



Bundesministerium für Gesundheit
und Konsumentenschutz


Umweltbundesamt

CÄSIUMBELASTUNG DER BÖDEN ÖSTERREICHS

Peter Bossew
Manfred Ditto
Thomas Falkner
Eberhardt Henrich
Karl Kienzl
Ulrike Rappelsberger

2. erweiterte Auflage

**MONOGRAPHIEN
BAND 60**

Wien, März 1996

Bundesministerium für Umwelt



Durchführung: Peter Bossew
Dipl.-Ing. Thomas Falkner
Dr. Eberhardt Henrich, BMGK
Mag. Manfred Ditto

Projektleiter: Dr. Karl Kienzl, Umweltbundesamt

Textsatz/Layout: Manuela Kaitna, Robert Schuh

Titelphoto: Karte der Bodenbelastung durch Cäsium-137,
U. Rappelsberger (Abb.8 im Anhang)

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

Druck: Radinger, 3270 Scheibbs

© Umweltbundesamt Wien, März 1996
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-243-3
2. erweiterte Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	I
Kontamination österreichischer Böden mit Cäsium-137	I
Interpretation der Meßergebnisse - Deposition und Inventar	II
Cäsium-137 aus dem atmosphärischen Bomben-Fallout	II
Statistische Aspekte	III
Zusammenhang Bodenbelastung - Niederschlag - Dosisleistung	IV
EXTENDED SUMMARY	V
Contamination of Austrian soil with caesium-137.....	V
Interpretation of monitoring results - deposition vs. inventory	VI
Atmospheric atomic bomb (global) fallout	VII
Statistical aspects.....	VII
Correlation soil inventory - precipitation - dose rates	VIII
1 ZIEL DER UNTERSUCHUNG	1
2 METHODEN	3
2.1 DEPOSITION UND INVENTAR	3
2.1.1 Ursachen der Differenz von Deposition und Inventar.....	3
2.1.2 Konsequenzen für diese Untersuchung	4
2.1.3 Cäsium-Fallout mehrere Jahre nach dem Unfall in Tschernobyl	5
2.2 METHODIK DER BODENMESSUNG.....	5
2.2.1 Bodenproben.....	6
2.2.2 In situ-Gammaspektrometrie.....	6
2.2.3 Sonstige Verfahren.....	7
2.3 AUSWERTUNG VON DATEN VERSCHIEDENER LABORS.....	7
2.4 DATENVERARBEITUNG.....	9
2.4.1 Datenerfassung	9
2.4.2 Übernahme in das Geographische Informationssystem	9
2.4.3 Räumliche Interpolation.....	9
2.4.4 Bezugszeitpunkt der Aktivität	10

2.5 STATISTIK	13
2.5.1 Was ist ein Meßpunkt.....	13
2.5.2 Verfahrensstandardabweichung.....	14
2.5.3 Konfidenzintervalle	15
a) Abhängigkeit von der Zahl der Stichproben	17
b) Abhängigkeit von der Größe der Probenahme­fläche.....	19
2.5.4 Nachweisgrenzen	23
2.5.5 Ungeklärte Probleme.....	28
a) Lokale Extrema	28
b) Regionale Lücken der Bestandsaufnahme	28
c) Repräsentativität der Verfahrensstandardabweichung.....	29
d) Spezielle Umverteilungsphänomene im Gebirge	29
e) Bestimmung von Cäsium-134.....	29
3 ERGEBNISSE	30
3.1 LAGE UND DICHT E DER MESSPUNKTE	30
3.2 GEOGRAPHISCHE VERTEILUNG DER BELASTUNG	30
3.2.1 Cäsium-137	30
3.2.2 Atombombenanteil der Cäsium-137-Belastung.....	31
3.2.3 Regionale Variabilität.....	32
3.3 HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER BODENBELASTUNG	33
3.4 GESAMTMENGE AN RADIOCÄSIUM.....	34
3.5 KORRELATION BODENBELASTUNG – DOSISLEISTUNG – NIEDERSCHLAG	34
3.5.1 Messungen des Strahlenfrühwarnsystems 1986.....	34
3.5.2 Zusammenhang von Nuklidinventar und Dosisleistung	35
3.5.3 Empirische Bestimmung der Dosisleistungskonstanten	36
a) Messungen in den Hohen Tauern 1988.....	38
b) Messungen im Gebiet der Koralpe 1989/90.....	41
c) Messungen in Salzburg 1993	43
d) Messungen in Tirol 1995	43
3.5.4 Andere Radionuklide	46
4 LITERATUR	48

ANHANG	53
ANHANG 1A: FELDER DER DATENBANK.....	53
ANHANG 1B: DATENBANKAUSZUG.....	54
ANHANG 2: BODENBELASTUNG IN ANDEREN LÄNDERN.....	87
Nachbarländer Österreichs	91
ANHANG 3: ABBILDUNGEN	93

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1a-c: Radioaktiver Zerfall von Cäsium-137 und Cäsium-134	11-13
Abb. 2: Konfidenzgrenzen für verschiedene Probenahmemethoden.....	19
Abb. 3: Konfidenzgrenzen als Funktion der Größe der Probenahme­fläche.....	21
Abb. 4: Regressionsanalyse, Konfidenzgrenzen gegen Größe der Probenahme­fläche	22
Abb. 5: Fehler erster und zweiter Art.....	24
Abb. 6: Power-Funktion.....	25
Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Bodenbelastung mit Cäsium-137 (gesamt) in kBq/m ²	33
Abb. 8: Bodenbelastung durch Cäsium-137.....	Anhang 3
Abb. 9: Übersicht der Detailkarten mit Isolinieninterpolation.....	Anhang 3
Abb. 10: Detailkarte Hohe Tauern.....	Anhang 3
Abb. 11: Detailkarte Salzkammergut.....	Anhang 3
Abb. 12: Detailkarte Waldviertel	Anhang 3
Abb. 13: Detailkarte Koralpe.....	Anhang 3
Abb. 14: Detailkarte Tiroler Unterland	Anhang 3
Abb. 15: Atombombenanteil der Cäsium-137-Belastung	Anhang 3

FIGURES

Fig. 1a-c: Radioactive decay of caesium-137 und caesium-134.....	11-13
Fig. 2: Confidence intervall for different methods of sampling	19
Fig. 3: Confidence intervall as a function of the size of the sampling area	21
Fig. 4: Regressionanalysis, confidence intervall versus size of sampling area.....	22
Fig. 5: Error of the first and second kind	24
Fig. 6: Power-Function	25
Fig. 7: Frequency distribution of soil contamination with caesium-137 in kBq/m ²	33
Fig. 8: Soil contamination with caesium-137	Appendix 3
Fig. 9: Overview of detailed maps of isoline interpolation	Appendix 3
Fig. 10: Detailed map of Hohe Tauern	Appendix 3
Fig. 11: Detailed map of Salzkammergut	Appendix 3
Fig. 12: Detailed map of Waldviertel	Appendix 3
Fig. 13: Detailed map of Koralpe.....	Appendix 3
Fig. 14: Detailed map of Tiroler Unterland	Appendix 3
Fig. 15: A-bomb share of caesium-137	Appendix 3



ZUSAMMENFASSUNG

Kontamination österreichischer Böden mit Cäsium-137

Österreich zählt im internationalen Vergleich zu den vom Tschernobyl-Fallout am stärksten betroffenen Ländern. Die mittlere Flächenbelastung Österreichs mit Cäsium-137 (^{137}Cs) beträgt $21 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ (= 21000 Becquerel Cäsium-137 pro Quadratmeter). Davon stammen $18.7 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl, der Rest aus dem Fallout der atmosphärischen Atombombenversuche der 50er und 60er Jahre. Die Spitzenwerte liegen bei über $150 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$. Höhere Werte der Deposition (über $200 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$) finden sich sonst nur in der Ukraine, in Weißrußland, Rußland und in Teilen Skandinaviens.

Von den insgesamt etwa $70 \text{ PBq } ^{137}\text{Cs}$ (1 PetaBq = 10^{15} Bq), die in Tschernobyl freigesetzt und weltweit verteilt wurden, sind etwa 1.76 PBq d.s. etwas über 2 % in Österreich deponiert worden.

Für diese Arbeit wurden vom Umweltbundesamt (UBA) gemeinsam mit dem Gesundheitsministerium alle bislang verfügbaren Messungen von Cäsium-137 im Boden nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl zusammengefaßt und graphisch dargestellt. In der vorliegenden 2. Auflage wurden zusätzliche Meßdaten verwendet, die für die 1. Auflage (Juni 1995) noch nicht verfügbar waren. Dadurch konnten auch bisher nicht erfaßte Gebiete (Tirol) einbezogen bzw. nur unzureichend erfaßte (z.B. Weinviertel) detaillierter dargestellt werden. Außerdem wurden weitere statistische Überlegungen zur Interpretation der Daten hinzugefügt. Für die Darstellung der Karte konnten insgesamt 2115 Messungen verwendet werden, davon 234 aus grenznahen Gebieten der Nachbarländer.

Die Meßdaten wurden in einer Datenbank zusammengefaßt, welche als Bestandsaufnahme für den Fall möglicher weiterer radioaktiver Niederschläge auf Österreich dienen kann. Weiters sind sie in das Geographische Informationssystem (GIS) des Umweltbundesamtes, als Teil des bundesweiten Bodeninformationssystems aufgenommen worden. Der Europäischen Kommission wurden die Daten für die Erstellung des europäischen Tschernobyl-Atlas (CEC 1996) zur Verfügung gestellt. Die Einzelwerte sind dem Datenbankauszug im Anhang 1B zu entnehmen.

Wie aus der Österreichkarte der Bodenbelastung durch Cäsium-137 ersichtlich ist (Abb. 8 im Anhang), sind besonders stark kontaminierte Gebiete mit Spitzenwerten der Flächenbelastung bis über $100 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$:

- Ein von Norden bis zu den Hohen Tauern verlaufender Streifen: Teile des Wald-, Mühl- und Hausruckviertels, die Gegend um Linz, die Welser Heide, die Pyhrnregion, Salzkammergut, westliche Niedere Tauern und Hohe Tauern bis zu den Zillertaler Alpen.
- Ein Gebiet im Süden Österreichs: Koralpe, Südkärnten – dieser Streifen setzt sich nach Italien fort.

Für einige stark belastete Gebiete konnte aufgrund der höheren Meßpunktdichte eine detaillierte Isolinieninterpolation erfolgen (Hohe Tauern, Salzkammergut, Waldviertel, Koralpe, Tiroler Unterland; Abb. 10 bis 14 im Anhang).

Besonders niedrig belastete Gebiete - unter $10 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ - sind:

- Das ostösterreichische Flachland: Marchfeld, Weinviertel, Tullnerfeld;
- Teile Kärntens, der Steiermark, des Burgenlandes;
- Teile des westlichen Mühl- und Innviertels;

- Der Westen Nordtirols und der Süden Osttirols;
- Teile Vorarlbergs: Rheintal, Südteil des Landes.

Interpretation der Meßergebnisse - Deposition und Inventar

Bei der Interpretation der Meßergebnisse von Bodenuntersuchungen müssen verschiedene physikalische und ökologische Phänomene berücksichtigt werden:

Der Niederschlag (Deposition) von Radionukliden führt neben der Kontamination des Bewuchses zu einer Kontamination des Bodens. Die deponierte Aktivität ist aber nicht identisch mit der Aktivität im Boden zum Zeitpunkt der Messung (dem Inventar). Zwei Ursachen sind dafür ausschlaggebend:

1. **Physikalischer Zerfall:** Wegen des radioaktiven Zerfalls der Radionuklide gemäß ihrer Halbwertszeit (z.B. für ^{137}Cs : 30 Jahre) ist die Aktivität zum Zeitpunkt der Probenahme niedriger als zur Zeit der Deposition. Da die Probenahme bzw. Messung oft Jahre nach der Deposition der Radionuklide erfolgt, kann diese Differenz erheblich sein. Zur Vergleichbarkeit der Meßwerte wurde die Belastung stets auf den 1. Mai 1986 zurückgerechnet. (Die aktuelle Belastung kann mit den Angaben in Abschnitt 2.4.4 berechnet werden.)
2. **Austrag und Verlagerung:** Durch das Abweiden bzw. Ernten von Wiesen und Feldern kommt es zum Austrag von Radionukliden, die vom Boden durch die Wurzeln in Pflanzen gelangt sind. Ebenso kommt es zu Verlagerungen innerhalb des Bodens durch Auswaschung (Regen, Schneeschmelze, etc.), Erosion bzw. durch die Aktivitäten der Bodenlebewesen. (Näheres dazu im Abschnitt 2.1.1)

Die meisten für diese Arbeit verwendeten Bodenmessungen wurden einige Monate nach dem Unfall von Tschernobyl, viele sogar erst im Sommer 1995 durchgeführt. Sie geben das Inventar entweder als Differenz von Deposition minus Abreicherung oder - in selteneren Fällen - als Summe von Deposition plus Anreicherung wieder.

Es wurde versucht für das jeweilige Gebiet charakteristische Probenahmeflächen auszuwählen, kleinräumige Besonderheiten - wie Senken oder besonders geschützte Flächen, die unrepräsentativ hohe bzw. niedrige Inventare aufweisen können - jedoch nicht zu berücksichtigen. Typische Probenahmeflächen sind unbearbeitete Wiesen, Weiden und Brachflächen, sowie - bei Anwendung spezieller Meßmethoden - Ackerflächen. Generell nicht berücksichtigt wurden Meßwerte der Bodenbelastung im Wald, da sie wegen des unterschiedlichen Verhaltens von Radionukliden in Waldökosystemen nicht vergleichbar sind.

Die radioaktive Kontamination landwirtschaftlicher Produkte hat seit dem Reaktorunfall 1986 stark abgenommen, während in Waldökosystemen weiterhin hohe Aktivitäten an Cäsium-137 in Pflanzen und Wildtieren gemessen werden.

Die meisten in dieser Arbeit verwendeten Werte sind also Werte des *Inventars auf für eine Gegend typischen, exponierten Flächen nach dem ersten Aktivitätsabtrag*. Es wurde somit versucht, gewissermaßen einen Kompromiß zwischen Rekonstruktion der Deposition und Bestandsaufnahme des Inventars zu schließen (Abschnitt 2.1.2).

Cäsium-137 aus dem atmosphärischen Bomben-Fallout

Neben Cäsium-137 wurde meist auch das Isotop Cäsium-134 ausgewertet. Bei den Kernwaffenversuchen der 50er und 60er Jahre entstanden nur marginale Mengen an Cäsium-134, die überdies wegen der kurzen Halbwertszeit (2 Jahre) bereits zerfallen sind. Cäsium-137 (Halbwertszeit 30 Jahre) hingegen stammt teils von Tschernobyl, teils aber noch aus der Zeit der atmosphärischen Atombombenversuche. Da die beiden Isotope im Tschernobyl-Fallout in konstantem Verhältnis stehen, ergab sich die Möglichkeit, auch den in österreichischen Böden noch vorhandenen Anteil des Bomben-Fallout am gesamten Cäsium-137-Inventar zu ermitteln (Abschnitt 3.2.2).

Die Belastung mit Cäsium-137 aus dem Bomben-Fallout beträgt danach im Mittel 2.3 kBq/m², also etwa ein Zehntel der Belastung aufgrund des Tschernobyl-Fallout. Da es aber im Gegensatz zum Tschernobyl-Cäsium kontinuierlich über viele Jahre hinweg deponiert wurde, ist das Bomben-Cäsium wesentlich gleichmäßiger verteilt.

Neben der Österreichkarte mit der Darstellung des gesamten Cäsium-137-Inventars (Abb. 8 im Anhang) wurde auch eine Karte mit dem Atombombenanteil (Abb. 15 im Anhang) hergestellt.

Statistische Aspekte

Ungenauigkeiten im Prozeß der Probenahme, -vorbereitung und -messung sowie kleinräumige Schwankungen der Bodenbelastung vor allem auch durch die räumliche Variabilität des Fallout führen dazu, daß der gemessene Belastungswert an einem Punkt mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist. Das Maß dieser Unsicherheit wird mit dem Konfidenzintervall angegeben.

Alle Belastungswerte werden als Schätzung der mittleren Belastung einer 1 ha großen Fläche aufgefaßt. (Zur statistischen Konsequenz siehe Abschnitt 2.5.3.) Die Fläche 1 ha wurde gewählt, weil die Koordinaten der Probenahmeflächen im allgemeinen auf etwa 100 m genau bestimmt wurden, und weil mit den zur Verfügung stehenden Methoden (Bodenproben, In situ-Gammspektrometrie) die Erfassung von Flächen bis zu dieser Größe mit vertretbarem Aufwand möglich ist.

Die Kenntnis der Unsicherheit des Meßwertes ist auch notwendig, um abschätzen zu können, wie ein bei einer Nachmessung am gleichen Ort sich ergebender abweichender Meßwert zu interpretieren ist: wird bei einer Nachmessung ein höherer Wert gefunden, kann das das Ergebnis einer zusätzlichen, neuen Deposition sein, aber auch ein "statistisches Artefakt" aufgrund der Unsicherheit von Meßwerten (Abschnitt 2.5.4).

Da statistische Untersuchungen sehr aufwendig sind, wurden einige Probleme, die sich in diesem Zusammenhang stellen, bisher nicht geklärt. Zum Beispiel ist nicht bekannt, wie repräsentativ der Mittelwert der Belastung einer 1 ha großen Fläche für eine Fläche ist, die dem mittleren Abstand der untersuchten Flächen entspricht, also 2 bis 10 km bzw. 4 bis 100 km². Die Dichte der Meßflächen von etwas über 2 Messungen pro 100 km² (oder eine Messung pro 45 km²), die für diese Untersuchung im Mittel erreicht wurde, entspringt nicht statistischen Überlegungen, sondern der ökonomischen Vertretbarkeit. Kleinräumige Belastungsextrema (Minima oder Maxima) sind möglich, konnten aber nicht alle erfaßt werden.

Es wurde jedoch bei der Planung der Probenahme darauf geachtet, daß in Gebieten, in denen aus bekannten Daten mit hohen Belastungen zu rechnen ist (z.B. im Salzkammergut)

und in solchen, wo hohe Belastungsgradienten (starke regionale Schwankungen) vermutet werden (wie vor allem im Gebirge), die Meßflächen dichter gewählt wurden. In Gebieten mit insgesamt geringerer Belastung, in denen deshalb - auch bei gleicher räumlicher Variabilität wie in stark belasteten Gebieten - mit keinen besonders hohen Belastungsmaxima zu rechnen ist (z.B. im Marchfeld), wurden die Meßflächen weniger dicht ausgewählt. Die Lage der Meßflächen ist der Abbildung 8 im Anhang zu entnehmen.

Entgegen der Erwartung zeigten Untersuchungen der regionalen Variabilität, daß - auch bei sehr unterschiedlich hoher Belastung bzw. verschiedener Geländeform - für Gebietsgrößen von 400 bis 1600 km² keine signifikanten Unterschiede im Muster der Variabilität zu erkennen sind (Abschnitt 3.2.3). Das heißt, daß im niedrig belasteten ostösterreichischen Flachland (Marchfeld) etwa dieselbe Variabilität der Bodenbelastung auftritt wie im Gebirge und hochbelasteten Regionen (Hohe Tauern, Salzkammergut).

Zusammenhang Bodenbelastung - Niederschlag - Dosisleistung

Die effizienteste Deposition ist die mit dem nassen Niederschlag, also die Auswaschung kontaminierter Luft mit Regen oder Schnee. Die sogenannte trockene Deposition ist demgegenüber weniger wirksam. Deshalb ist in Gebieten, in denen es in den Tagen nach dem Unfall von Tschernobyl kaum geregnet hat (z.B. Wien), die Bodenbelastung gering im Vergleich mit Regionen mit starkem Niederschlag (z.B. Linz), obwohl die darüberziehenden Luftmassen ähnlich hoch belastet waren.

Die statistische Untersuchung des Zusammenhanges von Niederschlag und Bodenbelastung bestätigt dieses Bild sehr gut (Abschnitt 3.5.1).

Die auf den Boden deponierten Radionuklide erzeugen ein Strahlungsfeld über dem Boden, dessen Intensität als Dosisleistung gemessen werden kann. Die statistische Untersuchung des Zusammenhanges der Dosisleistungs-Meßwerte des aus 336 Meßgeräten bestehenden österreichischen Strahlenfrühwarnsystems unmittelbar nach dem Unfall in Tschernobyl und den später gemessenen Bodenbelastungswerten bestätigt die sehr gute Eignung dieses Systems zur schnellen Einschätzung der Belastungssituation nach einem Unfall mit großräumigem radioaktiven Fallout (Abschnitt 3.5.1).

Auch noch Jahre nach der Deposition wird stellenweise eine erhöhte Dosisleistung registriert. Der statistische Zusammenhang von Dosisleistung und Inventar an Radionukliden im Boden ist allerdings weniger ausgeprägt als unmittelbar nach dem Fallout (Abschnitt 3.5.3).

EXTENDED SUMMARY

Contamination of Austrian soil with caesium-137

Austria ranks among those countries that have been most strongly affected by the Chernobyl fallout. The average contamination level in Austria amounts to 21 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ (= 21,000 Becquerel caesium-137 per square meter). 18.7 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ are due to the nuclear accident of Chernobyl, the remaining part to the fallout from atmospheric nuclear weapon tests in the 1950s and 1960s. Maximum values are above 150 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$. Higher fallout values (above 200 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$) can only be found in the Ukraine, Belarus, Russia and in some parts of Scandinavia.

Out of the approximately 70 PBq ^{137}Cs (1 PetaBq = 10^{15} Bq) that were released from the Chernobyl plant around 1 May 1986 and distributed over the whole world, approximately 1.76 PBq or a little more than 2 % were deposited on the Austrian territory.

This study was elaborated by the Austrian Federal Environment Agency and the Federal Ministry of Health. It combines all available measurements of caesium-137 in soil made after the Chernobyl accident and presents them graphically. The second edition includes additional data which were not available at the time of publishing of the first edition (June 1995). Further statistical considerations have been added as well. A total of 2,115 measurements could be used for the presentation of the map, 234 of which were carried out in areas of neighbouring countries near the Austrian border.

The data have been compiled in a data bank which may serve as evidence in case of radioactive fallout on Austria in the future. The data are stored in the Geographic Information System (GIS) of the Federal Environment Agency and are now part of the Austrian-wide Soil Information System. The data have also been provided to the Commission of the European Union as part of the database of the European Chernobyl Atlas (CEC 1996). The detailed data can be found in appendix 1B; the geographical caesium-137 fallout distribution is shown in figure 8 (appendix).

The following are particularly highly contaminated regions in Austria with peak values of soil contamination up to more than 100 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$:

- A strip leading from the North of Austria to the Hohe Tauern: parts of the regions Waldviertel, Mühlviertel and Hausruckviertel, the area around Linz, the Welser Heide, the Pyhrn Area, the Salzkammergut, and the western Niedere Tauern and Hohe Tauern up to the Zillertaler Alps.
- A region in the South of Austria: Koralpe, Southern Carinthia – this strip stretches into Italy.

Owing to the large number of measuring points a detailed isoline interpolation could be made for some highly contaminated areas, see figures 10 to 14.

The following regions show very low contamination below 10 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$:

- The East Austrian lowland, the Marchfeld, the Weinviertel and the Tullnerfeld,
- Parts of Carinthia, Styria and Burgenland,
- Some of the western parts of the Mühlviertel and the Innviertel,
- The western part of North Tyrol and the southern part of East Tyrol,
- Parts of Vorarlberg: the Rhine Valley and the southern part of this province.

Interpretation of monitoring results - deposition vs. inventory

In order to assess the results of soil measurements several physical and ecological phenomena have to be taken into consideration:

Deposition of radionuclides by fallout leads to contamination of plants and soil. However, for two reasons the deposited activity is not the same as the one at the time of measurement (inventory):

1. **Physical decay:** due to radioactive decay of radionuclides according to their half-life (e.g. 30 years for ^{137}Cs) the activity at the time of measuring is lower than the one at the time of deposition. Because of the fact that in most cases the contamination was measured several years after deposition, the difference between deposition and actual contamination (the inventory) can be considerable. In order to ensure comparability of the data all results were calculated back to May 1, 1986 which was chosen as reference date.
2. **Output and dislocation:** The pasturing and harvesting of meadows and fields leads to the output of radionuclides, which have moved from soil via roots into plants. Furthermore, dislocation takes place within the soil due to leaching (rain, snow break, etc.), erosion or various activities of soil organism (see chapter 2.1.1).

The significance of ecological processes can be seen e.g. from the fact that contamination of agricultural produce has decreased continuously since the reactor accident in 1986, whereas the caesium-137 activity measured in plants and wild animals in the forest can still be high.

Most of or more soil data which are being used in this survey have been measured several months after the Chernobyl accident, some of them as late as mid 1995. Therefore they indicate the actual inventory rather than deposition; inventory being deposition minus (in some cases: plus) the effects of various ecological relocation processes which occurred between fallout and sampling.

Sites which are characteristic for a region were selected for sampling, thus ignoring small-scale orographic peculiarities supposedly prone to relocation processes like local depressions and hills or protected sites. Typically, meadows which had been left uncultivated for many years (at least since the Chernobyl fallout), perennial pastures and fallow land have been chosen as sampling sites, but also cultivated fields, where particular measuring methods were applied.

Contamination data from forest soil were not used for this survey, because they are not comparable due to the different behaviour of radionuclides in forest ecosystems.

Methods used were sampling soil cores or cubes which were measured in a laboratory or in-situ gamma spectrometry. However, in case of in-situ measuring soil cores were taken in addition so as to provide information about the depth distribution of the contamination which is essential for the evaluation of the in-situ data.

Most values that were used for this survey represent the inventory of soil which is being considered as typical for the region and which was well exposed to fallout, after the first relocation of activity by rain water run-off, melting snow, harvesting and the like; whereas sites were ignored where more severe relocation can be anticipated to have happened since deposition, such as erosion by floods, landscaping and so on. - In addition 58 "genuine" fallout data were used, mainly from limestone areas where there is virtually no soil to be sampled.

The data can be seen as representing a compromise between reconstructing the original deposition pattern and evidencing the actual inventory.

Atmospheric atomic bomb (global) fallout

Apart from caesium-137 also caesium-134 has been evaluated if possible. As opposed to caesium-134 originates from the Chernobyl accident exclusively, caesium-137 stems partly from Chernobyl and partly from the fallout from atmospheric atomic bomb tests of the 1950s and 1960s. The ratio of the two nuclides is constant in the Chernobyl fallout, at least as far as Austria is concerned, namely $^{137}\text{Cs}:^{134}\text{Cs} = 1.764$ (reference date 1 May 1986); therefore the contributions of Chernobyl and global fallout to total caesium-137 can be separated mathematically.

The mean inventory of caesium-137 from bomb fallout in Austria has been determined to 2.3 kBq/m² or roughly one tenth of caesium-137 from Chernobyl fallout. As opposed to Chernobyl fallout, the global fallout has been deposited more or less continuously for many years, its distribution thus being more even.

Figure 15 shows the geographical distribution pattern of atomic bomb caesium-137.

Statistical aspects

There is a problem concerning the planning of sampling campaigns and of data interpretation as far as the representativity and reliability of monitoring results is concerned. Possible inaccuracies of sampling and sample preparation, as well as statistical errors and, above all, spatial variability of fallout might sum up to a total statistical error of the measured value. This must be taken into account when interpreting the data: the monitoring results must be considered as estimation of an (unknown) "real" mean contamination value which has an unavoidable statistical uncertainty which is represented by the confidence interval. Therefore, the representativity of a value is always subject to certain limitations as defined by the confidence interval.

All contamination data which are included in this survey are considered as estimates of the mean contamination of a 10,000 m² (1 ha) area, even if sampling has been carried out on a smaller sub-area for natural or technical reasons. Statistically, this means a further contribution to the overall uncertainty, in addition to the ones mentioned above. The 10,000 m² area has been chosen, firstly, because the coordinates of the sampling sites has been determined as accurately as 100 m, and secondly, because by the technical means available the approximate measuring up to this area size appears feasible with reasonable effort.

If at one site a new measurement is performed the result may be higher than the originally existing "background" one. The reason may be (1) additional fallout that has happened in the mean time; or (2) the difference may be a statistical artifact due to the uncertainty involved with both background and new measuring. In order to distinguish between real and "fake" additional fallout it is essential to know about the statistical uncertainty. "Decision limit" (DL) and "detection limit" (LLD), both derived from the confidence interval, give lower bounds of the statistical significance of a repeated *actually* measured value, and of the height of an *anticipated* additional deposition in order to be significant, respectively. In other words, the DL reveals whether a new value is "really" higher than the previous one or rather, in a statistical sense, the same thing; the LLD reveals if a certain sampling method is able to detect a certain level of new fallout, or how it must be set up in order to be able to detect a new fallout with a predefined statistical certainty. - It turns out that DL^s (or LLD^s) are between 30 and 50 % (or 60 and 100 %, respectively) above background, depending on the method applied. However, these relative DL and LLD values are quite high due to conservative assumptions about methodological errors.

In general, statistical investigations are rather expensive. Therefore some of the problems involved have not been solved, so far. For example, we do not know how representative the measured value of caesium-137 inventory, considered as the mean over a 1 ha area, actually is in respect to the mean inventory of a 4 to 100 km² area which corresponds to the mean distance between neighbouring sampling areas, 2 - 10 km. The mean density of sampling points which could be achieved for this survey is around one sample per 45 km², approximately. However, this density did not result from statistical consideration but from economical limitations. Therefore, we do not know how likely local caesium-137 extrema (minima or maxima) have been left undetected.

When sampling campaigns were planned, sampling point density was chosen higher in regions with previously known higher fallout level or supposed high fallout gradient (mainly in the mountains). In regions with overall lower fallout levels, like in parts of Eastern Austria, where no high local maxima could be expected even if the variability was the same as in high fallout areas, sampling density was chosen smaller. It turned out, however, that in regions sized between 400 and 1600 km² no significant geographical distribution pattern of relative variability (defined as standard deviation SD / arithmetical mean AM) existed; in other words, low fallout regions (like the Marchfeld in NE Austria) show the same relative variability as high level regions (like the Salzkammergut). This result is in contradiction to previous expectations.

Correlation soil inventory - precipitation - dose rates

The most efficient deposition is by washout by rain or snow. As opposed to this so-called wet deposition, dry deposition is much less efficient. Therefore, soil contamination is low in regions which had low precipitation after the Chernobyl accident (like Vienna) as compared to regions with much rain (like Linz), even if atmospherical contamination was similar in both regions. The statistical evaluation shows very good correlation of rainfall and soil contamination.

Radioactive fallout and the resulting soil contamination yields a gamma radiation field above ground, the intensity of which can be measured as dose rate. The Austrian Early Warning System which operates 336 on-line dose rate meters distributed over the territory of Austria, produced the first survey of the radiological situation in Austria immediately after the arrival of the radioactive clouds from the Chernobyl accident. The statistical analysis shows very good correlation of the dose rate data with soil deposition measured later, thus proving the ability of the system to provide quick and reliable radiological information in case of radioactive fallout.

Several years after the Chernobyl accident an elevated dose rate due to fallout is still detectable in some regions of Austria.

1 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Der Reaktorunfall in Tschernobyl am 26. April 1986 hat in Österreich zu relativ hohem radioaktiven Niederschlag geführt. Dies wurde in zahlreichen Publikationen dokumentiert (siehe u.a. UBA 1986 und BKA 1988). Die langlebigen Nuklide aus diesem Fallout sind in der Umwelt immer noch meßbar vorhanden, so etwa die Nuklide Cäsium-137 und Cäsium-134 mit einer Halbwertszeit von 30 bzw. 2 Jahren. Da die Höhe des radioaktiven Fallout stark von den örtlichen Wetterbedingungen zur Zeit des Durchzugs der kontaminierten Luftmassen abhängt, insbesondere von der Niederschlagsmenge an den betreffenden Tagen (29.4. bis 10.5.1986), ist seine Verteilung regional und lokal sehr unterschiedlich.

Ein erstes Bild der radioaktiven Kontamination in Österreich existierte bereits unmittelbar nach dem Unfall von Tschernobyl. Die Auswertung der Daten der 336 Meßstellen des Österreichischen Strahlenfrühwarnsystems, das die Gamma-Ortsdosisleistung (äußere Strahlung) mißt, hat schnell eine Übersicht geliefert. Dieses Bild ist aber relativ grob, denn erstens bedeuten 336 Meßstellen im Mittel nur etwa ein Meßpunkt pro 250 km², und zweitens ist auf Basis dieser Werte nur ein ungenauer Rückschluß auf die Deposition möglich, da die Detektoren sehr unterschiedlich aufgestellt und ihre Meßwerte daher nur bedingt vergleichbar sind.

Im Rahmen eines Projektes des Gesundheitsministeriums wurde - trotz dieser Einschränkungen - die Korrelation zwischen der mit dem Strahlenfrühwarnsystem ermittelten Ortsdosisleistung nach dem Reaktorunfall und der Deposition von Cäsium-137 untersucht. Diese Korrelation scheint für eine rasche Entscheidungsfindung ausreichend.

Das Strahlenfrühwarnsystem stellt also im Falle einer großräumigen Kontamination eine wichtige Informationsbasis dar, da die Daten in Echtzeit direkt an die Landes- und Bundesbehörden übertragen werden und - wie die Untersuchung gezeigt hat - für erste Einschätzungen die Korrelation von Ortsdosisleistung und Deposition genügend gut ist.

Auch wurde die Korrelation zwischen der Niederschlagsmenge im Zeitraum 29.4. bis 2.5.1986 und der Deposition untersucht. Erwartungsgemäß ergab sich auch hier ein guter Zusammenhang (zu den Korrelationen siehe Kap. 3.5).

Seit Tschernobyl haben verschiedene mit Strahlenmessung beschäftigte Institutionen die radioaktive Kontamination von Böden untersucht. Diese Messungen waren im allgemeinen Bestandteil regionaler Übersichten (Landesregierungen, Ökologieinstitut, Bundesanstalten für Lebensmitteluntersuchung) oder radioökologischer Projekte (Umweltbundesamt, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf). Durch unterschiedliche Zielsetzungen ergaben sich auch methodische Unterschiede.

Deshalb hat das Umweltbundesamt gemeinsam mit dem Gesundheitsministerium die vorliegende Arbeit mit folgenden Zielen durchgeführt:

1. Zusammenfassung der in Österreich seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl durchgeführten Messungen der Kontamination der österreichischen Böden mit Radiocäsium in einer Datenbank.

2. Darstellung der regionalen Verteilung der Cäsium-Kontamination von Böden in einem Geographischen Informationssystem (GIS) als Teil des bundesweiten Bodeninformationssystems des Umweltbundesamtes.
3. Bestandsaufnahme, um etwaige künftige, neue Kontaminationen rascher und besser quantifizieren zu können.
4. Erarbeitung statistischer Parameter zur Charakterisierung der örtlichen Belastungsschwankungen.

Um abschätzen zu können, welchen zusätzlichen Beitrag zum bereits vorhandenen Cäsium-137 aus dem Fallout der atmosphärischen Atombombentests der 50er und 60er Jahre der Unfall in Tschernobyl geliefert hat, wurde meist auch die Menge an Cäsium-134 bestimmt. Dieses stammt ausschließlich von Tschernobyl, Cäsium-137 dagegen teils von Tschernobyl, teils aber noch vom Bomben-Fallout. Da die beiden Cäsiumisotope im Tschernobyl-Fallout in konstantem Verhältnis stehen, ergibt sich die Möglichkeit, auch den in österreichischen Böden noch vorhandenen Anteil des Bomben-Fallout am gesamten Cäsium-137-Inventar zu ermitteln.

2 **METHODEN**

2.1 **DEPOSITION UND INVENTAR**

Der Niederschlag (Deposition) von Radionukliden führt zu einer Kontamination des Bodens. Die *deponierte* Aktivität etwa von Cäsium-137 ist aber nicht identisch mit der Aktivität im Boden zum Zeitpunkt der Messung, dem *Inventar*. Zwei Ursachen sind dafür ausschlaggebend:

1. **Physikalischer Zerfall:** Wegen des radioaktiven Zerfalls der Radionuklide gemäß ihrer Halbwertszeit (z.B. für ^{137}Cs : 30 Jahre) ist die Aktivität zum Zeitpunkt der Probenahme niedriger als zur Zeit der Deposition. Da die Probenahme bzw. Messung oft Jahre nach der Deposition der Radionuklide erfolgt, kann diese Differenz erheblich sein. Zur Vergleichbarkeit der Meßwerte wurde die Belastung stets auf den 1. Mai 1986 zurückgerechnet (siehe auch Abschnitt 2.4.4).
2. **Austrag und Verlagerung:** Durch das Abweiden bzw. Ernten von Wiesen und Feldern kommt es zum Austrag von Radionukliden, die vom Boden durch die Wurzeln in Pflanzen gelangt sind. Ebenso kommt es zu Verlagerungen innerhalb des Bodens durch Auswaschung (Regen, Schneeschmelze, etc.), Erosion bzw. durch die Aktivitäten der Bodenlebewesen.

2.1.1 **Ursachen der Differenz von Deposition und Inventar**

Zu den Ursachen, die zu einer Differenz von Deposition und Inventar führen, zählen in erster Linie:

- Entfernen der im Bewuchs enthaltenen Aktivität - die auch zum Inventar der Fläche gehört - durch Abweiden, Mähen oder Ernten von landwirtschaftlichen Flächen;
- Abtransport mit dem Grundwasser;
- Erosion mit Wasser (z.B. in Überschwemmungsgebieten) und Wind;
- Ansammlung oder Zufluß von kontaminiertem Regenwasser in Senken oder das Abfließen von Kuppen;
- Verlagerung mit schmelzendem Schnee oder abgehenden Lawinen;
- Wieder-Ablagerung von resuspendierter Aktivität.

In all diesen Fällen ist das Inventar der Fläche nicht mit der ursprünglichen Deposition identisch, auch wenn der physikalische Zerfall berücksichtigt wird.

In der Regel sind auf den meisten Flächen die Transportphänomene quantitativ relativ gering. Cäsium ist in den meisten österreichischen Böden fest gebunden und bewegt sich nur langsam. Der Abtransport mit dem Grundwasser ist deshalb ein langsamer Prozeß. (In Karstgebieten fehlt hingegen meist eine schützende Bodenschicht. Deshalb findet ein sehr rascher Transport mit dem Regen oder Schmelzwasser in den Karststock und somit in die daraus entspringenden Wasserquellen statt.) Die von Pflanzen aus dem Boden aufgenommene Menge ist ebenfalls gering im Vergleich zum Inventar des Bodens. Diese Prozesse werden daher i.a. nicht zu einer großen Differenz von Deposition und Inventar führen.

Anders ist es mit der ersten Ernte 1986 und dem Ablauf von kontaminiertem Regenwasser von Hanglagen. Beispielsweise kann das von der Deposition direkt kontaminierte und danach gemähte oder direkt verfütterte Gras u.U. einen beträchtlichen Teil der deponierten Aktivität enthalten haben. Das später gemessene Inventar des Bodens kann daher deutlich geringer als die ursprüngliche Deposition sein. In Gebieten, in denen Hangwiesen typisch sind, ist wahrscheinlich in vielen Fällen ein großer Teil des kontaminierten Regenwassers abgelaufen und in Bächen und Flüssen abtransportiert worden, statt in den Boden zu sickern. Auch in diesem Fall ist das Inventar der Fläche deutlich kleiner als die Deposition. Das Ausmaß dieses Prozesses hängt von Faktoren wie der Hangneigung, der Niederschlagsintensität, der Stärke der Bodenschicht und der Vegetation am Hang ab. Daher ist der räumliche Unterschied des Inventars in bergigen Gegenden mit den unterschiedlichsten Hangneigungen besonders groß und bei der Auswahl geeigneter Meßpunkte besondere Sorgfalt geboten. Zu großen Unterschieden von Deposition und Inventar kann es in Gebieten kommen, in denen zur Zeit des Fallout noch Schnee gelegen ist, also vor allem im Gebirge. Abtransport der Deposition mit dem schmelzenden Schnee im steilen Gelände und Ansammlung von Schmelzwasser in Tallagen oder Senken und ähnliche Transportphänomene können zu sehr komplexen Belastungssituationen führen.

Bodenuntersuchungen lassen daher für Flächen, in denen nur mit geringen Transportprozessen zu rechnen ist (im Idealfall im ebenen Ödland), praktisch die Rekonstruktion des ursprünglichen Fallout zu, während für viele andere Flächen mit deutlichen Unterschieden von Inventar und Deposition zu rechnen ist.

2.1.2 Konsequenzen für diese Untersuchung

Bestimmung von Deposition und Inventar sind also inhaltlich wie methodisch verschiedene Aufgaben und liefern unterschiedliche Erkenntnisse: Die geographische Verteilung der ersteren führt zur Rekonstruktion des Fallout, die der letzteren zur Einschätzung der faktisch vorhandenen Aktivitätsmenge.

Da die weitaus meisten Bodenmessungen, die für diese Arbeit verwendet wurden, mindestens einige Monate nach dem Unfall von Tschernobyl durchgeführt worden sind, geben sie das Inventar - soweit es Resultat des Tschernobyl-Fallout ist - als Differenz von Deposition minus Wasserabfluß minus Erosion minus erste Ernte (in vielen Fällen auch minus weitere Ernten, die aber eine geringere Rolle spielen) wieder. Da sich das Inventar nach dem ersten Aktivitätsabtrag in der Regel nicht mehr stark ändert, können die Werte, auch wenn zwischen den Messungen mehrere Jahre liegen, als vergleichbar angesehen werden, was den Aktivitätsabtrag betrifft. Die Untersuchung von Zeitreihen (Messung des Inventars derselben Fläche im zeitlichen Abstand) hat das bestätigt.

Der Teil des Inventars, der aus dem Bomben-Fallout stammt, ist wesentlich älter als der aus dem Tschernobyl-Fallout und deshalb bis zur Messung in noch viel größerem Ausmaß ökologischen Transportprozessen unterworfen gewesen. Deshalb ist für das Bomben-Cäsium im allgemeinen eine noch größere Differenz von Deposition und Inventar anzunehmen.

Mit den vorliegenden Meßwerten läßt sich zunächst also nur ein Bild des Inventars erstellen. Wenn man sich bei der Auswahl der Probenahmeflächen auf solche konzentriert, von denen anzunehmen ist, daß die Differenz von Deposition und Inventar klein ist, also solche ausscheidet, bei denen besonders starke Ab- oder Anreicherungsprozesse zu vermuten sind (z.B. Senken, Kuppen, Überschwemmungsgebiete), ist das Bild der Verteilung des Aktivitätsinventars sehr ähnlich dem der Deposition. In Regionen, in denen solche

Transportprozesse vermutlich (quantitative Untersuchungen dazu gibt es kaum) eine größere Rolle spielen (vor allem durch Hänge, Senken und Kuppen im Gebirge), muß damit gerechnet werden, daß das Inventar-Bild vom Depositions-Bild stärker abweicht.

Da aber die Höhe der ursprünglichen Deposition gegenüber der - radiologisch letztlich relevanten - tatsächlichen Bodenbelastung nur von sekundärem Interesse ist, wurde darauf geachtet, eher regional *repräsentative* Werte der Kontamination zu ermitteln. Es wurde also einerseits versucht für die Gegend charakteristische Probenahmeflächen auszuwählen, andererseits aber kleinräumige Besonderheiten - wie Senken oder besonders geschützte Flächen, die unrepräsentativ hohe bzw. niedrige Inventare aufweisen können - nicht zu berücksichtigen. Typische Probenahmeflächen sind unbearbeitete Wiesen, Weiden und Brachflächen, sowie - bei Anwendung spezieller Meßmethoden - Ackerflächen.

Generell nicht berücksichtigt wurden Meßwerte der Bodenbelastung im Wald, da sie wegen des unterschiedlichen Verhaltens von Radionukliden in Waldökosystemen nicht vergleichbar sind (siehe z.B. UBA 1995).

Die meisten in dieser Arbeit verwendeten Werte sind also Werte des *Inventars auf für eine Gegend typischen, exponierten Flächen nach dem ersten Aktivitätsabtrag*. Es wurde somit versucht, gewissermaßen einen Kompromiß zwischen Rekonstruktion der Deposition und Bestandsaufnahme des Inventars zu schließen.

(Allerdings wurden auch 58 aus Regenwassermessungen bestimmte "echte" Depositionswerte verwendet, da gerade aus den Kalkalpen wenige Bodenmessungen zur Verfügung standen.)

2.1.3 Cäsium-Fallout mehrere Jahre nach dem Unfall in Tschernobyl

Die Deposition war nach dem Durchzug der kontaminierten Luftmassen nicht beendet. Auch heute noch findet ein Fallout statt, der allerdings sehr gering im Vergleich mit der zwischen 29.4. und 10.5.1986 deponierten Menge ist. In Berichten des Gesundheitsministeriums sind Depositionswerte für einige Orte Österreichs in den Jahren bis 1993 zu finden. Danach betrug etwa 1990/91 die mittlere (Median) monatliche Cäsium-137-Deposition in Linz 1.2 Bq/m² (1987 noch: 22.2 Bq/m²) (BMG 1994; BMGK 1995). Im Jahr 1994 lag die mittlere monatliche Cäsium-137-Deposition in Linz bei 0.6 Bq/m² (BALU 1995), in Wien bei 0.1 Bq/m² (BALUF 1995). Der Ursprung dieser Cäsiumaktivität kann einerseits "echter" Fallout sein, der aus hohen Schichten der Atmosphäre stammt und erst mit langer Verzögerung zur Erde sinkt, andererseits Wieder-Ablagerung von resuspendierter (vom Wind aufgewirbelter) Aktivität in Staub und leichten Bodenteilchen. Die tatsächlichen Beiträge dieser beiden Prozesse sind nicht bekannt. Diese verspätete Deposition ist verschwindend gering im Vergleich zur ursprünglichen.

2.2 METHODIK DER BODENMESSUNG

Grundsätzlich sind zwei Methoden zu unterscheiden: Die Bestimmung des Inventars mittels Entnahme von Bodenproben, die im Labor gammaspektrometrisch untersucht werden (Abschnitt 2.2.1) und die In situ-Gammaspektrometrie, bei der aus oberirdischem Photonenfluß und -spektrum auf das Radionuklidinventar im Boden geschlossen wird (Abschnitt 2.2.2).

2.2.1 Bodenproben

Diese Methode ist theoretisch einfacher, erfordert aber mehrere Arbeitsgänge. Aus Bohrkernen oder Bodenziegeln wird entweder die massenbezogene und mittels der Lagerungsdichte (Flächenmasse) die flächenbezogene Aktivitätskonzentration, oder bei bekannter Fläche der Bodenprobe (Querschnitt des Bohrkerns oder Ziegels) direkt die flächenbezogene Aktivitätskonzentration bestimmt.

Auch zur Bestimmung der Lagerungsdichte sollte die Fläche der Bodenprobe bekannt sein, denn Schätzungen der Lagerungsdichte sind erfahrungsgemäß für Naturwiesen wenig genau. Für dieses Projekt wurden Werte mit geschätzten Lagerungsdichten nur dann verwendet, wenn die Proben von Ackerböden stammen, wo die Erfahrungsdaten für die Dichten wenig schwanken und deshalb verlässlicher sind (GERZABEK 1994).

In den meisten Fällen wurden Mischproben mehrerer Bohrkerns angefertigt, um kleinräumige Schwankungen wegzumitteln. Eine im Auftrag des Umweltbundesamts durchgeführte Untersuchung von Verfahrensstandardabweichungen verschiedener Methoden der Bodenprobenahme hat allerdings gezeigt, daß auch mit einem Bodenziegel (größere Querschnitte als einzelne Bohrkerns) einigermaßen repräsentative Werte zu gewinnen sind (LETTNER et al. 1994).

Die Tiefe des Bohrkerns oder Ziegels sollte so gewählt sein, daß der größte Teil des Inventars erfaßt wird. Wegen der geringen Wanderungsgeschwindigkeit des Cäsiums in Böden ist bei ungestörten (= nicht umgegrabenen) Dauerwiesen meistens eine Einstichtiefe von 10 cm ausreichend, um das Tschernobyl-Cäsium zu erfassen. In den meisten Almböden befindet sich auch heute noch das gesamte Tschernobyl-Cäsium innerhalb der obersten 3 cm des Bodens. Auf Ackerflächen muß wegen einer Pflugschartiefe von bis zu 40 cm und der beim Pflügen verursachten Durchmischung des Bodens entsprechend tiefer gebohrt oder gegraben werden. Was das Cäsium-137 aus dem Bomben-Fallout betrifft, ist anzunehmen, daß es durch Bodenproben mit geringer Einstichtiefe u.U. unvollständig erfaßt wurde. Auf Almböden liegt allerdings auch das Bomben-Cäsium meistens noch sehr nahe der Oberfläche (innerhalb der obersten 5 cm).

Die Bodenproben wurden im Labor getrocknet, in manchen Fällen gesiebt, homogenisiert, eingewogen und gammaspektrometrisch gemessen.

