vorliegenden Meßergebnissen - im Spätsommer und Herbst offenbar nicht fort, vielmehr wird in Baden-Württemberg wieder eine Zunahme der Cs-137-Aktivität festgestellt, was wohl vor allem auf das geänderte Nahrungsangebot für das Rehwild (z. B. Pilze) zurückzuführen ist. Generell streuen die Kontaminationswerte für das Rehwild erheblich um den gebildeten Mittelwert. Es zeigen sich auch kleinräumig, d. h. auf wenige Kilometer Distanz, deutliche Unterschiede bei dem bekanntlich sehr standorttreuen Rehwild.

Die Jod-131-Kontamination des Wildbrets der Rehe lag Anfang Mai etwa in der gleichen Größenordnung wie die Cs-137-Kontamination. Die Jod-131-Kontamination des Wildbrets nahm jedoch sehr schnell ab und lag ab Mitte Juni zumeist schon unter der Nachweisgrenze. Einige wenige Spitzenwerte erreichten noch eine Höhe zwischen 100 und 150 Bq/kg.

In Tab. 6.2 ist die spezifische Cs-137-Aktivität in Fischen wiedergegeben. Die Cs-137-Kontamination der Fische hängt in sehr starkem Maße von ihrem Biotop ab. In Kenntnis vieler Einzelwerte kann festgestellt werden, daß Fische aus Fischzuchtanstalten generell sehr geringe, Fische aus Fließgewässern geringe und Fische aus Seen höhere Kontaminationen zeigen. Die höchsten Werte zeigen Fische aus Seen mit geringem oder praktisch keinem Abfluß. Die Cs-137-Kontamination der Fische aus Binnenseen zeigt bis jetzt noch keinen Abfall, sondern eher noch einen Anstieg (siehe Baden-Württemberg I).

In Tab 6.3 ist die spezifische Cs-137-Aktivität in Honig dargestellt. Auch hier sind natürlich die üblichen regionalen Unterschiede erkennbar, jedoch

Bundesland oder Region	Probenahme-zeitraum in 1986	Proben-zahl N	Cs-137 in Bq/kg_{FS}	s in %	Bemerkungen
Baden-Württemberg (Region I)	10.06.-22.08.	97	285	70	verschiedene Firscharten aus Seen (z. B. Bodensee), Weihern und Teichen
Baden-Württemberg (Region II)	07.07.-22.08.	15	13	185	überwiegend Zuchforellen und Zuchtkarpfen
Bayern (Region Süd)	05.05.-18.06.	43	300	85	Renken und Mairenken (Planktonfresser)
	09.05.-10.06.	55	20	120	Forellen, Karpfen, Brachsen
Nordrhein-Westfalen	25.06.-03.07.	9	10	120	verschiedene Fischarten
Rheinland-Pfalz	05.06.-20.06.	3	8	-	

Tab. 6/2: Spezifische Cs-137-Aktivität in Fischen
FS = Frischsubstanz, s = Standardabweichung

Bundesland oder Region	Probenahme-zeitraum in 1986	Proben-zahl N	Cs-137 in Bq/kg_{FS}	s in %
Baden-Württemberg (Region I)	17.05.-04.06.	36	92	100
Baden-Württemberg (Region II)	17.05.-04.06. 05.06.-06.08.	48 147	51 37	100 110
Bayern-Nord	13.05.-24.06.	8	157	160
Nordrhein-Westfalen	28.05.-01.07.	16	32	77
Rheinland-Pfalz	16.05.-04.06.	6	70	-

Tab. 6/3: Spezifische Cs-137-Aktivität in Honig
FS = Frischsubstanz, s = Standardabweichung

Bundesland oder Region	Probenahme-zeitraum in 1986	Proben-zahl N	Cs-137 in Bq/kg_{FS}	s in %
Baden-Württemberg (Region I)	18.06.	6	10	58
Baden-Württemberg (Region II)	25.05.-25.06.	34	10	78
Rheinland-Pfalz	16.05.-20.06.	18	5	-

Tab. 6/4: Spezifische Cs-137-Aktivität in Erdbeeren
FS = Frischsubstanz, s = Standardabweichung

Bundesland oder Region	Probenahme-zeitraum in 1986	Proben-zahl N	Cs-137 in Bq/kg_{FS}	s in %
Baden-Württemberg (Region I)	24.06.-16.07.	17	93	29
Baden-Württemberg (Region II)	18.06.-28.07.	38	50	50
Niedersachsen (Region Ost)	30.06.-07.07.	4	73	32

Tab. 6/5: Spezifische Cs-137-Aktivität in Johannisbeeren
FS = Frischsubstanz, s = Standardabweichung

blieb insgesamt die Kontamination des Honigs relativ gering. Die Einzelwerte streuen nicht so stark wie bei Wild und Fischen um den gebildeten Mittelwert.

In Tab. 6.4 ist die spezifische Cs-137-Aktivität in Erdbeeren aufgeführt. Erdbeeren zeigten auch in Gebieten mit höherer Beaufschlagung nur geringe Kontaminationen.

In Tab. 6.5 ist die spezifische Cs-137-Aktivität in Johannisbeeren dargestellt. Die Cs-137-Kontamination der Johannisbeeren lag um ein Mehrfaches, bis fast um eine Größenordnung über der der Erdbeeren. Allerdings weisen Johannisbeeren auch eine vergleichbar hohe natürliche K-40-Aktivität auf, die in der Regel zwischen 40 und 70 Bq/kg beträgt. Anderes Sommerobst, wie z. B. Kirschen, Stachelbeeren und Himbeeren, wies spezifische Aktivitätswerte zwischen denen für Erdbeeren und Johannisbeeren auf, während das Herbstobst, wie Äpfel, Birnen, Pflaumen und Weintrauben, generell sehr geringe Kontaminationen, oft noch unter den Werten für Erdbeeren, zeigte.

7. ERGEBNISSE DER MESSWERTERHEBUNG FÜR DAS GEBIET DER SCHWEIZ

Im Folgenden wird ein Überblick über die nach dem Ereignis Tschernobyl in der Schweiz vorgenommenen Radioaktivitätsmessungen gegeben. Die Zusammenstellung beschränkt sich auf die zwei wichtigsten Nuklide Cs-137 und Jod-131. Für die verschiedenen untersuchten Medien werden Mittelwerte für drei Zeiträume: 28.04. - 15.05. ; 16.05 - 04.06. ; 05.06. - 20.06. angegeben. Das Gebiet der Schweiz wurde in vier Regionen aufgeteilt, entsprechend der Verstrahlungslage der einzelnen Langesgegenden:

Region I = Tessin und Bündner Südtäler
Region II = Ostschweiz
Region III = Zentral- und Nordschweiz
Region IV = Westschweiz (d. h. westlich Bern)

Diese summarische Darstellung hat sehr vereinfachenden Charakter und wird nicht allen Einzelheiten gerecht. Für den hier beabsichtigten Überblick ist sie jedoch genügend, da alle weiteren Einzelheiten in ausführlichen Berichten zusammengestellt werden.

7.1 LUFT (s. Abb. 7/1 und 7/2)

Die Luft wird an 13 Stationen durch Aerosolfilter überwacht, die normalerweise wöchentlich, Anfangs Mai jedoch täglich, gewechselt und gammaspektroskopisch analysiert wurden. Auf den Filtern wird nur das aerosolförmige Jod quantitativ abgeschieden. Das gesamte Jod dürfte daher drei bis fünf mal höher sein, als die angegebenen Werte für das aerosolgebundene.

Die Radioaktivität der Luft erreichte bereits am 1. Mai ihr Maximum und nahm nachher sehr schnell wieder ab. Da die Wolke die ganze Schweiz überstrich, wiesen die Konzentrationen der einzelnen Stationen keine signifikanten Unterschiede auf. Am ersten Mai ergab die Station Fribourg u.a. J-131: 4.2 ; J-132: 3.4 ; Te-132: 6.7 ; Cs-134: 0.5 ; Cs-137: 1.0 ; Ru-103: 1.6 ; Ba-140: 0.46 ; Mo-99: 0,65 Bq/m^3 .

