



KfK 2994
August 1980

**Die Dosisbelastung der
Umgebungsbevölkerung durch
natürliches und aus einer
Uranuntersuchungsgrube
emittiertes Ra-226
— Radioökologische
Untersuchungen im Raum
Baden-Baden —**

H. Schüttelkopf, H. Kiefer
Hauptabteilung Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 2994

Die Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung durch
natürliches und aus einer Uranuntersuchungsgrube emittiertes Ra-226
- Radioökologische Untersuchungen im Raum Baden-Baden -

H. Schüttelkopf, H. Kiefer

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Kurzfassung

In der Umgebung von Baden-Baden wurden natürliche Ra-226-Konzentrationen in Trink- und Oberflächenwasser, Sediment- und Bodenproben sowie Fisch-, Milch- und anderen Nahrungsmittelproben gemessen. Die Werte sind wegen der lokalen, natürlichen Uranvorkommen stellenweise erhöht.

Die Freisetzungen von Ra-226 mit dem Abwasser aus einer Uranuntersuchungsgrube wurden gemessen. Die Konzentrationen in Bächen und Sedimenten, teilweise verursacht durch das Ra-226 im Abwasser, wurden bestimmt. Die Ra-226-Konzentrationen in Boden- und Pflanzenproben auf erzhaltigen Halden waren zum Teil wesentlich höher als in der Umgebung.

THE DOSE EXPOSURE OF THE ENVIRONMENTAL POPULATION BY NATURAL AND RELEASED RA-226 FROM AN URANIUM MINE PROSPECT-RADIOLOGICAL RESEARCHES IN THE REGION OF BADEN-BADEN

Abstract

The concentration of natural Ra-226 in the environment of Baden-Baden was determined in samples of drinking water, surface water, sediments, soil, fish, milk and other food. The results partly are higher than normal caused by a local uranium deposit.

Ra-226 releases with waste water from an uranium mine prospect are measured. The Ra-226 concentrations in creeks and sediments partly caused by this waste water were determined. Ra-226 concentrations in soil and plant samples collected on uranium ore dumps were partly much higher than in the environment.

I N H A L T

1. Die Ra-226-Konzentrationen in der Umgebung einer Uranuntersuchungsgrube in Baden-Baden
 - 1.1 Ra-226 in Trink- und Oberflächenwasser
 - 1.2 Ra-226 in Sedimenten
 - 1.3 Ra-226 in Forellen
 - 1.4 Ra-226 in Bodenproben
 - 1.5 Ra-226 in Grasproben
 - 1.6 Ra-226 in Milch
 - 1.7 Ra-226 in anderen Nahrungsmitteln
 - 1.8 Transferfaktoren für Radium

2. Die Ra-226-Konzentrationen in der Umgebung von Baden-Baden, verursacht durch den Betrieb der Uranuntersuchungsgrube
 - 2.1 Ra-226 in Abwässern und Oberflächenwässern
 - 2.2 Ra-226 in den Sedimenten von Sauersboschbach, Müllenbach und Waldbach
 - 2.3 Ra-226 in Pflanzenproben von Halden
 - 2.4 Ra-226 in Bodenproben von Halden

3. Zusammenfassung

4. Literatur

5. Anhang

1. Die Ra-226-Konzentrationen in der Umgebung einer Uranuntersuchungsgrube in Baden-Baden

Die Umgebung der Uranuntersuchungsgrube in Baden-Baden, betrieben von der Firma Saarberg-Interplan, kann in zwei Teile geteilt werden. Ein Teil kommt mit den radioaktiven Emissionen der Uranuntersuchungsanlage in Berührung, der andere Teil hat keinen Kontakt mit diesen Emissionen. Um das Ausmaß einer Umgebungskontamination durch die Emissionen der Uranuntersuchungsgrube vergleichend beurteilen zu können, ist es notwendig, den natürlichen Untergrund der interessierenden Radioaktivität zu messen. Die Ergebnisse dieser Messungen werden in diesem Kapitel wiedergegeben. Da Ra-226 das Radionuklid darstellt, das die höchste Radiotoxizität unter den natürlichen Radionukliden aufweist, wurde die Untersuchung auf die Messung von Ra-226 beschränkt.

1.1 Ra-226 in Trink- und Oberflächenwasser

Die Messung von Ra-226 in Trink- und Quellwasser ist notwendig, da durch diese eine Aufnahme von Ra-226 erfolgt. Trinkwasser wurde von 3 verschiedenen Familien im Raum Baden-Baden und Gernsbach erhalten. Ebenso wurde häufiger eine Quelle in der Nähe des Hauses einer Familie in Oberbeuren beprobt. Die in Baden-Baden angewendeten Kurwässer wurden ebenfalls mehrfach auf Ra-226 untersucht und in einem Fall wurde Rn-222 gemessen.

Oberflächenwässer werden in diesem Raum zur Bewässerung, zur Fischzucht, als Trinkwasser für Tiere und selten als Trinkwasser für den Menschen genutzt. Die Nutzung kann zur Aufnahme von Ra-226 führen. Die Messungen im Oberflächenwasser umfaßten eine Reihe von Bächen und Flüssen in der Umgebung von Baden-Baden und Gernsbach und Messungen in der Murg.

10 l Wasser wurden als Probe entnommen und mit 70 ml HNO_3 versetzt. Dieses Wasser wurde auf 200 ml eingedampft und auf Ra-226 analysiert [1]. Die erhaltene BaSO_4 -Probe wurde nach einer Woche in einem Low-level- α -Meßplatz 100 min gemessen (siehe Anhang).

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1-4 und in den Abbildungen 1-2 wiedergegeben. Bei Mehrfachmessungen konnten sowohl bei Trink- und Quellwasser, als auch bei den Thermalquellen und bei den Oberflächenwässern, nennenswerte Schwankungen beobachtet werden. Die bereits früher gemachte Erfahrung [2], daß Quellwässer im Durchschnitt höhere Ra-226-Konzentrationen aufweisen, konnte abermals bestätigt werden. Mit der maximal zulässigen Jahresaufnahme von Ra-226 nach [3] und der in [4] empfohlenen Jahrestrinkwasseraufnahme und unter der Annahme, daß die Kontamination des Menschen durch Ra-226 ausschließlich über Trinkwasser erfolgt, kann die Strahlenschutzverordnung eingehalten werden, wenn die Ra-226-Konzentration im Trinkwasser $\leq 0,7$ pCi/l ist. Die Mittelwerte der gemessenen Trinkwasserkonzentrationen bleiben unter diesem Vergleichswert. Der Mittelwert der Quelle in Oberbeuren liegt knapp über diesem Wert. Die α - und β -Aktivitäten im Murgwasser entsprechen mittleren Meßwerten im Oberflächenwasser. Der Radiumgehalt der Murg und ihrer Nebenflüsse liegt im allgemeinen bei 0,1 - 0,2 pCi/l. Dieser niedrigen Wasserkonzentration entspricht die sehr niedrige Konzentration von Ra-226 in den untersuchten Murg-Sedimenten. Auch in den Oberflächenwässern wird 0,7 pCi/l nur in der Umgebung des Uranvorkommens und im Oosbach nach Einleitung der Kurwässer erreicht bzw. überschritten.

1.2 Ra-226 in Sedimenten

Sedimente können grundsätzlich zur Düngung landwirtschaftlicher Flächen verwendet werden. Unter diesen Umständen kann die Kontamination der Sedimente zur Kontamination des Menschen beitragen. Daher wurden auch im Raum Baden-Baden an verschiedenen Stellen Sedimente auf Ra-226 untersucht.

Die Sedimente werden nach ihrer Entnahme getrocknet, gesiebt und gemahlen. Das feinkörnige Material wird in 200 ml-Kunststoffdosen eingefüllt; diese werden mit einer Aluminiumfolie umhüllt und 3 Wochen gelagert. Nach dieser Gleichgewichtseinstellung mit den kurzlebigen Folgeprodukten des Ra-226 erfolgt die Messung dieses Nuklides γ -spektrometrisch.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 angegeben. Die hohen Ra-226-Konzentrationen

Tabelle 1: Ra-226-Konzentration im Trink- und Quellwasser aus der Umgebung von Baden-Baden

Probenahme Datum	Ra-226-Konzentration im Trink- und Quellwasser in pCi/l			
	Oberbeuren B		Waldheimerhof R	Gernsbach J
28. 3. 1979	--	2,5 ¹⁾	--	--
3. 5. 1979	0,1	--	0,1	0,1
16. 5. 1979	--	0,8	--	--
5. 6. 1979	0,1	0,4	0,3	0,2
3. 7. 1979	0,5	0,6	0,3	0,1
31. 7. 1979	0,1	0,7	0,2	0,1
25. 9. 1979	0,3	--	1,5	0,1
2. 10. 1979	--	0,5	--	--
16. 10. 1979	0,3	--	1,5	0,3
25. 10. 1979	--	0,6	--	--
20. 11. 1979	0,1	0,4	0,3	0,1
12. 12. 1979	0,1	--	0,2	0,03
Mittelwerte	0,2	0,8	0,6	0,1

¹⁾ Hierbei handelt es sich um Quellwasser, das durch das Ausbeiben des natürlichen Uranvorkommens kontaminiert ist. Es besteht kein Zusammenhang mit den Tätigkeiten im Uranerzbergbau.