2.2.2 In situ-Gammaspektrometrie

Bei dieser Methode wird der Photonen-(Gammastrahlen-)Fluß über der Untersuchungsfläche direkt vor Ort gemessen. Die Schwierigkeit dieses Verfahrens liegt darin, daß der Photonenfluß u.a. von der Beschaffenheit des Bodens (chemische Zusammensetzung, Dichte, Wassergehalt) und der Tiefenverteilung (Profil) der zu messenden Radionuklide abhängt. Zur Bestimmung dieser Parameter werden in der Regel aber erst wieder Bodenproben herangezogen, da durch Schätzen die Genauigkeit der Methode sinkt. Zur Zeit sind allerdings Verfahren in Ausarbeitung, mit denen aus Details des oberirdischen Photonenspektrums (z.B. Comptonanteil) auf die Tiefenverteilung rückgeschlossen werden kann.

Eine detaillierte Beschreibung der In situ-Methode, wie sie die BALUF Wien derzeit auf Äckern, in denen die Kontamination durch Pflügen bis zur Pflugschartiefe annähernd homogen verteilt ist, verwendet, ist in DITTO (1995a) zu finden. Viele der für die Cäsiumkarte verwendeten Daten wurden nach dieser Methode ermittelt.

Die vom Forschungszentrum Seibersdorf verwendete Methode ist in NÉMETH et al. (1988) beschrieben. Dabei wird auf nicht bearbeiteten Naturwiesen gemessen und ein exponentielles Tiefenprofil der Radionuklidverteilung (gemäß BECK et al. 1972) angenommen. Auch viele der auf diese Weise durchgeführten Messungen sind in dieser Untersuchung verwendet worden.

Die Universität Salzburg schließlich wertet das In situ-Gammaspektrum aus, indem die tatsächliche, mittels Bodenprofilmessung ermittelte Tiefenverteilung der Aktivität zugrunde gelegt wird (LETTNER et al. 1994). Auch auf diese Weise wurden viele Meßwerte für die vorliegende Arbeit gewonnen.

Für alle In situ-Methoden wurde die Übereinstimmung der so gewonnenen Ergebnisse mit denen von Bodenproben geprüft und sehr gute Korrelation gefunden (siehe die jeweilige Literatur).

2.2.3 Sonstige Verfahren

Einige Werte wurden aus der Messung von Regenwasser gewonnen, das in den Tagen des stärksten Fallout (29.4. bis 10.5.1986) gesammelt worden war. Ein Wert stammt aus der Analyse von Schnee und Eis eines Gletschers in den Öztaler Alpen.

2.3 AUSWERTUNG VON DATEN VERSCHIEDENER LABORS

Die Kontamination von Bodenproben mit Cäsium-137 und Cäsium-134 ist meistens hoch genug, um innerhalb ökonomisch vertretbarer Meßzeiten zu Impulszahlen zu gelangen, die eine zählstatistische Unsicherheit von unter 10 % für Cäsium-137 und 30 % für Cäsium-134 gewährleisten (jeweils 1 Sigma).

Was die Vergleichbarkeit der Werte aus verschiedenen Labors betrifft, stellt dies für Cäsium-137 im allgemeinen kein Problem dar, da die Auswertung über eine einzige, gut isoliert liegende Gammalinie (662 keV) erfolgt. Für Cäsium-134 gilt dies aus zwei Gründen nicht:

- Interferenz mit Linien anderer Nuklide: In der Regel werden die stärksten zwei Gammalinien des Cäsium-134 ausgewertet, deren eine (795 keV) von einer Linie des natürlichen Nuklids Actinium-228 aus der Thoriumzerfallsreihe überlagert ist. Wird dieser Beitrag nicht korrigiert (nur einige Labors tun dies), wird die Aktivität von Cäsium-134 systematisch überschätzt. Der aus der Vernachlässigung des Actinium-228 resultierende Fehler kann bei niedrigen Cäsium-134- und hohen (natürlichen) Actinium-228-Konzentrationen den Meßwert unbrauchbar machen.
- Summeneffekt: Einen in der Tendenz gegenläufigen Fehler verursachen die Summen- (Koinzidenz) Effekte, die bei Mehrliniennukliden wie Cäsium-134 auftreten. Auch dieser Fehler wird nur von einigen Labors korrigiert. Er beträgt - je nach Meßgeometrie - einige Prozent.

Fehlermöglichkeiten, die bei allen Nukliden eine Rolle spielen, sind:

- Ungenauigkeit der Füllhöhe der Probengefäße bei der Messung: In manchen Labors wird die Füllhöhe genau gemessen und die Kalibrierfaktoren werden entsprechend korrigiert (Höhenkorrektur), in anderen nur Füllhöhen verwendet, für die eine Kalibrierung durchgeführt wurde.
- Selbstabsorption in der Probe: Für die Kalibrierung werden zumeist wässrige Lösungen von Radionukliden bekannter Aktivität verwendet. Reale Bodenproben haben i.a. ein anderes Absorptionsverhalten als Wasser, sodaß die Kalibrierfaktoren korrigiert werden müssen (Dichtekorrektur).

Labor	Höhenkorrektur	Dichtekorrektur	Summenkorrektur	$^{134}\text{Cs}/^{228}\text{Ac}$	Quellen
BALUF Wien	1	0	0	1	KARG 1994
ÖFZS	1	2	0/2	a	MÜCK 1986; STEGEGER 1994
Ökologieinst.	1	1	0/1	1	persönliche Mitteilung
BALU Linz (früher LUA)	1	0	1	b	RINGER 1995; OÖ 1992; KRONRAFF 1993
TU Graz	1	2	1/2	?	MÜLLER et al. 1993; MEISEL et al. 1989
Universität Salzburg	1	2	2	1	KIRCHNER et al. 1992; LETTNER et al. 1994
BALU Innsbruck	0	0	0	a	FIMML 1995
VSK Innsbruck	0	0	0	0	BRUNNER 1994

Tab. 1: Von verschiedenen Labors angewandte Korrekturen der Kalibrierfaktoren. Summenkorrektur und Actinium-228-Korrektur nur für Cäsium-134

Legende: 0 ... nicht durchgeführt

1 ... rechnerisch

2 ... empirisch

? ... unbekannt

a ... ^{134}Cs -795 keV-Linie wird bei der Auswertung nicht verwendet

b ... ^{134}Cs -795 keV-Linie wird verwendet, wenn das Ergebnis von dem der 605 keV-Linie nicht zu stark abweicht

Im Prinzip könnten die aus diesen Ungenauigkeiten entstehenden *systematischen* Fehler (Größenordnung bis über 10 %) nachträglich korrigiert werden. Der Aufwand wäre aber für die Ziele der vorliegenden Arbeit zu groß gewesen.

Details zur Methode der Bestimmung des Bombenanteils am gesamten Cäsium-137-Inventar sind Abschnitt 3.2.2 zu entnehmen.

2.4 DATENVERARBEITUNG

2.4.1 Datenerfassung

Die von den einzelnen Institutionen gelieferten Daten wurden in eine dBase-Datei aufgenommen. Diese Datenbank enthält die Meßwerte und alle weiteren Angaben wie Koordinaten der Probenahmestellen, Art der Probenahme, Nutzung der Probefläche, etc.; sie bildet das Kernstück für alle weiteren Auswertungen. Die Felder der Datenbank sind aus dem Anhang 1A ersichtlich. Im Zuge der Aufnahme der Werte in die Datenbank erfolgte eine Plausibilitätsüberprüfung hinsichtlich möglicher Inkonsistenzen vor allem bei den geographischen Angaben, dem Aktivitätsverhältnis $^{137}\text{Cs}:^{134}\text{Cs}$ und der Absoluthöhe der Cäsiumwerte.

2.4.2 Übernahme in das Geographische Informationssystem

Zur Führung von raumbezogenen Umweltdaten steht dem Umweltbundesamt ein Geographisches Informationssystem (GIS) zur Verfügung. Es handelt sich dabei um ein *Intergraph*-System, das mit einer *Informix*-Datenbank und den notwendigen Modulen zur vektor- und rasterbasierten Verarbeitung geographischer Daten ausgestattet ist.

Das Geographische Informationssystem dient sowohl zur Führung von ständigen Projekten der Umweltüberwachung in Österreich (Altlastenatlas, Wassergütekataster etc.), als auch als Werkzeug für raumbezogene Analysen und Darstellungen von Daten aus Einzelprojekten.

Die Probenahmepunkte wurden daher gemeinsam mit den Meßwerten für Gesamt- bzw. Bomben-Cäsium-137 und weiteren Angaben in das Geographische Informationssystem übernommen, sodaß die Cäsiumbelastung durch ein räumliches Interpolationsverfahren flächendeckend modelliert werden kann. Der Datenbestand selbst läßt sich mit allen anderen im Geographischen Informationssystem geführten Daten (Landnutzung, topographische Daten etc.) kombinieren und gemeinsam bearbeiten. Insbesondere sollen die Meßwerte in das allgemeine Bodeninformationssystem BORIS integriert werden.

2.4.3 Räumliche Interpolation

Da die in der dBase-Datei gesammelten Meßwerte bereits vorverarbeitet und auf grobe Fehler untersucht wurden, kann das Vorliegen eines weitgehend fehlerfreien, homogenen Datenbestandes für die Übernahme in das Geographische Informationssystem angenommen werden.

Aus den Koordinatenwerten in der Datenbank wird ein Grafikfile mit den Probenahmepunkten erstellt und eine Dreiecksvermaschung durchgeführt. Anschließend erfolgt die Generierung eines regelmäßigen Rasters durch bilineare Interpolation, getrennt für das gesamte Cäsium-137-Inventar und den Bombenanteil. Dabei wird für das Gesamt-Cäsium-137 eine Maschenweite von $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ und für das Bomben-Cäsium-137 eine Maschenweite von $4000 \times 4000 \text{ m}^2$ gewählt. Um trotz kleinräumiger Schwankungen der Werte ein geglättetes Bild der Cäsiumbelastung des österreichischen Staatsgebietes zu erhalten, wird eine „Glättung“ der Interpolationsergebnisse durch gleitende Mittelwertbildung durchgeführt (Glättung durch Filterung mit gewichteter 5×5 -Matrix).

Da sich der Häufigkeitsverteilung der interpolierten Daten ebenso wie der der Meßdaten eine logarithmische Normalverteilung brauchbar annähern läßt, erfolgt eine Klasseneinteilung nach logarithmischen Intervallen. Schließlich wird die darzustellende Fläche durch Überlagerung mit einem "Maskenfile" auf das österreichische Staatsgebiet begrenzt. Die Darstellung erfolgt in der konformen Kegelprojektion von Lambert (Projektion der topographischen Übersichtskarte Österreichs 1 : 500 000).

Die Abbildungen 8 und 15 (im Anhang) zeigen somit ein geglättetes Bild der Belastung des österreichischen Bodens mit Cäsium-137, in dem kleinräumige Schwankungen nicht dargestellt werden. Eine inhaltliche Diskussion erfolgt in Abschnitt 3.

Für fünf Teilgebiete Österreichs mit zum Teil besonders hoher Belastung erfolgt außerdem eine detailliertere Isoliniendarstellung des gesamten Cäsium-137-Inventars. Dies ist möglich, da in diesen Gebieten auch eine wesentlich höhere Probenahmendichte zur Verfügung stand. Die Berechnung der Isolinien geht dabei vom gefilterten 1000 m-Raster aus (Abb. 10 bis 14 im Anhang).

Veränderungen in den Grafiken (Übersichts- und Detailkarten) in der vorliegenden 2. Auflage dieses Berichts gegenüber der 1. Auflage ergeben sich aus mehreren Gründen:

- Einbeziehung zusätzlicher Probenahmepunkte
- Verschiebung der Lage der Rastermaschen durch den Übergang von der alten Lambert-Projektion (Nullpunktsbreite 48°) auf die neue Lambert-Projektion (Nullpunktsbreite 47°30')
- Verwendung leicht modifizierter Filter

Die Arbeit in Datenbank und Grafik erfolgt mit *Intergraph MGE*, die Dreiecksvermaschung, Raster- und Isolinien-Interpolation mit dem *Terrain-Modeler* und die rasterbasierte Weiterbearbeitung mit dem *Grid-Analyst*.

2.4.4 Bezugszeitpunkt der Aktivität

Wie schon im Kapitel 2.1 erwähnt, wurde zwecks Vergleichbarkeit als Bezugszeitpunkt für die Belastungswerte der 1. Mai 1986 gewählt. Die Wahl des Zeitpunktes ist an sich willkürlich; da der größte Teil des Cäsiums aber als Folge des Unfalls in Tschernobyl in den Tagen um den 1. Mai 1986 deponiert wurde, bietet sich dieses Datum an.

Infolge des radioaktiven Zerfalls verringert sich das Inventar gemäß der Halbwertszeit (HWZ) der Nuklide in folgender Weise:

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{HWZ}}$$

Dabei bedeuten:

A = aktuelle Aktivität

A₀ = Aktivität am 1. Mai 1986, also die in diesem Bericht verwendeten Werte

t = Zeit seit dem 1. Mai 1986

HWZ = Halbwertszeit: ¹³⁷Cs: 30.17 Jahre = 11012 Tage, ¹³⁴Cs: 2.06 Jahre = 752 Tage (HWZ und t müssen in derselben Einheit verwendet werden, z.B. Tage)

ln 2 = natürlicher Logarithmus von 2 ≈ 0.693, Konstante e ≈ 2,718281

Abbildung 1a zeigt, wie die beiden Nuklide Cäsium-137 und Cäsium-134 während 100 Jahren nach dem 1. Mai 1986 zerfallen. Abbildung 1b und 1c zeigen den Zerfall der beiden Nuklide zwischen 1.1.1996 und 1.1.2000.

Insbesondere beträgt die Aktivität 10 Jahre nach Tschernobyl, also am 1. Mai 1996, von Cäsium-137 noch 79.47 % des Anfangswertes, vom kurzlebigeren Cäsium-134 dagegen nur noch 3.457 %. Um den aktuellen Belastungswert zu ermitteln, werden die auf 1. Mai 1986 bezogenen Werte der Datenbank (Anhang 1B) mit dem Wert der Zerfallskorrektur gemäß Formel oder Abbildung 1a bis 1c multipliziert.

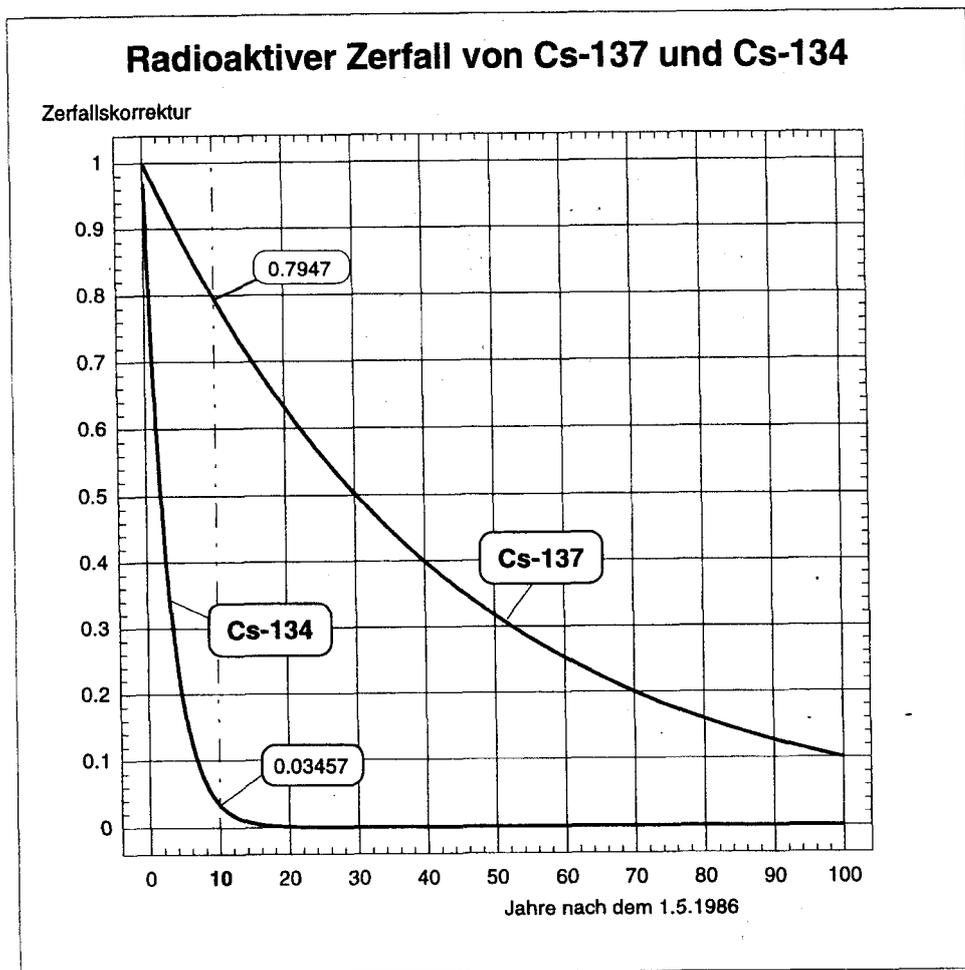


Abb. 1a: Radioaktiver Zerfall von Cäsium-137 und Cäsium-134

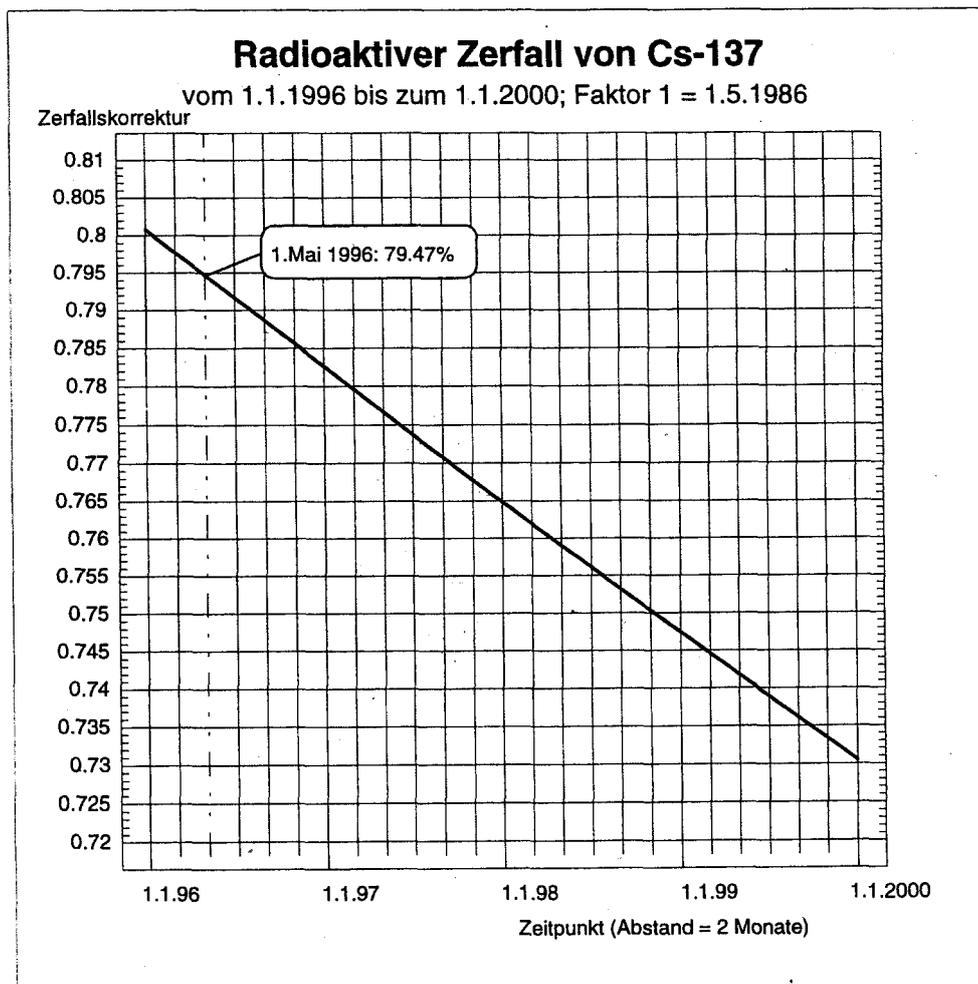


Abb. 1b: Radioaktiver Zerfall von Cäsium-137 zwischen 1.1.1996 und 1.1.2000

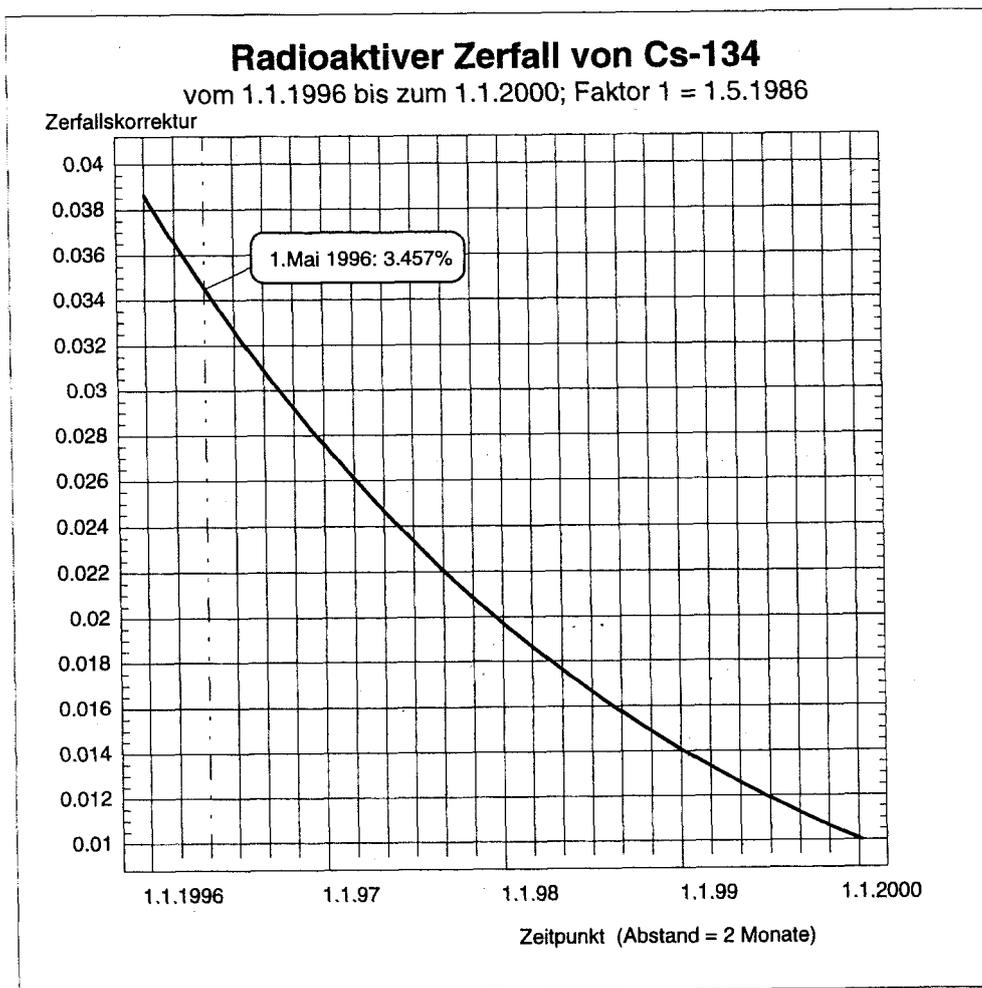


Abb. 1c: Radioaktiver Zerfall von Cäsium-134 zwischen 1.1.1996 und 1.1.2000

2.5 STATISTIK

2.5.1 Was ist ein Meßpunkt

Um eine aussagekräftige Karte erstellen zu können, sollen die Probenahmepunkte so gewählt werden, daß die Untersuchung der Probe für die Gegend repräsentative Meßwerte liefert. Um kleinräumige Schwankungen zu eliminieren, werden Mittelwerte über Flächen gebildet, indem z.B. Mischproben aus mehreren auf einer größeren Fläche entnommenen Bohrkernen untersucht werden oder - wie im Falle der In situ-Messungen - über viele Meter Umkreis um den Detektor integriert wird. Die Meß"punkte" sind daher de facto Flächen, von denen ein Belastungsmittelwert bestimmt wird. (Es handelt sich um Stichproben bestimmten Umfangs – z.B. entsprechend der Querschnittsfläche des Stechers – aus einem Ensemble, der Gesamtfläche.) Es wird also ein Mittelwert der Stichprobefläche gemessen, dessen Repräsentativität für den Mittelwert der Belastung der Gesamtfläche davon abhängt, welchen Teil der Gesamtfläche die Probefläche überdeckt und wie weit die Einzelproben (bei Mischproben) gestreut sind.

In Tabelle 2 sind die Größen der Flächen zusammengestellt, über die bei verschiedenen Methoden die Mittelwerte gebildet werden.

Methode	Probenfläche*	Gesamtfläche*
Mischprobe aus 10 Bohrkernen	10 x 25 cm ²	100 bis 10 000 m ²
Bodenziegel	18 x 18 cm ²	ca. 0,03 m ²
In situ-Gamma	ca. 50 m Umkreis	ca. 10 000 m ²
In situ-Gamma, mit Kollimator	ca. 2 m Umkreis	ca. 10 m ²

Tab. 2: Probefläche verschiedener Probenahme- bzw. Meßmethoden

* Außer bei der Methode der Mischproben, sind Probefläche und Gesamtfläche identisch.

Man erkennt, daß die Mischproben- und die In situ-Methode wegen der größeren Fläche, über die gemittelt wird, für den Zweck dieser Studie besser geeignet sind. Die In situ-Gammaspektrometrie erfordert allerdings eine standardisierte geometrische Gestalt der Umgebung des Detektors, nämlich eine möglichst weite ebene Fläche. Außerdem wird bei der Kalibrierung im allgemeinen angenommen, daß innerhalb des Integrationsgebietes die Belastung in horizontaler Richtung homogen ist. Im Gebirge sind solche Flächen oft nicht vorhanden. Deshalb werden in solchen Fällen gelegentlich Kollimatoren (Bleiblenen) verwendet, um die Integrationsfläche zu begrenzen. Der Nachteil ist dabei natürlich – abgesehen von der unpraktischen Handhabung (Gewicht des Bleis) – eine Einschränkung der Repräsentativität des Meßwertes für eine größere Fläche.

2.5.2 Verfahrensstandardabweichung

Die gemessenen Werte der Bodenbelastung sind mit Unsicherheiten behaftet, gleich mit welcher Methode sie bestimmt werden. Die Unsicherheiten stammen in erster Linie von:

- **Räumliche Variation:** Die Bodenbelastung ist über die Probefläche hin nicht konstant. Je größer die Fläche, über die gemittelt wird, umso geringer der Einfluß dieser Variation;
- **Probenahme:** z.B. Unsicherheit bei der Bestimmung der Querschnittsfläche von Bohrkernen;
- **Probeverarbeitung:** Unsicherheiten beim Wägen oder beim Aliquotieren von Proben;
- **Detektorkalibrierung:** Unsicherheiten der Kalibrierung oder der Probengeometrie bei Bodenproben, der boden- und verteilungsabhängigen Kalibrierfaktoren bei In situ-Spektrometrie;
- **Zählstatistik:** wegen des statistischen Charakters des radioaktiven Zerfalls ist jeder Strahlungsmeßwert unsicher, abhängig von der Anzahl der registrierten Impulse. Je länger gemessen wird, umso kleiner ist dieser Fehler.

Die einzelnen Unsicherheiten setzen sich zu einer Gesamtunsicherheit des Verfahrens, der sogenannten Verfahrensstandardabweichung, zusammen. Diese Zahl ist ein Maß für die "Unsicherheit" eines gemessenen Belastungswertes. Die einzelnen Beiträge zur Verfahrensstandardabweichung sind i.a. nicht bekannt und müssen separat bestimmt werden.

Die Tabelle 3 im nächsten Abschnitt zeigt einige Werte der relativen Verfahrensstandardabweichung TPCV % (total process coefficient of variation; $TPCV \% = 100 \times SD / AM$; SD = Standardabweichung, standard deviation; AM = arithmetisches Mittel, arithmetical mean).

Für die Methoden der Probenahme mit Bodenbohrern (Kerne) und Stechern (Ziegel) wurde versucht, die einzelnen Beiträge abzuschätzen (LETTNER et al. 1994). Die Verfahrensstandardabweichung, bestimmt für eine Ebene, d.h. für österreichische Verhältnisse eher untypisch ideale, 1 ha große Wiese im Stadtgebiet von Salzburg, beträgt 20-30 % des Mittelwerts. Bei Mischproben aus Bohrkernen sinkt die Unsicherheit mit der Anzahl n der Kerne gemäß $1/\sqrt{n}$, je größer also die Anzahl, umso verlässlicher der Meßwert, obwohl die *Probefläche* (Querschnitt des Stechers mal Anzahl der Kerne, s.o.) klein ist.

Von den statistischen Fehlerquellen müssen die systematischen unterschieden werden. Zu letzteren gehören z.B. das Abschneiden der Tiefenprofile bei Bohrkernen und Ziegeln (d.h. die Nichterfassung tiefer liegender Aktivität) sowie die Vernachlässigung der Summeneffekte bei Cäsium-134. Systematische Fehler sollten einzeln korrigiert werden, ihre Ermittlung ist aber oft schwierig. Die Abschätzung systematischer Fehler ist ebenfalls in LETTNER (1994) versucht worden.

2.5.3 Konfidenzintervalle

Aus der Verfahrensstandardabweichung (TPCV) kann das Konfidenzintervall des Wertes errechnet werden, d.h. das Intervall, in dem sich der "wirkliche Wert" mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit (Signifikanz) befindet. Für dieses Projekt wurde (willkürlich) eine Signifikanz von 95 % (d.h. eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %) gewählt. Der "wirkliche Wert" liegt also mit 95 %-iger Sicherheit im angegebenen Intervall um den Meßwert. Als Grundlage für die Berechnung der Konfidenzintervalle wurden die Erkenntnisse aus der schon zitierten Arbeit von LETTNER et al. (1994) verwendet.

Die genaue Definition des hier verwendeten Konfidenzintervalls lautet: Das Intervall, in dem das wirkliche Mittel der Belastung einer Fläche von $100 \times 100 \text{ m}^2$, mit Mittelpunkt in den angegebenen Koordinaten, mit 95 %-iger Wahrscheinlichkeit liegt ($p = 5 \%$ zweiseitig). Die Größe des Konfidenzintervalls wird durch den Wert CL (confidence limit, Konfidenzgrenze) bestimmt: Konfidenzintervall = $[m - CL, m + CL]$; $m =$ Meßwert. Zur besseren Vergleichbarkeit wird im folgenden die relative Größe $CL \% = 100 \times CL / m$ verwendet. CL % drückt also aus, um wieviel Prozent das obere (bzw. untere) Ende des Konfidenzintervalls über (bzw. unter) dem Meßwert liegt.

Es ist zu beachten, daß das Konfidenzintervall immer auf eine 1 ha große Fläche bezogen ist, auch wenn die Proben nicht über die ganze Fläche verteilt gezogen wurden und daher der *gemessene* Wert nicht der Mittelwert der Belastung der ganzen Fläche ist, sondern (wie in vielen Fällen) der einer kleineren Teilfläche. Über die statistischen Konsequenzen daraus siehe ebenfalls LETTNER et al. (1994) und in Abschnitt b (weiter unten).

Schätzungen der relativen Standardabweichung (TPCV %) und des sich daraus ergebenden Konfidenzintervalls (CL %; Vertrauensbereich: 95 %) sind für verschiedene Arten der Probenahme in Tabelle 3 zusammengefaßt:

Methode		TPCV%	CL%
I	In situ-Gammaspektrometrie	13	25.5
A	1 Bodenprobe	21.5	42.1
B	Mischprobe aus 10 Bodenproben, die von einer Fläche von 1 ha genommen wurden	13.4	26.3
C	Mischprobe aus 10 Bodenproben, die von einer Fläche von 400 m ² genommen wurden, als Schätzung der mittleren Belastung der Fläche 1 ha	16.7	32.7

Tab. 3: Verfahrensstandardabweichung und Konfidenzintervall für verschiedene Probenahme- bzw. Meßmethoden

Die Werte wurden folgendermaßen bestimmt:

In situ-Gammaspektrometrie (I): Schätzung aus der Erfahrung (LETTNER et al. 1994)

Methoden A - C: Formeln aus BOSSEW (1996).

$$\text{Methoden A, B: } CL = x_p \cdot \sqrt{\frac{CV_{\text{spatial}}^2}{n} + CV_{\text{process}}^2}$$

$$\text{Methode C: } CL = x_p \cdot \sqrt{CV_{\text{spatial}}^2 - CV_{\text{int;spatial}}^2 \left(1 - \frac{1}{n}\right) + CV_{\text{process}}^2}$$

dabei bedeuten:

x_p = Wert der normalverteilten Zufallsvariablen zur Signifikanz p , zweiseitig:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-x_p}^{+x_p} d\xi e^{-\frac{\xi^2}{2}} = 1-p ; \text{ hier } x_{0.05, \text{ zweiseitig}} = 1.96;$$

im Fall einseitiger Tests (s. Abschnitt 2.5.4) ist die untere Integrationsgrenze durch $-\infty$ zu ersetzen.

n = Anzahl der Proben: für Methode A: $n=1$, für B und C: $n=10$

CV_{spatial} = Variationskoeffizient der Bodenbelastung auf der Fläche von 1 ha; hier $CV_{\text{spatial}} = 17.7\%$ (bestimmt aus den Zahlen in LETTNER et al. 1994: $CV_{\text{spatial}}^2 = CV_{R3}^2 - CV_{\text{process}}^2$)

$CV_{\text{int;spatial}}$ = Variationskoeffizient innerhalb von 400 m²-Teilflächen der 1 ha-Gesamtfläche, ermittelt mit Varianzanalyse, Details siehe ebenfalls LETTNER et al. 1994; dort als $\sigma_1 = SD_{(i,R3)}/AM_{(R3)}$ bezeichnet; davon der Anteil der reinen räumlichen Schwankung, $CV_{\text{int;spatial}}^2 = \sigma_1^2 - CV_{\text{process}}^2$; hier $CV_{\text{int;spatial}} = 14.3\%$

CV_{process} = Beitrag zur Verfahrensstandardabweichung, der von Unsicherheiten im Probenahme- und auswerteprozess stammt; hier $CV_{\text{process}} = 12.2\%$ (konservativ; LETTNER et al. 1994)

Offensichtlich ist die Unsicherheit der Schätzung des Mittelwerts der Belastung der Fläche (1 ha als Standard) abhängig von (a) der Anzahl der Stichproben, aus denen der Mittelwert

berechnet wird, und (b) der Größe der Teilfläche von 1 ha, aus der auf die Gesamtfläche geschlossen werden soll.

a) Abhängigkeit von der Zahl der Stichproben

Die Abhängigkeit der Größe des Konfidenzintervalls von der Anzahl der Bodenproben, die von der Probenahme fläche genommen werden, ist schon aus den obigen Formeln ersichtlich. Klarerweise ist die Schätzung des Mittelwerts der Belastung der Fläche umso genauer, je mehr Proben von ihr genommen werden.

Auch die Größe CV_{process} ist bei Bodenproben in gewissem Ausmaß von der Anzahl der Einstiche abhängig. Dafür ist der Beitrag des sogenannten Aliquotierungsfehlers verantwortlich; das ist die Unsicherheit, die dadurch entsteht, daß man von der gesamten Probenmasse zur eigentlichen Messung im allgemeinen nur einen Teil verwendet. Der aus diesem Teil ermittelte Meßwert einer Größe (hier: radioaktive Belastung) ist nur mit begrenzter Sicherheit gleich dem Mittelwert dieser Größe in der gesamten Probe, weil diese ja kaum so vollkommen homogenisiert sein kann, daß jede Teilprobe gleich ist.

Beispielsweise ergibt die Art der Probenahme des Ökologieinstituts bei 10 Einstichen in der Regel Proben von ca. 1250 cm³ Volumen, von dem nur 500 bis 1000 cm³ zur Messung verwendet werden können, d.h. nur ein Anteil von 40 % bis 80 %. Werden mehr Einstiche gemacht, ist der zur Messung verwendete Anteil entsprechend kleiner und die aus der Aliquotierung entstehende Unsicherheit größer.

In LETTNER (1994) ist ein Experiment beschrieben, mit dem die Größe dieser Unsicherheit abgeschätzt werden kann. Im folgenden soll die n-Abhängigkeit von CV_{process} analytisch dargestellt werden.

Q sei der Anteil der Meßprobe an der gesamten Probe, μ der Erwartungswert der zu messenden Größe. Die Wahrscheinlichkeit, bei der tatsächlichen Messung den Wert x zu finden, ist (näherungsweise):

$$p(x; Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_Q} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_Q^2}}$$

Die Standardabweichung σ_Q ist dabei eine Funktion von Q derart, daß $\sigma_{Q=0} = \infty$ und $\sigma_{Q=1} = 0$ wird, also daß keine Unsicherheit besteht ($\sigma_Q = 0$), wenn die Meßprobe mit der gesamten Probe identisch ist, also $Q = 1$.

In diesem Fall wird wie gewünscht

$$p(x; Q=1) = \lim_{\sigma_Q \rightarrow 0} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_Q} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_Q^2}} = \delta(x-\mu),$$

mit δ = Dirac-Distribution, sodaß die Normierung $\int_{-\infty}^{\infty} p(x; Q) dx = 1$ gewahrt bleibt.

Die Funktion σ_Q mit den gewünschten Eigenschaften wird nun heuristisch angesetzt als

$$\sigma_Q = \sigma_0 \sqrt{\frac{1-Q}{Q}},$$

inspiriert dadurch, daß der Quotient $(1-Q)/Q$ für kleine Q als Anzahl der Meßproben als Stichproben aus der Gesamtprobenmenge aufgefaßt werden kann; werden n solcher

Stichproben zu einer größeren Meßprobe zusammengefaßt, ist ihr Mittelwert um μ mit σ/\sqrt{n} verteilt.

Die Verteilung $p(x;Q)$ wird damit:

$$p(x;Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_0}\sqrt{\frac{1-Q}{Q}}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_0^2\left(\frac{1-Q}{Q}\right)}}$$

Die Größe σ_0 kann aus dem erwähnten Experiment bestimmt werden. Dabei war $Q = 0.23$ und die ermittelte Standardabweichung $CV_{\text{exp}} = \sigma_0 \sqrt{(1-0.23)/0.23} = 0.0447$ und daher $\sigma_0 = 0.0245$.

Für den Probenbehandlungsvorgang des Ökologieinstituts kann $Q = 8/n$ ($n \geq 8$) und $Q=1$ ($n < 8$) bei Messung mit 1-l-Marinelli-Geometrie bzw. $Q = 4/n$ ($n \geq 4$) und $Q=1$ ($n < 4$) bei 0.5-l-Marinelli oder -Dose gesetzt werden. Hier soll im weiteren der Fall der kleineren Probengeometrie, weil - bei gleichem n - der konservativere Fall, verwendet werden. Damit wird

$\sigma_Q = 0.0245 \cdot \sqrt{\frac{n}{4} - 1}$, oder z.B. für den üblichen Fall $n = 10$: $\sigma_Q = 0.0300 = 3.00\%$. Dies ist für diesen Fall der Beitrag der Aliquotierung zur Prozeßunsicherheit CV_{process} .

Mit den restlichen Anteilen der Prozeßunsicherheit von 11.8 % für Cäsium-137 gemäß LETTNER (1994) ergibt sich damit für $n = 10$: $CV_{\text{process}} = 12.18\%$, für $n = 30$: $CV_{\text{process}} = 13.35\%$. Mit der Anzahl der Einstiche steigt also die Aliquotierungsunsicherheit, im Gegensatz zur Unsicherheit der Schätzung des Belastungsmittelwerts der Fläche.

Der Einfluß der Anzahl der Einstiche auf die Prozeßunsicherheit ist allerdings nicht besonders groß und sicher kleiner als die Unsicherheit bei der Bestimmung der Unsicherheit selbst. Im folgenden wird daher mit dem in LETTNER (1994) als konservativ vorgeschlagenen Wert $CV_{\text{process}}(\text{gesamt}) = 12.2\%$ gerechnet. Da dieser Wert wahrscheinlich unrealistisch konservativ ist, wurde für die folgende Graphik (Abb. 2) zusätzlich der vermutlich realistischere Wert $CV_{\text{process}} = 5\%$ verwendet.

Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeit der Konfidenzgrenzen (CL %) von der Anzahl n der Proben für zwei verschiedene Methoden der Probenahme (B und C) und zwei verschiedene Annahmen für die Unsicherheit des Probenahmeprozesses CV_{process} . Für eine Probe ($n = 1$) sind die Methoden B und C identisch mit A.

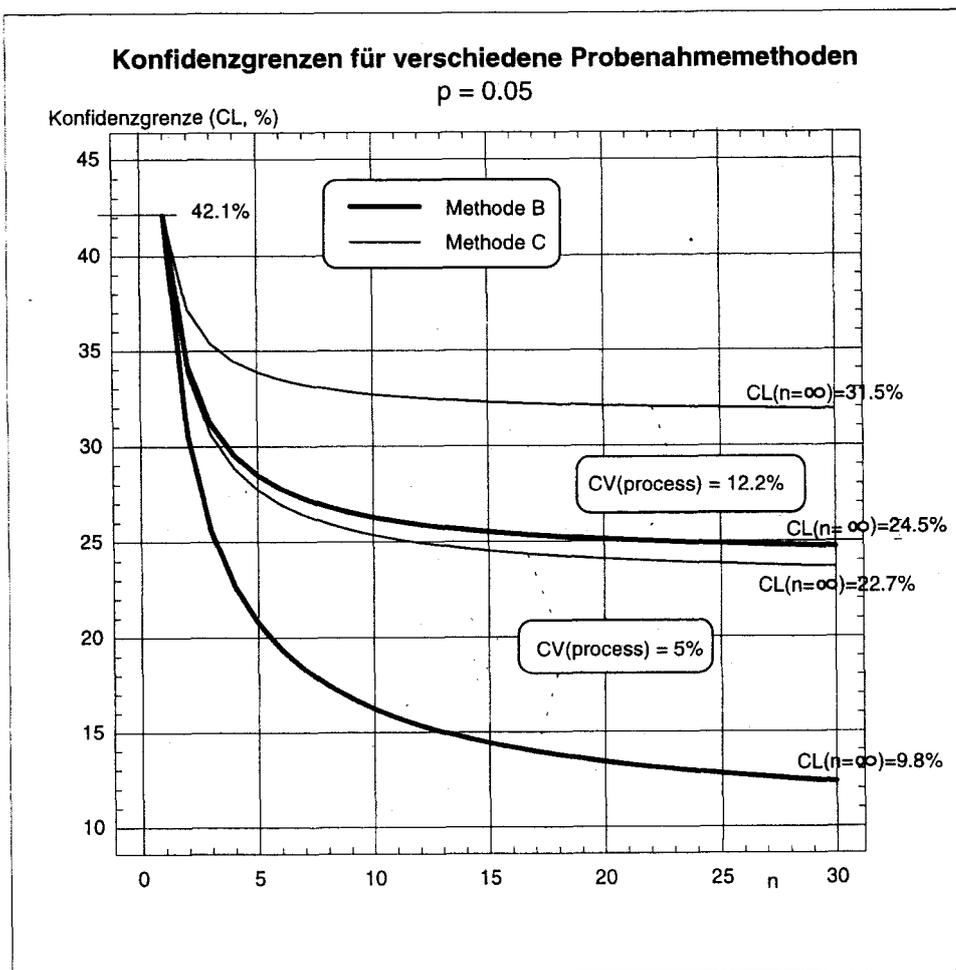


Abb. 2: Konfidenzgrenzen für verschiedene Probenahmemethoden

Auch für unendlich viele Proben läßt sich wegen des Beitrags der Unsicherheit der Probenbehandlung eine bestimmte Unsicherheit $CL(n = \infty)$ nicht unterschreiten.

b) Abhängigkeit von der Größe der Probenahmeffläche

Die folgenden Werte (Tab. 4) wurden aus Daten eines im Auftrag des Umweltbundesamtes in Salzburg durchgeführten Feldversuchs ermittelt, der in LETTNER et al. (1994) ausführlich beschrieben ist. Dabei wurden auf einer 100 x 100 m² großen Fläche in einem regelmäßigen Raster Bodenproben entnommen und gemessen. Die Punkte wurden dann zu gleich großen Gruppen zusammengefaßt und mittels Varianzanalyse die Werte CV_{int} (relative Standardabweichung innerhalb der Gruppen) berechnet, und daraus mittels Formel (analog Methode C) die Werte CL. Je nachdem, auf welche Weise die Punkte gruppiert werden, d.h. je nachdem wie groß die Gruppen sind, ergeben sich verschiedene CV_{int} und CL. Der Umfang der Stichproben ist hier immer $n = 10$. Die Werte d sind die Längen der Diagonalen der Unter-Flächen (entsprechend den Gruppen), charakteristisch für deren Größe (d = 28.2 m entspricht Methode C). $p(F)$ ist die Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit) des sogenannten F-Tests, der prüft, ob sich die Gruppenmittel vom Gesamtmittel signifikant unterscheiden. Ein signifikanter Unterschied besteht konventionsgemäß für $p < 0.05$.

d (m)	CV _{int.} %	CV _{int,spat.} %	p(F)	CL%
14.1	16.9	11.7	0.013	36.1
20	17.2	12.1	0.013	35.6
28.2	18.8	14.3	0.0005	32.6
42.4	17.4	12.4	0.11	35.2
44.7	19.4	15.1	0.0035	31.3
56.6	19.1	14.6	0.0016	32.2
58.3	17.8	13.0	0.043	34.5
63.2	20.2	16.1	0.0068	29.6
102	20.5	16.5	0.0079	28.9
141				26.3
2.8				40.4
0.1				42.1

Tab.4: Konfidenzgrenze in Abhängigkeit von der Größe der Probenahme­fläche

Die Werte der letzten drei Zeilen der Tabelle wurden auf andere Weise ermittelt:

d = 141 m entspricht der Gesamtfläche von 1 ha (d = 100 $\sqrt{2}$ m), der CL-Wert ist der obigen Tabelle (Methode B, n = 10 Einstiche) entnommen.

d = 2.8 m: Mangels empirischer Daten, aus denen nach der Methode wie oben geschlossen werden könnte, welche Unsicherheit für eine Schätzung des Belastungsmittels der Fläche 100 x 100 m² aus Stichproben aus 2 x 2 m² resultiert, wurde der CL-Wert nach folgender Formel gewonnen, analog den Überlegungen in LETTNER et al. (1994), p.46f.:

$$CL^2 = x(p)^2 \{ CV_{1ha,spat.}^2 - CV_{1ha,int,spat.}^2 + CV_{1a,spat.}^2 - CV_{1a,int,spat.}^2 (1 - 1/n) + CV_{proc.}^2 \},$$

mit p = 5 % und den Werten für CV = SD/AM aus derselben Quelle.

d = 0.1 m: Hier wurde idealisiert angenommen, daß die 10 Einstiche auf dieser kleinen Fläche konzentriert sind und damit einen einzigen Einstich darstellen (Methode A).

Für die Gruppeneinteilung entsprechend d = 42.4 m zeigt der F-Test mit p = 0.11 keine signifikante Gruppierung, d.h. die Gruppenmittel weichen nicht signifikant vom Gesamtmittel ab (signifikant für p < 0.05). Für diese Gruppeneinteilung (willkürlich gewählt wie alle anderen) trifft daher zufällig nicht wie für alle anderen zu, daß Schätzungen des Gesamtmittels aus Mitteln von Untergruppen nicht repräsentativ sind.

Der Homogenitätstest nach Bartlett ergibt in allen Fällen p > 0.05, sodaß die Standardabweichungen innerhalb der Untergruppen nicht signifikant verschieden sind.

Abbildung 3 zeigt die Größe des Konfidenzintervalls als Maß für die Unsicherheit der Schätzung des Gesamtmittels in Abhängigkeit von der Größe der Untergruppe, aus der das Gesamtmittel geschätzt wird. Die Werte der Tabelle 4 sind darin als Streudiagramm dargestellt.