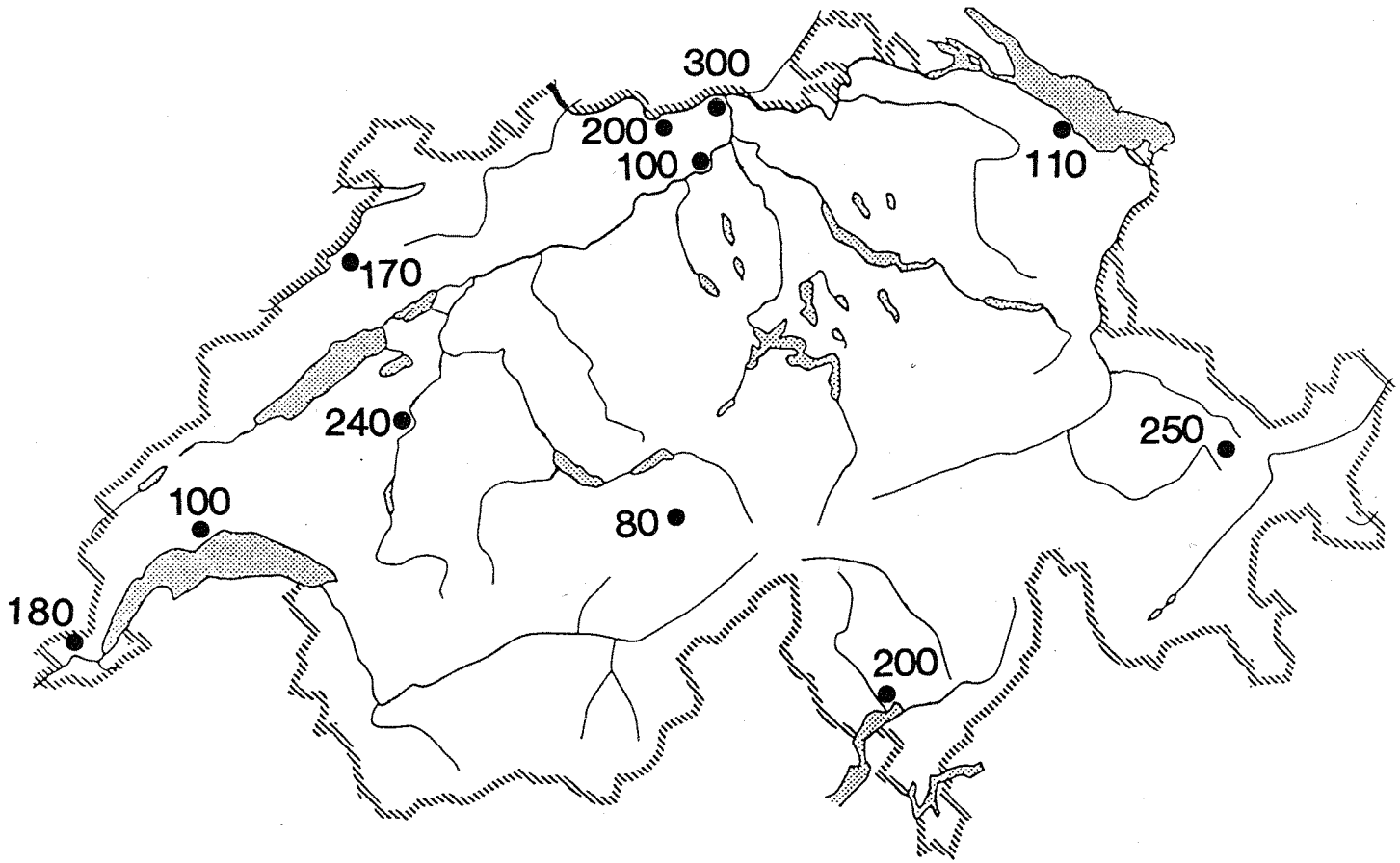


Abb. 7/1 J-131 (nur aerosolförmig) in der Luft in $\frac{Bq.h}{m^3}$ (28.4.-8.5.)

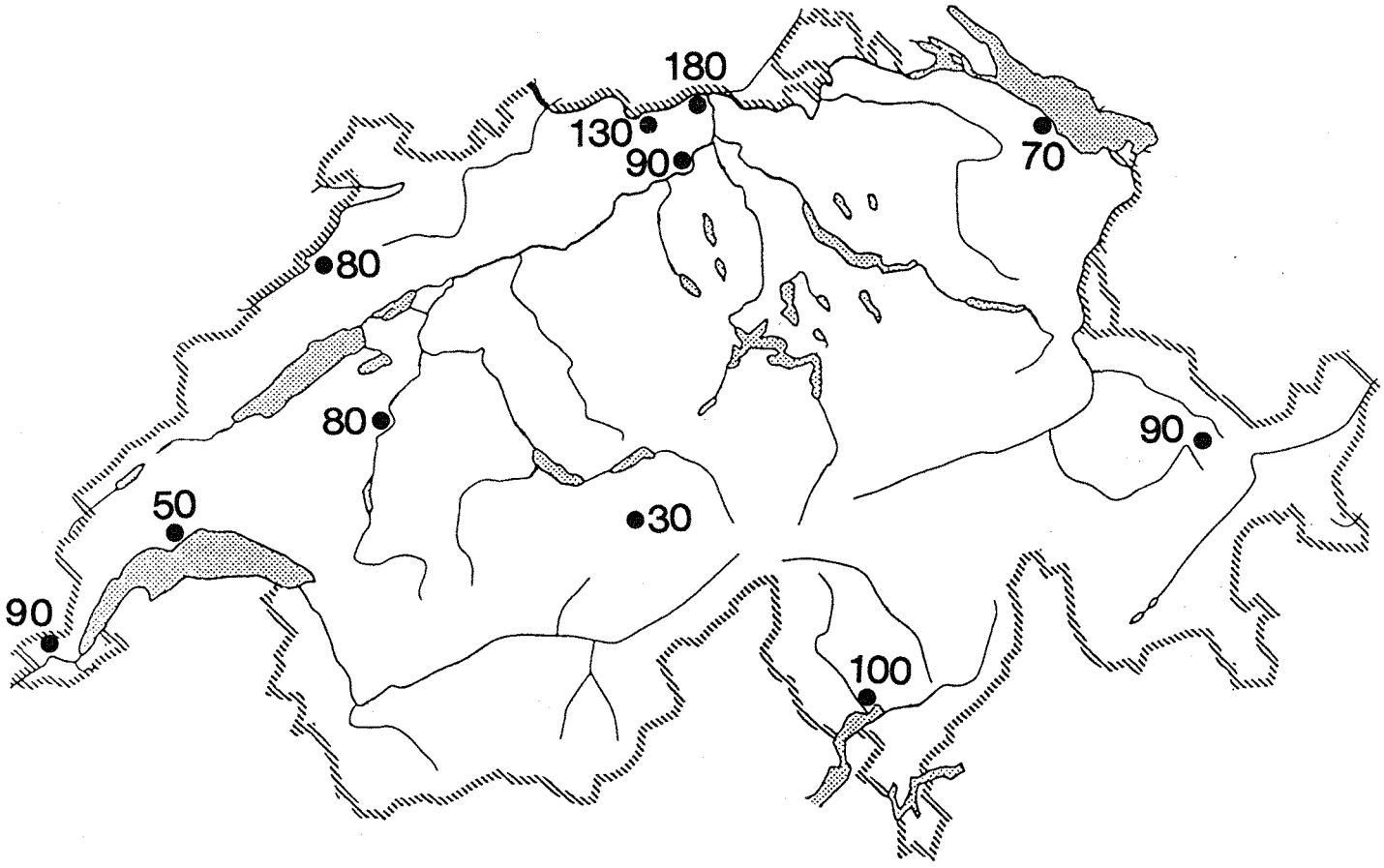


Abb.7/2 Cs-137 in der Luft in $\frac{Bq.h}{m^3}$ (28.4.-8.5.)

7.2 NIEDERSCHLÄGE (s. Abb. 7/3 und 7/4)

Bei der Radioaktivität der Niederschläge ist deutlich erkennbar, daß im Tessin die Ablagerung am größten war, während sie in der Westschweiz am geringsten war. Dabei zeigte sich dieser Sachverhalt für Cs-137 noch deutlicher als für J-131. Am meisten Aktivität wurde in der ersten Mai-Hälfte abgelagert, nachher ging die Aktivität der Niederschläge deutlich zurück. Da das Jod z. T. auch trocken abgelagert wurde, erfassen die Niederschlagsmessungen nicht die gesamte Jod-Ablagerung.

7.3 ORTSDOSIS (s. Abb. 7/5)

Die externe Dosis wurde mit verschiedenen Meßmethoden erfaßt: Automatische Stationen mit GM-Zählrohr, TL-Dosimeter, Ionisationskammer, Meßfahrten mit tragbaren Plastik-Szintillatoren etc. Aus diesen Daten wurden täglich Verstrahlungskarten für das ganze Land erstellt. Die hier zusammengestellten Dosisintegrale für den Zeitraum vom 28.04. bis 20.06. wurden aus den zur Verfügung stehenden Daten abgeschätzt. Da die externe Dosis weitgehend durch die mit den Niederschlägen abgelagerten Radionuklide verursacht wurde, zeigt sich hier dasselbe Verhalten wie bei den Niederschlägen: Im Tessin wurden Anfang Mai mit 0.6 bis 1.5 µSv/h die höchsten Werte gemessen. In der Ostschweiz (Bodenseeregion) lagen die Spitzenwerte bei 1 µSv/h, in der übrigen Ostschweiz bei 0.3 bis 0.8 µSv/h, im Waadtländer Jura bei 0.4 µSv/h und in der übrigen Schweiz bei 0.2 bis 0.3 µSv/h (Bruttowerte d. h. incl. natürlichem Untergrund). Gegen Ende Mai lagen die Dosismeßwerte mit Ausnahme des Tessin unter 0.2 µSv/h (incl. Untergrund), im Tessin zwischen 0.2 und 0.4 µSv/h.

7.4 MILCH (s. Abb. 7/6)

Milch stand als wichtiges Grundnahrungsmittel von Anfang an im Vordergrund der Überwachung, da es dasjenige mit der größten Konsumrate ist und in ihr das radiologisch wichtige Nuklid J-131 selektiv angereichert wird. Einerseits wurden Einzelmilchproben (Kuhmilch) von ausgewählten Bauernhöfen kontinuierlich (anfangs täglich) überwacht, andererseits wurden auch Sammelmilchproben (aus Molkereien und von Großverteilern) untersucht. Besonders