Tabelle 2: Rn-222- und Ra-226-Konzentration in den Thermalquellen von Baden-Baden

Probenahme 1979	Konzentration in	
	pCi Ra-226/l	nCi Rn-222/l
4. 7. Murquelle	---	0,68
Friedrichsquelle	---	0,94
Fettquelle	---	0,70
5. 6. Murquelle	1,6	---
Friedrichsquelle	0,1	---
Fettquelle	0,1	---
17. 7. Murquelle	0,2	---
31. 7. Murquelle	0,1	---
Friedrichsquelle	0,1	---
Fettquelle	0,3	---
31. 8. Murquelle	0,7	---
Friedrichsquelle	1,6	---
Fettquelle	0,7	---

Tabelle 3: α - und β -Aktivität von Wasserproben aus der Murg. Probenahme am 31.7.1979

Probenahme	Aktivitätskonzentration in pCi/l	
	α	β
bei Schönmünzach	4,9	9,9
bei Rastatt	2,3	7,9
bei Gernsbach	3,7	14,3

Tabelle 4: Ra-226-Konzentrationen in den Flüssen und Bächen der Umgebung von Baden-Baden

Probenahme		Ra-226-Konzentration in pCi/l
Ort	Datum	
Müllenbach, Weiher	28. 3.79	0,01
	31. 7.79	0,3
Grobbach, beim Kloster	5. 4.79	1,0
	5. 6.79	0,2
Oosbach, Oberbeuren	6. 4.79	0,7
	17. 7.79	0,7
Oosbach, 500 m nach Mündung des Grobbach	6. 4.79	0,2
	1. 8.79	0,1
Oosbach, Kurpark	6. 4.79	0,6
	4. 7.79	0,8
	1. 8.79	0,2
Oosbach, Oosscheuern	6. 4.79	0,6
	4. 7.79	0,04
Waldbach, Quelle bei Nachtigall	27. 3.79	0,4
	18. 7.79	0,5
Nebenfluß zu Waldbach bei Wahlheimerhof	27. 3.79	0,04
	18. 7.79	0,3
Müllenbach, 50 m vor Forellenhof	28. 3.79	≤0,01
	31. 7.79	1,0

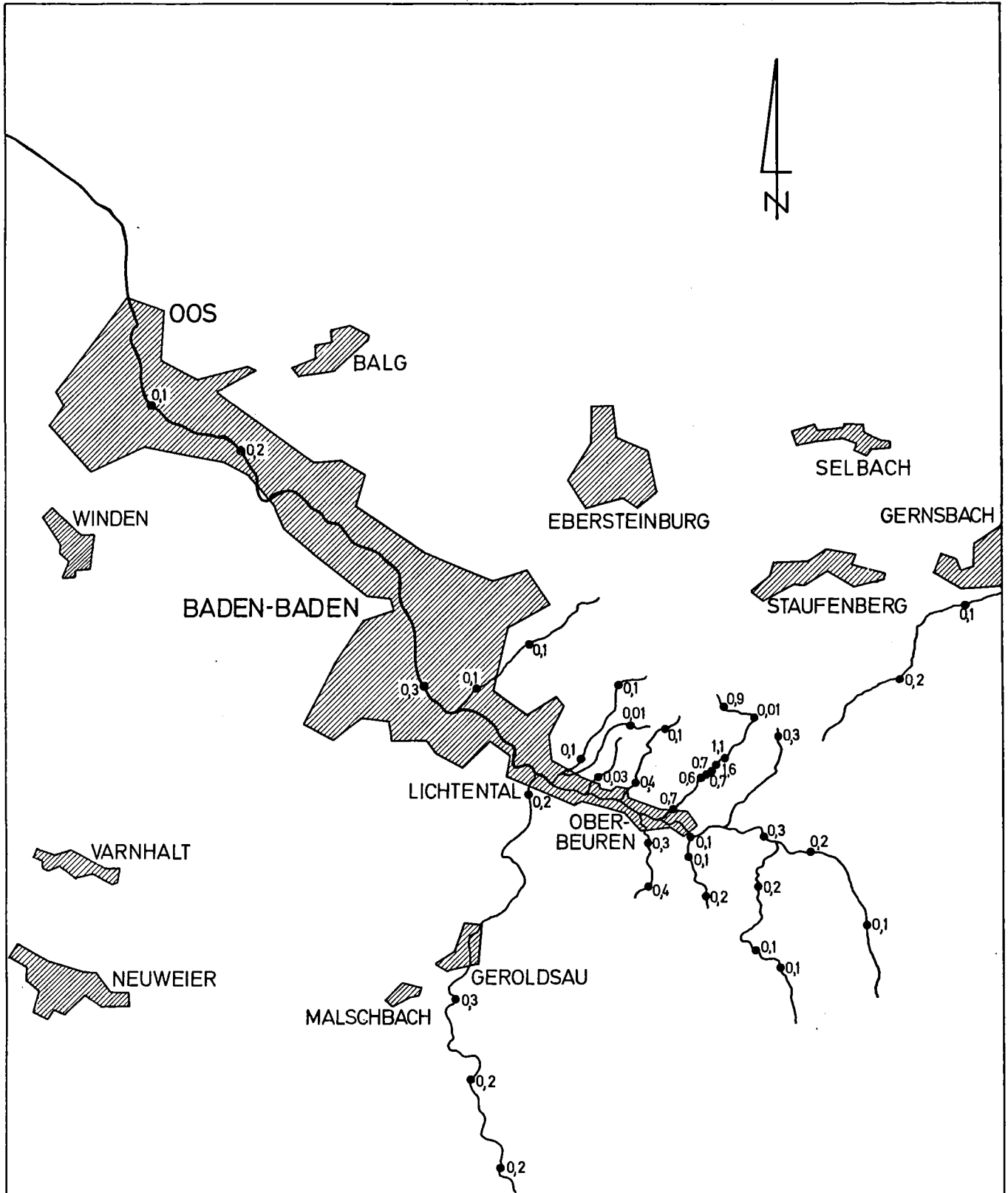


Abb.2: Ra-226-Konzentration in Bächen und Flüssen der Umgebung von Baden-Baden in pCi/l

Tabelle 5: Ra-226-Konzentrationen in den Sedimenten der Quelle bei Oberbeuren und der Murg

Probenahme	Ra-226-Konzentration in pCi/g Trockensubstanz
Quelle bei Oberbeuren, am Hang	2,9
Quelle bei Oberbeuren, am Haus	3,3
Murg bei Baiersbronn	0,7
Murg bei Schön Münzach	0,7
Murg bei Gernsbach	0,8
Murg bei Rastatt	0,5

in Sedimenten der Quelle bei Oberbeuren entsprechen den hohen Ra-226-Konzentrationen im Quellwasser und die niedrigen Konzentrationen in den Sedimenten der Murg den dort gemessenen niedrigen Ra-226-Konzentrationen im Wasser.

1.3 Ra-226 in Forellen

Da Fische Radium aus dem Wasser anreichern, kann der Verzehr von Fischen eine nennenswerte Quelle der Ra-226-Kontamination der Bevölkerung darstellen. Daher wurde Ra-226 in Fischproben aus dem Waldbach, dem Oosbach und dem Müllenbach gemessen.

Die Fischproben wurden entweder als Ganzes oder getrennt nach Fleisch und Eingeweide verascht. Die Ra-226-Bestimmung erfolgte, nach Auflösen der Asche in HNO_3 , wie bei den Wasserproben beschrieben.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 wiedergegeben. Der Ra-226-Gehalt im Gesamtgewicht ist leicht erhöht, verglichen mit den mittleren publizierten Konzentrationen. Wie aus der Verteilung des Ra-226 auf Fleisch und Eingeweide hervorgeht, ist aber nur ein sehr geringer Teil des Ra-226 in dem als Nahrung dienenden Fleisch enthalten.

1.4 Ra-226 in Bodenproben

Der Ra-226-Gehalt in Pflanzen ist im allgemeinen proportional dem Ra-226-Gehalt der Erde. Daher ist der Ra-226-Gehalt des Bodens der wichtigste Parameter für die Kontamination der Bevölkerung mit natürlichem Ra-226. Daher wurden eine Reihe von Bodenproben aus der Umgebung von Baden-Baden auf Ra-226 untersucht.

Die Bodenproben wurden mit einem Metallzylinder bis zu einer Tiefe von 20 cm entnommen. Die Proben wurden getrocknet, gesiebt, gemahlen und in 200 ml-Kunststoffdosen eingefüllt. Die Dosen wurden mit Aluminiumfolie umhüllt, und die Messung erfolgte wie bei den Sedimenten beschrieben.

Die Orte der Probenahme und die gemessenen Konzentrationen werden in Abbildung 3 wiedergegeben. Die höchsten Konzentrationen wurden in der Nähe des

Tabelle 6: Ra-226-Konzentrationen in Forellen aus der Umgebung von Baden-Baden

Probenahme	Ra-226-Konzentration in fCi/g Frischgewicht ¹⁾		
	Fleisch	Eingeweide	Gesamtgewicht
Waldbach 16.5.79	-	-	22
Waldbach 3.8.79	3,0	20	-
Oosbach, Baden- Baden, 17.7.79	2,0	77	-
Müllenbach 6.4.79	-	-	15
Müllenbach 11.5.79	-	-	18

¹⁾ Der wesentliche Teil des von Fischen aufgenommenen Ra-226 wird in den Knochen abgelagert.

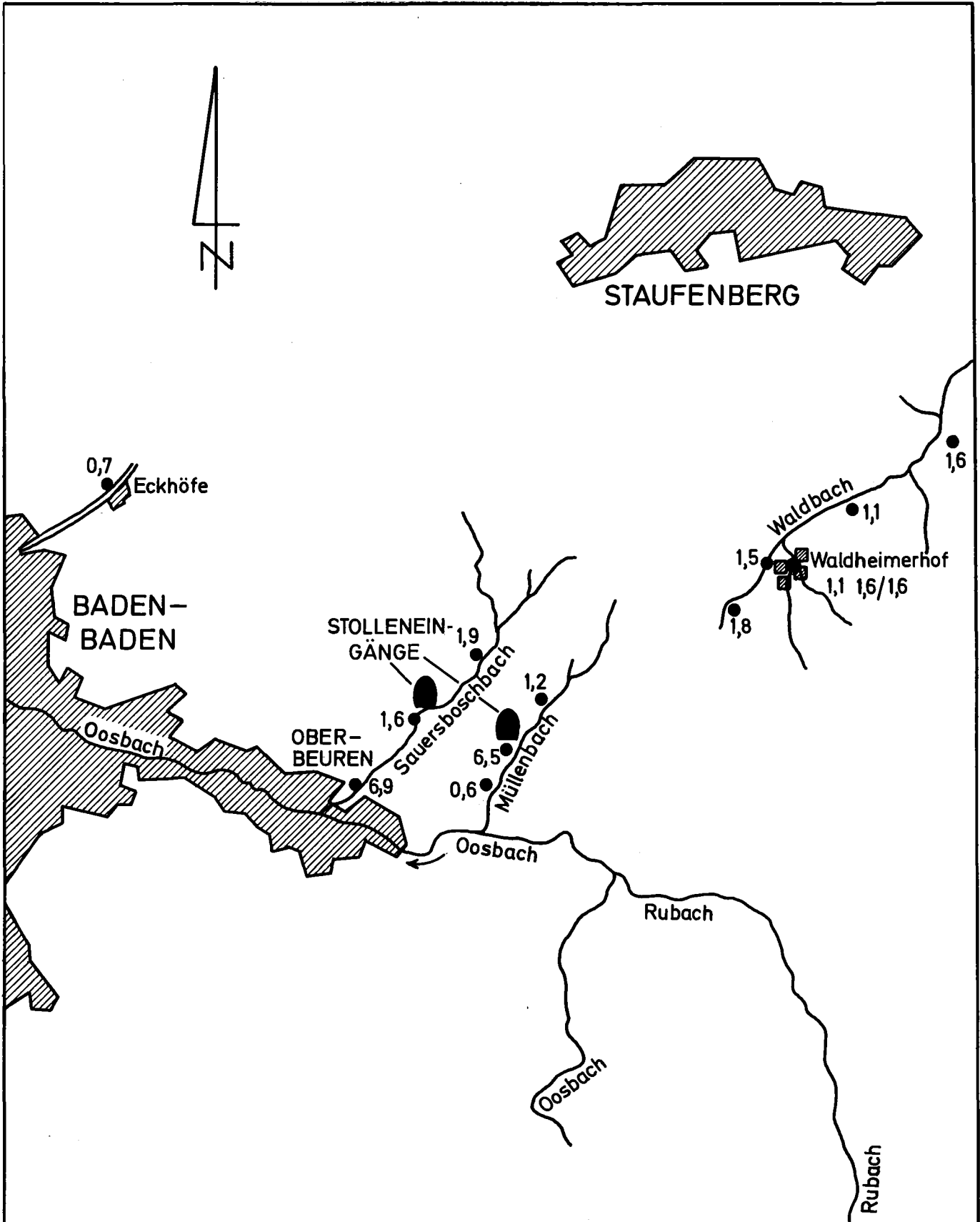


Abb. 3 : Bodenproben aus dem Tal des Sauerboschbaches, des Müllenbaches und des Waldbaches. Konzentration in pCi Ra-226/g Trockengewicht.