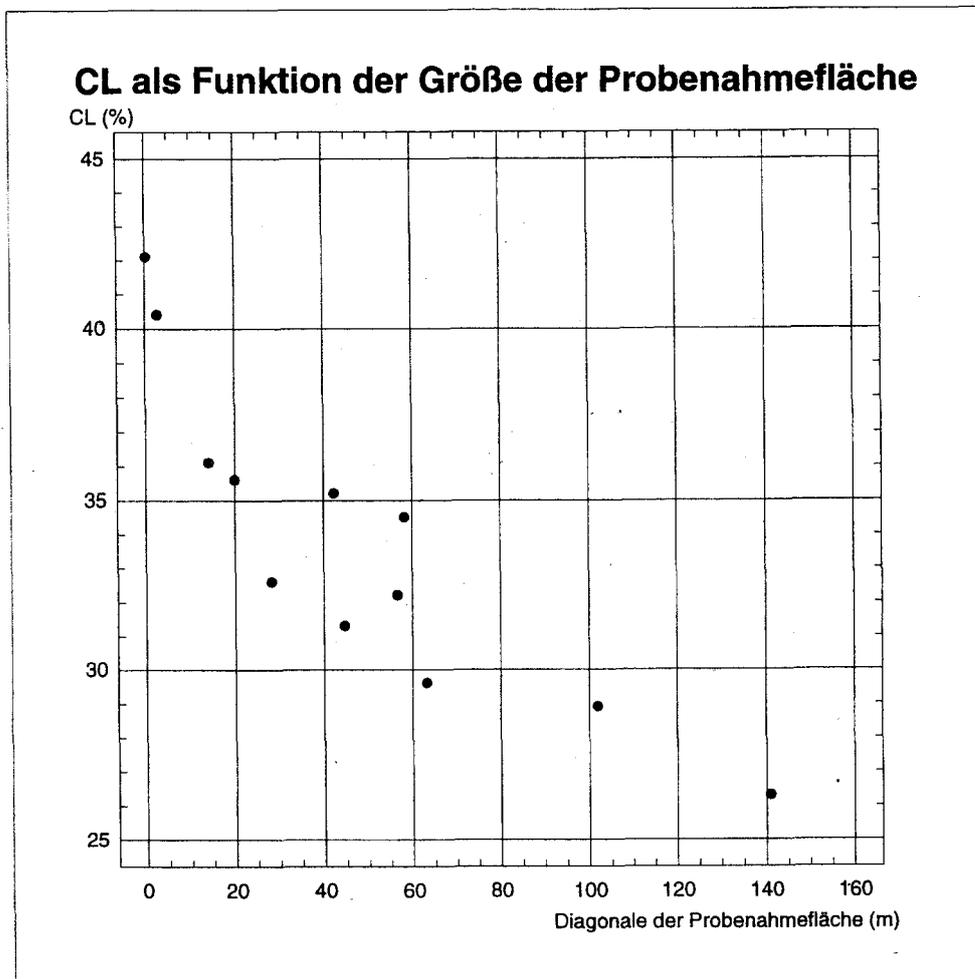


Abb. 3: Konfidenzgrenzen als Funktion der Größe der Probenahmeffläche

Der erwartete Anstieg von CL mit sinkender Größe der Probenahmeffläche ist aus der Graphik deutlich zu erkennen. In der Praxis sind die Probenahmefflächen immer größer als $d = 10$ m. Im praktisch wichtigen Bereich $d = 10$ bis 150 m kann die Abhängigkeit $CL(d)$ als lineare Funktion $CL = \alpha + \beta d$ approximiert werden.

Die folgende Tabelle faßt die Regressionsparameter zusammen, Abbildung 4 zeigt die Regression graphisch.

Regression Analysis - Linear model:					
Dependent variable: CL			Independent variable: d		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept α	36.4255	0.953187	38.2144	.00000	
Slope β	-0.0735406	0.014043	-5.2368	.00079	
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	73.143876	1	73.143876	27.42408	.00079
Error	21.337124	8	2.667140		
Total (Corr.)	94.481000	9			
Correlation Coefficient = -0.879866		R-squared = 77.42 percent			
Std. Error of Est. = 1.63314					

Die statistischen Kennzahlen Prob.Level für α , $p(t) < 5 \cdot 10^{-6}$ und für β , $p(t) = 0.00079$, zeigen, daß die Korrelation signifikant, d.h. gut abgesichert ist.

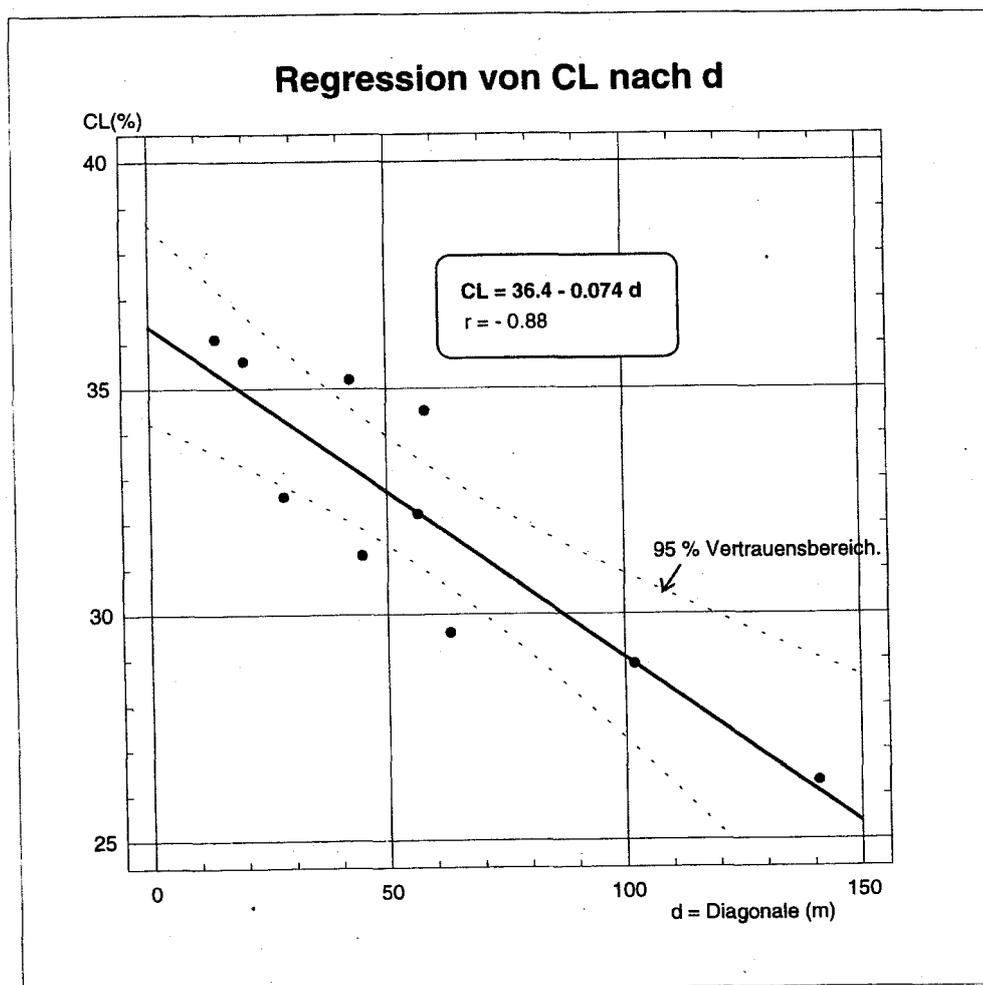


Abb.4: Regressionsanalyse, Konfidenzgrenzen gegen Größe der Probenahmeffläche

Die Rechenwerte dieser Funktion werden in der Boden-Datenbank für die Konfidenzintervalle der ermittelten Belastungswerte verwendet, sofern aus dem entsprechenden Probenahmeprotokoll eine Angabe über die Größe der Probenfläche verfügbar ist. Es wird immer angenommen, daß $n = 10$ Stichproben genommen wurden; diese Annahme trifft fast immer zu. Sofern für Stecherproben keine Angabe über die Größe der Fläche zur Verfügung steht, wird Methode C gemäß Tabelle 3 angenommen.

2.5.4 Nachweisgrenzen

Wie in den letzten beiden Abschnitten erörtert wurde, führen Fehlermöglichkeiten und Ungenauigkeiten im Prozeß der Probenahme und -messung sowie die kleinräumige Schwankung der Bodenbelastung dazu, daß der gemessene Belastungswert an einem Punkt mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist; Maß dafür ist das Konfidenzintervall. Diese Tatsache hat zur Folge, daß man sich fragen muß, ob (oder mit welcher Wahrscheinlichkeit) zwei *unterschiedliche* Meßwerte nicht vielleicht zum *selben* wirklichen Wert gehören; die Meßwerte könnten deshalb verschieden sein, weil eben das Meßverfahren Unsicherheiten beinhaltet.

Um zu entscheiden, ob die Hypothese zutrifft, daß ein gemessener Wert x ein Meßwert eines wirklichen Werts ist, der der Verteilung (μ_0, σ_0) folgt, ob also mit anderen Worten die von dieser Verteilung verkörperte sogenannte *Nullhypothese* H_0 zutrifft, oder vielmehr eine entsprechende Alternativhypothese H_1 , verwendet man statistische Tests, die Aussagen über die Wahrscheinlichkeiten machen, die Nullhypothese fälschlich zu verwerfen oder anzunehmen. Ersterer Fehler, also eine richtige Hypothese zu verwerfen, heißt *Fehler erster Art*, der andere, also eine falsche Hypothese anzunehmen, *Fehler zweiter Art*. Die Wahrscheinlichkeiten für die Fehler 1. und 2. Art werden üblicherweise mit α und β bezeichnet.

Der *kritische Bereich* K ist definiert als $K: \Leftrightarrow P(x \in K \mid H_0) = \alpha$, also so, daß - bei Zutreffen der Hypothese H_0 - die Wahrscheinlichkeit, daß ein Meßwert x in dem Bereich K liegt, gleich α ist. Wenn der Meßwert im kritischen Bereich liegt, verwirft man die Hypothese H_0 . Die Wahrscheinlichkeit, sich dabei zu irren, also die Wahrscheinlichkeit, einen Fehler 1. Art zu begehen, dadurch, daß man die (wahre) Hypothese H_0 ablehnt, weil der Meßwert x im kritischen Bereich liegt, ist definitionsgemäß gleich α .

Für die Verteilungen, die hier von Interesse sind, läßt sich der kritische Bereich leicht berechnen: $K = \{x: |x - \mu_0| > \sigma \cdot x_\alpha\}$, mit $x_\alpha =$ Gaußwert zu α . (z.B. ist für $\alpha = 5\%$ zweiseitig: $x_\alpha = 1.9600$). Das Komplement des kritischen Bereichs, $\{x: |x - \mu_0| \leq \sigma \cdot x_\alpha\}$, ist offensichtlich gerade das Konfidenzintervall. Wenn ein Meßwert innerhalb des Konfidenzintervalls liegt, wird man die Hypothese H_0 akzeptieren, andernfalls nicht (bei Irrtumswahrscheinlichkeit α).

Wenn andererseits x *nicht* im kritischen Bereich liegt, *obwohl* H_0 falsch, d.h. H_1 wahr ist, wird man einen Fehler 2. Art machen und H_0 fälschlicherweise trotzdem annehmen. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist daher $P(x \notin K \mid H_1) = \beta$. - Die Bedeutung der Fehler 1. und 2. Art illustriert Abbildung 5.

Die Untergrenze eines *einseitig* definierten kritischen Bereiches (z.B. für $\alpha = 5\%$: $x_\alpha = 1.6449$) heißt *Erkennungsgrenze* (EG). Dieses Kriterium ist wichtig bei Messungen, die einen zu einem vorhandenen Grundwert zusätzlichen Effekt bestimmen. Nur solche Meßergebnisse, die über der EG liegen, sind dann signifikant im Sinne der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit α .

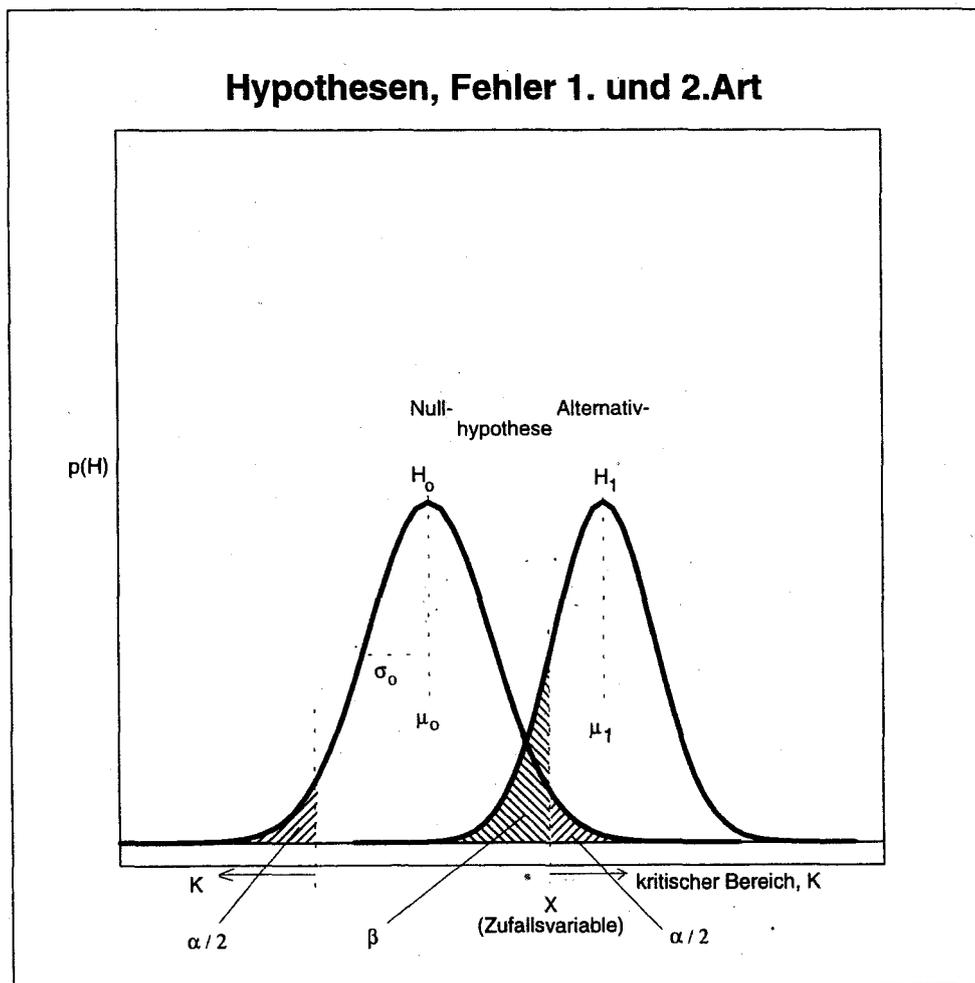


Abb.5: Fehler erster und zweiter Art

Die *Operationscharakteristik* (OC) eines statistischen Tests ist ein Hilfsmittel um zu entscheiden, wie die Alternativhypothese lauten muß - in dem hier diskutierten Fall: wie groß der Unterschied zwischen zwei Belastungen sein muß -, um vorgegebene Wahrscheinlichkeiten für den Fehler erster und zweiter Art zu unterschreiten. Die OC-Funktion oder *Power* des Tests ist die Wahrscheinlichkeit, die Nullhypothese H_0 abzulehnen, als Funktion von μ_1 , dem Erwartungswert der Alternativhypothese H_1 . Einem gewählten Wert der Power ($\text{Power} = 1 - \beta$) entspricht ein Wert, der die Distanz von μ_0 angibt, ab der ein Meßwert den Kriterien der Minimierung der Fehler 1. und 2. Art gemäß sicher von μ_0 zu trennen ist.

Um aus den Meßwerten der Bodenbelastung eine Karte zu zeichnen, werden sie in Klassen eingeteilt. Da die Werte mit Unsicherheiten behaftet sind, ist es offensichtlich nicht sinnvoll, die Klassengrenzen beliebig eng zu wählen. Ein Kriterium für die Wahl der Klassenbreiten ist die geschilderte Trennschärfe: Die Abstände der Klassen werden danach so gewählt, daß entsprechende Meßwerte bei (willkürlich) vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeiten α und β trennbar sind. Hier werden $\alpha = 5\%$ zweiseitig und $\beta = 5\%$ einseitig (also $\text{Power} = 95\%$) gewählt.

Für die Probenahmemethode B (10 Proben aus 1 ha Fläche) mit TPCV = 13.4 % ergibt sich aus der Operationscharakteristik zur Signifikanz $\alpha = \beta = 5\%$ ein Trennabstand d von 48.4 % oder ein Faktor 1.484, wie aus Abbildung 6 zu entnehmen ist. Dies entspricht ungefähr einer 5-Teilung der Dekade, da $10^{1/5} = 1.585$. Die Methode A (1 Probe) mit TPCV = 21.5 % ergibt den Abstand $d = 77.5\%$. In diesem Fall ist diese 5-Teilung daher etwas zu fein. Da aber die meisten verwendeten Meßpunkte mit den Methoden B oder In situ-Gammaskpektrometrie, deren TPCV ungefähr gleich groß ist, ermittelt wurden, dürfte die 5-Teilung der Dekaden als Klasseneinteilung statistisch gerechtfertigt sein.

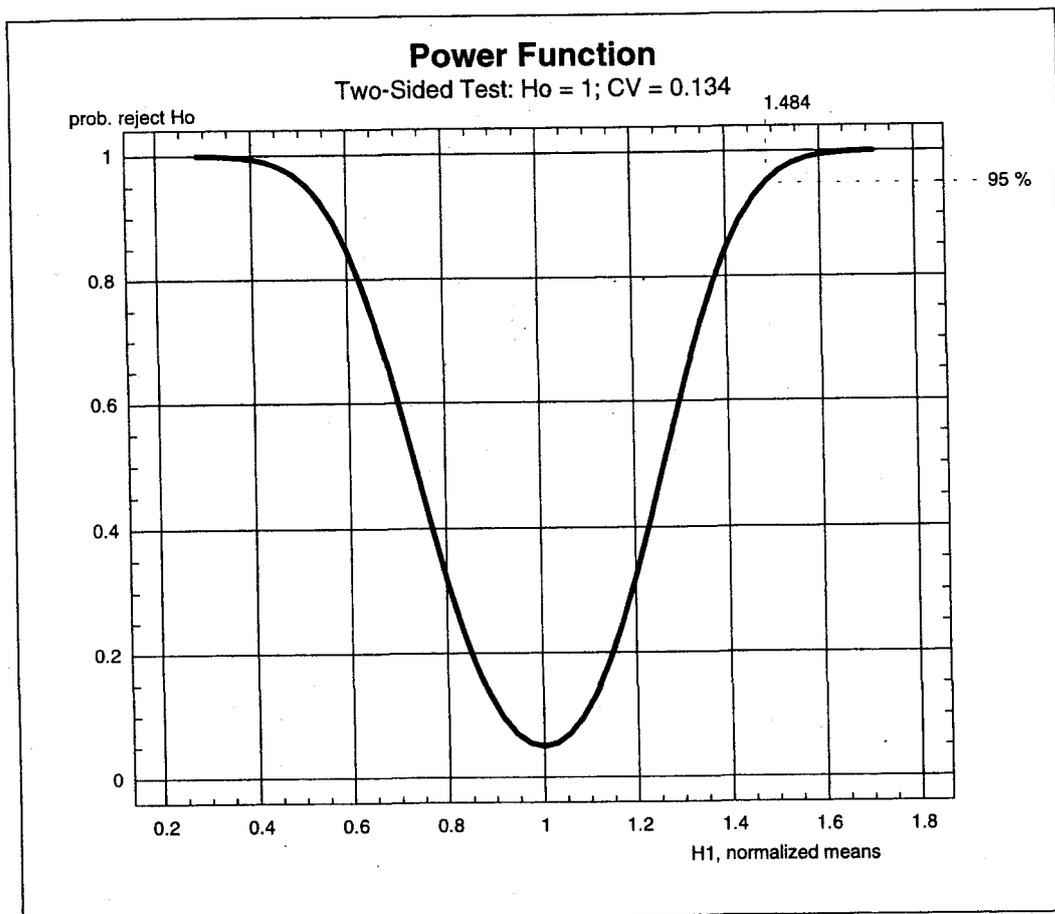


Abb.6: Power-Funktion

Die hier verwendete OC-Funktion lautet exakt:

$$\text{Power} = P(x \in K | H) = 1 - \Phi\left(\frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma} - x_\alpha\right),$$

wobei Φ = Gaußfunktion, x_α = Gaußwert zur Wahrscheinlichkeit α (d.h. $\Phi(x_\alpha) = \alpha$); weiters wurde $\sigma_1 = \sigma_2 =: \sigma$ angenommen. Die Umkehrfunktion der OC-Funktion, aus der sich die Trenndistanz ablesen läßt, lautet

$$\mu_1 = \mu_0 + \sigma (x_\alpha + x_\beta).$$

Mittelwerte μ und Standardabweichungen σ wurden hier einfachheitshalber auf 1 bzw. TPCV normiert. Aus μ_1 läßt sich damit die prozentuelle Trenndistanz einfach als $d = 100 \times (\mu_1 - 1)$ ablesen.

Eng verwandt mit dem Trennabstand ist die *Nachweisgrenze*, NG. Ihr Zweck ist, zu prüfen, ob ein gesuchter oder erwarteter Effekt mittels einer gegebenen Meßmethode überhaupt gefunden werden kann.

Gemäß ÖNORM S 5250 ist die NG definiert als jener Wert der Zufallsvariablen oder der davon abgeleiteten Größe, bei dessen Überschreitung, bei vorgegebener Erkennungsgrenze EG (d.h. vorgegebenem kritischem Bereich, d.h. vorgegebenem α), die Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 2. Art kleiner als eine vorgegebene Wahrscheinlichkeit β wird. Bei diesem Wert ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Erwartungswert der zu bestimmenden Größe kleiner ist als die EG, so groß wie die vorgegebene Wahrscheinlichkeit des Fehlers 2. Art.

Für die hier erörterten Wahrscheinlichkeitsverteilungen sind EG und NG leicht zu berechnen:

$$\text{EG:} \Leftrightarrow P(x > \text{EG} \mid H_0) = \alpha, \text{ oder } \text{EG} = \mu_0 + x_\alpha \cdot \sigma;$$

$$\text{NG:} \Leftrightarrow \text{NG} = \inf_H \{ \mu_H: P(x < \text{EG} \mid H) = \beta \}, \text{ oder } \text{NG} = \mu_0 + (x_\alpha + x_\beta) \cdot \sigma.$$

Dabei ist μ_H der zur Hypothese H gehörende Erwartungswert, d.h. $\mu_0 \equiv \mu_{H_0}$. Die x_α und x_β sind jeweils einseitig zu verstehen. Um normierte Werte zu erhalten (relative EG und NG), werden wie oben $\mu_0 = 1$ und $\sigma = \text{TPCV}$ gesetzt.

Während also, bei vorgegebener Meßmethode, die EG ein notwendiges Kriterium dafür ist, ob ein gefundener Effekt signifikant ist (und nicht etwa ein durch statistische Schwankungen hervorgerufenen Artefakt), ist die NG eine notwendige Bedingung an die Methode dafür, ob sie geeignet ist, einen erwarteten (vorgegebenen) Effekt zu entdecken. Je nach erwartetem Effekt muß man daher u.U. die Methode verändern oder eine andere verwenden.

Um, im hier diskutierten Beispiel, eine zusätzliche Bodenbelastung vorgegebener Höhe, die z.B. Folge eines neuen Fallout ist, sicher entdecken zu können, muß die Untersuchungsmethode (etwa durch Genauigkeit bei der Probenahme und die Anzahl der Proben) so adaptiert werden, daß ihre NG die Entdeckung der erwarteten zusätzlichen Belastung ermöglicht. Umgekehrt kann, bei gegebener Methode und daher gegebener NG, gesagt werden, wie hoch eine zusätzliche Belastung sein muß, um sicher (d.h. für gegebene Wahrscheinlichkeit des Fehlers 2. Art) erkannt zu werden.

Wenn andererseits bei einer Nachmessung der Bodenbelastung ein höherer Wert als bei der ursprünglichen Messung gefunden wird, muß er mit der EG verglichen werden, um zu entscheiden, ob er sicher (d.h. für gegebene Wahrscheinlichkeit des Fehlers 1. Art) eine zusätzliche Belastung anzeigt oder ob ein „statistisches Artefakt“ eher wahrscheinlich ist.

Wenn das Ziel der Nachmessung die Entdeckung einer erwarteten Belastungs*differenz* ist, also der Höhe einer *zusätzlichen* Deposition, und nicht bloß die einer *höheren* Belastung als der bei der Grundmessung festgestellten, müssen die Definitionen von EG und NG allerdings etwas modifiziert werden: Die Nullhypothese H_0 lautet nun, daß keine Differenz besteht und nicht, wie oben, die Grundbelastung selbst.

$$\text{EG:} \Leftrightarrow P(x - \mu_0 > \text{EG} \mid H_0) = \alpha, \text{ oder } \text{EG} = \mu_0 + x_\alpha \cdot \sigma';$$

$$\text{NG:} \Leftrightarrow \text{NG} = \inf_H \{ \mu_H: P(x - \mu_0 < \text{EG} \mid H) = \beta \}, \text{ oder } \text{NG} = \mu_0 + (x_\alpha + x_\beta) \cdot \sigma'.$$

Die Differenz zweier unabhängiger normalverteilter Variabler ist wieder normalverteilt mit $\sigma' = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_1^2}$. Wenn σ_0 und σ_1 gleich sind (gleiche Meßmethode, d.h. gleiche TPCV), ist einfach $\sigma' = \sigma_0 \sqrt{2}$.

Tabelle 5 faßt EG, NG und Trenndistanz verschiedener Meßmethoden zusammen. Die Werte sind prozentuelle Relativgrößen, die Absolutwerte sind demnach $EG = \mu_0 (1 + EG\% / 100)$ usw.

Methode		EG%	NG%	d%
I	In situ-Gamma	30.2	60.5	46.9
A	1 Bodenprobe	50.0	100.0	77.5
B	Mischprobe aus 10 Bodenproben, die von einer Fläche von 1 ha genommen wurden	31.2	62.3	48.4
C	Mischprobe aus 10 Bodenproben, die von einer Fläche von 400 m ² genommen wurden, als Schätzung der mittleren Belastung der Fläche 1 ha	38.8	77.7	60.2

Tab. 5: Erkennungs- und Nachweisgrenzen sowie Trenndistanz für verschiedene Meßmethoden

Offensichtlich sind also für alle Methoden sehr hohe Nachweisgrenzen für zusätzliche Depositionen zu erwarten. Für die In situ-Spektrometrie z.B. muß eine zusätzliche Deposition 60.5 % des Grundwertes betragen, um statistisch sicher nachweisbar zu sein. (Wenn aber eine Nachmessung einen höheren Wert ergibt, muß er nur 30.2 % (= EG) höher als der Grundwert sein, um akzeptiert zu werden.)

Die Werte von EG und NG sind dabei so zu verstehen, daß Grundmessung und Nachmessung nach derselben Methode erfolgen. Andernfalls sind so hohe NG zu erwarten, daß die Methode für praktische Zwecke ungeeignet ist.

Für den prozeßbedingten Anteil der TPCV wurde hier immer (konservativ) $CV_{\text{proc}} = 12.2\%$ angenommen.

Die Beziehungen zur Berechnung von EG%, NG% und d% lauten numerisch:

$$EG\% = TPCV \cdot 2.3262$$

$$NG\% = TPCV \cdot 4.6525$$

$$d\% = TPCV \cdot 3.6049$$

Für andere Meßmethoden gelten diese Formeln natürlich nicht (siehe LETTNER et al. 1994).

Die hohen Werte der Nachweisgrenzen für alle Methoden legen es nahe, soweit wie möglich Alternativen zur Identifizierung und Quantifizierung eines neuen Fallout zu verwenden. In erster Linie bietet sich an, andere Nuklide als Cäsium-137 zu untersuchen, die in tatsächlichem Niederschlag enthalten sind bzw. solche zu suchen, die in vermutetem Niederschlag enthalten sein könnten. Im Tschernobyl-Fallout waren etliche leicht meßbare gammastrahlende Nuklide enthalten, die (mit Ausnahme des ¹³⁴Cs) wegen ihrer relativ kürzeren Halbwertszeiten heute i.a. bis zur Unmeßbarkeit zerfallen sind. - Wird bei einer Bodenuntersuchung daher heute, 10 Jahre nach Tschernobyl, ein kurzlebige Nuklid wie Iod-131 (8 Tage HWZ) oder Ruthenium-103 (39 Tage HWZ) gefunden, ist neuer radioaktiver Niederschlag anzunehmen, unabhängig vom Cäsium-137-Befund. Wegen der kurzen HWZ

vieler Gammastrahler, die im Fallout nach nuklearen Unfällen typischerweise enthalten sind, eignen sich diese aber nur für kurze Zeit für Messungen. Danach muß gegebenenfalls wieder auf Cäsium-137 als Indikator zurückgegriffen werden, trotz der damit verbundenen Nachteile (hohe NG und EG), die gemäß den obigen Überlegungen aus der Vorbelastung resultiert.

Es ist anzumerken, daß die Größen NG usw. hier unter pessimistischen Voraussetzungen berechnet wurden. Für die In situ-Gammaspektrometrie, wie sie von der BALUF Wien zur Zeit angewendet wird, nämlich auf Äckern (DITTO 1995a), ist auch für Cäsium-137 bei neuem Fallout mit einer viel niedrigeren NG zu rechnen, wenn der "alte" Fallout (Grundwert) durch Pflügen in der Tiefe praktisch homogen verteilt ist, der junge aber noch an der Oberfläche liegt. Der Grund liegt darin, daß oberflächliche Kontamination zum oberirdischen Gammastrahlungsfeld (welches gemessen wird; siehe Abschnitt 2.2.2) wesentlich mehr beiträgt als eine ebenso große, aber durch Pflügen in der Tiefe verteilte Kontamination (DITTO 1995b). - Die Berechnung von NG usw. für diese besonderen Bedingungen ist bisher unseres Wissens nicht versucht worden.

2.5.5 Ungeklärte Probleme

a) Lokale Extrema

Die Dichte der Meßpunkte ist regional unterschiedlich, wie aus Abbildung 8 (im Anhang) zu erkennen ist. Viele Messungen stammen, wie oben erwähnt, aus regionalen Meßprojekten und liegen deshalb oft sehr dicht. In Gebieten, in denen nicht genügend Punkte zur Verfügung standen, wurden in den Jahren 1993 bis 1995 speziell für die Cäsiumkarte Messungen durchgeführt. Ihre Zahl war aber vor allem von ökonomischen Randbedingungen bestimmt und erst in zweiter Linie von statistischen Überlegungen. Es wurde allerdings darauf geachtet, daß in Gebieten mit (aus vorhandenen Messungen) bekannt hoher Belastung oder hohem Belastungsgradienten (räumliche Änderung der Belastung), wie beispielsweise in den Hohen Tauern oder Teilen Oberösterreichs, die Meßpunkte dichter gelegt wurden.

Unklar bleibt allerdings, wie dicht die Punkte gelegt werden müßten, um mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit ausschließen zu können, daß lokale Belastungsextrema bestimmter räumlicher Ausdehnung und relativer Höhe (gegenüber der Umgebung) unentdeckt bleiben. Es kann daher nach den vorliegenden Untersuchungen nicht ausgeschlossen werden, daß solche Extrema existieren, aber bisher nicht gefunden worden sind.

Um die Frage zu klären, müßten typische Werte der Schwankungen der Bodenbelastung im mittleren Längenbereich (1 bis 10 km), also unter dem üblichen Abstand der Meßpunkte, erhoben und weitere statistische Berechnungen durchgeführt werden.

b) Regionale Lücken der Bestandsaufnahme

Bedingt durch häufig schlechtes Wetter im Sommer 1995 konnten nicht an allen vorgesehenen Punkten - vor allem im Bergland, aber auch in Teilen der Oststeiermark - Messungen durchgeführt werden. Abgesehen von im Abschnitt a) erwähnten möglichen Problemen ist allerdings nicht anzunehmen, daß die fehlenden Punkte das Gesamtbild der Cäsiumbelastung gemäß Abbildung 8 (im Anhang) verändern würden.

In Tirol wurden erst im Sommer und Herbst 1995 Bodenmessungen durchgeführt. Bei der Auswertung zeigte sich, daß einige Punkte nachgemessen und in einigen Gebieten mit

hohem Belastungsgradienten (z.B. Karwendelgebirge) die Meßpunkte dichter gelegt werden sollten. Auch ein erst 1995 neuentdecktes Belastungsmaximum in einem Seitental des Zillertals sollte näher untersucht werden.

Punkte aus grenznahen Gebieten der Nachbarländer wurden verwendet, um die Isolinien im Grenzbereich genauer legen zu können.

c) Repräsentativität der Verfahrensstandardabweichung

Die Zahlenwerte der Verfahrensstandardabweichung TPCV (Abschnitt 2.5.2) und die davon abgeleiteten Größen (Konfidenzintervall usw.) beruhen auf statistischen Untersuchungen der Belastung einer Wiese in Salzburg. Unklar ist, wie weit die daraus gewonnenen Daten für österreichische Böden typisch sind. Da die Untersuchung relativ aufwendig ist, wurde sie bisher für Böden anderer Landschaftstypen (Almen, Hügelland, Flachland) nicht durchgeführt.

Auch die Daten für die prozeßbedingten Beiträge zur TPCV stammen aus einigen wenigen Untersuchungen von nur zwei Labors; es läßt sich nicht sagen, ob die Ergebnisse für die Praxis der Probenahme und -verarbeitung in Österreich repräsentativ sind.

d) Spezielle Umverteilungsphänomene im Gebirge

In Gebieten, in denen zur Zeit des Tschernobyl-Fallout um den 1. Mai 1986 noch viel Schnee gelegen ist - also vor allem im Gebirge - kann sich das gemessene Cäsium-Inventar von der Deposition deutlich unterscheiden, wenn diese etwa mit dem schmelzenden Schnee oder mit Lawinen hangabwärts transportiert wurde. Es gibt Indizien dafür, daß kleinräumig sehr hohe Belastungsunterschiede eher auf solche Phänomene zurückzuführen sein könnten, als auf unterschiedliche Deposition.

Diese von der Schneelage in steilem Gelände verursachte komplexe Belastungssituation, die vor allem auf Almen relevant sein kann, ist bisher kaum untersucht worden. Zur weiteren Klärung müßten geeignete Orte (z.B. hochgelegene Almen in den Hohen Tauern) unter spezieller Berücksichtigung der Geländeform - Hangwiesen, Talwiesen, von Bächen gelegentlich überschwemmte Wiesen, Senken und Kuppen, in denen sich Schmelzwasser sammelt bzw. von denen Schmelzwasser abfließt, lawinenexponierte Flächen, Murenkegel, durch Hangwald abgeschirmte Flächen usw. - untersucht werden.

e) Bestimmung von Cäsium-134

Die genaue Messung von Cäsium-134 ist für die Berechnung des Bomben-Cäsiums wichtig (siehe Abschnitte 3.2.2 und 2.3). Da die Auswertemethoden (für dieses Problem ist die genaue Bestimmung der Summeneffekte wichtig) in Österreich bisher nicht koordiniert sind, bleiben viele Werte des Bomben-Cäsiums sehr ungenau. Die Ermittlung der Korrekturfaktoren ist allerdings relativ aufwendig.

Für viele Meßpunkte fehlen überdies Angaben für Cäsium-134 ganz, da für die Bestimmung des Cäsium-134 in schwach belasteten Gebieten mehrere Jahre nach dem Unfall in Tschernobyl oft ökonomisch unvertretbar lange Meßzeiten erforderlich sind.

3 **ERGEBNISSE**

3.1 **LAGE UND DICHTER DER MESSPUNKTE**

Die Datenbank enthält 2115 Bodenwerte, davon stammen 234 aus grenznahen Gebieten der Nachbarländer. Die Lage der Meßpunkte ist aus den Abbildungen 8 und 15 (im Anhang) zu erkennen. Die Punkte sind nicht homogen über Österreich verteilt: Entsprechend der Herkunft vieler Daten aus Einzelprojekten liegen sie teilweise regional sehr dicht, oft im Abstand von nur 100 m (z.B. in den Hohen Tauern, im Zillertal, auf der Koralpe, im Weinsberger Wald, in der Gegend um Linz usw.). Im Mittel kommt ein Meßpunkt auf 45 km²; wegen der genannten Inhomogenität der räumlichen Verteilung der Punkte ist die Dichte in manchen Gegenden niedriger. Die Dichte von einem Meßpunkt pro 100 km² ist aber fast überall erreicht worden. Die Meßpunkte müssen umso dichter gewählt werden, je größer die regionalen Schwankungen der Belastung sind (siehe dazu Abschnitt 3.2.3).

Parallel zur Datenerhebung wurden in einem separaten Projekt des Umweltbundesamtes statistische Aspekte untersucht (LETTNER et al. 1994). Über einige der Ergebnisse wurde bereits in Abschnitt 2.5 berichtet.

Die Daten aus dem benachbarten Ausland wurden von verschiedenen Institutionen der betreffenden Länder zur Verfügung gestellt (ANDRÁSI 1993, BONKA 1993, BRAJNIK 1994, CEC 1990, GIOVANI 1994, MALÁTOVÁ 1995, MURITH et al., 1993, VLADÁR 1995, ISPRA 1992).

3.2 **GEOGRAPHISCHE VERTEILUNG DER BELASTUNG**

3.2.1 **Cäsium-137**

Abbildung 8 (im Anhang) zeigt die geographische Verteilung der Cäsium-137-Belastung (Tschernobyl + Bomben). Die mittlere Flächenbelastung Österreichs mit Cäsium-137 beträgt 21 kBq/m² (Arithmetisches Mittel, AM) bzw. 16 kBq/m² (Median; der Median ist so definiert, daß je 50 % der Einzelwerte über bzw. unter diesem Wert liegen). Der Berechnung von AM und Median liegen die interpolierten aber ungefilterten Werte des 1 km-Rasters zugrunde (siehe Abschnitt 2.4.3).

Damit hat Österreich die höchste mittlere Belastung mit Ausnahme der Ukraine, Weißrußlands und Skandinaviens (siehe Liste im Anhang 2). Die Aktivität ist aber geographisch sehr ungleichmäßig verteilt, entsprechend der Niederschlagsituation Ende April/Anfang Mai 1986.

Besonders stark kontaminierte Gebiete mit Spitzenwerten der Flächenbelastung bis über 100 kBq ¹³⁷Cs/m² sind:

- Ein von Nordost bis zu den Hohen Tauern verlaufender Streifen: Teile des Wald-, Mühl- und Hausruckviertels, die Gegend um Linz, die Welser Heide, die Pyhrngegend, Salzkammergut, westliche Niedere Tauern und Hohe Tauern bis zu den Zillertaler Alpen;
- Ein Gebiet im Süden Österreichs: Koralpe, Südkärnten. Dieser Streifen setzt sich nach Italien fort.

Für einige der stark belasteten Gebiete konnte aufgrund der höheren Meßpunktdichte eine detailliertere Isolinieninterpolation erfolgen (Abb. 10 bis 14 im Anhang: Hohe Tauern, Salzkammergut, Waldviertel, Koralpe, Tiroler Unterland). Abbildung 9 (im Anhang) gibt eine Übersicht über die Lage der Detailkarten.

Besonders niedrig belastete Gebiete - unter $10 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ - sind:

- Das ostösterreichische Flachland: Marchfeld, Weinviertel, Tullnerfeld;
- Teile Kärntens, der Steiermark, des Burgenlandes;
- Teile des westlichen Mühl- und Innviertels;
- Der Westen Nordtirols und der Süden Osttirols;
- Teile Vorarlbergs: Rheintal, Südteil des Landes.

3.2.2 Atombombenanteil der Cäsium-137-Belastung

Abbildung 15 (im Anhang) zeigt die geographische Verteilung des Bomben-Cäsiums. Der Anteil des Bomben-Cäsiums am gesamten Cäsium-137-Inventar wird auf folgende Weise ermittelt: Das Verhältnis $^{137}\text{Cs}:^{134}\text{Cs}$ aus dem Tschernobylfallout ist bekannt und wird mit dem Wert Q angegeben. Da der Anteil des Cäsium-134 am Bomben-Fallout – sofern überhaupt vorhanden (siehe CIGNA et al. 1971) – wegen der kurzen Halbwertszeit nicht mehr gemessen werden kann, kann das Cäsium-137 aus dem Bomben-Fallout aus dem Cäsium-137-Gesamtwert minus Q mal dem Cäsium-134-Wert berechnet werden. Es gilt demnach:

$$^{137}\text{Cs}(\text{Bomben}) = ^{137}\text{Cs}(\text{gesamt}) - Q \times ^{134}\text{Cs}$$

Da in den meisten Fällen der Anteil des Bomben-Cäsiums am gesamten Cäsium-137-Inventar klein ist (wenige Prozent), und überdies die statistische Unsicherheit des gemessenen Wertes für Cäsium-134 im allgemeinen groß ist, ist die aus der Fehlerfortpflanzung resultierende Unsicherheit des Wertes für das Bomben-Cäsium oft sehr groß. Zusätzliche systematische Fehler bei der Bestimmung von Cäsium-134 können das Bild daher vollkommen verzerren.

Der Wert Q dürfte über das Gebiet Österreichs einigermaßen konstant sein (zur örtlichen und zeitlichen Schwankung des Cäsium-Verhältnisses siehe z.B. RAES et al. 1990, CAMBRAY et al. 1987, BOSSEW et al. 1990). Die genaueste Bestimmung für Österreich dürfte bei MÜCK (1988) zu finden zu sein, $Q = 1.764 \pm 5.1 \%$. Für die zumeist verwendeten zylindrischen Meßgeometrien erscheint ein Wert $Q = 1.88$ sinnvoll, wenn keine Summenkorrektur für Cäsium-134 durchgeführt wird (BOSSEW et al. 1990). (Der entsprechende Wert von $1.066 = 1.88 / 1.764$ für die Summenkorrektur paßt gut zur theoretischen Berechnung dieses Wertes.)

Wurde bei der Auswertung der Bodenproben eine Summenkorrektur durchgeführt, so wurde zur Berechnung des Bomben-Cäsiums der Wert $Q = 1.764$, in allen anderen Fällen der Wert $Q = 1.88$ verwendet.

Wegen der methodisch bedingten Unsicherheit bei der Bestimmung des Anteils von Bomben-Cäsium am gesamten Cäsium-137-Inventar wurde hier eine gröber aufgelöste Darstellung gewählt. Gebiete mit höherer und niedrigerer Bomben-Cäsium-Belastung sind gut zu unterscheiden. Die Gebiete korrelieren erwartungsgemäß gut mit den Gebieten höheren mittleren Niederschlages. Die Deposition des Bomben-Fallout erfolgte im Gegensatz zu dem von Tschernobyl über viele Jahre hinweg. Da die Deposition am

effektivsten mit dem Niederschlag erfolgt, ist verständlich, daß im Mittel niederschlagsreichere Gebiete stärker kontaminiert sind.

Die Deposition innerhalb weniger Tage nach dem Unfall von Tschernobyl ist dagegen gut mit der Niederschlagsmenge während dieser Tage korreliert, die nicht notwendigerweise mit der Niederschlagsmenge im langjährigen Mittel zusammenhängt, sondern mit der speziellen Wettersituation zwischen 29.4. und 10.5.1986.

Die Werte der Karte des Bomben-Cäsiums können mit Literaturwerten verglichen werden. Nach UNSCEAR (1993) beträgt die *zeitintegrierte* Depositionsdichte von Cäsium-137 aus dem Bomben-Fallout zwischen 40° und 50° nördlicher Breite im Mittel 5.2 kBq/m². Die zeitintegrierte Deposition ist die Summe der jährlichen Depositionen ohne Zerfallskorrektur. Wenn diese berücksichtigt wird, erhält man die sogenannte *kumulierte* Deposition, das ist die (vom Meßzeitpunkt abhängige) Menge an Cäsium.

Die kumulierte Deposition beträgt heute grob die Hälfte der zeitintegrierten, also für unsere Breiten rund 2.6 kBq ¹³⁷Cs/m². Dieser Wert stimmt mit dem in dieser Arbeit erhobenen österreichischen arithmetischen Mittelwert von 2.3 kBq ¹³⁷Cs/m² (Median 2.0 kBq ¹³⁷Cs/m²) gut überein. (Berechnung mit den interpolierten, ungefilterten Werten des 4 km-Rasters, vgl. Abschnitt 2.4.3.)

Die mittlere Belastung mit Cäsium-137 aus dem Tschernobyl-Fallout allein ist somit 21.0 kBq/m² - 2.3 kBq/m² = 18.7 kBq/m².

3.2.3 Regionale Variabilität

Um ein grobes Bild darüber zu erhalten, ob neben der Belastung selbst auch die *Variabilität* der Belastung ein signifikantes räumliches Verteilungsmuster aufweist, wurde der "regionale" Variationskoeffizient CV (Standardabweichung SD / Arithmetisches Mittel AM) der Rohdaten (d.h. nicht interpoliert, nicht gefiltert) der Gesamtbelastung mit Cäsium-137 in Rastern der Größe 20 x 20 km² bis 50 x 50 km² berechnet. Der CV ist damit ein Maß für die relative (d.h. an der Höhe der Belastung gemessenen) "regionale Variabilität".

Es zeigt sich, daß, anders als für die Belastung selbst, für den CV der Belastung kein geographisches Muster zu erkennen ist. Die Variabilität - für die der CV ein Maß ist - ist demnach in niedrig belasteten Gebieten (z.B. Marchfeld) ebenso groß wie im Gebirge und in hoch belasteten Regionen (Hohe Tauern, Salzkammergut). (Natürlich ist der Absolutwert des Gradienten - ausgedrückt durch die SD - in höher belasteten Gebieten im allgemeinen höher als in niedriger belasteten.)

Dieses Ergebnis entspricht nicht der Erwartung: es war angenommen worden, daß vor allem im Gebirge die regionale Variabilität besonders hoch ist. - Nicht untersucht ist bisher allerdings der "klein-regionale" Bereich unter 20 x 20 km².

Für ganz Österreich ergeben die interpolierten, gefilterten Daten mit AM = 21.0 kBq ¹³⁷Cs/m² und SD = 15.3 kBq ¹³⁷Cs/m² einen Variationskoeffizienten von 73 %.

3.3 HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER BODENBELASTUNG

Abbildung 7 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Bodenbelastungen mit Cäsium-137 (gesamt). Für die Berechnung wurden die interpolierten Werte des 1000 m-Rasters herangezogen.

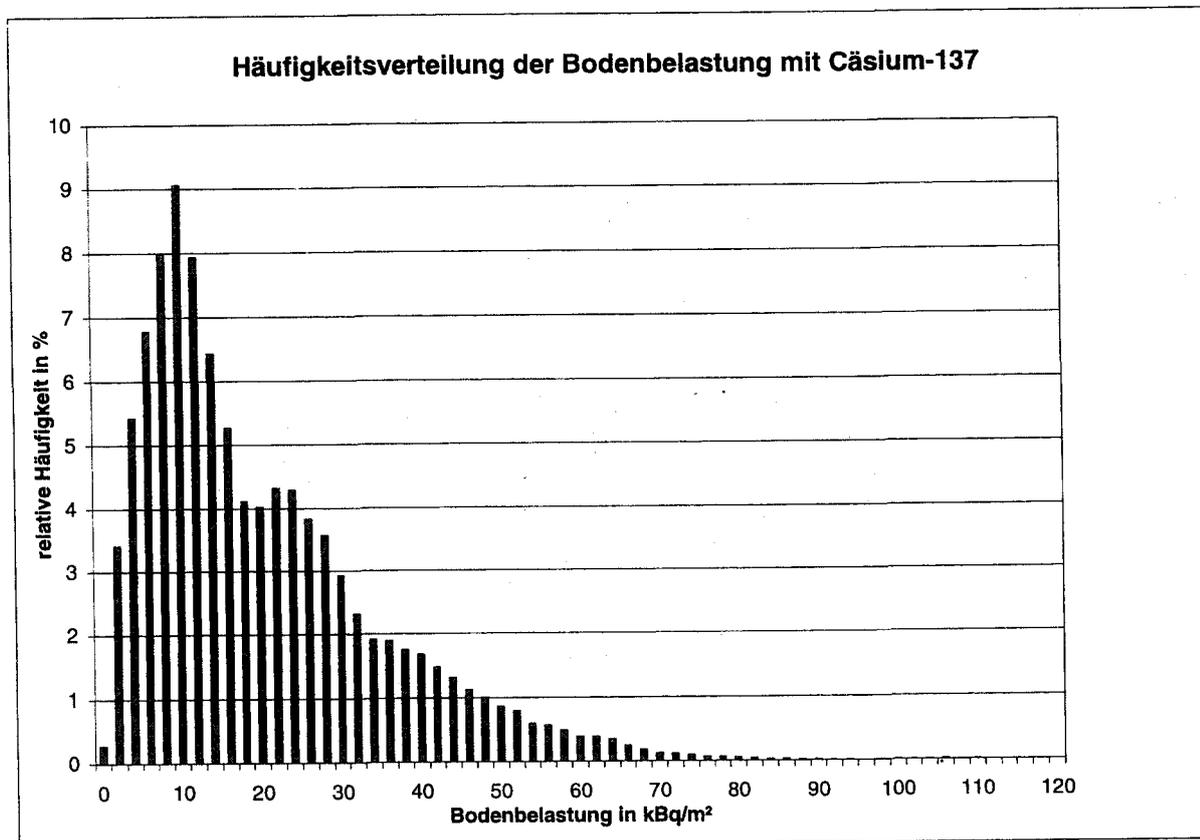


Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Bodenbelastung mit Cäsium-137 (gesamt) in kBq/m²

Die Belastung mit Cäsium-137 ist weder normal noch lognormal verteilt, obwohl letztere Verteilung der Realität etwas näher kommt.