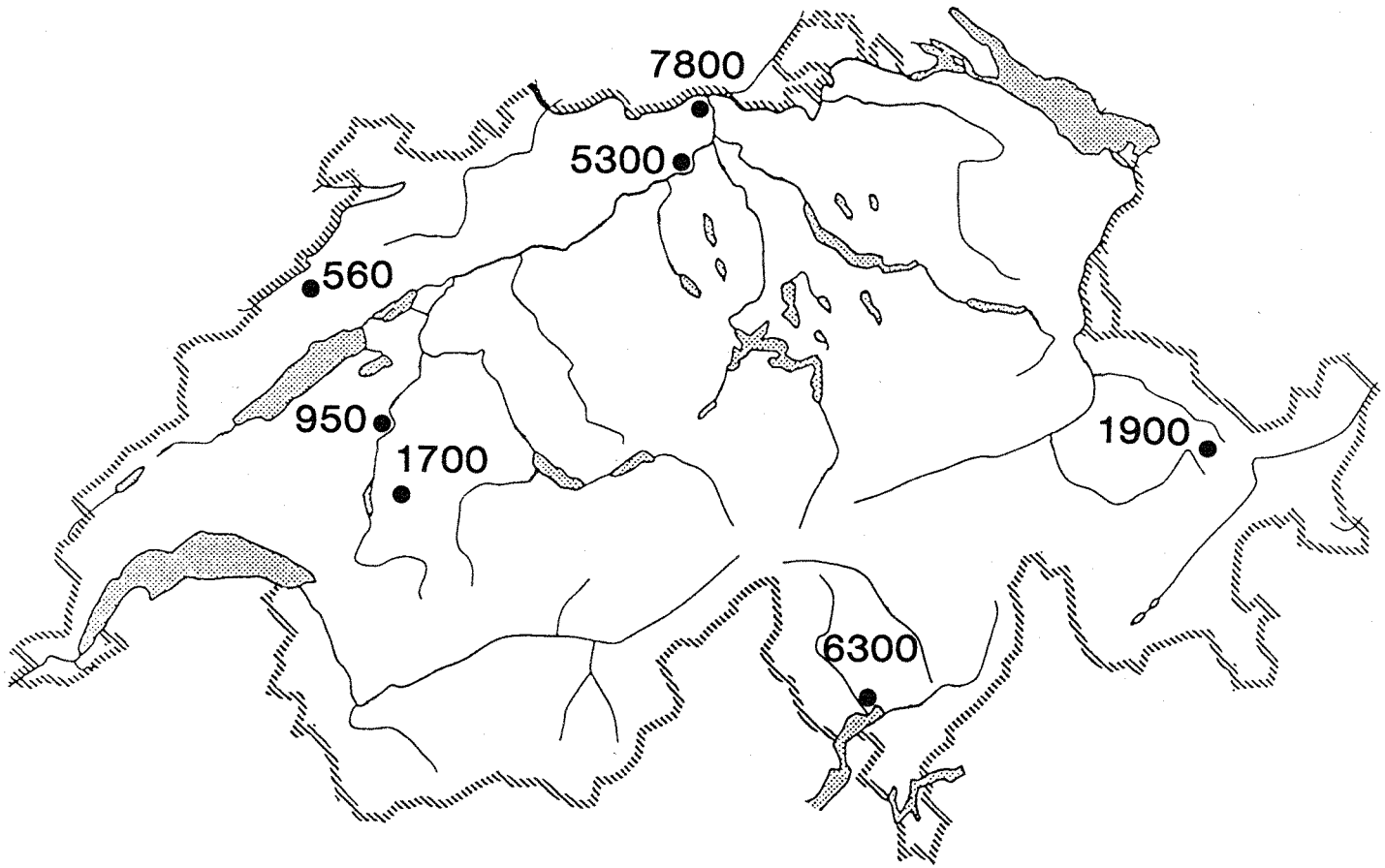


Abb. 7/3 J-131-Ablagerung via Niederschläge in Bq/m^2 (25.4.-30.5.)

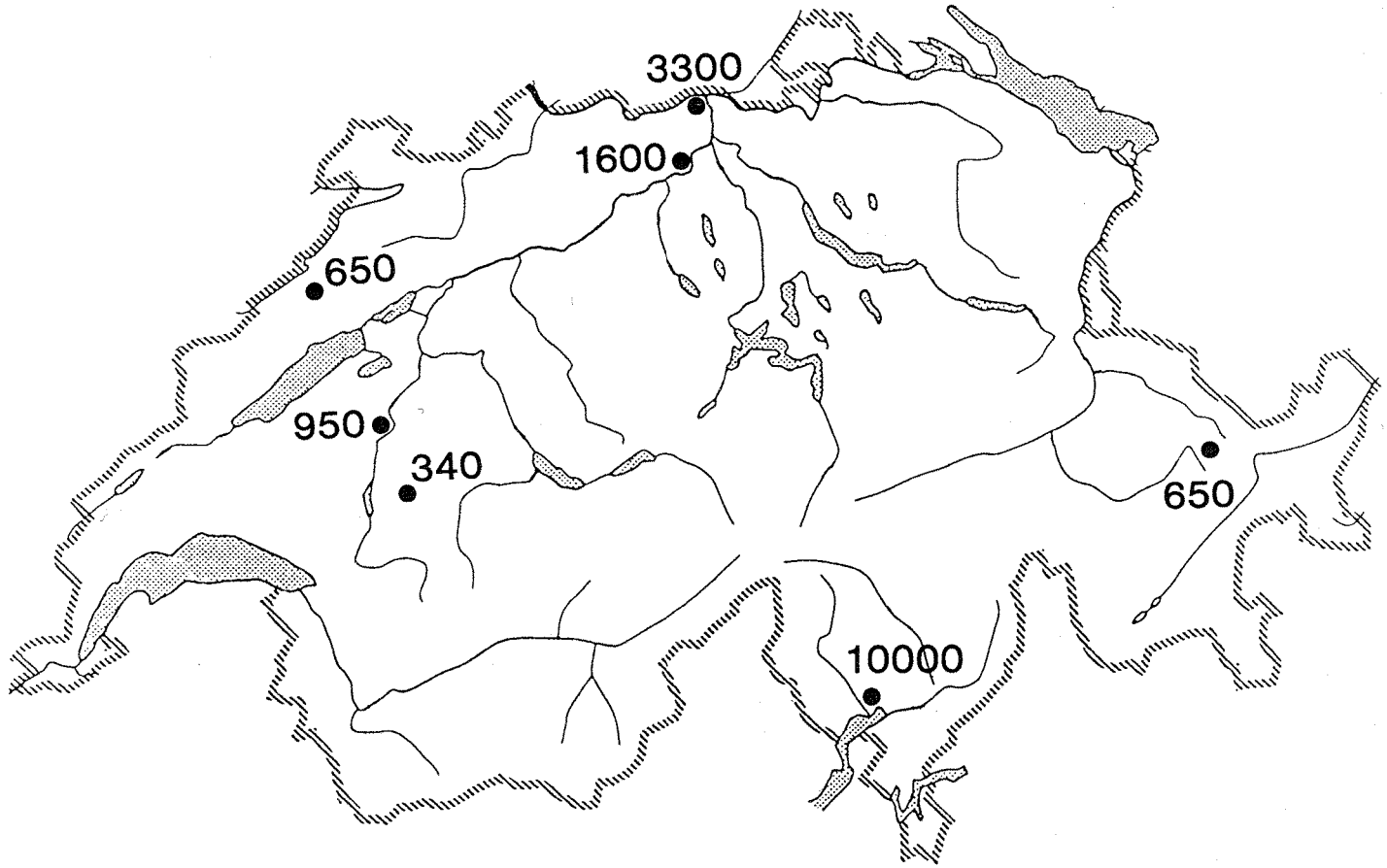


Abb. 7/4 Cs-137-Ablagerung via Niederschläge in Bq/m^2 (25.4.-30.5.)

