

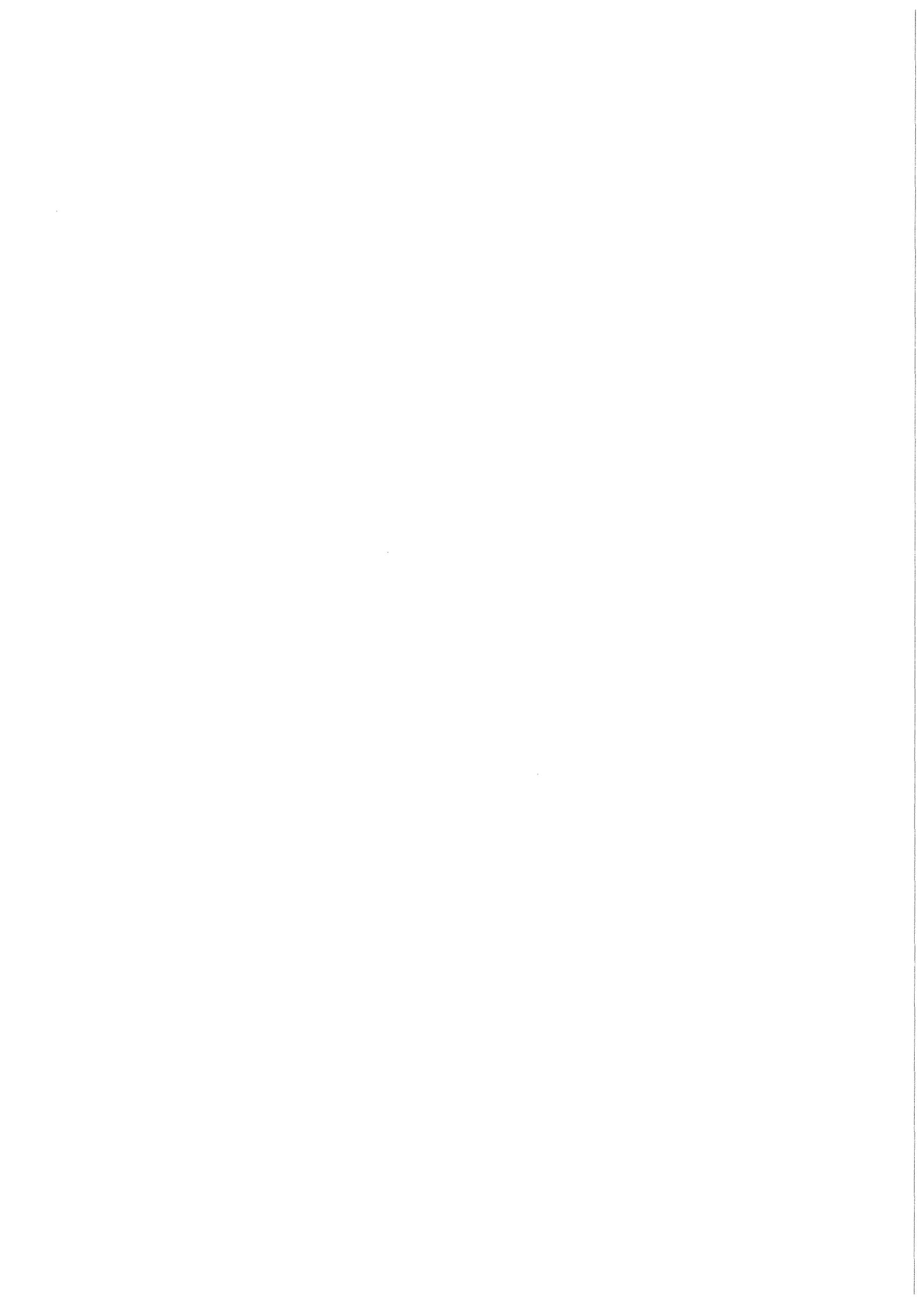
KfK 4115
August 1986

Der Reaktorunfall von Tschernobyl

Meßergebnisse des
Kernforschungszentrums Karlsruhe

L. A. König, H. Schüttelkopf, S. Erat, H. Fessler,
S. Hempelmann, K. Maurer, M. Pimpl, A. Radziwill
Hauptabteilung Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 4115

Der Reaktorunfall von Tschernobyl
- Meßergebnisse des Kernforschungszentrums Karlsruhe -

L.A. König, H. Schüttelkopf
unter Mitarbeit von
S. Erat, H. Fessler, S. Hempelmann,
K. Maurer, M. Pimpl, A. Radziwill

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Die Kontamination durch die Radioaktivität, welche beim Reaktorunfall in Tschernobyl freigesetzt wurde, wurde in Proben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe gemessen. Untersucht wurde die Radioaktivität in Luft, Futtermitteln, Nahrungsmitteln, Milch, Gemüse, anderen Pflanzen, Boden, Niederschlägen, Trinkwasser, Klärschlämmen und anderen Medien. Die Ergebnisse der weit über 1 000 Messungen werden in diesem Bericht wiedergegeben. Die Auswertung der Daten wird im KfK 4140 dargestellt.

The Reactor Accident of Chernobyl. Measurements Performed in the Karlsruhe Nuclear Research Center

Abstract

The contamination, caused by the radioactivity released during the reactor accident of Chernobyl was measured in samples taken in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center. The radioactivity was determined in air, fodder, milk, vegetables, other plants, foodstuffs, soil, precipitations, drinking water, sludge and other samples. Results of measurements are reported which were received with considerably more than 1000 samples. The evaluation of the data will be presented in KfK 4140.

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung	1
2	Die Meßergebnisse der Zählrohr Außenstationen und der Verlauf der Ortsdosisleistung im KfK	2
3	Die Radioaktivität der bodennahen Umgebungsluft	10
3.1	Die β -Aktivität	12
3.2	Die α -Aktivität	12
3.3	Die γ -Strahler	14
3.4	Die Aktiniden	21
3.5	Die Strontiumisotope	24
4	Futtermittel	25
5	Die Radioaktivität in Milch	36
6	Pflanzliche Nahrungsmittel	53
7	Aktivitätsablagerungen am Boden	63
8	Radioaktivität in Fleisch	68
9	Radioaktivität in Wasser	71
10	Aktivität in Klärschlämmen	79
11	Zusammenfassung der Meßergebnisse	80
11.1	Zählrohr Außenstationen	80
11.2	Ortsdosisleistung	80
11.3	Die Radioaktivität der Luft	80
11.4	Futtermittel	83
11.5	Radioaktivität in Milch	83
11.6	Radioaktivität in pflanzlichen Nahrungsmitteln	84
11.7	Radioaktivität im Boden	84
11.8	Radioaktivität im Fleisch	85
11.9	Abwaschbarkeit der Aktivität	85
11.10	Radioaktivität im Trinkwasser und Oberflächenwasser	85
11.11	Radioaktivität im Klärschlamm	85
12	Literatur	86

Liste der Tabellen

- Tab. 1: Aktivitätskonzentrationen von Ru-103, Ru-106 und Te-129m in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Meßhütte Nordost
- Tab. 2: Aktivitätskonzentrationen wichtiger Radionuklide in der Kleidung von Mitarbeitern einer deutschen Firma, die im Bereich von Svetlogorsk, 130 km nördlich von Tschernobyl, eingesetzt waren
- Tab. 3: Aktivitätskonzentrationen der wichtigsten Aktinidenisotope in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Meßhütten Nordost, West und Forsthaus
- Tab. 4: Aktivitätskonzentrationen von Sr-89 und Sr-90 in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Meßhütten Nordost und Forsthaus
- Tab. 5: Aktivitätskonzentrationen wichtiger Radionuklide in Grasproben aus Neuthard
- Tab. 6: Aktivitätskonzentrationen wichtigen Radionuklide in Grasproben aus Menzenschwand, Bauer Sch.
- Tab. 7: Aktivitätskonzentrationen in Futtermittelproben aus Südbaden und aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Tab. 8: Sr-89- und Sr-90-Konzentrationen in Grasproben aus Neuthard
- Tab. 9: Einfluß des Waschens auf die Aktivitätsablagerungen auf Grasproben aus Südbaden. Probenahme am 04.05.1986
- Tab. 10: Aktivitätskonzentrationen in Blättern und Nadeln verschiedener Pflanzen
- Tab. 11: I-131-Konzentrationen in Milchproben der 40 verschiedenen Sammeltouren der Milchzentrale Mannheim
- Tab. 12: Aktivitätskonzentrationen von I-131 und Cs-137 in Milchproben verschiedener Sammeltouren der Milchzentrale Mannheim vom 20.05.1986
- Tab. 13: Aktivitätskonzentrationen in Milch und Milchprodukten der Milchzentrale Schrozberg
- Tab. 14: I-131-Aktivitätskonzentrationen in Milchproben verschiedener Herkunft

III

- Tab. 15: Aktivitätskonzentrationen in Milch und Milchprodukten verschiedener Herkunft
- Tab. 16: Die Aktivitätskonzentration von Sr-89 und Sr-90 in Milchproben aus der Milchzentrale Karlsruhe und vom Bauern H. in Spöck
- Tab. 17: Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Salaten aus Baden-Württemberg und aus der näheren Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Tab. 18: Aktivitätskonzentrationen in Spinat aus Baden-Württemberg und aus der näheren Umgebung des KfK
- Tab. 19: Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Gemüsearten aus der Umgebung von Karlsruhe
- Tab. 20: Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Kräutern und Gewürzen
- Tab. 21: Aktivitätskonzentrationen in Obst und Beeren
- Tab. 22: Aktivitätskonzentration von Cs-134 und Cs-137 in Pilzen aus dem Hardtwald, Raum Karlsruhe
- Tab. 23: Aktivitätskonzentration in Pilzen unterschiedlicher Herkunft
- Tab. 24: Einfluß des Waschens auf die Aktivitätsablagerungen auf pflanzlichen Nahrungsmitteln
- Tab. 25: Aktivitätsablagerungen am Boden in der Umgebung des KfK
- Tab. 26: Aktivitätskonzentrationen in Sand von Sandkästen, Spielplätzen und Baggerseen
- Tab. 27: Aktivitätsablagerung durch Niederschläge
- Tab. 28: Aktivitätskonzentration in Rindfleischproben aus Baden-Württemberg
- Tab. 29: Aktivitätskonzentration in Kalb- und Schweinefleischproben aus Baden-Württemberg
- Tab. 30: Aktivitätskonzentrationen in Schaffleischproben aus Baden-Württemberg und anderen Teilen der Bundesrepublik Deutschland
- Tab. 31: Aktivitätskonzentrationen in Wildfleischproben aus Baden-Württemberg
- Tab. 32: Aktivitätskonzentrationen in Forellenfleischproben aus Baden-Württemberg
- Tab. 33: Aktivitätskonzentrationen in anderen Nahrungsmitteln

IV

- Tab. 34: I-131-Aktivitätskonzentrationen in Wasserproben aus Baden-Württemberg
- Tab. 35: I-131-Aktivitätskonzentrationen in Rohwasserproben, deren wiederholte Ausmessung vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart, veranlaßt wurde
- Tab. 36: Cs-137-Aktivitätskonzentrationen von Wasserproben, deren wiederholte Ausmessung vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart, veranlaßt wurde
- Tab. 37: Cs-137-Aktivitätskonzentrationen in einigen anderen Wasserproben aus Baden-Württemberg
- Tab. 38: Aktivitätskonzentrationen in getrockneten Klärschlämmen aus Kläranlagen in Baden-Württemberg

Liste der Abbildungen

- Abb. 1: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Karlsruhe des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 2: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Leopoldshafen des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 3: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Linkenheim des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 4: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation auf dem Dach des Gebäudes 123 im Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 5: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Forsthaus nördlich des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 6: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Friedrichstal des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 7: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Blankenloch des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 8: Maximale Äquivalentdosisleistung bei der Meßhütte Nord-Ost im Kernforschungszentrum Karlsruhe
- Abb. 9: Konzentration der β -Aktivität in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 10: Scheinbare Kontamination durch α -Aktivität in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe
- Abb. 11: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost
- Abb. 12: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost
- Abb. 13: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost
- Abb. 14: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost

- Abb. 15: I-131- und Te-132-Ablagerung auf Gras aus Neuthard
- Abb. 16: Cs-134- und Cs-137-Ablagerung auf Gras aus Neuthard
- Abb. 17: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck
- Abb. 18: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck
- Abb. 19: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck
- Abb. 20: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck
- Abb. 21: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer H., Spöck
- Abb. 22: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer H., Spöck
- Abb. 23: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer Sch., Menzenschwand
- Abb. 24: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer Sti., Menzenschwand
- Abb. 25: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Karlsruhe in Abhängigkeit vom Probenahmedatum
- Abb. 26: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Karlsruhe in Abhängigkeit vom Probenahmedatum
- Abb. 27: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Mannheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum
- Abb. 28: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Mannheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum
- Abb. 29: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Pforzheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum
- Abb. 30: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Pforzheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum

1 Einleitung

In der Nacht zum und in den frühen Morgenstunden des 30. April 1986 gelangte mit einer bodennahen östlichen Luftströmung über Süddeutschland erstmals von dem Reaktorunfall Tschernobyl stammende Radioaktivität in die Bundesrepublik Deutschland. Im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden erste Veränderungen der Umgebungsaktivität nach 10.00 Uhr gemessen. Am 1. Mai 1986 zwischen 10.00 und 11.00 Uhr begannen die Dosisleistungsmeßgeräte, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe installiert sind, über den Grundpegel von 90 nS/h steigende Werte anzuzeigen. Die γ -Dosisleistungswerte erreichten am 2. und 7. Mai 1986 - jeweils nach kurzen Regenfällen - ihre höchsten Werte von 170 und 210 nSv/h.

Erhöhte β -Aktivität in der Umgebungsluft wurde auf einem Filter und erhöhte γ -Aktivität auf der für die Iodüberwachung installierten Aktivkohle gefunden, die zwischen 11.00 und 17.00 Uhr beaufschlagt worden waren. Die Aktivitätskonzentration des 30. April 1986 war relativ niedrig und nahm in der Nacht noch wesentlich ab. Erst im Laufe des 1. Mai 1986 traf mit einer schwachen östlichen Luftströmung der Hauptteil der radioaktiven Wolke in der Bundesrepublik Deutschland ein. Die maximalen Luftkonzentrationen wurden am 1. und 2. Mai 1986 mit Spitzenwerten von 29,4 Bq I-131/m³ und 5,8 Bq Cs-137/m³ erreicht. Außer diesen Radionukliden war auch eine große Anzahl anderer γ -spektrometrisch meßbar.

Seit dem 2. Mai 1986 nahm die Luftkontamination ab. Bei Winden aus südlichen Richtungen blieb jedoch noch eine gewisse Restkontamination erhalten. In der Nacht zum und in den Morgenstunden des 7. Mai 1986 gelangte mit einer kräftigen Westströmung ein ausgedehntes Niederschlagsgebiet nach Baden-Württemberg. Diese Niederschläge reinigten die Luft weitgehend. Ab dem 9. Mai 1986 waren die Meßwerte für I-131 unter 0,1 Bq I-131/m³.

Generell haben die Niederschläge dem Boden und Bewuchs erheblich mehr Radioaktivität zugeführt als die trockene Ablagerung aus der radioaktiven Wolke. Im Raum Karlsruhe waren in der relevanten Zeit zwischen dem 1. und 7. Mai 1986 sehr geringe und kurze Zeit anhaltende Niederschläge aufgetreten. Daher war die Gesamtablagerung im Raum des Kernforschungszentrums Karlsruhe niedriger als in anderen Teilen der Bundesrepublik Deutschland, z. B. in Oberschwaben und in Südbayern.

In dem folgenden Bericht werden die Meßergebnisse, die vom Kernforschungszentrum Karlsruhe im Raum Karlsruhe erhalten wurden, wiedergegeben.

2 Die Meßergebnisse der Zählrohr Außenstationen und der Verlauf der Ortsdosisleistung im KfK

Die Meßstationen in der Umgebung des Kernforschungszentrums sind mit $(\beta + \gamma)$ -Zählrohren, Typ BZ 120/A der Fa. Berthold, Wildbad, ausgestattet. Sechs der insgesamt sieben Zählrohrstationen befinden sich in den umliegenden Ortschaften des Kernforschungszentrums Karlsruhe auf Hausdächern, eine Meßstation steht innerhalb des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Die an den Zählrohr Außenstationen registrierten Meßwerte des $(\beta + \gamma)$ -Strahlungspegels werden telefonisch abgefragt und gespeichert.

Ab dem 30. April 1986 wurden die Meßwerte stündlich abgerufen. Am 1. Mai 1986 stieg der Normalwert von ca. 300 bis 500 min^{-1} auf ungefähr 1 000 min^{-1} an. Infolge von geringem Niederschlag erhöhte sich der $(\beta + \gamma)$ -Strahlungspegel am 5. Mai 1986 auf ca. 1 400 bis 2 200 min^{-1} . Die unterschiedlichen Meßwerte der einzelnen Stationen beruhen auf verschiedenen hohen Niederschlagsmengen in den einzelnen Ortschaften. Nach einer geringfügigen Abnahme der Luftaktivität stieg am 7. Mai 1986 die $(\beta + \gamma)$ -Strahlung nach einem kräftigen Gewitterregen auf 3 000 bis 10 000 min^{-1} an. Nach dem 7. Mai 1986 sank die Aktivität langsam wieder und erreichte inzwischen wieder den Normalpegel. Die kurzzeitigen Anstiege der Impulsraten sind auf kurzlebige natürliche Aktivität nach Regenfällen zurückzuführen (Abbn. 1 bis 7).

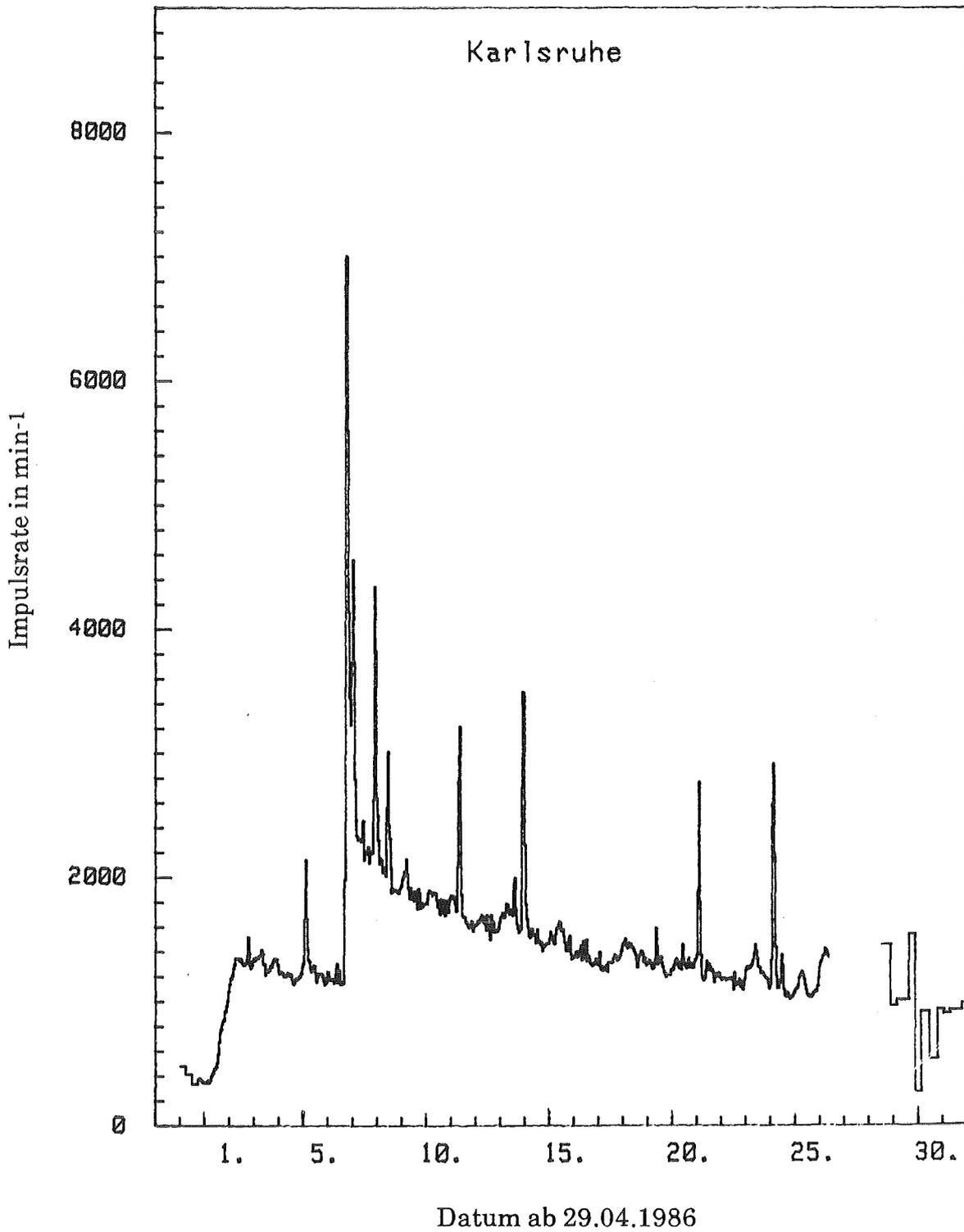


Abb. 1: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Karlsruhe des Kernforschungszentrums Karlsruhe

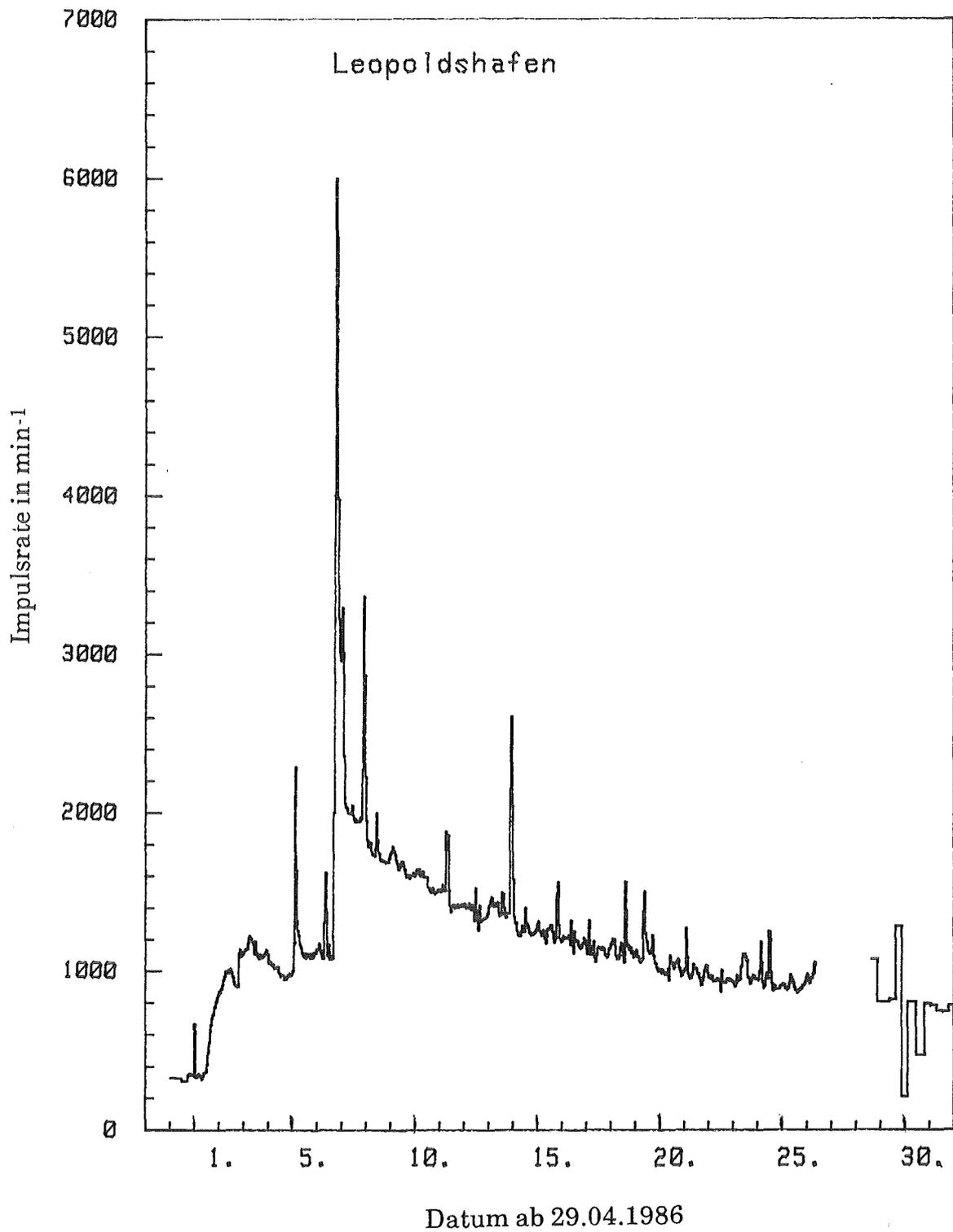


Abb. 2: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Leopoldshafen des Kernforschungszentrums Karlsruhe

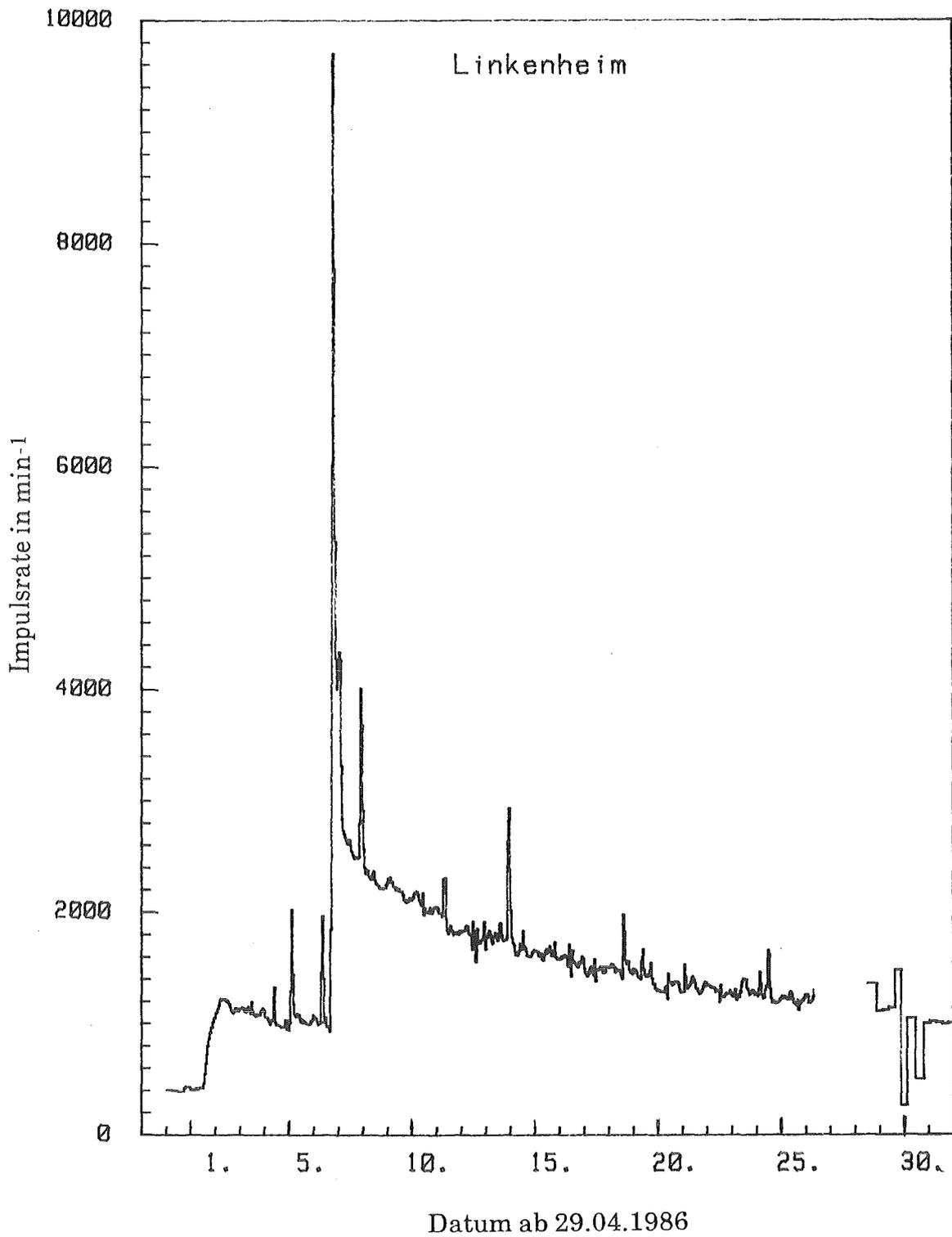


Abb. 3: Impulsrate gemessen an der Zählrohrstation Linkenheim des Kernforschungszentrums Karlsruhe