Aus der näherungsweise lognormalen Verteilung der Werte folgt, daß für die Darstellung des Rasters eine Klasseneinteilung mit logarithmisch gestaffelten Grenzen am besten geeignet ist. In Abbildung 8 (im Anhang) wurde ein Klassenabstand von rund $\sqrt[5]{10} \approx 1.58$ gewählt, eine Dekade also etwa gleichmäßig in 5 Klassen geteilt (siehe auch Abschnitt 2.5.4): | 10-15 | 15-25 | 25-40 | 40-60 | 60-100 | (kBq ¹³⁷Cs/m²).

3.4 GESAMTMENGE AN RADIOCÄSIUM

Aus den vorliegenden Werten ergibt sich auf der Fläche Österreichs ein gesamtes Inventar an Cäsium-137 von etwa 1.76 PBq, davon ca. 0.19 PBq altes Bomben-Cäsium. Die entsprechenden Mittelwerte (AM) sind 21.0 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ bzw. 2.3 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$.

Bei einer geschätzten insgesamt von Tschernobyl freigesetzten Menge an Cäsium-137 von 70 bis 130 PBq (CAMBRAY 1987) bedeutet das, daß etwa 1.2 bis 2.2 % des freigesetzten Cäsium-137 in österreichischen Böden gespeichert ist.

Die spezifische Aktivität von Cäsium-137 beträgt 3.20 TBq/g (1 TeraBq = 10^{12} Bq); umgekehrt entspricht 1 PBq der Menge von 313 g. In Österreich wurden somit durch den Tschernobyl-Fallout ca. 490 g Cäsium-137 deponiert; zum Bezugszeitpunkt 1. Mai 1986 waren außerdem knapp 60 g Bomben-Cäsium im Boden vorhanden.

3.5 KORRELATION BODENBELASTUNG – DOSISLEISTUNG – NIEDERSCHLAG

3.5.1 Messungen des Strahlenfrühwarnsystems 1986

Im Rahmen eines Projekts des Gesundheitsministeriums wurden 1991 die Korrelationen von Bodendeposition, Dosisleistung und Niederschlag untersucht (GERZABEK et al. 1991).

Zunächst wurden die Werte der Ortsdosisleistung des Strahlenfrühwarnsystems vom 10. Mai 1986 (also nach Deposition des überwiegenden Teils des Fallout) mit der Cäsium-137-Belastung an benachbarten Boden-Probenahmestellen in Beziehung gesetzt. Das Ergebnis war die Funktion:

$$\text{Bodenbelastung [kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2] = -15.27 + 0.142 \text{ Dosisleistung [nSv/h]}$$

mit $r = 0.77$ und $p < 10^{-4}$ statistisch sehr gut abgesichert. (Die negative Konstante resultiert aus dem natürlichen Hintergrund von kosmischer und terrestrischer Strahlung.)

Für die Korrelation der Cäsium-137-Bodenbelastung mit dem nassen Niederschlag ergaben sich $r = 0.68$, wenn die Niederschlagssumme vom 29.4. bis 2.5.1986 betrachtet wird, aber nur $r = 0.29$ bei Berücksichtigung der Niederschläge vom 29.4. bis 9.5.1986. Das weist darauf hin, daß der größte Teil der Aktivität in den Tagen um den 1. Mai 1986 deponiert worden ist.

Die Analyse des Zusammenhangs von Bodenbelastung und Niederschlag wurde mit dem größeren Satz von Bodendaten des vorliegenden Projekts wiederholt (GERZABEK et al. 1994). Die Korrelationen wurden nicht nur für ganz Österreich, sondern auch für die einzelnen Bundesländer separat untersucht. Die Ergebnisse sind:

- Österreich: mit $r = 0.77$ ist der Zusammenhang von Deposition und Niederschlagssumme vom 29.4. bis 2.5.1986 sehr gut, der mit den Niederschlägen 29.4. bis 9.5.1986 ist viel schwächer ($r = 0.60$); dies stimmt tendenziell mit dem Ergebnis der früheren Untersuchung überein.

- Die Korrelationen sind in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich. Sie reichen von $r = 0.95$ und besser in Vorarlberg, Kärnten, Steiermark und Niederösterreich (hochsignifikant) bis zu *negativen* Korrelationen in Wien und Burgenland. Das kann so interpretiert werden, daß für eine signifikante Korrelation der Zeitpunkt des Durchzugs der kontaminierten Luftmassen in Verbindung mit dem Zeitpunkt des Niederschlags besser bekannt sein muß (auch die kurze Periode 29.4. bis 2.5.1986 ist zu ungenau) und überdies auch der Beitrag der trockenen, also nicht mit dem Niederschlag verbundenen Deposition erheblich ist.
- Interessant ist der Fall des Burgenlands, wo sich mit der Periode 29.4. bis 2.5.1986 ein $r = 0.49$ (schwache positive Korrelation) ergibt, für die Periode 29.4. bis 9.5.1986 jedoch ein $r = -0.68$ (stärkere, aber negative Korrelation) (Werte für ^{134}Cs). Offensichtlich war also der Regen nach dem 2.5. nur sehr schwach kontaminiert und der Regen bis zum 2.5. hat zur Deposition nur relativ wenig beigetragen, d.h. die trockene Deposition war von Bedeutung.
- Im allgemeinen sind die Korrelationen von Niederschlag mit Cäsium-137 und Cäsium-134 sehr ähnlich, was auf die geringe Rolle hindeutet, die der Anteil des Bomben-Cäsium-137 im Mittel spielt (dieser Anteil wurde über viele Jahre hinweg deponiert und kann daher höchstens zufällig mit der Niederschlagssumme weniger Tage korreliert sein).
- Die Regressionsfunktion ist in diesem Fall nicht so interessant, da ihre Koeffizienten von den spezifischen Bedingungen der Kontaminationssituation des Ereignisses "Tschernobyl" abhängen, insbesondere von der Absolutgröße der Kontamination der Luftmassen. Sie ist deshalb nicht unmittelbar als Prognosemodell für eventuell zukünftig stattfindende Kontaminationsereignisse brauchbar, da aus ihr keine standardisierten Größen abgeleitet werden können.

Unter Berücksichtigung der genannten Einflüsse, die das Bild verzerren können, ist der grundsätzliche Zusammenhang von Deposition und Niederschlag aber gut bestätigt worden.

3.5.2 Zusammenhang von Nuklidinventar und Dosisleistung

Der Zusammenhang zwischen Inventar an Radionukliden und Gamma-Dosisleistung (DL) über dem Boden ist im allgemeinen sehr komplex; einfache Formeln lassen sich dafür nicht angeben. Die DL ist abhängig von folgenden Faktoren:

- Menge der deponierten Nuklide.
- Art der Nuklide, da etwa Cäsium-137 und Cäsium-134 verschiedene Intensitäten an Gammastrahlung aufweisen. Die gleiche Aktivitätsmenge an Cäsium-137 bzw. Cäsium-134 erzeugt verschiedene DL über dem Boden.
- Tiefenverteilung der Kontamination: je tiefer unter der Oberfläche die strahlenden Substanzen liegen, desto größer ist der Teil der Strahlung, der von darüberliegenden Erdschichten geschluckt (absorbiert) oder gestreut und dadurch energetisch verändert wird. Wenn also an zwei Orten die gleiche Menge z.B. an Cäsium-137 liegt, aber in verschiedenen Tiefen, sind die resultierenden DL verschieden. Die nach einer Kontamination sich ergebende Tiefenverteilung hängt u.a. vom chemischen und physikalischen Verhalten der Nuklide im Boden ab, d.h. von den chemischen und physikalischen Eigenschaften sowohl des Bodens (Bodentyp) als auch der Nuklide. So wandert z.B. Cäsium im Boden im allgemeinen langsamer als Ruthenium, liegt daher meistens näher der Oberfläche. Der Einfluß verschiedener Böden ist daran zu erkennen, daß das Cäsium etwa in sauren Almböden stärker gebunden ist, d.h. langsamer wandert

und daher näher der Oberfläche liegt, als in eher basischen (gedüngten) Kulturböden (Beispiele anhand Salzburger Böden in LETTNER et al. 1996).

- Beschaffenheit der Oberfläche: Unebenheit und Bewuchs ("Bodenrauhigkeit") schirmen zusätzlich Strahlung ab.

Im allgemeinen wird die DL in einer Höhe von 1 m über dem Boden gemessen. Die Zahlenangaben im folgenden gelten für solche Meßgeometrien.

Ein relativ einfacher Zusammenhang besteht zwischen DL und Aktivität von frischem Fallout, d.h. wenn die deponierten Radionuklide an der Oberfläche liegen. Bei Vernachlässigung von Bodenrauhigkeit beträgt dann die z.B. von Cäsium-137 verursachte DL ungefähr:

$$DL \text{ [nSv/h]} = 2.9 \cdot \text{Deposition [kBq } ^{137}\text{Cs/m}^2\text{]} \quad (\text{nach BECK et al. 1972})$$

Der Proportionalitätsfaktor heißt Dosisleistungskonstante und wird üblicherweise mit Γ bezeichnet ($\Gamma = 2.9$ für diesen Fall).

In Österreich hat demnach das frisch deponierte Cäsium-137 in den Tagen nach dem 1. Mai 1986 im Mittel eine DL von rund 54 nSv/h erzeugt (Annahme: mittlere Deposition 18.7 kBq $^{137}\text{Cs/m}^2$). Dazu kamen damals allerdings noch erhebliche Beiträge anderer, teils kurzlebiger Nuklide, wie Jod-131 und Ruthenium-103. An einigen Orten Österreichs wurden über 2000 nSv/h gemessen (BKA 1988). Seither hat sich die durch Cäsium-137 bewirkte DL durch dessen radioaktiven Zerfall und die Tiefenverlagerung deutlich vermindert. - Zum Vergleich: die natürliche Strahlung (kosmische Strahlung, Strahlung natürlicher Nuklide) erzeugt eine DL von 50 bis 200 nSv/h, abhängig von der Seehöhe und der geologischen Beschaffenheit des Bodens (österreichischer Mittelwert: 89 nSv/h, Zahlen nach TSCHIRF et al. 1975).

3.5.3 Empirische Bestimmung der Dosisleistungskonstanten

An fast 400 der Probenahmepunkte wurde außer der Bodenbelastung auch die DL gemessen. Mittels statistischer Methoden kann daraus auf den Anteil der vom Fallout-Cäsium verursachten DL rückgeschlossen werden.

Die DL wird von kosmischer und terrestrischer Strahlung, sowie in der Luft vorhandenen Radionukliden erzeugt. Erstere hängt von der Seehöhe ab, die zweite stammt von den im Boden enthaltenen natürlichen Radionukliden (Uran-238, Uran-235 und Thorium-232 sowie deren Folgeprodukte; Kalium-40) und von deponierten künstlichen Radionukliden wie Cäsium-137. Der letzte Anteil ist - sofern nicht gerade kontaminierte Luftmassen durchziehen, wie in den Tagen nach dem Unfall in Tschernobyl - bedingt durch die kurzlebigen radioaktiven Folgeprodukte der Radonisotope (^{222}Rn und ^{220}Rn). Die Radonisotope sind Produkte aus den natürlichen Zerfallsreihen und können - da sie Edelgase sind - relativ leicht aus dem Boden entweichen. Die gemessene DL setzt sich somit aus folgenden Beiträgen zusammen:

$$DL = \text{HG} + \text{kosm.Strahlung} + \text{depon.künstl.Radionuklide} + \text{natürl.Radionuklide} + \text{Radon}$$

Dabei ist HG der Hintergrundwert (elektronisches Rauschen etc.) des Meßgerätes. Aus den Meßwerten für die Aktivitätskonzentration der natürlichen Radionuklide im Boden kann der von ihnen verursachte Beitrag zur DL berechnet werden (nach BECK et al. 1972), wobei der mittlere Radon-Beitrag (normalerweise sehr klein) dabei berücksichtigt wird. (Bei bestimmten Wetterlagen ist die natürliche DL deutlich erhöht: Bei Regen werden radioaktive

Radonfolgeprodukte aus der Luft auf den Boden ausgewaschen, bei Inversionswetter ist der Radongehalt der bodennahen Atmosphäre erhöht.)

Die Beiträge der kosmischen Strahlung und der deponierten künstlichen Radionuklide können mittels statistischer Methoden abgeschätzt werden. Zunächst ist zu untersuchen, ob überhaupt eine Korrelation zwischen der Rest-DL (= gemessene DL minus berechnete Beiträge der natürlichen Nuklide), der Seehöhe und dem Cäsium-137-Inventar besteht. Danach werden die Zusammenhänge mittels Regressionsanalyse quantifiziert; die Regressionskoeffizienten sind die gesuchten Dosisleistungskonstanten.

Im folgenden werden Daten aus vier Meßprojekten untersucht, und zwar Messungen aus den Hohen Tauern im Sommer 1988 (BOSSEW et al. 1989), der Koralpe 1989/90 (BOSSEW 1991), Salzburg im Herbst 1993 (LETTNER et al. 1994) und Tirol im Sommer 1995 (FIMML 1995).

Die daraus ermittelten Werte der Dosisleistungskonstanten Γ für Cäsium-137 (\pm ein Sigma) sind in Tabelle 6 zusammengefaßt; Details sind in den folgenden Abschnitten zu finden. Der Korrelationskoeffizient r mißt die Güte des Zusammenhanges von DL und Bodenbelastung; je näher r beim Wert 1 liegt, umso besser ist die Korrelation.

Alter des Fallout	Dosisleistungskonstante Γ für ^{137}Cs , $\frac{\text{nSv/h}}{\text{kBq/m}^2}$	Korrelationskoeff. r DL - Bodenbelastung
frisch	2.9	
2 Jahre, Hohe Tauern	0.95 ± 0.10	0.70
3-4 Jahre, Koralpe	1.15 ± 0.12	0.75
7 Jahre, Salzburg	0.97 ± 0.23	0.58
9 Jahre, Tirol	0.94 ± 0.69	0.15

Tab. 6: Dosisleistungskonstanten für Cäsium-137

Aus Tabelle 6 ist zu erkennen, daß schon 2 Jahre nach Tschernobyl die Dosisleistungskonstante für Cäsium-137 wegen der Tiefenverlagerung deutlich niedriger war als die für frischen Fallout, obwohl aus Profilmessungen bekannt ist, daß in manchen Gegenden (Almen, Wald) noch 10 Jahre nach Tschernobyl das Cäsium sehr nahe der Oberfläche liegt. Außerdem ist zu sehen, daß sich - im Rahmen der unvermeidlichen Unsicherheiten bei der Bestimmung (siehe dazu die folgenden Abschnitte) - die Dosisleistungskonstante im Laufe der darauf folgenden Jahre nicht geändert hat. Die Korrelation ist allerdings 9 Jahre nach der Deposition viel schlechter als kurz danach. (Unmittelbar nach dem Unfall von Tschernobyl war der Zusammenhang noch deutlicher, $r = 0.77$; siehe Abschnitt 3.5.1). - Wie weit die Untersuchungsgebiete allerdings hinsichtlich des Verhaltens des Cäsiums im Boden vergleichbar sind, ist fraglich.

Insgesamt dürfte aber $\Gamma = 1 \frac{\text{nSv/h}}{\text{kBq/m}^2}$ für Cäsium-137 ein brauchbarer Richtwert sein.

Dieser Wert ist überraschend niedrig. Nach den Berechnungen von BECK et al. (1972) entspricht er bei Annahme eines exponentiellen Tiefenprofils (auf Almböden bei nicht zu altem Fallout annähernd gegeben) einem Verteilungsparameter von $\alpha/\rho = 0.14 \text{ cm}^2/\text{g}$ und bei einer Lagerungsdichte des Bodens von $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ der Halbwertstiefe (Tiefe oberhalb

derer 50 % der Aktivität liegt) von etwa 5 cm. Tatsächlich liegt die Aktivität meistens wesentlich näher der Oberfläche. Der Grund für diese Inkonsistenz ist nicht geklärt.

a) Messungen in den Hohen Tauern 1988

Um einen möglichen Zusammenhang von Reihen "verbundener" Daten zu prüfen, d.h. Daten, die zu einem Meßpunkt gehören - wie hier DL, Seehöhe und Cäsium-Belastung - bedient man sich der Korrelationsmatrix, deren Koeffizienten diesen Zusammenhang quantifizieren. Tabelle 7a zeigt die Matrix der Korrelationskoeffizienten von DL (= gemessene DL minus Beitrag der natürlichen Radionuklide), Seehöhe, Tschernobyl-Cäsium-137 ($^{137}\text{Cs}/\text{T}$) und Bomben-Cäsium-137 ($^{137}\text{Cs}/\text{B}$).

Tab. 7a: Sample Correlations				
	DL	h	$^{137}\text{Cs}/\text{T}$	$^{137}\text{Cs}/\text{B}$
DL	1.0000 (99) .0000	.4994 (99) .0000	.6252 (99) .0000	.2514 (99) .0121
h	.4994 (99) .0000	1.0000 (99) .0000	.0472 (99) .6430	.3334 (99) .0007
$^{137}\text{Cs}/\text{T}$.6252 (99) .0000	.0472 (99) .6430	1.0000 (99) .0000	.1327 (99) .1904
$^{137}\text{Cs}/\text{B}$.2514 (99) .0121	.3334 (99) .0007	.1327 (99) .1904	1.0000 (99) .0000

Coefficient
(sample size)
significance level

Die Werte der Signifikanzen zeigen eine sehr hohe Korrelation von DL und Seehöhe bzw. $^{137}\text{Cs}/\text{T}$ ($p < 5 \cdot 10^{-5}$); die Korrelation von DL und $^{137}\text{Cs}/\text{B}$ ist mit $p = 0.0121$ ebenfalls gut. Weiters ist der Bomben-Fallout mit der Seehöhe signifikant korreliert ($p = 7 \cdot 10^{-4}$). Kein Zusammenhang ist dagegen zwischen Seehöhe und Tschernobyl-Cäsium sowie zwischen Tschernobyl- und Bomben-Cäsium zu erkennen.

Wegen der bestehenden Korrelationen ist es naheliegend, den Zusammenhang der Variablen mittels multipler Regression zu untersuchen. Das Modell lautet:

$$DL = C_0 + C_1 \cdot h + C_2 \cdot ^{137}\text{Cs}/\text{T} + C_3 \cdot ^{137}\text{Cs}/\text{B},$$

wobei $^{137}\text{Cs}/\text{T}$ bzw. $^{137}\text{Cs}/\text{B}$ in kBq/m^2 , h in m und DL in nSv/h anzugeben sind.

Die Abhängigkeit der DL von der Seehöhe (zunehmende Intensität der kosmischen Strahlung mit zunehmender Seehöhe) ist in Wirklichkeit nicht linear, der dadurch entstehende Fehler wird aber hier zunächst ignoriert.

Die Analyse zeigt, daß trotz der bestehenden Korrelation das Bomben-Cäsium zum Regressionsmodell nicht signifikant beiträgt (Verfahren der schrittweisen Elimination von

Regressoren nach dem F-Test-Kriterium), im Modell daher sinnvollerweise nur die Koeffizienten C_0 , C_1 und C_2 betrachtet werden. Das Ergebnis ist Tabelle 7b zu entnehmen.

Tab.7b: Model fitting results for: DL (nSv/h)					
Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level	
CONSTANT C_0	59.929164	14.813326	4.0456	0.0001	
h (m), C_1	0.058919	0.00796	7.4023	0.0000	
^{137}Cs (kBq/m ²), C_2	1.660936	0.175268	9.4765	0.0000	
R-SQ. (ADJ.) = 0.6041 SE= 37.064371					
99 observations fitted					
Analysis of Variance for the Full Regression					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	208197.	2	104099.	75.7760	.0000
Error	131882.	96	1373.77		
Total (Corr.)	340079.	98			
R-squared = 0.612203			Std. error of est. = 37.0644		
R-squared (Adj. for d.f.) = 0.604124					

Mit Signifikanzen $p < 5 \cdot 10^{-5}$ für alle Parameter ist das Modell statistisch ausgezeichnet abgesichert. C_2 hat die Bedeutung der Dosisleistungskonstanten Γ für Tschernobyl-Cäsium; gemäß diesem Modell trug also zum Zeitpunkt der Messung eine Fallout-Menge entsprechend 1 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ mit 1.66 ± 0.18 nSv/h zur DL bei.

Es ist allerdings zu beachten, daß diese DL nicht nur von Cäsium-137 allein erzeugt wird, sondern auch von den anderen im Tschernobyl-Fallout enthaltenen Radionukliden. Dies ist zu berücksichtigen, wenn der Beitrag von Cäsium-137 alleine bestimmt werden soll.

In diesem Modell ist die DL:

$$DL = C_0 + C_1 h + C_2 \text{ } ^{137}\text{Cs},$$

wobei " ^{137}Cs " für das ganze Nuklidgemisch steht. Genau muß die Beziehung lauten:

$$DL = C_0 + C_1 h + a \text{ } ^{137}\text{Cs} + b \text{ } ^{134}\text{Cs} + c \text{ } ^{106}\text{Ru} + \dots \text{ (andere Nuklide)}$$

Dieses wird umgeformt zu:

$$DL = C_0 + C_1 h + \text{ } ^{137}\text{Cs} \left\{ a + b \frac{^{134}\text{Cs}}{^{137}\text{Cs}} + c \frac{^{106}\text{Ru}}{^{137}\text{Cs}} + \dots \right\}.$$

Die Nuklidverhältnisse $^{134}\text{Cs}:^{137}\text{Cs}$ usw. im Tschernobyl-Fallout sind relativ genau bekannt (siehe Tab. 11, Abschnitt 3.5.4).

Wenn man annimmt, daß die Koeffizienten a , b , c usw. in konstantem Verhältnis stehen, unabhängig davon, wie der Fallout im Boden verteilt ist, kann gesetzt werden:

$$DL = C_0 + C_1 h + \text{ } ^{137}\text{Cs} f \left\{ a_0 + b_0 \frac{^{134}\text{Cs}}{^{137}\text{Cs}} + c_0 \frac{^{106}\text{Ru}}{^{137}\text{Cs}} + \dots \right\},$$

mit f als Faktor, der die Tiefenverlagerung des Fallout berücksichtigt, und a_0 , b_0 , c_0 usw. als Dosisleistungskonstanten für oberflächlichen Fallout. Die geschwungene Klammer ist damit ein berechenbarer Zahlenwert und $C_2 = f \{ \dots \}$.

Die Annahme trifft für oberflächennahe Verteilung des Fallout nach den Daten von BECK et al. (1972) für die Ansprüche an Genauigkeit dieser Untersuchung hinreichend zu. Setzt man die Nuklidverhältnisse unter Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls vom Bezugszeitpunkt (1. Mai 1986) bis zum Meßdatum (Sommer 1988) ein, so ergeben sich Beiträge zur Dosisleistungskonstante für Cäsium-137 von $a_0 / \{...\} = 55.4 \%$, für Cäsium-134 von $b_0 \frac{^{134}\text{Cs}}{^{137}\text{Cs}} / \{...\} = 40.5 \%$, für Ruthenium-106 von 1.8 %, für Antimon-125 von 1.2 %, für Silber-110m von 0.8 % und für Cer-144 von 0.2 %.

Die Dosisleistungskonstante für Cäsium-137 alleine ist daher $C_2 \cdot 0.554 = 0.92$ [(nSv/h)/(kBq/m²)].

Die auf diese Weise berechnete Dosisleistungskonstante kann weiter geprüft werden, indem man den (höhenabhängigen) Anteil der kosmischen Strahlung an der DL aus der Regression dadurch eliminiert, daß man einen *berechneten* Wert einsetzt.

Aus den in TSCHIRF et al. (1975) tabellierten Werten für die kosmische Strahlungsintensität in verschiedenen Höhenlagen läßt sich für mittlere Höhen, wie sie hier betrachtet werden, die näherungsweise Beziehung ableiten:

$$DL_{\text{kosmisch}}[\text{nSv/h}] = e^{3.5 + 0.0005 \cdot h[\text{m}]}$$

Tabelle 7c zeigt die Korrelationsmatrix von DL (gemessene DL minus natürliche Nuklide minus kosmische Strahlung), ¹³⁷Cs/T und ¹³⁷Cs/B.

Tab.7c: Sample Correlations			
	DL	¹³⁷ Cs/T	¹³⁷ Cs/B
DL	1.0000 (99) .0000	.6951 (99) .0000	.1665 (99) .0996
¹³⁷ Cs/T	.6951 (99) .0000	1.0000 (99) .0000	.1327 (99) .1904
¹³⁷ Cs/B	.1665 (99) .0996	.1327 (99) .1904	1.0000 (99) .0000
Coefficient (sample size) significance level			

Danach sind DL und ¹³⁷Cs/T sehr stark ($p < 5 \cdot 10^{-5}$), DL und ¹³⁷Cs/B nur schwach ($p = 0.1$) und die beiden Cäsium-137 gar nicht ($p = 0.19$) korreliert.

Daher wird man hier ein einfaches Regressionsmodell anwenden:

$$DL = C_0 + C_1 \cdot ^{137}\text{Cs}/T$$

Tabelle 7d zeigt die Ergebnisse der Rechnung:

Tab. 7d: Regression Analysis - Linear model: $DL = C_0 + C_1 \cdot {}^{137}\text{Cs}$					
Dependent variable: DL, Independent variable: ${}^{137}\text{Cs}/\text{Tschernobyl}$					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept C_0	77.422	7.47981	10.3508	.00000	
Slope C_1	1.72326	0.180951	9.52336	.00000	
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	133099.00	1	133099.00	90.7	.00000
Error	142352.84	97	1467.56		
Total (Corr.)	275451.84	98			
Correlation Coefficient = 0.695128			R-squared = 48.32 percent		
Std. Error of Est. = 38.3087					

Die Dosisleistungskonstante ist in diesem Modell $\Gamma = C_1 = 1.72 \pm 0.18$ [(nSv/h)/(kBq/m²)], also praktisch gleich wie die mittels multipler Regression bestimmte. Für den Anteil von Cäsium-137 allein ergibt sich - analog zur Überlegung oben - der Wert $\Gamma = 0.95 \pm 0.10$ [(nSv/h)/(kBq/m²)].

Dieser Wert der Dosisleistungskonstante ist erheblich niedriger als der für oberflächlichen Fallout, $\Gamma_0 = 2.9$ [(nSv/h)/(kBq/m²)], obwohl - wie Messungen zeigen - der Tschernobyl-Fallout in den meisten Fällen noch sehr nahe an der Oberfläche liegt, insbesondere in (meistens sauren) Almböden wie sie in den Hohen Tauern sehr häufig sind. Offensichtlich ist die geringe Tiefenverlagerung aber ausreichend, um die DL gegenüber frischem Fallout auf etwa 1/3 zu reduzieren.

b) Messungen im Gebiet der Koralpe 1989/90

Auch bei Messungen im Gebiet der Koralpe in den Sommern 1989 und 1990 wurde neben dem Inventar an Cäsium-137 und anderen Radionukliden die DL bestimmt. Ähnlich wie im letzten Kapitel beschrieben, kann auch aus diesen Messungen ein Wert für die Dosisleistungskonstante berechnet werden.

Die Korrelationsmatrix (Tab. 8a) von DL, Seehöhe und Cäsium-137-Inventar zeigt hier allerdings starke Korrelation der Variablen Seehöhe und Cäsium-137-Belastung untereinander ($p < 5 \cdot 10^{-5}$). Die Tatsache, daß innerhalb eines relativ kleinen Gebietes (hier etwa 30 x 30 km²) die Belastung durch den Tschernobyl-Fallout und die Seehöhe signifikant zusammenhängen (die Belastung nimmt mit der Höhe zu), ist schon öfter beobachtet worden (z.B. für die Rax: HEDRICH 1988). Die Ursache liegt in den meteorologischen Bedingungen während des Fallout. - Zum Vergleich: Über die viel größere Fläche von Tirol ist diese Korrelation nicht festzustellen (siehe Abschnitt d unten).

Tab.8a: Sample Correlations

	DL	h	¹³⁷ Cs
DL	1.0000 (76) .0000	.8892 (76) .0000	.7453 (76) .0000
h	.8892 (76) .0000	1.0000 (76) .0000	.6281 (76) .0000
¹³⁷ Cs	.7453 (76) .0000	.6281 (76) .0000	1.0000 (76) .0000

Coefficient (sample size) significance level

Wegen der sogenannten Kollinearität (starke Korrelation) der Einflußgrößen Seehöhe und Cäsium-137-Inventar ist eine multiple Regressionsanalyse nach diesen Variablen nicht möglich (statistische Voraussetzung ist ihre Unabhängigkeit).

Nach Elimination des Einflusses der Seehöhe mit dem im letzten Abschnitt beschriebenen Verfahren kann eine einfache Regression durchgeführt werden. Das Ergebnis ist Tabelle 8b zu entnehmen:

Tab. 8b: Regression Analysis - Linear model: $DL = C_0 + C_1 \text{ }^{137}\text{Cs}$

Dependent variable: DL (nSv/h)		Independent variable: ¹³⁷ Cs		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept C ₀	56.8189	10.1147	5.61746	.00000
Slope C ₁	1.82239	0.189466	9.61858	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	85716.444	1	85716.444	92.52	.00000
Error	68560.458	74	926.493		
Total (Corr.)	154276.90	75			

Correlation Coefficient = 0.745387 R-squared = 55.56 percent
 Stnd. Error of Est. = 30.4383

Die Regression ist statistisch sehr gut abgesichert (alle Signifikanzen $p < 5 \cdot 10^{-6}$). Die Dosisleistungskonstante ist $C_1 = \Gamma = 1.82 \pm 0.19$ [(nSv/h)/(kBq/m²)].

Auch hier müssen die Beiträge der anderen - neben Cäsium-137 - im Fallout enthaltenen Gammastrahler zur DL berücksichtigt werden. Im Nuklidgemisch von Tschernobyl trug im Sommer 1989 Cäsium-137 zu etwa 63 % zur DL bei, der Rest stammt zu ca. 35 % von Cäsium-134 und zu je ca. 1 % von Ruthenium-106 und Antimon-125 (gerechnet wie oben). Die Dosisleistungskonstante für Cäsium-137 allein beträgt daher etwa $1.82 \times 0.63 = 1.15$ [(nSv/h)/(kBq/m²)].

c) Messungen in Salzburg 1993

Im Zuge der Messungen, die im Herbst 1993 zur Ergänzung der Cäsium-Datenbank und zum Zweck statistischer Untersuchungen durchgeführt wurden (LETTNER et al. 1994), wurde an 40 Meßpunkten im Bundesland Salzburg (sowie an einigen grenznahen Punkten in Oberösterreich) auch die DL gemessen.

Eine statistische Auswertung der Korrelation von Bodenbelastung und DL ist bereits im oben zitierten Bericht erfolgt. Im folgenden werden dieselben Meßdaten neu ausgewertet: aus statistischen Gründen (zu starke Abweichungen der Werte der unabhängigen Variablen von der Gleichverteilung, wodurch das statistische Gewicht der hohen Werte zu hoch ist; siehe Abb. 11, p. 37 im zitierten Bericht) werden Werte der Bodenbelastung $> 50 \text{ kBq } ^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ hier weggelassen.

Die Werte der DL sind hier Meßwert minus berechneter Beitrag der kosmischen Strahlung; der Beitrag der terrestrischen Strahlung wurde - im Gegensatz zu den Überlegungen in den Abschnitten a) und b) sowie d) - hier mangels Meßdaten für Kalium-40 und die Uran- bzw. Thoriumreihe nicht eliminiert. Der von ihnen verursachte Beitrag zur DL bleibt deshalb im Parameter C_0 enthalten.

Das Ergebnis der Regressionsrechnung ist in Tabelle 9 zu finden:

Tab. 9: Regression Analysis - Linear model: $DL = C_0 + C_1 \text{ } ^{137}\text{Cs}$					
Dependent variable: DL (nSv/h)			Independent variable: ^{137}Cs		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept C_0	52.4301	7.28028	7.20166	.00000	
Slope C_1	1.11744	0.270305	4.13399	.00022	
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	4075.2061	1	4075.2061	17.090	.00022
Error	8107.5439	34	238.4572		
Total (Corr.)	12182.750	35			
Correlation Coefficient = 0.578365			R-squared = 33.45 percent		
Stnd. Error of Est. = 15.4421					

Die Korrelation ist mit $r = 0.58$ und $p = 2.2 \cdot 10^{-4}$ statistisch sehr gut abgesichert. Die Dosisleistungskonstante ist $C_1 = \Gamma = 1.12 \pm 0.27 \text{ [(nSv/h)/(kBq/m}^2\text{)]}$.

Wie oben sind auch die Beiträge der anderen im Fallout enthaltenen Gammastrahler zur DL zu berücksichtigen. Dieselbe Überlegung wie oben führt zu einem Beitrag von Cäsium-137 zur DL von 86.6 %, sodaß die Dosisleistungskonstante für Cäsium-137 allein $0.97 \pm 0.23 \text{ [(nSv/h)/(kBq/m}^2\text{)]}$ beträgt.

d) Messungen in Tirol 1995

Bei der Probenahme an vielen der 1995 untersuchten Tiroler Meßpunkte durch die BALU Innsbruck wurde zusätzlich die DL gemessen. Die Ergebnisse erlauben einen groben Rückschluß auf den vom im Boden enthaltenen Cäsium-137 verursachten Beitrag zur DL.

Tabelle 10a zeigt die Matrix der Korrelationskoeffizienten der Variablen DL (gemessene DL minus natürliche Nuklide), Cäsium-137-Inventar und Seehöhe. Die Signifikanzen sind für die Korrelation DL - Seehöhe sehr gut ($p = 0.0006$), aber für die Korrelation DL - Cäsium-137 schlecht ($p = 0.28$). Seehöhe und Cäsium-137 sind nicht korreliert ($p = 0.7$).

	DL	h	¹³⁷ Cs
DL	1.0000 (77) .0000	.3842 (77) .0006	.1252 (77) .2781
¹³⁷Cs	.3842 (77) .0006	1.0000 (77) .0000	-.0444 (77) .7014
h	.1252 (77) .2781	-.0444 (77) .7014	1.0000 (77) .0000

Coefficient (sample size) significance level

Trotz der schlechten Korrelation von DL und Cäsium-137 kann die Regressionsrechnung wie in den vorigen Abschnitten durchgeführt werden. Bei den erhaltenen Regressionskoeffizienten muß allerdings eine erhebliche Unsicherheit in Kauf genommen werden.

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig.level
CONSTANT, C_0	61.938458	20.580816	3.0095	0.0036
h (m), C_1	0.047184	0.012825	3.6791	0.0004
¹³⁷ Cs (kBq/m ²), C_2	1.02274	0.761819	1.3425	0.1835

R-SQ. (ADJ.) = 0.1454
77 observations fitted

Die Parameter C_0 und C_1 sind statistisch gut abgesichert ($p = 0.0036$ bzw. $4 \cdot 10^{-4}$), C_2 erwartungsgemäß schlecht ($p = 0.18$); dementsprechend groß ist seine Unsicherheit. Aus der Analyse der Varianzen (Tab. 10c) ist am Ergebnis des F-Tests zu erkennen, daß das Modell mit $p = 0.0011$ insgesamt gut abgesichert ist, auch wenn $r^2_{adj.} = 0.15$ nicht sehr hoch ist. C_0 enthält den Gerätehintergrund HG und einen Teil des Fehlers aus der Annahme der linearen Höhenabhängigkeit der kosmischen Strahlung. C_1 paßt recht gut zum Literaturwert: aus TSCHIRF et al. (1975) läßt sich für geringe Höhen ein Wert von ca. 0.03 ableiten.

Tab.10c: Analysis of Variance for the Full Regression

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	35673.0	2	17836.5	7.46432	.0011
Error	176828.	74	2389.57		
Total (Corr.)	212501.	76			

R-squared = 0.167872
 R-squared (Adj. for d.f.) = 0.145382

Std. error of est. = 48.8832

Die alternative Analyse mittels Elimination der Höhenabhängigkeit der DL analog den Abschnitten a und b liefert ein sehr ähnliches Ergebnis.

Tab.10d: Regression Analysis - Linear model: $DL = C_0 + C_1 \text{ }^{137}\text{Cs}$

Dependent variable: DL (nSv/h)		Independent variable: ^{137}Cs		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept C_0	59.326	9.92748	5.97594	.00000
Slope C_1	1.01794	0.75274	1.35231	.18034

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	4274.8227	1	4274.8227	1.829	.18034
Error	175317.39	75	2337.57		
Total (Corr.)	179592.22	76			

Correlation Coefficient = 0.154282
 Std. Error of Est. = 48.3484

R-squared = 2.38 percent

C_2 hat wieder die Bedeutung der Dosisleistungskonstante $\Gamma = 1.02 \pm 0.75 \text{ [(nSv/h)/(kBq/m}^2\text{)]}$. Im Mittel ist also die von 1 kBq/m^2 deponiertem, aber schon deutlich in die Tiefe verlagertem Fallout erzeugte DL rund 1 nSv/h . Der Hauptbeitrag, etwa 92 %, stammt von Cäsium-137, der Rest von Cäsium-134 (gerechnet wie oben). Der Beitrag von Cäsium-137 allein zur Dosisleistungskonstante ist somit $\Gamma = 1.02 \times 0.92 = 0.94 \text{ [(nSv/h)/(kBq/m}^2\text{)]}$.

Der Wert ist als grober Mittelwert zu verstehen, denn die Tiroler Böden, aus deren Messung er bestimmt wurde, sind sehr unterschiedlich, und das Cäsium-137 ist daher unterschiedlich in die Tiefe gewandert. Die tatsächlichen Dosisleistungskonstanten sind deshalb für jeden Boden etwas verschieden, und je länger die Zeitspanne nach dem Fallout ist, umso stärker ausgeprägt sind diese Unterschiede. Das ist wahrscheinlich auch der Grund für die schlechte Korrelation von Bodenbelastung und DL.

Abgesehen davon sind die untersuchten Tiroler Böden - meistens Almböden - nicht repräsentativ für Österreich. In ihnen ist das Cäsium im allgemeinen stärker an der Oberfläche konzentriert als in Kulturböden im Flachland, sodaß für letztere Böden eine noch niedrigere Dosisleistungskonstante zu erwarten ist.

3.5.4 Andere Radionuklide

Im Boden liegende Betastrahler wie Strontium-90 und Alphastrahler wie Plutonium-239 tragen zur äußeren Dosisleistung nicht bei, da Alpha- und Betastrahlen schon durch sehr dünne Erdschichten völlig absorbiert werden. - Ihre potentielle Gefährlichkeit beruht vor allem auf ihrer relativ großen Mobilität in der Nahrungskette (^{90}Sr) und, im Falle des Plutonium, der großen strahlenbiologischen Wirksamkeit in der Lunge, wenn es mit Staubteilchen eingeatmet wird. Glücklicherweise ist der Anteil der beiden Nuklide im Tschernobyl-Fallout sehr gering: Das Aktivitätsverhältnis $^{90}\text{Sr}:^{137}\text{Cs}$ im Tschernobyl-Fallout beträgt maximal wenige Prozent, das Verhältnis $^{239,240}\text{Pu}:^{137}\text{Cs}$ liegt in der Größenordnung 10^{-6} bis 10^{-4} . Im Gegensatz dazu war im Fallout der atmosphärischen Atombombentests fast gleichviel Strontium-90 wie Cäsium-137 enthalten, und auch der Anteil an Plutonium war höher. Es stammt also der Großteil des in Österreich in der Umwelt vorhandenen Strontium-90 und Plutoniums - anders als im Falle von Cäsium-137 - nicht von Tschernobyl, sondern von den Bombentests (und, was Plutonium-238 betrifft, von einem 1964 in der Atmosphäre verglühten amerikanischen Satelliten).

Die Aktivitätsverhältnisse verschiedener langlebiger (HWZ > ½ Jahr) Gammastrahler zu Cäsium-137 im Tschernobyl-Fallout sind in Tabelle 11 zusammengefaßt. Bezugszeitpunkt ist der 1. Mai 1986. Im unteren Teil der Tabelle sind zusätzlich einige langlebige Beta- und Alphastrahler angeführt. Es ist zu beachten, daß die Verhältnisse örtlich variieren können, weil verschiedene Gebiete durch kontaminierte Luftmassen betroffen waren, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten von Tschernobyl freigesetzt wurden und deshalb u.U. verschiedene Nuklidzusammensetzungen aufwiesen.

Nuklid	HWZ	Verhältnis zu ^{137}Cs	Quelle
^{137}Cs	30.17 a	1	
^{134}Cs	2.06 a	0.567	MÜCK (1988)
^{106}Ru	371.6 d	0.46	BOSSEW et al. (1990)
^{125}Sb	2.7 a	0.050	ebs.
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	249.9 d	0.034	ebs.
^{144}Ce	284.9 d	0.067	ebs.
^{60}Co	5.27 a	8×10^{-4}	ebs.
^{154}Eu	8.8 a	0.001	ebs.
^{155}Eu	4.68 a	4×10^{-4}	ebs.
^{54}Mn	312.5 d	7×10^{-4}	ebs.
^{241}Am	433 a	1×10^{-4}	Ökologieinst., unveröffentl. Messungen
^{55}Fe	2.74 a	6.6×10^{-4}	HÖTZL (1987)
^{90}Sr	28.6 a	Tschern.: 0.0045-0.011 A-Bomben: 0.59	IRLWECK (1990)
^{147}Pm	2.62 a	0.2	PAPP & DARÓCZY (1993)
$^{239,240}\text{Pu}$	24100 / 6500 a	Tschernobyl: 3×10^{-6} A-Bomben: 0.016	IRLWECK (1989), UBA (1995)
^{238}Pu	87.74 a	1.4×10^{-6}	IRLWECK (1989)
^{241}Pu	14.4 a	2.2×10^{-4}	nach HOLM et al. (1988)
^{243}Am	7400 a	6×10^{-8}	ebs.
$^{243,244}\text{Cm}$	28.5 / 18.1 a	3.6×10^{-7}	ebs.

Tab. 11: Nuklidverhältnisse im Tschernobyl-Fallout

Die Nuklide Plutonium-239 und Plutonium-240, sowie Curium-243 und Curium-244 sind mit herkömmlicher Alphaspektrometrie nicht zu unterscheiden und werden daher üblicherweise zusammengefaßt.

Weitere langlebige Nuklide, die im Tschernobyl-Fallout enthalten sind, über die aber keine Angaben zur Aktivitätskonzentration zur Verfügung stehen (und die nur mit hohem Aufwand zu messen sind), sind Samarium-151 (Beta, HWZ 93 a), Iod-129 (Beta, 15.7 Mill. a), Technetium-99 (Beta, 213000 a), Cäsium-135 (Beta, 2 Mill. a), Neptunium-237 (Alpha, 2.1 Mill. a), u.a.. Die Aktivitätskonzentrationen dieser Radionuklide im Fallout waren jedenfalls sehr gering.

4 LITERATUR

- AARKROG A. (1987): "Helsefysisk afdeling, Sluttrapporering af Risos maleprogram (Fase II) i forbindelse med Chernobylulykken"; In: Klaus Bätjer: Tschernobyl-Folgen, AGÖF-Bericht Nr.19.
- ANDRÁSI A. (1987): "Radiological Consequences of the Chernobyl Accident for Hungary"; Radiation Protection Dosimetry 19,4 p 239-245.
- ANDRÁSI A. (1993): KFKI Atomic Energy Research Institute Budapest; Persönliche Mitteilung.
- ANDRÁSI A., FEHÉR I., NÉMETH I., URBÁN J., ZOMBORI P. (1992): Nation-wide survey of environmental radiation by mobile laboratory in Hungary. Interim Report, Project No. OMFB 00283/1991
- BACKE S. et al (1987): "Fallout Pattern in Norway after the Chernobyl Accident Estimated from Soil Samples"; Radiation Protection Dosimetry 18,2 p 105-107.
- BACKE S., BJERKE H., RUDJORD A.L. AND UGLETVEIT F., National Institute of Radiation Hygiene, Osteraes, Norway "Nedfall av Cesium i Norge etter Tsjernobylulykken", report, pp 49, 1986 (data transmitted to JRC-Ispra on diskette by F. Ugletveit in September 1991), zit. nach ISPRA, File norway.upd, 1991
- BAKKEN L., OLSEN R. (1990): "Accumulation of Radiocaesium in Fruit Bodies of Fungi"; In: Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environments; Proceedings of CEC Workshop, Udine.
- BALU (1995): RINGER W., KRONRAFF R., BERNREITER M., HEMETZBERGER J.: Bericht über die Tätigkeit im Rahmen der großräumigen Überwachung auf radioaktive Kontamination. Jahresbericht 1994. Hg. Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung Linz, Abt. Strahlenschutz, 1995.
- BALUF (1995): DITTO M., KARG V., KORNER M., WEISZ J., ZAPLETAL M.: Bericht über die Tätigkeit im Rahmen der großräumigen Überwachung auf radioaktive Verunreinigung. Routineprogramm 1994. Hg. Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung, Abt. Strahlenschutz, April 1995.
- BECK H.L., DeCAMPO J., GOGOLAK C. (1972): In Situ Ge(Li) and NaI(Tl) Gamma-Ray Spectrometry. Health and Safety Laboratory, U.S. Atomic Energy Commission, report HASL-258.
- BKA (1988): Die Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl auf Österreich. Hg. Bundeskanzleramt, Sektion VII. Beiträge 2/88
- BMG (1994): "Radioaktivitätsmessungen in Österreich 1990 und 1991, Daten und Bewertung"; Bundesministerium für Gesundheit Sport und Konsumentenschutz; Beiträge 1/94.
- BMGK (1995): "Radioaktivitätsmessungen in Österreich 1992 und 1993, Daten und Bewertung"; Bundesministerium für Gesundheit Sport und Konsumentenschutz; im Druck
- BONKA H. (1991): "In der Bundesrepublik Deutschland durch den Unfall in Tschernobyl abgelagerte Cäsiums-134- und Cäsium-137-Aktivität"; In: Fachverband für Strahlenschutz; H. Jacobs, H. Bonka (Hg.): Tagung des Fachverband für Strahlenschutz Aachen, Tagungsband, S 265-270.
- BONKA H. (1993): Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Persönliche Mitteilung.
- BOSSEW P., WENISCH A., MRAZ G. (1989): Untersuchung der radioaktiven Belastung durch die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl im Gebiet des Nationalparks Hohe Tauern. Österreichisches Ökologieinstitut, Mai 1989

- BOSSEW P., WENISCH A., (1990): "Langlebige Gammastrahler in Tschernobyl-Fallout"; Bericht des österreichischen Ökologieinstituts.
- BOSSEW P. (1991): Radiologische Messungen im Gebiet der Koralpe (Steiermark / Kärnten). Österreichisches Ökologieinstitut. Dez. 1991
- BOSSEW P., MRAZ G., PRINZENSTEIN E.K., SCHMOLL O., WENISCH A. (1993): "Untersuchung der Bodenkontamination mit ^{137}Cs durch den Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 in bisher in Österreich noch nicht untersuchten Gebieten"; Hg. Österr. Ökologieinstitut; Bericht an das Umweltbundesamt.
- BOSSEW P. (1994): Auswertung von Bodenproben aus Tasmanien und aus dem Südpazifik; unveröffentlicht.
- BOSSEW P. (1995): Messungen in Tschukotka/Ostsibirien. In: "Radioökologie in der Tschukotka"; Bericht an des Bundeskanzleramt, Wien-Moskau-Bilibino, 4/95.
- BOSSEW P., LETTNER H., HUBMER A.K. (1996): Spatial Variability of Fall-out ^{137}Cs . Beitrag zur Tagung von Umweltbundesamt und Österreichischer Bodenkundlicher Gesellschaft "Ten Years Terrestrial Radioecological Research Following the Chernobyl Accident", Wien, 22.-24.4.1996
- BRAJNIK D., KORUN M., MIKLAVZIC U. (1993): "Regional distribution of natural and man-made radioactivity in Slovenia"; The Science of the Total Environment 130/131, p 147-153
- BRAJNIK D. (1994): Institut "Jozef Stefan" Ljubljana; Persönliche Mitteilung.
- BRUNNER P. (1994): Versuchsstelle für Strahlenschutz und Kerntechnik der Universität Innsbruck; Persönliche Mitteilung.
- CAMBRAY R.S. et al (1987): "Observations on radioactivity from the Chernobyl accident"; Nuclear Energy 26,2, p 77-101
- CEC (1990): "Radioactivity Measurements in Europe after the Chernobyl Accident"; Commission of the European Communities; Part II: Fallout and Deposition; Ed.: M. De Cort et al., ISPRA report EUR 12800 EN.
- CEC (1996): European Atlas of Radioactive Contamination and External Exposure Resulting from the Chernobyl Accident, Project JSP 6
- CIGNA A.A., CLEMENTE G.F., GIORCELLI F.G. (1971): On ^{134}Cs in Rainwater from 1960 to 1969. Health Physics 21,5(1971)667-672
- DITTO (1995a): Manfred Ditto: Neue Methode zur Bestimmung des Ausmaßes einer länger zurückliegenden Radionukliddeposition sowie Bestimmung von natürlichen Radionukliden im Boden mittels in-situ-Gammaspektrometrie. Hg. BALUF, Abt. Strahlenschutz, Oktober 1995
- DITTO (1995b): Manfred Ditto, BALUF Wien, persönliche Mitteilung.
- ENEA (1986): "Radiological Consequences in Italy of the Chernobyl Accident"; Report, Rom.
- FIMML (1995): W.Fimml, BALU Innsbruck, persönliche Mitteilung
- FONTENAY (1987): Commissariat à l'Énergie Atomique: "Surveillance de la radioactivité en 1987"; Ed. C.E.N., Fontenay aux-Roses.
- GALERIU D., ONESCU M. (1988): "Environmental radioactivity of 1987 in Romania"; Institutul Central de Fisica; Report RB-27-1988.
- GERZABEK M. (1994): Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf; Persönliche Mitteilung.
- GERZABEK M., HORAK O., HUMER H., KUNSCH B., LOIBL W., MÜCK K., SUDA M., ZÜGER J., CABELA E., ORTHOFER R. (1991): Möglichkeiten einer regionalen Prognose in Fällen großräumiger Verstrahlung basierend auf dem Modell ECOSYS. Endbericht des ÖFZS an das BKA/Sektion VII, Okt. 1989. Hg. Bundesministerium für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz, in: Beiträge 5/91

- GERZABEK M., ALGADER S., LOIBL W., SUDA M. (1994): Erhebung der ^{137}Cs -Bodenkontamination – Erstellung einer Österreichkarte. Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Forschungsauftrag des BMGK, Bericht OEFZS-A--3095, Oktober 1994.
- GIOVANI C. (1994): Unitaria Sanitaria Locale N. 7 "Udinese", Ospedale S. Maria della Misericordia, Udine; Persönliche Mitteilung.
- GUDIENSEN P.H. et al (1989): "Chernobyl Source Term, Atmospheric Dispersion and Dose Estimation"; Health Physics 57,5, p 697-706.
- GUSTAFSSON P.H. et al (1987): "Radionuclide deposition and migration within the Gidea and Finnsjön study sites, Sweden: A study of the fallout after the Chernobyl accident. Phase I"; SKB Technical; Report 87-28.
- HEDRICH (1986): zitiert nach BKA 1988, p. 62 f.
- HIGUCHI H. et al (1988): "Radioactivity in Surface Air and Precipitation in Japan After the Chernobyl Accident"; J. Environ. Radioactivity 6, p 131-144.
- HOLM E., AARKROG A., BALLESTRA S., LOPEZ J.J. (1988): Fallout Deposition of Actinides in Monaco and Denmark Following the Chernobyl Accident. IV^e Symposium International de Radioécologie de Cadarache, 14.-18.3.1988.
- HÖTZL H., ROSNER G., WINKLER R. (1987): Ground Depositions and Air Concentrations of Chernobyl Fallout Radionuclides at Munich-Neuherberg. Radiochimica Acta 41(1987)181-190
- IHE (1986): "Report on Radiation Situation in CSSR after Chernobyl Accident"; Institute of Hygiene and Epidemiology, Centre of Radiation Hygiene; Prag.
- IRLWECK K. (1989): Die Ermittlung der Strahlenbelastung der österreichischen Bevölkerung durch die Inhalation von Plutonium in Zusammenhang mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl. In: Die Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl auf Österreich - Folgestudien; p.83 ff. Hg.: Bundeskanzleramt, Sektion VII, Beiträge 6/89
- IRLWECK K. (1990): Bestimmung des Strontium-90-Gehaltes in Luftfiltern aus der Zeit nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Hg.: Bundeskanzleramt, Sektion VII, Beiträge 3/90
- ISPRA (1992): Datenbank cumdep.dat, Marc De Cort, Environment Institute, CEC - Joint Research Centre.
- IZRAEHL' Yu. a. (1990): "Study of Radioactive Contamination of the Environment Caused by the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident: Main Results"; In: Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident; Proceedings of IAEA Symposium; IAEA.
- JAGIELAK J., C.L.O.R., Warszawa, Poland Data transmitted to JRC-Ispra on diskette by J. Jagielak on February 1, 1991. zit. nach ISPRA, File poland.upd, 1991
- JANTUNEN M. et al (1991): "Chernobyl Fallout in Southern and Central Finland"; Health Physics 60,3, p 427-434
- KARG V. (1994): Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung Wien; Persönliche Mitteilung.
- KIRCHNER et al, (1992): "Langzeitverhalten von Radiocäsium in Almböden Salzburgs"; Endbericht zum Forschungsauftrag des BMWF; Universität Salzburg.
- KOMAROV V.I. (1990): "Radioactive Contamination and Decontamination in the 30 km Zone Surrounding the Chernobyl Nuclear Power Plant;" In: Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident; Proceedings of IAEA Symposium; IAEA.
- KRONRAFF R. (1993): Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung Linz; Persönliche Mitteilung.
- LETTNER H., BOSSEW P., HUBMER A. K., (1994): "Kontamination durch radioaktiven Fallout im Bundesland Salzburg und in angrenzenden Teilen von Oberösterreich"; Umweltbundesamt, Bericht Nr. UBA-94-101.