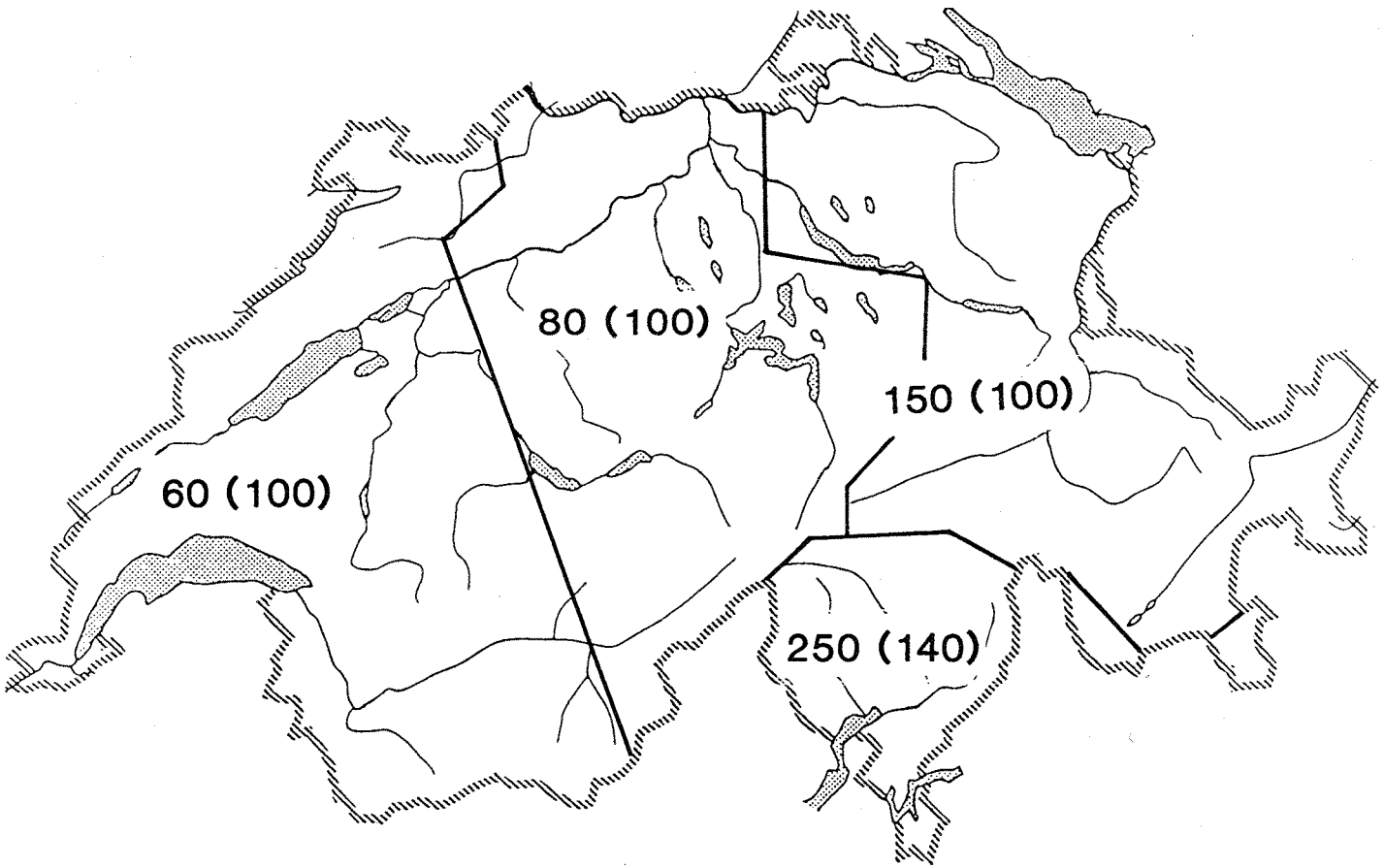
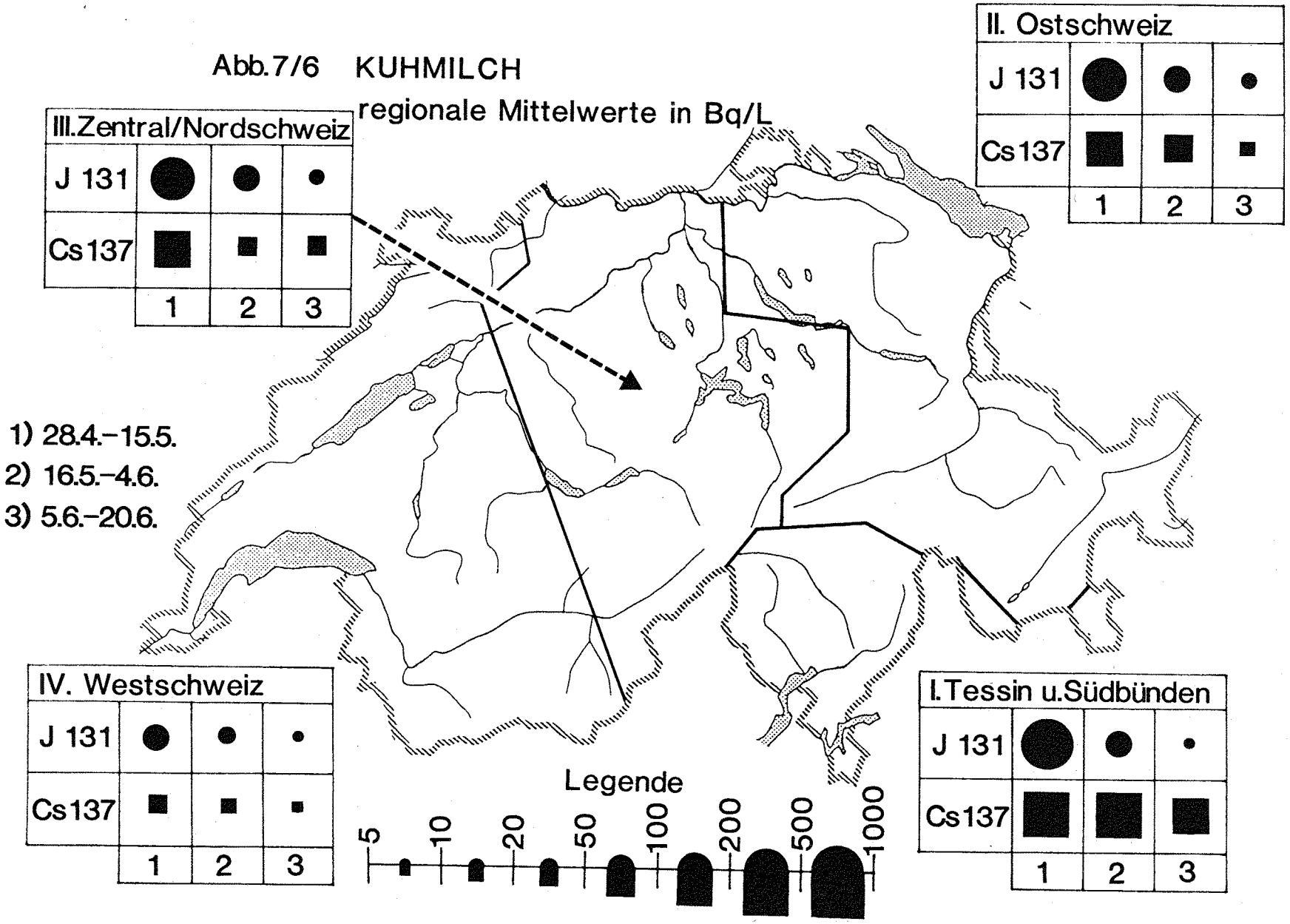


Abb. 7/5 Integrale Ortsdosis (Nettowerte) 28.4.–20.6.
regionale Mittel in µSv (in Klammern Untergrund)

Abb.7/6 KUHMILCH

regionale Mittelwerte in Bq/L



überwacht wurden auch Ziegen- und Schafmilch sowie die daraus hergestellten Frischkäse, da in der Milch dieser Tiere das Jod noch stärker aufkonzentriert ist als in der Kuhmilch. Spezielle Probenahmeprogramme befaßten sich mit Milchprodukten und dem Transfer von Jod und Cäsium in diese Nahrungsmittel (z. B. Käse, Butter etc.).

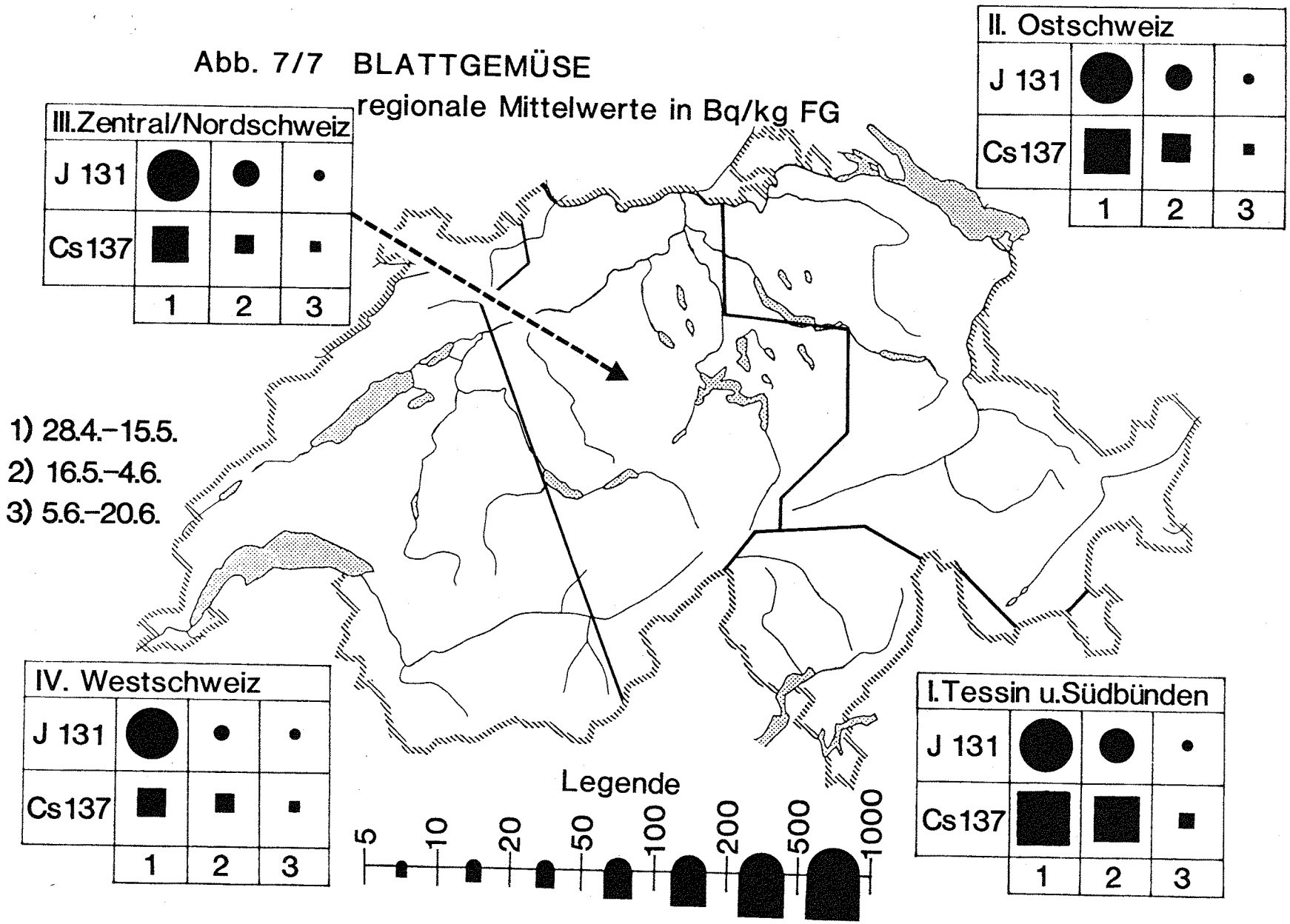
Beim zeitlichen Verlauf der Aktivität in der Milch erreicht Jod-131 schon nach wenigen Tagen das Maximum und nimmt nachher mit einer effektiven Halbwertszeit von 4 - 5 Tagen wieder ab. Beim Cs-137 ist der Anstieg langsamer, das (flachere) Maximum wird nach etwa 10 Tagen erreicht und die Abnahme erfolgt nachher mit einer effektiven Halbwertszeit von 10 bis 15 Tagen. Auch bei der Milch war deutlich erkennbar, daß der Kanton Tessin die höchsten Werte hatte, was beim Cs-137 noch ausgeprägter war als beim Jod-131. Jod-131 bzw. Cs-137 erreichten im Tessin Höchstwerte von rund 2 000 bzw. 600 Bq/Liter, in der Nord- und Ostschweiz 1 300 bzw. 260 Bq/Liter und in der übrigen Schweiz ca. 500 bzw. 200 Bq/Liter. In Sammelmilchproben lagen die Aktivitätswerte Anfang Mai für beide Nuklide unter 350 Bq/Liter im Tessin bzw. 260 Bq/Liter in der übrigen Schweiz. Schafmilch ergab in der ersten Maihälfte einen Mittelwert für Jod-131 von 3 500 Bq/Liter, bei einem Spitzenwert von 18 000 Bq/Liter. Bei der Ziegenmilch lagen die Werte etwas tiefer.