Kirchheimer Stollenausganges und nahe der Quelle von Oberbeuren gemessen.

1.5 Ra-226 in Grasproben

Der Ra-226-Gehalt von Gras ist die Hauptursache für die Ra-226-Kontamination von Milch und Fleisch von Nutztieren. Daher wurde in Grasproben aus der Umgebung von Baden-Baden Ra-226 bestimmt.

Die Grasproben wurden getrocknet und bei 550°C verascht. Bei hohem Ra-226-Gehalt erfolgte die Messung γ -spektrometrisch; bei niedrigem wurde durch Low-level- α -Aktivitätsmessung nach radiochemischer Aufbereitung der Ra-226-Gehalt bestimmt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 wiedergegeben. Die Ra-226-Gehalte der Grasproben streuen über eine Größenordnung. Der Mittelwert liegt bei 0,1 pCi/g Trockensubstanz. Mit dem in [4] angegebenen Futterbedarf von Rindern entspricht dies einer täglichen Aufnahme von 1,1 nCi Ra-226.

1.6 Ra-226 in Milch

Da Radium und Calcium chemisch ähnlich sind, bewegen sich beide Elemente parallel durch Biosysteme. Wegen der hohen Gehalte an Calcium in Milch sind daher auch relativ hohe Radium-Konzentrationen in Milch zu erwarten. Da Milch ein wichtiges Nahrungsmittel ist, wurde in der Umgebung von Baden-Baden eine größere Zahl von Milchproben auf Ra-226 analysiert.

2.5 l Milch wurden eingedampft und bei 550°C verascht. Bei hohen Ra-226-Gehalten erfolgt eine γ -spektrometrische Messung; bei niedrigen Ra-226-Gehalten wird eine Low-level- α -Aktivitätsmessung nach radiochemischer Abtrennung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 8 wiedergegeben. Wie bereits in [2] festgestellt, schwanken die Ra-226-Konzentrationen in Milch über mehr als eine Größenordnung. Die in Tabelle 7 wiedergegebenen höheren Ra-226-Gehalte in Gras bei Eckhöfe, Baden-Baden und Gernsbach J spiegeln sich in den im Mittel höheren Ra-226-Konzentrationen in der Milch dieser Probenahmestellen wieder.

Tabelle 7: Ra-226-Konzentrationen in Gras der Weiden der Umgebung von Baden-Baden

Probenahme	Pflanzenart	Ra-226-Konzentration in pCi/g Trockensubstanz
Oberbeuren B, 5.6.79	Gras	0,02
Baden-Baden, 5.6.79	Gras	0,1
Eckhöfe 18.7.79	Gras	0,2
Waldheimer- hof 18.5.79	Gras	0,05
3.7.79	Gras	0,05
Gernsbach J, 19.6.79	Gras	0,04
3.7.79	Gras	0,2
Uranuntersuchungsgrube Sauersboschbach, 50 m westlich 3.7.79	Gras	0,08

Tabelle 8: Ra-226-Konzentrationen in der Milch verschiedener Landwirte aus Baden-Baden und Umgebung

Probenahme	Ra-226-Konzentration in pCi/l			
	Milchzentrale Baden-Baden	Eckhöfe Baden-Baden	Waldheimer- hof R	Gernsbach J
22. 3.79	0,6 ± 0,1	---	---	---
6. 4.79	---	9,1 ± 2,9	5,8 ± 2,7	7,7 ± 5,5
3/4.5.79	---	9,0 ± 1,0	0,4 ± 0,1	9,8 ± 4,0
11. 5.79	0,2 ± 0,1	---	---	---
19. 6.79	0,8 ± 0,2	2,9 ± 0,4	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,1
18. 7.79	2,2 ± 0,5	---	≤0,9	2,7 ± 2,2
10. 8.79	4,6 ± 2,1	---	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,1
25. 9.79	3,0 ± 2,7	1,0 ± 0,2	4,6 ± 3,0	5,5 ± 0,3
25.10.79	3,4 ± 2,9	4,0 ± 1,6	5,8 ± 2,1	4,8 ± 1,7

1.7 Ra-226 in anderen Nahrungsmitteln

Die natürliche Kontamination von Nahrungsmitteln mit Ra-226 schwankt in weiten Bereichen. Um die in der Umgebung von Baden-Baden tatsächlich vorhandenen Ra-226-Kontaminationen zu messen, wurden eine Reihe von Nahrungsmitteln untersucht. Da im interessierenden Bereich um Baden-Baden ein großer Teil wichtiger Nahrungsmittel nicht produziert wird, ist Tabelle 9 in hohem Maße unvollständig.

Die Nahrungsmittel wurden verascht und wie Grasproben verarbeitet.

Während im allgemeinen die Ra-226-Konzentrationen, die in Tabelle 9 wiedergegeben werden, relativ niedrig sind, ist eine Apfelprobe mit 47,5 pCi/kg frisch als nennenswert mit dem natürlich vorkommenden Ra-226 kontaminiert zu bezeichnen. Die Probenahme wird wegen dieses hohen Wertes im folgenden Jahr wiederholt werden.

1.8 Transferfaktoren für Radium

Während die Radium-Konzentrationen in verschiedenen Probematerialien der Umgebung in weiten Bereichen schwanken, sind die Verhältnisse der Konzentrationen in der Umwelt in vielen Fällen wenig abhängig von der lokal gefundenen Konzentration des Radiums. Die Kenntnis dieser Konzentrationsverhältnisse an einem Ort erlaubt die Übertragung dieser Verhältniszahlen und ermöglicht das Ausmaß der tatsächlichen Radiumkontamination an anderen Stellen richtig zu beurteilen, wenn man an diesen Stellen nur einige wenige Meßdaten zur Verfügung hat. Daher wurde in der in der Umgebung von Baden-Baden durchgeführten Untersuchung die Bestimmung dieser Konzentrationsverhältnisse, der sogenannten Transferfaktoren angestrebt.

Die Transferfaktoren Forelle/Wasser sind definiert als das Verhältnis der Ra-226-Konzentrationen in Fischfleisch oder dem Gesamtgewicht des Fisches zur Konzentration von Ra-226 im Wasser. Zur Berechnung der in Tabelle 10 angegebenen Transferfaktoren wurden die Daten aus Tabelle 6 und die im gleichen Zeitraum gemessenen Ra-226-Konzentrationen im jeweiligen Bachwasser verwendet.

Tabelle 9: Ra-226-Konzentrationen in Nahrungsmitteln aus der Umgebung von Baden-Baden

Probenahme	Nahrungsmittel	Ra-226-Konzentration in pCi/kg, frisch
Wahlheimer Hof R 19.6.79	Eidotter Eiweiß	9,7 2,0
Gernsbach J 19.6.79	Eidotter Eiweiß	8,9 1,0
Wahlheimer Hof R 3.7.79	Kopfsalat	10,0
Eckhöfe Baden-Baden 18.7.79	Kopfsalat	7,0
Oberbeuren B 10.8.79	Apfel	47,5
Wahlheimer Hof R 10.8.79	Apfel	3,2
Wahlheimer Hof R 2.10.79	Kartoffeln	3,1
Wahlheimer Hof R 9.10.79	Grüne Bohnen	11,2

Tabelle 10: Transferfaktoren Forelle/Wasser für Ra-226
im Oosbach, im Waldbach und im Müllbach

Probenahme	Transferfaktoren für Forelle/Wasser in pCi/kg Forelle : pCi/kg Wasser	
	Fleisch	Gesamtgewicht
Müllbach 6.4.79	---	7,8
Waldbach 16.5.79	---	5,3
Müllbach 11.5.79	---	8,8
Oosbach 17.7.79	2,9	---
Waldbach 3.8.79	3,3	---
Mittelwert	3,1 ± 0,3	7 ± 2

Die Transferfaktoren sind sowohl bezogen auf das Fleisch als auch auf das Gesamtgewicht der Forelle sehr klein und liegen an der unteren Grenze der in Menzenschwand gemessenen Werte [2].

Die Transferfaktoren Gras/Boden sind definiert als das Verhältnis der Ra-226-Konzentration in frischem Gras und der Ra-226-Konzentration in getrockneter Erde. Die in Tabelle 7 angegebenen Ra-226-Konzentrationen in Gras wurden zusammen mit den Ra-226-Konzentrationen der am gleichen Ort genommenen Bodenproben zur Berechnung der in Tabelle 11 angegebenen Transferfaktoren verwendet. Die so bestimmten Transferfaktoren streuen über mehr als eine Größenordnung. Der Mittelwert von 0,01 liegt um den Faktor 3 unter dem in Menzenschwand gemessenen Mittelwert [2].

Die Transferfaktoren Milch/Gras werden entweder definiert als das Verhältnis der Ra-226-Konzentration in Milch zur Ra-226-Konzentration in frischem Gras oder als der Prozentsatz der täglichen Aufnahme mit dem Futter der in 1 l Milch im Gleichgewicht gemessen wird. Zur Bestimmung dieser Transferfaktoren wurden örtlich und zeitlich sich entsprechende Daten aus Tabelle 7 und 8 verwendet. Für die Bestimmung des Transferfaktors in % d/l ist dabei 55 kg Frischgras als Futtermenge pro Tag [4] angenommen. Die Mittelwerte, der so bestimmten Transferfaktoren liegen um den Faktor 2 bzw. 3 unter den in Menzenschwand gemessenen Mittelwerten [2].