- LETTNER H., BOSSEW P., HUBMER A.K., GASTBERGER, M.: Variability of the Soil Depth Distribution of ^{137}Cs in Soils of the Province of Salzburg. Beitrag zur Tagung von Umweltbundesamt und Österreichischer Bodenkundlicher Gesellschaft "Ten Years Terrestrial Radioecological Research Following the Chernobyl Accident", Wien, 22.-24.4.1996
- MALÁTOVÁ I.(1995): Státní ústav radiacní ochrany (National radiation protection institute), Praha, persönliche Mitteilung, Brief 11.8.1995
- MEISEL (1989): S.Meisel, P.Graller, G.Kahr, W.Ninaus, Hj.Müller: Activity in Local Batches of Soil Layers. In: M.H.Gerzabek (Ed.): Proceedings of the XIXth ESNA Conference, Vienna, Aug.29-Sept.2,1988. Bericht ÖFZS--4489/LA--210/89, Februar 1989
- MEISEL (1990): S.Meisel, W.Ninaus, G.Kahr, K.Oswald, Hj.Müller: Influence of Soil Density profiles on Calculated Depositions. Beitrag zur XXI. ESNA-Konferenz, Kosice/CSFR, 1990
- MÜCK K. (1986): "Kalibration verschiedener Positionen am GeLi-Detektor"; Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf; Report Rex-158.
- MÜCK K. (1988): "Variations in Activity Concentrations and Radionuclide Ratio in Air After the Chernobyl Accident and its Relevance to Inhalation Dose Estimates"; Radiation Protection Dosimetry 22, 4, p 219-229.
- MÜLLER H., RABITSCH H. (1993): "Untersuchungen über die Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl in der Steiermark"; Reaktorinstitut Graz; Report Rig-21.
- MURITH C., VÖLKLE H. (1993): Schweizerisches Bundesamt für Gesundheitswesen, Abt. Strahlenschutz, Fribourg; Persönliche Mitteilung.
- NEA (1987): "The radiological impact of the Chernobyl accident"; Nuclear Energy Agency/OECD; Paris.
- NÉMETH I., LOVRANICH E., URBANICH E., ZOMBORI P., ANDRÁSI A., STEGER F. (1988): Calibration of a HP-Germanium Detector for Rapid In-Situ Determination of Environmental Radioactivity. Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, report OEFZS--4461, August 1988.
- OÖ (1992): "Beweissicherung Kernkraftwerk Temelin"; Amt der Oberösterreichischen Landesregierung und Bundesministerium für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz; Zwischenbericht.
- PAPP Z., DARÓCZY S.(1993): Direct Determination of ^{90}Sr and ^{147}Pm by Absolute β Counting in Aerosol Samples Collected after the Chernobyl Accident. Radiochimica Acta 60 (1993) 211-218
- PHAM ZUY HIEN et al. (1994): Variations of Caesium Isotope Concentrations in Air and Fallout at Dalat, South Vietnam, 1986-91. J. Environ. Radioactivity 22(1994)55-32
- RAES F., GRAZIANI G., STANNERS D., GIRARDI F. (1990): Radioactivity Measurements in Air Over Europe After the Chernobyl Accident. Atmospheric Environment 24A,4(1990)909-916.
- RINGER (1995): W.Ringer, BALU Linz, persönliche Mitteilung.
- SAXEN R. et al (1990): "Environmental Radioactivity in Finland after the Chernobyl Accident"; In: Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident; Proceedings of IAEA Symposium; IAEA.
- SKENDE P. et al (1989): "Radioactive Contamination in Albania Following the Chernobyl Accident"; J.Radioanal.Nucl.Chem.,Letters 136,4 p 267-273.
- STEGER F. (1994): Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf; Persönliche Mitteilung.
- TORO L., GALERIU D., Institute of Atomic Physics, Bucharest Magurele, Rumänien: "Cesium in Romanian soils after Chernobyl", pp 16; zit. nach ISPRA, File rumania.upd, 1991
- TSCHIRF E., BAUMANN W., NIESNER R., VYCHYTL P. (1975): Strahlenkarte Österreichs. Hg. Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien 1975

- UBA (1986): "Tschernobyl und die Folgen für Österreich"; Umweltbundesamt Wien, Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz.
- UBA (1994): Messungen im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- UBA (1995): "Radionuklide in Waldökosystemen"; Umweltbundesamt Wien; Monographie 59, in Vorbereitung.
- UNSCEAR (1988): "Sources and Effects and Risks of Ionizing Radiation"; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; Report.
- UNSCEAR (1993): "Sources and Effects of Ionizing Radiation"; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
- VETROV V.A. (1990): "Accumulation of Chernobyl Radionuclides in Agricultural Plants During 1986-1988 in Relation to Contamination Conditions and Soil Characteristics"; In: Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident; Proceedings of IAEA Symposium; IAEA.
- VLADÁR (1995): M.Vladár, Centre of Radiation Monitoring Network of Slovak Republik, Institute of Preventive and Clinical Medicine, Bratislava: Faxe Aug.1994, Sept.1995
- WERNLI C. (1987): "Radiological Consequences of the Chernobyl Accident for Switzerland"; Radiation Protection Dosimetry 19,4, p 235-238.

ANHANG

ANHANG 1A: FELDER DER DATENBANK

Alle für die Erstellung der Karten verwendeten Meßwerte sind in einer Datenbank zusammengefaßt, deren Struktur der Aufstellung weiter unten zu entnehmen ist. Ein Auszug dieser Datenbank ist im Anhang 1B zu finden.

Felder der Datenbank:

EIND_NR..... Eindeutige Nummer, identifiziert die Punkte

X_KOORD..... Lambert-x (Rechtswert)

Y_KOORD..... Lambert-y (Hochwert)

Die Koordinaten der Probenahmestellen werden in Lambert-Koordinaten (Lamberts konforme Kegelprojektion) angegeben, damit ist eine einheitliche Abbildung für Österreich möglich (im Gegensatz zur Gauß-Krüger Projektion, wo Österreich in 3 Meridianstreifen dargestellt werden muß). Geographische oder Bundesmeldenetz-(BMN) Koordinaten wurden daher in Lambertkoordinaten umgerechnet. Die Koordinaten wurden, soweit sie nicht schon in den Datenquellen enthalten waren, als BMN-Werte, geographische Koordinaten oder Koordinaten der Österreichischen Militärkarten (ÖMK) auf den entsprechenden Blättern der ÖK50, ÖMK50 oder ÖK200, oder mittels eines GPS-Gerätes bestimmt und dann mit einem Rechenprogramm in Lambertkoordinaten umgerechnet. Es wurde versucht, eine Genauigkeit der Lagebestimmung von ca. 100 m zu erreichen; faktisch dürfte die Genauigkeit in den meisten Fällen besser als 500 m sein.

Definition der Lambertkoordinaten: Schnittkreise: 46 und 49° NB; Nullpunkt: 31° ÖL, 47°30' NB Ferro = 13°20' ÖL, 47°30' NB geographisch; Offset = 400000/400000; d. h. der Punkt (geographisch 13°20' ÖL/47°30' NB) wird in (Lambert 400000/400000) abgebildet. Umrechnung geographisch bzw. BMN → Lambert mit eigenem Programm. Die Werte der Felder LONGITUDE und LATITUDE sind i.a. aus den Lambertkoordinaten zurückgerechnet, nicht aus den Primärdaten.

LONGITUDE geographische Länge in Dezimalgrad

LATITUDE geographische Breite in Dezimalgrad

INST Institut

SAMP Institut, das die Probenahme durchgeführt hat

LAB Institut, das die Messung durchgeführt hat

INT_CODE Interner Code

QUELLE Literaturangabe, siehe Literaturverzeichnis

¹³⁷Cs..... Cäsium-137 in kBq/m² bezogen auf 1.Mai 1986

¹³⁴Cs..... Cäsium-134 in kBq/m² bezogen auf 1.Mai 1986.

¹³⁷Cs/B Bomben-Cäsium-137 in kBq/m² bezogen auf 1.Mai 1986.

Z_KOORD Seehöhe (m)

GEM_NR Gemeindenummer

ORTSNAME Ortsname

PRO_ART Art der Probenahme

NUTZ..... Nutzung der Probenfläche
 SUMKOR..... Summenkorrektur für Cäsium-134
 DIKOR..... Dichte-(Selbstabsorptions-)korrektur
 TIEFE Tiefe der Probenahme (cm) bei Ziegeln und Bohrkernen
 DIST Durchmesser oder typische Größe der Probenahme­fläche (m)
 KONF Konfidenzintervall ($p = 0.05 \%$) für Cäsium-137 in Prozent.

ANHANG 1B: DATENBANKAUSZUG

Der folgende Auszug aus der Gesamt-Datenbank enthält folgende Felder (Beschreibung siehe oben):

GEMEINDE,BUNDESLAND, ^{137}Cs , ^{134}Cs , $^{137}\text{Cs/B}$, KONF, SAMP, LAB, QUELLE

Die Daten sind nach Gemein­denamen alphabetisch geordnet. Die in den Spalten SAMP, LAB und QUELLE verwendeten Codes sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

SAMP und LAB:

11 = BALUF Wien

12 = BALU Linz

13 = BALU Innsbruck

21 = Universität Salzburg, Institut für Physik und Biophysik

22 = Technische Universität Graz, Reaktorinstitut

23 = Universität Innsbruck, Prof. Ambach

31 = UBA Wien

32 = UBA Klagenfurt

4 = ÖFZS

5 = Ökologieinstitut

6 = Umweltinstitut Vorarlberg

7 = Versuchsstelle für Strahlenschutz, Innsbruck

8 = LUA Linz

901 = H, Andrási

911 = D, Bonka

912 = D, ISH

913 = D, BGA

914 = D, FSG

915 = D, BSMLU

921 = CH, Murith

931 = CZ, Malátová

941 = SK, Vladár

951 = I, Giovani

961 = SLO, Brajnik

QUELLEN:

- AMB: W.Ambach, W.Rehwald, M.Blumthaler, H.Eisner, P.Brunner: Vertical Dispersion of Chernobyl-Fallout by Meltwater in a Temperate Alpine Glacier. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 12(1989)151-153; W.Ambach, M.Blumthaler, P.Brunner, H.Eisner, W.Rehwald: Aktivitätsprofile des Tschernobyl-Fallout auf Gletschern Tirols. *Polarforschung* 59,1/2(1989)5-8
- AND: Andor András, KFKI Atomic Energy Research Institute, Budapest: Brief vom 19.10.1993
- BAL1: BALUF Wien, verschiedene Messungen
- BAL2: BALUF Wien: Radiocesium in Austrian Precipitation Samples after Chernobyl. Bericht BALUF-STS-87-8, vermutlich 1987.
- BAL3: BALUF Wien, Messungen 1994
- BALIBK95: BALU Innsbruck, Messungen 1995
- BALINZ95: BALU Linz, Messungen 1995
- BALUF95: BALUF Wien, Messungen 1995
- BON: H.Bonka, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen: Brief vom 8.10.1993
- BRAJ: Dusan Brajnik, Institut "Jozef Stefan", Ljubljana: Brief vom 22.4.1994
- CEC: Commission of the European Community/ISPRA, Eds.: M.De Cort et al.: Radioactivity Measurements in Europe after the Chernobyl Accident. Part II: Fallout and Deposition. CEC/ISPRA-report, 1990
- GAST: Michael Gastberger, Universität Sbg., Inst. f. Physik und Biophysik, persönliche Mitteilung
- GIOV: C.Giovani, Unitaria Sanitaria Locale N.7 'Udinese', Ospedale S.Maria della Misericordia, Udine. Fax vom 29.8.1994. Verwendete Werte: Nutzung=Feld; AM aus bis zu 3 Messungen (1987, 1988, 1990)
- ISPRA: Datenbank cumdep.dat, Marc De Cort, Environment Institute, CEC - Joint Resarch Centre, 1992
- LET: H.Lettner: Messungen im Rahmen des Projekts (LETTNER 1994).
- LET2: H.Lettner: zusätzliche Messungen 1994
- MAL: Irina Malatová, Centre of Radiation Monitoring Network of the Czech Republic, Centre of Radiation Hygiene, National Institute of Public Health, Praha: Briefe 31.1.1994 und 11.8.1995
- MOH1: S.Mohamad, ÖFZS: Diskette mit Datei der im ÖFZS gesammelten Daten zur Bodenbelastung mit ^{137}Cs und ^{134}Cs . Herbst 1993; M.H.Gerzabek, S.A.Mohamad, M.Suda: Erhebung der ^{137}Cs -Bodenkontamination - Erstellung einer Österreichkarte. Zwischenbericht an das Gesundheitsministerium. ÖFZS, 1993; K.Mück, H.Haunold: verschiedene Daten
- MUR: C.Murith, H.Völkle: Schweizerisches Bundesamt für Gesundheitswesen, Abt.Strahlenschutz, Fribourg: Brief vom 18.11.1993
- ÖFZS1: F.Steger, E.Lovranich, E.Urbanich, J.Kozuh-Schneeberger, S.Streit, Ch.Friedmann, A.Hefner, W.Enzenberger: Durchführung einer Meßfahrt zur Überwachung der grenznahen Region von Laa/Thaya durch Immissionsmessungen von Radiojod, Plutonium 239(240), Strontium 90 und gammastrahlenden Nukliden. sowie Bodenuntersuchungen auf Plutonium 239, Strontium 90 und gammastrahlenden Radionukliden; Durchführung von Meßfahrten in Österreich zur Feststellung und Bestimmung von Radioaktivitäts-Depositionen nach Tschernobyl in Gebieten mit erhöhter Belastung durch in situ-Messungen mit einem HP-Germaniumdetektor. Bericht des ÖFZS, Dezember 1988
- ÖFZS4: F.Steger, E.Lovranich, E.Urbanich, S.Streit, J.Kozuh-Schneeberger: Durchführung von Meßfahrten im Rahmen der Überwachung ausländischer Kernkraftwerke in grenznahen Regionen Österreichs durch Radiojod- und Aerosol-Immissionsmessungen, sowie Bodenuntersuchungen auf Plutonium, Strontium und gammastrahlende Radionuklide. Bericht ÖFZS-A--2140, November 1991

- ÖFZS6: F.Steger, E.Lovranich, E.Urbanich, S.Streit, J.Kozuh-Schneeberger: Ergebnisbericht über die vom Bundeskanzleramt Sektion VII-Abt.Strahlenschutz am 8.8.1989 in Auftrag gegebenen Projekte: Durchführung von Meßfahrten im Rahmen der Überwachung ausländischer Kernkraftwerke in grenznahen Regionen Österreichs durch Radiojod- und Aerosol-Immissionsmessungen, sowie Bodenuntersuchungen auf Plutonium, Strontium und gammastrahlende Radionuklide. 1990
- ÖFZS7: F.Steger, K.Mück, E.Lovranich, E.Urbanich: Ergebnisbericht über die vom Bundeskanzleramt Sektion VII-Abt.Strahlenschutz am 8.8.1989 in Auftrag gegebenen Projekte: Die Bestimmung der Abwascheffekte radioaktiver Depositionen im urbanen Bereich durch "In situ-Messungen" mit einem HP-HGermaniumdetektor. 1990
- ÖÖ1: Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Gesundheitsministerium: Beweissicherung Kernkraftwerk Temelin; Zwischenbericht 1992; R.Kronraff, LUA-Linz: Fax vom 21.10.1993
- ÖI1: Ökologieinstitut: verschiedene Erdziegel- u. Bodenproben, 1987-1995, z.T. von privaten Auftraggebern, nicht veröffentlicht.
- ÖI2: P.Bossew, A.Wenisch, G.Mraz: Untersuchung der radioaktiven Belastung durch die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl im Gebiet des Nationalparks Hohe Tauern. Bericht des Ökologieinstituts, Mai 1989
- ÖI3: P.Bossew: Radiologische Messungen im Gebiet der Koralpe (Steiermark/Kärnten). Bericht des Ökologieinstituts, Dezember 1991
- ÖI4: P.Bossew, G.Mraz, E.K.Prinzenstein, O.Schmoll, A.Wenisch: Untersuchung der Bodenkontamination mit ^{137}Cs durch den Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 in bisher in Österreich noch nicht untersuchten Gebieten. Österreichisches Ökologieinstitut, Studie im Auftrag des Umweltministeriums, Wien, Juli 1992
- ÖI4a: ebs., nicht im Bericht (ÖI4) enthalten
- ÖI5: A.Wenisch, E.K.Prinzenstein, G.Mraz, G.Reisenbauer, I.Besenbäck, K.Hirschmüller, P.Bossew: Ergänzende Messungen der Bodenbelastung mit ^{137}Cs durch den Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 in Österreich. Österreichisches Ökologieinstitut, Studie im Auftrag des Umweltministeriums, Wien, Juni 1994
- ÖI7: Proben fürs UBA 1994
- SBG 1992: E.Kirchner u.Mitarbeiter: Endbericht zum Forschungsauftrag "Langzeitverhalten von Radiocäsium in Almböden Salzburgs". Universität Salzburg, September 1992
- SBG95: H.Lettner, A.Hubner, M.Gastberger: zusätzliche Messungen 1995, excel-file, 23.10.95
- TUG1: S.Meisel: Brief und Diskette vom 3.11.1992; Hj.Müller: Brief vom 4.11.1992; H.Rabitsch, Institut f.Theoretische Physik, TU Graz: Brief vom 18.4.1994 mit Auszügen aus einer Diplomarbeit von Ch.Zeck; siehe auch (MEISEL 1989) und (MEISEL 1990)
- UBA1: Radionuklide im Agrarökosystem (Wiesenprojekt)
- UBA2: Radionuklide im Waldökosystem (Waldprojekt)
- UV1: J.Scherer: Radioaktive Belastung von Böden in Vorarlberg. Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 18. Umweltinstitut Vorarlberg, April 1994; J.Scherer, Umweltinstitut Vorarlberg: Brief vom 16.9.1993; Jordan, Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung- und forschung Innsbruck: Brief Okt.1993
- VLA: M.Vladár, Centre of Radiation Monitoring Network of Slovak Republik, Institute of Preventive and Clinical Medicine, Bratislava: Faxe Aug.1994, Sept.1995

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Abtenau	Salzburg	46			42	11	11	BAL2
Abtenau	Salzburg	49			42	21	21	LET2
Abtenau	Salzburg	42			42	11	11	BAL2
Achenkirch	Tirol	7			29	13	13	BALIBK95
Achenkirch	Tirol	19	7	5	29	13	13	SBG95
Achenkirch	Tirol	25	11	5	37	21	21	BALIBK95
Achenkirch	Tirol	34	16	3	29	13	13	ÖI5
Admont	Steiermark	38	21	2	34	5	5	MOH
Adnet	Salzburg	16	8	2	25	4	4	MOH
Adnet	Salzburg	20	11	<1	25	4	4	MOH
Adnet	Salzburg	28	15	2	25	4	4	MOH
Adnet	Salzburg	44	25	<1	25	4	4	MOH
Adnet	Salzburg	49	26	3	25	4	4	ÖI5
Aflenz Land	Steiermark	10	5	2	32	5	5	ÖI1
Ahorn	Oberösterreich	21	11	1	42	5	5	ÖI3
Aibl	Steiermark	56	27	5	42	5	5	ÖI5
Aigen im Mühlkreis	Oberösterreich	5	1	3	35	5	5	ÖI5
Ainet	Tirol	14	7	<1	34	5	5	MOH
Ainet	Tirol	14	7	<1	25	4	4	ÖI5
Albeck	Kärnten	9	3	3	34	5	5	ÖI5
Albeck	Kärnten	19	10	1	35	5	5	ÖI1
Alberndorf in der Riedmark	Oberösterreich	50	27	<1	42	5	5	ÖI4
Alberschwende	Vorarlberg	16	7	3	33	5	5	MOH
Alkoven	Oberösterreich	63	37	<1	25	4	4	ÖFZS1
Alkoven	Oberösterreich	68	38	1	25	4	4	MOH
Alkoven	Oberösterreich	89			42	4	4	ÖI1
Allerheiligen im Müürztal	Steiermark	11	5	3	42	5	5	ÖI1
Altach	Vorarlberg	4	2	<1	42	5	5	ÖI1
Altach	Vorarlberg	12	5	3	42	5	5	ÖI1
Altach	Vorarlberg	12	6	<1	42	5	5	ÖI1
Altach	Vorarlberg	13	4	4	42	5	5	ÖI1
Altaussee	Steiermark	48	24	6	29	5	5	BALINZ95
Altaussee	Steiermark	55	32	<1	33	12	12	ÖI1
Altaussee	Steiermark	58	29	7	33	5	5	ÖI1
Altaussee	Steiermark	82	43	6	34	5	5	MOH
Altenberg bei Linz	Oberösterreich	44	24	2	25	4	4	ÖI1
Altendorf	Niederösterreich	14	7	1	42	5	5	ÖI1
Altendorf	Niederösterreich	14	7	1	42	5	5	ÖI1
Altendorf	Niederösterreich	23	11	2	42	5	5	ÖI5
Altendorf	Niederösterreich	10	6	<1	35	5	5	BAL3
Altenmarkt an der Triesting	Steiermark	11			25	11	11	ÖI5
Altenmarkt bei Fürstenfeld	Steiermark	34	17	3	34	5	5	LET
Altenmarkt bei Sankt Gallen	Salzburg	28	14	4	42	21	21	ÖI5
Altenmarkt im Pongau	Salzburg	28	14	4	42	21	21	ÖI5
Altheim	Oberösterreich	20	10	<1	34	5	5	UBA1
Altmelon	Niederösterreich	17	8	2	42	5	5	UBA1
Altmelon	Niederösterreich	26	12	3	42	5	5	UBA1
Altmelon	Niederösterreich	27	13	3	42	5	5	ÖI1
Altmünster	Oberösterreich	33	16	2	42	5	5	MOH
Altmünster	Oberösterreich	35	16	5	42	11	11	BALINZ95
Altmünster	Oberösterreich	55	31	1	26	12	12	ÖI4
Altmünster	Oberösterreich	56	28	3	33	5	5	ÖI4
Altmünster	Oberösterreich	62	33	<1	33	5	5	ÖI4
Altmünster	Oberösterreich	69	38	<1	33	5	5	ÖI4
Altmünster	Oberösterreich	78	42	<1	33	5	5	MOH
Altschwendt	Oberösterreich	27	12	5	42	11	11	ÖI5
Amering	Steiermark	11	6	<1	35	5	5	ÖI1
Ampflwang im Hausruckwald	Oberösterreich	65	33	2	42	5	5	MOH
Andau	Burgenland	9	4	1	42	4	4	BAL3
Andau	Burgenland	15			25	11	11	MOH
Andau	Burgenland	29	15	3	42	4	4	ÖI4
Andelsbuch	Vorarlberg	13	5	4	33	5	5	ÖI5
Andorf	Oberösterreich	20	9	3	35	5	5	VLA
Angern an der March	Niederösterreich	2	2	<1	42	941	941	ÖFZS4
Angern an der March	Niederösterreich	4	2	1	34	4	4	ÖI5
Anras	Tirol	6	2	2	35	5	5	ÖFZS7
Ansfelden	Oberösterreich	29			25	4	4	

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Ansfelden	Oberösterreich	33			25	4	4	ÖFZS7
Anthering	Salzburg	30	17	<1	25	4	4	MOH
Apetion	Burgenland	26			25	11	11	BAL3
Apfelberg	Steiermark	7	3	2	32	5	5	Ö15
Arbesbach	Niederösterreich	9	6	<1	33	12	12	BALINZ95
Arbesbach	Niederösterreich	34			42	11	11	BALUF
Ardagger	Niederösterreich	58	30	6	42	4	4	MOH
Ardning	Steiermark	43	23	2	32	5	5	Ö15
Arnoldstein	Kärnten	26	14	<1	33	5	5	Ö14
Artstetten - Pöbring	Niederösterreich	30	12	7	42	11	11	MOH
Aschau im Zillertal	Tirol	16	9	<1	25	4	4	MOH
Aschbach - Markt	Niederösterreich	43			25	11	11	BALUF95
Aspach	Oberösterreich	32	15	4	35	5	5	Ö15
Aspang-Markt	Niederösterreich	12	6	<1	33	5	5	Ö14
Asperhofen	Niederösterreich	6	2	2	42	5	5	Ö11
Assling	Tirol	3			29	13	13	BALIBK95
Asten	Oberösterreich	43			25	4	4	ÖFZS7
Attersee	Oberösterreich	39	20	<1	42	5	5	Ö11
Au	Vorarlberg	6	2	3	36	6	5	Ö17
Auberg	Oberösterreich	15	8	<1	42	5	5	Ö11
Auersbach	Steiermark	11	4	3	31	32	5	Ö17
Außervillgraten	Tirol	10	5	<1	35	5	5	Ö15
Außervillgraten	Tirol	15	4	7	29	13	13	BALIBK95
Bach	Tirol	9	2	4	29	13	13	BALIBK95
Bach	Tirol	14	5	5	29	13	13	BALIBK95
Bad Aussee	Steiermark	18			42	11	11	BAL3
Bad Aussee	Steiermark	31			42	11	11	BAL2
Bad Aussee	Steiermark	35	19	<1	33	5	5	Ö14
Bad Bleiberg	Kärnten	6			42	11	11	BAL2
Bad Gams	Steiermark	44	22	2	42	5	5	Ö13
Bad Gams	Steiermark	67	34	2	42	5	5	Ö13
Bad Goisern	Oberösterreich	16			42	11	11	BAL2
Bad Goisern	Oberösterreich	30	15	2	33	5	5	Ö14
Bad Goisern	Oberösterreich	43	20	7	42	21	21	LET
Bad Großpertholz	Niederösterreich	10	6	<1	25	4	4	MOH
Bad Großpertholz	Niederösterreich	21	12	<1	25	4	4	MOH
Bad Großpertholz	Niederösterreich	45	24	<1	31	5	5	Ö15
Bad Hofgastein	Salzburg	14	7	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	15	8	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	18	10	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	23	12	2	25	4	4	ÖFZS1
Bad Hofgastein	Salzburg	23	13	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	24	13	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	25	14	<1	25	4	4	ÖFZS1
Bad Hofgastein	Salzburg	25	14	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	25	14	1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	26	14	2	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	26	14	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	27	15	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	28	15	2	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	28	15	2	34	21	21	GAST
Bad Hofgastein	Salzburg	29	15	2	25	4	4	ÖFZS1
Bad Hofgastein	Salzburg	29	16	1	25	4	4	ÖFZS1
Bad Hofgastein	Salzburg	29	17	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	30	16	1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	34	19	<1	25	4	4	MOH
Bad Hofgastein	Salzburg	35	19	2	42	21	21	LET
Bad Ischl	Oberösterreich	36	18	2	33	5	5	Ö14
Bad Ischl	Oberösterreich	40	17	10	26	12	12	BALINZ95
Bad Ischl	Oberösterreich	45	23	1	33	5	5	Ö14
Bad Ischl	Oberösterreich	46			42	11	11	BAL2
Bad Ischl	Oberösterreich	47	23	3	33	5	5	Ö14
Bad Ischl	Oberösterreich	47	24	3	33	5	5	Ö14
Bad Ischl	Oberösterreich	49	25	3	33	5	5	Ö14
Bad Ischl	Oberösterreich	56	28	4	33	5	5	Ö14

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Bad Kleinkirchheim	Kärnten	8	3	3	34	5	5	ÖI5
Bad Leonfelden	Oberösterreich	18	9	2	36	8	8	OÖ1
Bad Leonfelden	Oberösterreich	23	14	<1	34	5	5	ÖI5
Bad Mitterndorf	Steiermark	23			42	11	11	BAL3
Bad Radkersburg	Steiermark	10	4	2	42	961	961	BRAJ
Bad Sankt Leonhard	Kärnten	24	12	<1	34	5	5	ÖI5
Baden	Niederösterreich	9	5	<1	42	5	5	ÖI1
Badgastein	Salzburg	6	3	1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	24	13	1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	24	14	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	25	13	2	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	27	15	2	34	21	21	GAST
Badgastein	Salzburg	28	15	2	34	21	21	GAST
Badgastein	Salzburg	29	16	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	29	16	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	30	16	<1	25	4	4	ÖFZS1
Badgastein	Salzburg	32	18	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	32	17	2	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	32	18	1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	32	17	2	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	33	18	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	35	19	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	36	20	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	36	20	1	25	4	4	ÖFZS1
Badgastein	Salzburg	36	21	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	37	20	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	37	19	3	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	37	21	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	38	21	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	39	21	2	25	4	4	ÖFZS1
Badgastein	Salzburg	39	22	<1	25	4	4	ÖFZS1
Badgastein	Salzburg	39	22	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	39	22	1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	39	22	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	42	23	<1	25	4	4	ÖFZS1
Badgastein	Salzburg	44	25	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	45	27	<1	25	4	4	MOH
Badgastein	Salzburg	65	36	2	42	21	21	LET
Badgastein	Salzburg	154			42	11	11	BAL2
Baldramsdorf	Kärnten	7	2	2	29	5	5	ÖI5
Bärnkopf	Niederösterreich	19	9	1	42	31	11	UBA2
Bärnkopf	Niederösterreich	24	10	6	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	26	12	4	42	31	11	UBA2
Bärnkopf	Niederösterreich	28	14	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	29	14	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	30	15	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	31	15	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	36	18	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	37	18	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	37	19	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	38	19	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	42	22	1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	44	22	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	45	23	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	45	23	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	45	24	1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	46	23	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	49	25	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	50	25	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	50	25	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	50	25	4	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	52	27	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	52	29	<1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	53	27	1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	53	27	1	42	5	5	UBA1

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Bärnkopf	Niederösterreich	53	27	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	53	27	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	54	28	1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	54	28	1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	55	28	1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	55	28	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	57	29	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	59	30	4	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	60	31	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	62	32	2	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	63	32	3	42	5	5	Ö11
Bärnkopf	Niederösterreich	63	32	3	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	65	35	<1	42	5	5	UBA1
Bärnkopf	Niederösterreich	80	41	3	42	5	5	UBA1
Bartholomäberg	Vorarlberg	5	<1	3	36	6	13	UV1
Baumkirchen	Tirol	19			25	11	11	BALUF95
Bergern im Dunkelsteinerwald	Niederösterreich	16	5	8	33	5	5	UBA2
Bernhardsthal	Niederösterreich	3			25	11	11	BAL3
Bernstein	Burgenland	19			25	11	11	BAL3
Berwang	Tirol	18	5	8	29	13	13	BALIBK95
Berwang	Tirol	25	13	<1	29	13	12	BALIBK95
Bezau	Vorarlberg	12	3	6	33	5	5	Ö14
Bezau	Vorarlberg	19	9	3	33	5	5	Ö14
Bisamberg	Niederösterreich	5	2	2	32	5	5	Ö17
Bizau	Vorarlberg	7	4	<1	33	5	5	Ö14
Bleiburg	Kärnten	20	10	2	33	5	5	Ö14
Bludesch	Vorarlberg	7	1	5	33	5	5	Ö14
Bramberg am Wildkogel	Salzburg	26	13	3	42	21	21	LET
Bramberg am Wildkogel	Salzburg	28	14	2	42	5	5	Ö12
Bramberg am Wildkogel	Salzburg	41	18	7	42	5	5	Ö12
Bramberg am Wildkogel	Salzburg	52	26	4	42	5	5	Ö12
Brand	Vorarlberg	6	<1	4	33	5	5	Ö14
Brand	Vorarlberg	8	1	5	33	5	5	Ö14
Brandberg	Tirol	18	8	3	29	13	12	BALIBK95
Brandberg	Tirol	24	13	<1	29	13	12	BALIBK95
Brandenberg	Tirol	16	6	6	37	21	21	SBG95
Brandenberg	Tirol	25	13	2	37	21	21	SBG95
Bregenz	Vorarlberg	18	9	1	33	5	5	Ö14
Breitenau	Niederösterreich	20			25	11	11	BAL3
Breitenwang	Tirol	25	9	8	29	13	13	BALIBK95
Bretstein	Steiermark	21	10	4	29	32	5	Ö17
Brixen im Thale	Tirol	15	4	8	37	21	21	SBG95
Bromberg	Niederösterreich	10			25	11	11	BALUF95
Bruck an der Großglocknerstraße	Salzburg	27	13	5	42	21	21	LET
Bruck an der Leitha	Niederösterreich	9			42	4	4	MOH
Buch	Vorarlberg	13	5	3	33	5	5	Ö14
Buch	Vorarlberg	21	8	7	34	4	4	ÖFZS4
Buch	Vorarlberg	23	9	8	42	4	4	ÖFZS6
Buchkirchen	Oberösterreich	82	45	<1	42	5	5	Ö11
Bürs	Vorarlberg	4	<1	3	36	6	5	Ö17
Bürs	Vorarlberg	12	4	6	36	6	5	Ö17
Bürs	Vorarlberg	<1			42	11	11	BAL2
Dalaas	Vorarlberg	7	2	4	36	6	5	Ö17
Damüls	Vorarlberg	8	2	4	36	6	5	Ö17
Dellach im Drautal	Kärnten	8	3	3	35	5	5	Ö15
Dellach im Drautal	Kärnten	25	13	2	35	5	5	Ö15
Deutsch Goritz	Steiermark	6	2	3	42	5	5	Ö11
Deutsch Jahrdorf	Burgenland	29			25	11	11	BAL3
Deutsch Schützen - Eisenberg	Burgenland	10			25	11	11	BAL3
Deutschkreutz	Burgenland	9			25	11	11	BAL3
Deutschlandsberg	Steiermark	51	26	2	42	5	5	Ö13
Deutschlandsberg	Steiermark	52	27	5	42	22	22	TUG1
Dienten am Hochkönig	Salzburg	3			42	11	11	BAL2
Diex	Kärnten	41	21	4	32	32	5	Ö17
Diex	Kärnten	44	22	5	33	32	5	Ö17

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Dölsach	Tirol	4	2	<1	25	4	4	MOH
Dölsach	Tirol	5	2	<1	25	4	4	MOH
Dölsach	Tirol	5	2	1	25	4	4	MOH
Dölsach	Tirol	7	3	2	35	5	5	Ö15
Dölsach	Tirol	17	9	2	25	4	4	MOH
Dölsach	Tirol	17	9	2	25	4	4	MOH
Donnersbach	Steiermark	54	33	<1	32	12	12	BALINZ95
Donnersbachwald	Steiermark	14	7	2	35	5	5	Ö15
Donnersbachwald	Steiermark	44	22	5	34	5	5	Ö15
Donnersbachwald	Steiermark	52	27	5	26	12	12	BALINZ95
Donnerskirchen	Burgenland	6			42	4	4	MOH
Doren	Vorarlberg	18	8	3	33	5	5	Ö14
Dorfgastein	Salzburg	28	15	<1	25	4	4	MOH
Dorfgastein	Salzburg	29	16	<1	25	4	4	MOH
Dorfgastein	Salzburg	36			42	21	21	LET2
Dornbirn	Vorarlberg	11	6	<1	33	5	5	Ö14
Dornbirn	Vorarlberg	12	5	3	33	5	5	Ö14
Dornbirn	Vorarlberg	13	6	2	33	5	5	Ö14
Dornbirn	Vorarlberg	14	6	3	33	5	5	Ö14
Draßmarkt	Burgenland	6			42	11	11	BAL3
Drosendorf - Zissersdorf	Niederösterreich	29	16	<1	34	5	5	Ö15
Drösing	Niederösterreich	3			25	11	11	BAL3
Düns	Vorarlberg	4	<1	2	36	6	5	Ö17
Eben am Achensee	Tirol	6			42	11	11	BAL2
Eben am Achensee	Tirol	21	7	7	29	13	13	BALIBK95
Eben am Achensee	Tirol	33	13	9	29	13	13	BALIBK95
Ebenfurth	Niederösterreich	8			42	11	11	BAL3
Ebensee	Oberösterreich	52	27	2	33	5	5	Ö14
Ebensee	Oberösterreich	64	31	5	33	5	5	Ö14
Ebensee	Oberösterreich	68	35	3	42	5	5	Ö11
Ebensee	Oberösterreich	81	41	3	33	5	5	Ö14
Ebensee	Oberösterreich	90	47	2	33	5	5	Ö14
Ebental	Kärnten	27	14	<1	42	5	5	Ö11
Ebental	Kärnten	39	19	3	33	5	5	Ö14
Eberau	Burgenland	10			25	11	11	BALUF95
Eberndorf	Kärnten	19	9	2	33	5	5	Ö14
Eberstein	Kärnten	15	7	2	32	5	5	Ö15
Ebreichsdorf	Niederösterreich	5	2	<1	42	5	5	Ö11
Echsenbach	Niederösterreich	28			25	11	11	BAL3
Edelschrott	Steiermark	76	38	4	42	5	5	Ö13
Edlbach	Oberösterreich	55	31	<1	35	5	5	Ö15
Edt bei Lambach	Oberösterreich	25	11	4	42	11	11	MOH
Egg	Vorarlberg	12	6	1	33	5	5	Ö14
Egg	Vorarlberg	14	3	9	36	6	13	UV1
Egg	Vorarlberg	21	8	6	33	5	5	Ö14
Eggelsberg	Oberösterreich	18	9	3	42	21	21	LET
Eggelsberg	Oberösterreich	31	14	4	34	5	5	Ö15
Eggenburg.	Niederösterreich	5			25	11	11	BALUF95
Ehrwald	Tirol	29	11	9	29	13	13	BALIBK95
Eibiswald	Steiermark	44	22	3	42	5	5	Ö13
Eichenberg	Vorarlberg	27	14	<1	33	5	5	Ö14
Eisenerz	Steiermark	29	16	<1	32	5	5	Ö15
Eisenkappel - Vellach	Kärnten	5			42	11	11	BAL2
Eisenkappel - Vellach	Kärnten	7			42	11	11	BAL2
Eisenkappel - Vellach	Kärnten	30	15	2	33	5	5	Ö14
Eisenkappel - Vellach	Kärnten	30	15	<1	33	5	5	Ö14
Eisenkappel - Vellach	Kärnten	30	14	4	42	5	5	Ö11
Eisenstadt	Burgenland	20			25	11	11	BALUF95
Ellmau	Tirol	16	6	6	37	21	21	SBG95
Elmen	Tirol	22	9	6	29	13	12	BALIBK95
Elsbethen	Salzburg	26	15	<1	25	4	4	MOH
Elsbethen	Salzburg	29	15	2	25	4	4	MOH
Engelhartstetten	Niederösterreich	2	1	<1	42	11	11	BAL1
Engelhartstetten	Niederösterreich	11	5	2	42	4	4	ÖFZS6
Engelhartzell	Oberösterreich	20	9	4	30	12	12	BALINZ95

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Enns	Oberösterreich	18			42	11	11	MOH
Enns	Oberösterreich	34	18	3	34	12	12	BALINZ95
Enzenreith	Niederösterreich	9	5	<1	42	5	5	Ö11
Enzenreith	Niederösterreich	12	4	4	42	5	5	Ö11
Enzenreith	Niederösterreich	16	6	4	42	5	5	Ö11
Enzenreith	Niederösterreich	18	9	1	42	5	5	Ö11
Enzenreith	Niederösterreich	19	8	4	42	5	5	Ö11
Enzenreith	Niederösterreich	20	10	1	42	5	5	Ö11
Enzenreith	Niederösterreich	20	9	3	42	5	5	Ö11
Enzenreith	Niederösterreich	20	9	3	42	5	5	Ö11
Erl	Tirol	3			37	21	21	SBG95
Erl	Tirol	43			25	11	11	BALUF95
Ernstbrunn	Niederösterreich	3			25	11	11	BALUF95
Ernsthofen	Niederösterreich	35	20	<1	33	12	12	BALINZ95
Etmißl	Steiermark	9	4	2	36	5	5	Ö15
Etzersdorf-Rollsdorf	Steiermark	24			25	11	11	BAL3
Eugendorf	Salzburg	35	19	<1	25	4	4	MOH
Eugendorf	Salzburg	48	26	3	25	4	4	MOH
Eugendorf	Salzburg	55	26	9	42	21	21	LET
Faistenau	Salzburg	47	25	2	25	4	4	MOH
Faistenau	Salzburg	47	25	3	25	4	4	MOH
Faistenau	Salzburg	49	26	3	25	4	4	MOH
Faistenau	Salzburg	49	25	5	37	21	21	SBG95
Faistenau	Salzburg	54	29	4	25	4	4	MOH
Falkendorf	Steiermark	15	6	3	32	5	5	Ö15
Feistritz bei Knittelfeld	Steiermark	13	6	2	35	5	5	Ö15
Feistritz im Rosental	Kärnten	30	16	<1	33	5	5	Ö14
Feistritz ob Bleiburg	Kärnten	21	9	4	33	5	5	Ö14
Feistritz ob Bleiburg	Kärnten	23			42	11	11	BAL2
Feld am See	Kärnten	11	5	3	35	5	5	Ö15
Feldkirch	Vorarlberg	5	1	3	36	6	5	Ö17
Feldkirch	Vorarlberg	5	3	<1	33	5	5	Ö14
Feldkirch	Vorarlberg	6	2	3	36	6	13	UV1
Feldkirch	Vorarlberg	7	1	5	36	6	13	UV1
Feldkirchen bei Graz	Steiermark	12			25	4	4	ÖFZS7
Feldkirchen in Kärnten	Kärnten	7	3	3	34	5	5	Ö15
Feldkirchen in Kärnten	Kärnten	13	6	2	32	5	5	Ö15
Fels am Wagram	Niederösterreich	6			25	11	11	BALUF95
Ferlach	Kärnten	24	13	<1	33	5	5	Ö14
Fieberbrunn	Tirol	22	8	9	37	21	21	SBG95
Fieberbrunn	Tirol	55	24	13	37	21	21	SBG95
Filzmoos	Salzburg	38			42	21	21	LET2
Finkenberg	Tirol	17	10	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	26	15	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	26	15	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	27	15	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	32	18	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	32	19	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	34	20	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	39	23	<1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	44	24	1	25	4	4	MOH
Finkenberg	Tirol	47	27	<1	25	4	4	MOH
Finkenstein	Kärnten	28	14	2	33	5	5	Ö14
Flachau	Salzburg	24			42	11	11	BAL2
Flachau	Salzburg	26	14	<1	42	5	5	Ö12
Flachau	Salzburg	28	15	<1	42	5	5	Ö12
Flachau	Salzburg	35	19	<1	42	5	5	Ö12
Fließ	Tirol	8	3	3	29	13	13	BALIBK95
Fornach	Oberösterreich	53	28	4	27	12	12	BALINZ95
Forstau	Salzburg	32	16	3	42	5	5	Ö12
Frankenburg am Hausruck	Oberösterreich	43	18	9	42	11	11	MOH
Frankenburg am Hausruck	Oberösterreich	53	28	<1	35	5	5	Ö15
Frankenburg am Hausruck	Oberösterreich	54	23	11	42	11	11	MOH
Frastanz	Vorarlberg	9	4	2	33	5	5	Ö14
Frauenstein	Kärnten	13	7	<1	34	5	5	Ö15