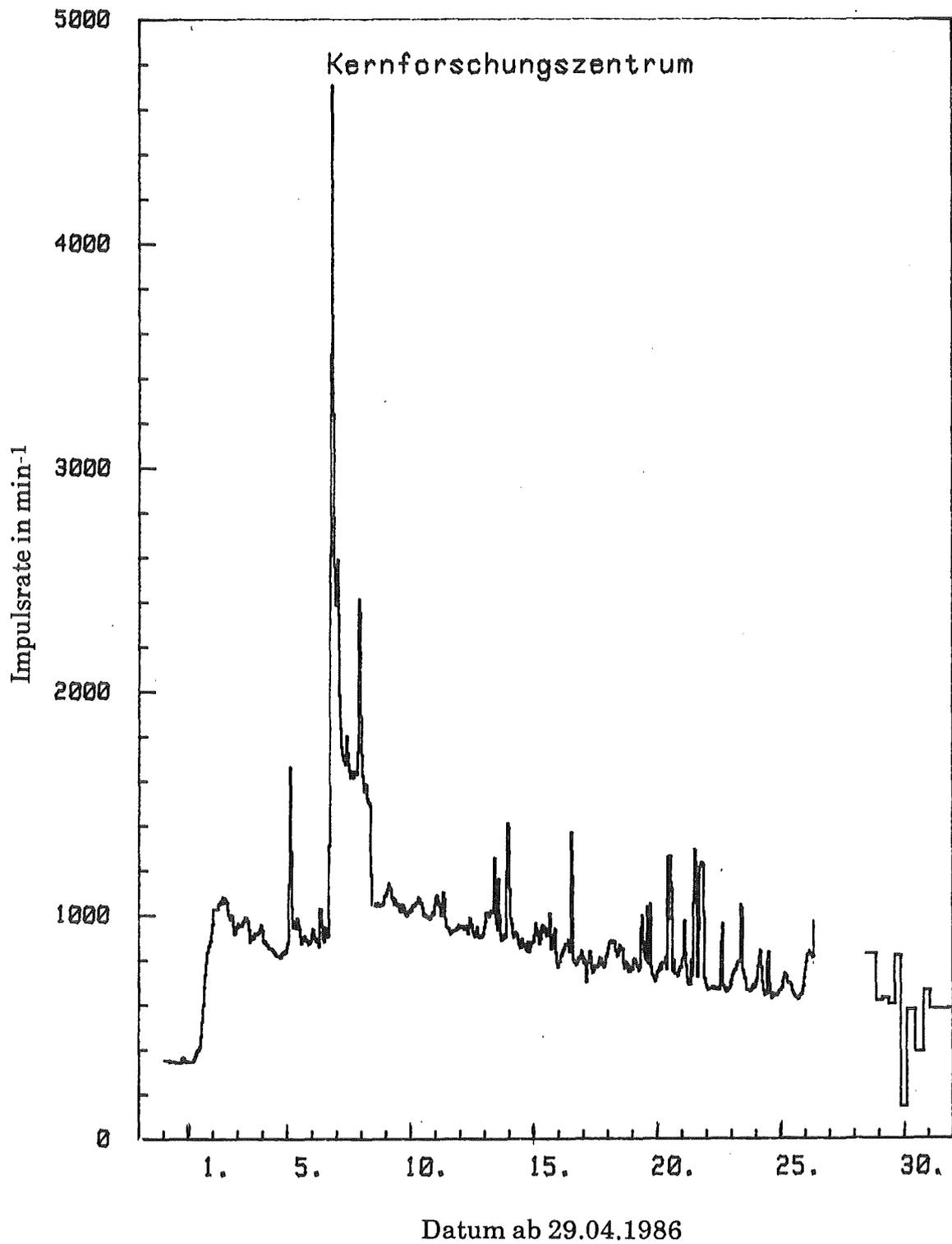


Abb. 4: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation auf dem Dach des Gebäudes 123 im Kernforschungszentrums Karlsruhe

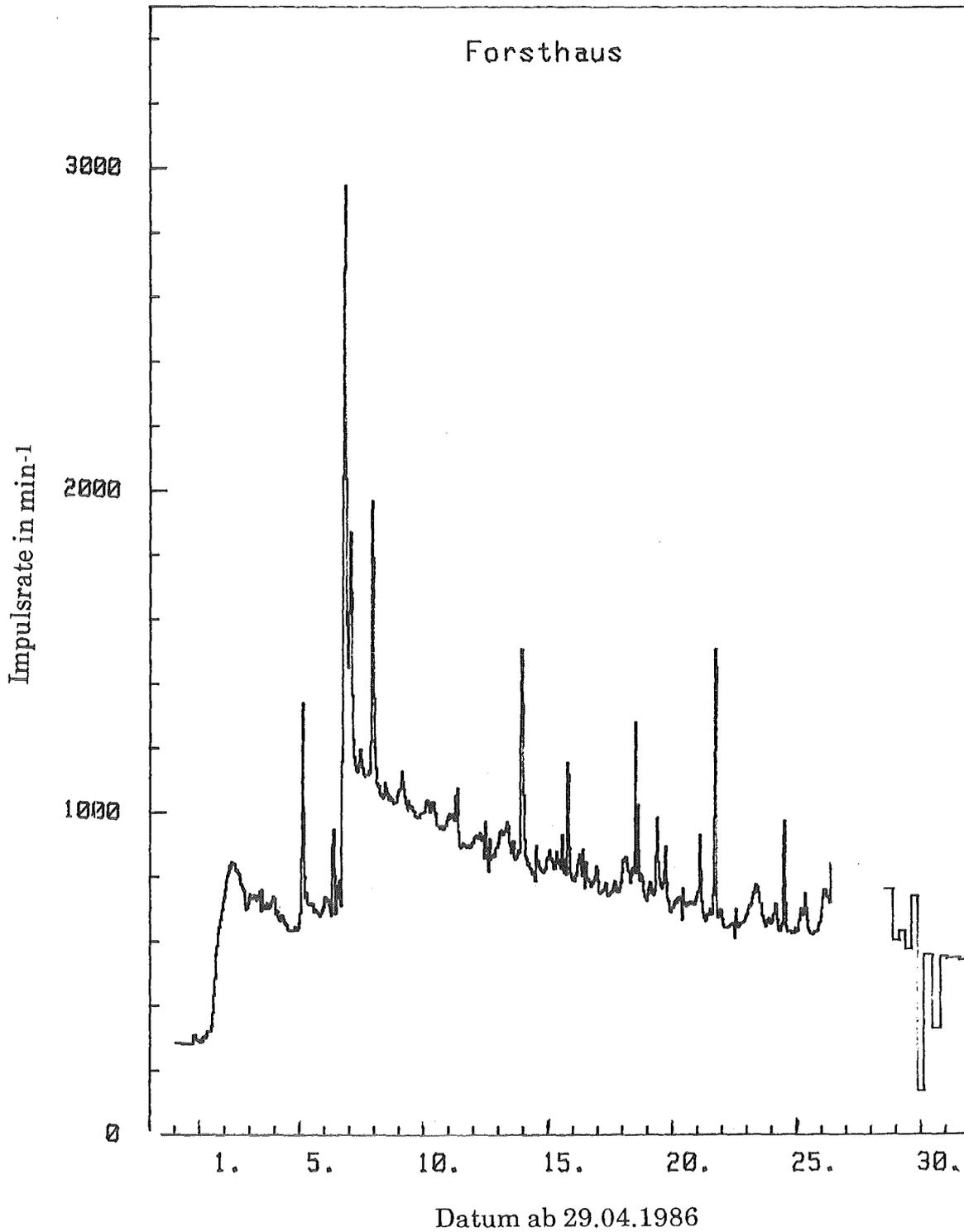


Abb. 5: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Forsthaus nördlich des Kernforschungszentrums Karlsruhe

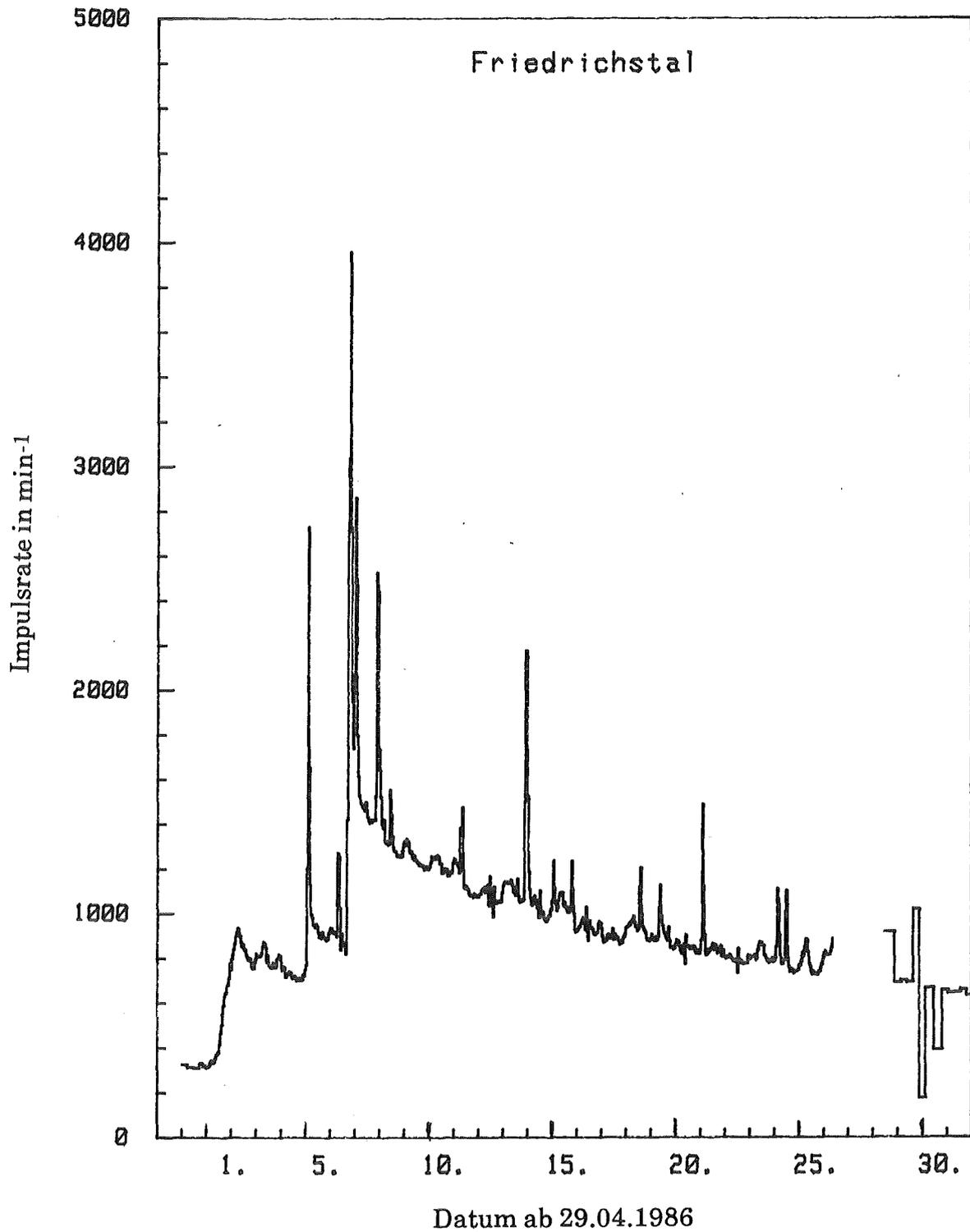


Abb. 6: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Friedrichstal des Kernforschungszentrums Karlsruhe

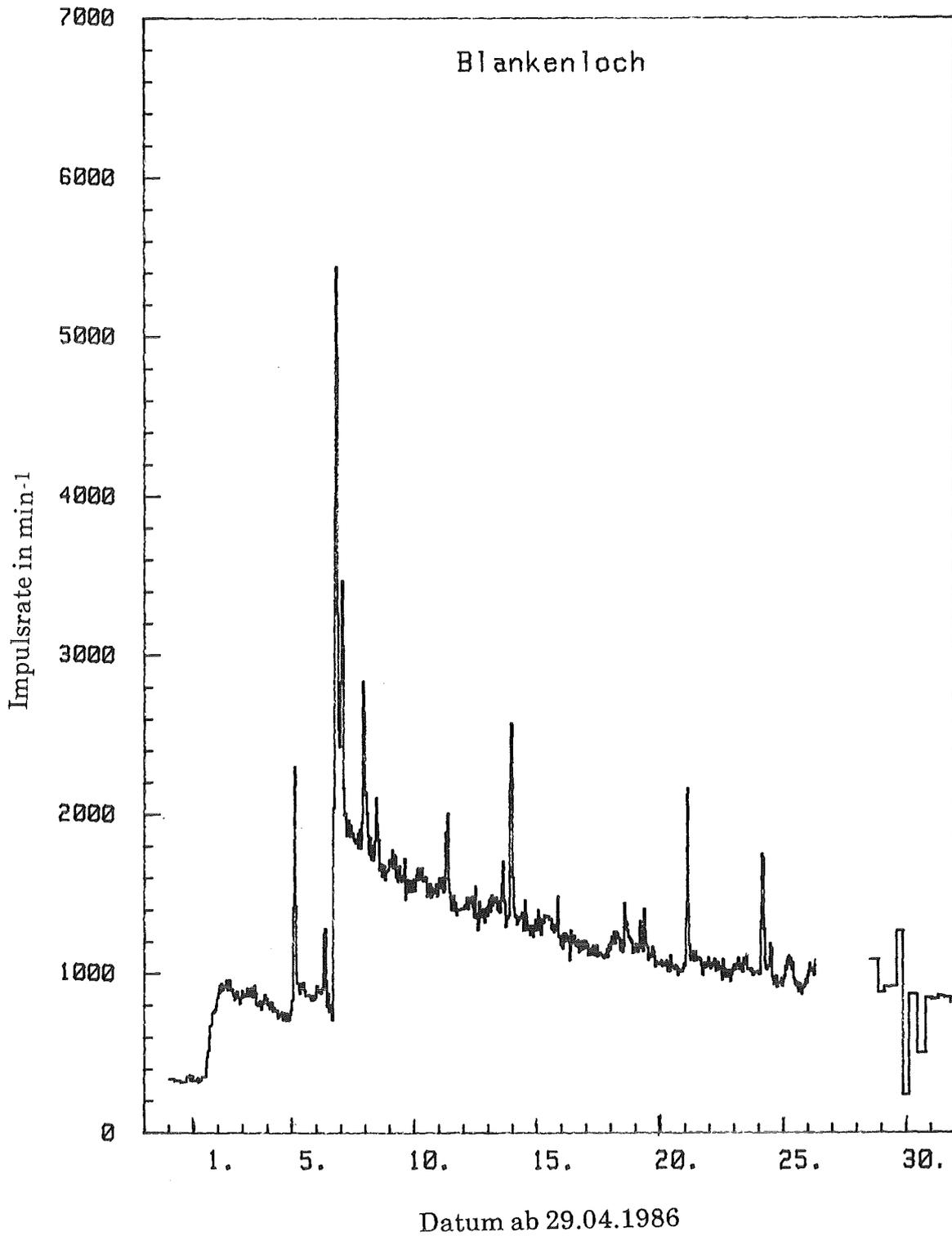


Abb. 7: Impulsrate gemessen an der Zählrohr Außenstation Blankenloch des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Ein ähnlicher Verlauf ist bei der Messung der Ortsdosisleistung zu erkennen. Es wurde ein energiekompensiertes γ -Proportionalzählrohr, Typ LB 6005 der Fa. Berthold, Wildbad, verwendet. Die Dosisleistung wurde stündlich registriert. Wie bei den Außenstationen ist am 1. Mai 1986 ein erster Anstieg zu erkennen. Danach nahm die Dosisleistung wieder etwas ab. Nach dem Gewitterregen am 7. Mai 1986 stieg die Dosisleistung auf den Maximalwert von 210 nSv/h an. Ab dann sank die Dosisleistung kontinuierlich und beträgt seit dem 25. Mai 1986 110 nSv/h. Vor dem Reaktorunfall in Tschernobyl lag der Normalwert bei 90 bis 100 nSv/h. Da das Zählrohr ausgewechselt wurde, ist eine Kontamination des Meßgerätes auszuschließen (Abb. 8).

3 Die Radioaktivität der bodennahen Umgebungsluft

Da die Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft für die Inhalationsdosis, die Ablagerung auf Futterpflanzen und Gemüse und damit auch für die Kontamination von Milch und Fleisch verantwortlich ist, wurden sorgfältige Messungen dieser Konzentrationen vorgenommen.

Zur Aerosolprobenahme wurden Glasfaserfilter mit 20 cm Durchmesser mit einem Durchfluß von 25 m³/h bestaubt. Parallel dazu wurde eine Aktivkohlepatrone mit 300 ml Aktivkohle bei einem Durchfluß von 2,4 m³/h betrieben. Zur Beseitigung der Aerosole war ein Glasfaserfilter der Aktivkohlepatrone vorgeschaltet. Die Probenahme erfolgte bis zum 8. Mai 1986 täglich zweimal, morgens und am späten Nachmittag. Ab dem 8. Mai 1986 wurde täglich einmal Probe genommen, ab dem 12. Mai 1986 alle zwei Tage. Ab dem 16. Mai 1986 erfolgte wieder die für die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe normale Probenahme, nämlich zweimal während einer Woche. Alle Proben wurden an der Meßhütte Nord-Ost des Kernforschungszentrums Karlsruhe genommen.

Die Aerosolfilter wurden nach der Entnahme zur α - und β -Aktivitätsmessung gebracht. Die Messung erfolgte in einem Großflächendurchflußzähler, die Meßzeiten lagen im Bereich einiger Minuten. Danach wurden Aerosolfilter und Aktivkohle mit einem Germanium-Lithium-Detektor γ -spektrometriert. Auch hier reichten in den ersten Tagen kurze Meßzeiten aus. Mit der Abnahme der Radioaktivität in der Umgebungsluft wurden die Meßzeiten verlängert. Nachdem

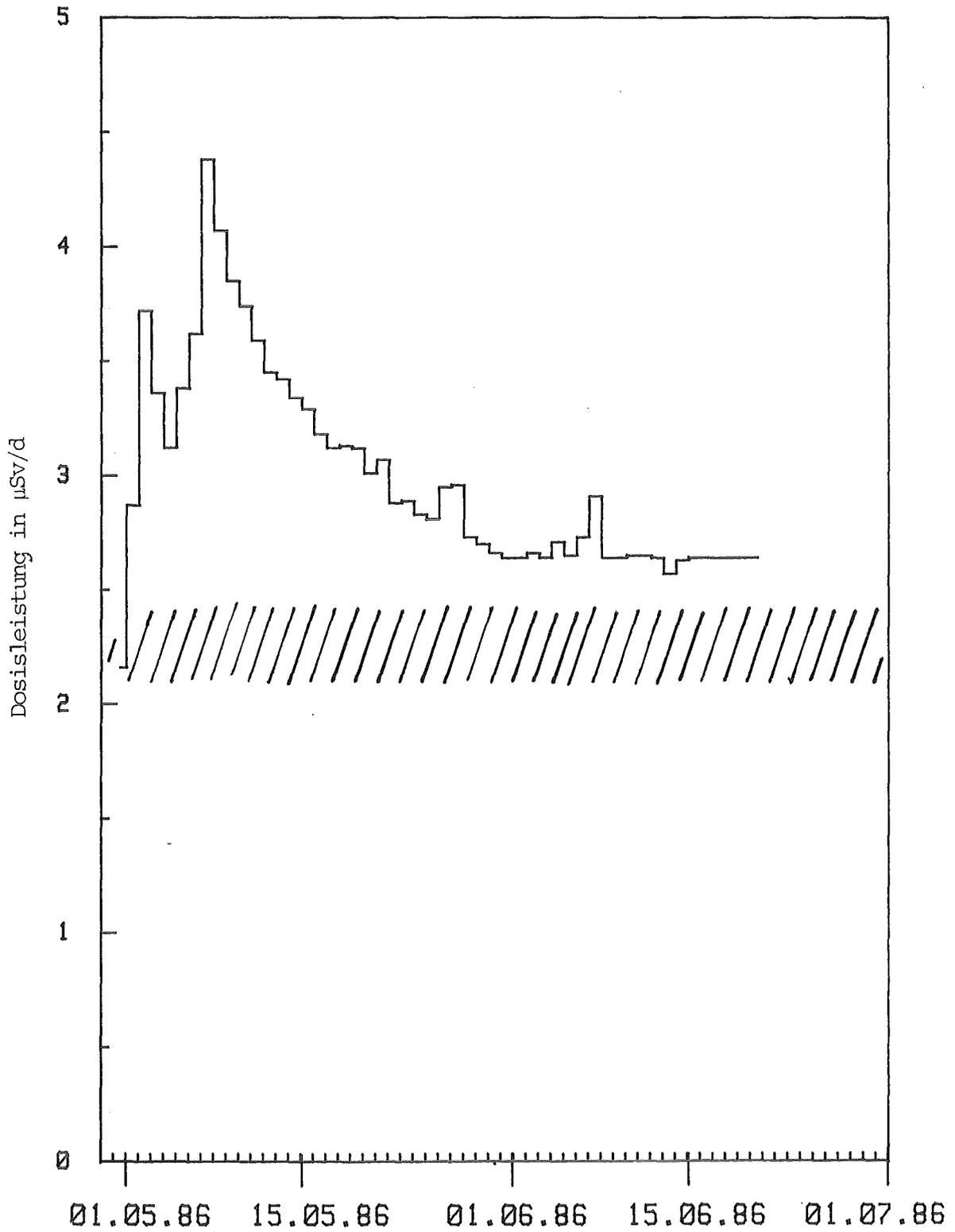


Abb. 8: Maximale Äquivalentdosisleistung bei der Meßhütte Nord-Ost im Kernforschungszentrum Karlsruhe. /// = natürlicher Untergrund der Ortsdosisleistung

die Konzentration der einzelnen Radionuklide in der Umgebungsluft um mehr als drei Größenordnungen abgenommen hatte, wurde die γ -Spektrometrie wieder auf die für die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe normale monatliche Ausmessung der Filter und die vierzehntägige Ausmessung der Aktivkohle reduziert.

Die Glasfaserfilter wurden nach der γ -Spektrometrie in HNO_3 , HF und HClO_4 gelöst. Die Lösungen wurden auf Sr-89, Sr-90, Pu-238, Pu-239 + 240, Am-241, Cm-242 und Cm-244 analysiert. Die dazu benutzten radiochemischen Methoden sind in [2 - 4] publiziert.

Aus Vergleichsgründen wurden beaufschlagte Aerosolfilter und Aktivkohlepatronen zwischen dem 30. April und dem 3. Mai 1986, für die Kernkraftwerke Neckarwestheim, Philippsburg und Fessenheim ausgemessen. Die maximalen I-131-Konzentrationen wurden für die Nacht vom 1. zum 2. Mai 1986 und den 2. Mai 1986 gemessen und lagen bei 17 und 16 Bq I-131/m³.

3.1 Die β -Aktivität

In der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde eine maximale β -Aktivitätskonzentration von 100 Bq/m³ am 3. Mai 1986 gemessen. Die β -Aktivitätskonzentration nahm in den folgenden sieben Tagen um 3 Größenordnungen ab und erreichte am 12. und 13. Mai 1986 den unter den gegebenen Meßbedingungen erhaltenen Untergrund. Dieser Untergrund ist im wesentlichen auf die natürliche β -Aktivität der zum Teil sehr kurzlebigen Radonfolgeprodukte zurückzuführen. Die maximale β -Aktivitätskonzentration dürfte um den Faktor 2 bis 4 über der natürlichen β -Aktivität der Umgebungsluft gelegen sein (Abb. 9).

3.2 Die α -Aktivität

Unter den im Großflächendurchflußzähler benützten Meßbedingungen liegt der Untergrund der α -Aktivität bei 0,02 bis 0,05 Bq/m³. In der Zeit vom 1. bis 7. Mai 1986 lagen die α -Aktivitäten scheinbar um den Faktor 10 über diesem Untergrund. Danach wurde wieder der normale Untergrund der α -Strahler unter den Radonfolgeprodukten gemessen.

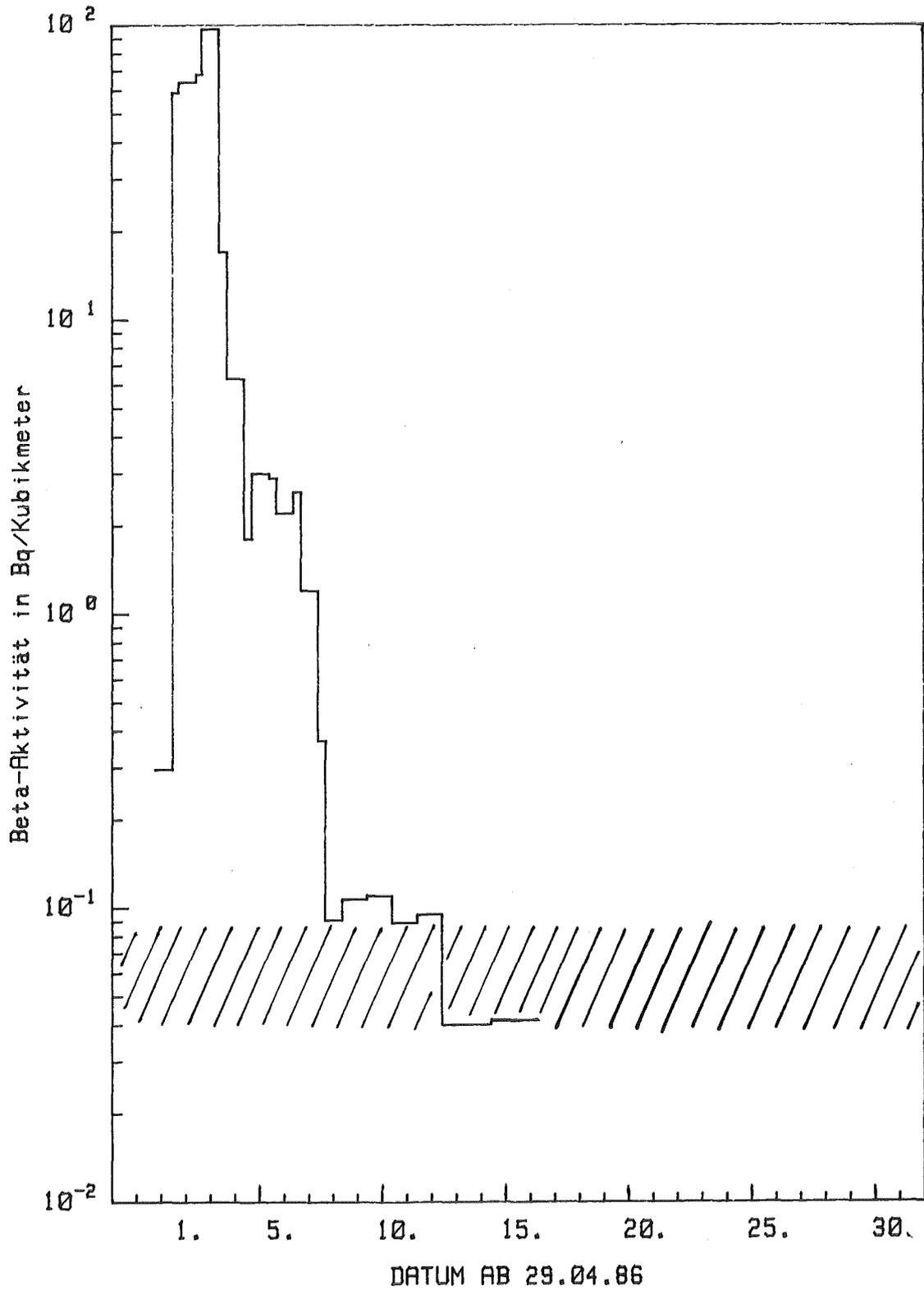


Abb. 9: Konzentration der β -Aktivität in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe. /// = natürlicher Untergrund bei den benutzten Meßbedingungen

Wegen der außergewöhnlichen Bedeutung von langlebigen α -Strahlern für die Inhalationsdosis der Bevölkerung wurden die bestaubten Filter in einer Frischgitterkammer α -spektrometriert. Anhand der gemessenen α -Energien und der Halbwertszeiten wurden die wesentlichen Anteile der α -Aktivität als Folgeprodukte der natürlichen Radonisotope identifiziert.