7.5 BLATTGEMÜSE (s. Abb. 7/7)

Beim Blattgemüse erfolgte die Kontamination fast ausschließlich über die Ablagerung aus der Luft. Deshalb waren auch großblättrige Gemüse z. B. Salat, Spinat, Lattich am meisten verstrahlt. Dies trifft allerdings nur für Freilandgemüse zu, Pflanzen die unter Plastikfolien gezogen wurden wiesen in der Regel niedrigere Aktivitätswerte auf. Auch hier waren die am meisten betroffenen Regionen der Tessin, die Nordost- und Ostschweiz, wobei im Tessin die Cs-137 Aktivität fast gleichhoch war wie jene von Jod-131, während sie in der übrigen Schweiz bei 25 - 50 % der Jod-Aktivität lag. Der zeitliche Verlauf ist dadurch gekennzeichnet, daß die Werte des in der zweiten Monatshälfte geernteten Gemüses deutlich tiefer lagen, einerseits, weil das Gemüse der zweiten Ernte nicht mehr durch radioaktive Niederschläge kontaminiert wurde und andererseits weil die Erde umgebrochen wird, wodurch das nachfolgende Gemüse nicht mehr mit der kontaminierten Erde in Kontakt kommt.

Abb. 7/7 BLATTGEMÜSE

regionale Mittelwerte in Bq/kg FG



Die Spitzenwerte für Blattgemüse lagen für Jod-131 bzw. Cs-137 in der ersten Maihälfte bei je 4 500 Bq/kg Frischgewicht (gewaschen) im Tessin, in der Nord- und Ostschweiz bei 13 000 bzw. 4 500 Bq/kg und in der Westschweiz bei 4 500 bzw. 750 Bq/kg.

7.6 GRAS UND BODEN (s. Abb. 7/8 und 7/9)

Als direkt durch den radioaktiven Niederschlag kontaminiertes Anfangsglied des Belastungspfades Gras-Kuh-Milch-Mensch wurde Gras von Anfang an untersucht. Die einzelnen Proben zeigten sehr starke Unterschiede je nach Alter des Grases und Bewuchsdichte. Ebenso ergab sich, daß das Gras vom zweiten Schnitt weniger kontaminiert war.

Die Maximalwerte lagen beim frischen Gras bei je 9 000 Bq/kg Frischgewicht für Jod-131 und für Cs-137.

Erdbodenproben ergaben im Tessin Maximalwerte von 3 300 Bq/kg für Cs-137. Weitere Untersuchungen zur Ermittlung der Eindringtiefe- und -Geschwindigkeit für die einzelnen Radionuklide in den Boden sind in Bearbeitung, ebenso über den Zusammenhang zwischen Aktivitätsgehalt des Bodens und externer Strahlenexposition.

7.7 FLEISCH (s. Abb. 7/10 und 7/11)

Wird das Vieh mit radioaktiv kontaminiertem Futter (Gras, Heu, Wasser, Milch (Milchkälber)) gefüttert, so ist auch das Fleisch dieser Tiere kontaminiert. Die beiden wichtigsten Nuklide waren Cs-134 und -137. Sie haben physikalische Halbwertszeiten von 2 bzw. 30 Jahren; sie lagern sich vor allem im Muskelfleisch ab und werden im lebenden Tier durch den Stoffwechsel mit einer Halbwertszeit von einigen Wochen bis Monaten wieder ausgeschieden.

In Rind- und Kalbfleisch wurden Cs-137 Konzentrationen von maximal 2 600 (Tessin) bzw. 100 (Westschweiz) und 370 Bq/kg (übrige Schweiz) gemessen. Längerfristig ist eine abnehmende Tendenz feststellbar.