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Freiland bei Deutschlandsberg	Steiermark	56	28	4	42	5	5	Ö13
Freiland bei Deutschlandsberg	Steiermark	95	50	1	42	5	5	Ö13
Freistadt	Oberösterreich	28	15	<1	42	5	5	Ö11
Freistadt	Oberösterreich	30	15	4	36	8	8	OÖ1
Friesach	Kärnten	9	8	<1	32	5	5	Ö15
Frohnleiten	Steiermark	9	3	3	32	5	5	Ö15
Frojach-Katsch	Steiermark	19	11	<1	29	5	5	Ö15
Fügen	Tirol	7	4	<1	25	4	4	MOH
Fügen	Tirol	17	10	<1	25	4	4	MOH
Fügenberg	Tirol	12	5	3	37	21	21	SBG95
Furth	Niederösterreich	14	6	3	33	5	5	Ö14
Fusch an der Großglocknerstraße	Salzburg	9	4	2	42	21	21	LET
Fusch an der Großglocknerstraße	Salzburg	11	2	7	42	5	5	Ö12
Fusch an der Großglocknerstraße	Salzburg	23	9	7	42	5	5	Ö12
Fusch an der Großglocknerstraße	Salzburg	36	19	<1	42	5	5	Ö12
Fuschl am See	Salzburg	26	10	6	42	11	11	MOH
Fuschl am See	Salzburg	43	21	5	42	21	21	LET
Gaal	Steiermark	5			42	11	11	BAL3
Gaal	Steiermark	9			42	11	11	BAL3
Gaal	Steiermark	17	9	1	28	32	5	Ö17
Gafienz	Oberösterreich	47	22	7	26	12	12	BALINZ95
Gafienz	Oberösterreich	70	37	6	34	5	5	Ö15
Gai	Steiermark	18			42	11	11	BAL3
Gallizien	Kärnten	20	7	7	42	5	5	Ö11
Gallizien	Kärnten	29	15	<1	33	5	5	Ö14
Gallmannsegg	Steiermark	11			42	11	11	BAL3
Galtür	Tirol	6	1	4	29	13	13	BALIBK95
Galtür	Tirol	9	3	4	29	13	13	BALIBK95
Gaming	Niederösterreich	12			25	11	11	BALUF95
Gaming	Niederösterreich	18	7	5	31	5	5	Ö11
Gaming	Niederösterreich	22	9	5	34	5	5	Ö15
Gaming	Niederösterreich	25	12	3	33	5	5	Ö14
Gaming	Niederösterreich	27	11	7	32	5	5	Ö11
Gaming	Niederösterreich	29	13	7	29	5	5	Ö15
Gaming	Niederösterreich	31	13	6	33	5	5	Ö11
Garanas	Steiermark	30	15	4	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	30	15	4	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	30	15	4	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	30	15	4	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	30	37	4	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	30	37	4	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	30	37	4	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	30	37	4	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	48	30	<1	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	56	26	7	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	67	34	4	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	67	31	8	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	68	34	4	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	70	35	4	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	74	15	5	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	74	15	5	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	74	15	5	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	74	15	5	25	4	4	MOH
Garanas	Steiermark	74	37	5	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	74	37	5	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	74	37	5	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	74	37	5	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	103	52	6	42	5	5	Ö13
Garanas	Steiermark	105	53	5	42	5	5	Ö13
Gaschurn	Vorarlberg	4	2	1	36	6	5	Ö17
Gaschurn	Vorarlberg	5	2	1	33	5	5	Ö14
Gaschurn	Vorarlberg	8	2	4	33	5	5	Ö14
Gaschurn	Vorarlberg	<1			42	11	11	BAL2
Geras	Niederösterreich	12	5	3	34	5	5	Ö15
Gerasdorf bei Wien	Niederösterreich	4			25	11	11	BAL3

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONS.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Gerlos	Tirol	29	15	<1	29	13	12	BALIBK95
Gerlos	Tirol	29			42	11	11	BAL2
Gerlos	Tirol	29	15	2	42	5	5	Ö12
Gerlos	Tirol	127	75	<1	29	13	12	BALIBK95
Gföhl	Niederösterreich	11	5	2	34	5	5	Ö15
Gitschtal	Kärnten	14	6	3	34	5	5	Ö15
Glanz	Steiermark	10	5	2	34	4	4	ÖFZS4
Globasnitz	Kärnten	21	12	<1	33	5	5	Ö14
Glödnitz	Kärnten	2			42	11	11	BAL2
Glödnitz	Kärnten	20	9	5	30	32	5	Ö17
Gloggnitz	Niederösterreich	12			25	11	11	BALUF95
Gmunden	Oberösterreich	39	20	1	42	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	46	24	<1	33	5	5	Ö14
Gmunden	Oberösterreich	49	25	2	34	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	54	28	<1	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	57	31	<1	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	59	30	3	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	64	32	5	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	69	37	<1	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	71	37	3	33	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	72	38	1	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	79	41	2	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	92	49	<1	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	95	53	<1	32	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	96	51	<1	33	5	5	Ö14
Gmunden	Oberösterreich	98	51	3	42	5	5	Ö14
Gmunden	Oberösterreich	99	58	<1	35	5	5	Ö11
Gmunden	Oberösterreich	101	54	<1	35	5	5	Ö14
Gmunden	Oberösterreich	113	61	<1	42	5	5	Ö14
Gmunden	Oberösterreich	132	73	<1	33	5	5	Ö14
Gmunden	Oberösterreich	161	87	<1	33	5	5	Ö14
Gmunden	Oberösterreich	191	102	<1	33	5	5	Ö14
Gnadenwald	Tirol	7			42	11	11	BAL2
Gnesau	Kärnten	19	8	4	32	5	5	Ö15
Göfis	Vorarlberg	8	3	4	33	5	5	Ö14
Goldegg	Salzburg	39	19	5	42	21	21	LET
Golling an der Salzach	Salzburg	22	10	5	42	21	21	LET
Golling an der Salzach	Salzburg	45			42	11	11	BAL2
Gols	Burgenland	9			25	11	11	BAL3
Göming	Salzburg	9	5	<1	25	4	4	MOH
Göming	Salzburg	10	5	<1	25	4	4	MOH
Göming	Salzburg	16	9	<1	25	4	4	MOH
Göpfritz an der Wild	Niederösterreich	24	12	2	35	5	5	Ö15
Göriach	Salzburg	16	7	3	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	20	11	<1	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	40	20	4	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	42	20	4	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	58	27	7	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	66	34	3	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	77	39	4	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	77	37	9	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	93	47	4	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	101	50	6	42	5	5	Ö12
Göriach	Salzburg	116	60	3	42	5	5	Ö12
Gosau	Oberösterreich	25	12	1	33	5	5	Ö14
Gosau	Oberösterreich	35	18	<1	33	5	5	Ö14
Gosau	Oberösterreich	46	23	2	33	5	5	Ö14
Gosau	Oberösterreich	50	26	1	33	5	5	Ö14
Gosau	Oberösterreich	52	26	4	33	5	5	Ö14
Gosau	Oberösterreich	132			42	11	11	BAL2
Gössenberg	Steiermark	51	23	10	29	12	12	BALINZ95
Göstling an der Ybbs	Niederösterreich	24	11	3	42	5	5	Ö11
Göstling an der Ybbs	Niederösterreich	31	16	<1	42	5	5	Ö11
Götzendorf an der Leitha	Niederösterreich	7	3	1	42	5	5	Ö11
Götzis	Vorarlberg	9	3	3	33	5	5	Ö14

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Götzis	Vorarlberg	14	4	6	33	5	5	Ö14
Grafenbach - St. Valentin	Niederösterreich	11	6	<1	33	5	5	Ö14
Grafenbach - St. Valentin	Niederösterreich	12	5	1	42	5	5	Ö11
Gramais	Tirol	21	9	5	29	13	13	BALIBK95
Grän	Tirol	29	15	2	29	13	12	BALIBK95
Gratwein	Steiermark	13	7	2	35	5	5	Ö15
Graz	Steiermark	10			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	10			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	12			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	13			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	13			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	14			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	15			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	15			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	15			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	15			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	15			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	16			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	16			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	16			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	17			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	18			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	19			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	19			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	19			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	19			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	20			25	4	4	ÖFZS7
Graz	Steiermark	29			42	32	5	BAL2
Grein	Oberösterreich	34	19	<1	29	12	12	BALINZ95
Greisdorf	Steiermark	61	30	4	42	5	5	Ö13
Gressenberg	Steiermark	55	28	3	42	5	5	Ö13
Gressenberg	Steiermark	57	30	<1	42	5	5	Ö13
Gressenberg	Steiermark	64	33	2	42	5	5	Ö13
Gresten - Land	Niederösterreich	29	14	2	35	5	5	Ö15
Gries am Brenner	Tirol	4			42	11	11	BAL2
Gries am Brenner	Tirol	9			29	13	13	BALIBK95
Gries im Sellrain	Tirol	7	3	2	29	13	13	BALIBK95
Grieskirchen	Oberösterreich	49	26	4	35	5	5	Ö15
Griffen	Kärnten	44	20	9	33	32	5	Ö17
Gröbming	Steiermark	29			42	11	11	BAL2
Gröbming	Steiermark	33	13	9	26	12	12	BALINZ95
Grödig	Salzburg	34	19	<1	25	4	4	MOH
Grödig	Salzburg	43	22	4	25	4	4	MOH
Groß - Enzersdorf	Niederösterreich	5	1	2	29	5	5	Ö17
Groß - Gerungs	Niederösterreich	22			25	11	11	BAL3
Groß - Gerungs	Niederösterreich	32	17	2	25	4	4	ÖFZS
Groß - Siegharts	Niederösterreich	19	11	<1	35	5	5	Ö15
Groß Sankt Florian	Steiermark	53	28	<1	42	5	5	Ö13
Großdietmanns	Niederösterreich	22	12	<1	25	4	4	MOH
Großdietmanns	Niederösterreich	25	12	4	34	4	4	ÖFZS4
Großdietmanns	Niederösterreich	30	14	4	42	4	4	ÖFZS6
Großdietmanns	Niederösterreich	34	19	1	25	4	4	MOH
Großgmain	Salzburg	38	20	2	25	4	4	MOH
Großgmain	Salzburg	42	23	1	25	4	4	MOH
Großgmain	Salzburg	45	25	1	25	4	4	MOH
Großgmain	Salzburg	50	28	1	25	4	4	MOH
Großgmain	Salzburg	52	28	3	25	4	4	MOH
Großgöttfritz	Niederösterreich	35	18	<1	42	5	5	Ö11
Großharras	Niederösterreich	2	<1	<1	42	4	4	ÖFZS4
Großkirchheim	Kärnten	14	6	2	42	5	5	Ö12
Großkirchheim	Kärnten	18	9	<1	42	5	5	Ö12
Großkirchheim	Kärnten	22	14	<1	42	5	5	Ö12
Großkirchheim	Kärnten	24	10	5	42	5	5	Ö12
Großkirchheim	Kärnten	25	11	4	42	5	5	Ö12
Großkirchheim	Kärnten	44	21	5	42	5	5	Ö12
Großkirchheim	Kärnten	49	22	7	42	5	5	Ö12

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KOM	SAMP	LAB	QUELLE
Großpetersdorf	Burgenland	11			25	11	11	BALUF95
Großbraming	Oberösterreich	43	24	<1	35	5	5	Ö15
Großschönau	Niederösterreich	26	15	<1	25	4	4	MOH
Großstübing	Steiermark	10	5	2	33	32	5	Ö17
Großwarasdorf	Burgenland	18			25	11	11	BALUF95
Großweikersdorf	Niederösterreich	3			25	11	11	BALUF95
Grünau im Almtal	Oberösterreich	24			42	11	11	BAL2
Grünau im Almtal	Oberösterreich	45	23	5	29	12	12	BALINZ95
Grünau im Almtal	Oberösterreich	59	29	4	42	5	5	Ö11
Grünburg	Oberösterreich	42	21	3	42	5	5	Ö11
Grundlsee	Steiermark	4			42	11	11	BAL2
Grundlsee	Steiermark	26	11	6	33	5	5	Ö11
Grundlsee	Steiermark	45	22	6	34	5	5	Ö15
Grundlsee	Steiermark	55	29	4	32	32	5	Ö17
Grundlsee	Steiermark	101	53	8	35	5	5	Ö11
Gschnitz	Tirol	13	4	5	29	13	13	BALIBK95
Gußwerk	Steiermark	10			42	11	11	BAL2
Gußwerk	Steiermark	13			42	11	11	BAL2
Gußwerk	Steiermark	19	8	4	35	5	5	Ö15
Gußwerk	Steiermark	25	12	3	31	5	5	Ö15
Gutau	Oberösterreich	22	11	4	34	5	5	Ö15
Gutenbrunn	Niederösterreich	38	19	3	42	5	5	UBA1
Gutenbrunn	Niederösterreich	43	21	3	42	5	5	UBA1
Gutenbrunn	Niederösterreich	51	27	<1	42	5	5	UBA1
Gutenbrunn	Niederösterreich	54	28	2	42	5	5	UBA1
Gutenbrunn	Niederösterreich	55	30	2	33	5	5	Ö15
Gutenbrunn	Niederösterreich	58	30	2	42	31	11	UBA2
Gutenbrunn	Niederösterreich	89	45	9	42	4	4	MOH
Gutenstein	Niederösterreich	11	5	2	34	5	5	Ö15
Haag	Niederösterreich	2	<1	<1	42	11	11	MOH
Haag	Niederösterreich	53	28	4	42	4	4	MOH
Haag	Niederösterreich	99	51	9	42	4	4	MOH
Haiming	Tirol	3			42	11	11	BAL2
Haiming	Tirol	11			25	11	11	BALUF95
Hainburg a.d. Donau	Niederösterreich	1	<1	<1	42	941	941	VLA
Hainburg a.d. Donau	Niederösterreich	5	2	1	34	4	4	ÖFZS4
Hallein	Salzburg	6	3	<1	25	4	4	MOH
Hallein	Salzburg	24	14	<1	25	4	4	MOH
Hallein	Salzburg	33	19	<1	25	4	4	MOH
Hallein	Salzburg	43	21	6	42	21	21	LET
Hallein	Salzburg	45	26	<1	25	4	4	MOH
Hallstatt	Oberösterreich	44			42	11	11	BAL2
Halltal	Steiermark	40	21	<1	32	5	5	Ö15
Hard	Vorarlberg	3	1	<1	33	5	5	Ö14a
Hard	Vorarlberg	3	1	<1	33	5	5	Ö14a
Hard	Vorarlberg	19	9	2	36	6	5	Ö17
Hardegg	Niederösterreich	5			25	11	11	BALUF95
Hargelsberg	Oberösterreich	40			42	4	4	MOH
Hartberg Umgebung	Steiermark	7			25	11	11	BAL3
Häselgehr	Tirol	13	6	3	29	13	13	BALIBK95
Haselsdorf-Tobelbad	Steiermark	18			25	11	11	BAL3
Haus	Steiermark	12			42	11	11	BAL3
Heidenreichstein	Niederösterreich	8	3	2	32	5	5	Ö15
Heiligenblut	Kärnten	12	5	3	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	27	12	4	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	28	15	<1	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	34	16	4	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	35	18	<1	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	51	25	4	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	59	29	4	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	63	31	5	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	72	36	4	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	75	38	5	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	86	43	6	42	5	5	Ö12
Heiligenblut	Kärnten	87	46	1	42	5	5	Ö12

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Heiligenbrunn	Burgenland	5			25	11	11	BAL3
Heiligenkreuz im Lafnitztal	Burgenland	8	3	3	33	5	5	Ö14
Heinfels	Tirol	5	2	<1	34	5	5	Ö15
Heiterwang	Tirol	25	9	8	29	13	13	BALIBK95
Henndorf am Wallersee	Salzburg	35	19	2	25	4	4	MOH
Hermagor - Pressegger See	Kärnten	12	6	1	33	5	5	Ö14
Hermagor - Pressegger See	Kärnten	20	10	1	33	5	5	Ö14
Hernstein	Niederösterreich	9	4	1	42	5	5	Ö11
Hernstein	Niederösterreich	13	6	2	42	5	5	Ö11
Herzogenburg	Niederösterreich	6	3	<1	42	5	5	Ö11
Hieflau	Steiermark	31	16	3	35	5	5	Ö15
Himberg	Niederösterreich	<1	<1	<1	42	11	11	BAL1
Hinterhornbach	Tirol	18	10	<1	29	13	13	BALIBK95
Hinterstoder	Oberösterreich	13			42	11	11	BAL2
Hinterstoder	Oberösterreich	35			42	11	11	BAL3
Hinterstoder	Oberösterreich	45	21	5	42	5	5	Ö11
Hinterstoder	Oberösterreich	48	24	4	42	5	5	Ö11
Hinterstoder	Oberösterreich	48			42	11	11	BAL2
Hinterstoder	Oberösterreich	60	29	5	42	5	5	Ö11
Hittisau	Vorarlberg	12	2	7	36	6	13	UV1
Hittisau	Vorarlberg	16	5	6	33	5	5	Ö14
Hittisau	Vorarlberg	19	8	5	33	5	5	Ö14
Hochburg - Ach	Oberösterreich	8	4	<1	35	5	5	Ö15
Hochburg - Ach	Oberösterreich	25	11	6	42	21	21	LET
Hochfilzen	Tirol	18			42	11	11	BAL2
Hochneukirchen - Gscheidt	Niederösterreich	11	6	<1	33	5	5	Ö14
Höchst	Vorarlberg	14	7	<1	33	5	5	Ö14
Hof am Leithaberge	Niederösterreich	6	3	<1	42	4	4	MOH
Hof am Leithaberge	Niederösterreich	6	2	2	42	4	4	MOH
Hof am Leithaberge	Niederösterreich	7	3	2	42	4	4	MOH
Hof am Leithaberge	Niederösterreich	8	3	3	42	4	4	MOH
Hof am Leithaberge	Niederösterreich	8	3	2	42	4	4	MOH
Hof bei Salzburg	Salzburg	29	16	1	25	4	4	MOH
Hof bei Salzburg	Salzburg	37	20	2	25	4	4	MOH
Hofamt Priel	Niederösterreich	15	6	4	42	11	11	MOH
Hofamt Priel	Niederösterreich	<1	<1	<1	42	11	11	MOH
Hofkirchen im Mühlkreis	Oberösterreich	14	7	<1	42	5	5	Ö11
Hofkirchen im Traunkreis	Oberösterreich	17	10	<1	25	4	4	MOH
Hohe Wand	Niederösterreich	11	5	1	33	5	5	Ö14
Hohe Wand	Niederösterreich	12	6	2	33	5	5	Ö14
Hohenberg	Niederösterreich	16	6	4	42	5	5	Ö14
Hohenberg	Niederösterreich	21	10	3	33	5	5	Ö14
Hohenems	Vorarlberg	11	2	7	36	6	13	UV1
Hohenems	Vorarlberg	11	6	1	33	5	5	Ö14
Hohenems	Vorarlberg	14	6	2	42	5	5	Ö11
Hohentauern	Steiermark	11	5	2	42	5	5	Ö11
Hohentauern	Steiermark	16			42	11	11	BAL3
Hohenweiler	Vorarlberg	25	11	4	33	5	5	Ö14
Höhhart	Oberösterreich	19	8	3	42	11	11	MOH
Hollabrunn	Niederösterreich	3			25	11	11	BALUF95
Holleneegg	Steiermark	39	19	3	42	5	5	Ö13
Hollenstein an der Ybbs	Niederösterreich	43	20	5	34	5	5	Ö15
Hollersbach im Pinzgau	Salzburg	20	10	1	42	5	5	Ö12
Hollersbach im Pinzgau	Salzburg	55	25	8	42	5	5	Ö12
Holzgau	Tirol	21	6	10	29	13	13	BALIBK95
Hopfgarten im Brixental	Tirol	37	17	8	37	21	21	SBG95
Hopfgarten in Deferegggen	Tirol	9	3	4	32	5	5	Ö15
Hörbranz	Vorarlberg	18	5	9	36	6	13	UV1
Hom	Niederösterreich	1	<1	<1	42	11	11	MOH
Hörsching	Oberösterreich	35			25	4	4	ÖFZS7
Hörsching	Oberösterreich	45	22	6	30	12	12	BALINZ95
Hörsching	Oberösterreich	74	43	<1	25	4	4	MOH
Hörsching	Oberösterreich	75	43	<1	25	4	4	ÖFZS1
Hörsching	Oberösterreich	85	48	<1	25	4	4	ÖFZS1
Hörsching	Oberösterreich	85	49	<1	25	4	4	ÖFZS1

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONT	SAMP	LAB	QUELLE
Hörsching	Oberösterreich	92	53	<1	25	4	4	MOH
Hörsching	Oberösterreich	98	59	<1	25	4	4	ÖFZS1
Hundsheim	Niederösterreich	6	2	3	42	5	5	ÖI1
Hürm	Niederösterreich	6	3	2	42	11	11	MOH
Hütttau	Salzburg	32			42	21	21	LET2
Hüttenberg	Kärnten	17	8	2	31	32	5	ÖI7
Hüttschlag	Salzburg	42			42	21	21	LET2
Ilz	Steiermark	9	3	4	32	32	5	ÖI7
Ilz	Steiermark	11			42	11	11	BAL3
Imst	Tirol	7	1	5	42	5	5	ÖI1
Imst	Tirol	12	5	3	29	13	12	BALIBK95
Imst	Tirol	19	9	2	29	13	12	BALIBK95
Innerschwand	Oberösterreich	39	22	<1	42	5	5	ÖI1
Innerschwand	Oberösterreich	52	27	2	33	5	5	ÖI4
Innervillgraten	Tirol	9	2	4	29	13	13	BALIBK95
Innervillgraten	Tirol	11	5	2	35	5	5	ÖI5
Innsbruck	Tirol	2			42	11	11	BAL2
Innsbruck	Tirol	8	3	3	29	13	13	BALIBK95
Innsbruck	Tirol	8			42	32	5	BAL2
Innsbruck	Tirol	10			25	11	11	BALUF95
Inzing	Tirol	6	1	4	29	13	12	BALIBK95
Inzing	Tirol	8			25	11	11	BALUF95
Ischgl	Tirol	7	2	4	29	13	13	BALIBK95
Ischgl	Tirol	7	2	3	29	13	13	BALIBK95
Ischgl	Tirol	8	2	3	29	13	13	BALIBK95
Jagerberg	Steiermark	13			25	11	11	BAL3
Jenbach	Tirol	14	6	3	29	13	13	BALIBK95
Jochberg	Tirol	10	3	5	37	21	21	SBG95
Johnsbach	Steiermark	37	16	8	29	32	5	ÖI7
Jungholz	Tirol	22	11	2	29	13	12	BALIBK95
Kainach bei Voitsberg	Steiermark	8	4	1	29	32	5	ÖI7
Kaisers	Tirol	9	2	6	29	13	12	BALIBK95
Kallham	Oberösterreich	6	3	1	42	11	11	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	7	2	4	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	8	4	<1	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	10	5	<1	34	5	5	ÖI5
Kals am Großglockner	Tirol	13	7	<1	34	5	5	ÖI5
Kals am Großglockner	Tirol	13	7	1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	15	8	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	17	7	4	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	19	10	1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	21	12	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	22	12	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	24	12	2	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	26	11	4	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	27	15	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	33	18	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	35	18	2	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	36	20	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	37	13	12	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	38	21	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	40	21	2	25	4	4	ÖFZS1
Kals am Großglockner	Tirol	44	24	2	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	53	28	3	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	57	27	5	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	57	29	2	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	61	33	3	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	62	30	5	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	63	35	2	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	65	35	3	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	68	33	5	42	5	5	ÖI2
Kals am Großglockner	Tirol	72	39	2	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	72	40	2	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	76	42	<1	25	4	4	MOH
Kals am Großglockner	Tirol	88	49	2	25	4	4	MOH

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAP	QUELLE
Kals am Großglockner	Tirol	90	46	3	42	5	5	Ö12
Kals am Großglockner	Tirol	99	50	5	42	5	5	Ö12
Kals am Großglockner	Tirol	103	51	6	42	5	5	Ö12
Kals am Großglockner	Tirol	167	85	7	42	5	5	Ö12
Kalwang	Steiermark	9	4	3	35	5	5	Ö15
Kammern im Liesingtal	Steiermark	7	3	2	35	5	5	Ö15
Kapfenberg	Steiermark	30	15	1	42	5	5	Ö11
Kappel am Krappfeld	Kärnten	15	6	4	31	32	5	Ö17
Kappl	Tirol	6	2	2	29	13	13	BALIBK95
Kaprun	Salzburg	28	14	1	42	5	5	Ö12
Kaprun	Salzburg	31	14	4	42	5	5	Ö12
Kaprun	Salzburg	37	17	5	42	5	5	Ö12
Kaprun	Salzburg	42	21	2	42	5	5	Ö12
Karlstein an der Thaya	Niederösterreich	26	15	<1	34	5	5	Ö15
Kartitsch	Tirol	5	3	<1	32	5	5	Ö15
Katsdorf	Oberösterreich	18	10	<1	25	4	4	MOH
Katsdorf	Oberösterreich	26	15	<1	25	4	4	MOH
Kaumberg	Niederösterreich	11			25	11	11	BALUF95
Kaunertal	Tirol	6	2	3	29	13	13	BALIBK95
Kaunertal	Tirol	7	2	4	29	13	13	BALIBK95
Kemeten	Burgenland	12			25	11	11	BAL3
Kennelbach	Vorarlberg	10	5	<1	33	5	5	Ö14
Kennelbach	Vorarlberg	13	6	3	33	5	5	Ö14
Keutschach am See	Kärnten	23	13	<1	32	32	5	Ö17
Kilb	Niederösterreich	3	1	<1	42	11	11	MOH
Kirchbach	Kärnten	20	10	2	33	5	5	Ö14
Kirchberg - Thening	Oberösterreich	29			25	4	4	ÖFZS7
Kirchberg - Thening	Oberösterreich	32	14	6	42	11	11	MOH
Kirchberg am Walde	Niederösterreich	19			25	11	11	BAL3
Kirchberg am Wechsel	Niederösterreich	16	8	<1	33	5	5	Ö14
Kirchberg am Wechsel	Niederösterreich	25	11	3	42	5	5	Ö11
Kirchberg in Tirol	Tirol	25	11	5	37	21	21	SBG95
Kirchberg in Tirol	Tirol	25	11	7	37	21	21	SBG95
Kirchbichl	Tirol	14	5	4	37	21	21	SBG95
Kirchdorf in Tirol	Tirol	23	8	8	37	21	21	SBG95
Kirchdorf in Tirol	Tirol	23	9	7	37	21	21	SBG95
Kirchdorf in Tirol	Tirol	25			25	11	11	BALUF95
Kirchham	Oberösterreich	53	27	5	26	12	12	BALINZ95
Kirchschlag bei Linz	Oberösterreich	22	10	3	42	5	5	Ö11
Kirchschlag bei Linz	Oberösterreich	41	13	17	25	4	4	MOH
Kirchschlag in der B.W.	Niederösterreich	6			42	11	11	BAL3
Kirchstetten	Niederösterreich	16			25	11	11	BALUF95
Kirnberg an der Mank	Niederösterreich	6	2	2	42	11	11	MOH
Kitzbühel	Tirol	32	12	10	37	21	21	SBG95
Klaffer am Hochficht	Oberösterreich	6	3	1	32	5	5	Ö15
Klagenfurt	Kärnten	25	12	3	31	32	5	Ö17
Klagenfurt	Kärnten	44			42	32	5	BAL2
Klaus an der Pyhrnbahn	Oberösterreich	38	21	2	32	5	5	Ö15
Klaus an der Pyhrnbahn	Oberösterreich	73			42	11	11	BAL3
Klein Sankt Paul	Kärnten	9	5	<1	32	5	5	Ö15
Kleinarl	Salzburg	29			42	11	11	BAL2
Kleinarl	Salzburg	34	16	5	42	21	21	LET
Kleinsölk	Steiermark	54	31	<1	35	5	5	Ö15
Kleinsölk	Steiermark	58	32	2	35	5	5	Ö15
Kleinsölk	Steiermark	68			42	11	11	BAL3
Kloster	Steiermark	51	26	3	42	5	5	Ö13
Kloster	Steiermark	54	26	4	42	5	5	Ö13
Kloster	Steiermark	70	35	5	42	5	5	Ö13
Kloster	Steiermark	83	43	2	42	5	5	Ö13
Klösterle	Vorarlberg	4	<1	3	36	6	5	Ö17
Klösterle	Vorarlberg	6	2	3	36	6	5	Ö17
Klösterle	Vorarlberg	7	2	4	36	6	5	Ö17
Klösterle	Vorarlberg	9	3	4	36	6	5	Ö17
Klösterle	Vorarlberg	12	2	8	36	6	5	Ö17
Klosterneuburg	Niederösterreich	2			25	4	4	ÖFZS7

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONT.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Klosterneuburg	Niederösterreich	5	2	<1	42	5	5	ÖI4
Klosterneuburg	Niederösterreich	5	2	1	42	5	5	ÖI4
Klosterneuburg	Niederösterreich	6	2	1	33	5	5	ÖI4
Koetschach - Mauthen	Kärnten	12	6	<1	33	5	5	ÖI4
Koetschach - Mauthen	Kärnten	14	6	3	35	5	5	ÖI5
Koetschach - Mauthen	Kärnten	16	7	3	33	5	5	ÖI4
Koetschach - Mauthen	Kärnten	33	17	4	35	5	5	ÖI5
Kohfidisch	Burgenland	12			25	11	11	BALUF95
Königstetten	Niederösterreich	19			25	11	11	BALUF95
Königswiesen	Oberösterreich	23			42	11	11	BALUF
Kössen	Tirol	15	7	2	42	911	911	BON
Kössen	Tirol	31			25	11	11	BALUF95
Köstendorf	Salzburg	34	19	<1	25	4	4	MOH
Köstendorf	Salzburg	43	25	<1	25	4	4	MOH
Kottes - Purk	Niederösterreich	10	4	3	42	11	11	MOH
Kottes - Purk	Niederösterreich	32	16	3	42	4	4	MOH
Kottes - Purk	Niederösterreich	33	18	2	42	4	4	MOH
Kottes - Purk	Niederösterreich	51	26	6	42	4	4	MOH
Kottes - Purk	Niederösterreich	51	26	5	42	4	4	MOH
Krakauhintermühlen	Steiermark	18	9	2	30	32	5	ÖI7
Krakauhintermühlen	Steiermark	33			42	21	21	LET2
Krakauhintermühlen	Steiermark	97			42	11	11	BAL3
Krems in Kärnten	Kärnten	13	7	<1	30	32	5	ÖI7
Krems in Kärnten	Kärnten	16	8	<1	34	5	5	ÖI5
Krems in Kärnten	Kärnten	19	10	<1	29	5	5	ÖI5
Krenglbach	Oberösterreich	38	18	4	42	11	11	MOH
Krieglach	Steiermark	6	3	2	29	5	5	ÖI5
Krimml	Salzburg	4	1	2	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	16	5	7	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	21	8	5	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	33	16	4	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	34	17	3	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	35	18	<1	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	35	16	6	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	38	19	2	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	38	18	4	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	40	19	3	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	42	20	8	42	21	21	LET
Krimml	Salzburg	44	22	2	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	60	31	<1	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	61	30	5	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	63	31	5	42	5	5	ÖI2
Krimml	Salzburg	70	35	5	42	5	5	ÖI2
Krispl	Salzburg	40	22	1	25	4	4	MOH
Kronstorf	Oberösterreich	43	24	<1	25	4	4	MOH
Kuchl	Salzburg	44	24	2	25	912	912	CEC
Kukmirn	Burgenland	12			25	11	11	BAL3
Laa an der Thaya	Niederösterreich	2			25	11	11	BALUF95
Laa an der Thaya	Niederösterreich	4	1	2	42	4	4	ÖFZS1
Laa an der Thaya	Niederösterreich	5	5	<1	34	4	4	ÖFZS4
Laakirchen	Oberösterreich	42	22	<1	42	5	5	ÖI1
Laakirchen	Oberösterreich	51	25	7	42	21	21	LET
Lackenbach	Burgenland	15	7	2	33	5	5	ÖI4
Ladendorf	Niederösterreich	4			25	11	11	BAL3
Lamprechtshausen	Salzburg	23	11	5	37	21	21	SBG95
Landeck	Tirol	16	9	<1	29	13	12	BALIBK95
Landl	Steiermark	25	13	3	29	5	5	ÖI5
Langen bei Bregenz	Vorarlberg	19	7	4	33	5	5	ÖI4
Längenfeld	Tirol	6	2	2	29	13	13	BALIBK95
Längenfeld	Tirol	8	2	3	29	13	13	BALIBK95
Längenfeld	Tirol	13	5	4	37	21	21	SBG95
Langenlois	Niederösterreich	16	7	2	42	5	5	ÖI1
Langkampfen	Tirol	28			25	11	11	BALUF95
Langschlag	Niederösterreich	14	7	1	42	11	11	MOH
Langschlag	Niederösterreich	17	9	<1	42	11	11	BAL1

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Langschlag	Niederösterreich	17	9	<1	42	11	11	BAL1
Langschlag	Niederösterreich	21	10	3	42	11	11	BAL1
Lanzenkirchen	Niederösterreich	8	3	2	33	5	5	Ö14
Laterns	Vorarlberg	9	2	5	36	6	5	Ö17
Laterns	Vorarlberg	10	3	5	36	6	5	Ö17
Laterns	Vorarlberg	14	5	4	36	6	5	Ö17
Lauterach	Vorarlberg	16	5	6	36	6	13	UV1
Lavamünd	Kärnten	31	16	<1	42	5	5	Ö13
Lavamünd	Kärnten	33	17	2	42	5	5	Ö13
Lavamünd	Kärnten	37	18	2	42	5	5	Ö13
Lavamünd	Kärnten	43	21	4	42	5	5	Ö13
Lavamünd	Kärnten	45	22	4	42	5	5	Ö13
Lavamünd	Kärnten	46	23	3	42	5	5	Ö13
Lech	Vorarlberg	7	1	5	36	6	5	Ö17
Lech	Vorarlberg	9	3	4	36	6	5	Ö17
Lech	Vorarlberg	9	2	6	36	6	13	UV1
Lech	Vorarlberg	10	2	6	29	13	13	BALIBK95
Lech	Vorarlberg	12	5	3	36	6	5	Ö17
Leisach	Tirol	13	6	3	34	5	5	Ö15
Lendorf	Kärnten	9	3	4	42	5	5	Ö12
Lengau	Oberösterreich	14	5	5	42	11	11	MOH
Leogang	Salzburg	4			42	11	11	BAL2
Leogang	Salzburg	20	9	5	37	21	21	SBG95
Leogang	Salzburg	22			42	21	21	LET2
Leogang	Salzburg	27			42	21	21	LET2
Leonding	Oberösterreich	32			25	4	4	ÖFZS7
Leonding	Oberösterreich	67	35	1	42	5	5	Ö11
Leopoldschlag	Oberösterreich	30	17	<1	34	4	4	ÖFZS4
Leopoldschlag	Oberösterreich	35	18	4	31	12	12	BALINZ95
Leopoldschlag	Oberösterreich	44	23	1	42	5	5	Ö11
Leopoldsdorf	Niederösterreich	<1			42	4	4	MOH
Leopoldsdorf im Marchfelde	Niederösterreich	3	<1	1	42	4	4	MOH
Lermoos	Tirol	20	7	6	29	13	13	BALIBK95
Lesachtal	Kärnten	10	4	2	35	5	5	Ö15
Lesachtal	Kärnten	18	8	2	34	5	5	Ö15
Lessach	Salzburg	35	16	4	42	5	5	Ö12
Lessach	Salzburg	40	19	4	42	5	5	Ö12
Lessach	Salzburg	55	26	6	42	5	5	Ö12
Lessach	Salzburg	66	31	8	42	5	5	Ö12
Leutasch	Tirol	19	9	3	29	13	13	BALIBK95
Leutasch	Tirol	24	9	7	29	13	13	BALIBK95
Leutasch	Tirol	33	13	8	29	13	13	BALIBK95
Lichtenberg	Oberösterreich	48	28	<1	25	4	4	MOH
Lichtenberg	Oberösterreich	53	30	<1	25	4	4	ÖFZS1
Liebenau	Oberösterreich	34			42	11	11	BALUF
Lienz	Tirol	6	3	<1	25	4	4	MOH
Liezen	Steiermark	47	25	3	35	5	5	Ö15
Linz	Oberösterreich	20			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	20			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	22			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	22			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	23			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	27			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	30			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	32			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	32	18	<1	25	4	4	MOH
Linz	Oberösterreich	33			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	35			25	4	4	ÖFZS7
Linz	Oberösterreich	59			42	32	5	BAL2
Linz	Oberösterreich	66	35	<1	42	5	5	Ö11
Litschau	Niederösterreich	4	3	<1	34	4	4	ÖFZS4
Litschau	Niederösterreich	18	6	7	42	4	4	ÖFZS6
Lochau	Vorarlberg	21	8	6	33	5	5	Ö14
Lochen	Oberösterreich	23	10	4	42	11	11	MOH
Lohnsburg am Kobernauberwald	Oberösterreich	19	8	4	42	11	11	MOH

ORTSGEMEINSCHAFT	BUNDESLAND	Ca	Mg	Ca/Mg	KONF.	SAUR.	LAB.	QUELLE
Lohnsburg am KobersauBerwald	Oberösterreich	34	20	<1	42	5	5	Ö11
Loich	Niederösterreich	33	16	3	33	5	5	Ö14
Losenstein	Oberösterreich	40	20	4	29	12	12	BALINZ95
Luftenberg an der Donau	Oberösterreich	15			25	4	4	ÖFZS7
Lunz am See	Niederösterreich	35	19	1	32	5	5	Ö15
Lurnfeld	Kärnten	8	3	2	31	5	5	Ö15
Lustenau	Vorarlberg	23	12	<1	33	5	5	Ö14
Mäder	Vorarlberg	10	5	1	33	5	5	Ö14
Magdalensberg	Kärnten	21	9	4	35	5	5	Ö15
Maishofen	Salzburg	32	16	4	42	21	21	LET
Mallnitz	Kärnten	17	8	2	42	5	5	Ö12
Mallnitz	Kärnten	17	9	<1	34	5	5	Ö15
Malta	Kärnten	10	5	2	32	5	5	Ö15
Malta	Kärnten	12	7	<1	26	32	5	Ö17
Malta	Kärnten	15	6	3	42	5	5	Ö12
Malta	Kärnten	23	10	4	34	5	5	Ö15
Malta	Kärnten	28	13	4	32	32	5	Ö17
Malta	Kärnten	31	14	7	28	32	5	Ö17
Mank	Niederösterreich	3	1	<1	42	11	11	MOH
Mannersdorf an der Rabnitz	Burgenland	4	2	<1	42	11	11	BAL1
Mannersdorf an der Rabnitz	Burgenland	11	6	1	33	5	5	Ö14
Marbach an der Donau	Niederösterreich	63	34	<1	42	5	5	Ö11
Marchegg	Niederösterreich	3			25	11	11	BAL3
Marhof	Steiermark	61	30	5	42	5	5	Ö13
Marhof	Steiermark	61	30	4	42	5	5	Ö13
Maria Alm am Steinernen Meer	Salzburg	25	12	4	42	21	21	LET
Maria Laach am Jauerling	Niederösterreich	2	<1	<1	42	11	11	MOH
Maria Laach am Jauerling	Niederösterreich	5	2	1	42	11	11	MOH
Maria Laach am Jauerling	Niederösterreich	14	6	2	42	11	11	MOH
Maria Neustift	Oberösterreich	36	19	2	34	5	5	Ö15
Maria Schmolln	Oberösterreich	21	10	3	34	5	5	Ö15
Mariahof	Steiermark	9	4	2	34	5	5	Ö15
Mariapfarr	Salzburg	11	5	2	42	5	5	Ö12
Mariapfarr	Salzburg	14	7	<1	42	5	5	Ö12
Mariapfarr	Salzburg	15	6	3	42	5	5	Ö12
Mariapfarr	Salzburg	16	9	<1	42	5	5	Ö12
Mariapfarr	Salzburg	25	13	<1	42	5	5	Ö12
Mariapfarr	Salzburg	25	12	2	42	5	5	Ö12
Martinsberg	Niederösterreich	38	19	2	42	5	5	UBA1
Martinsberg	Niederösterreich	46	23	2	42	5	5	UBA1
Martinsberg	Niederösterreich	51	25	7	42	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	5	<1	3	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	6	3	<1	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	8	3	1	34	5	5	Ö15
Matrei in Osttirol	Tirol	8	2	3	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	9	2	6	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	11	3	5	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	14	7	2	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	17	9	<1	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	18	7	5	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	21	12	<1	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	23	12	<1	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	25	13	3	25	4	4	ÖFZS1
Matrei in Osttirol	Tirol	28	16	<1	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	30	16	3	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	33	17	3	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	33	20	<1	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	36	20	<1	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	37	19	3	25	4	4	MOH
Matrei in Osttirol	Tirol	45	22	3	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	47	24	2	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	80	41	4	42	5	5	Ö12
Matrei in Osttirol	Tirol	159	82	5	42	5	5	Ö12
Mattersburg	Burgenland	9	5	<1	42	5	5	Ö11
Mattighofen	Oberösterreich	23	11	3	35	5	5	Ö15

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Mattsee	Salzburg	19	7	5	42	11	11	MOH
Mattsee	Salzburg	20	11	<1	25	4	4	MOH
Mattsee	Salzburg	27	16	<1	25	4	4	MOH
Mauerkirchen	Oberösterreich	25	12	3	34	5	5	ÖI5
Mauterndorf	Salzburg	14	5	4	42	21	21	LET
Mauterndorf	Salzburg	14	7	<1	42	5	5	ÖI2
Mauterndorf	Salzburg	16	7	4	42	5	5	ÖI2
Mauthausen	Oberösterreich	31	18	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	8	3	2	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	9	5	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	11	6	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	17	9	1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	18	10	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	20	11	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	22	12	1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	22	13	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	25	13	3	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	29	16	1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	30	11	9	29	13	13	BALIBK95
Mayrhofen	Tirol	30	17	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	31	11	10	29	13	13	BALIBK95
Mayrhofen	Tirol	35	19	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	36	20	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	38	22	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	39	22	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	39	21	2	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	41	22	2	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	44	25	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	45	26	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	49	28	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	52	30	<1	25	4	4	MOH
Mayrhofen	Tirol	55	32	<1	25	4	4	MOH
Mehmbach	Oberösterreich	48	25	4	33	12	12	BALINZ95
Meiningen	Vorarlberg	5	2	2	42	4	4	ÖFZS6
Meiningen	Vorarlberg	5	2	1	34	4	4	ÖFZS4
Metnitz	Kärnten	8	4	1	35	5	5	ÖI5
Metnitz	Kärnten	13	6	2	34	5	5	ÖI5
Michelhausen	Niederösterreich	6	2	2	42	4	4	MOH
Michelhausen	Niederösterreich	7	3	2	42	4	4	MOH
Michelhausen	Niederösterreich	9	4	2	42	4	4	MOH
Michelhausen	Niederösterreich	12	5	3	42	4	4	MOH
Mieming und Mötz	Tirol	11			25	11	11	BALUF95
Mieming und Mötz	Tirol	15	4	7	29	13	13	BALIBK95
Miesenbach	Niederösterreich	14	7	2	33	5	5	ÖI4
Mining	Oberösterreich	26	12	5	34	4	4	ÖFZS4
Mittelberg	Vorarlberg	15	6	5	33	5	5	ÖI4
Mittelberg	Vorarlberg	17	8	2	33	5	5	ÖI4
Mitterbach am Erlaufsee	Niederösterreich	32	15	3	33	5	5	ÖI1
Mitterberg	Steiermark	44	22	5	31	5	5	ÖI5
Mitterkirchen im Machland	Oberösterreich	27	14	2	32	12	12	BALINZ95
Mittersill	Salzburg	14	7	<1	42	5	5	ÖI2
Mittersill	Salzburg	21	10	1	42	5	5	ÖI2
Mittersill	Salzburg	27	11	6	29	13	13	BALIBK95
Mittersill	Salzburg	29	11	8	42	5	5	ÖI2
Mittersill	Salzburg	44	21	7	37	21	21	SBG95
Mittersill	Salzburg	47	23	4	42	5	5	ÖI2
Mödling	Niederösterreich	12	5	2	42	5	5	ÖI1
Modriach	Steiermark	43	21	2	42	5	5	ÖI3
Möggers	Vorarlberg	18	8	2	33	5	5	ÖI4
Mölln	Oberösterreich	23	10	5	35	5	5	ÖI5
Mölln	Oberösterreich	54			42	11	11	BAL2
Mönchhof	Burgenland	25	12	4	42	4	4	MOH
Mönchhof	Burgenland	27	14	2	42	4	4	MOH
Mondsee	Oberösterreich	41	21	2	42	5	5	ÖI1
Moorbad Harbach	Niederösterreich	31	19	<1	25	4	4	MOH

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONT	SAMP	LAB	QUELLE
Moorbad Harbach	Niederösterreich	50	28	<1	25	4	4	MOH
Moosbach	Oberösterreich	68	38	<1	25	4	4	ÖFZS
Mörbisch am See	Burgenland	5			25	11	11	BALUF95
Mörtschach	Kärnten	11	4	3	42	5	5	ÖI2
Mörtschach	Kärnten	14	8	<1	34	5	5	ÖI5
Mörtschach	Kärnten	23	9	5	42	5	5	ÖI2
Mühlbach am Hochkönig	Salzburg	12			42	21	21	LET2
Mühdorf bei Feldbach	Steiermark	11			25	11	11	BAL3
Mühlen	Steiermark	12	5	3	31	32	5	ÖI7
Muhr	Salzburg	27			42	21	21	LET2
Müllendorf	Burgenland	6	3	<1	42	5	5	ÖI1
Münichreith - Laimbach	Niederösterreich	20	9	3	42	11	11	MOH
Münichreith - Laimbach	Niederösterreich	29	11	8	42	11	11	MOH
Münichreith - Laimbach	Niederösterreich	37	19	2	42	5	5	UBA1
Münzkirchen	Oberösterreich	10	3	4	34	5	5	ÖI5
Murau	Steiermark	14	7	1	32	5	5	ÖI5
Mürzsteg	Steiermark	17	8	2	34	5	5	ÖI5
Mürzsteg	Steiermark	23	11	3	35	5	5	ÖI5
Mürzzuschlag	Steiermark	15	8	1	35	5	5	ÖI5
Naarn im Machlande	Oberösterreich	69			42	4	4	MOH
Namlos	Tirol	17	9	<1	29	13	12	BALIBK95
Nappersdorf - Kammersdorf	Niederösterreich	8			25	11	11	BALUF95
Nassereith	Tirol	11	3	6	29	13	13	BALIBK95
Nassereith	Tirol	18			25	11	11	BALUF95
Nassereith	Tirol	19			42	11	11	BAL2
Natterbach	Oberösterreich	35	16	7	34	12	12	BALINZ95
Nauders	Tirol	3	<1	3	29	13	13	BALIBK95
Nauders	Tirol	<1			42	11	11	BAL2
Nebelberg	Oberösterreich	8	3	3	35	5	5	ÖI5
Nenzing	Vorarlberg	6	1	4	36	6	13	UV1
Nenzing	Vorarlberg	9	3	4	33	5	5	ÖI4
Nenzing	Vorarlberg	9	1	7	33	5	5	ÖI4
Nenzing	Vorarlberg	10	3	5	33	5	5	ÖI4
Nesselwängle	Tirol	23	8	8	29	13	12	BALIBK95
Neuberg an der Mürz	Steiermark	8			42	11	11	BAL2
Neuberg an der Mürz	Steiermark	10	4	2	32	5	5	ÖI5
Neufelden	Oberösterreich	26	13	2	42	5	5	ÖI1
Neuhaus	Kärnten	30	15	2	42	5	5	ÖI3
Neuhofen an der Krems	Oberösterreich	33	18	<1	25	4	4	MOH
Neuhofen an der Ybbs	Niederösterreich	61			25	11	11	BALUF95
Neuhofen im Innkreis	Oberösterreich	38	19	4	42	21	21	LET
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	28	13	3	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	28	12	6	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	30	13	5	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	33	17	<1	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	33	13	8	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	35	17	4	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	41	20	3	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	44	20	6	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	47	23	3	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	48	24	2	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	58	29	4	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	66	30	10	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	73	36	6	42	5	5	ÖI2
Neukirchen am Großvenediger	Salzburg	84	44	1	42	5	5	ÖI2
Neukirchen bei Lambach	Oberösterreich	21	9	4	42	11	11	MOH
Neukirchen bei Lambach	Oberösterreich	57	25	10	42	11	11	MOH
Neumarkt im Mühlkreis	Oberösterreich	38	20	1	42	5	5	ÖI1
Neusiedl am See	Burgenland	11			25	11	11	BALUF95
Neustift im Stubaital	Tirol	1			29	13	13	BALIBK95
Neustift im Stubaital	Tirol	4	<1	2	29	13	13	BALIBK95
Neustift im Stubaital	Tirol	13	4	6	29	13	13	BALIBK95
Neustift im Stubaital	Tirol	15	6	4	29	13	13	BALIBK95
Nikitsch	Burgenland	18			42	4	4	MOH
Nikitsch	Burgenland	32			25	11	11	BAL3