Die Filter der ersten Maiwoche wurden nach drei Tagen Abklingzeit abermals auf ihre α -Aktivität ausgemessen. Die scheinbar erhöhte α -Aktivität während dieser Tage wurde bei diesen Messungen noch wesentlich ausgeprägter sichtbar. Wegen der extrem hohen β -Aktivitäten auf den Aerosolfiltern wird angenommen, daß die Impulse, die scheinbar auf α -Teilchen zurückzuführen sind, Folge der Superposition von Ladungen sind, die im Proportionalzählrohr einen entsprechenden "α-Effekt" verursachten. Die später durchgeführten Aktinidenanalysen bestätigten, daß durch die Radioaktivitätswolke des Reaktorunfalls von Tschernobyl keine nennenswerten α -Aktivitäten in der bodennahen Umgebungsluft gelangten. (Abb. 10).

3.3 Die γ -Strahler

Als wichtigste γ -Strahler wurden Te-132/I-132, I-131, Cs-137 und Cs-134 identifiziert (Abbn. 11 bis 14). Außerdem wurden in den ersten Tagen des Mai noch die Isotope Ru-103 und Te-129m und in einigen wenigen Fällen Ru-106 sowie La-140 ausgewertet.

Die außerdem zur Auswertung gelangten Isotope sind in Tab. 1 angegeben. Außerdem wurden noch eine große Anzahl von anderen γ -Strahlern im Untergrund bei den benutzten Meßbedingungen identifiziert. Dazu gehören: Nb-95, Tc-99m, Mo-99, Ag-110m, Sb-125, Cs-136, Ba-140 und Ce-141.

Nachdem die Aktivitätskonzentrationen der vier wichtigsten γ -Strahler um 3 Größenordnungen abgenommen hatten, wurde die γ -spektrometrische Auswertung Mitte Mai eingestellt. Der benötigte Meßzeitbedarf konnte wegen der hohen Bedeutung anderer Probenmaterialien, wie Milch und Gemüse, zu diesem Zeitpunkt nicht mehr zur Verfügung gestellt werden.

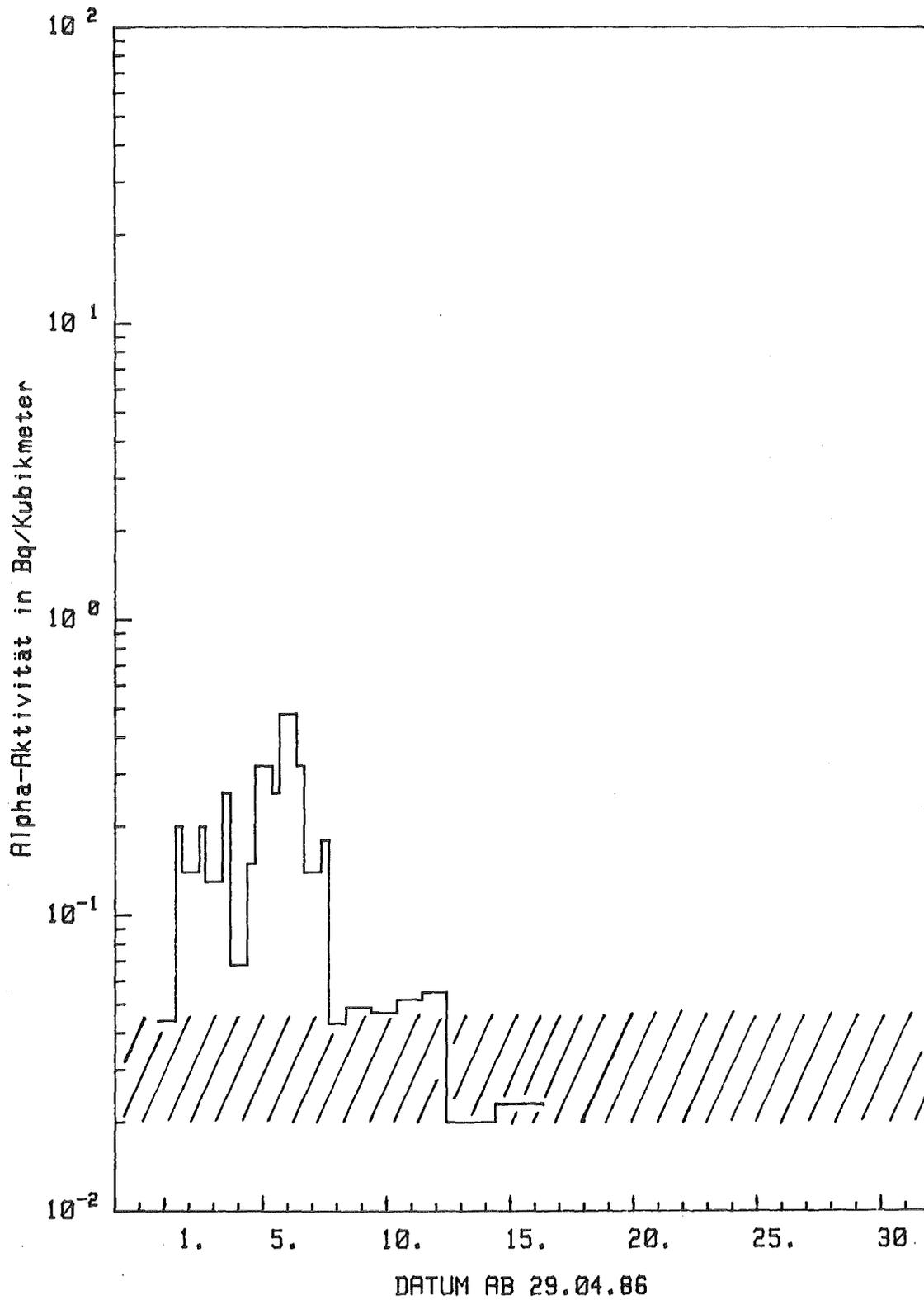


Abb. 10: Scheinbare Kontamination durch α -Aktivität in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe. //// = natürlicher Untergrund bei den gewählten Meßbedingungen

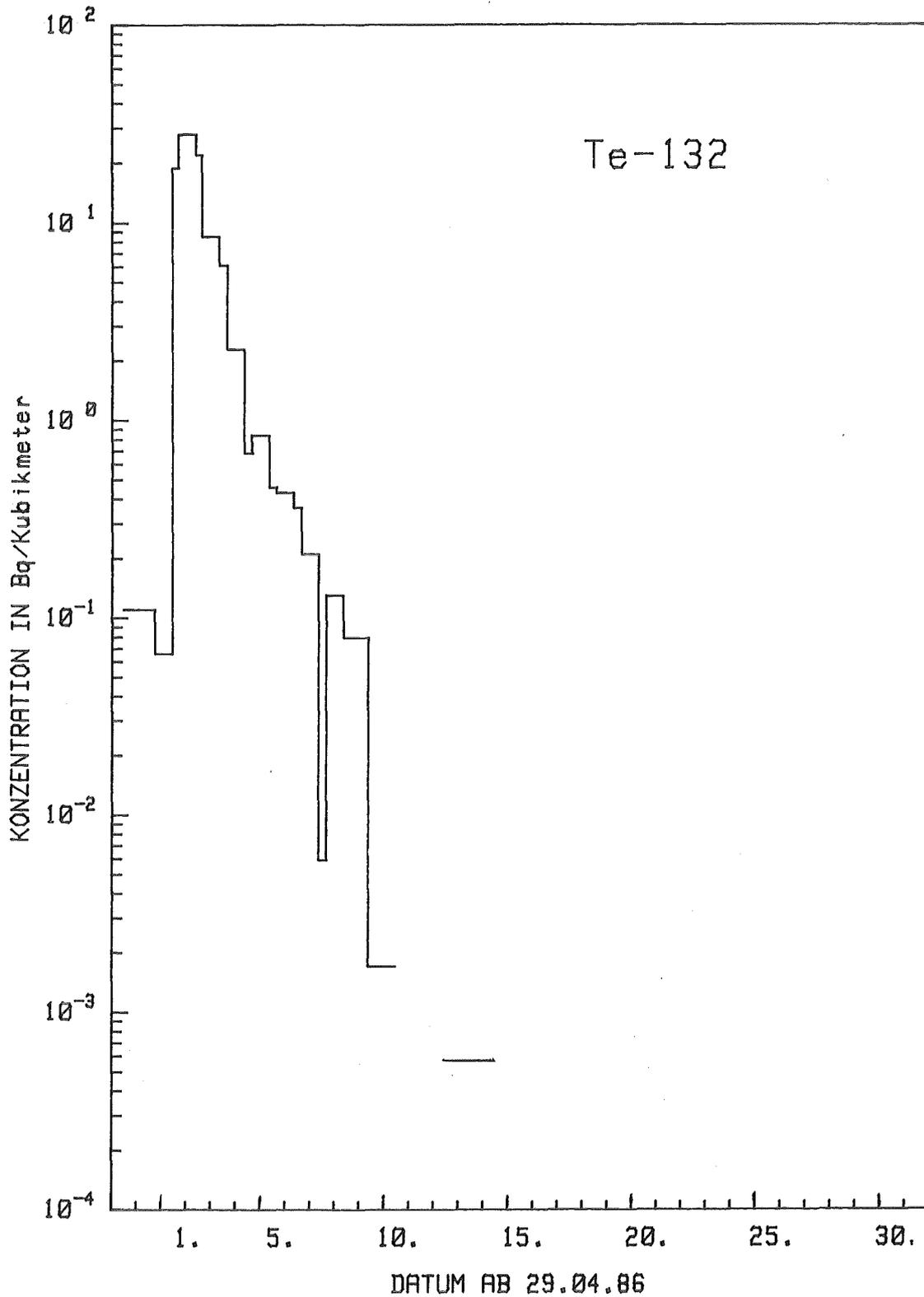


Abb. 11: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost

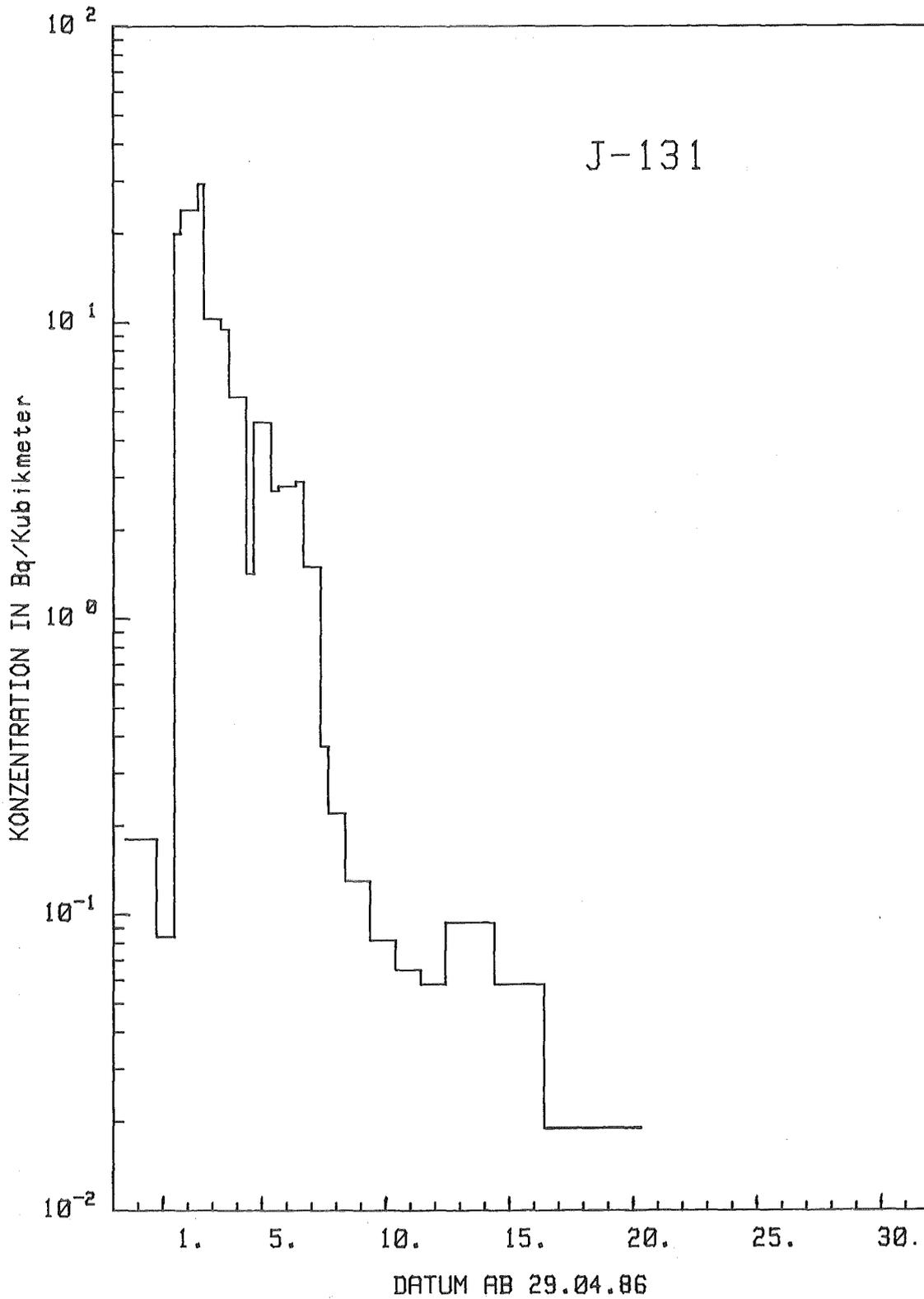


Abb. 12: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost

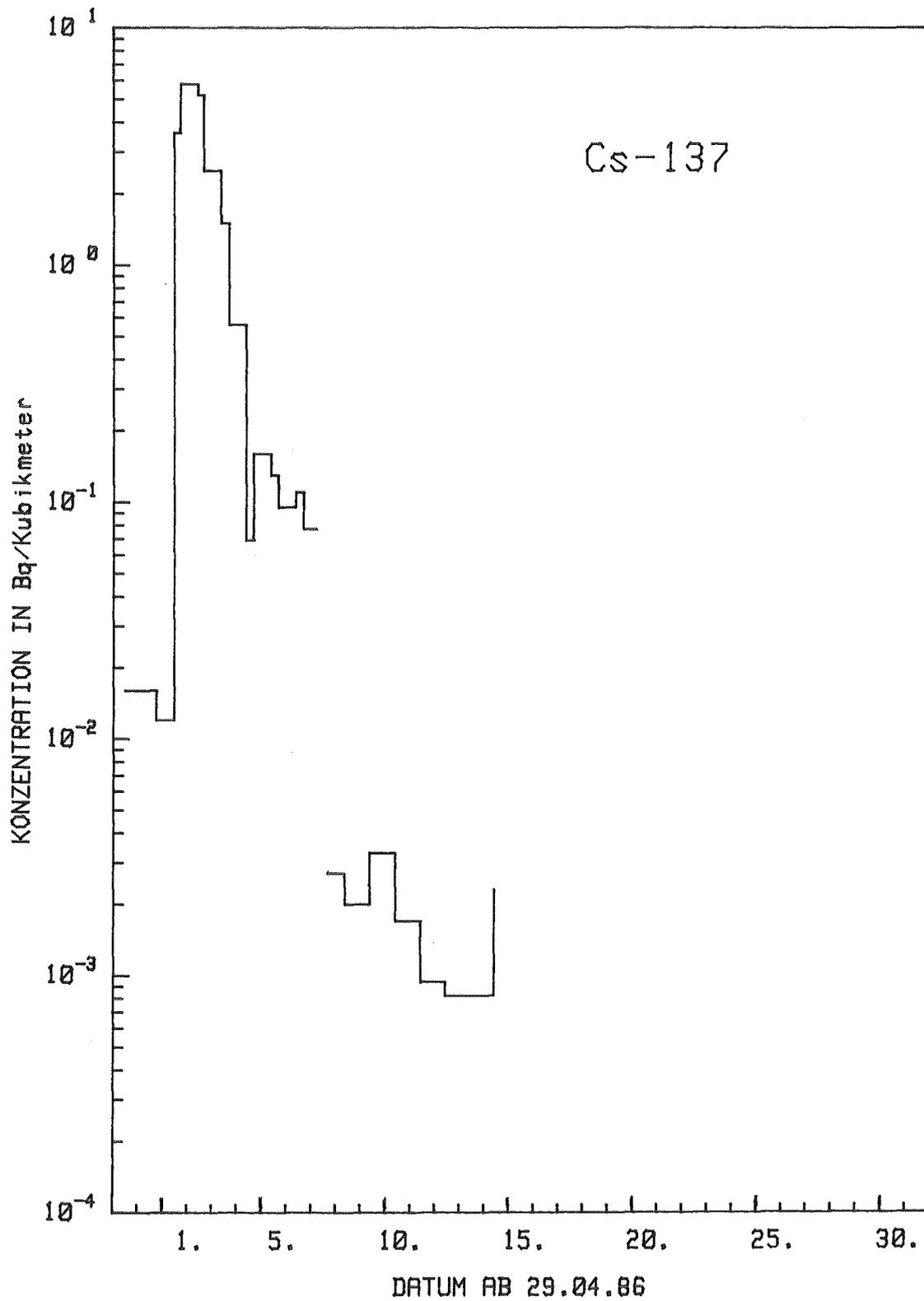


Abb. 13: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost

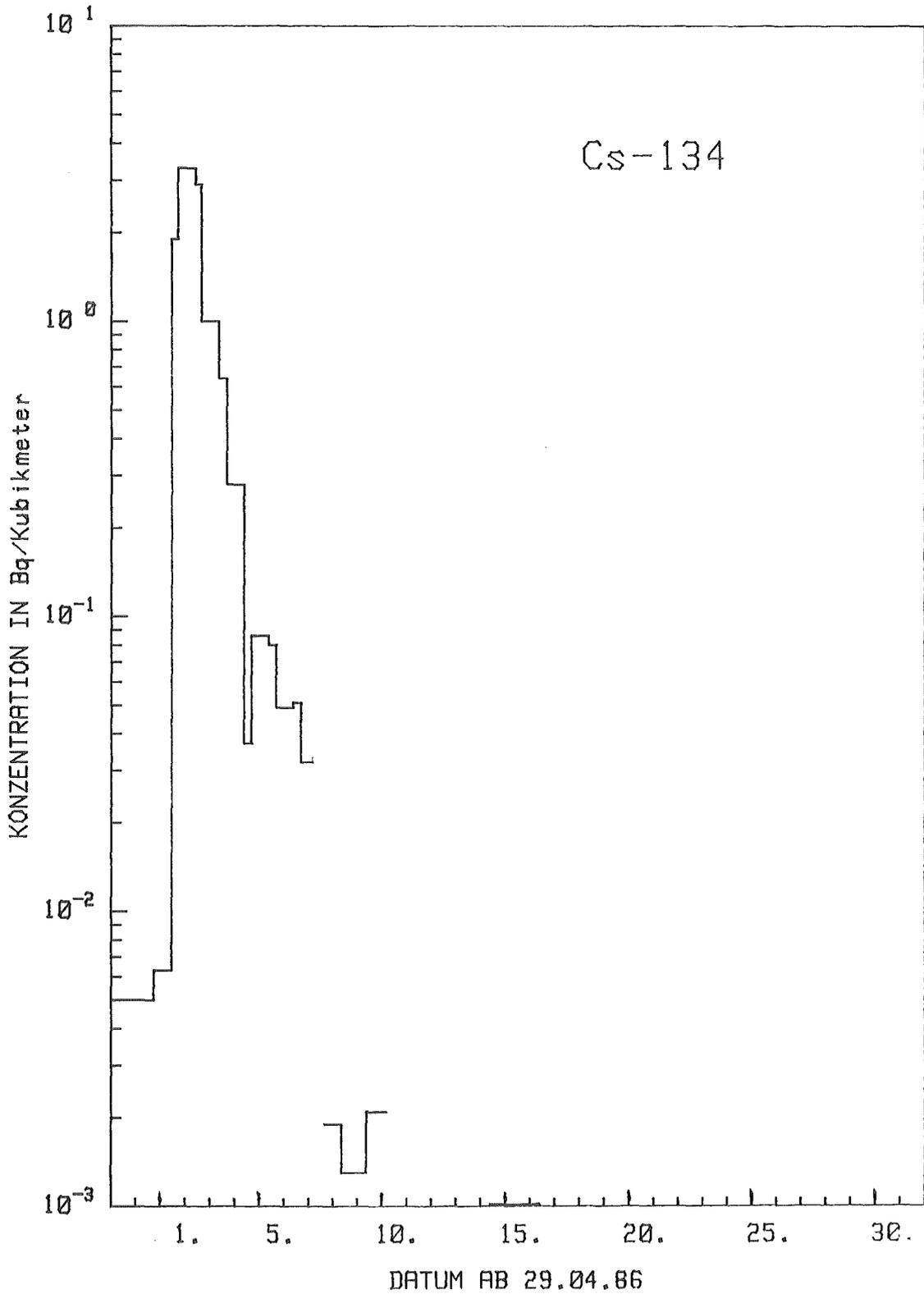


Abb. 14: Verlauf der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe in der ersten Maihälfte 1986. Meßhütte Nord-Ost

Tab. 1: Aktivitätskonzentrationen von Ru-103, Ru-106 und Te-129m in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Meßhütte Nordost

Probenahmezeitraum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/m ³		
	Ru-103	Ru-106	Te-129m
29.04./11.15 - 30.04./17.45	0,015	-	-
30.04./17.45 - 01.05./11.00	0,012	-	-
01.05./11.00 - 01.05./17.00	2,8	-	2,5
01.05./17.00 - 02.05./10.10	6,5	-	5,1
02.05./10.10 - 02.05./15.35	6,1	-	5,4
02.05./15.35 - 03.05./8.20	2,8	0,40	1,4
03.05./8.20 - 03.05./16.00	1,3	-	0,82
03.05./16.00 - 04.05./8.30	0,91	0,12	0,48
04.05./8.30 - 04.05./15.50	0,15	-	0,11
04.05./15.50 - 05.05./8.35	0,33	0,083	0,26
05.05./8.35 - 05.05./15.40	0,28	-	-
05.05./15.40 - 06.05./8.35	0,21	-	-
06.05./8.35 - 06.05./15.50	0,25	-	-
06.05./15.50 - 07.05./8.30	0,18	-	-
07.05./8.30 - 07.05./15.55	0,0048	-	-
07.05./15.50 - 08.05./8.30	0,0024	-	-

3.4 Die Aktiniden

Wegen der hohen Bedeutung von Aktiniden für die Inhalationsdosis der Umgebungsbevölkerung war die Frage nach den Aktinidenkonzentrationen in der Umgebungsluft von vorrangiger Bedeutung. Am 29. April 1986 und an den folgenden Tagen wurden Bundesbürger, die aus dem weiteren Bereich von Tschernobyl in die Bundesrepublik Deutschland zurückgekehrt waren, im Body-counter des Kernforschungszentrums Karlsruhe auf Inkorporationen von Radionukliden untersucht. Die Kleider eines Teils der Untersuchten waren so kontaminiert, daß sie konfisziert werden mußten. Besonders hoch kontaminierte Kleider wurden direkt am Germanium-Lithium-Detektor γ -spektrometriert, dann bei 400 °C zur Vermeidung der Verflüchtigung der Cäsiumisotope verascht und die so erhaltene Asche γ -spektrometriert und auf die wichtigsten Aktiniden- und Strontium-Isotope analysiert.

Die Konzentrationen in der Kleidung wurden über das Asche/Trockengewichts-Verhältnis bestimmt. Für die flüchtigen Elemente Tc, I, Ru und Te wurden deren Verhältnisse zu Cs-137 in der direkt spektrometrierten Kleiderprobe zur Korrektur des Veraschungsverlustes benutzt.

Wie aus Tab. 2 hervorgeht, sind sowohl die Aktivitätskonzentrationen der wichtigsten Aktiniden als auch die des Sr-90 wesentlich kleiner als die der wichtigen Isotope I-131, Cs-137 usw. So liegt der Konzentrationswert für Pu-239 + 240 um mehr als den Faktor 2 200 unter der Konzentrationen von Cs-137. Daraus konnte erschlossen werden, daß eine nennenswerte Exposition der Bevölkerung durch Aktinidenkonzentrationen in der bodennahen Luft nicht zu erwarten war.

In Tab. 3 sind die Ergebnisse von Aktinidenanalysen, die mit Luftstaubfiltern in der Zeit zwischen dem 1. Mai und dem 4. Mai 1986 durchgeführt wurden, wiedergegeben. Wegen der relativ kleinen Luftdurchsätze und wegen der Notwendigkeit der Aufteilung für verschiedene radiochemische Analysen waren die Nachweisgrenzen trotz sehr langer Meßzeiten relativ hoch. Am 1. und 2. Mai 1986 wurde eindeutig das auch im Kernbrennstoff eines Reaktors wichtigste Aktinidenisotop Cm-242 identifiziert. Setzt man ein konstantes Verhältnis

Tab. 2: Aktivitätskonzentrationen wichtiger Radionuklide in der Kleidung von Mitarbeitern einer deutschen Firma, die im Bereich von Svetlogorsk, 130 km nördlich von Tschernobyl, eingesetzt waren.
Meßdatum: 5. Mai 1986

Nuklid	Aktivitätskonzentration in Bq/kg Kleidung
Sr-89	1725
Sr-90	145
Zr-95	4022
Nb-95	4570
Tc-99m	5026
Ru-103	15510
Ru-106	6946
Ag-110m	57
Te-129m	27210
I-131	73906
Te-132	13910
Cs-134	2239
Cs-136	443
Cs-137	4582
Ba-140	3894
La-140	4524
Ce-141	3649
Ce-144	3101
Pu-238	0,94
Pu-239 + 240	2,00
Np-239	2308
Pu-241	250 ± 100
Am-241	0,20
Cm-242	33
Cm-244	0,42

Tab. 3: Aktivitätskonzentrationen der wichtigsten Aktinidenisotope in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Meßhütten Nordost, West und Forsthaus

Probenahme			Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$					
Meßhütte	Probenahmezeitraum	in m^3	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Nordost	01.04 bis 30.04	20 921	< 0,06	< 0,07	-	-	-	-
West	01.04. bis 28.04.	20 418	< 0,11	0,18	-	-	-	-
Forsthaus	01.04. bis 30.04.	24 809	< 0,06	< 0,06	-	-	-	-
Forsthaus	28.04. bis 12.05.	4 648	< 0,47	0,89	-	-	-	-
Nordost	01.05., 11.00 Uhr bis 01.05., 17.00 Uhr	140	< 45	< 32	< 27 000	< 78	300	< 59
Nordost	01.05., 17.00 Uhr bis 02.05., 10.10 Uhr	437	< 4	10	< 8 000	< 7	90	< 4
Nordost	02.05., 10.10 Uhr bis 02.05., 15.30 Uhr	125	< 14	< 11	-	< 37	93	< 16
Nordost	02.05., 15.30 Uhr bis 03.05., 8.20 Uhr	384	< 8	< 6	< 10 000	< 20	< 24	< 17
Nordost	03.05., 8.20 Uhr bis 03.05., 16.00 Uhr	183	< 9	< 8	< 36 000	< 14	< 16	< 17
Nordost	03.05., 16.00 Uhr bis 04.05., 8.25 Uhr	510	< 5	< 5	< 8 000	< 9	< 24	< 29
Nordost	04.05., 8.25 Uhr bis 04.05., 15.25 Uhr	170	< 7	< 4	< 12 000	< 16	< 13	< 14

zwischen Plutonium und Curium voraus, dürfte die höchste Pu-239 + 240-Konzentration am 1. Mai 1986 bei ca. $30 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ gelegen haben. In der Zeit bis zum 2. Mai 1986 nachmittags dürfte der Wert bei $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Pu-239 + 240 Bq/m³ gelegen sein; danach dürften die Aktinidenkonzentrationen sehr rasch abgenommen haben. Die hier angegebenen Plutoniumaktivitäten auf den Filter entsprechen in etwa auch der Analyse von Filtern, die zwischen dem 28. April und 12. Mai 1986 bestaubt wurden. Die Meßwerte an drei Probenahmestellen um das Kernforschungszentrums Karlsruhe im Monat April liegen wesentlich unter diesen Werten.