Abb. 7/8 GRAS

regionale Mittelwerte in Bq/kg FG

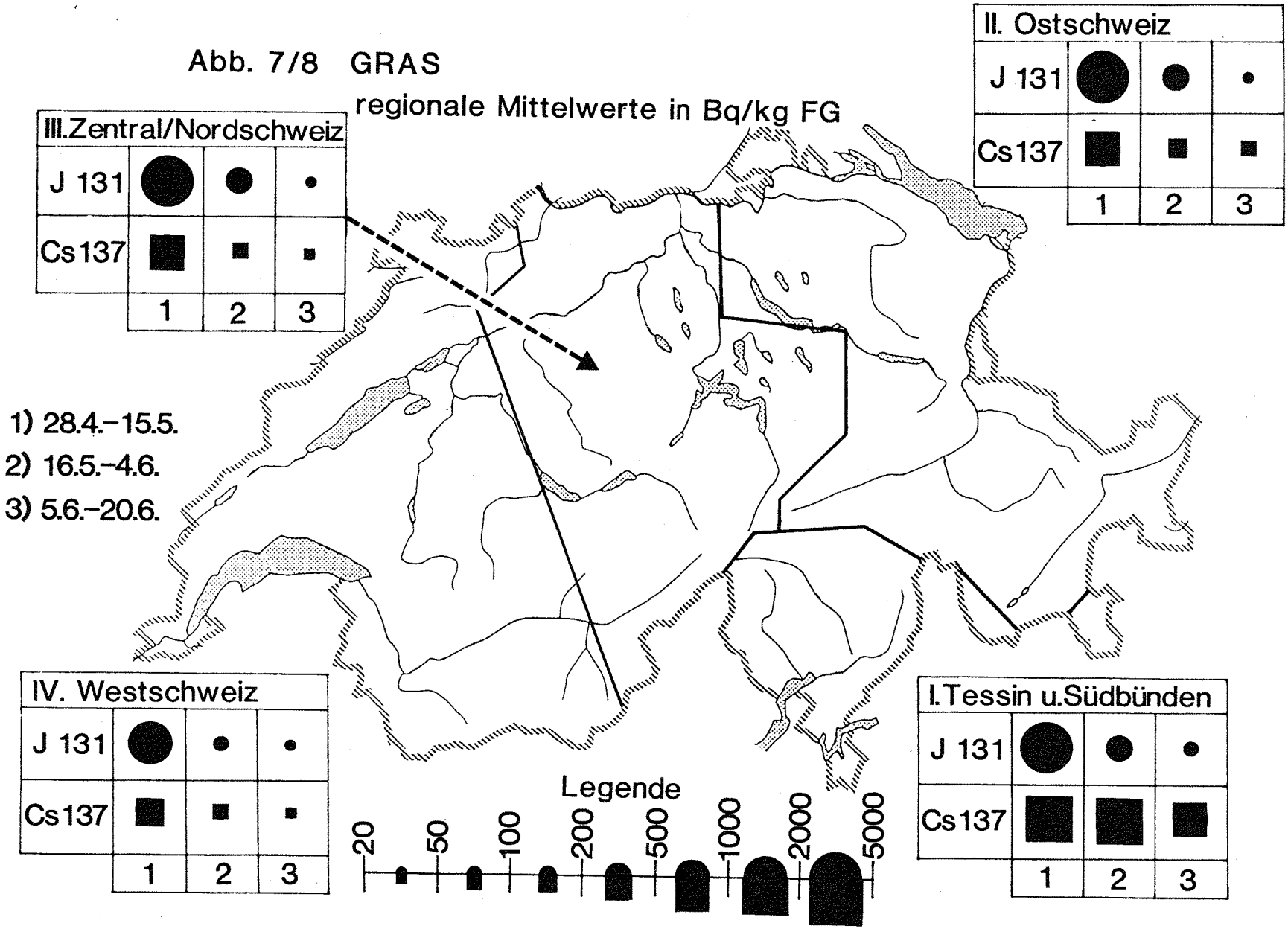


Abb.7/9 ERDBODEN

regionale Mittelwerte in Bq/kg FG

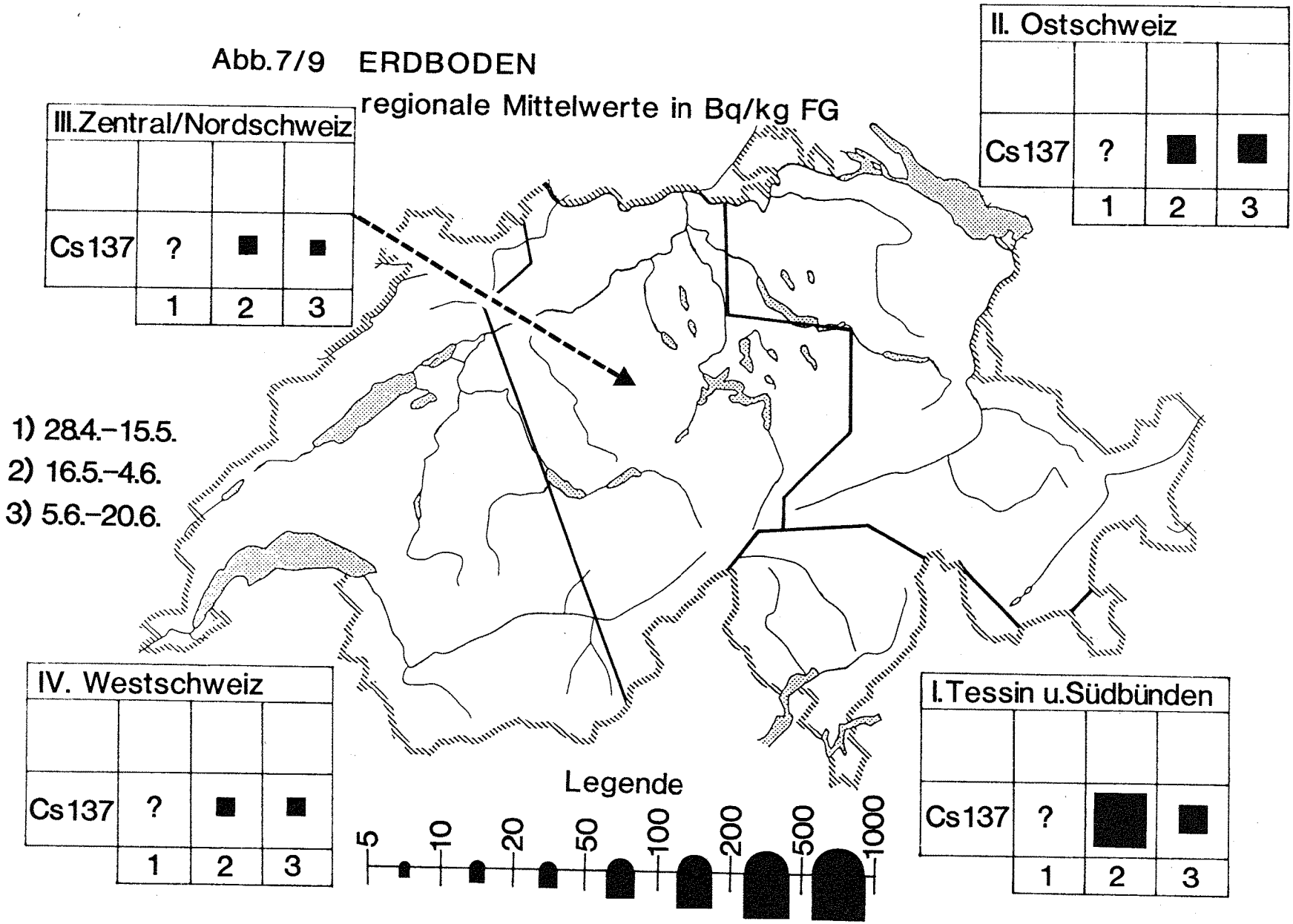


Abb. 7/10 RIND- u. KALBFLEISCH
regionale Mittelwerte in Bq/kg

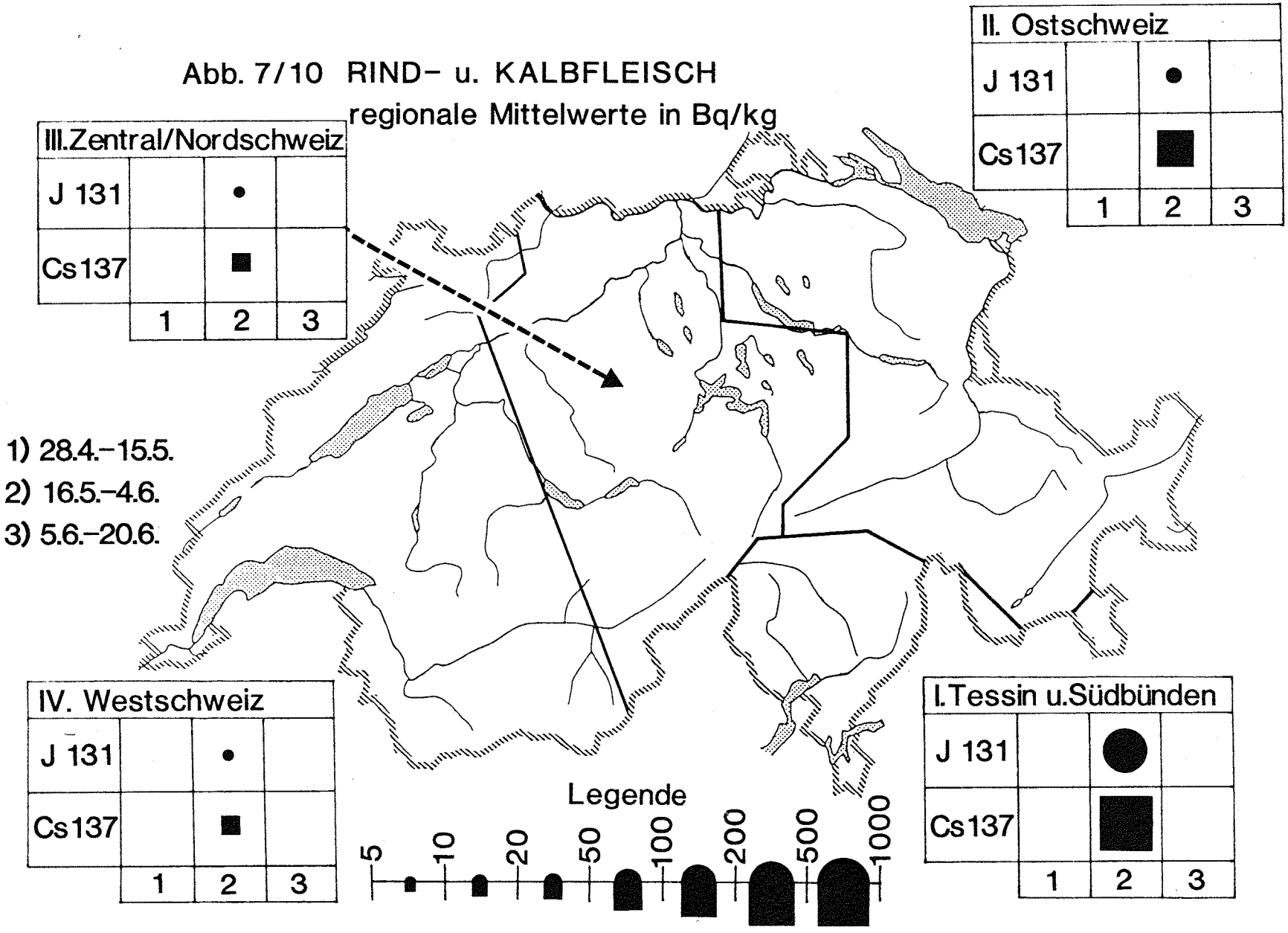
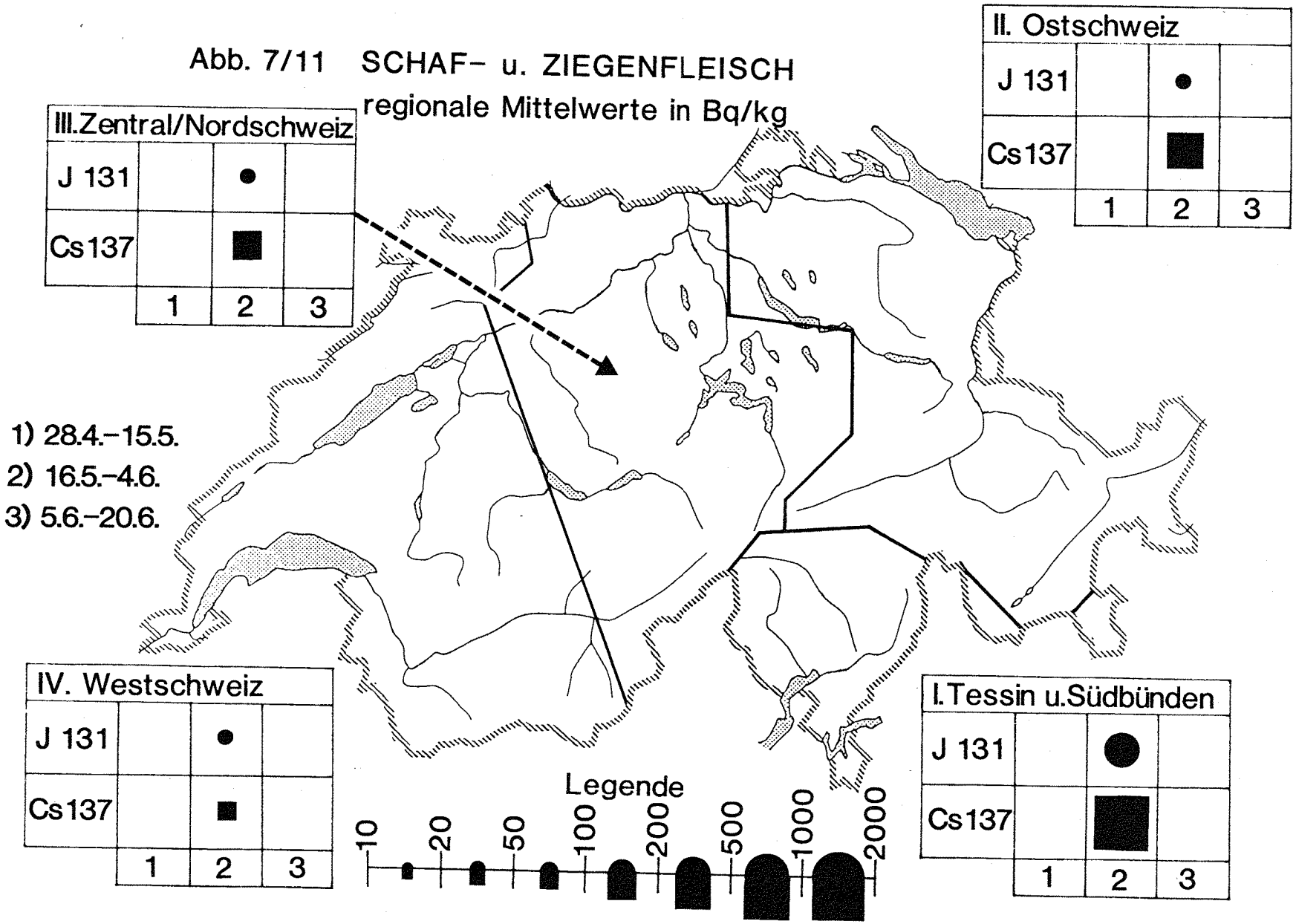


Abb. 7/11 SCHAF- u. ZIEGENFLEISCH
regionale Mittelwerte in Bq/kg



Schafe, Ziegen, Kaninchen und Wild, vor allem aus dem Tessin zeigten höhere Werte. Nördlich der Alpen lagen die Werte dieser Proben für Cs-137 unter 1 500 Bq/kg, bei einem regionalen Mittel von unter 370 Bq/kg. Im Tessin lagen die Werte im Mittel für die erste Maihälfte für Cs-137 bei 1 900 Bq/kg bei einem Spitzenwert von 4 500 Bq/kg. Aber auch hier ist eine abnehmende Tendenz auf etwa die Hälfte in einem Monat feststellbar, so daß zur Zeit der großen Schafmärkte vom September die Konzentrationen an Cs-137 im Schaffleisch auf unbedenkliche Werte abgenommen haben wird.