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Nikolsdorf	Tirol	10	5	2	35	5	5	ÖI5
Nötsch im Gailtal	Kärnten	25	12	2	33	5	5	ÖI4
Nußdorf - Debant	Tirol	13	7	<1	25	4	4	MOH
Nußdorf - Debant	Tirol	24	12	3	25	4	4	MOH
Nußdorf - Debant	Tirol	28	15	1	25	4	4	MOH
Nußdorf - Debant	Tirol	28	15	2	25	4	4	MOH
Nußdorf - Debant	Tirol	31	17	2	25	4	4	ÖFZS1
Nußdorf - Debant	Tirol	32	16	3	25	4	4	MOH
Nußdorf - Debant	Tirol	34	17	4	25	4	4	MOH
Nußdorf am Attersee	Oberösterreich	31	17	<1	42	5	5	ÖI1
Nußdorf am Haunsberg	Salzburg	13	7	<1	25	4	4	MOH
Nußdorf am Haunsberg	Salzburg	19			42	21	21	LET2
Nüziders	Vorarlberg	3	2	<1	33	5	5	ÖI4
Obdach	Steiermark	13			42	11	11	BAL3
Oberaich	Steiermark	9	4	2	35	5	5	ÖI5
Oberhofen im Inntal	Tirol	7			25	11	11	BALUF95
Oberkurzheim	Steiermark	11	3	5	34	5	5	ÖI5
Obernberg am Brenner	Tirol	17	6	5	29	13	13	BALIBK95
Oberndorf an der Melk	Niederösterreich	2	<1	<1	42	11	11	MOH
Oberndorf an der Melk	Niederösterreich	8	4	1	42	11	11	MOH
Oberndorf bei Salzburg	Salzburg	10	4	3	42	21	21	LET
Oberneukirchen	Oberösterreich	21	11	1	42	5	5	ÖI1
Oberneukirchen	Oberösterreich	24	12	1	42	5	5	ÖI1
Obertilliach	Tirol	17	6	4	35	5	5	ÖI5
Obertraun	Oberösterreich	38	17	6	33	5	5	ÖI4
Obertraun	Oberösterreich	56	29	<1	33	5	5	ÖI4
Obertrum	Salzburg	10	5	1	25	4	4	MOH
Obertrum	Salzburg	15	8	<1	25	4	4	MOH
Obertrum	Salzburg	28	16	<1	25	4	4	MOH
Obervellach	Kärnten	7	3	1	35	5	5	ÖI5
Oberwölz Stadt	Steiermark	18	9	2	29	32	5	ÖI7
Obritzberg - Rust	Niederösterreich	29	16	<1	36	8	8	OÖ1
Ohlsdorf	Oberösterreich	34	18	<1	33	5	5	ÖI4
Ohlsdorf	Oberösterreich	39	19	3	33	5	5	ÖI4a
Ohlsdorf	Oberösterreich	44	24	<1	33	5	5	ÖI4
Ohlsdorf	Oberösterreich	45	24	<1	33	5	5	ÖI4
Oppenberg	Steiermark	41	21	5	26	12	12	BALINZ95
Oppenberg	Steiermark	73	39	5	29	32	5	ÖI7
Orth an der Donau	Niederösterreich	6	2	3	35	5	5	ÖI7
Ostermiething	Oberösterreich	25	14	<1	35	5	5	ÖI5
Ostermiething	Oberösterreich	27			42	21	21	LET2
Osterwitz	Steiermark	50	24	5	42	5	5	ÖI3
Osterwitz	Steiermark	68	35	2	42	5	5	ÖI3
Osterwitz	Steiermark	71	36	3	42	5	5	ÖI3
Osterwitz	Steiermark	72	36	5	42	5	5	ÖI3
Ottensheim	Oberösterreich	10	5	<1	25	4	4	ÖFZS1
Ottensheim	Oberösterreich	37	21	1	25	4	4	MOH
Ottensheim	Oberösterreich	42	25	<1	25	4	4	ÖFZS1
Ottngang am Hausruck	Oberösterreich	35	16	5	42	11	11	MOH
Ötz	Tirol	5			37	21	21	SBG95
Pack	Steiermark	14	6	2	34	5	5	ÖI5
Palfau	Steiermark	26	11	5	34	5	5	ÖI5
Pamhagen	Burgenland	23	10	5	42	4	4	MOH
Pamdorf	Burgenland	8			25	11	11	BAL3
Pasching	Oberösterreich	36	16	6	42	11	11	MOH
Pasching	Oberösterreich	43	19	8	42	11	11	MOH
Pasching	Oberösterreich	44	19	8	42	11	11	MOH
Pasching	Oberösterreich	46			25	4	4	ÖFZS7
Pasching	Oberösterreich	60	32	<1	42	5	5	ÖI1
Pasching	Oberösterreich	66	36	<1	42	5	5	ÖI1
Pasching	Oberösterreich	73	41	2	25	4	4	ÖFZS
Pasching	Oberösterreich	76	43	<1	25	4	4	MOH
Pasching	Oberösterreich	81			42	4	4	MOH
Pasching	Oberösterreich	82	48	<1	25	4	4	MOH
Paternion	Kärnten	9	3	3	32	5	5	ÖI5

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF.	SAME	LAB	QUELLE
Paternion	Kärnten	11	5	3	35	5	5	Ö15
Paternion	Kärnten	15	6	3	35	5	5	Ö15
Pennewang	Oberösterreich	27	12	4	42	11	11	MOH
Perg	Oberösterreich	34	19	<1	32	12	12	BALINZ95
Pernegg an der Mur	Steiermark	12	7	<1	35	5	5	Ö15
Pettneu am Arlberg	Tirol	10	4	3	29	13	12	BALIBK95
Pfafflar	Tirol	10	3	3	29	13	13	BALIBK95
Pfarrkirchen bei Bad Hall	Oberösterreich	83			42	4	4	MOH
Pfarrkirchen im Mühlkreis	Oberösterreich	11	4	3	42	5	5	Ö11
Pfunds	Tirol	4	<1	3	29	13	12	BALIBK95
Pfunds	Tirol	12	4	5	29	13	12	BALIBK95
Piberbach	Oberösterreich	42	19	8	33	12	12	BALINZ95
Pichl-Kainisch	Steiermark	25	11	7	32	5	5	Ö15
Piesendorf	Salzburg	13	6	2	42	21	21	LET
Pinsdorf	Oberösterreich	30	13	5	42	11	11	MOH
Pischelsdorf am Engelbach	Oberösterreich	22	12	1	42	21	21	LET
Pöchlarn	Niederösterreich	4	1	1	42	11	11	MOH
Podersdorf am See	Burgenland	6			25	11	11	BALUF95
Pölla	Niederösterreich	9	4	3	32	5	5	Ö15
Pölla	Niederösterreich	15	9	<1	34	5	5	Ö15
Polling im Innkreis	Oberösterreich	23	11	4	42	21	21	LET
Pöndorf	Oberösterreich	45	24	<1	42	5	5	Ö11
Pottenstein	Niederösterreich	7	3	2	32	5	5	Ö15
Pottenstein	Niederösterreich	11	6	<1	35	5	5	Ö15
Poysdorf	Niederösterreich	6			25	11	11	BAL3
Prägraten	Tirol	3	<1	4	42	5	5	Ö12
Prägraten	Tirol	5	2	<1	42	5	5	Ö12
Prägraten	Tirol	11	4	4	42	5	5	Ö12
Prägraten	Tirol	15	5	6	42	5	5	Ö12
Prägraten	Tirol	28	13	4	42	5	5	Ö12
Prägraten	Tirol	44	20	6	42	5	5	Ö12
Preding	Steiermark	35			25	11	11	BAL3
Predlitz-Turrach	Steiermark	11	5	2	32	5	5	Ö15
Predlitz-Turrach	Steiermark	13	6	2	35	5	5	Ö15
Pregarten	Oberösterreich	23	12	2	32	5	5	Ö15
Preitenegg	Kärnten	3			42	11	11	BAL2
Preitenegg	Kärnten	22	12	<1	42	5	5	Ö13
Preitenegg	Kärnten	38	20	<1	42	5	5	Ö13
Pressbaum	Niederösterreich	11			25	11	11	BALUF95
Proleb	Steiermark	10	5	1	35	5	5	Ö15
Prottes	Niederösterreich	3			25	11	11	BAL3
Prutz	Tirol	5	2	2	29	13	13	BALIBK95
Puch bei Hallein	Salzburg	28	16	<1	25	4	4	ÖFZS1
Puch bei Hallein	Salzburg	30	19	<1	25	4	4	MOH
Puchberg am Schneeberg	Niederösterreich	5	1	2	42	11	11	BAL1
Puchenau	Oberösterreich	37			25	4	4	ÖFZS7
Puchkirchen am Trattberg	Oberösterreich	81	43	6	42	21	21	LET
Pupping	Oberösterreich	49	25	5	42	4	4	MOH
Pupping	Oberösterreich	51	26	5	42	4	4	MOH
Purbach am Neusiedler See	Burgenland	7			25	11	11	BALUF95
Purgstall an der Erlauf	Niederösterreich	12			25	11	11	BALUF95
Pusterwald	Steiermark	8	4	1	29	32	5	Ö17
Pusterwald	Steiermark	27	13	4	28	32	5	Ö17
Pusterwald	Steiermark	29			42	11	11	BAL3
Putzleinsdorf	Oberösterreich	4	2	<1	42	5	5	Ö11
Putzleinsdorf	Oberösterreich	8	4	<1	42	5	5	Ö11
Raaba	Steiermark	16			25	11	11	BAL3
Raabs an der Thaya	Niederösterreich	7			25	11	11	BALUF95
Radenthein	Kärnten	17	8	<1	35	5	5	Ö15
Radfeld	Tirol	25			25	11	11	BALUF95
Radkersburg Umgebung	Steiermark	13	5	3	34	4	4	ÖFZS4
Radkersburg Umgebung	Steiermark	15			25	11	11	BAL3
Radmer	Steiermark	23			42	11	11	BAL3
Radmer	Steiermark	27	12	6	31	32	5	Ö17
Radstadt	Salzburg	18	9	1	42	5	5	Ö12

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Ca	¹³⁴ Ca	¹³⁷ Ca/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Raggal	Vorarlberg	6	1	4	36	6	5	Ö17
Raggal	Vorarlberg	8	2	4	36	6	5	Ö17
Ramingstein	Salzburg	14	7	2	42	21	21	LET
Ramsau am Dachstein	Steiermark	39	21	2	29	5	5	Ö15
Ramsau am Dachstein	Steiermark	40	18	9	33	12	12	BALINZ95
Rankweil	Vorarlberg	5	2	<1	33	5	5	Ö14
Rankweil	Vorarlberg	7	2	4	36	6	13	UV1
Ranten	Steiermark	10	6	<1	34	5	5	Ö15
Rappottenstein	Niederösterreich	33	17	1	42	5	5	Ö11
Rastenfeld	Niederösterreich	27			25	11	11	BALUF95
Rauris	Salzburg	21	10	3	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	26	13	1	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	30	14	3	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	30	14	3	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	31	15	4	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	35	18	2	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	38	17	6	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	42	18	8	42	5	5	Ö12
Rauris	Salzburg	68	32	12	42	21	21	LET
Ravelsbach	Niederösterreich	6			25	11	11	BALUF95
Raxendorf	Niederösterreich	4	1	1	42	11	11	BAL1
Raxendorf	Niederösterreich	7	3	2	42	11	11	MOH
Rechnitz	Burgenland	11			25	11	11	BAL3
Reichenau	Kärnten	15	7	3	34	5	5	Ö15
Reichenau	Kärnten	19	7	5	32	5	5	Ö15
Reichenau	Kärnten	28	13	5	30	32	5	Ö17
Reichenau an der Rax	Niederösterreich	12	6	1	35	5	5	Ö15
Reichenau an der Rax	Niederösterreich	14	6	4	35	5	5	Ö15
Reichenau im Mühlkreis	Oberösterreich	29	15	<1	42	5	5	Ö11
Reichenfels	Kärnten	11	6	1	35	5	5	Ö15
Reichenthal	Oberösterreich	31	17	<1	42	5	5	Ö11
Reichraming	Oberösterreich	34	18	3	25	4	4	MOH
Reichraming	Oberösterreich	41	20	6	34	12	12	BALINZ95
Reichraming	Oberösterreich	61	32	2	42	5	5	Ö11
Reingers	Niederösterreich	6			25	11	11	BALUF95
Reisstraße	Steiermark	11	4	4	34	5	5	Ö15
Reiszeck	Kärnten	5	2	<1	42	5	5	Ö11
Reiszeck	Kärnten	7	2	3	34	5	5	Ö15
Reiszeck	Kärnten	9	3	4	42	5	5	Ö12
Reiszeck	Kärnten	17	8	3	31	32	5	Ö17
Reith im Alpbachtal	Tirol	24	11	5	37	21	21	SBG95
Rennweg am Katschberg	Kärnten	10			42	11	11	BAL2
Rennweg am Katschberg	Kärnten	18	8	2	42	5	5	Ö12
Retz	Niederösterreich	6			25	11	11	BALUF95
Reutte	Tirol	12	5	3	29	13	12	BALIBK95
Reutte	Tirol	30	11	10	29	13	13	BALIBK95
Ried im Innkreis	Oberösterreich	21	11	1	35	5	5	Ö15
Ried in der Riedmark	Oberösterreich	26	15	<1	25	4	4	MOH
Riedau	Oberösterreich	9	4	1	42	11	11	MOH
Riedlingsdorf	Burgenland	14	7	<1	33	5	5	Ö14
Riefensberg	Vorarlberg	14	8	<1	33	5	5	Ö14
Rohr im Gebirge	Niederösterreich	14	6	3	32	5	5	Ö15
Rohrbach in Oberösterreich	Oberösterreich	3	2	<1	36	8	8	OÖ1
Rohrmoos-Unterthal	Steiermark	23	11	2	42	5	5	Ö12
Rohrmoos-Unterthal	Steiermark	40	19	5	42	5	5	Ö12
Rohrmoos-Unterthal	Steiermark	63	32	6	29	32	5	Ö17
Rohrmoos-Unterthal	Steiermark	64			42	11	11	BAL3
Rohrmoos-Unterthal	Steiermark	75	38	8	32	32	5	Ö17
Rohrmoos-Unterthal	Steiermark	138	72	2	42	5	5	Ö11
Roltham	Oberösterreich	35	15	6	42	11	11	MOH
Rosenau am Hengstpaß	Oberösterreich	52	28	<1	42	5	5	Ö11
Rothleiten	Steiermark	6			42	11	11	BAL3
Rottenbach	Oberösterreich	47	25	<1	34	5	5	Ö15
Rottenmann	Steiermark	36	18	3	32	5	5	Ö15
Rottenmann	Steiermark	38	20	3	34	5	5	Ö15

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONE	SAMP	LAB	QUELLE
Ruden	Kärnten	21	11	<1	33	5	5	Ö14
Ruprechtshofen	Niederösterreich	8	3	2	42	11	11	MOH
Rußbach am Paß Gschütt	Salzburg	36	18	5	42	21	21	LET
Saalbach-Hinterglemm	Salzburg	30			42	21	21	LET2
Saalbach-Hinterglemm	Salzburg	42			42	21	21	LET2
Saalfelden am Steinernen Meer	Salzburg	60			42	11	11	BAL2
Sallingberg	Niederösterreich	3			42	11	11	MOH
Sallingberg	Niederösterreich	30			42	11	11	MOH
Sallingberg	Niederösterreich	38			42	11	11	MOH
Salzburg	Salzburg	35			25	4	4	MOH
Salzburg	Salzburg	39	21	<1	25	4	4	MOH
Salzburg	Salzburg	43	22	4	42	21	21	LET
Sandl	Oberösterreich	24	13	<1	36	8	8	ÖÖ1
Sandl	Oberösterreich	24	13	<1	36	8	8	ÖÖ1
Sandl	Oberösterreich	30	18	<1	34	5	5	Ö15
Sandl	Oberösterreich	51	30	<1	30	5	5	Ö15
Sankt Agatha	Oberösterreich	16	8	<1	34	5	5	Ö15
Sankt Ägyd am Neuwalde	Niederösterreich	22	10	3	33	5	5	Ö14
Sankt Andrä	Kärnten	7	3	<1	42	5	5	Ö13
Sankt Andrä	Kärnten	34	16	4	42	5	5	Ö13
Sankt Andrä	Kärnten	36	18	3	42	5	5	Ö13
Sankt Andrä	Kärnten	47	24	5	31	32	5	Ö17
Sankt Andrä	Kärnten	95	46	8	42	5	5	Ö13
Sankt Andrä am Zicksee	Burgenland	9	4	2	33	5	5	Ö14a
Sankt Andrä am Zicksee	Burgenland	15	7	3	42	4	4	MOH
Sankt Andrä am Zicksee	Burgenland	18	10	<1	42	4	4	MOH
Sankt Andrä am Zicksee	Burgenland	18	10	<1	42	4	4	MOH
Sankt Andrä-Höch	Steiermark	33	15	5	42	5	5	Ö13
Sankt Anna am Aigen	Steiermark	6			25	11	11	BAL3
Sankt Anton am Arlberg	Tirol	4	<1	3	29	13	13	BALIBK95
Sankt Anton am Arlberg	Tirol	14	4	7	29	13	13	BALIBK95
Sankt Anton am Arlberg	Tirol	<1			42	11	11	BAL2
Sankt Anton an der Jesznitz	Niederösterreich	31	15	4	33	5	5	Ö14
Sankt Florian am Inn	Oberösterreich	9	5	<1	36	8	8	ÖÖ1
Sankt Florian am Inn	Oberösterreich	21	10	3	32	5	5	Ö15
Sankt Gallen	Steiermark	37	17	7	31	32	5	Ö17
Sankt Gallenkirch	Vorarlberg	4	2	<1	33	5	5	Ö14
Sankt Gallenkirch	Vorarlberg	5	2	1	33	5	5	Ö14
Sankt Georgen am Walde	Oberösterreich	17	8	2	33	12	12	BALINZ95
Sankt Georgen am Walde	Oberösterreich	24	12	3	33	12	12	BALINZ95
Sankt Georgen am Ybbsfelde	Niederösterreich	33			42	11	11	MOH
Sankt Georgen bei Grieskirchen	Oberösterreich	59	31	4	29	12	12	BALINZ95
Sankt Georgen im Lavanttal	Kärnten	26	13	2	42	5	5	Ö13
Sankt Georgen im Lavanttal	Kärnten	46	22	5	42	5	5	Ö13
Sankt Georgen im Lavanttal	Kärnten	64	32	4	42	5	5	Ö13
Sankt Georgen im Lavanttal	Kärnten	65	32	4	42	5	5	Ö13
Sankt Georgen im Lavanttal	Kärnten	76	37	6	42	5	5	Ö13
Sankt Georgen im Lavanttal	Kärnten	77	38	5	42	5	5	Ö13
Sankt Gilgen	Salzburg	26	10	7	42	11	11	MOH
Sankt Gilgen	Salzburg	37			42	21	21	LET2
Sankt Gilgen	Salzburg	48	26	<1	33	5	5	Ö14
Sankt Gilgen	Salzburg	54	27	3	33	5	5	Ö14
Sankt Ilgen	Steiermark	22			42	11	11	BAL3
Sankt Jakob im Walde	Steiermark	13	5	4	42	5	5	Ö11
Sankt Jakob im Walde	Steiermark	15	7	2	42	5	5	Ö11
Sankt Jakob in Deferegggen	Tirol	2			42	11	11	BAL2
Sankt Jakob in Deferegggen	Tirol	10	5	1	35	5	5	Ö15
Sankt Jakob in Deferegggen	Tirol	12	4	4	35	5	5	Ö15
Sankt Jakob in Deferegggen	Tirol	13	3	8	29	13	13	BALIBK95
Sankt Johann am Tauern	Steiermark	18			42	11	11	BAL3
Sankt Johann am Tauern	Steiermark	27	15	<1	31	5	5	Ö15
Sankt Johann am Walde	Oberösterreich	39	16	9	42	11	11	MOH
Sankt Johann am Walde	Oberösterreich	42	20	4	35	5	5	Ö15
Sankt Johann am Walde	Oberösterreich	74	32	13	42	11	11	MOH
Sankt Johann am Wimberg	Oberösterreich	22	11	2	42	5	5	Ö11

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Sankt Johann im Pongau	Salzburg	29	15	3	42	21	21	LET
Sankt Johann im Saggautal	Steiermark	21			25	11	11	BAL3
Sankt Johann im Walde	Tirol	14	8	<1	25	4	4	MOH
Sankt Kanzian am Klopeiner See	Kärnten	22	13	<1	33	5	5	Ö14
Sankt Koloman	Salzburg	36			42	21	21	LET2
Sankt Lambrecht	Steiermark	9	4	3	31	32	5	Ö17
Sankt Leonhard am Forst	Niederösterreich	2	<1	<1	42	11	11	MOH
Sankt Leonhard im Pitztal	Tirol	8	2	4	29	13	13	BALIBK95
Sankt Leonhard im Pitztal	Tirol	9	4	3	29	13	13	BALIBK95
Sankt Leonhard im Pitztal	Tirol	10	4	3	29	13	13	BALIBK95
Sankt Lorenz	Oberösterreich	36	18	3	33	5	5	Ö14
Sankt Lorenz	Oberösterreich	37	18	2	33	5	5	Ö14
Sankt Lorenzen am Wechsel	Steiermark	19			25	11	11	BAL3
Sankt Marein bei Knittelfeld	Steiermark	10			42	11	11	BAL3
Sankt Margarethen a.d.S.	Niederösterreich	3	2	<1	42	11	11	MOH
Sankt Margarethen im Lungau	Salzburg	15	8	<1	42	5	5	Ö12
Sankt Marien	Oberösterreich	34	19	<1	25	4	4	MOH
Sankt Marienkirchen am Hausruck	Oberösterreich	66	34	5	30	12	12	BALINZ95
Sankt Marienkirchen b. Schärding	Oberösterreich	24	11	4	34	4	4	ÖFZS4
Sankt Marienkirchen b. Schärding	Oberösterreich	28	14	3	30	12	12	BALINZ95
Sankt Martin	Niederösterreich	22	13	<1	31	5	5	Ö15
Sankt Martin	Niederösterreich	35	20	<1	25	4	4	MOH
Sankt Martin am Tennengebirge	Salzburg	29	14	3	42	21	21	LET
Sankt Martin bei Lofer	Salzburg	28	13	4	42	21	21	LET
Sankt Martin im Innkreis	Oberösterreich	79			42	4	4	MOH
Sankt Martin im Mühlkreis	Oberösterreich	3	<1	1	42	5	5	Ö11
Sankt Martin im Sulmtal	Steiermark	30	13	5	42	5	5	Ö13
Sankt Michael in Obersteiermark	Steiermark	13	5	4	34	5	5	Ö15
Sankt Nikolai im Sölketal	Steiermark	61	32	5	34	5	5	Ö15
Sankt Nikolai im Sölketal	Steiermark	71	40	1	35	5	5	Ö15
Sankt Oswald	Niederösterreich	21	11	<1	29	12	12	BALINZ95
Sankt Oswald ob Eibiswald	Steiermark	43	22	1	42	5	5	Ö13
Sankt Pankraz	Oberösterreich	39	21	2	32	5	5	Ö15
Sankt Paul im Lavanttal	Kärnten	25	11	3	42	5	5	Ö13
Sankt Peter am Hart	Oberösterreich	10	5	1	42	21	21	LET
Sankt Peter am Kammersberg	Steiermark	11	7	<1	33	32	5	Ö17
Sankt Peter am Wimberg	Oberösterreich	18	8	3	42	5	5	Ö11
Sankt Peter in der Au	Niederösterreich	14	6	3	42	11	11	MOH
Sankt Peter in der Au	Niederösterreich	19	9	4	35	5	5	Ö15
Sankt Peter ob Judenburg	Steiermark	10	3	5	32	5	5	Ö15
Sankt Pölten	Niederösterreich	16			42	4	4	MOH
Sankt Sebastian	Steiermark	25	11	4	29	5	5	Ö15
Sankt Sigmund im Sellrain	Tirol	14	5	4	29	13	13	BALIBK95
Sankt Stefan ob Stainz	Steiermark	42	21	4	42	5	5	Ö13
Sankt Ulrich am Pillersee	Tirol	24	10	7	37	21	21	SBG95
Sankt Ulrich am Pillersee	Tirol	26	12	5	37	21	21	SBG95
Sankt Ulrich bei Steyr	Oberösterreich	35	17	5	32	12	12	BALINZ95
Sankt Valentin	Niederösterreich	33			25	11	11	BALUF95
Sankt Veit an der Gölßen	Niederösterreich	23	10	3	42	5	5	Ö11
Sankt Veit im Mühlkreis	Oberösterreich	16	7	3	42	5	5	Ö11
Sankt Veit im Mühlkreis	Oberösterreich	17	8	2	42	5	5	Ö11
Sankt Veit im Mühlkreis	Oberösterreich	23	11	2	42	5	5	Ö11
Sankt Veit im Mühlkreis	Oberösterreich	28	14	<1	42	5	5	Ö11
Sankt Veit im Pongau	Salzburg	26	14	<1	25	4	4	MOH
Sankt Wolfgang im Salzkammergut	Oberösterreich	44	22	3	33	5	5	Ö14
Sankt Wolfgang im Salzkammergut	Oberösterreich	54	28	1	33	5	5	Ö14
Sarleinsbach	Oberösterreich	5	1	3	35	5	5	Ö15
Sattledt	Oberösterreich	59	32	3	31	12	12	BALINZ95
Schachendorf	Burgenland	11	5	2	33	5	5	Ö14
Schalchen	Oberösterreich	33			42	21	21	LET2
Scharndorf	Niederösterreich	5			25	11	11	BAL3
Scharnitz	Tirol	17	5	6	29	13	13	BALIBK95
Scharnitz	Tirol	23	9	6	29	13	13	BALIBK95
Scharnitz	Tirol	35			42	11	11	BAL2
Scharnitz	Tirol	51	22	10	29	13	13	BALIBK95

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/ ¹³⁴ Cs	KONT.	SAMPL.	LAB.	QUELLE
Scharnstein	Oberösterreich	57	28	3	42	5	5	Ö11
Scharten	Oberösterreich	30			42	11	11	MOH
Scheffau am Tennengebirge	Salzburg	41	21	5	37	21	21	SBG95
Scheffau am Wilden Kaiser	Tirol	29	14	2	42	5	5	Ö11
Scheiblingkirchen - Thernberg	Niederösterreich	3			42	11	11	BAL3
Schladming	Steiermark	31	17	2	34	5	5	Ö15
Schleißheim	Oberösterreich	66	36	3	35	5	5	Ö15
Schleißheim	Oberösterreich	90	51	<1	36	5	5	Ö15
Schlierbach	Oberösterreich	25	13	1	42	5	5	Ö11
Schlierbach	Oberösterreich	28	15	<1	42	5	5	Ö11
Schlierbach	Oberösterreich	47	25	<1	42	5	5	Ö11
Schlitters	Tirol	17	9	<1	25	4	4	MOH
Schmim	Tirol	20	10	2	29	13	13	BALIBK95
Schnepfau	Vorarlberg	15	7	2	33	5	5	Ö14
Schnepfau	Vorarlberg	16	5	7	36	6	13	UV1
Schöder	Steiermark	16	8	2	34	5	5	Ö15
Schönbach	Niederösterreich	21	10	2	42	5	5	Ö11
Schönbach	Niederösterreich	25	13	<1	42	5	5	UBA1
Schönbach	Niederösterreich	25	13	<1	42	5	5	UBA1
Schönbach	Niederösterreich	32	16	1	42	5	5	UBA1
Schönberg am Kamp	Niederösterreich	13	6	<1	31	5	5	Ö15
Schönberg im Stubaital	Tirol	8	2	4	29	13	13	BALIBK95
Schönwies	Tirol	11			25	11	11	BALUF95
Schoppernau	Vorarlberg	6			42	11	11	BAL2
Schoppernau	Vorarlberg	10	5	<1	36	6	5	Ö17
Schrems	Niederösterreich	9	3	3	35	5	5	Ö15
Schrems	Niederösterreich	11			25	11	11	BAL3
Schröcken	Vorarlberg	11	4	5	36	6	5	Ö17
Schruns	Vorarlberg	4	<1	4	33	5	5	Ö14
Schwadorf	Niederösterreich	8			25	11	11	BALUF95
Schwanberg	Steiermark	36	18	1	42	5	5	Ö13
Schwand im Innkreis	Oberösterreich	12	6	1	34	5	5	Ö15
Schwanenstadt	Oberösterreich	52	27	1	42	5	5	Ö11
Schwarzau im Gebirge	Niederösterreich	1			42	11	11	BAL2
Schwarzau im Gebirge	Niederösterreich	12	7	<1	32	5	5	Ö15
Schwarzenau	Niederösterreich	16			25	11	11	BAL3
Schwarzenbach	Niederösterreich	4			42	11	11	BAL3
Schwarzenberg	Vorarlberg	16	6	5	33	5	5	Ö14
Schwaz	Tirol	20			25	11	11	BALUF95
Schwertberg	Oberösterreich	22	12	<1	34	5	5	Ö15
Sebersdorf	Steiermark	9			25	11	11	BAL3
Seckau	Steiermark	7	3	2	31	32	5	Ö17
See	Tirol	12	5	4	29	13	13	BALIBK95
Seeboden	Kärnten	10	4	2	35	5	5	Ö15
Seefeld - Kadolz	Niederösterreich	4			25	11	11	BALUF95
Seefeld in Tirol	Tirol	9	3	3	29	13	13	BALIBK95
Seeham	Salzburg	5	2	<1	25	4	4	MOH
Seeham	Salzburg	10	6	<1	25	4	4	MOH
Seekirchen	Salzburg	24	11	4	42	11	11	MOH
Seekirchen	Salzburg	27	15	<1	25	4	4	MOH
Seekirchen	Salzburg	43	24	1	25	4	4	MOH
Seewalchen am Attersee	Oberösterreich	44	22	5	31	12	12	BALINZ95
Seibersdorf	Niederösterreich	4	1	1	42	5	5	Ö11
Seibersdorf	Niederösterreich	5	2	<1	25	4	4	ÖFZS
Seibersdorf	Niederösterreich	8	3	1	42	4	4	MOH
Sellrain	Tirol	13	5	4	29	13	13	BALIBK95
Serfaus	Tirol	6	3	<1	29	13	12	BALIBK95
Sibratsgfall	Vorarlberg	21	9	5	33	5	5	Ö14
Silbertal	Vorarlberg	3	<1	2	36	6	5	Ö17
Silbertal	Vorarlberg	7	3	2	33	5	5	Ö14
Silbertal	Vorarlberg	9	1	6	36	6	5	Ö17
Silz	Tirol	18	7	5	29	13	13	BALIBK95
Sinabelkirchen	Steiermark	11	3	5	29	32	5	Ö17
Sinabelkirchen	Steiermark	15			25	11	11	BAL3
Soboth	Steiermark	36	19	<1	42	5	5	Ö13

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Soboth	Steiermark	36	17	4	42	5	5	ÖI3
Soboth	Steiermark	46	22	5	42	5	5	ÖI3
Soboth	Steiermark	56	28	3	42	5	5	ÖI3
Soboth	Steiermark	73	37	4	42	5	5	ÖI3
Sölden	Tirol	3			42	11	11	BAL2
Sölden	Tirol	5			37	21	21	SBG95
Sölden	Tirol	7	3	<1	29	23	7	AMB
Sölden	Tirol	8	2	3	29	13	13	BALIBK95
Sölden	Tirol	9	3	3	29	13	13	BALIBK95
Sölden	Tirol	14	5	5	37	21	21	SBG95
Söll	Tirol	17	8	3	37	21	21	SBG95
Sommerein	Niederösterreich	5			25	11	11	BALUF95
Sonntag	Vorarlberg	9	1	6	36	6	5	ÖI7
Sonntag	Vorarlberg	10	3	5	36	6	5	ÖI7
Spiss	Tirol	3			29	13	12	BALIBK95
Spital am Pyhm	Oberösterreich	150	75	9	42	5	5	ÖI1
Spital am Semmering	Steiermark	26	12	5	35	5	5	ÖI5
Spitz	Niederösterreich	3	<1	<1	42	11	11	MOH
Stadl an der Mur	Steiermark	16	9	<1	31	32	5	ÖI7
Stainach	Steiermark	29	14	3	42	5	5	ÖI1
Stainz	Steiermark	38	19	3	42	5	5	ÖI3
Stall	Kärnten	7	4	<1	33	5	5	ÖI5
Stams	Tirol	9			25	11	11	BALUF95
Steeg	Tirol	14	6	3	29	13	12	BALIBK95
Stegersbach	Burgenland	20			25	11	11	BAL3
Steinach am Brenner	Tirol	7	3	3	29	13	13	BALIBK95
Steinakirchen am Forst	Niederösterreich	20			25	11	11	BALUF95
Steinbach am Attersee	Oberösterreich	57	30	<1	42	5	5	ÖI1
Steinbach am Attersee	Oberösterreich	60	31	1	42	5	5	ÖI1
Steinbach am Attersee	Oberösterreich	61	29	7	42	5	5	ÖI1
Steinbach am Attersee	Oberösterreich	64	28	10	42	11	11	MOH
Steinbach am Attersee	Oberösterreich	69	37	<1	33	5	5	ÖI4
Steinberg am Rofan	Tirol	15			42	11	11	BAL2
Steinberg am Rofan	Tirol	24	9	8	37	21	21	SBG95
Steindorf am Ossiacher See	Kärnten	14	5	5	34	5	5	ÖI5
Steinerkirchen an der Traun	Oberösterreich	27	12	5	42	11	11	MOH
Steinfeld	Kärnten	10	4	3	34	5	5	ÖI5
Steyregg	Oberösterreich	33	18	<1	42	5	5	ÖI1
Steyregg	Oberösterreich	35			25	4	4	ÖFZS7
Steyregg	Oberösterreich	45			25	4	4	ÖFZS7
Stiwoll	Steiermark	12	5	3	31	32	5	ÖI7
Stiwoll	Steiermark	17			42	11	11	BAL3
Stockenboi	Kärnten	14	6	2	34	5	5	ÖI5
Stockerau	Niederösterreich	9	5	1	34	5	5	ÖI7
Stössing	Niederösterreich	15			25	11	11	BALUF95
Straß im Attergau	Oberösterreich	12	5	2	42	11	11	MOH
Strass im Zillertal	Tirol	37			25	11	11	BALUF95
Straßburg	Kärnten	8	4	2	35	5	5	ÖI5
Straßwalchen	Salzburg	41	21	3	42	21	21	LET
Straßwalchen	Salzburg	55			42	21	21	LET2
Strengberg	Niederösterreich	43	23	2	42	4	4	MOH
Strengen	Tirol	7	2	3	29	13	13	BALIBK95
Strobl	Salzburg	55			42	21	21	LET2
Strobl	Salzburg	65	33	7	42	21	21	LET
Strobl	Salzburg	79	41	2	33	5	5	ÖI4
Stuhlfelden	Salzburg	34	20	<1	42	21	21	LET
Stuhlfelden	Salzburg	38	20	<1	42	5	5	ÖI2
Stummerberg	Tirol	18	8	4	37	21	21	SBG95
Sulzberg	Vorarlberg	13	5	3	33	5	5	ÖI4
Sulzberg	Vorarlberg	20	9	3	33	5	5	ÖI4
Sulzberg	Vorarlberg	21	9	3	33	5	5	ÖI4
Tadten	Burgenland	2	1	<1	42	4	4	MOH
Tadten	Burgenland	7	3	2	42	4	4	MOH
Tadten	Burgenland	19	10	1	42	4	4	MOH
Tadten	Burgenland	25	12	3	42	4	4	MOH

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KOUP	SAIB	LAB	QUELLE
Tadten	Burgenland	25	13	2	42	4	4	MOH
Tadten	Burgenland	30	15	3	42	4	4	MOH
Tamsweg	Salzburg	24	13	<1	42	5	5	Ö12
Tamsweg	Salzburg	25	12	2	42	5	5	Ö12
Tamsweg	Salzburg	27	13	4	42	5	5	Ö12
Tamsweg	Salzburg	34	16	4	42	5	5	Ö12
Tannheim	Tirol	25	7	11	29	13	12	BALIBK95
Tauplitz	Steiermark	41	19	7	29	12	12	BALINZ95
Tauplitz	Steiermark	43	23	<1	35	5	5	Ö15
Techelsberg am Wörther See	Kärnten	23	13	1	32	32	5	Ö17
Telfs	Tirol	7	2	3	29	13	12	BALIBK95
Temberg	Oberösterreich	40	21	3	34	5	5	Ö15
Ternitz	Niederösterreich	14			25	11	11	BALUF95
Thal	Steiermark	27	14	3	42	22	22	TUG1
Thalgau	Salzburg	48	21	8	42	11	11	MOH
Thiersee	Tirol	41			25	11	11	BALUF95
Thomatal	Salzburg	17			42	21	21	LET2
Thüringen	Vorarlberg	5	1	3	36	6	13	UV1
Tobaj	Burgenland	7	3	<1	33	5	5	Ö14
Tösens	Tirol	2			29	13	12	BALIBK95
Trahütten	Steiermark	53	27	2	42	5	5	Ö13
Trattenbach	Niederösterreich	32	16	1	33	5	5	Ö14
Traun	Oberösterreich	31			25	4	4	ÖFZS7
Traun	Oberösterreich	45			25	4	4	ÖFZS7
Traunkirchen	Oberösterreich	79	41	2	33	5	5	Ö14
Traunstein	Niederösterreich	39	20	1	42	5	5	UBA1
Traunstein	Niederösterreich	43	23	<1	42	5	5	Ö11
Traunstein	Niederösterreich	45	23	2	42	5	5	UBA1
Traunstein	Niederösterreich	47	21	7	42	5	5	UBA1
Traunstein	Niederösterreich	59	31	1	42	5	5	UBA1
Traunstein	Niederösterreich	61	31	3	42	5	5	UBA1
Traunstein	Niederösterreich	65	34	2	42	5	5	UBA1
Traunstein	Niederösterreich	66	34	1	42	5	5	UBA1
Treffen	Kärnten	16	10	<1	34	5	5	Ö15
Treglwang	Steiermark	18	8	4	32	5	5	Ö15
Tschagguns	Vorarlberg	5	<1	4	36	6	5	Ö17
Tulln	Niederösterreich	4			42	4	4	MOH
Tumau	Steiermark	14	6	3	35	5	5	Ö15
Tux	Tirol	20	11	2	25	4	4	MOH
Tux	Tirol	21	15	<1	25	4	4	MOH
Tux	Tirol	21	10	3	25	4	4	MOH
Tux	Tirol	22	12	<1	25	4	4	MOH
Tux	Tirol	22	12	<1	25	4	4	MOH
Tux	Tirol	26	15	<1	25	4	4	MOH
Tux	Tirol	27	14	2	25	4	4	MOH
Tux	Tirol	27	15	<1	25	4	4	MOH
Tweng	Salzburg	31			42	11	11	BAL2
Tweng	Salzburg	33	17	<1	42	5	5	Ö12
Übelbach	Steiermark	14	5	4	34	5	5	Ö15
Uderns	Tirol	13	7	<1	25	4	4	MOH
Ulrichsberg	Oberösterreich	5	2	2	36	8	8	OÖ1
Umhausen	Tirol	12	4	4	29	13	13	BALIBK95
Unken	Salzburg	24	11	5	37	21	21	SBG95
Unken	Salzburg	35			42	21	21	LET2
Unken	Salzburg	36			25	11	11	BALUF95
Unserfrau - Altweitra	Niederösterreich	17	9	<1	25	4	4	MOH
Unserfrau - Altweitra	Niederösterreich	23	13	<1	25	4	4	MOH
Unserfrau - Altweitra	Niederösterreich	60	34	<1	25	4	4	MOH
Unterach am Attersee	Oberösterreich	67			42	21	21	LET2
Unterkohlstätten	Burgenland	19	11	<1	33	5	5	Ö14a
Unterperfluss	Tirol	10			25	11	11	BALUF95
Untertauern	Salzburg	22	11	<1	42	5	5	Ö12
Untertauern	Salzburg	36			42	21	21	LET2
Untertauern	Salzburg	39	20	2	42	5	5	Ö12
Untertauern	Salzburg	42	22	<1	42	5	5	Ö12

GEMEINDE	BUNDESLAND	1970	1975	1977	KONF.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Untertauern	Salzburg	47	26	<1	42	21	21	LET
Untertauern	Salzburg	57	29	3	42	5	5	Ö12
Unterweißenbach	Oberösterreich	20	11	<1	34	12	12	BALINZ95
Unterweißenbach	Oberösterreich	27	14	3	33	12	12	BALINZ95
Unzmarkt-Frauenburg	Steiermark	14	6	4	35	5	5	Ö15
Uttendorf	Salzburg	29			42	21	21	LET2
Uttendorf	Salzburg	30	14	4	42	5	5	Ö12
Uttendorf	Salzburg	51	25	5	42	5	5	Ö12
Vals	Tirol	24	8	8	29	13	13	BALIBK95
Vals	Tirol	41	18	8	29	13	12	BALIBK95
Vandans	Vorarlberg	13			42	32	5	BAL2
Veitsch	Steiermark	12			42	11	11	BAL3
Villach	Kärnten	24	12	2	31	32	5	Ö17
Villach	Kärnten	25	12	3	30	32	5	Ö17
Vils	Tirol	26	9	8	29	13	13	BALIBK95
Virgen	Tirol	7	1	5	42	5	5	Ö12
Virgen	Tirol	28	12	5	42	5	5	Ö12
Virgen	Tirol	47	23	3	42	5	5	Ö12
Vitis	Niederösterreich	16			25	11	11	BAL3
Vöcklabruck	Oberösterreich	43	23	<1	42	5	5	Ö11
Vöcklabruck	Oberösterreich	43	24	2	36	8	8	OÖ1
Vöcklamarkt	Oberösterreich	47	24	2	42	5	5	Ö11
Vöcklamarkt	Oberösterreich	66	35	5	42	21	21	LET
Voitsberg	Steiermark	21	11	<1	30	32	5	Ö17
Voitsberg	Steiermark	29	16	1	42	22	22	TUG1
Völkermarkt	Kärnten	26	13	<1	34	5	5	Ö15
Völkermarkt	Kärnten	34	17	2	35	5	5	Ö15
Völkermarkt	Kärnten	44	24	<1	33	5	5	Ö15
Vomp	Tirol	5			42	11	11	BAL2
Vomp	Tirol	8	4	1	29	13	13	BALIBK95
Vomp	Tirol	16	6	5	42	5	5	Ö11
Vomp	Tirol	35	13	10	29	13	13	BALIBK95
Vorchdorf	Oberösterreich	60	30	8	26	12	12	BALINZ95
Vordernberg	Steiermark	7	2	3	35	5	5	Ö15
Vordernberg	Steiermark	19	9	3	35	5	5	Ö15
Vorderstoder	Oberösterreich	36	18	4	32	5	5	Ö15
Wagna	Steiermark	15	8	<1	42	22	22	TUG1
Waidhofen an der Thaya	Niederösterreich	22	12	<1	35	5	5	Ö15
Waidhofen an der Thaya - Land	Niederösterreich	20			25	11	11	BAL3
Waidhofen an der Ybbs	Niederösterreich	46	23	6	33	12	12	BALINZ95
Waidhofen an der Ybbs	Niederösterreich	60	32	<1	35	5	5	Ö15
Waidmannsfeld	Niederösterreich	10	4	2	35	5	5	Ö15
Waidring	Tirol	20	7	7	37	21	21	SBG95
Waisenegg	Steiermark	11			25	11	11	BAL3
Waizenkirchen	Oberösterreich	31	15	2	35	5	5	Ö15
Wald im Pinzgau	Salzburg	26	12	4	42	5	5	Ö12
Waldkirchen an der Thaya	Niederösterreich	8			25	11	11	BALUF95
Waldzell	Oberösterreich	22	11	<1	42	5	5	Ö11
Waldzell	Oberösterreich	25	12	4	42	11	11	MOH
Wallern im Burgenland	Burgenland	21	10	3	42	4	4	MOH
Wallern im Burgenland	Burgenland	21	10	4	42	4	4	MOH
Wallsee - Sindelburg	Niederösterreich	80	44	3	42	4	4	MOH
Wals - Siezenheim	Salzburg	43	25	<1	25	4	4	MOH
Warth	Vorarlberg	8	3	3	36	6	5	Ö17
Warth	Vorarlberg	11	4	4	36	6	5	Ö17
Wattenberg	Tirol	17	7	4	29	13	13	BALIBK95
Wattenberg	Tirol	28	11	8	29	13	12	BALIBK95
Weichselbaum	Burgenland	5			25	11	11	BAL3
Weikersdorf am Steinfelde	Niederösterreich	15	7	2	33	5	5	Ö14
Weiler	Vorarlberg	9	3	3	36	6	13	UV1
Weinburg am Saßbach	Steiermark	5			42	4	4	MOH
Weinzierl am Walde	Niederösterreich	6	3	<1	42	11	11	MOH
Weißbach bei Lofer	Salzburg	11			42	11	11	BAL2
Weißbach bei Lofer	Salzburg	24			42	21	21	LET2
Weißbach an der Enns	Steiermark	49	25	6	29	12	12	BALINZ95

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF.	SAMP.	LAB.	QUELLE
Weißbach an der Enns	Steiermark	52	27	3	34	5	5	ÖI5
Weißbach an der Enns	Steiermark	77	38	11	29	12	12	BALINZ95
Weissenbach an der Triesting	Niederösterreich	18			25	11	11	BALUF95
Weißkirchen in der Wachau	Niederösterreich	2	<1	<1	42	11	11	MOH
Weißpriach	Salzburg	14	5	4	42	5	5	ÖI2
Weißpriach	Salzburg	17	6	6	42	5	5	ÖI2
Weißpriach	Salzburg	23	10	4	42	5	5	ÖI2
Weißpriach	Salzburg	24	11	4	42	5	5	ÖI2
Weißpriach	Salzburg	43	21	3	42	5	5	ÖI2
Weißpriach	Salzburg	46	23	3	42	5	5	ÖI2
Weißpriach	Salzburg	59	28	7	42	5	5	ÖI2
Weißpriach	Salzburg	60	31	2	42	5	5	ÖI2
Weistrach	Niederösterreich	6	2	2	42	11	11	MOH
Weiszensee	Kärnten	10	4	3	34	5	5	ÖI5
Weiten	Niederösterreich	23	10	4	42	11	11	MOH
Weitendorf	Steiermark	19			42	4	4	MOH
Weitensfeld - Flattnitz	Kärnten	7	4	<1	35	5	5	ÖI5
Weitersfelden	Oberösterreich	29	15	2	42	5	5	ÖI1
Weitra	Niederösterreich	17	10	<1	25	4	4	MOH
Weitra	Niederösterreich	19	9	3	34	5	5	ÖI5
Weitra	Niederösterreich	25	14	<1	25	4	4	MOH
Wels	Oberösterreich	52	29	<1	36	5	5	ÖI5
Wels	Oberösterreich	61	34	<1	35	5	5	ÖI5
Wels	Oberösterreich	66	35	4	35	5	5	ÖI5
Weng bei Admont	Steiermark	29	11	9	34	5	5	ÖI5
Werfen	Salzburg	23	10	5	37	21	21	SBG95
Werfen	Salzburg	29	12	7	42	21	21	LET
Wernersdorf	Steiermark	36	19	<1	42	5	5	ÖI3
Westendorf	Tirol	7			37	21	21	SBG95
Westendorf	Tirol	14	4	7	37	21	21	SBG95
Weyer Land	Oberösterreich	45	23	4	34	5	5	ÖI5
Weyregg am Attersee	Oberösterreich	46	24	4	33	12	12	BALINZ95
Wiefresen	Steiermark	49	25	1	42	5	5	ÖI3
Wiefresen	Steiermark	63	33	2	42	5	5	ÖI3
Wiefresen	Steiermark	81	40	5	42	5	5	ÖI3
Wien	Wien	1			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	2			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	2			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	2			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	2			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	2			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	2	1	<1	42	5	5	ÖI1
Wien	Wien	3			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	3			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	3	1	<1	42	5	5	ÖI1
Wien	Wien	3			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	3			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	3			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	3			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4	1	1	42	11	11	BAL1
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			42	32	5	BAL2
Wien	Wien	4	2	<1	34	5	5	ÖI7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4	2	<1	42	5	5	ÖI1
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	4			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	5			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	5			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	5			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	5			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	6			25	4	4	ÖFZS7

GEMEINDE	BUNDESLAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KONF	SAMP	LAB	QUELLE
Wien	Wien	6			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	6			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	6			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	6	2	3	29	5	5	ÖI7
Wien	Wien	7	3	2	33	5	5	ÖI7
Wien	Wien	7			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	8			25	4	4	ÖFZS7
Wien	Wien	8	4	<1	42	5	5	ÖI1
Wien	Wien	9	4	2	42	5	5	ÖI1
Wienerwald	Niederösterreich	12	5	3	42	5	5	ÖI1
Wieselburg	Niederösterreich	18	10	1	42	4	4	MOH
Wiesmath	Niederösterreich	9	5	<1	33	5	5	ÖI4a
Wildalpen	Steiermark	24	12	2	34	5	5	ÖI5
Wildendümbach	Niederösterreich	2	<1	1	42	4	4	ÖFZS1
Wildendümbach	Niederösterreich	4			25	11	11	BAL3
Wildendümbach	Niederösterreich	6	3	<1	34	4	4	ÖFZS4
Wildschönau	Tirol	25	9	9	37	21	21	SBG95
Wilhelmsburg	Niederösterreich	17	8	2	33	5	5	ÖI4
Wilhering	Oberösterreich	28	14	2	42	5	5	ÖI1
Wilhering	Oberösterreich	49	28	<1	25	4	4	MOH
Wilhering	Oberösterreich	50	29	<1	25	4	4	MOH
Wilhering	Oberösterreich	60	34	1	25	4	4	MOH
Wilhering	Oberösterreich	63	33	<1	42	5	5	ÖI1
Winklern	Kärnten	14	5	4	42	5	5	ÖI2
Winklern	Kärnten	<1			42	11	11	BAL2
Winklern bei Oberwölz	Steiermark	13			42	11	11	BAL3
Wolfsberg	Kärnten	22	11	<1	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	28	13	3	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	28	13	3	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	34	16	3	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	35	16	5	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	35	17	3	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	37	18	3	35	5	5	ÖI5
Wolfsberg	Kärnten	37	20	<1	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	43	21	3	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	49	24	4	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	67	34	4	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	75	38	4	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	81	39	8	42	5	5	ÖI3
Wolfsberg	Kärnten	83	42	5	42	5	5	ÖI3
Wolfsegg am Hausruck	Oberösterreich	61	27	11	42	11	11	MOH
Wolfsegg am Hausruck	Oberösterreich	92	51	<1	42	5	5	ÖI1
Wolfsthal-Berg	Niederösterreich	3	2	<1	42	4	4	ÖFZS6
Wolfurt	Vorarlberg	13	4	7	36	6	13	UV1
Wolfurt	Vorarlberg	26	15	<1	33	5	5	ÖI4
Wolkersdorf im Weinviertel	Niederösterreich	4			25	11	11	BALUF95
Wörgl	Tirol	20	10	2	37	21	21	SBG95
Wullersdorf	Niederösterreich	4			25	11	11	BALUF95
Ybbs an der Donau	Niederösterreich	27	12	4	42	11	11	MOH
Yspertal	Niederösterreich	10	4	2	42	11	11	MOH
Yspertal	Niederösterreich	53	26	8	42	4	4	MOH
Yspertal	Niederösterreich	58	30	5	42	4	4	MOH
Zams	Tirol	11	3	6	29	13	12	BALIBK95
Zederhaus	Salzburg	29	16	1	42	21	21	LET
Zeillern	Niederösterreich	22	9	5	42	11	11	MOH
Zeillern	Niederösterreich	29	14	5	42	4	4	MOH
Zell	Kärnten	29	14	2	33	5	5	ÖI4
Zell am Moos	Oberösterreich	35	11	14	42	11	11	MOH
Zell am Moos	Oberösterreich	44			42	21	21	LET2
Zell am Pettenfirst	Oberösterreich	47	21	7	42	11	11	MOH
Zell am Ziller	Tirol	4	2	<1	25	4	4	MOH
Zell an der Pram	Oberösterreich	9	4	1	42	11	11	MOH
Zell bei Zellhof	Oberösterreich	27	13	3	32	5	5	ÖI5
Zirl	Tirol	30	13	7	29	13	13	BALIBK95
Zistersdorf	Niederösterreich	1			42	4	4	MOH

ORT	BUNDES-LAND	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs/B	KENT	BAMP	LAS	QUELLE
Zöberrn	Niederösterreich	16	8	1	33	5	5	Ö14
Zwettl - Niederösterreich	Niederösterreich	24	12	1	42	5	5	Ö11
Zwettl - Niederösterreich	Niederösterreich	26			25	11	11	BAL3
Zwettl - Niederösterreich	Niederösterreich	26			25	11	11	BALUF95
Zwettl - Niederösterreich	Niederösterreich	27	13	2	42	5	5	Ö11
Zwettl - Niederösterreich	Niederösterreich	28			25	11	11	BAL3
Zwettl - Niederösterreich	Niederösterreich	47	25	<1	42	5	5	Ö11
Zwettl - Niederösterreich	Niederösterreich	<1			42	4	4	MOH
Zwischenwasser	Vorarlberg	8	3	3	33	5	5	Ö14

ANHANG 2: BODENBELASTUNG IN ANDEREN LÄNDERN

Österreich zählt im internationalen Vergleich zu den vom Tschernobyl-Fallout im Mittel am stärksten betroffenen Ländern. Maximalwerte der Deposition in ähnlicher Höhe wie in Österreich, also um 200 kBq $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$, wurden auch in anderen Ländern gemessen, nämlich in Skandinavien, Italien und Griechenland. In Weißrußland, Rußland und der Ukraine treten noch wesentlich höhere Werte auf.