3.5 Die Strontiumisotope

Wegen der hohen Bedeutung von Sr-90 für die Dosisexposition der Umgebungsbevölkerung wurden die Isotope Sr-89 und Sr-90 in der bodennahen Umgebungsluft bestimmt. Die Probenahme erfolgte an der Meßhütte Nordost und für eine Gesamtprobe für die erste Hälfte von Mai 1986 am Forsthaus. Die sehr aufwendigen Bestimmungen wurden am 4. Mai 1986 abgebrochen, nachdem sich gezeigt hatte, daß die Sr-90-Aktivitätskonzentrationen zwar wesentlich höher als die des aktuellen Kernwaffenfallouts sind, der Anteil des Sr-90 an der Gesamtbetaaktivität der Sr-Isotope aber sehr niedrig ist (Tab. 4).

Um zu raschen Ergebnissen zu kommen, wurde bei der von uns benutzten Analysenmethodik die Aufbauzeit des Y-90 wesentlich verkürzt und die zeitaufwendige Analytik vereinfacht. Die erste genannte Maßnahme führt bei den hier angegebenen Messungen und bei einem Teil, der später in diesem Bericht wiedergegebenen Messungen, zu einer höheren Streuung der Sr-90-Aktivitäten, als sie unter normalen Umständen erreichbar wäre, und die zweite Maßnahme führt zu einer Überschätzung der Sr-90-Konzentrationen bis zum Faktor 2 und zu einer, allerdings unwesentlichen, Unterschätzung der Sr-89-Konzentrationen.

Tab. 4: Aktivitätskonzentrationen von Sr-89 und Sr-90 in der bodennahen Umgebungsluft des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Meßhütten Nordost und Forsthaus

Probenahme			Aktivitätskonzentration* in mBq/m ³	
Meßhütte	Probenahmezeitraum	Luftdurchsatz in m ³	Sr-89	Sr-90
			Forsthaus*	28.04. - 12.05.
Nordost	01.05., 17.00 Uhr bis 02.05., 10.10 Uhr	437	232	51
Nordost	02.05., 10.10 Uhr bis 02.05., 15.30 Uhr	125	373	28
Nordost	02.05., 15.30 Uhr bis 03.05., 8.20 Uhr	384	74	12
Nordost	03.05., 8.20 Uhr bis 03.05., 16.00 Uhr	183	57	12
Nordost	03.05., 16.00 Uhr bis 04.05., 8.25 Uhr	510	31	4
Nordost	04., 05., 8.25 Uhr bis 04.05., 15.55 Uhr	170	10	2

*Halbwertszeitkorrektur auf den 01.05.1986

4 Futtermittel

Da für Radioiod und Radiocäsium der Weide-Kuh-Milch-Pfad eine der wichtigsten Dosisexpositionen der Umgebungsbevölkerung darstellt, wurden an mehreren Stellen systematisch, d. h. zu verschiedenen Zeitpunkten an ein und derselben Stelle Futtermittelproben genommen. Neben diesen wurden an vielen Stellen der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe bzw. im Raum Baden Einzelproben untersucht. Die wichtigsten systematischen Messungen erfolgten in Neuthard (Gras), in Spöck (verschiedene Futtermittel), und in Menzenschwand (Gras).

Gras und andere Futtermittel wurden, wie sie zur Verfütterung gelangen, ohne weitere Probenvorbehandlung in Ringschalen gebracht und γ -spektrometriert. In einigen wenigen Fällen wurde neben der Aktivitätskonzentration in Bq/kg auch die abgelagerte Aktivität in Bq/m² ermittelt. Ein kleiner Teil der Futtermittelproben wurde später getrocknet und verascht. In dieser Asche wurden die Isotope Sr-89 und Sr-90 bestimmt.

Die Veränderung der I-131-, Te-132-, Cs-137- und Cs-134-Aktivität in Gras von Neuthard bezogen auf die Probenahme-fläche wird in den Abbn. 15 und 16 wiedergegeben. In Tab. 5 sind die Aktivitätskonzentrationen in Bq/kg Frischgewicht der fünf wichtigsten gemessenen Radioisotope für die Grasproben aus Neuthard angegeben. In Tab. 6 sind die Aktivitätskonzentrationen von Ru-103, Cs-134 und Cs-137 in Gras von Menzenschwand, Südschwarzwald, wiedergegeben. In den Abbn. 17 bis 20 sind die Veränderung der Aktivitätskonzentrationen der wichtigsten Radionuklide in den Futtermitteln vom Bauern H., Spöck, angegeben.

Tab. 5: Aktivitätskonzentrationen wichtiger Radionuklide in Grasproben aus Neuthard

Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch				
	I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137	Ru-103
05.05.	3 950	1 033	252	430	580
06.05.	2 379	666	187	319	610
07.05.	2 700	448	367	670	1 140
08.05.	2 180	301	330	630	930
09.05.	1 910	239	322	710	940
10.05.	1 400	152	228	460	690
11.05.	1 390	157	307	590	870
13.05.	756	52	175	307	540
16.05.	480	27	168	350	460

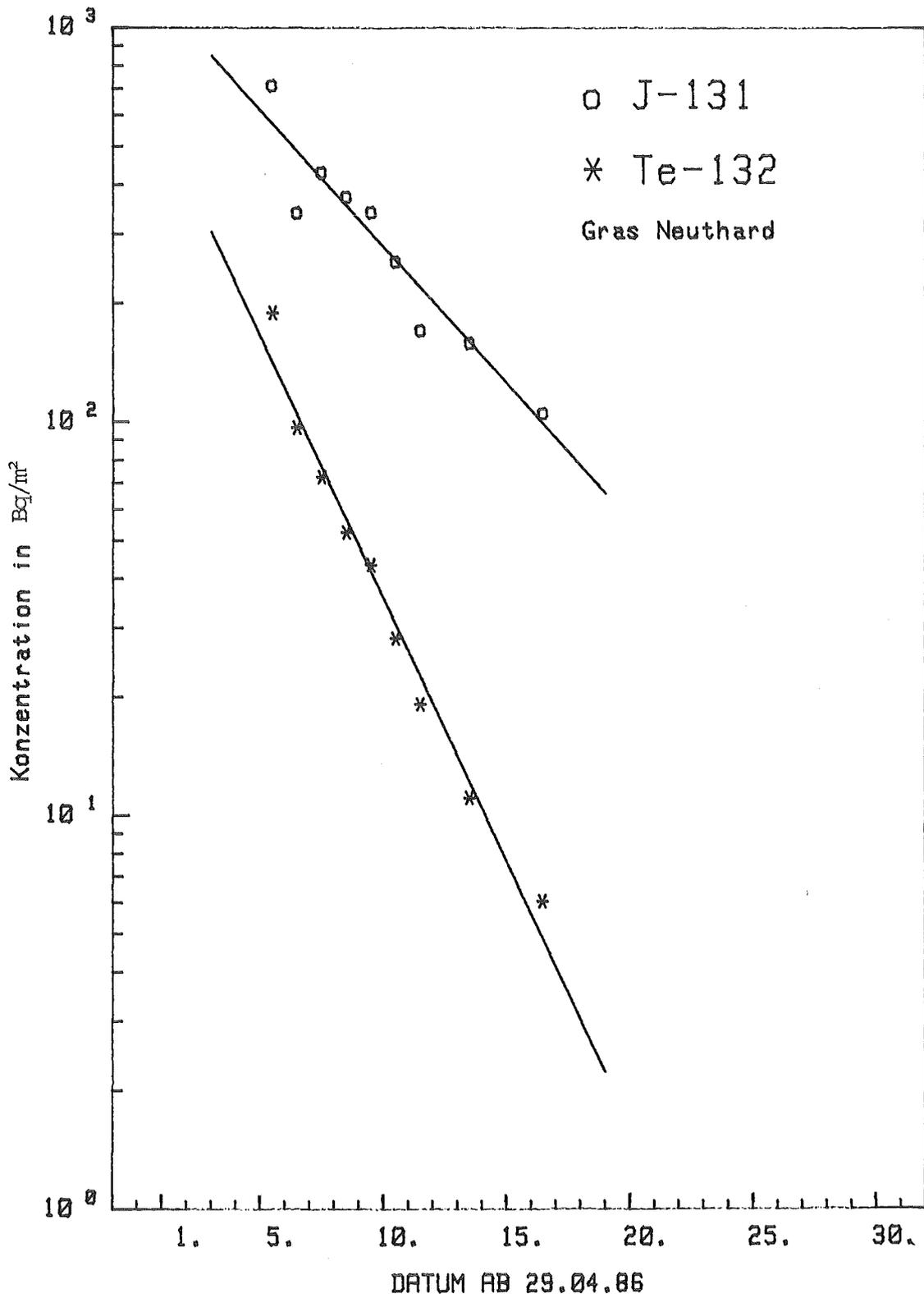


Abb. 15: I-131- und Te-132-Ablagerung auf Gras aus Neuthard

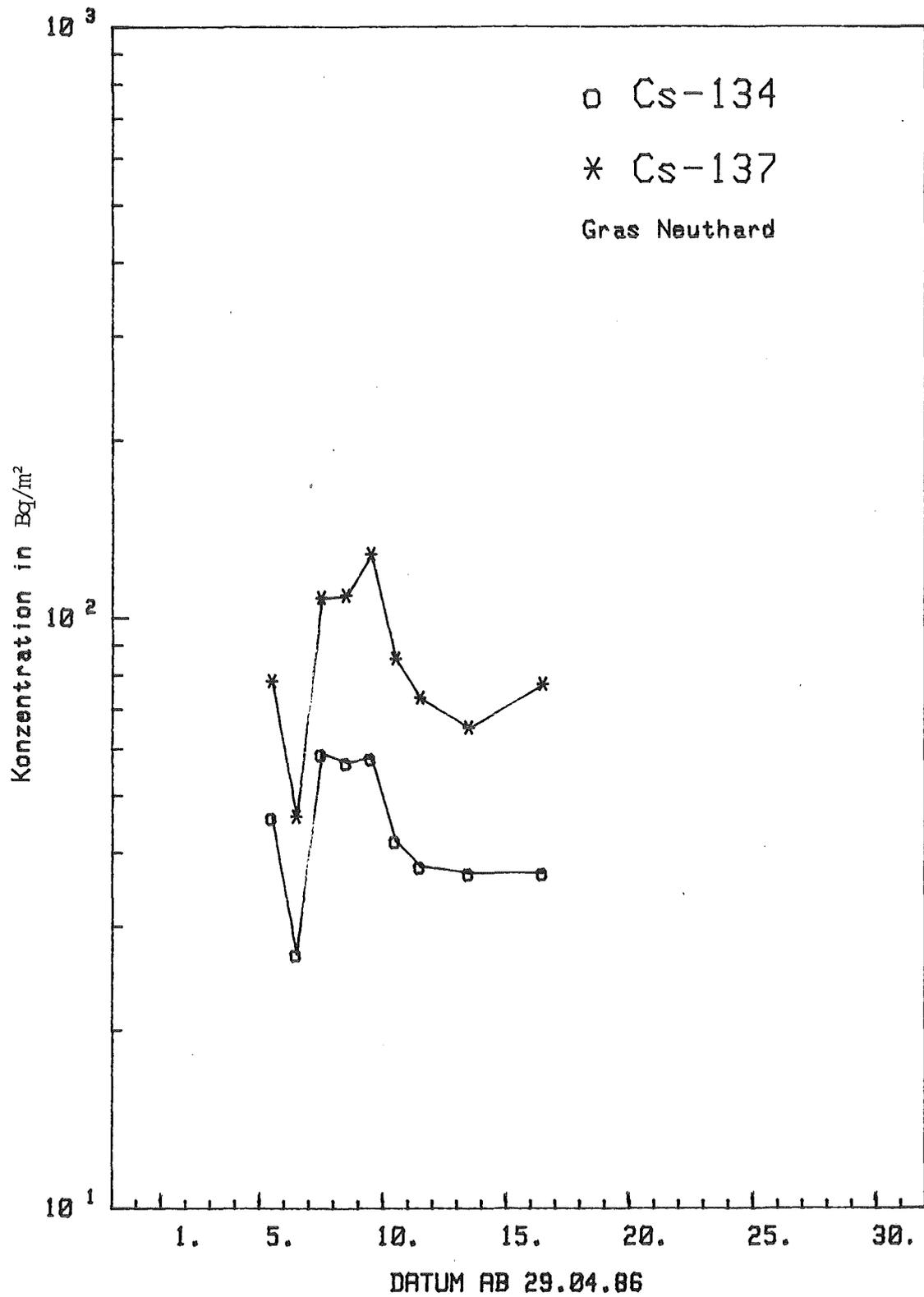


Abb. 16: Cs-134- und Cs-137-Ablagerung auf Gras aus Neuthard

Tab. 6: Aktivitätskonzentrationen wichtigen Radionuklide in Grasproben aus Menzenschwand, Bauer Sch.

Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch		
	Cs-134	Cs-137	Ru-103
28.05.	191	341	73
05.06.	49	92	22
13.06.	33	70	10
21.06.	70	139	34
28.06.	78	125	-
05.07.	131	290	42
11.07.	149	360	50
25.07.	141	323	20
01.08.	48	127	10

In Tab. 7 sind im wesentlichen für Gras, in zwei Fällen für Frühlkorn, die Aktivitätskonzentrationen für I-131, Te-132, Cs-134 und Cs-137 für Proben aus dem Südschwarzwald und aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wiedergegeben.

In Tab. 8 finden sich die Sr-89- und Sr-90-Konzentrationen, die in einigen Grasproben aus Neuthard bestimmt wurden. Der Effekt des Abwaschens direkt nach der Probenahme am 4. Mai 1986 auf Grasproben aus Südbaden wurde in Tab. 9 und die Aktivitätskonzentrationen der fünf wichtigsten Radionuklide in Blättern und Nadeln verschiedener Pflanzen wurden in Tab. 10 dargestellt.

Tab. 7: Aktivitätskonzentrationen in Futtermittelproben aus Südbaden und aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Probenahmeort	Probenahmedatum 1986	Pflanzenart	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Steinen/ Lörrach, West	01.05.	Gras	1 850	2 100	200	320
Steinen/ Lörrach, Ost	01.05.	Gras	1 140	1 160	110	170
Säckingen, Ost	01.05.	Gras	5 350	6 890	560	950
Säckingen, West	01.05.	Gras	7 040	7 380	930	1 580
Höllstein	01.05.	Gras	2 640	2 700	240	400
Steinen/ Lörrach, West	04.05.	Gras	2 000	1 160	270	480
Säckingen, Ost	04.05.	Gras	2 830	2 330	510	980
Öflingen	04.05.	Gras	2 450	1 400	300	600
Neuthard	12.05.	Gras	1 100	88	270	490
Graben-Neudorf, W	13.05.	Gras	500	30	89	160
Graben-Neudorf, N	13.05.	Gras	170	11	34	69
Graben-Neudorf, H	13.05.	Gras	960	56	200	390
Rußheim	14.05.	Gras	210	24	79	150
Liedolsheim, W	15.05.	Gras	100	-	62	91
Liedolsheim, O	15.05.	Gras	380	-	120	180
Liedolsheim	15.05.	Gras	390	25	130	240
Linkenheim-Ho., R	16.05.	Gras	280	8,8	87	170
Spöck, S	20.05.	Gras	160	-	52	98
Spöck, H	20.05.	Gras	96	5,9	59	96
Spöck	20.05.	Gras	160	-	78	130
Büchenau	21.05.	Gras	150	-	87	190
Staffort, H	22.05.	Früh- korn	130	-	55	81
Staffort	22.05.	Gras	62	-	63	170
Weingarten, Ö	23.05.	Früh- korn	130	-	46	89
Weingarten, H	23.05.	Gras	160	-	73	150
Weingarten	23.05.	Gras	94	-	74	160
Heidelsheim, W	26.05.	Gras	110	-	130	160
Heidelsheim, H	26.05.	Gras	96	-	88	160
Heidelsheim	26.05.	Gras	29	-	36	63

Tab. 8: Sr-89- und Sr-90-Konzentrationen in Grasproben aus Neuthard

Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch	
	Sr-89	Sr-90
05.05.	80	5,3
06.05.	100	8,4
10.05.	71	5,3
11.05.	130	8,6

Tab. 9: Einfluß des Waschens auf die Aktivitätsablagerungen auf Grasproben aus Südbaden. Probenahme am 04.05.1986

Probenahmeort	Zustand	Abgelagerte Aktivität in Bq/m ²		
		I-131	Te-132/ I-132	Cs-134 + Cs-137
Lörrach, West	ungewaschen	1 442	836	541
	gewaschen	884	347	239
	abgewaschen in %	39	59	55
Säckingen, Ost	ungewaschen	2 044	1 680	1 071
	gewaschen	1 200	780	590
	abgewaschen in %	41	54	45
Öflingen	gewaschen	1 527	871	560
	ungewaschen	852	383	280
	abgewaschen in %	44	56	50