Dasselbe gilt auch beim Wild, dessen Cs-137-Gehalt ebenfalls in einem Monat etwa auf die Hälfte abnimmt, so daß die Jagd im Herbst ohne Einschränkungen eröffnet werden kann.

7.8 WEITERE LEBENSMITTEL

Quell- und Grundwasser wies keine erhöhte Aktivität auf. Bei Zisternenwasser, das z. T. im Jura als Trinkwasser verwendet wird, lagen alle Werte für Jod-131 unter 370 Bq/Liter, die meisten unter 4 Bq/Liter.

Fische aus Flüssen und Seen ergaben im Zeitraum Mai bis Juli Cs-137-Konzentrationen für die Alpennordseite bis maximal 500 Bq/kg, im Mittel 190 Bq/kg (Tessin) bzw. 110 Bq/kg (übrige Schweiz), im Bodensee ebenfalls bis maximal 500 Bq/kg. In Tessiner Seen (Luganersee) wurden in den Monaten August-September erhöhte Werte bis 2800 Bq/kg (Mittel ca. 1400 Bq/kg) festgestellt, was den Bundesrat zu einem Fischereiverbot für diesen See bewog. Da eine abnehmende Tendenz noch nicht eindeutig erkennbar ist, werden weitere Untersuchungen durchgeführt.

Außerdem wurden Proben von Pilzen, Honig, Früchten, Beeren, Obst etc. sowie auch zahlreiche importierte Fertigprodukte und Rohwaren untersucht. Sie ergaben, mit Ausnahme von Pilzen, nur geringfügig erhöhte, aber für den Verzehr unbedenkliche Aktivitätskonzentrationen (s. Tab. 7/1).

Proben-art	Proben-Herkunft	Proben-anzahl	Cs-137 in Bq/kg	s in %
Honig	Alpennordseite	16	22	65
Honig	Tessin	27	63	67
Obst/Früchte	Alpennordseite	22	5	60
Beeren	Alpennordseite	28	19	120
Johannisbeeren	Alpennordseite	6	63	35
Kartoffeln	Schweiz gesamt	8	~ 2	100
Karotten	Schweiz gesamt	13	< 4	-
Zwiebeln	Schweiz gesamt	5	< 10	-
Tomaten	Schweiz gesamt	7	< 3	-
Pilze	Alpennordseite	106	300	70 % der Werte unter 200 Bq/kg
Pilze	Tessin	72	450	55 % der Werte unter 200 Bq/kg
Getreide	Alpennordseite	13	15	210
Getreide	Alpennordseite	21	160	33

Tab. 7/1: Spezifische Cs-137-Aktivität in verschiedenen Lebensmitteln
Probenahmezeitraum: Juni - September 1986

8. DOSISABSCHÄTZUNGEN

Dosisabschätzungen für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland sind im Bericht des Instituts für Strahlenschutz "Umweltradioaktivität und Strahlenexposition in Südbayern durch den Tschernobyl-Unfall", GSF-Bericht 16/86, für das Gebiet der Schweiz in der Arbeit "Verstrahlungslage der Schweiz nach dem Unfall in Tschernobyl", BAG, Sept. 1986, enthalten. Die Ergebnisse der Dosisabschätzungen wurden in Tab. 8/1 zusammengestellt.

Strahlen-exposition	Effektive Äquivalentdosis in mSv			
	Kinder (bis 10 Jahre)		Erwachsene	
	München[1])	Tessin[2])	München[1])	Tessin[2])
Externe γ-Strahlung	0,3-0,6	0,4	0,1-0,3	0,4
Inhalation und Ingestion	0,4-1,0	1,0	0,4-0,8	1,1
Insgesamt	0,7-1,6	1,4	0,5-1,1	1,5

Tab. 8/1: Erwartete effektive Äquivalentdosen in den am stärksten betroffenen Gebieten in der Bundesrepublik und in der Schweiz

[1]) berechnet für Mai 1986 bis April 1987

[2]) berechnet für Mai 1986 bis Ende 1986

Die in Tab. 8/1 jeweils für Kinder bis zu 10 Jahren und für Erwachsene angegebenen Dosiswerte gelten für die jeweils am stärksten beaufschlagten Gebiete der Bundesrepublik und der Schweiz. Bei den Dosiswerten handelt es sich um die zu erwartenden effektiven Äquivalentdosen, die unter konservativen Anmahnen (z. B. unverändertes Verzehrverhalten der Bevölkerung und lokaler Ursprung aller Nahrungsmittel) berechnet wurden.

Die Schwankungsbereiche der in Tab. 8/1 unter München angegebenen Dosiswerte gelten im Mittel für Südbayern und das südöstliche Baden-Württemberg. Die unter Tessin angegebenen Dosiswerte stellen Abschätzungen für die am stärksten beaufschlagten Gebiete der Schweiz dar, zu denen vor allem der Tessin, die Bündner Südtäler und Teile der Ostschweiz gehören.

Bei einem Vergleich der Dosiswerte für den Raum München und den Tessin ist zu beachten, daß die Berechnungen für München für das 1. Folgejahr, also bis Ende April 1987, durchgeführt wurden, für den Tessin jedoch nur bis zum Ende des Jahres 1986. Da bei der Abschätzung für die Schweiz die ersten 4 Monate des Jahres 1987 nicht berücksichtigt wurden, sind die Werte für den Tessin für einen direkten Vergleich mit den Werten für München um etwa 10 % zu erhöhen.

Für die Bundesrepublik Deutschland ergibt sich bis auf regionale Unterschiede ein generelles Süd-Nord-Gefälle der Strahlenexposition. In dem bereits eingangs erwähnten GSF-Bericht wird hierzu ausgeführt: "Die vorliegenden Messungen in anderen Regionen der Bundesrepublik Deutschland deuten auf einen Schwankungsbereich der Strahlenexposition durch diesen Unfall hin, der zwischen dem 0,1-fachen und dem 2-fachen des Wertes für den Münchner Raum liegen dürfte".

Der Mittelwert der berechenbaren effektiven Äquivalentdosis für die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland dürfte nach den jetzt vorliegenden Meßergebnissen noch unterhalb des in Tab. 8/1 für den Raum München angegebenen unteren Dosiswertes liegen. Geht man bei der Berechnung der effektiven Äquivalentdosis von Inkorporationsmessungen aus, so erhält man für die tatsächliche Strahlenexposition der Bevölkerung noch deutlich niedrigere Ergebnisse.

9. ANHANG

Die Tab. 9/1 enthält die genauen Zahlen, die der graphischen Darstellung der Nuklidspektren für Luft und Niederschlag in Abb. 3/1 zugrundeliegen.

Die folgenden Computerausdrucke (Tab. 9/2 bis Tab. 9/10) enthalten die den synoptischen Darstellungen in den Kapiteln 6 und 7 zugrundeliegenden Mittelwerte, deren prozentuale Standardabweichungen und die jeweilige Probenanzahl. Entsprechend den graphischen Darstellungen wurden alle Angaben für die Bundesländer und Regionen sowie für die verschiedenen Zeitintervalle getrennt aufgeführt.

Die in der letzten Spalte angegebenen Kennziffern der Datenlieferanten verweisen auf die Institutionen, die auf den Seiten II und III hinter dem Vorwort aufgelistet wurden.

Nuklid	Zeitintegral über die Aktivitätskonzentration der bodennahen Luft vom 29.04., 11.30 Uhr bis 08.05.86, 8.10 Uhr. Bq h/m³	Kumulierte Radionuklid-zufuhr zum Boden mit dem Niederschlag vom 29.04., 9.00 Uhr bis 09.05.86, 8.30 Uhr. Bq/m²
Mn-54	0,4	30
Sr-89	-	2200 *
Sr-90	-	210 *
Zr-95	0,7	-
Mo-99	108	9600
Ru-103	364	27000
Ru-106	90	6900
Ag-110^m	5,6	400
Sb-125	10,6	1000
Te-129^m	362	30000
I-131 (gesamt)	1730	92000
Te-132	1440	123000
I-133 (gesamt)	46	3700
Cs-134	160	10400
Cs-136	62	4200
Cs-137	296	19000
Ba-140	152	12000
La-140	134	-
Ce-141	6,5	700
Ce-144	4,9	400
Pu-238	-	18×10^{-3}
Pu-239/240	-	47×10^{-3}

* vom 29.04.-02.05.1986

Tab.9/1: Nuklidspektren, gemessen bei der GSF in München/Neuherberg

Bundesland oder Region	Mittelwert in µSv	Anzahl der Messorte	Kennziffern der Datenlieferanten
Bayern-Süd	306	1	7
Bayern-Nord	51	13	14
Baden-Württemberg I	170	30	17
Baden-Württemberg II	40	90	17
Saarland	28	1	15
Rheinland-Pfalz	21	4	15
Hessen	22	1	21
Nordrhein-Westfalen	24	2	11, 20
Niedersachsen-Ost	40	6	18, 19, 20
Niedersachsen-West	-	-	-
Schleswig-Holstein	11	4	5, 13, 20
Berlin-West	33	1	8
Tessin	250	ortsfeste TLD-Messstellen und Messfahrten über das ganze Land	25, 27, 28, 31, 32, 35, 38
Ostschweiz	150		
Nord- und Zentralschweiz	80		
Westschweiz	60		