Die Transferfaktoren pflanzlicher Nahrungsmittel/Boden sind gleich definiert wie die Transferfaktoren Gras/Boden. Unter Verwendung der in Tabelle 9 angegebenen Ra-226-Konzentrationen für pflanzliche Nahrungsmittel und den Ra-226-Konzentrationen in Bodenproben, die gleichzeitig mit diesen Nahrungsmitteln lokal genommen wurden, wurden Transferfaktoren berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 wiedergegeben. Auch hier ist im Vergleich mit den Meßwerten in Menzenschwand [2] festzuhalten, daß letztere im allgemeinen größer als die in Baden-Baden gemessenen Werte sind. So liegt der Wert für Salat in Menzenschwand bei 0,07, für grüne Bohnen bei 0,002 und für Kartoffeln bei 0,02.

Tabelle 11: Transferfaktoren Gras/Boden für Ra-226

Probenahme	Ra-226 Transfer Gras/Boden in pCi/g Gras, frisch : pCi/g Boden, trocken
Wahlheimerhof R 18.5.79	0,01
Oberbeuren B 5.6.79	0,001
Eckhöfe Baden-Baden 5.6.79	0,01 ¹⁾
Gernsbach J 19.6.79	0,004
Uranuntersuchungs- grube Sauersbosch- bach, 50 m westlich, 3.7.79	0,01
Gernsbach 3.7.79	0,04
Wahlheimer Hof R 3.7.79	0,02
Eckhöfe Baden-Baden 18.7.79	0,02 ¹⁾
Mittelwert	0,01

¹⁾ Für diese Werte wurde eine mittlere Bodenkontamination von 1,34 pCi/g Boden, trocken, angenommen. Dies ist der Mittelwert aller Bodenproben.

Tabelle 12: Transferfaktoren Milch/Gras für Ra-226

Probenahme	Transferfaktoren	
	Milch / Gras pCi/l : pCi/kg frisch	Zur Milch überführter Anteil der Tagesaufnahme in % d/l
Wahlheimer Hof R 3.5.79	0,1	0,1
Eckhöfe Baden- Baden, 19.6.79	0,2	0,2
Gernsbach J 19.6.79	0,1	0,2
Gernsbach J 18.7.79	0,04	0,1
Wahlheimer Hof R 19.6.79	0,03	0,1
Mittelwert	0,1	0,1

Tabelle 13: Transferfaktoren Nahrungsmittel/Boden für Ra-226

Nahrungsmittel	Ra-226 Transfer Nahrungsmittel / Boden ¹⁾ in pCi/kg Nahrungs- : pCi/kg Boden, mittel, frisch : trocken
Kopfsalat	0,01
Kopfsalat	0,01
grüne Bohnen	0,01
Kartoffeln	0,002
Apfel	0,002
Apfel	0,01

¹⁾ Die Bodenproben wurden gemeinsam mit den Nahrungsmitteln lokal genommen

2. Die Ra-226-Konzentrationen in der Umgebung von Baden-Baden, verursacht durch den Betrieb der Uranuntersuchungsgrube

Ra-226 wird aus der Uranuntersuchungsgrube mit Abwasser und Bergwasser abgegeben. Dadurch erfolgt eine Erhöhung der natürlichen Ra-226-Konzentration im Sauersboschbach. Da uranhaltiges Material aus der Grube ausgefahren wurde und in zwei Halden am Sauersboschbach und am Müllentbach gelagert wurde, kann durch dieses Material potentiell eine Kontamination des Sauersboschbaches und des Müllentbaches erfolgen. Obwohl beide Halden mit Erde bedeckt sind, ist eine Kontamination dieser Erde und der auf ihr wachsenden Pflanzen durch das Haldenmaterial nicht auszuschließen. Daher wurden Wasserproben aus dem Sauersboschbach und dem Müllentbach auf Ra-226 untersucht. Wegen der in nächster Zukunft geplanten Tätigkeit der Firma Saarberg-Interplan im Waldbachtal wurde noch in diesem Teil der Untersuchung das Waldbachtal eingeschlossen, auch wenn bisher eine Kontamination mit Ra-226 durch menschliche Tätigkeit nicht möglich war. Erd- und Pflanzenproben von den beiden Halden wurden ebenfalls auf Ra-226 untersucht.

2.1 Ra-226 in Abwässern und Oberflächenwässern

Das aus der Uranuntersuchungsgrube abgeleitete Abwasser besteht einerseits aus dem erschroteten Grubenwasser und andererseits aus dem Wasser, das aus dem Sedimentierbecken im Innern der Uranuntersuchungsgrube abgeleitet wird. Stichproben der beiden Wässer wurden ab Juli 1979 entnommen und auf Ra-226 untersucht. Im Mai bis Juli 1979 wurden einige Proben aus dem aus der Uranuntersuchungsgrube direkt abgeleiteten Mischwassers untersucht. Dieses besteht im wesentlichen aus Grubenwasser. Die Ergebnisse sind in Tabelle 14 wiedergegeben.

Die Grubenwässer und das Abwasser aus dem Sedimentierbecken der Uranuntersuchungsgrube werden in den Sauersboschbach eingeleitet. Daher wurde vor der Einleitung, direkt nach der Einleitung und vor der Mündung des Sauersboschbaches in den Oosbach je ein automatisches Wasserprobenahmegerät installiert. Zwei weitere automatische Wasserprobenahmegeräte wurden am Müllent-

Tabelle 14: Ra-226-Konzentration im Grubenwasser, im Wasser des Grubenauslaufes und im Wasser des Sedimentierbeckens der Uranuntersuchungsgrube

Probenahme Datum	Ra-226-Konzentration in pCi/l des		
	Grubenwassers	Wasser des Sedimentier- beckens	Wasser des Grubenauslaufes
3. 5.79	--	--	21,4
5. 6.79	--	--	14,0
3/4.7.79	9,8	--	18,1
31. 7.79	19,5	30,8	--
21. 8.79	33,6	30,2	--
31. 8.79	31,4	53,1	--
25. 9.79	32,8	31,4	--
9.10.79	29,7	30,4	--
16.10.79	26,0	41,4	--
6.11.79	28,2	33,3	--
27.11.79	22,3	9,4	--
12.12.79	18,3	28,8	--
Mittelwert	25 ± 8	32 ± 12	18 ± 4

bach nach dem Kirchheimer Stollen und am Waldbach installiert. Die Positionen der Probenahmegeräte sind in Abbildung 4 wiedergegeben. Die Messung von Ra-226 erfolgte im allgemeinen in monatlichen Mischproben. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in den Abbildungen 5 - 9 angegeben. Die im Abwasser und mit den automatischen Wasserprobenahmegeräten gemessenen Minima, Maxima und Mittelwerte der Ra-226-Konzentrationen, erweitert um die Ergebnisse der Trinkwasserversorgung aus der Umgebung von Baden-Baden sind in Tabelle 15 wiedergegeben. Probenahme, Probebehandlung, Ra-226-Analyse und Ra-226-Messung wurden wie oben bereits beschrieben durchgeführt.

Die Ra-226-Konzentration des Grubenwassers unterscheidet sich nur unwesentlich von der Konzentration im Abwasser der Uranuntersuchungsgrube. Wie aus Tabelle 15 hervorgeht, ist im Sauersboschbach, vor der Einleitung dieser Abwässer ein Mittelwert der Ra-226-Konzentration von 1,0 pCi/l gemessen worden. Direkt nach der Einleitung der Abwässer ist die Ra-226-Konzentration etwa doppelt so hoch wie der natürliche Ra-226-Gehalt. Da der Ausstoß an Grubenwasser nicht konstant ist und die Abgabe von Abwasser aus dem Sedimentierbecken diskontinuierlich und ebenfalls nach Bedarf erfolgt, ist eine Abschätzung der Ra-226-Freisetzung aus der Uranuntersuchungsgrube aus den Ra-226-Gehalten der Abwässer praktisch nicht möglich. Aus den mittleren Ra-226-Konzentrationen vor und nach der Einleitung der Abwässer der Uranuntersuchungsgrube kann wegen der extrem starken Schwankungen der Wasserführung des Sauersboschbaches und wegen der nicht in allen Fällen zwischen den Positionen von M3 und M2 erfolgten Einleitung der Abwässer ebenfalls nur abgeschätzt werden. Der Wert dürfte im Bereich von 1 mCi Ra-226/a liegen und stellt damit etwa eine Verdoppelung der natürlichen Ra-226-Belastung des Flusses dar. Vor der Mündung des Sauersboschbaches hat sich die Wasserführung nennenswert erhöht. Der mittlere Ra-226-Gehalt von 1,1 pCi/l ist auf diese Verdünnung mit im allgemeinen wenig Ra-226 enthaltenden Wasser zurückzuführen.

Der Müllenbach und der Waldbach enthalten 0,9 pCi Ra-226/l als Mittelwert während der Untersuchungsdauer. Beim Müllenbach erfolgte die Messung unterhalb der Abraumhalde, die durch Ablagern von schwach uranhaltigem Material aus