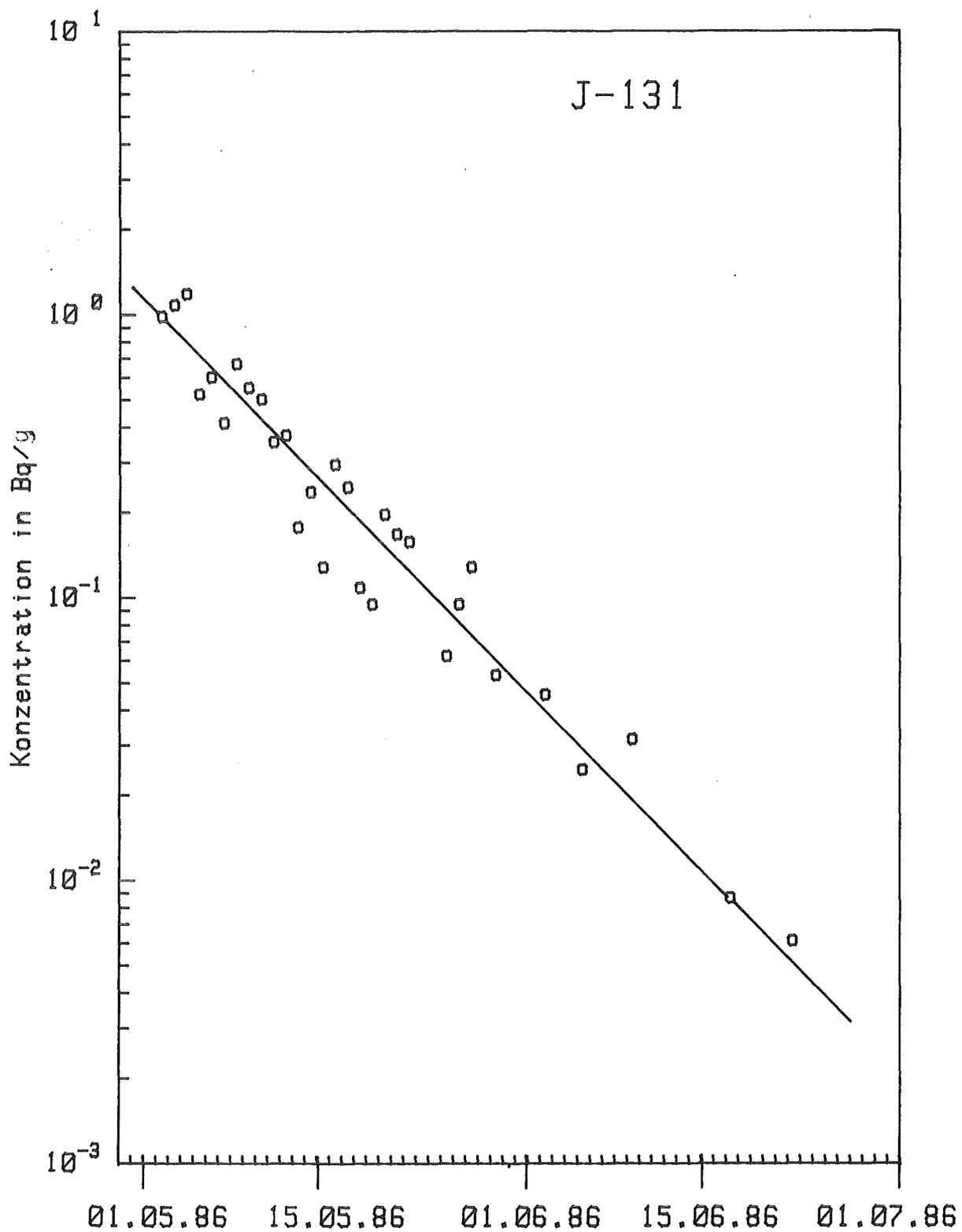


Abb. 17: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck

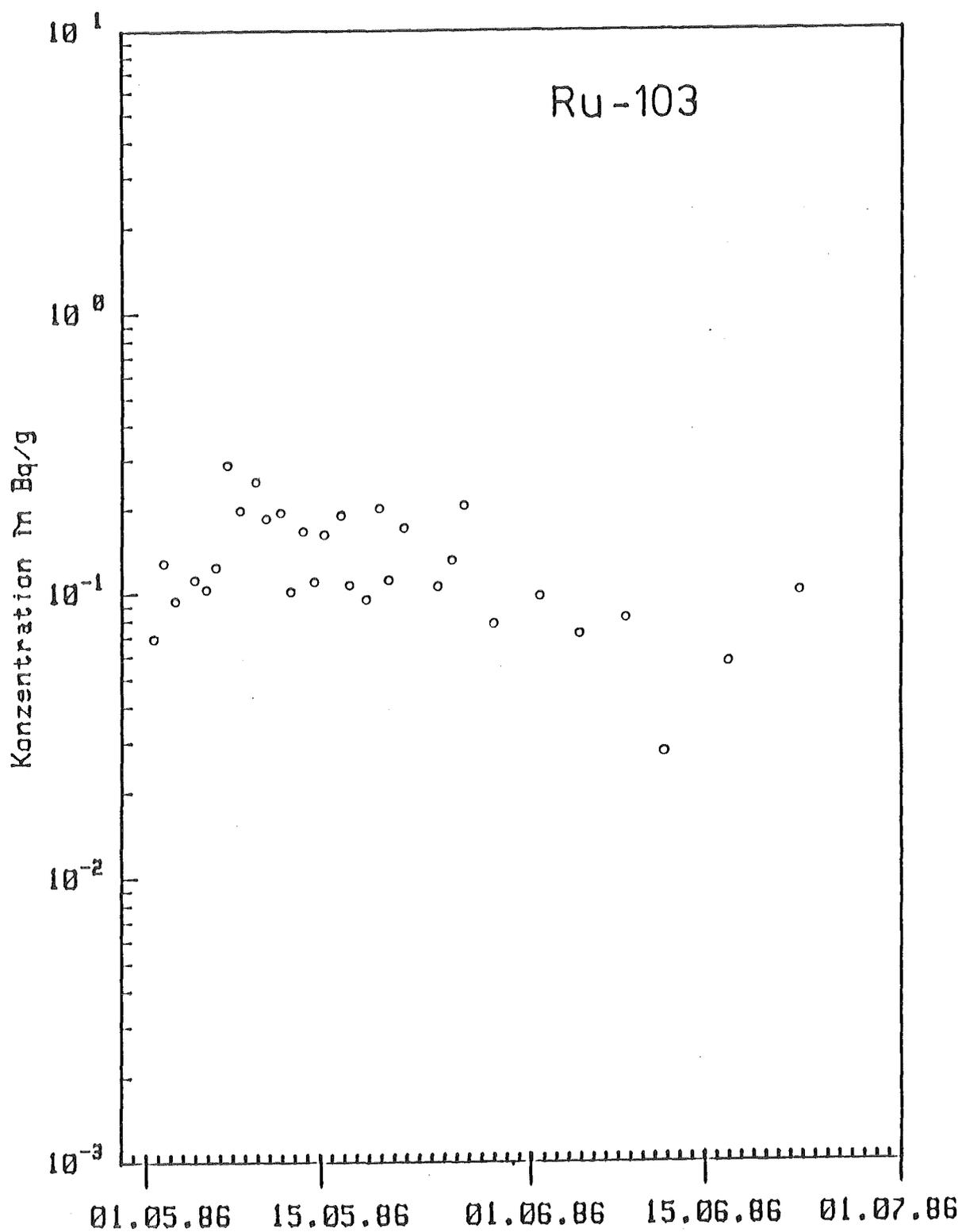


Abb. 18: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck

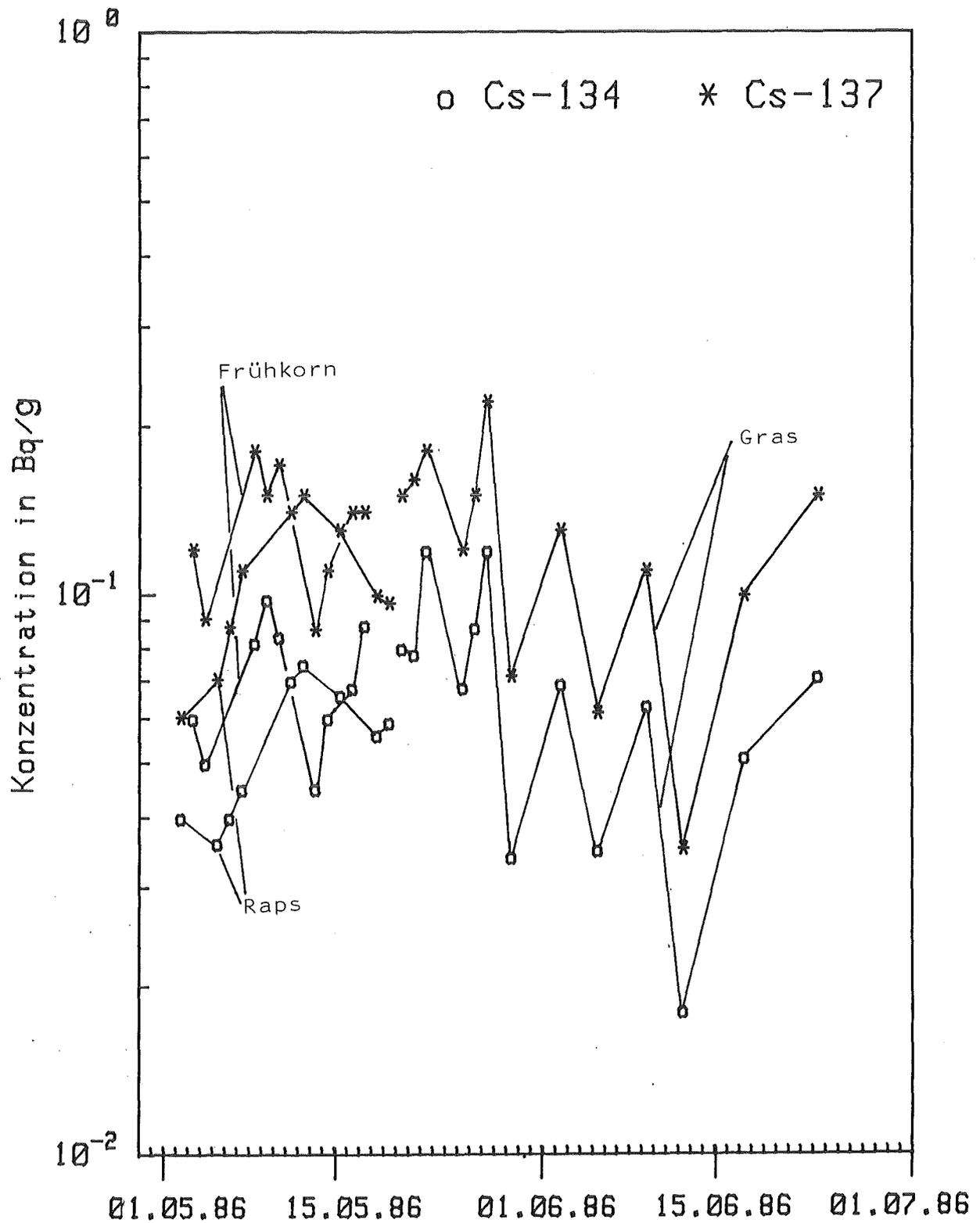


Abb. 19: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck

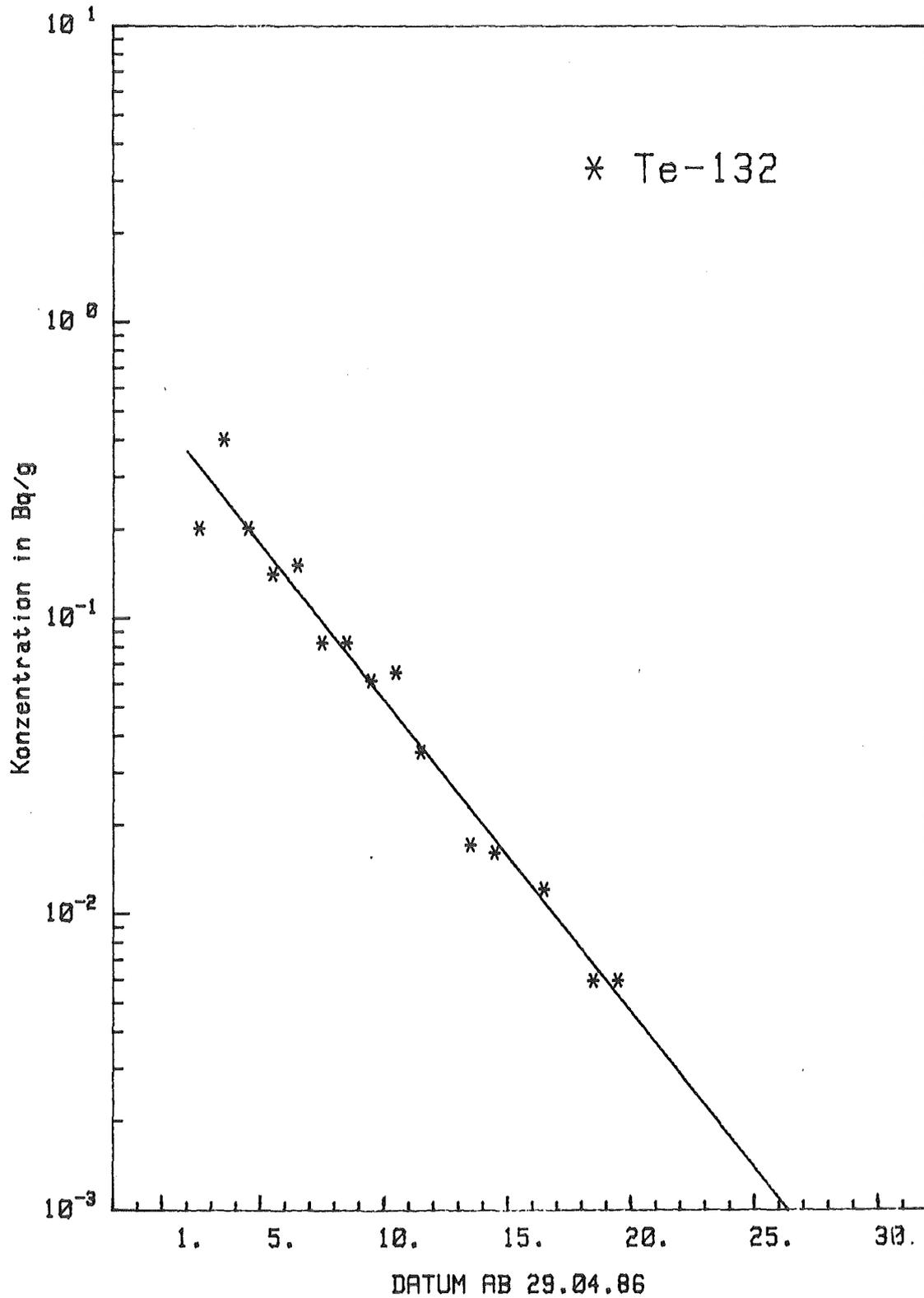


Abb. 20: Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch in Futtermitteln vom Bauern H., Spöck

Tab. 10: Aktivitätskonzentrationen in Blättern und Nadeln verschiedener Pflanzen

Probenahmeort	Probenahmedatum 1986	Blätter und Nadeln von	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch				
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137	Ru-103
KfK	05.05.	Buchen	3 200	1 400	250	460	790
KfK	06.05.	Kiefern	2 100	470	120	240	285
KfK	09.07.	Eichen	-	-	24	52	9,4
Leopoldshafen	05.08.	Johannisbeeren	-	-	37	61	93
Leopoldshafen	-	Kirschen	-	-	26	60	46

5 Die Radioaktivität in Milch

Da Iod und Radiocäsium mit relativ hohen Transferfaktoren vom Futter in die Milch überführt werden und da Radioiod in wenigen Tagen in der Milch einen maximalen Wert erreicht - Radiocäsium benötigt dazu etwas länger -, erfolgte praktisch sofort nach dem Durchzug der Aktivitätswolke des Reaktorunfalls von Tschernobyl eine systematische und ausgedehnte Überwachung der Radioaktivität in Milchproben.

Um den schlimmsten Fall zu studieren, wurden vom Bauern H., Spöck, gelieferte Milchproben täglich auf Radioiod und Radiocäsium ausgemessen; Bauer H. fütterte bereits vor dem Durchgang der Wolke seine Milchkühe mit Frischfutter und hat dies während der gesamten Probenahmezeit fortgesetzt.

In Menzenschwand wurden die Milchkühe erst gegen Ende Mai auf die Weide gebracht. Bis dahin waren sie mit Trockenfutter versorgt worden. Da Radioiod bereits weitgehend abgeklungen war, wurden hier ausschließlich die Radiocäsiumisotope gemessen. Beobachtet werden Milchproben von zwei Bauern aus Menzenschwand. Sowohl die Milchproben aus Spöck als auch die von Menzenschwand werden mit in der Zwischenzeit größerem Probenahmeabstand weiter verfolgt.

Als wesentliche Versorgungsquellen der Bevölkerung mit Milch sind die Milchzentralen der verschiedenen Großstädte anzusehen. Daher wurden Milchproben der Milchzentrale Karlsruhe täglich auf Radioiod und Radiocäsium ausgemessen. In den Milchproben der Milchzentralen Mannheim und Pforzheim wurden vor allem I-131-Bestimmungen durchgeführt; zu einem späteren Zeitpunkt begann auch die Überwachung auf Cs-134 und Cs-137. Die Ergebnisse werden in den Abbn. 21 bis 30 wiedergegeben.

Die Milchzentrale Mannheim wird an jeweils zwei aufeinanderfolgenden Tagen über je 20 Sammeltouren von Milchtankwagen versorgt. Da von seiten der Milchzentrale Mannheim eine Information benötigt wurde, aus welchen Sammeltouren die höchsten I-131-Aktivitäten zur Molkerei gebracht werden, wurden 40 Proben, die am 9. Mai und 11. Mai 1986 gesammelt wurden, auf I-131 untersucht. Am 20. Mai 1986 wurde mit einer geringeren Anzahl von Proben eine ähnliche Untersuchung auf I-131 und Cs-137 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabn. 11 und 12 wiedergegeben.

Eine Reihe von Untersuchungen wurden für die Milchzentrale Schrotzberg vorgenommen. Neben Milch wurden auch einzelne Produkte dieser Milchzentrale ausgemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. 13 wiedergegeben.

Neben den genannten Milchproben wurden in den Orten der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe eine große Anzahl von Milchproben genommen. Die I-131-Ergebnisse für diese Milchproben sind in Tab. 14 wiedergegeben. In Tab. 15 sind die Aktivitätskonzentrationen einiger Milchprodukte und in Schaf- und Ziegenmilch dargestellt.

Eine kleine Anzahl von Milchproben aus der Milchzentrale Karlsruhe und auch vom Bauern H., Spöck, wurden auf Sr-89 und Sr-90 untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 16 dargestellt.

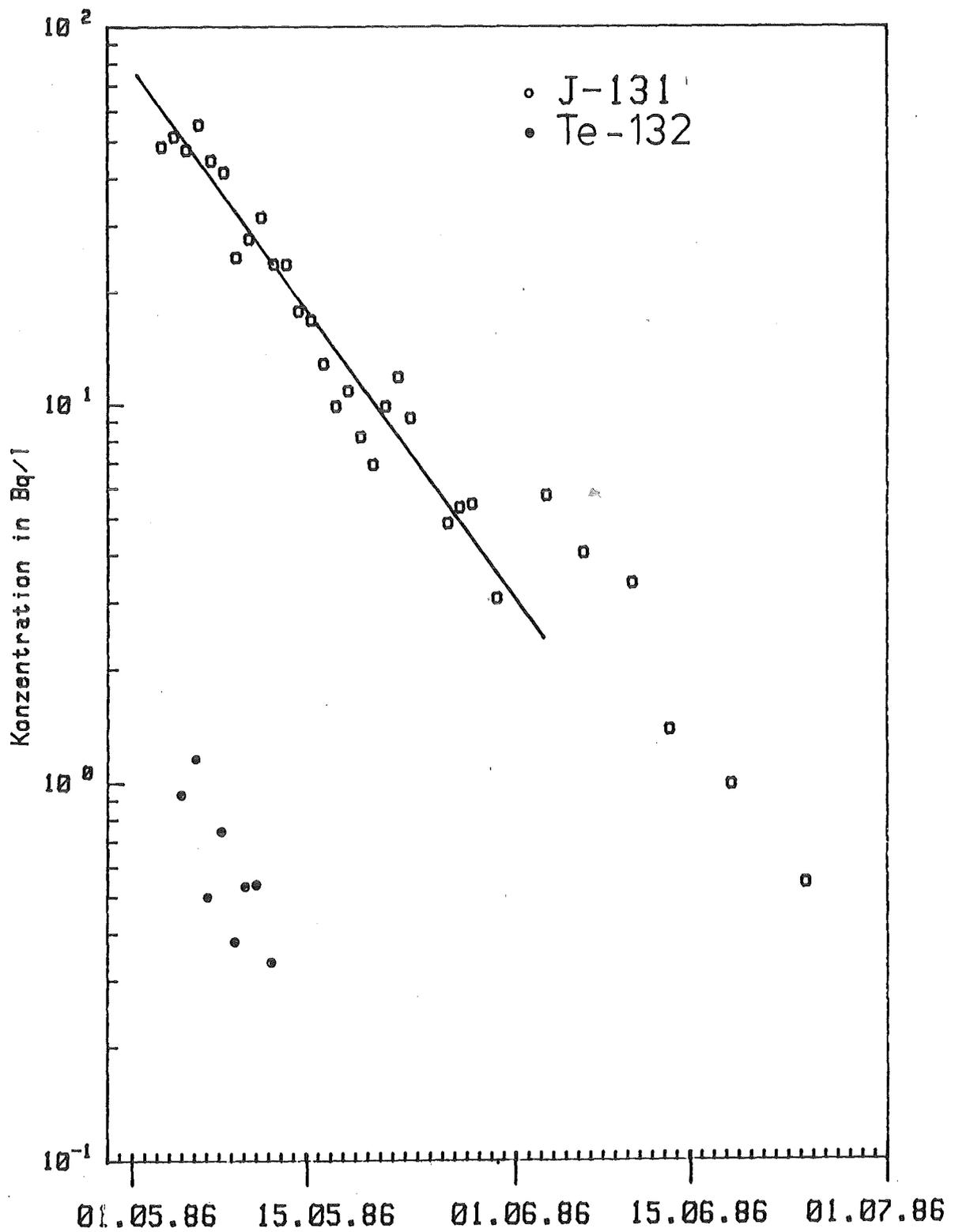


Abb. 21: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer H., Spöck

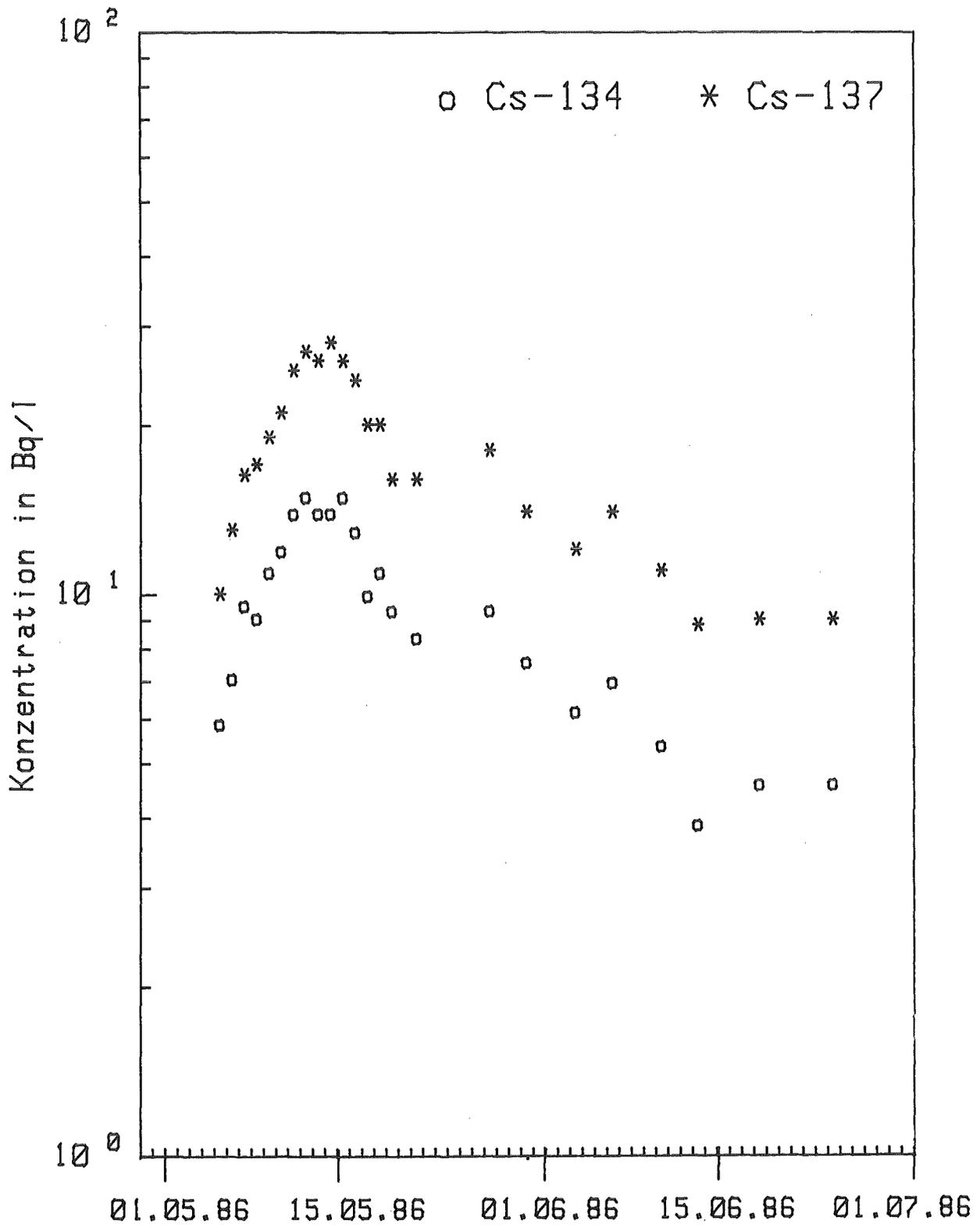


Abb. 22: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer H., Spöck

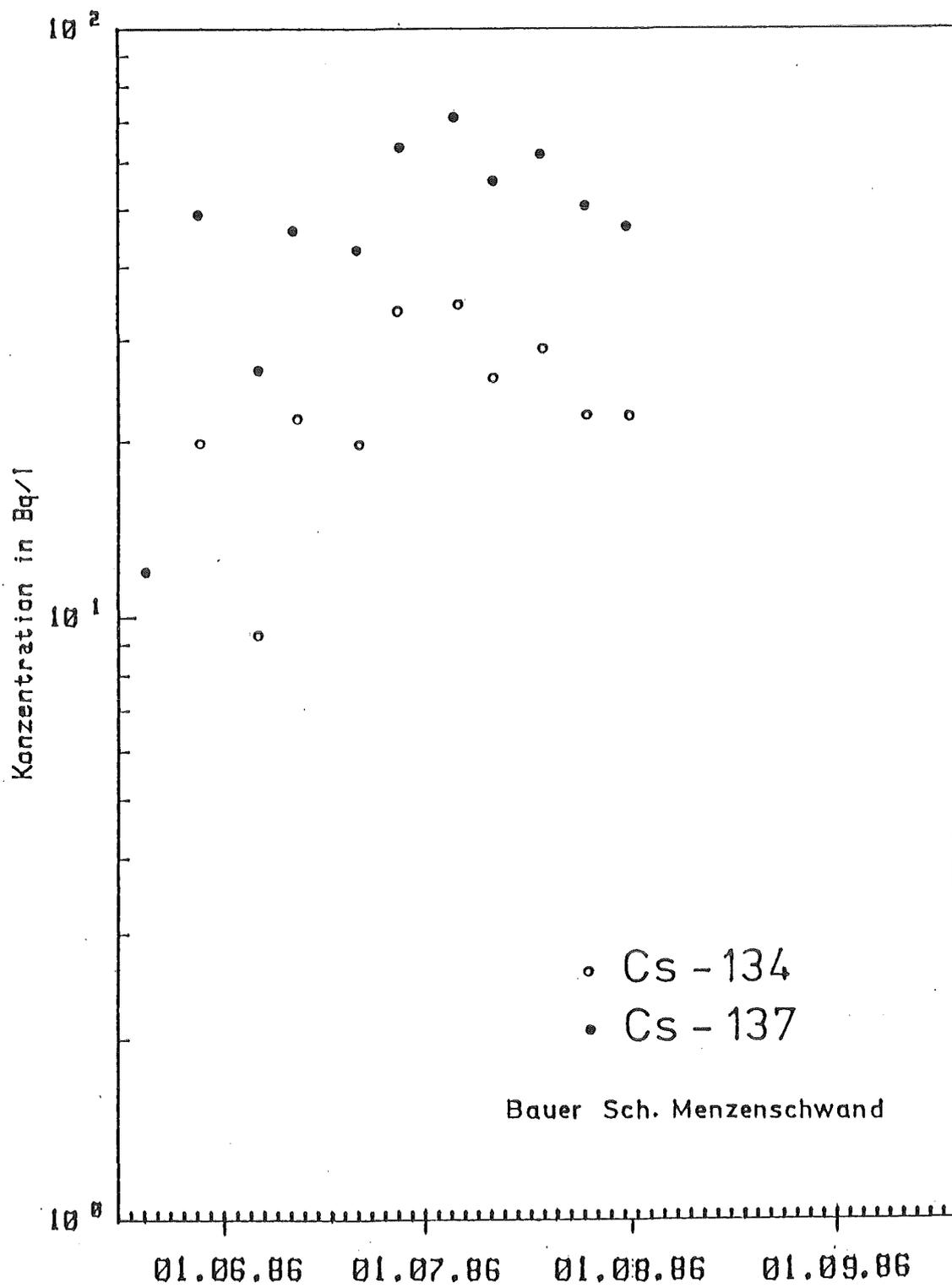


Abb. 23: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer Sch., Menzenschwand

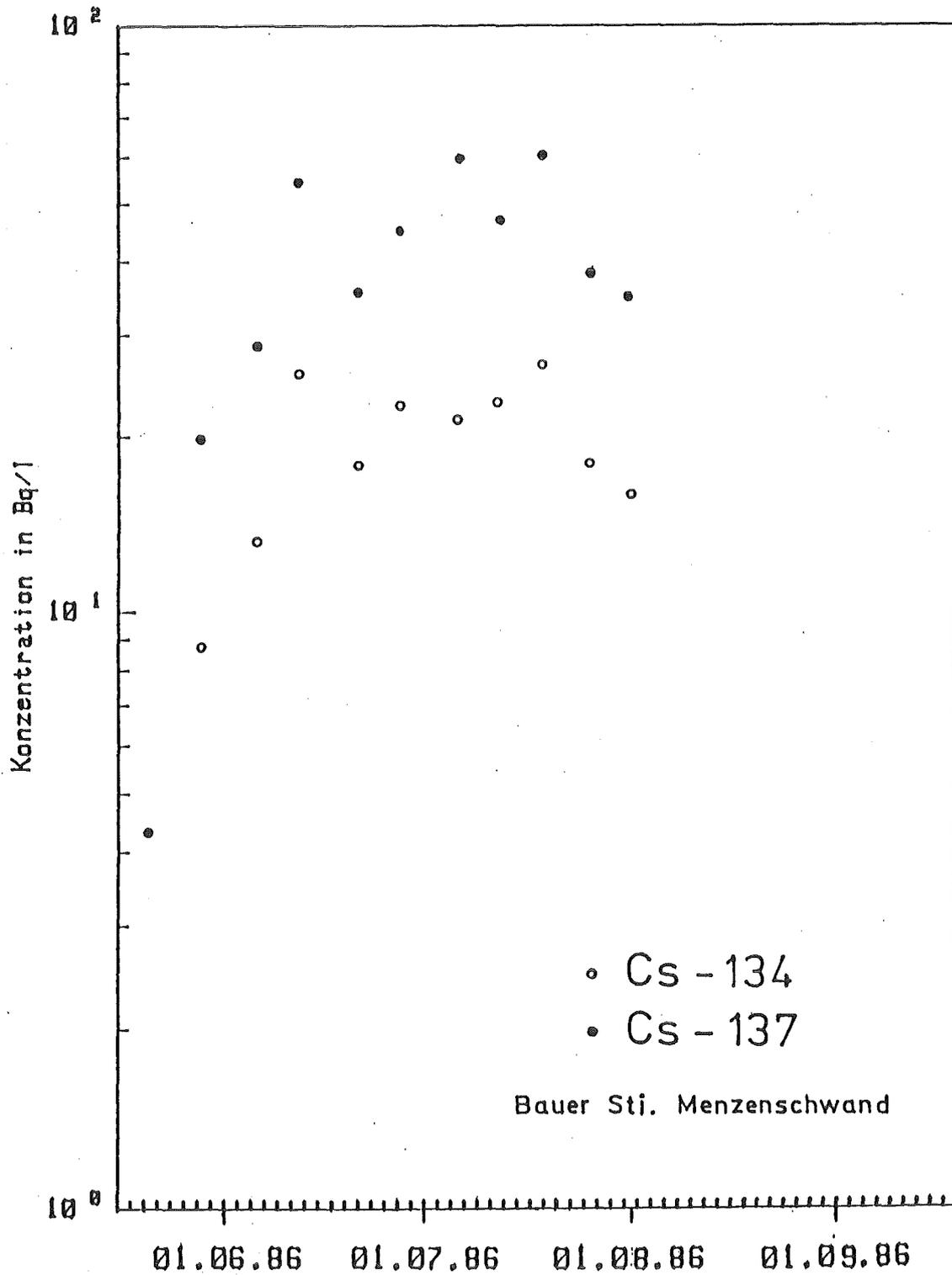


Abb. 24: Aktivitätskonzentration in Milchproben in Abhängigkeit vom Probenahmedatum, Bauer Sti., Menzenschwand

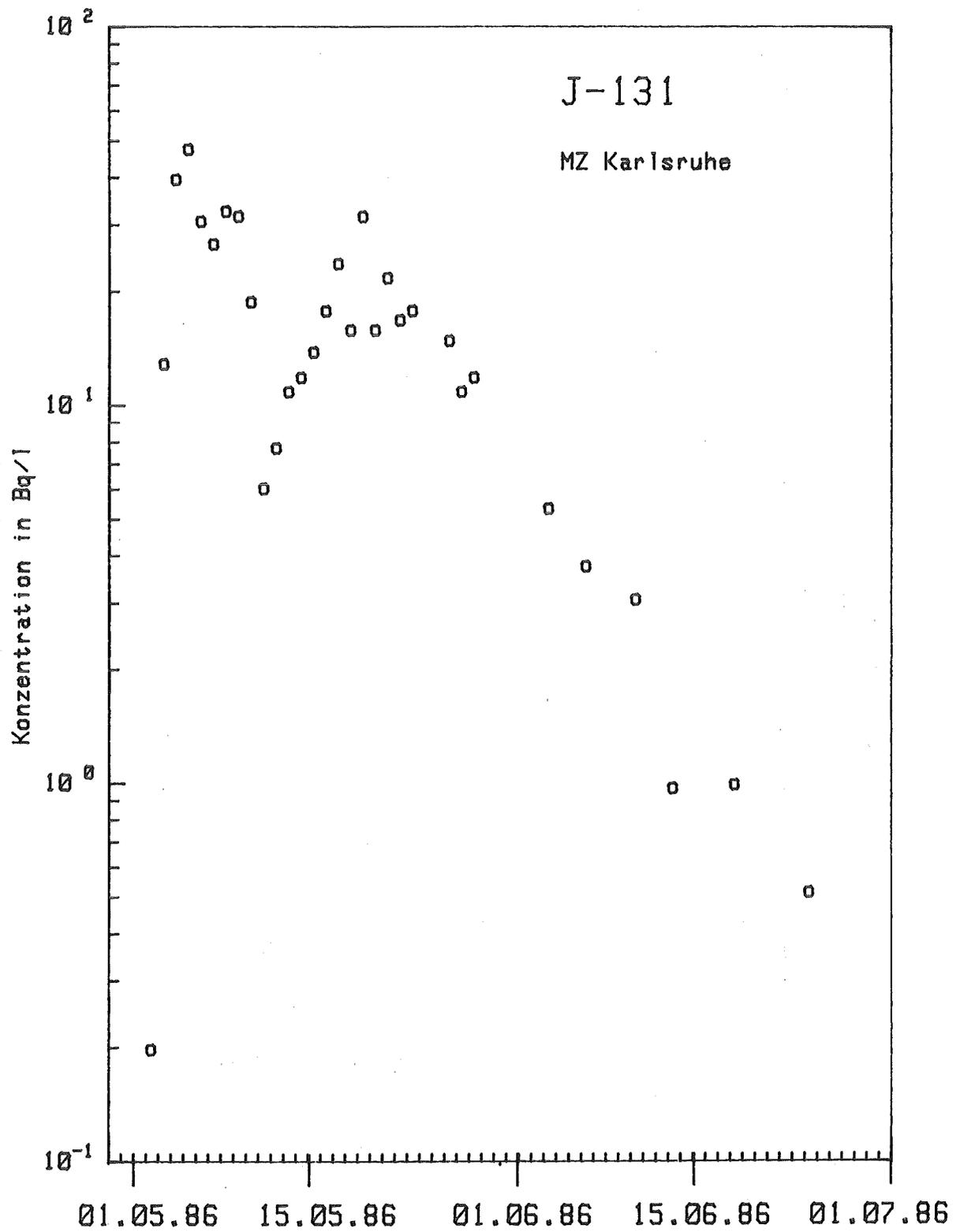


Abb. 25: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Karlsruhe in Abhängigkeit vom Probenahmedatum