Tab. 9/2: Netto-Ortsdosen für den Zeitraum 28.04. - 20.06.1986

Bundesland oder Region	I-131 (Aerosol)			Cs-137			Kennziffern der Datenlieferanten
	Mittelwert in Bq·h/m³	Anzahl Orte	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq·h/m³	Anzahl Orte	Anzahl Proben	
Bayern-Süd	700	3	33	390	3	33	4
Bayern-Nord	480	4	30	230	4	30	4, 14
Baden-Württemberg I	650	1	8	230	1	8	16
Baden-Württemberg II	350	11	137	140	11	137	4, 6, 12, 16
Saarland	150	2	34	120	2	34	15
Rheinland-Pfalz	180	5	33	110	5	33	4, 15
Hessen	150	2	15	70	2	15	4
Nordrhein-Westfalen	140	4	30	70	3	29	4, 11, 20
Niedersachsen-Ost	70	5	26	21	3	24	4, 19, 20
Niedersachsen-West	40	1	7	20	1	7	4
Schleswig-Holstein	80	8	76	24	4	54	4, 5, 13, 20, 22
Berlin-West	200	2	34	70	2	34	4, 8
Tessin	200	1	8	100	1	8	31
Ostschweiz	180	2	15	80	2	15	31
Nord- und Zentralschweiz	170	4	23	110	4	23	31
West-Schweiz	170	3	27	70	3	27	31, 38

Tab. 9/3: Zeitintegrierte Aktivitätskonzentration der Luft für den Zeitraum 28.04. - 08.05.1986

Bundesland oder Region	28.04. - 15.05.86			16.05. - 04.06.86			05.06. - 20.06.86			Kennziffern der Datenlieferanten
	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	
Bayern-Süd	6300	80	15	450	80	7	-	-	-	7
Bayern-Nord	2740	100	39	280	120	32	35	300	17	14
Baden-Württemberg I	4700	70	23	640	65	8	-	-	-	16
Baden-Württemberg II	1900	100	101	290	70	38	20	20	7	6, 12, 16
Saarland	2100	90	16	-	-	-	-	-	-	15
Rheinland-Pfalz	1220	110	69	200	60	13	0	-	1	15
Hessen	2700	80	316	-	-	-	-	-	-	9
Nordrhein-Westfalen	670	55	10	140	65	12	3	200	5	11
Niedersachsen-Ost	970	60	57	90	60	56	4	30	10	18, 19, 20
Niedersachsen-West	510	30	8	50	30	18	3	30	6	18
Schleswig-Holstein	570	100	66	90	60	42	5	80	3	5, 13, 20
Berlin-West	1990	90	12	-	-	-	-	-	-	10
Tessin	2600	77	31	440	92	75	≤ 74	-	38	27, 28, 29, 30, 31
Ostschweiz	2400	86	52	200	113	32	≤ 37	-	6	
Nord- und Zentralschweiz	2700	76	71	440	117	38	≤ 37	-	32	32, 33, 34, 36, 38
Westschweiz	1700	85	56	85	118	18	≤ 37	-	12	

Tab. 9/4: Spezifische Aktivität von I-131 im Gras

Bundesland oder Region	28.04. - 15.05.86			16.05. - 04.06.86			05.06. - 20.06.86			Kennziffern der Datenlieferanten
	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	
Bayern-Süd	2400	40	15	670	35	7	-	-	-	7
Bayern-Nord	1070	90	39	310	120	32	220	250	17	14
Baden-Württemberg I	1800	80	23	430	90	8	-	-	-	16
Baden-Württemberg II	450	100	101	150	80	38	110	50	7	6, 12, 16
Saarland	600	70	16	-	-	-	-	-	-	15
Rheinland-Pfalz	430	60	69	230	40	13	30	-	1	15
Hessen	700	70	291	-	-	-	-	-	-	9
Nordrhein-Westfalen	150	27	10	80	50	12	20	90	5	11
Niedersachsen-Ost	370	60	57	180	60	56	60	20	10	18, 19, 20
Niedersachsen-West	300	20	8	100	20	18	26	20	6	18
Schleswig-Holstein	190	80	66	70	70	42	26	40	3	5, 13, 20
Berlin-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tessin	1900	59	25	1200	91	85	590	113	38	
Ostschweiz	930	100	44	110	113	41	70	120	6	27, 28, 29, 30, 31
Nord- und Zentralschweiz	850	87	56	180	78	41	36	85	32	32, 33, 34, 36, 38
Westschweiz	370	79	43	67	89	21	37	90	12	

Tab. 9/5: Spezifische Aktivität von Cs-137 im Gras

Bundesland oder Region	Mittelwert Bq/kg (FS)	s in %	Anzahl Proben	Kennziffern der Datenlieferanten
Bayern-Süd	320	100	43	2, 14
Bayern-Nord	80	100	46	2, 14
Baden-Württemberg I	210	80	33	16
Baden-Württemberg II	60	55	137	6, 12, 16
Saarland	-	-	-	-
Rheinland-Pfalz	40	50	12	15
Hessen	-	-	-	-
Nordrhein-Westfalen	30	60	28	11
Niedersachsen-Ost	60	50	99	18, 19, 20
Niedersachsen-West	80	50	36	18
Schleswig-Holstein	21	40	66	5, 13, 20
Berlin-West	-	-	-	-
Tessin	300	100	17	31
Ostschweiz	70	90	16	31
Nord- und Zentralschweiz	20	90	12	31
Westschweiz	30	100	9	31, 38

Tab. 9/6: Spezifische Aktivität von Cs-137 im Boden
Schichttiefe: 0-5 cm, Probenahmezeitraum: Mai und Juni 1986

Bundesland oder Region	28.04. - 15.05.86			16.05. - 04.06.86			05.06. - 20.06.86			Kennziffern der Datenlieferanten
	Mittelwert in Bq/l	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/l	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/l	s in %	Anzahl Proben	
Bayern-Süd	280	65	89	-	-	-	-	-	-	2
Bayern-Nord	160	110	49	19	60	8	3	-	1	2, 14
Baden-Württemberg I	205	50	40	50	40	34	6	40	20	17
Baden-Württemberg II	40	50	130	24	60	124	2	60	43	6, 12, 17
Saarland	45	150	58	-	-	-	-	-	-	23
Rheinland-Pfalz	30	55	138	14	35	129	0	-	19	15
Hessen	30	40	664	-	-	-	-	-	-	9
Nordrhein-Westfalen	25	130	631	8	160	279	0	-	19	11, 20, 24
Niedersachsen-Ost	21	90	24	6	85	17	2	-	1	13, 20
Niedersachsen-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schleswig-Holstein	12	120	169	9	80	162	0	-	3	5, 13, 20, 22
Berlin-West	75	55	23	24	45	20	-	-	-	10
Tessin	640	56	52	89	92	67	10	100	40	27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38
Ostschweiz	460	44	112	63	35	24	≤ 14	-	16	
Nord- und Zentralschweiz	390	75	115	67	111	33	≤ 14	-	20	
Westschweiz	120	50	59	24	154	72	1	50	18	

Tab. 9/7: I-131-Aktivitätskonzentration der Kuhmilch

Bundesland oder Region	28.04. - 15.05.86			16.05. - 04.06.86			05.06. - 20.06.86			Kennziffern der Datenlieferanten
	Mittelwert in Bq/l	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/l	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/l	s in %	Anzahl Proben	
Bayern-Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Bayern-Nord	-	-	-	32	60	8	8	-	1	14
Baden-Württemberg I	105	50	40	80	40	34	38	40	20	17
Baden-Württemberg II	6	40	128	15	50	119	8	80	43	6, 12, 17
Saarland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rheinland-Pfalz	8	80	138	13	50	129	9	15	19	15
Hessen	32	40	11	18	30	20	11	20	3	9
Nordrhein-Westfalen	6	210	631	8	170	279	5	100	38	11, 20, 24
Niedersachsen-Ost	10	80	24	19	40	17	18	-	1	13, 20
Niedersachsen-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schleswig-Holstein	6	110	169	26	60	162	8	40	3	5, 13, 20, 22
Berlin-West	32	40	17	32	25	20	-	-	-	10
Tessin	450	34	52	330	33	67	170	55	40	27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38
Ostschweiz	130	40	112	74	50	24	19	60	16	
Nord- und Zentralschweiz	110	43	115	48	62	33	19	60	20	
Westschweiz	30	25	59	17	43	72	6	59	18	

Tab. 9/8: Cs-137-Aktivitätskonzentration der Kuhmilch

Bundesland oder Region	28.04. - 15.05.86			16.05. - 04.06.86			05.06. - 20.06.86			Kennziffern der Datenlieferanten
	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	
Bayern-Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bayern-Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baden-Württemberg I	1850	50	48	150	80	20	-	-	-	17
Baden-Württemberg II	870	50	136	100	50	79	4	80	10	17
Saarland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rheinland-Pfalz	430	90	97	35	100	13	0	-	10	15
Hessen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nordrhein-Westfalen	1120	76	37	11	100	2	-	-	-	11
Niedersachsen-Ost	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niedersachsen-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schleswig-Holstein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berlin-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tessin	930	112	125	170	124	20	-	-	-	27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36
Ostschweiz	1000	184	289	85	294	92	-	-	-	
Nord- und Zentralschweiz	520	130	135	70	168	29	-	-	-	
Westschweiz	630	140	34	15	153	21	-	-	-	

Tab. 9/9: Spezifische Aktivität von I-131 im Blattgemüse

Bundesland oder Region	28.04. - 15.05.86			16.05. - 04.06.86			05.06. - 20.06.86			Kennziffern der Datenlieferanten
	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	Mittelwert in Bq/kg	s in %	Anzahl Proben	
Bayern-Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bayern-Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baden-Württemberg I	420	60	48	60	60	20	-	-	-	17
Baden-Württemberg II	200	50	136	40	50	79	6	80	10	17
Saarland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rheinland-Pfalz	80	100	97	6	110	13	0	-	10	15
Hessen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nordrhein-Westfalen	140	80	37	10	100	2	-	-	-	11
Niedersachsen-Ost	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niedersachsen-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schleswig-Holstein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berlin-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tessin	810	164	117	250	146	20	11	100	26	27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36
Ostschweiz	220	210	267	81	397	98	10	285	64	
Nord- und Zentralschweiz	130	156	129	41	183	26	9	236	18	
Westschweiz	81	164	35	10	146	21	5	69	12	

Tab. 9/10: Spezifische Aktivität von Cs-137 im Blattgemüse