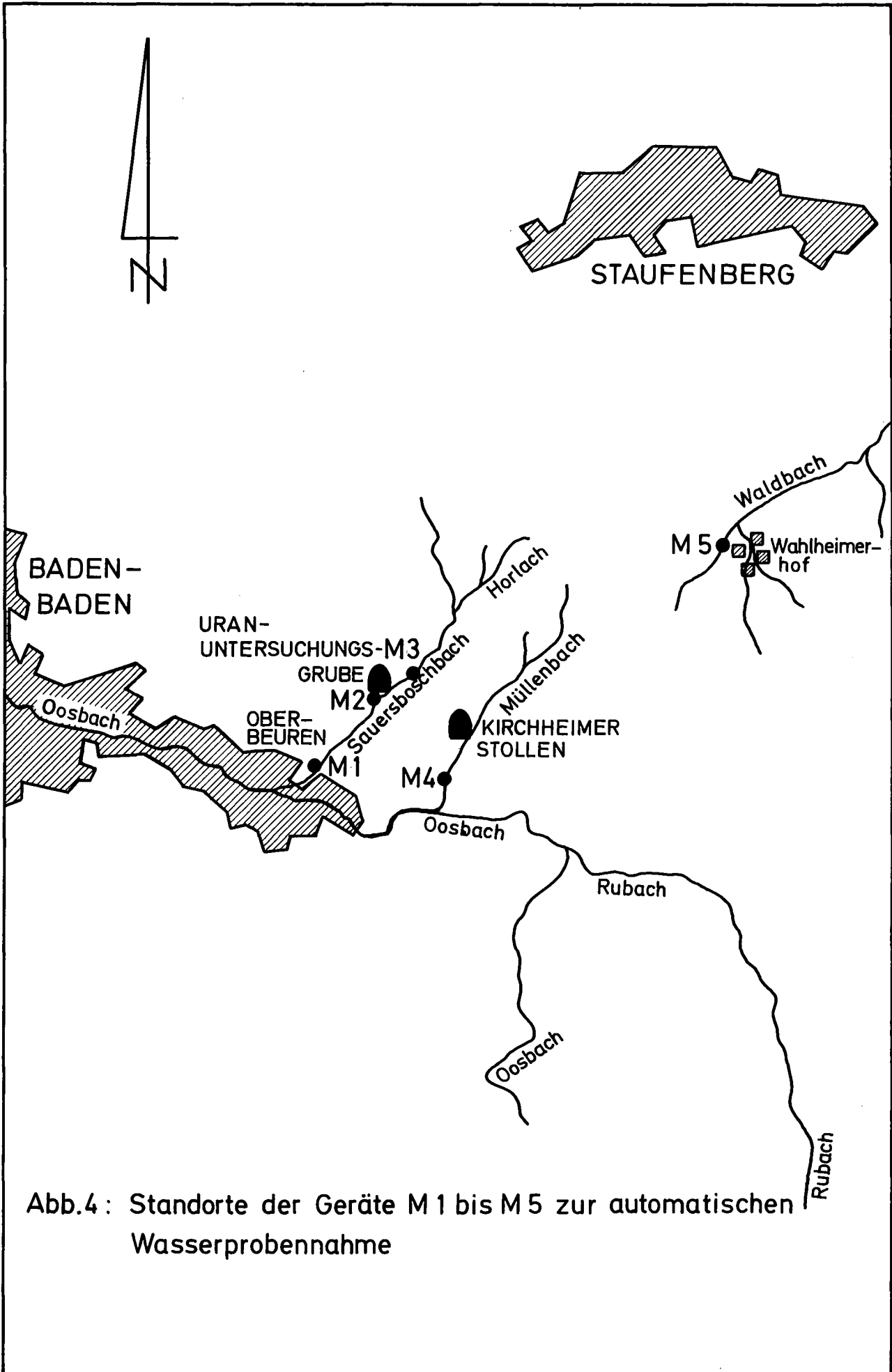


Abb.4: Standorte der Geräte M1 bis M5 zur automatischen Wasserprobennahme

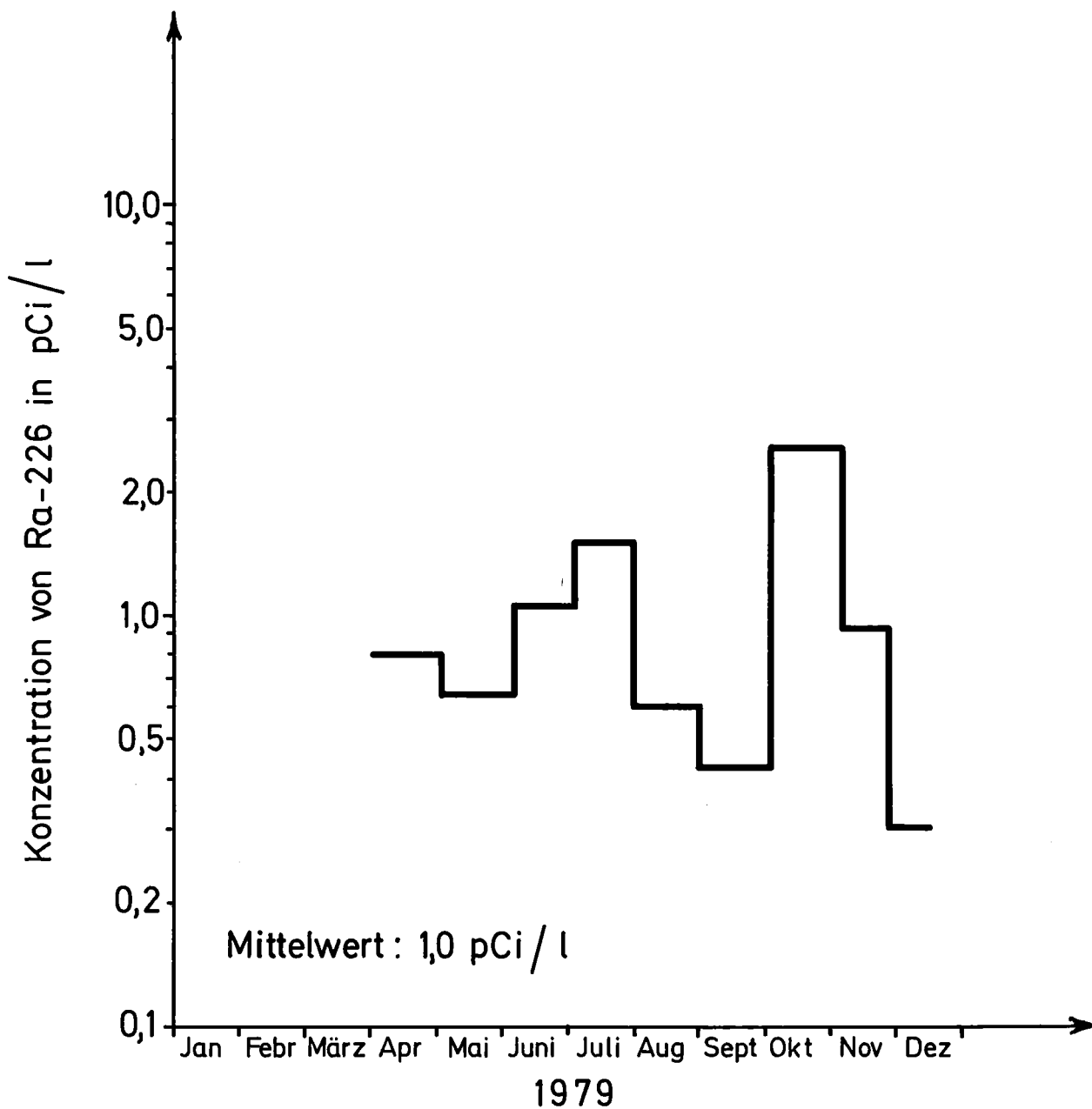


Abb. 5: Ra-226-Konzentration im Wasser des Sauerboschbaches am automatischen Probensammler M 3.

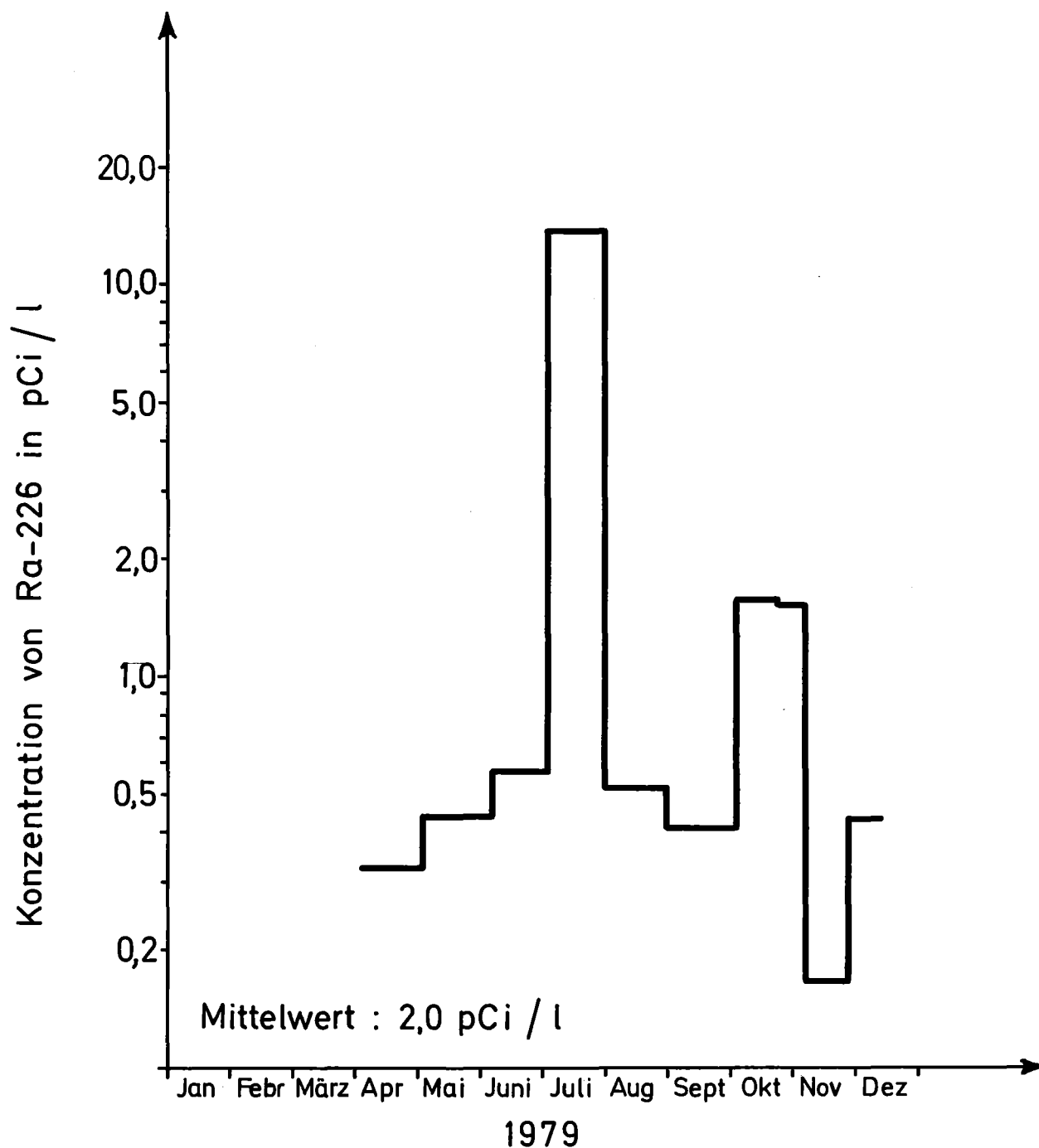


Abb. 6: Ra-226-Konzentration im Wasser des Sauerboschbaches am automatischen Probensammler M 2.