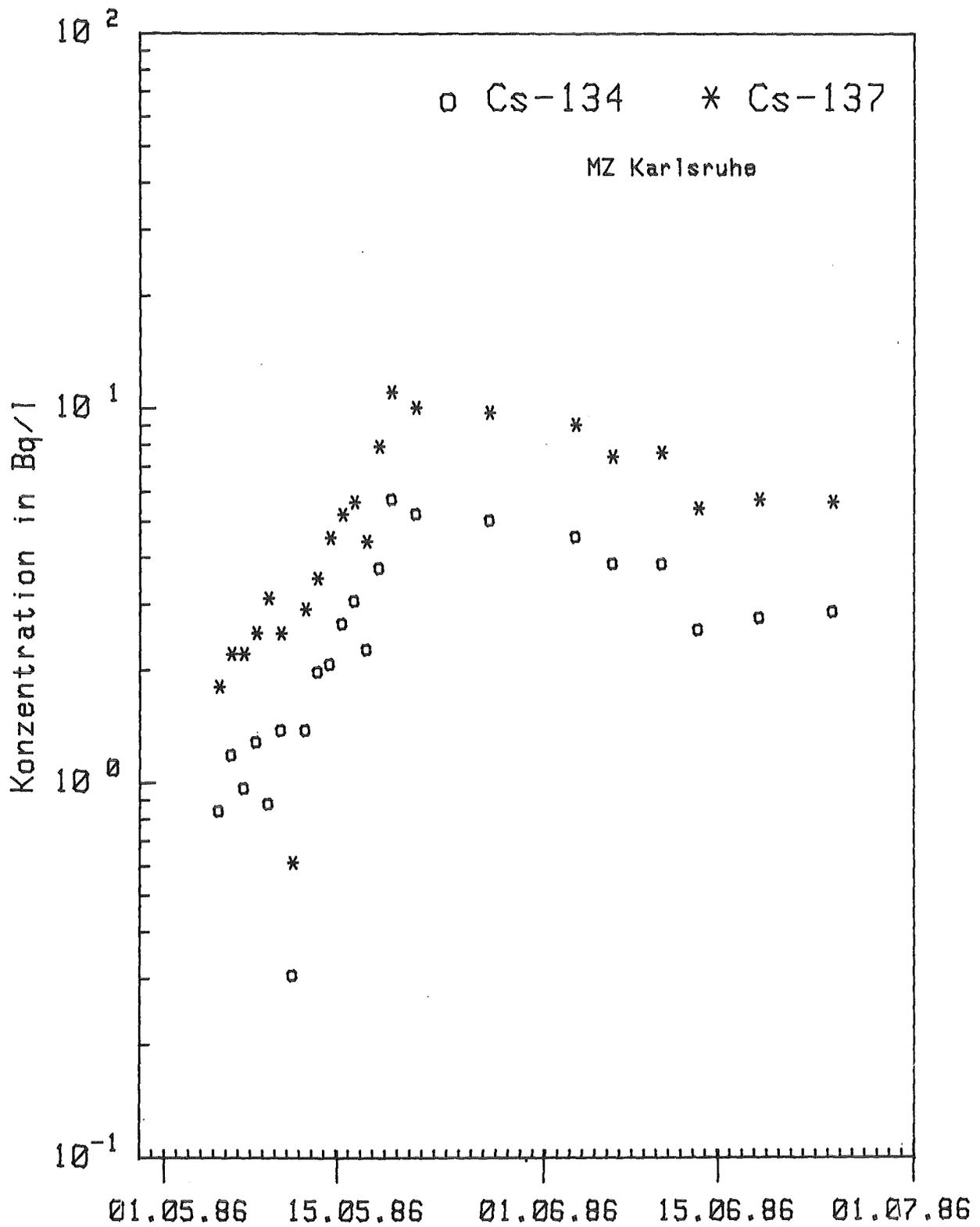


Abb. 26: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Karlsruhe in Abhängigkeit vom Probenahmedatum

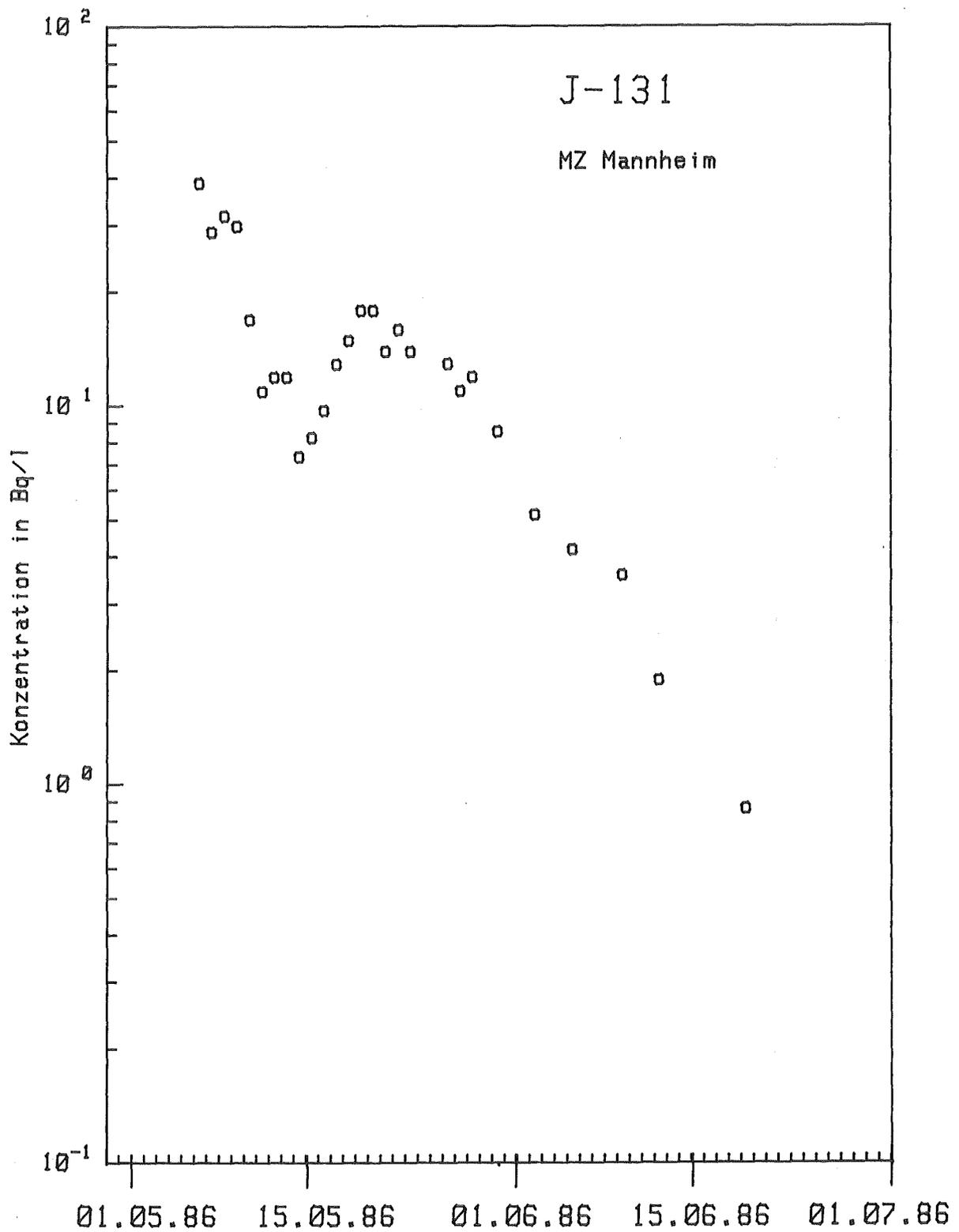


Abb. 27: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Mannheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum

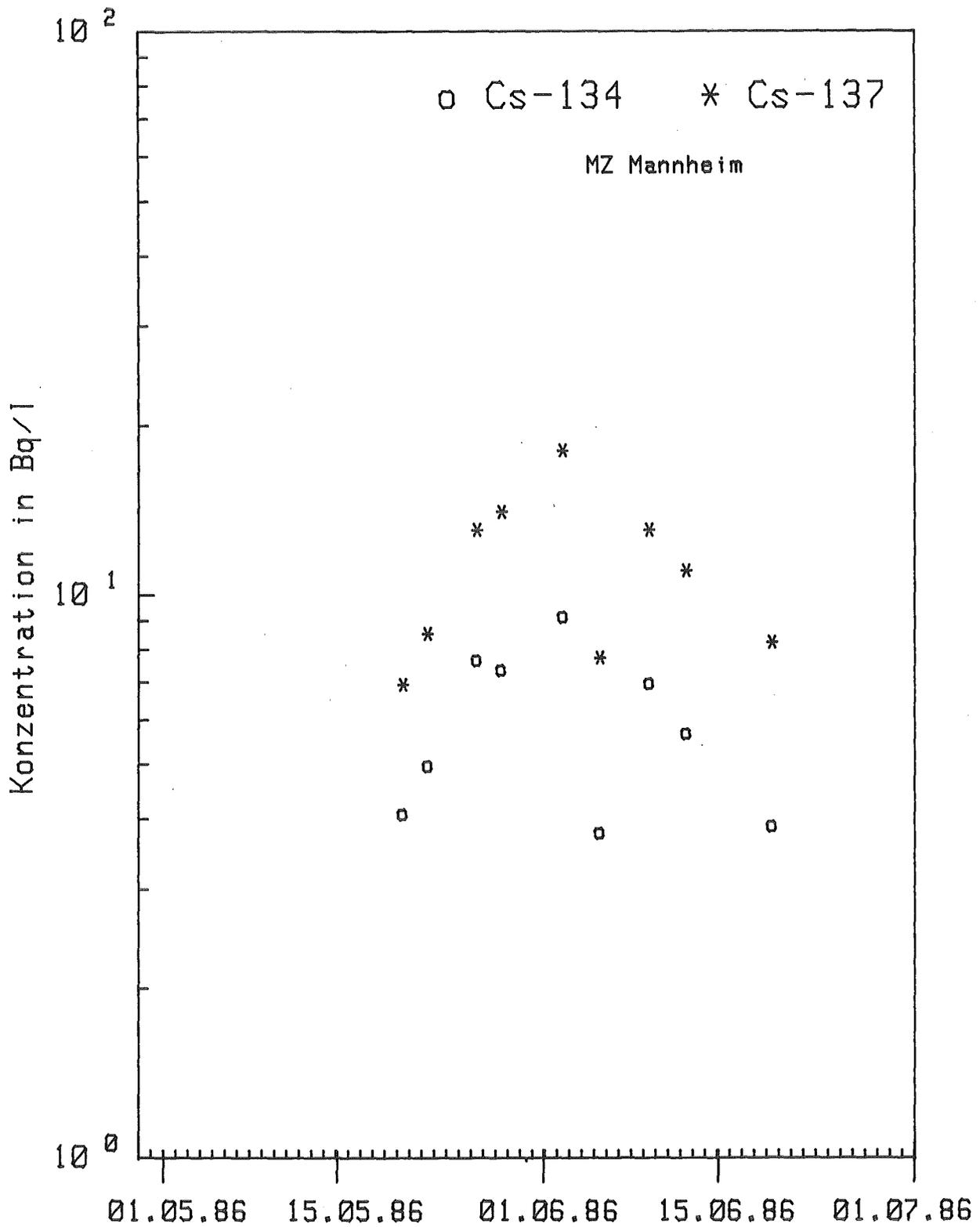


Abb. 28: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Mannheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum

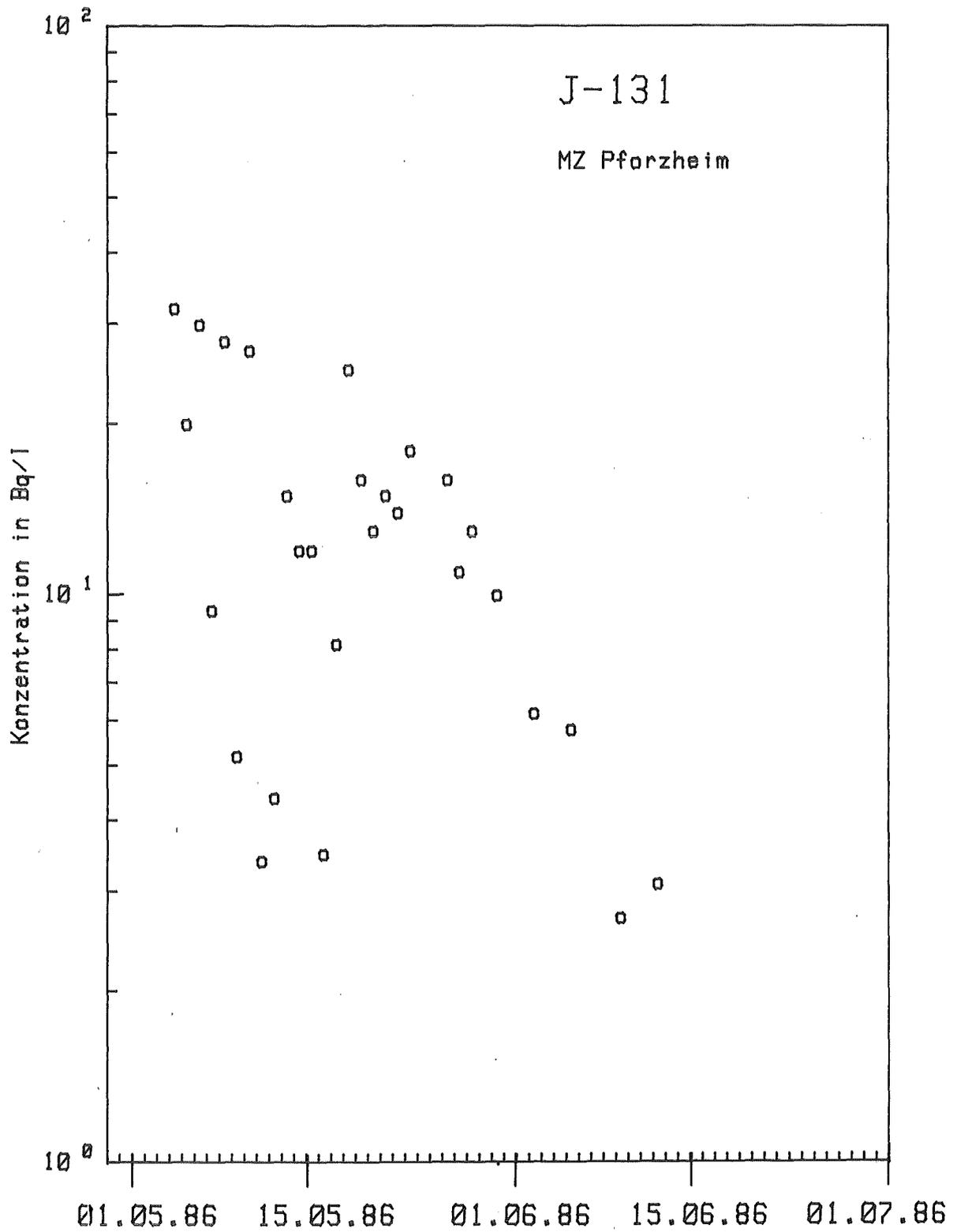


Abb. 29: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Pforzheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum

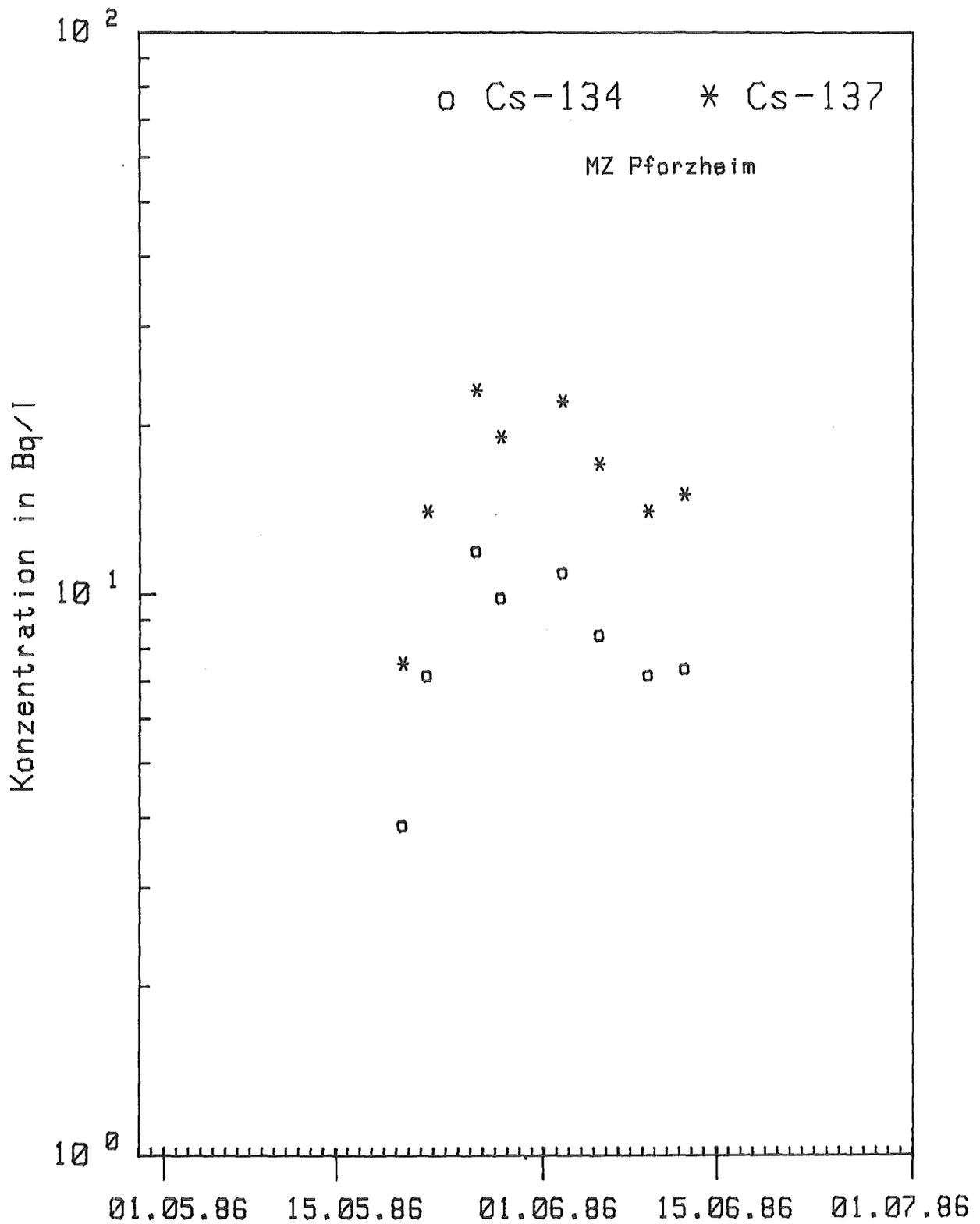


Abb. 30: Aktivitätskonzentration in Milchproben aus der Milchzentrale Pforzheim in Abhängigkeit vom Probenahmedatum

Tab. 11: I-131-Konzentrationen in Milchproben der 40 verschiedenen Sammeltouren der Milchzentrale Mannheim

Proben- nummer/ Probenahme- datum 1986	I-131- Konzentra- tion in Bq/l	Proben- nummer/ Probenahme- datum 1986	I-131- Konzentra- tion in Bq/l
7/09.05.	< 2,9	12/09.05.	12
10/11.05.	< 6,0	20./11.05.	14
15/11.05.	< 6,0	17/11.05.	14
1/11.05.	3,0	1/09.05.	14
3/09.05.	3,4	11/09.05.	14
16/11.05.	3,7	5/11.05.	15
11/11.05.	3,7	3/11.05.	16
5/09.05.	4,4	7/11.05.	16
16/09.05.	4,6	15/09.05.	17
16/09.05.	4,7	8/11.05.	19
19/11.05.	4,9	6/09.05.	21
6/11.05.	5,8	9/09.05.	22
20/09.05.	6,4	13/11.05.	26
2/11.05.	6,5	14/09.05.	36
2/09.05.	6,7	4/11.05.	37
9/11.05.	7,7	17/09.05.	44
13/09.05.	8,2	4/09.05.	47
21/11.05.	8,2	8/09.05.	73
14/11.05.	10	10/09.05.	86
12/11.05.	11	18/09.05.	93
18/11.05.	12		

Tab. 12: Aktivitätskonzentrationen von I-131 und Cs-137 in Milchproben verschiedener Sammeltouren der Milchzentrale Mannheim vom 20.05.1986

Probennummer	Aktivitätskonzentration in Bq/l	
	I-131	Cs-137
20	42	16
13	27	21
16	27	12
17	27	11
8	26	14
4	26	14
2	25	13
22	23	6
7	22	11
14	22	10
25	21	8
15	19	18
9	18	8
3	16	8
21	16	6
1	16	6
6	16	5
18	15	6
12	12	5
23	10	6
5	8	< 3
10	3	< 3

Tab. 13: Aktivitätskonzentrationen in Milch und Milchprodukten der Milchzentrale Schrozberg

Produkt	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/l, kg		
		I-131	Cs-134	Cs-137
Milch, HH*	07.05.	7,5	-	-
Milch	07.05.	24	-	-
Milch, MR*	07.05.	5,8	-	-
Milch	10.05.	14	-	-
Milch	13.05.	3,4	-	-
Milch	22.05.	7,8	-	-
Milch	27.05.	< 0,25	-	-
Milch, R*	28.05.	7	-	-
Milch	28.05.	15	-	-
Milch	14.07.	-	4,7	9,1
Schichtkäse	16.07.	-	4,7	7,8
Speisequark	16.07.	-	5,6	8,6
Saure Sahne	16.07.	-	3,6	9,9
Sahne	16.07.	-	4,1	7,4

*Milchproben von einzelnen Lieferanten

Alle Milchproben und Milchprodukte wurden unverändert γ -spektrometriert. Im allgemeinen wurden 1-l-Ringschalen benutzt. Für die Sr-89 und Sr-90-Analysen erfolgte eine Gefriertrocknung und die nachfolgende Veraschung bei 550 °C sowie die nachfolgende chemische Bestimmung der Strontium-Isotope.

Tab. 14: I-131-Aktivitätskonzentrationen in Milchproben verschiedener Herkunft

Probenahmeort/Probenbezeichnung	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq I-131/l	Probenahmeort/Probenbezeichnung	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq I-131/l
Donau/Alb	09.05.	345	Spöck/S.	20.05.	23
Bad Liebenzell/H.G.	11.05.	2,0	Spöck/H.	20.05.	7,0
Neuthard,/H.	12.05.	1,4	Büchenau/M.	21.05.	0,44
Neuthard/B.	12.05.	0,36	Büchenau/S.	21.05.	1,7
Graben-Neudorf/W.	13.05.	63	Staffort/H.	22.05.	32
Graben-Neudorf/M.	13.05.	25	Staffort/M.	22.05.	1,3
Graben-Neudorf/H.	13.05.	70	Weingarten/S.	23.05.	5,6
Rußheim/D. (Trockenf.)	14.05.	2,4	Weingarten/H.	23.05.	32
Rußheim/D. (Weide)	14.05.	35	Weingarten/O.	23.05.	57
Liedolsheim/H. (Trockenf.)	15.05.	1,7	Heidelsheim/H.	26.05.	7,9
Liedolsheim/W.	15.05.	15	Heidelsheim/W.	26.05.	16
Liedolsheim/O.	15.05.	38	Heidelsheim/P.	26.05.	16
Linkenheim-Ho./H.	16.05.	0,44	Bad Liebenzell/H.G.	27.05..	8,0
Linkenheim-Ho./Ri.	16.05.	2,0	St. Gerogen*	05.06.	3,4
Linkenheim-Ho./Ra.	16.05.	35	Frankreich/Grenade**	19.06.	-

* 2,6 Bq Cs-134/l, 5,0 Bq Cs-137/l

**0,73 Bq Cs-134/l, 2,1 Bq Cs-137/l

Tab. 15: Aktivitätskonzentrationen in Milch und Milchprodukten verschiedener Herkunft

Probenherkunft	Probenart	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/l bzw. Bq/kg		
			I-131	Cs-134	Cs-137
Südmilch	Schlagsahne	07.05.	8,9	< 0,59	< 0,70
Pforzheim	Sauerrahm Nr. 1	09.05.	16	-	-
Pforzheim	Sauerrahm Nr. 2	09.05.	18	1,1	1,9
Pforzheim	Butter	19.05.	4,5	-	-
-	Schafsmilch	21.05.	9,9	-	17
-	Ziegenmilch	21.05.	< 4,1	-	< 4,5
Schwarzwald	Schafsmilch	09.06.	5,0	9,9	20

Tab. 16: Die Aktivitätskonzentration von Sr-89 und Sr-90 in Milchproben aus der Milchzentrale Karlsruhe und vom Bauern H. in Spöck

Probenahmeort und -datum 1986	Aktivitätskonzentration in mBq/l	
	Sr-89	Sr-90
Karlsruhe, 05.05.	200	23
Karlsruhe, 07.05.	610	90
Karlsruhe, 10.05.	880	90
Spöck, 06.05.	420	95
Spöck, 07.05.	643	100
Spöck, 08.05.	830	130
Spöck, 10.05.	810	160

6 Pflanzliche Nahrungsmittel

Eine große Anzahl von pflanzlichen Nahrungsmitteln wurde aus verschiedenen Teilen von Baden-Württemberg an die KfK gesandt. Die Organisation erfolgte hier durch das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart. Die HS/R hat bevorzugt pflanzliche Nahrungsmittel aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe untersucht.

Alle pflanzlichen Nahrungsmittel wurden gereinigt und so zubereitet, wie sie üblicherweise zum Verzehr gelangen. Die so erhaltenen, meist kleingeschnittenen Proben wurden dann in 1-l-Ringschalen oder in anderen geeigneten Gefäßen, für die Kalibrierungen vorliegen, γ -spektrometriert.

Bei den untersuchten pflanzlichen Nahrungsmitteln handelt es sich vor allem um solche, bei denen eine hohe Radioaktivitätsablagerung zu erwarten war. Dies sind Salate und Blattgemüse und eine Reihe von Kräutern und Gewürzpflanzen. Außerdem wurden noch verschiedene andere Gemüse, Beeren, Obst und Pilze untersucht.

Die Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Salaten aus Baden-Württemberg und aus der näheren Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe sind in Tab. 17 dargestellt. In Tab. 18 sind die Aktivitätskonzentrationen in Spinat. In Tab. 19 sind die Aktivitätsgehalte anderer Gemüsearten angegeben wiedergegeben. In Tab. 20 sind die Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen wichtigen Kräutern und Gewürzen dargestellt. Die Aktivitätskonzentrationen in Obst und Beeren sind in Tab. 21, die Konzentrationen von Cs-134 und Cs-137 in Pilzen aus dem Hardtwald in Tab. 22 und in Pilzen anderer Herkunft in Tab. 23 wiedergegeben. In Tab. 24 wurden die Aktivitätskonzentrationen für verschiedene pflanzliche Nahrungsmittel vor dem Waschen und nach dem Waschen wiedergegeben. Die abwaschbaren Aktivitätsanteile wurden angegeben.