In verschiedenen Publikationen sind Mittel-, Minimal- und Maximalwerte für verschiedene Länder veröffentlicht worden. In der folgenden Tabelle 12 sind einige Ergebnisse zusammengefaßt. Die Deposition kann entweder direkt gemessen (Fallout-, Regenwassersammler) oder aus der Bodenbelastung rekonstruiert worden sein (Bodenproben, In situ-Gammaspektrometrie). Bei letzterer Methode muß die Vorbelastung durch Bomben-Fallout beachtet werden.

Land	Mittel	Minimum	Maximum	Anzahl	Quelle
EUROPA					
Albanien	19ges-ß			1	Skende, 1989
Belgien		0,275	3,9	21	ISPRA
	0,9		2,0		NEA, 1987
	0,84				UNS, 1988
Bulgarien	1			1	CEC, 1990
	0,7			1	Cambray, 1987
		1,5	2,7	2	Bossew et al., 1993
Nord	3,9				UNS, 1988
Süd	12				UNS, 1988
Dänemark		1	5,3	30	CEC, 1990
	1,1		3,1		NEA, 1987
	1,3				UNS, 1988
		0,66	3,6	9	AARKROG, 1987
Deutschland		0,4	44	304	CEC, 1990
		0,8	75	ca. 500	Bonka, 1991
	4		44		NEA, 1987
Süd	16				UNS, 1988
Nord,Mitte	2-4				UNS, 1988
DDR	6-11				UNS, 1988
Finnland		0,07	36	23	CEC, 1990
	15		69	69	Jantunen et al., 1991
	6		20		NEA, 1987
	15				UNS, 1988
		0,14	32		Saxen et al., 1990
	10,9		>45	550	Saxen et al., 1990

Land	Mittel	Minimum	Maximum	Anzahl	Quelle
Frankreich		0,03	35	61	CEC, 1990
	1,3		5,1		NEA, 1987
	0,18-3,2				UNS, 1988
Gibraltar	<0,009			1	Cambray, 1987
	0,36				ISPRA
Griechenland	7,3	0,1	147	1472	CEC, 1990
	3,5		19		NEA, 1987
Makedonien	8				UNS, 1988
Rest	2,4				UNS, 1988
Großbritannien		0,06	19	73	CEC, 1990
		<0,015	13		Cambray, 1987
	0,9		13		NEA, 1987
	0,1-3				UNS, 1988
Irland	2,9	0,3	14	101	CEC, 1990
	3,3		15		NEA, 1987
	3,4				UNS, 1988
Island	0,007		0,7	1	Cambray, 1987
Italien		<0,001	491	457	CEC, 1990
			65,9		ENEA, 1986
	4,3		67		NEA, 1987
Nord:	15				CEC, 1990
	6				UNS, 1988
Süd:	2				CEC, 1990
	4				UNS, 1988
Jugoslawien (ehem.)		1	10	7	CEC, 1990
Slowenien		3,7	65	44	Brajnik et al., 1993
Serbien (Beograd)	7,3			1	Cambray, 1987
Küste	4				UNS, 1988
sonst	10-23				UNS, 1988
Liechtenstein	3,7			1	MURITH et al., 1993
Luxemburg	2,7		4,9		NEA, 1987
	2,7				UNS, 1988
Malta	<0,017			1	Cambray, 1987
Niederlande		0,3	6,1	93	CEC, 1990
	1,8		6		NEA, 1987
	1,8				UNS, 1988
Norwegen	7,1		>500	1816	Backe et al., 1987 Bakken et al., 1990
	9		>67		NEA, 1987
	5,3				UNS, 1988
		0,4	103,5	451	Backe et al., 1986

Land	Mittel	Minimum	Maximum	Anzahl	Quelle
Österreich	18,7	0,1	190	1881	vorliegender Bericht
Polen		0,9	5,2	6	CEC, 1990
	5,2				UNS, 1988
		0,21	81	693	Jageliak, 1991
Portugal	0,002		0,008		NEA, 1987
	0,02				UNS, 1988
Rumänien		0,09	8,5	13	CEC, 1990
	5,5				Galeriu et al., 1988
	4,5-18				UNS, 1988
		0,4	51	201	Toro, 1991
Schweden	16	0,3	200	144	CEC, 1990
	5,5		127		NEA, 1987
Mitte	31				UNS, 1988
Nord	0,81				UNS, 1988
Süd	2,3				UNS, 1988
			300		Gustafsson e.a., 1987
Schweiz		0,4	48	61	CEC, 1990
	5,2		27		NEA, 1987
			26		Wernli, 1987
Tessin	15				UNS, 1988
sonst	1,3-3,5				UNS, 1988
Sowjetunion (ehem.)		19	261	109	CEC, 1990
Sibirien	0,09				UNS, 1988
gesamt	1,4				UNS, 1988
Weißrußland			>1500		Izraehl, 1990
Rußland			>555		Vetrov, 1990
naheTschernobyl			37000		Komarov, 1990
Tschukotka (NO-Sib.)	<0,048				Bossew, 1995
Spanien		0,005	0,036	9	CEC, 1990
		0,0027	0,027		NEA, 1987
	0,02-0,07				UNS, 1988
CSSR (ehem.)		0,2	19	115	CEC, 1990
	4,2		>34	ca.1300	IHE, 1986
West,Ost	2,3-2,8				UNS, 1988
Mitte	5,3				UNS, 1988
Türkei (Ankara)	0,33			1	Cambray, 1987
	0,053		0,6		NEA, 1987
	4				UNS, 1988
Ungarn		0,58	13	19	ISPRA
		0,9	5	14	Andrasi, 1987
		0,16	15,8	30	Andrasi et al., 1992
	1,5-4,8				UNS, 1988

Land	Mittel	Minimum	Maximum	Anzahl	Quelle
Zypern	0,42			1	Cambray, 1987
	0,6				UNS, 1988
AUSSEREUROPÄISCHE LÄNDER					
Ägypten (Kairo)	0,15			1	Cambray, 1987
Äthiopien	0,016			1	Cambray, 1987
Australien	<0,01			1	Cambray, 1987
Tasmanien	0,01			1	Bossew, 1994
Bahamas	<0,003			2	Cambray, 1987
Botswana	<0,01			1	Cambray, 1987
China (Peking)	<0,012			1	Cambray, 1987
	0,15				UNS, 1988
Cook Islands	<0,043				Bossew, 1994
Fiji Islands	<0,047				Bossew, 1994
Grönland	0,18				UNS, 1988
Hong Kong	<0,029			1	Cambray, 1987
Indien	0,035				UNS, 1988
Israel	0,4				UNS, 1988
Japan		0,0085	0,26	33	Higuchi et al., 1988
	0,09		1,2		NEA, 1987
	0,18	0,016	0,3		UNS, 1988
Kamerun	0,076			1	Cambray, 1987
Kanada		<0,011	0,021	2	Cambray, 1987
	0,027		0,044		NEA, 1987
	0,03	0,02	0,04		UNS, 1988
Mongolei	0,2			1	Cambray, 1987
Neuseeland	<0,01			1	Cambray, 1987
Sierra Leone	0,12			1	Cambray, 1987
Singapur	<0,01			1	Cambray, 1987
Syrien	0,13				UNS, 1988
Tahiti	Spuren				Fontenay, 1987
Tunesien	0,31			1	Cambray, 1987
USA		<0,004	0,22	11	Cambray, 1987
	0,027				NEA, 1987
	0,026	0,02	0,09		UNS, 1988
Vietnam (Dalat)	0,008			1	Pham Zuy Hien, 1994
Nahost	1,0				UNS, 1988
südl. Mittelasien	0,08				UNS, 1988
SO-Asien, N-Indones.	0,03				UNS, 1988
Ostasien	0,04				UNS, 1988
Karibik	0,018				UNS, 1988

Land	Mittel	Minimum	Maximum	Anzahl	Quelle
Mittelamerika	0,012				UNS, 1988
nördl.Südamerika	0,013				UNS, 1988
Nordafrika	0,4				UNS, 1988
West-, Zentralafrika	0,08				UNS, 1988
Ostafrika	0,09				UNS, 1988
Nordpazifik	0,01				UNS, 1988

Tab. 12: Deposition von Cäsium-137 durch Tschernobyl in kBq/m²

Es ist zu erkennen, daß die Quellen zum Teil deutlich unterschiedliche Angaben liefern. Das liegt wahrscheinlich unter anderem an der geringen Dichte in der die Bodenproben in den meisten Fällen genommen wurden: die Wahrscheinlichkeit, regionale Minima und Maxima zu übersehen, ist klarerweise umso größer, je größer der Abstand zwischen den Meßpunkten ist. Der Ursache für die Widersprüche wurde hier aber nicht weiter nachgegangen.

Nach CAMBRAY (1987) sind ungefähr 70 PBq Cäsium-137 aus Tschernobyl freigesetzt und weltweit verteilt worden. Dadurch hat sich die schon seit den Atombombentests vorhandene Menge an Cäsium-137 im Mittel nur um 5 % erhöht. In Österreich allerdings ist die Cäsium-137-Menge durch Tschernobyl vervielfacht worden (etwa um einen Faktor 9.1). – Andere Quellen schätzen die gesamte freigesetzte Aktivität auf bis über 130 PBq (GUDI KSEN et al. 1989).

Nachbarländer Österreichs

Wie in Österreich ist die Deposition auch in den Nachbarländern räumlich sehr ungleichmäßig verteilt. In der folgenden Tabelle 13 sind die besonders hoch und niedrig belasteten Gebiete zusammengestellt. Hoch und niedrig ist dabei im Vergleich zum Landesmittel zu verstehen: "hohe Belastung" in Ungarn bedeutet "weniger als Mittel" in Österreich.

Die Extremwerte aus Italien (Tab. 12) stammen aus dem Piavetal. Ein Wert der Größenordnung 457 kBq ¹³⁷Cs/m² kommt dabei nur einmal vor, die nächsthöheren Meßwerte sind 143 und 80 kBq ¹³⁷Cs/m².

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß, entsprechend den Wetterverhältnissen um den 1. Mai 1986, die Schwerpunkte des Tschernobyl-Fallout in folgenden Regionen liegen:

- Weißrußland-Ukraine
- Mittelskandinavien
- Ostalpen
- Nordgriechenland

Mit der Region Ostalpen sind v.a. Österreich, aber auch nahegelegene Teile der Nachbarländer betroffen.

Land	hoch	niedrig
Österreich	Salzkammergut, Zillertal Hohe, Niedere Tauern Koralpe Hausruck Pyhrn Teile von Wald-, Mühlviertel Region um Linz	Marchfeld Wiener Becken Rheintal, SW Nordtirol, S Osttirol westl. Mühlviertel Teile des Murtals
Tschech. Rep.	Sudeten Linie Zelesna Ruda (Böhmerwald)- Bensov südl. Prag südl. Budweis	Gebiet westlich von Prag nördliches Südböhmen Budweis
Slowak. Rep.	Südslowakei-Schüttinsel Mittelslowakei (Banska Bystrica)	W-, O-Slowakei
Ungarn	nördlich von Budapest	sonst
Slowenien	Julische Alpen Ljubljana	Grenze nach Kroatien
Italien	Piavetal Julische Alpen (südl. Tarvisio) Gegend Chiavenna Bergamasker Alpen Aosta Abruzzen	Trentino Emilia Süditalien Sardinien
Schweiz	Tessin bis Bergamasker Alpen südl. Bodensee	Schweizer Mittelland südl. Liechtenstein
Liechtenstein		Rheintal
Deutschland	Südbayern: Bayr. Wald bei Zwiesel Berchtesgaden Memmingen (nördl. Allgäu) Grenzgebiet bei Kufstein östl. von Landshut	sonst

Tab. 13: Hoch und niedrig belastete Gebiete Österreichs und seiner Nachbarländer

ANHANG 3: ABBILDUNGEN



Land	Mittel	Minimum	Maximum	Anzahl	Quelle
Mittelamerika	0,012				UNS, 1988
nördl.Südamerika	0,013				UNS, 1988
Nordafrika	0,4				UNS, 1988
West-, Zentralafrika	0,08				UNS, 1988
Ostafrika	0,09				UNS, 1988
Nordpazifik	0,01				UNS, 1988

Tab. 12: Deposition von Cäsium-137 durch Tschernobyl in kBq/m²

Es ist zu erkennen, daß die Quellen zum Teil deutlich unterschiedliche Angaben liefern. Das liegt wahrscheinlich unter anderem an der geringen Dichte in der die Bodenproben in den meisten Fällen genommen wurden: die Wahrscheinlichkeit, regionale Minima und Maxima zu übersehen, ist klarerweise umso größer, je größer der Abstand zwischen den Meßpunkten ist. Der Ursache für die Widersprüche wurde hier aber nicht weiter nachgegangen.

Nach CAMBRAY (1987) sind ungefähr 70 PBq Cäsium-137 aus Tschernobyl freigesetzt und weltweit verteilt worden. Dadurch hat sich die schon seit den Atombombentests vorhandene Menge an Cäsium-137 im Mittel nur um 5 % erhöht. In Österreich allerdings ist die Cäsium-137-Menge durch Tschernobyl vervielfacht worden (etwa um einen Faktor 9.1). – Andere Quellen schätzen die gesamte freigesetzte Aktivität auf bis über 130 PBq (GUDIJKSEN et al. 1989).

Nachbarländer Österreichs

Wie in Österreich ist die Deposition auch in den Nachbarländern räumlich sehr ungleichmäßig verteilt. In der folgenden Tabelle 13 sind die besonders hoch und niedrig belasteten Gebiete zusammengestellt. Hoch und niedrig ist dabei im Vergleich zum Landesmittel zu verstehen: "hohe Belastung" in Ungarn bedeutet "weniger als Mittel" in Österreich.

Die Extremwerte aus Italien (Tab. 12) stammen aus dem Piavetal. Ein Wert der Größenordnung 457 kBq ¹³⁷Cs/m² kommt dabei nur einmal vor, die nächsthöheren Meßwerte sind 143 und 80 kBq ¹³⁷Cs/m².

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß, entsprechend den Wetterverhältnissen um den 1. Mai 1986, die Schwerpunkte des Tschernobyl-Fallout in folgenden Regionen liegen:

- Weißrußland-Ukraine
- Mittelskandinavien
- Ostalpen
- Nordgriechenland

Mit der Region Ostalpen sind v.a. Österreich, aber auch nahegelegene Teile der Nachbarländer betroffen.

Land	hoch	niedrig
Österreich	Salzkammergut, Zillertal Hohe, Niedere Tauern Koralpe Hausruck Pyhrn Teile von Wald-, Mühlviertel Region um Linz	Marchfeld Wiener Becken Rheintal, SW Nordtirol, S Osttirol westl. Mühlviertel Teile des Murtals
Tschech. Rep.	Sudeten Linie Zelesna Ruda (Böhmerwald)- Bensov südl. Prag südl. Budweis	Gebiet westlich von Prag nördliches Südböhmen Budweis
Slowak. Rep.	Südslowakei-Schüttinsel Mittelslowakei (Banska Bystrica)	W-, O-Slowakei
Ungarn	nördlich von Budapest	sonst
Slowenien	Julische Alpen Ljubljana	Grenze nach Kroatien
Italien	Piavetal Julische Alpen (südl. Tarvisio) Gegend Chiavenna Bergamasker Alpen Aosta Abruzzen	Trentino Emilia Südtalien Sardinien
Schweiz	Tessin bis Bergamasker Alpen südl. Bodensee	Schweizer Mittelland südl. Liechtenstein
Liechtenstein		Rheintal
Deutschland	Südbayern: Bayr. Wald bei Zwiesel Berchtesgaden Memmingen (nördl. Allgäu) Grenzgebiet bei Kufstein östl. von Landshut	sonst

Tab. 13: Hoch und niedrig belastete Gebiete Österreichs und seiner Nachbarländer

ANHANG 3: ABBILDUNGEN

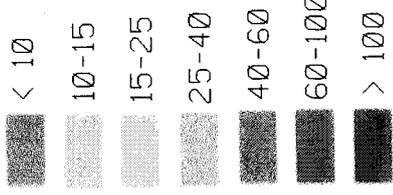


Bodenbelastung durch Cäsium-137

Abb. 8

Cäsium-137 bezogen auf 1. Mai 1986

Einheit kBq/m²



· Probenahmestelle

Stand: Jänner 1996

 **Umweltbundesamt**

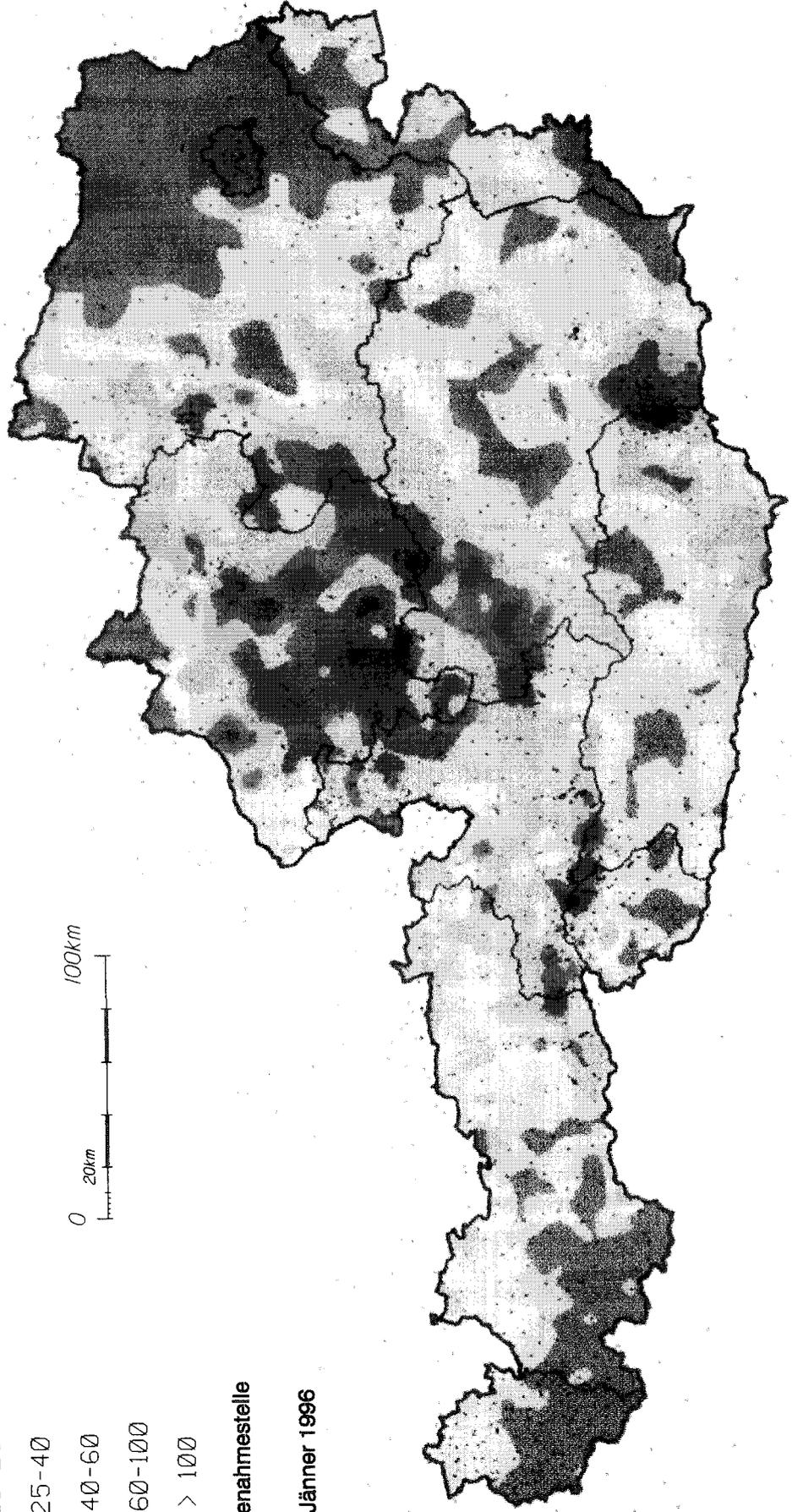
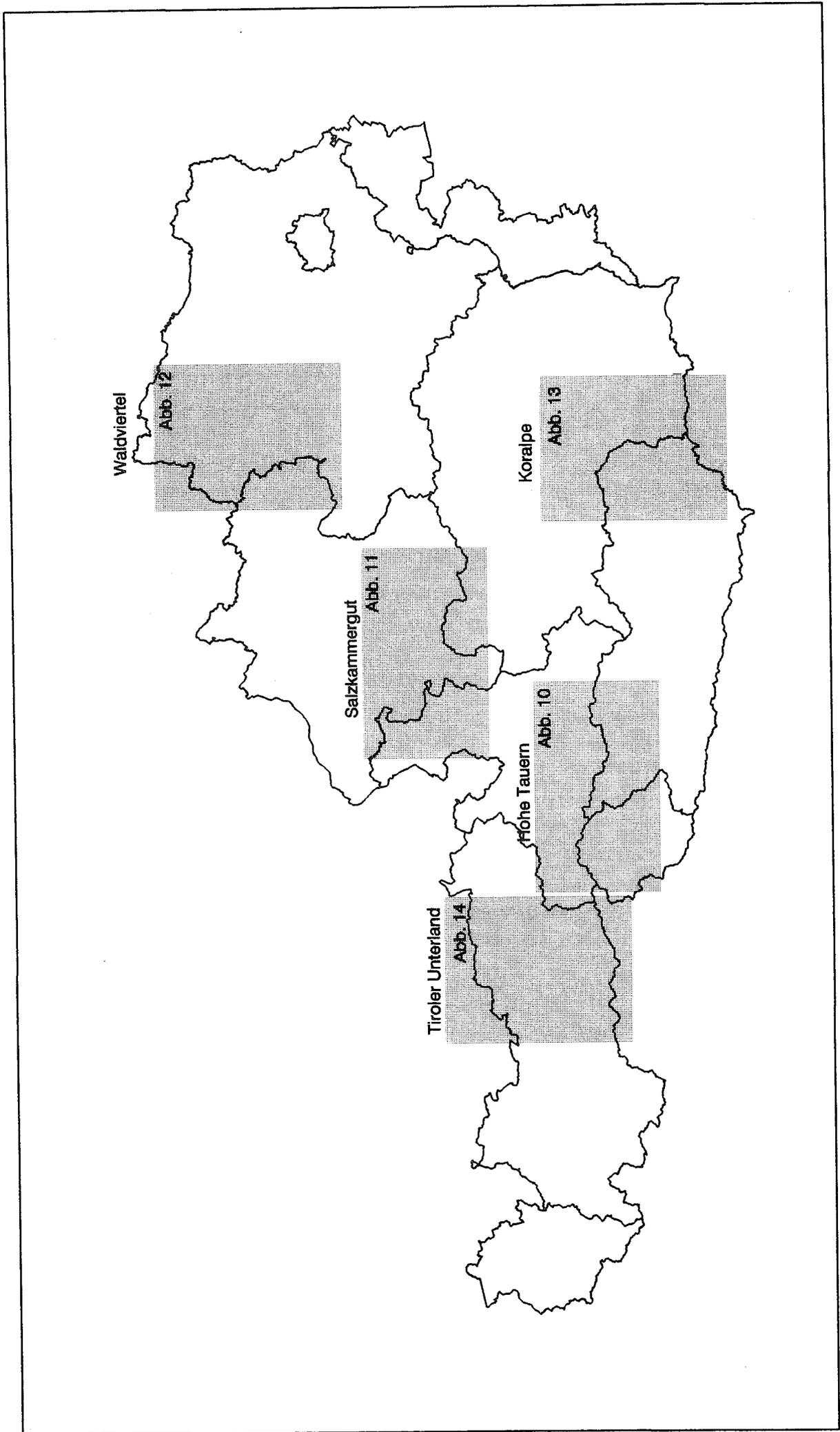


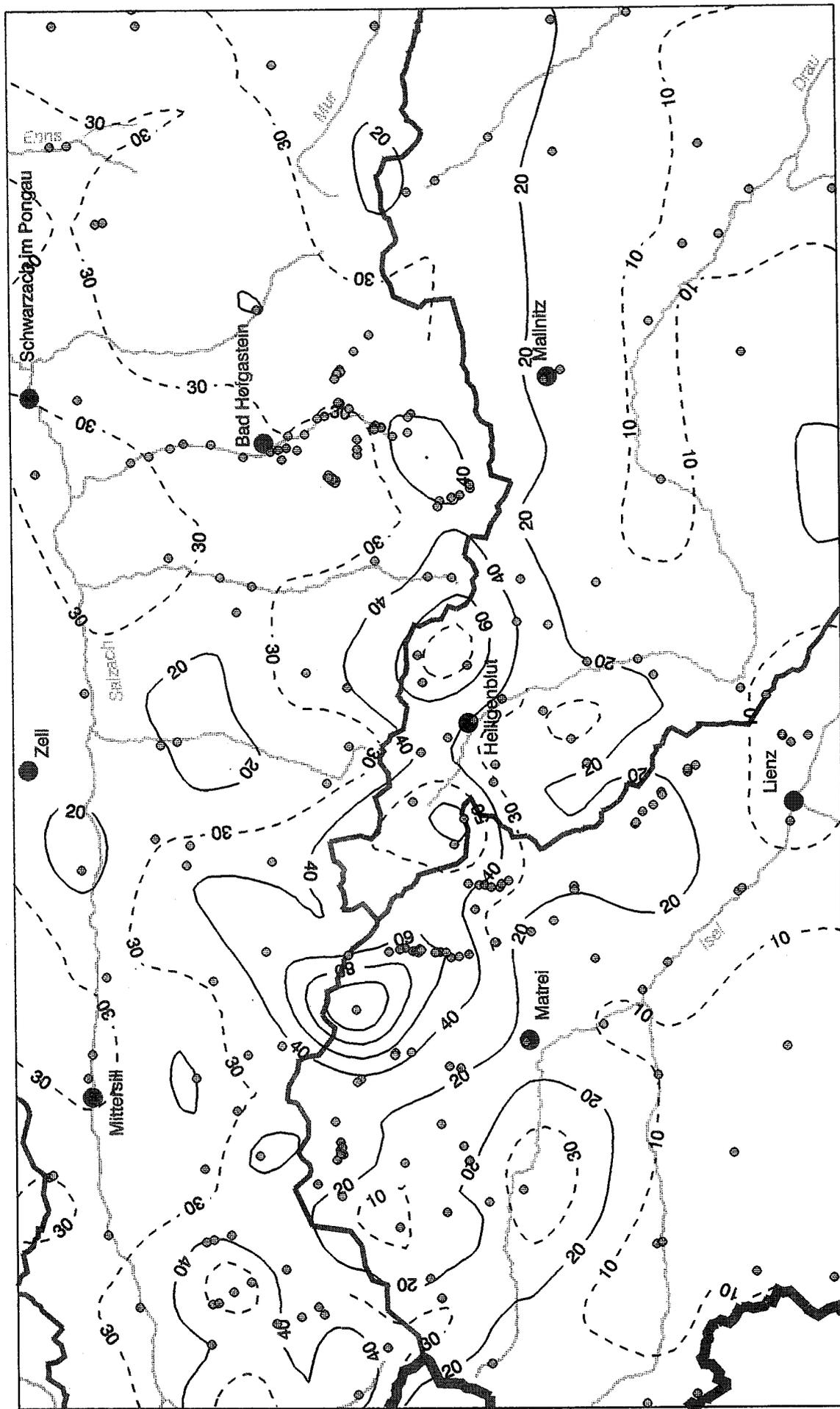
Abb. 9



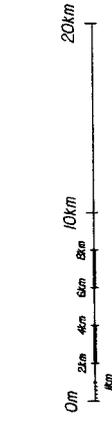


Detailkarte Hohe Tauern

Abb. 10



Isolinienabstand 20 kBq/m²
 (Zwischenlinien im Abstand von 10 kBq/m²
 wurden nach Bedarf eingefügt)
 Beschriftung der Isolinien aufrecht
 in Richtung steigender Werte

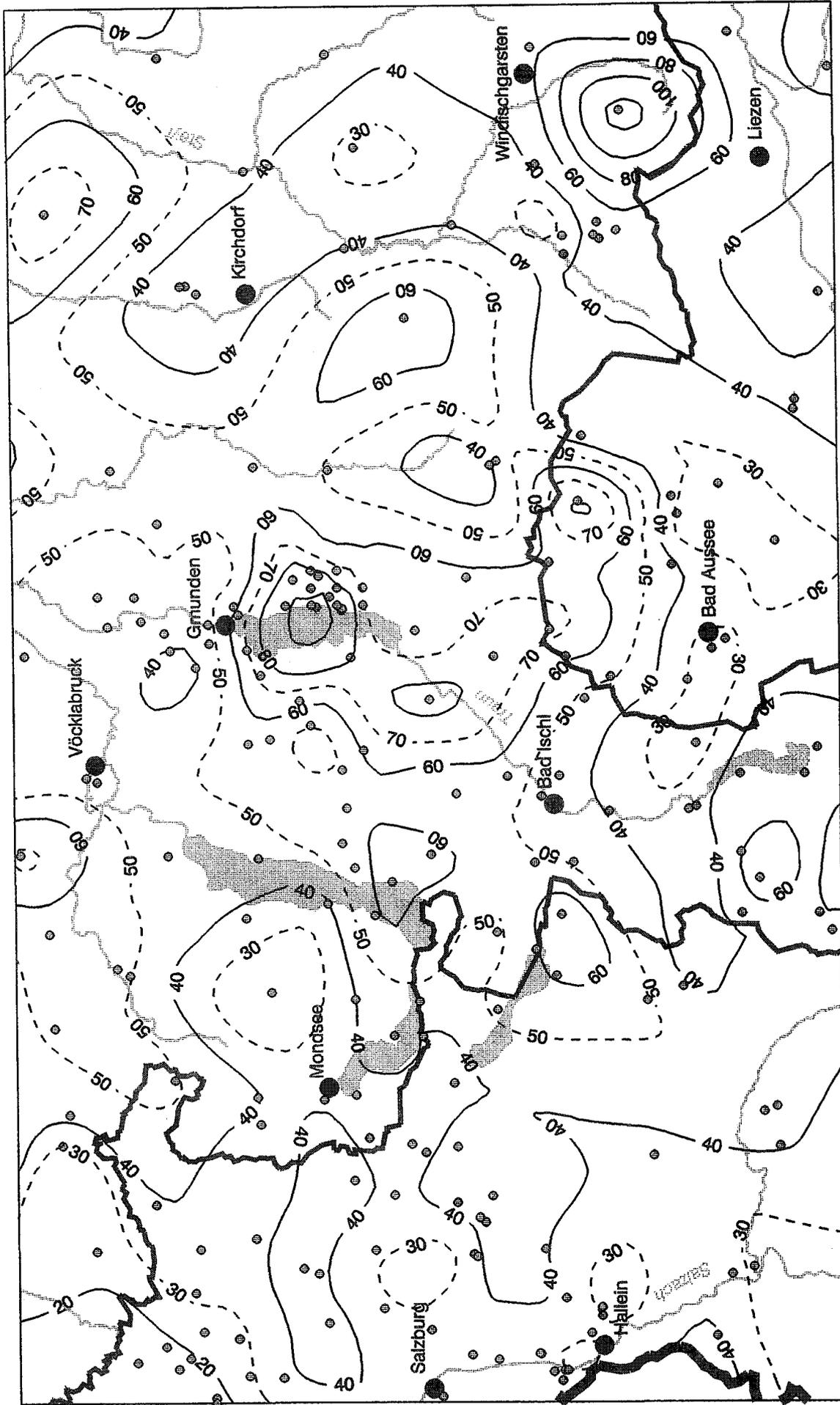


Cäsium-137
 ● Probenahmeplätze



Detailkarte Salzkammergut

Abb. 11



Isolinienabstand 20 kBq/m²
 (Zwischenlinien im Abstand von 10 kBq/m²
 wurden nach Bedarf eingefügt)
 Beschriftung der Isolinien aufrecht
 in Richtung steigender Werte

Caesium-137
 ● Probenahmeplätze

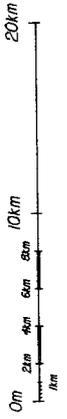
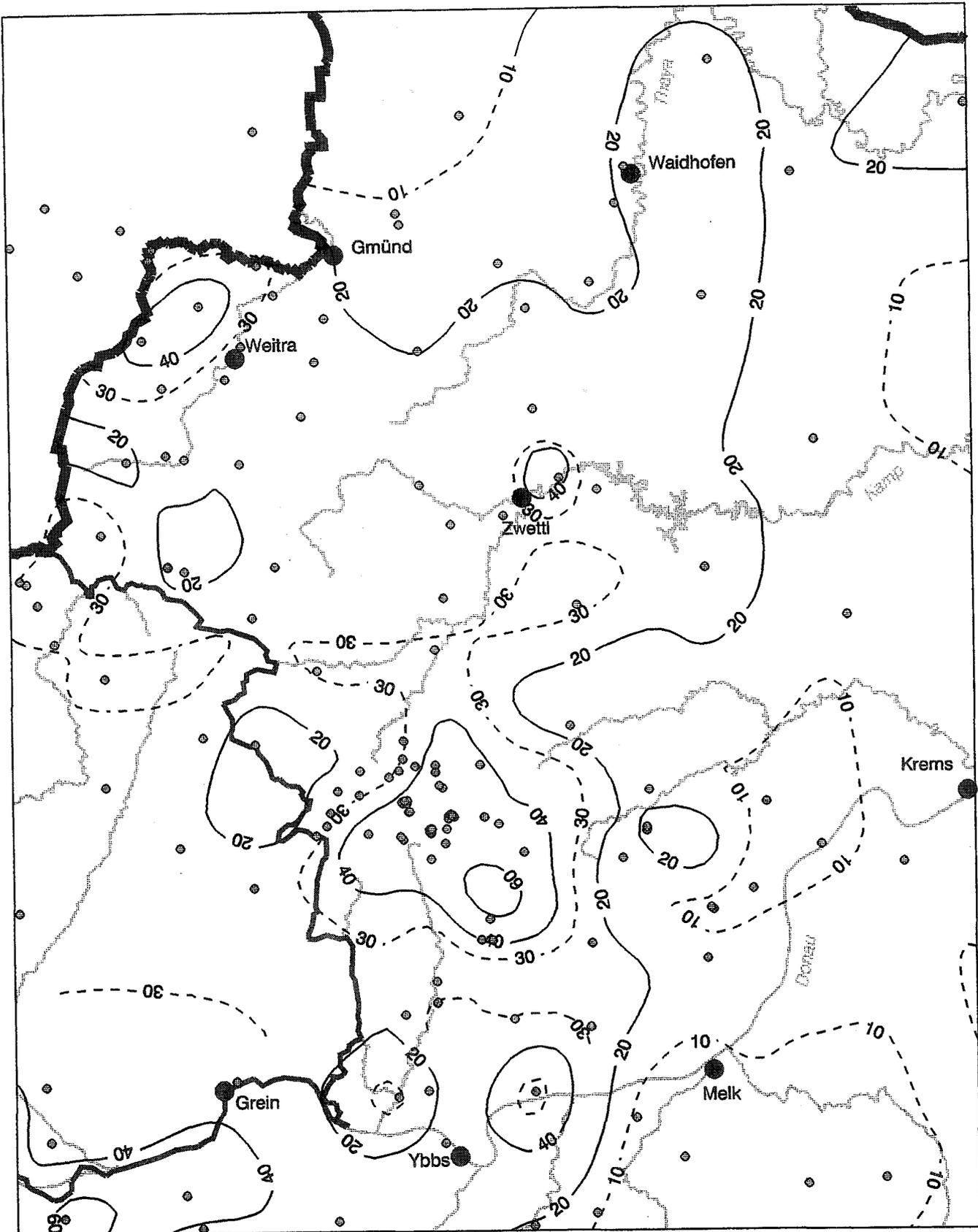




Abb. 12

Detailkarte Waldviertel

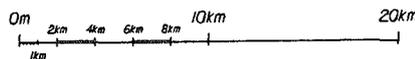


Cäsium-137

● Probenahmepunkte

Isolinienabstand 20 kBq/m²
(Zwischenlinien im Abstand von 10 kBq/m²
wurden nach Bedarf eingefügt)

Beschriftung der Isolinien aufrecht
in Richtung steigender Werte

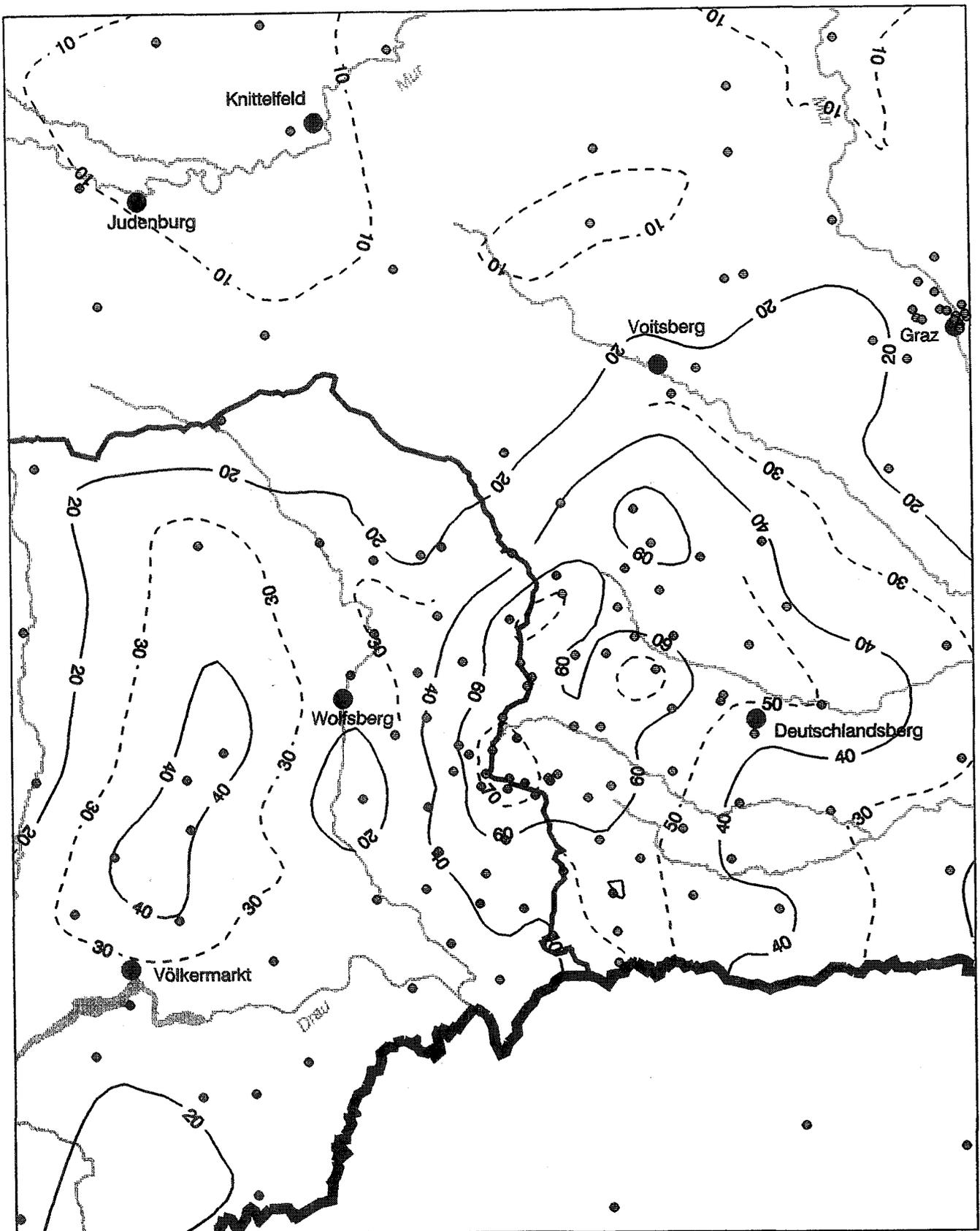



Umweltbundesamt



Detailkarte Koralpe

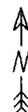
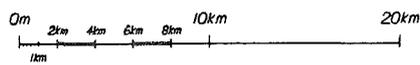
Abb. 13



Cäsium-137

● Probenahmepunkte

Isolinienabstand 20 kBq/m²
(Zwischenlinien im Abstand von 10 kBq/m²
wurden nach Bedarf eingefügt)



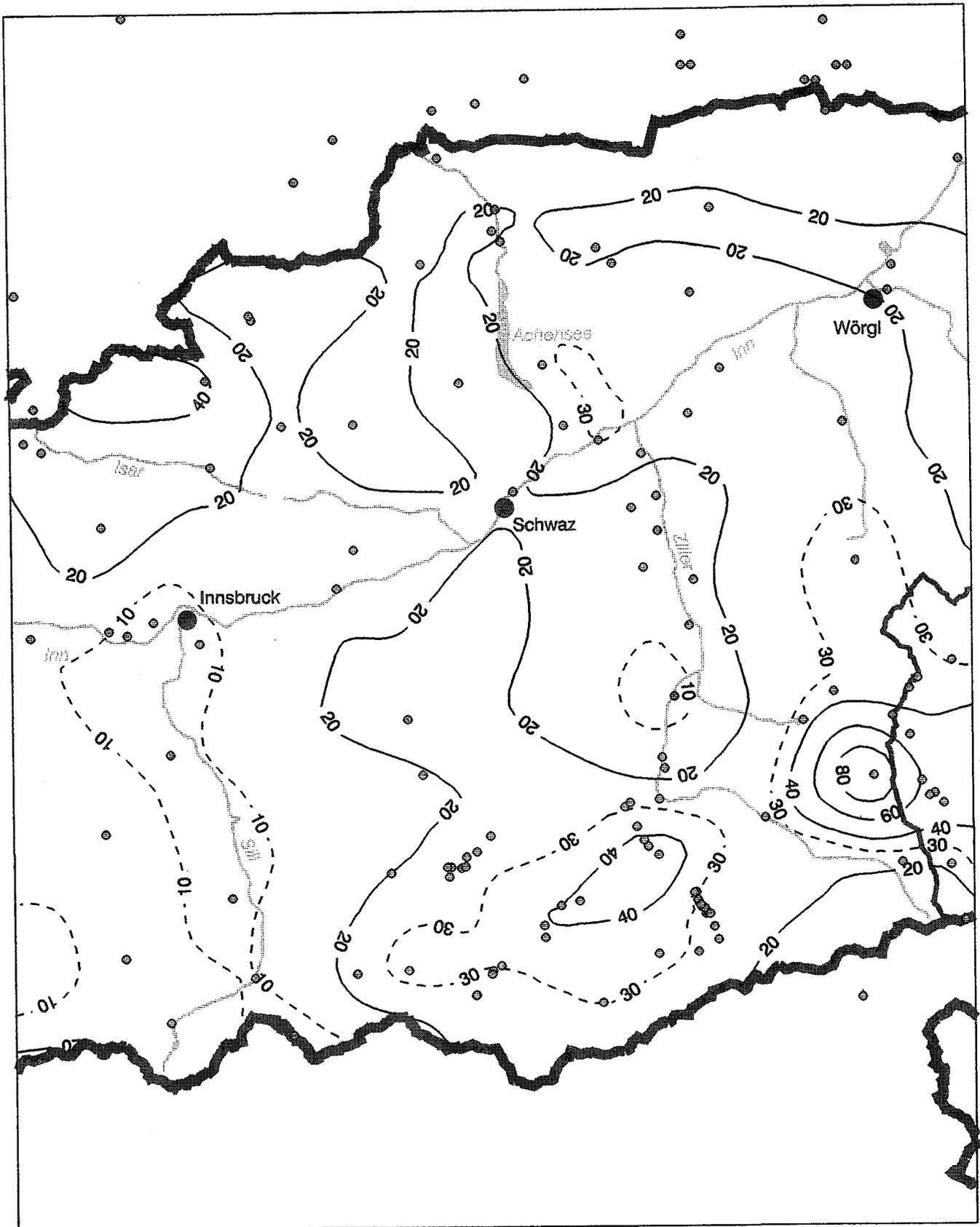
Umweltbundesamt

Beschriftung der Isolinien aufrecht
in Richtung steigender Werte



Abb. 14

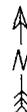
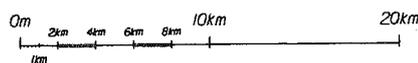
Detailkarte Tiroler Unterland



Cäsium-137

● Probenahmepunkte

Isolinienabstand 20 kBq/m²
(Zwischenlinien im Abstand von 10 kBq/m²
wurden nach Bedarf eingefügt)




Umweltbundesamt

Beschriftung der Isolinien aufrecht
in Richtung steigender Werte

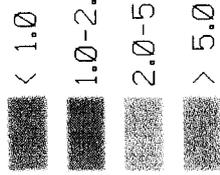


Atombombenanteil der Cäsium-137-Belastung

Abb. 15

Cäsium-137 bezogen auf 1. Mai 1986

Einheit kBq/m²



· Probenahmestelle

Stand: Jänner 1996