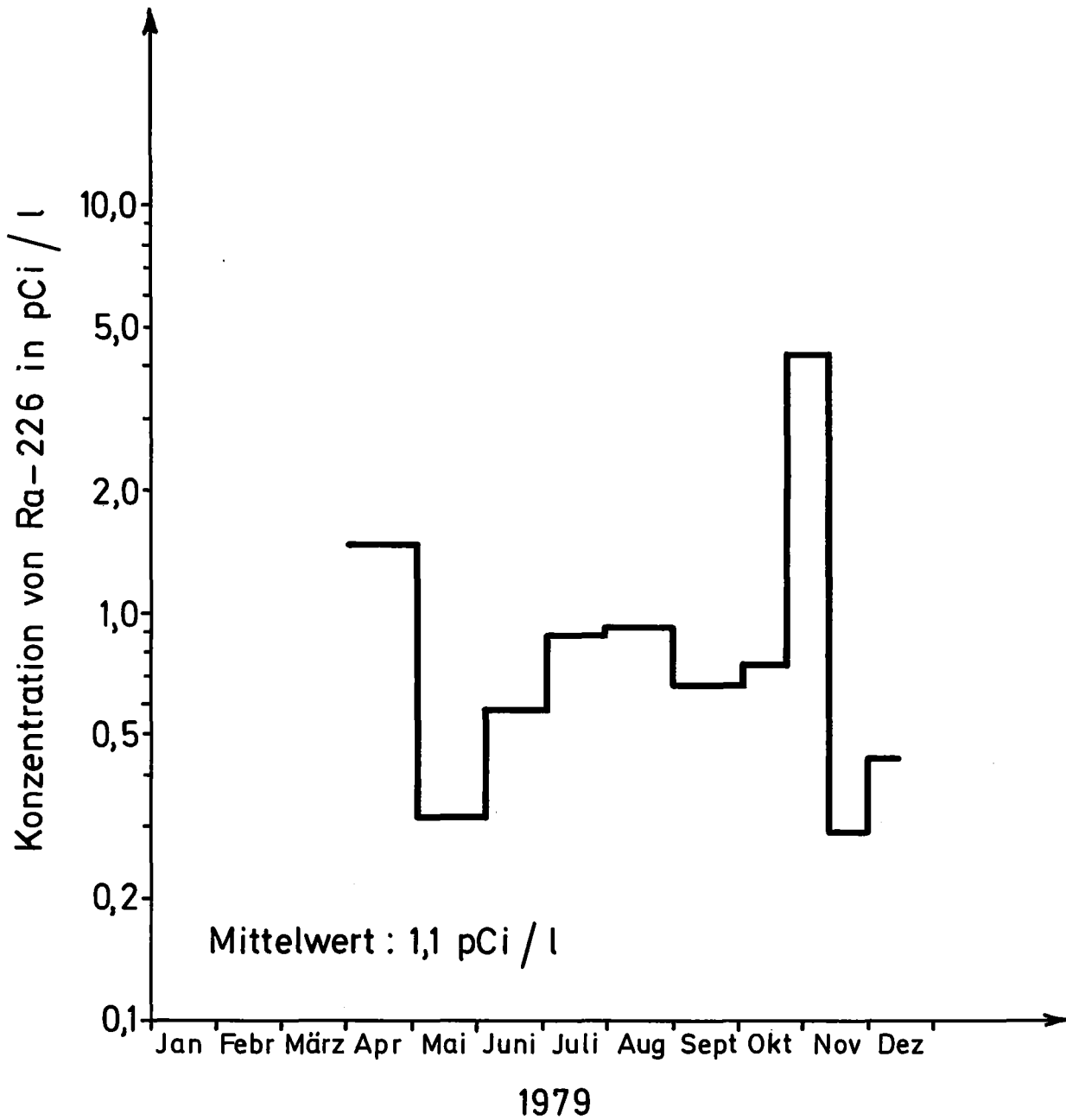


Abb.7: Ra-226-Konzentration im Wasser des Sauerboschbaches am automatischen Probensammler M 1.

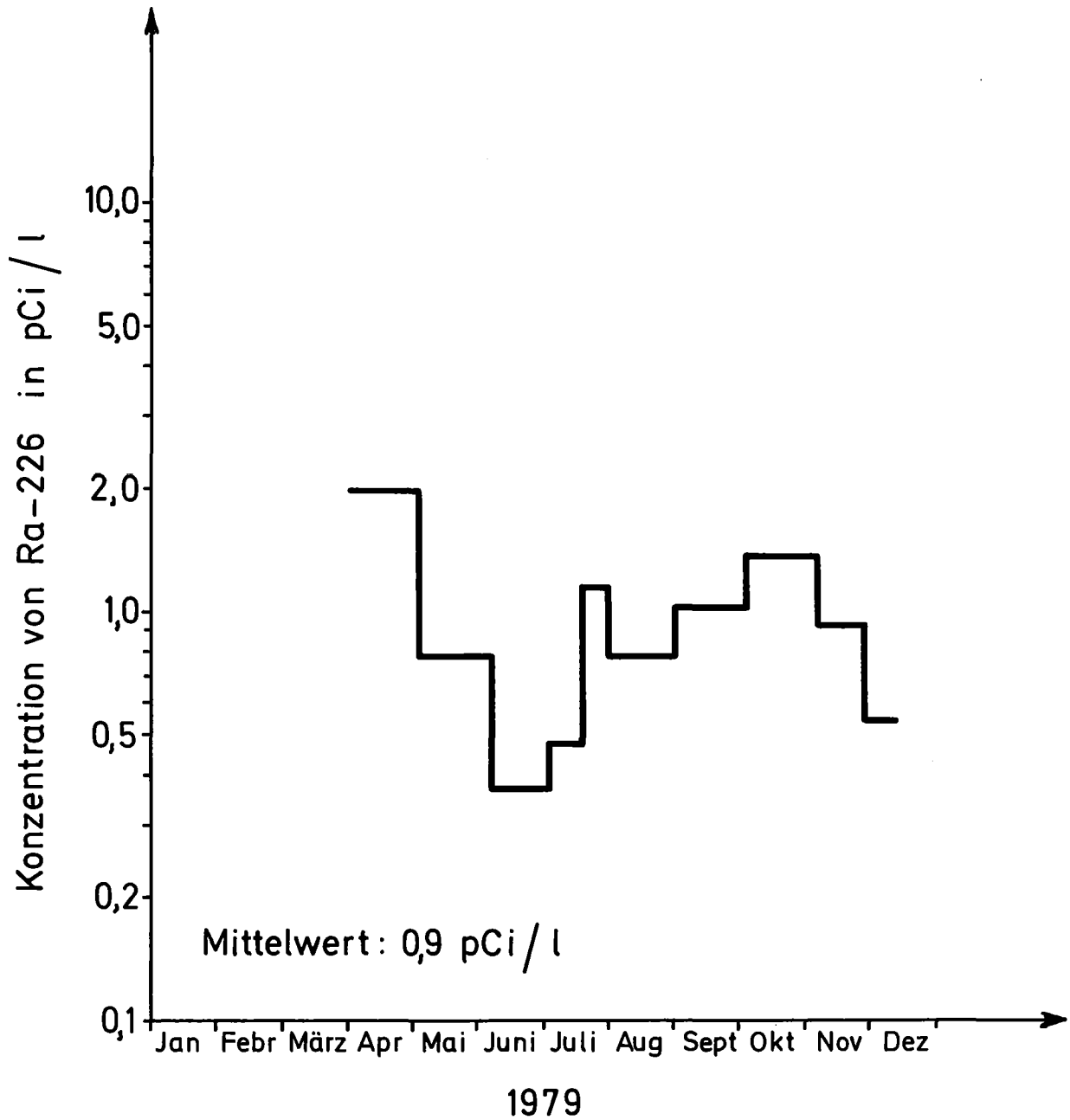


Abb.8: Ra-226-Konzentration im Wasser des Müllenbaches am automatischen Probensammler M 4.

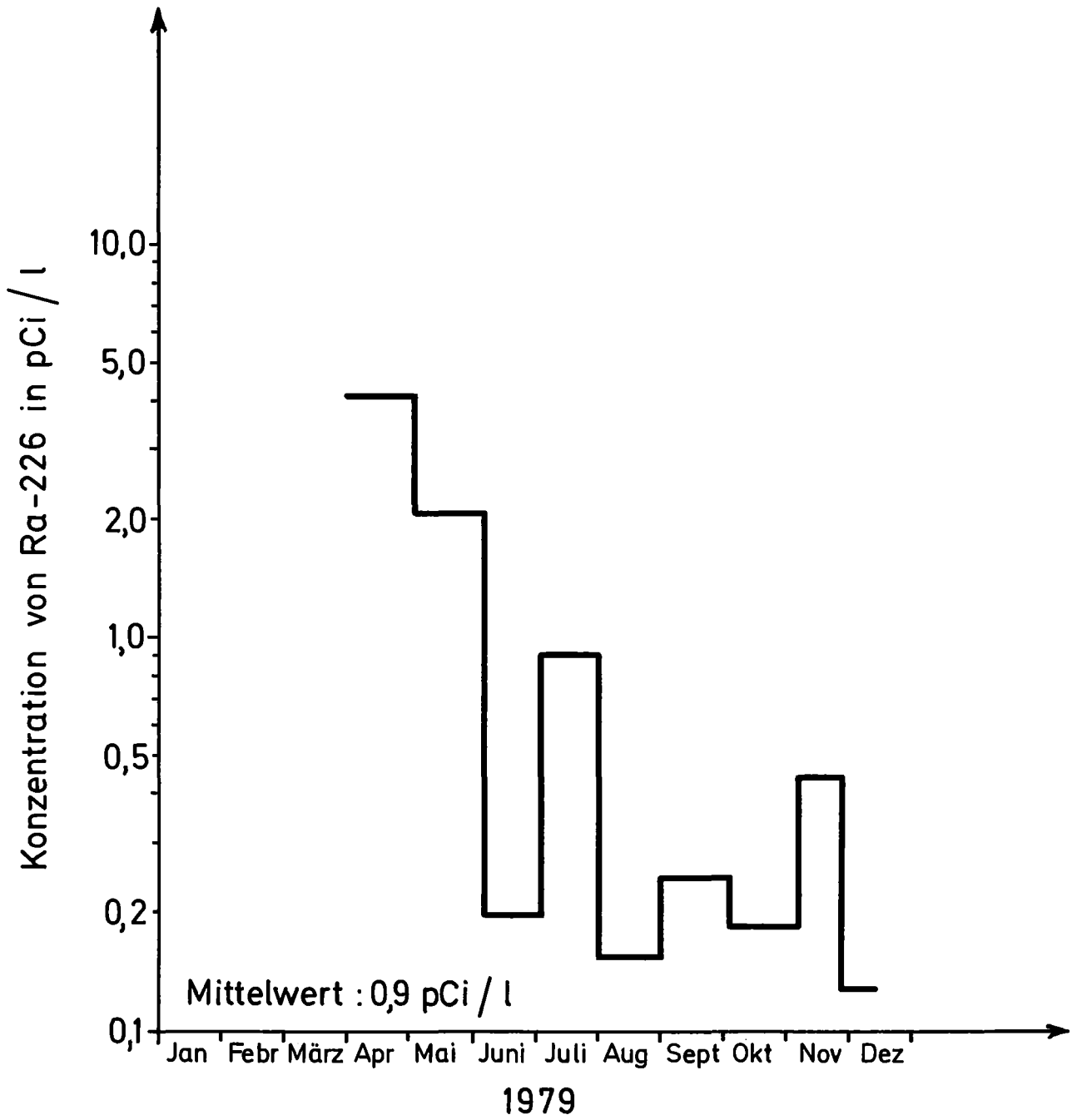


Abb.9: Ra-226-Konzentration im Wasser des Waldbaches am automatischen Probensammler M 5.