Tab. 17: Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Salaten aus Baden-Württemberg und aus der näheren Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
		I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
05.05.	Gerstetten/Fa. B	1 400	270	190	320
05.05.	Graben-Neudorf	280	42	12	21
06.05.	Spöck	400	40	13	25
07.05.	Fa. S.	130	13	< 12	24
07.05.	Königheim/E.	142	35	32	75
09.05.	Bad Mergentheim/P.G.	280	37	45	97
09.05.	Giengen/F.	24	-	14	26
09.05.	Grailsheim/K.	15	-	-	-
09.05.	Ettlingen/Fa. M.	63	-	< 5	10
09.05.	Erlenbach/Fa. S.	65	13	17	33
11.05.	Berweiler, Stgt.	< 10	-	-	< 5
11.05.	Berweiler, Stgt.	20	-	-	< 5
11.05.	Postweiler, Nahenh.	16	-	6,2	9,4
11.05.	Heilbronn/D.	16	-	-	-
11.05.	K'he-Ho./F.	11	-	-	-
11.05.	Heilbronn/T.	9	-	-	-
12.05.	Neuthard	25	-	-	-
12.05.	Neuthard*	260	-	-	25
13.05.	Graben-Neudorf	79	-	-	16
14.05.	Rußheim	< 22	-	-	< 36
14.05.	Rußheim*	140	-	-	30
15.05.	Liedolsheim	8,5	-	-	-
16.05.	Linkenheim-Ho.	< 3,3	-	-	57
16.05.	Linkenheim-Ho. (Kresse)	90	-	-	18
20.05.	Spöck	< 8,7	-	-	-
21.05.	Büchenau	< 2,9	-	-	< 4,6
21.05.	Büchenau	43	-	-	< 6,7

Tab. 17: Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Salaten aus Baden-Württemberg und aus der näheren Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
		I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
22.05.	Staffort	6,5	-	-	-
23.05.	Weingarten	< 3,1	-	-	-
26.05.	Heidelsheim	4,2	-	-	-
08.07.	Ökobauer, Gärtnerei/E.	-	-	-	< 3,9
08.07.	Gärtnerei/K.	-	-	-	< 1,6

Tab. 18: Aktivitätskonzentrationen in Spinat aus Baden-Württemberg und aus der näheren Umgebung des KfK

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
		I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
05.05.	Spöck	1 300	120	21	43
09.05.	Heubach-Lautern	1 600	160	110	190
09.05.	Giengen/F.	1 200	150	100	180
09.05.	Neuenstein-Kleinhirsch	1 300	110	130	180
09.05.	Neuenstein-Ro.	2 200	140	86	180
11.05.	Karlsruhe/B.	660	42	65	120
11.05.	Stuttgart-Berweiler	890	62	67	130
11.05.	Eberstadt/R.	960	64	57	110
12.05.	Neuthard/B.	250	-	-	29
14.05.	Rußheim/D.	630	23	43	130
20.05.	Spöck	14	-	-	12
21.05.	Büchenau	11	-	-	-
23.05.	Weingarten	12	-	-	6,7
26.05.	Heidelsheim/H.	10	-	-	< 3,4
15.07.	Sandweier	-	-	-	< 1,5

Tab. 19: Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Gemüsearten aus der Umgebung von Karlsruhe

Probenart	Probenahmedatum 1986	Probenort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Rhabarber	03.05.	Lichtental	74	-	-	-
Rhabarber	05.05.	Weingarten	38	7,9	-	-
Rhabarber	08.05.	Bad Steinach	54	-	-	-
Rhabarber	09.05.	Niederstetten/R.	34	-	-	-
Rhabarber	12.05.	Neuthard/L.	22	-	-	-
Rhabarber	13.05.	Graben-Neudorf	59	-	-	-
Rhabarber	14.05.	Rußheim	13	-	-	-
Rhabarber	15.05.	Liedolsheim	< 7,2	-	-	-
Rhabarber	16.05.	Linkenheim-Ho.	16	-	-	-
Rhabarber	21.05.	Büchenau	7,9	-	-	-
Rhabarber	23.05.	Weingarten	7,2	-	-	< 5,5
Rhabarber	26.05.	Heidelsheim	2,5	-	-	< 1,2
Spargel, ungeschält	05.05.	Spöck	2,8	-	-	-
Spargel	13.05.	Graben-Neudorf	< 2,0	-	-	< 2,0
Spargel	14.05.	Rußheim	< 4,2	-	-	< 6,9
Spargel	15.05.	Liedolsheim	< 1,1	-	-	< 2,7
Spargel	16.05.	Linkenheim-Ho.	< 1,8	-	-	< 2,3
Spargel	20.05.	Spöck	< 1,6	-	-	< 2,0
Spargel	21.05.	Büchenau	< 1,7	-	-	< 2,2
Spargel	22.05.	Staffort/H.	< 1,8	-	-	< 2,5
Spargel	23.05.	Weingarten	< 1,6	-	-	< 2,2
Radieschen	06.05.	KfK	100	-	-	-
Radieschen	12.05.	Neuthard	13	-	3,1	5,6
Radieschen	13.05.	Graben-Neudorf	< 14	-	-	6,9
Radieschen	20.05.	Spöck	< 3,2	-	-	< 4,1
Lauchsetzlinge	03.05.	Sontheim/E.	1 700	400	350	510
Lauch	08.05.	Baden-Baden	60	12	13	22
Zwiebeln	06.05.	Gaildorf/K.	14	-	-	-
Treibhausgurken	07.05.	K'he-Großmarkt	NWG	NWG	NWG	NWG
Erbsen	25.06.	Heidelsheim	-	-	-	< 2,0

Tab. 20: Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Kräutern und Gewürzen

Probenart	Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Petersilie	06.05.	Gaildorf/C.	NWG	NWG	NWG	NWG
Petersilie	08.05.	Bad Steinach	2 000	120	92	210
Petersilie	08.05.	K'he/Fa. F.	1 300	180	190	310
Petersilie	09.05.	Aalen/P.	1 300	180	260	500
Petersilie	09.05.	SB Großmarkt	1 600	160	180	340
Petersilie	09.05.	Maxdorf/F.	1 400	150	160	270
Petersilie	09.05.	Maxdorf/Fa. S.	2 200	230	200	400
Petersilie	09.05.	Zeiskam/Fa. St.	1 200	190	98	220
Petersilie	09.05.	Elwangen/G.	1 100	41	68	98
Petersilie	09.05.	K'he/Postw.	760	54	43	55
Petersilie	09.05.	Freudenstadt/Sch.	750	74	59	81
Petersilie	09.05.	Aalen/D.	1 600	210	310	520
Petersilie	10.05.	K'he/K.	910	58	98	210
Petersilie	10.05.	K'he/Fa. M.F.	2 700	230	200	410
Petersilie	13.05.	Graben-Neudorf	450	17	30	48
Petersilie	15.05.	Liedolsheim	39	87	67	120
Petersilie	15.05.	Hochstadt/G.	350	26	45	78
Petersilie	16.0.5	Linkenheim-Ho.	240	-	12	23
Petersilie	22.05.	Staffort	43	-	-	-

Tab. 20: Fortsetzung

Probenart	Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Petersilie	23.05.	Weingarten	99	-	-	-
Petersilie	23.05.	Weingarten/H.	49	-	-	11
Schnittlauch	05.05.	Weingarten	1 900	300	83	130
Schnittlauch	09.05.	Freudenberg	600	30	28	47
Schnittlauch	12.05.	Neuthard	640	24	27	54
Schnittlauch	14.05.	Rußheim	380	12	21	46
Schnittlauch	15.05.	Liedolsheim	220	6,3	18	38
Schnittlauch	16.05.	Linkenheim-Ho.	310	-	-	30
Schnittlauch	20.05.	Spöck	160	-	-	-
Schnittlauch	22.05.	Staffort	120	-	-	-
Schnittlauch	23.05.	Weingarten	190	-	55	71
Schnittlauch	23.05.	Weingarten/H.	65	-	-	34
Schnittlauch	26.05.	Heidelsheim/H..	14	-	-	< 2,5
Kerbel	08.05.	Bad Steinach	1 300	97	100	220
Liebstockel	12.05.	Neuthard	1 600	44	65	110
Liebstockel	16.05.	Linkenheim-Ho.	600	12	26	44
Liebstockel	26.05.	Heidelsheim	210	-	32	39
Melisse	27.05.	Offstein	25	-	18	42
Melisse, getrocknet	27.05.	Offstein	-	-	-	250

Tab. 21: Aktivitätskonzentrationen in Obst und Beeren

Probenart	Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Kirschen	25.06.	Leopoldshafen	-	-	9,0	17
Erdbeeren	25.06.	Eggenstein	-	-	-	2,0
Himbeeren	04.07.	Eggenstein	-	-	4,5	8,8
Johannisbeeren	04.07.	Eggenstein	-	-	24	48
Heidelbeeren	11.07.	Menzenschwand	-	-	28	57
Stachelbeeren	12.07.	Leopoldshafen	-	-	9,8	18

Tab. 22: Aktivitätskonzentration von Cs-134 und Cs-137 in Pilzen aus dem Hardtwald, Raum Karlsruhe

Pilzsorten	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/kg	
		Cs-134	Cs-137
Maipilze	19.05.	6,4	10
Netzstieliger, Hexenröhrling	25.05.	-	4,0
Netzstieliger, Hexenröhrling, Steinpilze, Wiesenchampignon	01.06.	-	< 6,2
Steinpilze, Perlpilze, Brauner Dachpilz, Ziegenlippe, Täubling	08.06.	11	36
Steinpilze	08.06.	1,0	4,1
Hainbuchenröhrlinge, Rotfußröhrlinge, Perlpilze, Täublinge	15.06.	-	8,7
Perlpilze, Täublinge, Birkenpilz, Steinpilze	23.06.	34	84
Perlpilze, Steinpilze, Hainbuchenröhrlinge	29.06.	-	24
Rüblinge	20.07.	2,1	6,6
Hainbuchenröhrlinge, Frauentäublinge, Flaschenbovist	20.07.	-	< 13
Champignon, Birkenpilze	20.07.	-	5,5
Körnchenröhrlinge	28.07.	< 5,2	15
Steinpilze	28.07.	< 1,5	4,9
Champignon	28.07.	< 7,3	< 7,1
Rüblinge, Täublinge	03.08.	-	15

Tab. 23: Aktivitätskonzentration in Pilzen unterschiedlicher Herkunft

Probenahmeort	Pilzsorte	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/kg	
			Cs-134	Cs-137
Wolfartsweier	Morcheln	05.05.	10	36
Neckarbischofsheim	Braunkappen	25.05.	3,9	4,8
Friedrichstal	-	28.05.	5,6	29
Crailsheim	-	28.05.	43	90
Menzenschwand	Pfifferlinge	11.07.	70	134
Menzenschwand	Mischpilze	11.07.	51	116
Bohlingen/Bodensee	Frauentäublinge, Ziegenlippen	13.07.	11	24

Tab. 24: Einfluß des Waschens auf die Aktivitätsablagerungen auf pflanzlichen Nahrungsmitteln

Probenbezeichnung, Probenahmeort und -datum 1986	Probenart und -zustand	Aktivitätskonzentration in Bq/kg		
		I-131	Te-132/ I-132	Cs-134 + Cs-137
Spöck, 05.05.	Spinat, ungewaschen	1 500	250	172
	Spinat, gewaschen	1 300	120	64
	Spinat, abgew. in %	13	52	63
Heubach- Lautern/G.S., 09.05.	Spinat, ungewaschen	2 100	310	690
	Spinat, gewaschen	1 600	160	310
	Spinat, abgew. in %	24	48	55
Karlsruhe/B., 11.05.	Spinat, ungewaschen	720	37	320
	Spinat, gewaschen	660	42	185
	Spinat, abgew. in %	8	-	42
Neuthard/Bg., 12.05.	Spinat, ungewaschen	430	40	93
	Spinat, gewaschen	250	-	29
	Spinat, abgew. in %	42	-	69
Graben- Neudorf, 05.05.	Salat, ungewaschen	440	110	118
	Salat, gewaschen	280	42	33
	Salat abgew. in %	36	62	72
Spöck, 06.05.	Salat, ungewaschen	450	83	72
	Salat, gewaschen	400	40	38
	Salat abgew. in %	11	52	47
Elwangen/G., 09.05.	Petersilie, ungewaschen	1 500	120	340
	Petersilie, gewaschen	1 100	41	196
	Petersilie, abgew. in %	27	66	45
K'he-Postweiler, 09.05.	Petersilie, ungewaschen	1 400	66	123
	Petersilie, gewaschen	760	54	98
	Petersilie, abgew. in %	46	18	20

7 Aktivitätsablagerungen am Boden

Für die zukünftige Dosisexposition nach dem Jahr 1986 ist es wichtig, die Gesamtablagerung radioaktiver Isotope pro m^2 zu kennen. Eine große Anzahl von Bodenproben, in denen vor allem I-131, Cs-134, Cs-137 und Ru-103 bestimmt wurden, wurden in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe genommen. Drei Proben aus Neckarwestheim, Fessenheim und Philippsburg wurden von den dortigen Kernkraftwerken zur Verfügung gestellt. In einigen wenigen Fällen wurden Proben auch auf Te-132 ausgemessen.

Die Probenahme erfolgte mit Stechzylindern im allgemeinen bis zu Tiefen von 5 cm, in einigen Sonderfällen bis zu Tiefen von 20 cm. Die Proben wurden dann ohne weitere Vorbehandlung homogenisiert und in 1-l-Ringschalen γ -spektrometriert. Die Ergebnisse sind in Tab. 25 wiedergegeben.

Wegen der Beunruhigung vieler Bürger über die Kontamination von Sandkästen, Spielplätzen und dem Strand von Baggerseen wurden eine Reihe von Sandproben auf die wichtigsten vier Radionuklide untersucht. Die Probenahme erfolgte an der Oberfläche des Sandes. Die Messung erfolgte ohne weitere Probenvorbereitung. Die Ergebnisse sind in Tab. 26 dargestellt.

Für die Aktivitätszufuhr zum Boden ist die Ablagerung durch Niederschläge von besonderer Bedeutung. Nach dem Durchzug der Wolke waren die ersten Niederschläge am 5. und 6. Mai 1986 von geringer Bedeutung. Ausgedehnte Niederschläge wurden am 7. Mai 1986 gemessen. Die Ergebnisse der Ablagerungen durch Niederschläge sind bis zum 16. Mai 1986 in Tab. 27 dargestellt.

Tab. 25: Aktivitätsablagerungen am Boden in der Umgebung des KfK

Probenahmeort	Probenahmedatum 1986	Tiefe in cm	Abgelagerte Aktivität in Bq/m ²				
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137	Ru-103
Neuthard	09.05.	20	1 970	1 104	-	2 178	-
Neuthard, W.	30.05.	5	943	-	788	1 993	1 993
Neuthard, P.	30.05.	5	662	-	792	2 176	2 176
Graben-Neudorf, Süd	30.05.	5	916	-	1 007	2 747	2 839
Graben-Neudorf, Ost	30.05.	5	619	-	718	1 975	2 064
Rußheim, Süd	30.05.	5	652	-	552	1 706	1 605
Rußheim, Ost	30.05.	5	664	-	636	1 590	1 590
Liedolsheim, Ost	30.05.	5	290	-	319	1 257	957
Liedolsheim, West	30.05.	5	553	-	513	1 307	1 307
Linkenheim-Ho., West	30.05.	5	616	-	308	1 062	945
Linkenheim-Ho., Ost	30.05.	5	406	-	480	1 602	1 068
Spöck, Süd	30.05.	5	970	-	683	2 278	2 278
Spöck, Nord	30.05.	5	688	-	514	1 440	1 645
Büchenau, West	30.05.	5	648	-	648	1 837	1 547
Büchenau, Ost	30.05.	5	1 039	-	959	2 425	2 339
Staffort, West	30.05.	5	740	-	604	1 771	1 368
Staffort, Südosten	30.05.	5	1 414	-	1 149	2 829	3 138
Weingarten, Süd	30.05.	5	973	-	1 102	2 835	2 835
Weingarten, Nord	30.05.	5	859	-	820	2 469	2 371
Heidelsheim, H	30.05.	5	1 401	-	2 402	4 605	4 204
Heidelsheim, K	30.05.	5	522	-	602	1 706	1 606
Leopoldshafen	06.05.	20	2 880	1 026	-	2 340	-
Eggenstein	06.05.	20	-	-	424	1 591	-
KfK	06.05.	20	584	-	-	2 353	-
Mörsch, Wald	10.06.	5	36	-	44	2 730	201
Neckarwestheim	09.05.	20	21 600	-	2 999	5 733	11 025
Philippsburg	12.05.	20	9 874	-	956	3 196	3 739
Fessenheim	13.05.	5	2 268	-	504	1 166	1 103

Tab. 26: Aktivitätskonzentrationen in Sand von Sandkästen, Spielplätzen und Baggerseen

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch			
		I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
06.05.	Sandkasten, Eggenstein.	153	73	17	43
06.05.	Spielplatz, Neuthard	460	270	64	120
06.05.	Baggersee, Spöck	140	160	29	63
07.05.	Spielplatz, Leopoldshafen	150	320	86	140
07.05.	Spielplatz, Linkenheim	170	300	92	160
07.05.	Sandkasten, Hagenbach	67	29	29	45
18.05.	Sandkasten, Karlsruhe, Hagenstraße	60	39	65	140
18.05.	Sandkasten, Karlsruhe, Stefanienstraße	28	-	26	49
18.05.	Kindergarten, Karlsruhe, Kopernikusstraße	78	-	-	7,1

Tab. 27: Aktivitätsablagerung durch Niederschläge

Probenahmeort	Probenahmedatum 1986	Aktivitätsablagerung in Bq/m ²				
		I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137	Ru-103
KfK	05.05.	580	350	8,9	16	130
KfK	06.05.	3 660	2 120	< 200	400	1 544
KfK	07.05.	5 300	2 420	195	549	1 490
KfK	08.05.	319	23	< 220	< 44**	< 50
KfK	11.05.	275	-	182	250	< 29
KfK	14.05.	130	-	70	195	< 26
KfK	15.05.	29	-	23	30	< 5,5
KfK	16.05.	63	-	< 20	41	41
Summe		10 400	4 910	-	1 530	-
Weingarten*						
E	15.05.	< 2,4	-	-	-	33
G	15.05.	78	-	-	-	-

*Angaben in Bq/l

**Aus den Daten vom 11.05.1986 abgeschätzt, da Meßwerte und Probe verloren gingen.

Tab. 28: Aktivitätskonzentration in Rindfleischproben aus Baden-Württemberg

Probenherkunft und -bezeichnung	Probenahmedatum 1986	Organ*	Aktivitätskonzentrationen in Bq/kg frisch			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Bad Wurzach	12.05.	F + I	270	300	550	1 010
Villingen, F1	12.05.	F	< 2,9	-	-	-
Villingen, F2	12.05.	L	< 2,7	-	-	< 5,4
Villingen, F3	12.05.	N	1,8	3,0	-	< 2,0
Pforzheim, HM1	13.05.	L	< 2,5	-	-	24
Pforzheim, HM2	13.05.	F	< 1,4	-	-	-
Pforzheim, Schlachthof	13.05.	N	1,6	3,1	-	< 2,1
Tuttlingen, Schlachthof	26.05.	F	< 6,1	-	-	4,5
Tuttlingen, Schlachthof	26.05.	L	< 2,5	-	-	< 2,6
Tuttlingen, Schlachthof	26.05.	F	< 3,8	-	11	20
Tuttlingen, Schlachthof	26.05.	L	2,6	-	-	10
Villingen, F4	26.05.	F	2,9	-	-	10
Villingen, F5	26.05.	L	6,9	-	8,2	13
Rottweil, Schlachthof	26.05.	F	< 0,7	-	-	< 1,2
Rottweil, Schlachthof	26.05.	L	< 0,8	-	-	< 1,5
Mannheim, B1	26.05.	H	4,4	-	-	< 1,2
Mannheim O1	26.05.	L	< 0,8	-	-	< 1,2
Mannheim, O2	26.05.	H	< 0,8	-	-	< 1,2
Mannheim, B2	26.05.	L	13	-	-	9,4
Eschelbach	13.06.	L	-	-	-	< 1,4
Eschelbach	13.06.	F	-	-	-	< 1,4
Walldorf	20.06.	L	-	-	-	< 0,9
Walldorf	20.06.	F	-	-	-	< 1,4

*Organ: F = Fleisch, I = Innereien, L = Leber, N = Niere, H = Hals

8 Radioaktivität in Fleisch

Der Transfer von Radiocäsium ins Fleisch, weniger der von I-131 und Te-132, ist für die Dosisexposition der Bevölkerung von Bedeutung. Aus diesen Gründen hat das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg an die HS/R eine Reihe von Fleischproben aus Baden-Württemberg zur Ausmessung geleitet. Gleichzeitig wurde von der HS/R ein Meßprogramm durchgeführt, bei dem in verschiedenen Arten von Fleisch die Radiocäsiumkonzentration werden soll.

Die eingegangenen Fleischproben wurden - falls notwendig - zerkleinert und in geeignete Gefäße - wenn möglich - in 1-l-Ringschalen gebracht und γ -spektrometriert. Die Ergebnisse sind getrennt nach Rindfleisch, Kalb- und Schweinefleisch, Schafffleisch, Wildfleisch und Fischfleisch in den Tabn. 28 bis 32 wiedergegeben. In Tab. 33 werden die Aktivitätskonzentrationen in Honig, Eigelb und Eiweiß angegeben.

Tab. 29: Aktivitätskonzentration in Kalb- und Schweinefleischproben aus Baden-Württemberg

Probenherkunft und -bezeichnung	Probenahmedatum 1986	Organ*	Aktivitätskonzentrationen in Bq/kg frisch			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Biberach, R1	13.05.	Kalb: Sch	37 600	-	470	770
Biberach, R2	13.05.	F	101	-	540	1 020
Biberach, R3	13.05.	I	188	-	400	690
Freiburg, F	20.05.	Schwein: H	< 2,1	-	-	< 2,5

*Organ: F = Fleisch, I = Innereien, H = Hals, Sch = Schlund

Tab. 30: Aktivitätskonzentrationen in Schafffleischproben aus Baden-Württemberg und anderen Teilen der Bundesrepublik Deutschland

Probenherkunft und -bezeichnung	Probenahme-datum 1986	Organ*	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Biberach, R1	13.05.	F	167	-	1 000	2 000
Biberach, R2	13.05.	I	65 600	-	1 500	2 700
Bad Waldsee	13.05.	F + I	2,9	-	-	-
Bad Waldsee	13.05.	F + I	1 200	200	730	1 100
Reutlingen-St.Joh. 1	13.05.	F	3,7	-	-	< 2,7
" 1	13.05.	I	18	-	-	< 9,6
" 2	13.05.	F	59	-	128	290
" 3	13.05.	F	58	-	154	320
" 3	13.05.	I	122	10	27	73
" 4	13.05.	F	< 5,7	-	-	< 8,0
" 4	13.05.	I	< 6,0	-	-	< 6,0
" 5	13.05.	F	171	-	290	540
" 5	13.05.	I	900	59	310	490
" 6	13.05.	F	221	-	352	647
" 6	13.06.	I	1 244	174	208	488
Viernheim	13.05.	F	-	-	6,2	12
Norddeutschland	20.06.	F	-	-	108	205
Norddeutschland	27.06.	B	-	-	70	140
Norddeutschland	03.07.	B	-	-	40	83
Norddeutschland	11.07.	F	-	-	49	96
DDR	18.07.	F	-	-	17	33
DDR	18.07.	Ft	-	-	-	5,6
Bayern	25.07.	B	-	-	7,3	12,0
Bayern	01.08.	B	-	-	3,5	9,0

*F = Fleisch, I = Innereien, B = Bug, Ft = Fett

Tab. 31: Aktivitätskonzentrationen in Wildfleischproben aus Baden-Württemberg

Probenherkunft	Probenahmedatum 1986	Tierart/ Organ*	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch		
			I-131	Cs-134	Cs-137
Mörsch	12.06.	Wildkaninchen	-	29	51
Menzenschwand	21.06.	Hirsch/I	-	240	570
Friedrichstal	11.07.	Hirsch/F	-	7,7	15
Friedrichstal	11.07.	Hirsch/I	-	-	< 6,0
Ravensburg, V.	11.05.	Reh/F	610	2 000	3 700
Mörsch	30.05.	Reh/F	5,8	56	112
Menzenschwand	05.07.	Reh/Lu	-	41	89
Menzenschwand	05.07.	Reh/L + N	-	82	165
Menzenschwand	05.07.	Reh/Ko	9,3	95	200
Calmbach	08.06.	Reh/I	-	41	89

*F = Fleisch, I = Innereien, L = Leber, Lu = Lunge, N = Niere,
Ko = Kopf,

Tab. 32: Aktivitätskonzentrationen in Forellenfleischproben aus Baden-Württemberg-

Probenherkunft	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch		
		I-131	Cs-134	Cs-137
Baden-Baden	16.05.	< 2,8	-	2,9
Menzenschwand	21.06.	-	-	11
Menzenschwand	05.07.	-	< 3,2	5,1

Tab. 33: Aktivitätskonzentrationen in anderen Nahrungsmitteln

Probenart	Probenahmeort	Probenahmedatum 1986	Aktivitätskonzentration in Bq/kg			
			I-131	Te-132	Cs-134	Cs-137
Eigelb	Weingarten	04.05.	23	3,6	-	-
Eiweiß	Weingarten	04.05.	13	-	-	-
Honig	Linkenheim	27.05.	180	-	25	43
Honig	Karlsbad	02.06.	18	-	17	35

9 Radioaktivität in Wasser

Praktisch alle Nahrungsmittel, die in den ersten Wochen nach dem Reaktorunfall 1986 produziert wurden, waren mehr oder weniger durch I-131 kontaminiert. Viele nach dem Unfall produzierten Nahrungsmittel sind 1986 noch durch Cs-134 und Cs-137 kontaminiert. Das Eindringen von Radioiod und -cäsium in das Grundwasser ist nicht zu erwarten. Für Oberflächenwässer gilt im wesentlichen, daß bereits kurze Zeit nach dem Durchzug der Wolke eine nennenswerte Kontamination nicht mehr zu erwarten war.

Unabhängig davon wurden uns aus uns unbekanntem Gründen vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg eine große Anzahl von Wasserproben zur Messung zugeleitet. Die Ergebnisse der I-131-Messungen - wie erwartet im wesentlichen Nulleffekte - sind in den Tabn. 34 und 35 wiedergegeben. Die Cs-137-Ergebnisse wurden in den Tabn. 36 und 37 dargestellt.

Ein kleiner Satz von Proben, im wesentlichen aus Oberflächenwässern und Bädern der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe, wurde durch die HS/R selbst genommen. In diesem Fall wurde grundsätzlich jede Probe mit einem Reduktionsmittel und Trägeriodid versetzt. Der pH-Wert wurde auf pH 10 eingestellt. Alle Proben wurden, um Kontaminationen der Flaschen von außen nicht als Konzentrationen des Wassers zu identifizieren, in Gefäße umgefüllt, wie sie in der HS/R eingesetzt werden.