Tabelle 15: Minimale, maximale und mittlere Konzentration von Ra-226 im Sauerboschbach, im Abwasser der Uranuntersuchungsgrube, im Müllenbach, im Waldbach und im Trinkwasser der Baden-Badener Umgebung

Probenahme	Ra-226-Konzentration in pCi/l		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Sauerboschbach, 50 m vor Einleitung der Grubenwässer	0,3	2,6	1,0
Sauerboschbach, 10 m nach Einleitung der Grubenwässer	0,2	13,8	2,0
Sauerboschbach, 100 m vor Zusammenfluß mit dem Oosbach	0,3	4,3	0,9
Müllenbach, 100 m vor Zusammenfluß mit dem Oosbach	0,4	2,0	0,9
Waldbach, 350 m nach der Quelle, Höhe Wahlheimerhof	0,1	4,1	0,9
Abwässer der Uranuntersuchungsgrube Sauerboschbach	9,4	53,1	27,0
Trinkwasserversorgung Baden-Badener Umgebung	0,03	1,5	0,3

dem Uranuntersuchungsstollen gebildet wurde. Da bei einer Stichprobenmessung oberhalb dieser Halde nur 0,3 pCi Ra-226/l gemessen wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Wasserkontamination unterhalb der Halde durch diese beeinflusst wird. Da direkt oberhalb der Halde der Ausbiß der uranföhrenden Schicht liegt, kann auch diese natürlliche Kontamination der Oberfläche zur Veränderung der Ra-226-Konzentration im Müllenbach geführt haben. Im Waldbach wurde die gleiche Konzentration von Ra-226 gemessen, wie im Müllenbach. Diese natürlliche Kontamination - bisher gab es keine Aktivitäten zur Urangewinnung im Waldbachtal - ist verursacht durch Ausbisse der uranföhrenden Schichten in diesem Tal.

2.2 Ra-226 in den Sedimenten von Sauersboschbach, Müllenbach und Waldbach

Obwohl bereits aus einer anderen Untersuchung [2] bekannt war, daß Ra-226 sich nicht nennenswert in Sedimenten ablagert, wurde Sedimente aus den drei genannten Bächen entnommen und auf Ra-226 untersucht. Die Probenbehandlung, Analyse und Messung erfolgte wie oben beschrieben.

In allen drei Bächen sind die Ra-226-Konzentrationen der Sedimente höher als z.B. in den Sedimenten der Murg. Gleichzeitig liegen sie aber unter den Konzentrationen, die in den Sedimenten einer Quelle bei Oberbeuren gefunden wurden.

Der Ra-226-Gehalt in den Sedimenten des Müllenbaches unterhalb der Halde und der mittlere Sedimentgehalt im Waldbach sind gleich groß. Dies entspricht der ebenfalls gleich hohen Konzentration von Ra-226 im Wasser. Wichtig erscheint, daß sowohl im Sauersboschbach vor der Einleitung der Abwässer der Uranuntersuchungsgrube als auch im Müllenbach vor der Uranerz enthaltenden Halde die höchsten Sedimentkontaminationen gefunden wurden. Dabei handelt es sich also um natürlliche Kontaminationen der Sedimente. Die Ergebnisse sind in Tabelle 16 wiedergegeben.

2.3 Ra-226 in Pflanzenproben von Halden

Die Aufnahme von Ra-226 in Gras in der Umgebung von Baden-Baden führte zu einer mittleren Konzentration von 0,1 pCi Ra-226/g Trockensubstanz.

Tabelle 16: Ra-226-Konzentrationen in den Sedimenten des Sauerboschbaches, des Müllenbaches und des Waldbaches

Probenahme	Ra-226-Konzentration in pCi/g Trockensubstanz
Sauersboschbach direkt oberhalb der Untersuchungsgrube	2,9
Sauersboschbach 100 m vor Zusammenfluß mit dem Oosbach	2,6
Müllenbach direkt oberhalb des Kirchheimer Stollens	2,3
Müllenbach 100 m vor Zusammenfluß mit dem Oosbach	1,3
Waldbach, 350 m nach der Quelle	1,0
Waldbach, 450 m nach der Quelle	1,6

Zum Vergleich wurden Pflanzenproben auf den Halden im Sauerboschbach- und im Müllenbachtal genommen. Trotz der Unterschiede in der Pflanzenart darf in erster Näherung zwischen den Grasproben der Umgebung von Baden-Baden und den Pflanzenproben von den Halden verglichen werden. Der mittlere Ra-226-Gehalt der Haldenpflanzen betrug 0,8 pCi/g Trockensubstanz. Diese erhöhten Konzentrationen von Ra-226 in den Pflanzen sind überraschend, da auf beiden Halden das am stärksten mit Uran durchsetzte Material mit anderem Material abgedeckt ist und beide Halden durch Erde bedeckt sind. Die Ra-226-Konzentrationen der einzelnen gemessenen Pflanzen werden in Tabelle 17 wiedergegeben.

2.4 Ra-226 in Bodenproben von Halden

Durch die erhöhten Ra-226-Konzentrationen der Pflanzen veranlasst wurden auf der Halde vor dem Sauerboschstollen eine Erdprobe und am Rand der Halde zum Sauerboschbach hin fünf weitere Proben entnommen. Weitere sechs Proben stammen von der Halde vor dem Kirchheimer Stollen direkt am Müllenbach und zwei Proben vom oberen Ende der Halde. Wegen des Ausbisses einer erzführenden Schicht etwa in Höhe des Stollens wurden knapp unter dieser Schicht fünf weitere Bodenproben auf Ra-226 untersucht. Probenahme, Probenaufbereitung, Analyse und Messung erfolgten wie oben beschrieben.

Die Ra-226-Konzentrationen am Rand der Halde vor dem Sauerboschstollen lagen zwischen 1,5 und 3,1 pCi/g Trockensubstanz. Diese Werte sind für eine uranreiche Umgebung durchaus als normal anzusehen. Die Erdprobe auf der Halde hatte eine etwa 3 mal höhere Ra-226-Konzentration. Dies ist jedoch kein Repräsentativwert für die Halde, da durch das gelegentliche Befahren das abdeckende Erdreich an manchen Stellen weniger kompakt sein kann.

Erdproben, die direkt unter der erzführenden Schicht genommen wurden, enthielten zwischen 4,7 und 37,0 pCi Ra-226/g Trockensubstanz. Am unteren Rand der Abraumhalde lagen die Werte zwischen 4,1 und 132,0 pCi/g Trockensubstanz. Da in beiden Fällen die höchsten Werte oberhalb der Halde - also durch den Austritt der erzführenden Schicht verursacht - und am unteren Rand der Halde gemessen wurden, könnte geschlossen werden, daß zwischen beiden Ergebnissen ein enger Zusammenhang besteht. Eine solche natürlich

Tabelle 17: Ra-226-Konzentrationen von Pflanzen von den Halden der Uranuntersuchungsgrube

Probenahme	Pflanzenart	Ra-226-Konzentration in pCi/g Trockensubstanz
Uranuntersuchungsgrube Sauersboschbach, Halde 31.8.79	Heu	0,7
Uranuntersuchungsgrube Sauersboschbach, Halde 1.8.79	Wegerich	0,2
1.8.79	Klee	2,1
Kirchheimer Stollen, Halde 1.8.79	Schierling	0,4
Kirchheimer Stollen, Halde 10.8.79	Beifuß	0,2
10.8.79	Weiden	0,05
10.8.79	BrenneseIn	0,2
10.8.79	Sumpf-Ziest.	2,5

Kontamination, die seit langer Zeit besteht, sollte aber wesentlich homogener sein als die Kontamination tatsächlich ist. Daher muß angenommen werden, daß die erhöhten Werte am unteren Rand der Abraumhalde durch den Uran- bzw. Radiumgehalt der Abraumhalde verursacht werden. Die Ergebnisse der Messungen sind in den schematischen Plänen in Abbildung 10 und 11 wiedergegeben.

3. Zusammenfassung

Zur Messung der natürlichen Ra-226-Kontamination der Umgebung von Baden-Baden wurden Trinkwasser-, Oberflächenwasser-, Sediment- und Bodenproben auf Ra-226 analysiert. Außerdem wurden Forellen, Milch und andere Nahrungsmittel untersucht. Verwendet man zu Vergleichszwecken die Strahlenschutzverordnung [3] so kann unter vereinfachten Bedingungen 0,7 pCi Ra-226/l als maximal zulässige Konzentration angesehen werden. Im Bereich dieser Konzentration lagen Meßwerte eines Quellwassers, einer Trinkwasserversorgung und die Quellen im Kurhaus Baden-Baden. Oberflächenwässer erreichten nur dann diesen Wert, wenn sie im Raum des Uranvorkommens genommen wurden und vereinzelt wurden solche Werte im Oosbach unterhalb der Einleitung der Abwässer des Kurhauses gemessen. Die Ra-226-Konzentrationen in Sedimenten und Forellen sind leicht erhöht. Das gleiche gilt für die Bodenproben, die mit 1,4 pCi/g Trockensubstanz als Mittelwert der nicht direkt am Uranvorkommen genommenen Bodenproben etwa um den Faktor 2-3 höher als "normal" sind. Bei Grasproben wurde 0,1 pCi/g Trockensubstanz gemessen; dieser Wert ist erhöht und dementsprechend sind die Milchwerte, die lokal gewonnen wurden, mit Ra-226-Konzentrationen zwischen 0,2 und 9,8 pCi/l ebenfalls zum Teil höher als normal. Eine geringe Zahl anderer Nahrungsmittel wurde im Raum Baden-Baden zusätzlich untersucht. Im allgemeinen sind die Ra-226-Konzentrationen niedrig.