Tab. 34: I-131-Aktivitätskonzentrationen in Wasserproben aus Baden-Württemberg

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/l I-131
02.05.	Altrhein, Leopoldshafen	< 1,4
05.05.	Altrhein, Leopoldshafen	1,1
05.05.	Wasserwerk Rheinwald	< 0,14
05.05.	Wasserwerk Hardtwald	< 0,22
05.05.	Wasserwerk Mörscher Wald	< 0,21
06.05.	Wasserwerk Mannheim-Käfertal	< 0,096
06.05.	Biberach Wasserversorgung Kirchdorf	< 0,24
06.05.	Bodenseewasserversorgung Sipplingen/Süßenmühle	< 0,19
06.05.	Rohwasser Donau, unterhalb Staustufe Leipheim	4,1
06.05.	Wasserwerk Langenau, Reinwasser	0,11
06.05.	Stadtwerke Rottenburg, Bronnbachquelle	0,15
06.05.	Bronnbachquelle, Reinwasser	< 1,3
06.05.	Bronnbachquelle, Rohwasser	1,1
06.05.	Wasserwerk Schwäbisch Hall	0,28
06.05.	Wasserwerk Stuttgart-Gallenklingen	< 0,26
06.05.	Wasserwerk Ammertal-Schönbuch	< 0,29
06.05.	Wasserwerk Egau	< 0,24
06.05.	Pumpwerk Mergelsstetten	< 0,32
06.05.	Pumpwerk Aufhausen	< 0,18
06.05.	Honau, Neubrunnen-Lichtenstein	< 0,48
06.05.	Honau-Hochbehälter-Sonnenhalde	< 0,61
06.05.	Baggersee Spöck	2,1
06.05.	Freibad Durlach	2,4

Tab. 34: Fortsetzung

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/l I-131
07.05.	Freibad Maikammer	1,8
07.05.	Thermalbad Baden-Baden	0,32
07.05.	Winnenden Eigenwasser Stöckach	< 1,3
07.05.	Aalen, Nr. 1	< 2,1
07.05.	Aalen, Nr. 2	< 2,1
07.05.	Aalen, Nr. 3	< 1,6
07.05.	Aalen, Nr. 4	< 0,75
07.05.	Aalen, Nr. 5	< 1,1
07.05.	Brauchwasser Wasserwerk	6,3
07.05.	Hochbehälter Luss, Karlsruhe	< 0,24
07.05.	Wasserwerk Lahr-Heysweiler	< 0,27
07.05.	Wasserwerk Allmendingen, Hochsträß-Wasserversorgung I	< 0,15
07.05.	Mineralbrunnen AG Bad Teinach	< 0,15
07.05.	Bodensee Wasserversorgung-Sipplingen	0,48
07.05.	Gallusquelle, Sigmaringen	< 1,3
07.05.	Wasserwerk Albstadt	< 2,1
07.05.	Teuchelquelle	< 0,37
07.05.	Wasserwerk Schleiftal	< 0,55
07.05.	Wasserwerk Hirsau	< 0,55
07.05.	Alte Pumpstation Stammheim	< 0,24
07.05.	Althengstett (Hallenbad)	< 0,41
07.05.	Hochbehälter Bodenweiler	< 0,39
07.05.	Schöpfbehälter Umkirch	< 0,31

Tab. 34: Fortsetzung

Probenahme- datum 1986	Probenahmeort	Aktivitäts- konzentra- tion in Bq/l I-131
07.05.	Winnenden Eigenwasser Steingrube	< 0,29
07.05.	Hinterzarten, HB, Brudersteig	< 0,54
07.05.	Lenzkirch, HB, Schliecht	< 0,51
07.05.	Hochbehälter Bötzingen	< 0,44
07.05.	Hochbehälter Ehrenkirchen	< 0,50
07.05.	St. Märgen, alter HB Quellwasser	< 0,55
07.05.	Altglashütten, Quellwasser, HB Sommerberg	< 0,54
08.05.	Bodensee Wasserversorgung Reinwasser	< 2,4
08.05.	Bodensee Wasserversorgung Rohwasser	< 2,3
08.05.	Wasserwerk am Sägeteich, Offenburg	< 2,4
08.05.	Unteres Neckartal, Tübingen	< 2,4
08.05.	Wasserwerk Heusen, Freiburg	< 2,3
08.05.	Galerie Schloß Mochental	< 0,82
08.05.	Wasserwerk Langenau	< 1,3
08.05.	Wasserversorgung Ulm-Stadtwerke	< 2,3
08.05.	Wasserwerk Blaubeuren	< 1,8
08.05.	Wasserwerk Langenau, Donauwasser	8,1
08.05.	Wasserwerk Gundershofen	< 2,3
08.05.	Wasserversorgung Leutkirch	< 2,4
08.05.	Kleine Herberggruppe	< 0,51
08.05.	Hochbehälter Bebenhausen, Tübingen	< 0,37
08.05.	Wasserwerk Kiebingen, Rohrkeller, Ammertal- Schönbuchgruppe	< 0,33
08.05.	Wasserversorgung Ammertal-Schönbuchgruppe	< 0,60

Tab. 34: Fortsetzung

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/l I-131
08.05.	Wasserwerk Kentheim	< 0,35
08.05.	Herrenberg, Gemeinde Gültstein	< 0,49
08.05.	Stadtwerke Heidenheim, Siebenter Fuß	< 0,41
09.05.	Gemeinde Forbach	< 0,40
09.05.	Sammelschacht Quellen Horden	< 0,37
09.05.	Wasserwerk Einlauf Hornisgrinde	< 0,38
09.05.	Hornisgrinde (Wasserhahn)	< 0,41
09.05.	Wasserwerk Bruchsal	< 0,38
09.05.	Mischwasser Obergrombach	< 0,44
09.05.	Untere Wegquelle Untergrombach	< 0,52
09.05.	Mischwasser Heildelshheim	< 0,40
09.05.	Lenningen/Ortsteil Schlattstall	< 0,35
09.05.	Wendlingen/Pumpstation-Schäferbau	< 0,48
09.05.	Lenningen/Quelle Oberlenn-Kalkgrabenquelle	< 0,33
09.05.	Lenningen/Ortsteil Sutenberg	< 0,76
09.05.	Lenningen/Quelle Oberlenningen	< 0,60
09.05.	Wendlingen/Pumpstation im Wert	< 0,55
09.05.	Wendlingen/Pumpstation-Unterbaihingen	< 0,34
10.05.	Kleine Kinzig, Zulauf "Hüttenbächle"	< 0,83
10.05.	Kleine Kinzig, "Rohrkeller"	< 0,15
12.05.	Wasserversorgung Nordostwürttemberg, PW Wörth	< 0,71
12.05.	Wasserversorgung Nordostwürttemberg, Mischwasser Kalkhofen	< 0,29
12.05.	Tübingen-Bebenhausen	< 2,8

Tab. 34: Fortsetzung

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/l I-131
12.05.	Sigmaringen/Gämmertingen	< 0,42
12.05.	Wasserversorgung Biberach	< 0,44
12.05.	Waldorf-Haesloch, Br. 2	< 0,46
12.05.	Ravensburg-Berg	< 0,50
13.05.	Friedrichshafen, Schwarzenbach-Mecklenbeuren	< 0,54
14.05.	Böblingen-Eningen/Hörnle	< 1,7
14.05.	Böblingen-Eningen, Maurener Tal	< 3,2
14.05.	Böblingen-Eningen, Füllesbrunnen	< 1,3
14.05.	Starzel-Eyach, Salenweier	< 2,6
14.05.	Starzel-Eyach, Reinwasser	< 2,6
15.05.	Tübingen-Bebenhausen	< 1,1
15.05.	Weingarten, Rückhaltebecken	< 2,4
15.05.	Baggersee Weingarten	< 3,1
15.05.	Stadtwerke Herbrechtingen/Stockbr.	< 2,6
16.05.	Bodensee, Reinwasser	< 0,96
16.05.	Bodensee, Rohwasser	0,35
20.05.	Bodensee, II. Hauptleitung	< 0,36
20.05.	Landeswasserversorgung Langenau, Filterspülung	< 2,4
20.05.	Landeswasserversorgung Langenau, Reinwasser	< 2,4
22.05.	Landeswasserversorgung Langenau, Reinwasser	< 0,63
22.05.	Landeswasserversorgung Langenau, Filterspülung	0,47
22.05.	ZV Bodensee, II. Hauptleitung	0,30
22.05.	Bronnbachquelle (Papiermühle)	< 0,89

Tab. 35: I-131-Aktivitätskonzentrationen in Rohwasserproben, deren wiederholte Ausmessung vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart, veranlaßt wurde

Probenahmedatum 1986	I-131-Aktivität in Bq/l					
	Bodenseewasserversorgung Sipplingen	Landeswasserversorgung Donau bei Leipheim	Wasserwerk Egau- Dischingen	Kleine Kinzig	Stadtwerke Rottenburg, Bronnbach- quelle	Oberndorf/ Neckar, Wasserwerk Mühlberg
09.05.	< 1,6	7,1	< 1,2	< 0,42	< 1,3	< 0,91
10.05.	< 0,89	5,8	< 1,8	< 1,1	< 1,1	< 0,91
11.05.	< 1,7	3,4	< 0,93	< 2,3	< 1,9	< 0,65
12.05.	< 0,60	3,7	< 0,60	< 0,40	< 0,47	< 0,42
13.05.	< 0,25	-	< 0,48	< 0,47	< 0,40	< 0,43
14.05.	< 0,47	1,5	< 0,46	< 0,50	< 0,66	< 0,44
15.05.	< 0,46	0,89	< 0,36	< 0,82	< 0,39	< 0,42
16.05.	0,35	1,8	< 0,69	< 0,47	< 0,43	< 0,33
20.05.	< 0,34	< 2,0	< 0,64	< 0,42	< 0,30	< 0,32
22.05.	< 0,34	< 0,66	< 0,33	< 0,40	< 0,66	< 0,30

Tab. 36: Cs-137-Aktivitätskonzentrationen von Wasserproben, deren wiederholte Ausmessung vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart, veranlaßt wurde

Probenahmeort	Cs-137-Aktivitätskonzentration in Bq/l vom								
	26.05.	28.05.	02.06.	04.06.	11.06.	18.06.	25.06.	02.07.	06.08.
Bodensee-Sipplingen, Rohwasser	< 0,33	< 0,55	< 0,52	< 0,61	< 0,41	< 0,22	< 0,57	< 1,3	< 0,22
Bodensee-Sipplingen, Reinwasser	< 0,38	< 0,50	< 0,37	< 0,71	< 0,48	< 0,23	< 0,42	< 2,1	< 2,7
LW Langenau, Filterspülung	< 0,64	< 0,20	< 0,39	< 0,55	< 0,40	< 0,56	< 0,64	< 3,4	< 1,5
LW Langenau, Reinwasser	< 0,33	< 0,17	< 0,55	< 0,47	< 0,29	< 0,48	< 0,60	< 1,5	< 2,1
Donau bei Leipheim	< 0,65	< 0,48	< 0,33	< 0,40	< 0,38	< 0,61	< 0,67	< 3,0	< 1,8
Kleine Kinzig	< 0,61	< 0,48	< 0,57	< 0,63	< 0,35	< 0,69	< 0,56	< 2,3	< 2,9
Wasserwerk Egau-Dischingen	< 0,46	< 0,53	< 0,37	< 0,36	< 0,30	< 0,43	< 0,57	< 4,0	< 1,4
Rottenburg-Bronnbachquelle	< 0,25	< 0,55	< 0,35	< 0,34	< 0,38	< 0,57	< 0,67	< 1,2	< 3,0
Oberndorf/Mühlberg	< 0,31	< 0,63	< 0,34	< 0,68	< 0,48	< 0,30	< 0,35	< 1,9	< 1,3
ZV Main-Tauberkreis, Wertheim	-	< 0,55	< 0,45	< 0,36	< 0,44	< 0,46	< 0,37	< 3,6	< 2,6
ZV Rieswasserversorgung, Wört	< 0,38	< 0,36	< 0,33	< 0,61	< 0,35	< 0,56	< 0,60	< 3,6	< 2,2
Wasserwerk Mannheim-Käfertal	< 0,37	< 0,55	< 0,40	< 0,44	< 0,42	< 0,23	< 0,30	< 2,9	< 2,0
Wasserwerk Rheinwald, Karlsruhe	< 0,60	< 0,65	< 0,50	< 0,32	< 0,48	< 0,61	< 0,53	< 1,7	< 2,7
Wasserwerk Konstanz	-	< 0,55	< 0,53	0,41	< 0,40	< 0,60	< 0,34	< 2,3	< 4,2
Wasserwerk Hausen, Freiburg	< 0,43	< 0,17	< 0,42	< 0,53	< 0,46	< 0,46	< 0,39	< 2,5	< 3,0
Bad Wurzach	< 0,36	< 0,53	< 0,48	< 0,46	< 0,55	< 0,22	< 0,89	< 2,4	< 1,8

Tab. 37: Cs-137-Aktivitätskonzentrationen in einigen anderen Wasserproben aus Baden-Württemberg

Probenahmedatum 1986	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/l Cs-137
26.05.	Bodensee-Sipplingem, Sandfilter 1, 25 l eingeengt	0,021
10.06.	Bodensee-Sipplingen, Rückhaltebecken	0,60
02.07.	Bodensee-Sipplingen, Rückhaltebecken	< 0,95
03.07.	Stadtwerke Calw	< 0,34
29.07.	Bodensee-Sipplingen, Rohwasser, 0 m 16,5 l eingeengt	0,034
29.07.	Bodensee-Sipplingen, Rohwasser, 60 m 25 l eingeengt	0,056
05.08.	Badsee Beuren, Isny	< 0,37
05.08.	Waldfreibad Isny	< 1,2

10 Aktivität in Klärschlämmen

Ganz nennenswerte Anteile der im städtischen oder sonst verbauten Bereich abgelagerten Radioaktivität gelangt in die Kanalisation und dann, wenigstens teilweise, in die kommunalen Klärwerke. Die dort anfallenden Klärschlämme gehören ohne Frage zu den am höchsten kontaminierten Materialien, wie sie nach dem Durchgang der Radioaktivitätswolke des Reaktorunfalls von Tschernobyl in der Bundesrepublik Deutschland angefallen sind. Da diese Klärschlämme nach wie vor landwirtschaftlich genutzt werden, war eine Ausmessung sinnvoll und notwendig.

Abgesehen von wenigen direkt an die HS/R gelangten Proben, wurden etwa 40 Klärschlammproben verschiedener Herkunft aus Baden-Württemberg über die Landesanstalt für Umweltschutz an die KfK gesandt. Die Radioisotope Ru-103, I-131, Cs-134 und Cs-137 wurden ausnahmslos gemessen; viele andere Radionuklide wurden in den Klärschlämmen identifiziert.

Alle Klärschlämme waren getrocknet und wurden ohne weitere Vorbehandlung in geeigneten Gefäßen γ -spektrometriert. Die Ergebnisse sind in der Tab. 38 wiedergegeben.

11 Zusammenfassung der Meßergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse der Messungen zu den Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl im Raum Karlsruhe werden in diesem Kapitel angeben. Grundsätzlich werden nur die wichtigsten Radionuklide erwähnt; da das Verhältnis Cs-137/Cs-134 den Wert 2 hatte, werden keine Daten für Cs-134 angegeben.

11.1 Zählrohr Außenstationen

Die ($\beta + \gamma$)-Impulsraten der sieben Zählrohr Außenstationen in den umliegenden Orten, in Karlsruhe und im Kernforschungszentrum Karlsruhe selbst haben einen Untergrundpegel von 300 bis 500 min^{-1} . Im Maximum stiegen die ($\beta + \gamma$)-Impulsraten auf 3 000 bis 10 000 min^{-1} . Die Zählraten sind zur Zeit wieder gleich dem normalen Untergrund.

11.2 Ortsdosisleistung

Der normale Untergrund der γ -Ortsdosisleistung beträgt 90 bis 100 nSv/h. Ein erster Anstieg wurde am 1. Mai 1986 beobachtet; das Maximum wurde am 7. Mai 1986 mit 210 nSv/h erreicht. Zur Zeit liegt der Wert bei 110 nSv/h. Dieser Wert ist höher als der Untergrund und verändert sich kaum mehr.

11.3 Die Radioaktivität der Luft

Die maximalen β -Aktivitäten betragen 60 bis 100 Bq/m^3 . Am 4. und 7. Mai 1986 nahm die β -Aktivität jeweils um mehr als eine Größenordnung ab. Es war keine Erhöhung der α -Aktivität meßbar. Als Maximalwerte der γ -Aktivität in der bodennahen Umgebungsluft wurden gemessen 29 Bq I-131/m^3 , 26 Bq Te-132/m^3 , 5,8 Bq Cs-137/m^3 , 3,3 Bq Cs-134/m^3 , 6,5 Bq Ru-103/m^3 und 5,4 Bq Te-129/m^3 . Die Aktinidenkonzentrationen betragen 90 bis 290 $\mu\text{Bq Cm-242/m}^3$ und 10 bis 30 $\mu\text{Bq Pu-239 + 240/m}^3$. Die Sr-89 + 90-Aktivität lag um den Faktor 10 unter den Werten von Cs-137; das Verhältnis von Sr-89/Sr-90 lag bei ca. 10.

Tab. 38: Aktivitätskonzentrationen in getrockneten Klärschlämmen aus Kläranlagen in Baden-Württemberg

Probennummer	Standort	Entnahmestelle	Zeitraum	Aktivitätskonzentration in Bq/kg trocken			
				Ru-103	I-131	Cs-134	Cs-137
SO 09	Heidelberg	Faulturm	05.05. - 10.05.	14 700	4 500	2 200	4 700
SO 18	Kirchheim/Teck	Nacheindicker	01.05. -20.05.	1 400	< 340	270	580
SO 22	Ulm	Nacheindicker	16.05.-20.05.	51 600	36 400	31 700	58 400
SO 23	Ulm	Faulturm	10.04.-19.04.	27 800	8 300	11 400	20 100
SO 30	Ellwangen	Belebungsbecken	-	20 600	2 000	7 500	14 400
SO 31	Ellwangen	Rücklauf NB-BB	-	40 000	12 900	8 200	19 400
SO 32	Heilbronn	Faulturm	25.04.-15.05.	3 200	720	580	1 200
SO 33	Heilbronn	Eindicker	25.04.-15.05.	11 600	3 600	2 400	5 000
SO 34	Heilbronn	Eindicker	16.05.-20.05.	5 300	3 200	1 200	2 300
SO 38	Heilbronn	Stapelbehälter	Okt. 85 - Mai 86	2 500	650	790	1 600
SO 40	Schwäbisch Hall	Stapelbehälter	15.01.-20.05.	570	830	-	-
SO 41	Besigheim	nach Faulturm	25.04.-20.05.	370	640	240	240
SO 43	Besigheim	nach Eindicker	01.05.-20.05.	3 700	310	630	1 400
SO 45	Ravensburg/Sigmaringen	Zulauf Siebbandpr.	16.05.-20.05.	71 700	26 100	30 400	55 100
SO 46	Ravensburg/Sigmaringen	Voreindicker	-	6 600	7 900	3 200	6 100
SO 47	Ravensburg/Sigmaringen	Stapelbehälter	15.03.-16.05.	11 000	8 900	3 300	6 200
SO 48	Ravensburg/Sigmaringen	Faulturm	01.04.-19.05.	7 900	690	3 500	6 300
SO 49	Ravensburg	Faulturm	01.05.-20.05.	117 800	41 900	36 400	66 700
SO 50	Ravensburg	Nacheindicker	01.05.-20.05.	37 600	13 000	1 100	2 200
SO 51	Ravensburg	Faulturm	01.05.-20.05.	67 900	8 500	22 600	40 900
SO 52	Ravensburg	Faulturm II	30.04.-20.05.	16 500	2 000	3 400	6 500

Tab. 38: Fortsetzung

Probennummer	Standort	Entnahmestelle	Zeitraum	Aktivitätskonzentration in Bq/kg trocken			
				Ru-103	I-131	Cs-134	Cs-137
SO 54	Ravensburg	Nacheindicker	15.05.-20.05.	52 500	50 700	15 600	26 600
SO 55	Ravensburg	Nacheindicker	15.04.-17.05.	19 500	19 000	7 200	13 000
SO 56	Ravensburg	Nacheindicker	25.04.-18.05.	73 900	8 500	28 800	56 600
SO 57	Ravensburg	Faulturm	01.03.-18.05.	13 000	4 800	4 600	7 600
SO 60	Konstanz	Voreindicker	17.05.-20.05.	15 500	21 100	4 600	8 000
SO 61	Konstanz	Nacheindicker	11.04.-20.05.	7 900	3 400	1 200	2 700
SO 62	Konstanz	Nacheindicker	15.04.-20.05.	37 800	40 000	9 600	16 700
SO 63	Konstanz	Faulturm	20.02.-20.05.	4 300	800	880	1 600
SO 64	Rottweil	Nacheindicker	10.04.-20.05.	7 000	2 300	2 900	5 500
SO 65	Rottweil	Stapelbehälter	30.01.-20.05.	860	940	220	450
SO 66	Offenburg	Nacheindicker	03.04.-20.05.	840	180	150	200
SO 67	Freiburg/Breisach	Nacheindicker	15.04.-20.05.	< 240	< 180	< 300	< 270
SO 68	Offenburg	Nacheindicker	07.04.-20.05.	700	< 120	< 150	210
SO 75	Ellwangen	Zulauf zur Presse	17.05.-20.05.	10 200	3 200	2 200	4 100
SO 77	Ellwangen	Schlammsilo	05.05.-20.05.	39 300	46 000	17 300	34 700
SO 78	Reutlingen	Faulturm	-	19 900	2 900	5 600	10 700
SO 79	Reutlingen	Eindicker	24.04.-14.05.	4 600	5 000	1 800	3 500
SO 80	Reutlingen	Faulturm	20.03.-20.05.	84 500	50 700	32 400	67 600
SO 81	Reutlingen	Stapelbehälter	20.03.-20.05.	15 100	15 000	6 400	12 900
	Karlsruhe	Schlamm	13.05.	6 800	1 100	600	1 200
	Karlsruhe	Filterasche	13.05.	15 700	302	1 698	3 207

11.4 Futtermittel

Da die Ablagerung radioaktiver Stoffe am 4. und 5. Mai 1986 im wesentlichen beendet war, werden die Angaben zu Futtermitteln, alle auf diesen Zeitraum bezogen. In Gras von Neuthard wurden 600 Bq I-131/m² bzw. 4 000 Bq I-131/kg, 150 Bq Te-132/m² bzw. 1 000 Bq Te-132/kg und 85 Bq Cs-137/m² bzw. 500 Bq Cs-137/kg gemessen. In Spöck lagen die Werte bei 800 Bq I-131/kg, 200 Bq Te-132/kg, 170 Bq Cs-137/kg und 200 Bq Ru-103/kg. Die Unterschiede in den Aktivitätskonzentrationen in Abhängigkeit von der Art des Futtermittels waren im allgemeinen vernachlässigbar klein.

Als mittlere Aktivitätskonzentrationen für die Grasproben in der Umgebung wurden folgende Werte festgestellt. 1 200 Bq I-131/kg, 400 Bq Te-132/kg und 180 Bq Cs-137/kg. In Südbaden wurden Aktivitätskonzentrationen beobachtet, die teilweise wesentlich höher waren als die hier genannten.

11.5 Radioaktivität in Milch

Als Beispiel für ausschließliche Grünfütterung wurden beim Bauern H., Spöck, Maximalwerte von 60 Bq I-131/l, 1 Bq Te-132/l und 30 Bq Cs-137/l gemessen. Das Maximum der I-131-Konzentration war praktisch gleichzeitig mit dem Ende der Futtermittelkontamination erreicht; das Maximum der Cs-137-Konzentration wurde am 15. Mai 1986 erreicht.

Die Cs-137-Konzentrationen in Menzenschwand lagen maximal im Bereich von 60 bis 70 Bq/l. Das Maximum wurde allerdings hier erst ca. 40 d nach dem Beginn der Grünfütterung erreicht.

Die maximalen I-131-Konzentrationen in Molkereimilch lagen zwischen 30 und 50 Bq/l und die von Cs-137 zwischen 10 und 20 Bq/l. Das Iodmaximum wurde am 4. und 5. Mai 1986 erreicht, während das Cäsiummaximum in Karlsruhe am 18. Mai 1986, in Mannheim und Pforzheim am 1. Juni 1986 erreicht wurde. Die I-131-Konzentrationen in Milchproben, die von den 40 Sammeltouren der Molkerei Mannheim genommen wurden, lagen nur in drei Fällen über 10 % des von der Strahlenschutzkommission empfohlenen Grenzwertes. Eine Rückrechnung der verschiedenen I-131-Konzentrationen in den Milchproben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe bestätigt im wesentlichen, daß 60 bis 70 Bq I-131/l ein sinnvoller Maximalwert nach der Kontamination durch

die Wolke von Tschernobyl war. Die Sr-89 + 90-Aktivitätskonzentrationen in Milch waren unter 1 Bq /l.

11.6 Radioaktivität in pflanzlichen Nahrungsmitteln

Salat, Spinat, Kräuter, anderes Gemüse, Obst, Beeren und Pilze gelangten zur Untersuchung. Die Meßwerte für die Radioaktivitätskonzentrationen schwankten in weiten Grenzen. Als sinnvolle Mittelwerte können für den Bezugszeitraum folgende Daten angegeben werden:

Salat: 200 Bq I-131/kg und 50 Bq Cs-137/kg

Spinat: 1 500 Bq I-131/kg und 140 Bq Cs-137/kg

Die I-131-Konzentrationen bei Petersilie liegen zwischen 1 500 und 2 500 Bq I-131/kg und bei ca. 220 Bq Cs-137/kg. Die Aktivitätskonzentrationen in Schnittlauch sind wesentlich niedriger. Die Kontamination des restlichen untersuchten Gemüses ist vernachlässigbar niedrig. Ebenso wurden für Beeren und Obst als Mittelwert für Cs-137 25 Bq/kg gefunden.

Die Pilze, die im Hardtwald gesammelt wurden, haben bisher im Mittel 18 Bq Cs-137/kg. Wesentlich höhere Werte wurden allerdings im Südschwarzwald mit bis zu 134 Bq Cs-137/kg gemessen. Für alle pflanzliche Nahrungsmittel gilt, daß die Streuung um die Mittelwerte sehr hoch ist.

11.7 Radioaktivität im Boden

Die mittleren Aktivitätsablagerungen in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verursacht durch die Aktivitätsfreisetzung beim Reaktorunfall in Tschernobyl betragen 5 200 Bq I-131/m², 760 Bq Cs-134/m², 1 520 Bq Cs-137/m² und 3 000 Bq Ru-103/m². Der Mittelwert der Cs-137-Aktivität, die pro Quadratmeter abgelagert wurde und durch Multiplikation mit dem Faktor 2 aus der Cs-134-Ablagerung errechnet wurde, stimmt für Cs-137 befriedigend mit der Ablagerung, die durch die Niederschlagsanalysen bestimmt wurde, überein. Die durch trockene und nasse Ablagerung erfaßte I-131-Aktivität ist aber etwa doppelt so hoch wie der Mittelwert der I-131-Ablagerung im Boden.

In den Sandproben, die von Freizeitplätzen der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe untersucht wurden, lagen die Mittelwerte bezogen auf den 5. Mai 1986 bei 170 Bq I-131/kg, 230 Bq Te-132/kg und 90 Bq Cs-137/kg.

11.8 Radioaktivität im Fleisch

Im Rindfleisch wurde ein Mittelwert von 13 Bq Cs-137/kg gemessen. Der Maximalwert betrug 1 010 Bq Cs-137/kg. Da sehr viele Proben unter der erreichten Nachweisgrenze lagen, dürfte aber der angegebene Mittelwert eher repräsentativ für die Versorgung der Bevölkerung sein. Die mittleren Werte für Schaffleisch lagen bei 490 Bq Cs-137/kg, Maximalwerte wurden gemessen mit 65 600 Bq I-131/kg und 2 700 Bq Cs-137/kg. Der hohe I-131-Wert dürfte allerdings bedeuten, daß hier eine Schilddrüse eines Schafes miterfaßt wurde. Bei Wildfleisch wurde im Mittel 160 Bq Cs-137/kg gemessen und der Maximalwert betrug 3 700 Bq Cs-137/kg. Forellen, die im Raum Menzenschwand untersucht wurden, lagen bei ca. 6 Bq Cs-137/kg.

11.9 Abwaschbarkeit der Aktivität

Die Abwaschbarkeit der Radioaktivität von Gras und Blattgemüse wurde untersucht. Bei I-131 wurden 41 ± 3 bzw. 26 ± 16 % abgewaschen, bei Te-132 56 ± 3 bzw. 50 ± 17 %, und bei Cs-134 + 137 50 ± 5 bzw. 52 ± 17 %. Im allgemeinen wird man daher von der Annahme ausgehen dürfen, daß die meisten Aktivitäten zu etwa 50 % abwaschbar sind. Iod ist schwerer zu entfernen.

11.10 Radioaktivität im Trinkwasser und Oberflächenwasser

Die große Masse der Meßwerte, die mit Trinkwasser und Oberflächenwasser erhalten wurde, lag wie erwartet an oder unter der Nachweisgrenze. Der höchste Meßwert betrug 6,3 Bq I-131/l und wurde in einem Oberflächenwasser gemessen.

11.11 Radioaktivität im Klärschlamm

Die höchsten Konzentrationen im Klärschlamm betragen, bezogen auf das Trockengewicht, 117 800 Bq Ru-103/kg, 41 900 Bq I-131/kg, 36 400 Bq Cs-134/kg und 66 700 Bq Cs-137/kg.

12 Literatur

- [1] H. Fessler "Spektrometrie", KfK 3113, April 1981, S. 125
- [2] H. Schüttelkopf, M. Pimpl, "A radiochemical procedure for Pu, Am and Cm in environmental samples and in effluents of nuclear installations", 6th World Congress on Air Quality, Paris, 16. - 20. Mai 1983, S. 269-270
- [3] J.M. Godoy, H. Schüttelkopf, M. Pimpl, "Die Bestimmung von Pu-241 durch Flüssigszintillationsspektrometrie in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe", KfK 3531, April 1983
- [4] A. Montag, "Determination of Radioactive Strontium", International Atomic Energy Agency, Technical Reports Series, No. 95, 45-47, 1969