Aus den erhaltenen Konzentrationen wurden Transferfaktoren errechnet. Die in Baden-Baden gemessenen Transferfaktoren wurden mit den Menzenschwander Ergebnissen [2] verglichen. Die Transferfaktoren Fisch/Wasser liegen um den Faktor 4-7 unter den in [2] gemessenen Werten; die Transferfaktoren Gras/Boden um den Faktor 3; der Transferfaktor Gras/Milch ebenfalls um den Faktor 3 und soweit vergleich-

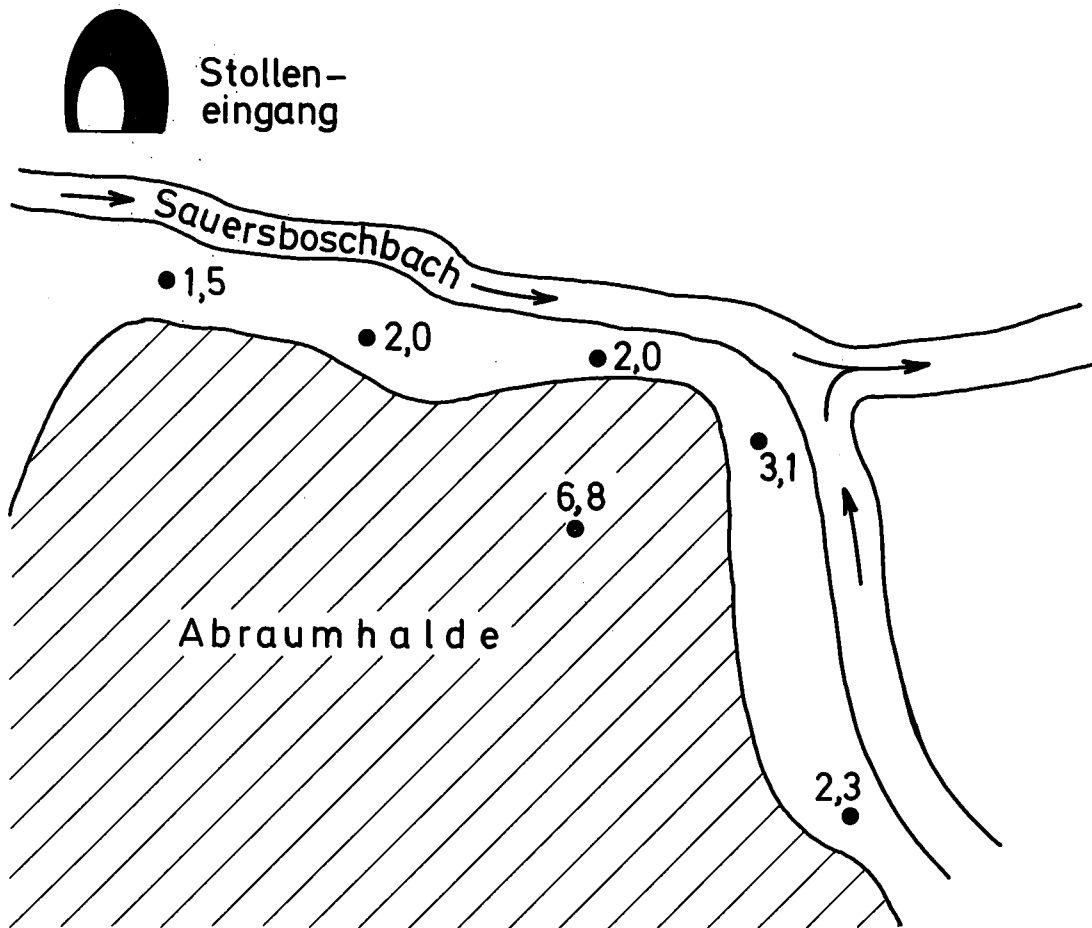


Abb.10: Ra -226 -Konzentration in Bodenproben der Abraumhalde am Sauerboschstollen. Konzentration in pCi / g Trockensubstanz .

AUSBISS DER ERZFÜHRENDEN SCHICHT

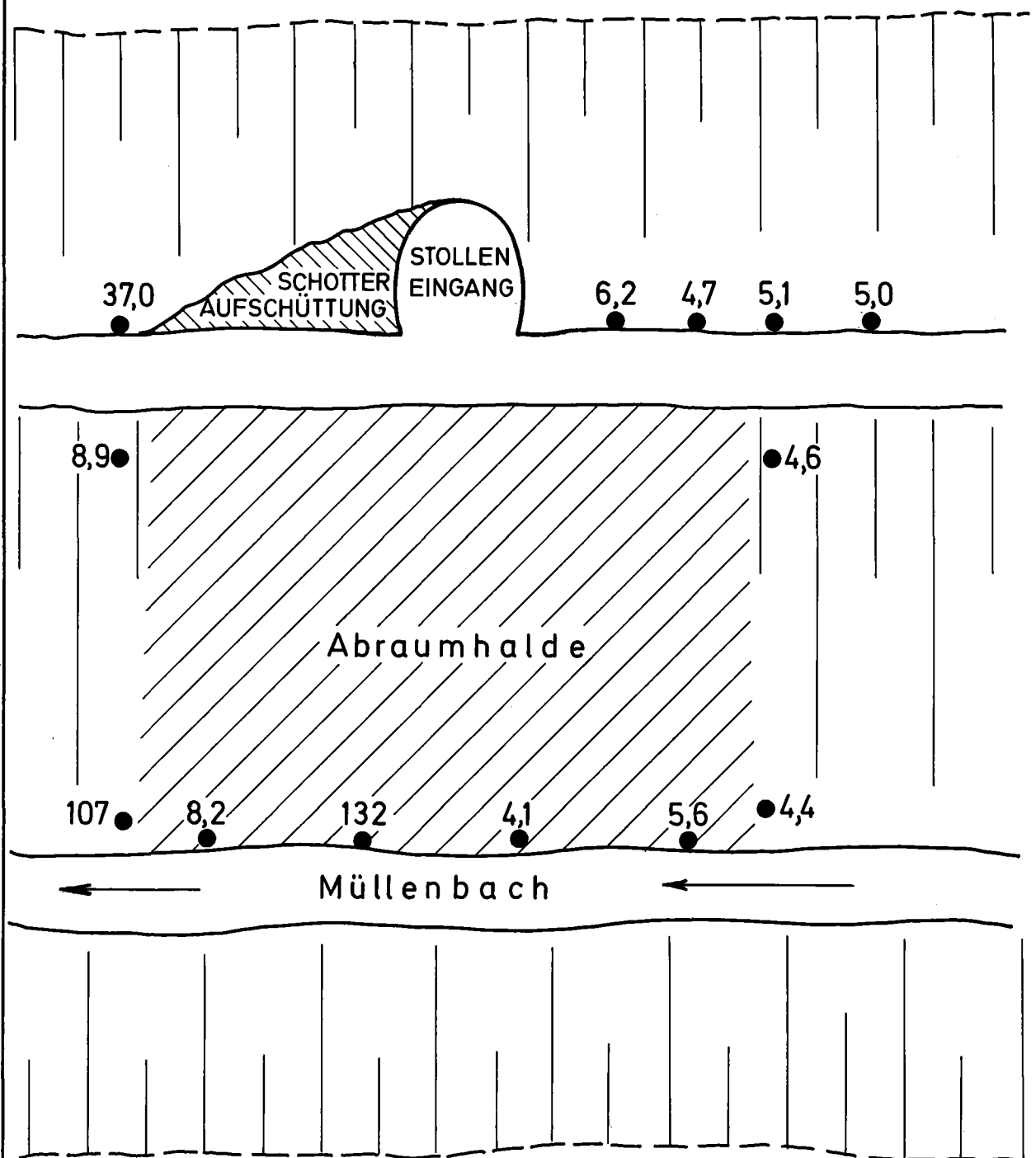


Abb. 11: Ra-226-Konzentration in Bodenproben der Abraumhalde am Kirchheimer-Stollen. Konzentration in pCi /g Trockensubstanz

bar liegen die Transferfaktoren für Nahrungsmittel im allgemeinen um den Faktor 5-10 unter den in Menzenschwand bestimmten Daten.

Die Abschätzung der Aufnahme des natürlich vorkommenden Ra-226 durch die Bevölkerung von Baden-Baden ist relativ schwierig, da nur ein geringer Anteil von Lebensmitteln untersucht werden konnte, weil der Großteil wichtiger Lebensmittel nicht lokal produziert wird. Ein Vergleich kann mit den Ergebnissen von Menzenschwand jedoch durchgeführt werden. Dort wurden 7,1 nCi bei vollständiger Versorgung mit den lokal produzierten Lebensmitteln als Jahresaufnahme errechnet. Für die Kontamination der Lebensmittel ist vor allem die Konzentration im Boden und die Größe der Transferfaktoren ausschlaggebend. Da die Konzentration im Boden von Baden-Baden um den Faktor 2 kleiner ist als in Menzenschwand und die Transferfaktoren mindestens um den Faktor 3 kleiner sind, wird die Jahresaufnahme von Ra-226 nicht 1,2 nCi überschreiten. Da die verzehrten Lebensmittel nicht alle lokal produziert werden, dürfte die tatsächliche Ra-226-Aufnahme noch wesentlich unter diesem Ergebnis liegen und damit die nach der Strahlenschutzverordnung [3] maximal zulässige Jahresaufnahme von 0,58 nCi etwa eingehalten werden.

Eine Kontamination der Umgebung durch menschliche Tätigkeit im uranreichen Raum von Baden-Baden erfolgt durch die Abgabe von Ra-226-haltigen Abwässern und durch die Lagerung von Erzmaterial auf umliegenden Halden. Alle durch diese Maßnahme berührten Bäche haben bereits von Natur aus eine relativ hohe Ra-226-Belastung. Diese wird durch die Halden bzw. die Abwasserabgabe noch etwa um den Faktor 2 erhöht. Da diese Bäche nicht zur Trinkwasserversorgung verwendet werden, mit dem Wasser dieser Bäche keine Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen erfolgt und die Bäche zu klein sind, um Fische zu enthalten, erfolgt durch die Abwasserabgabe keine zusätzliche Dosisbelastung der Bevölkerung von Baden-Baden.

Trotz der starken Abdeckung der Halden mit schwächer uranhaltigem Material und mit Erde, sind die an der Oberfläche gemessenen Ra-226-Konzentrationen des Bodens teilweise außergewöhnlich hoch. Dementsprechend enthalten die dort wachsenden Pflanzen auch bis zum Faktor 8 höhere Ra-226-Konzentrationen als Pflanzenproben von anderen Plätzen. Während die Halde am Kirchheimer

Stollen landwirtschaftlich nicht genutzt wird und daher die höheren Ra-226-Konzentrationen der Pflanze nicht zu einer Erhöhung der Ra-226-Aufnahme der Bevölkerung führen, wird auf der Halde vor dem Sauerboschstollen der Pflanzenwuchs zur Heuerzeugung genützt. Das Heu von der Sauerboschhalde wird aber nicht als Futtermittel benutzt, sondern wird verbrannt [5].

4. Literatur

- [1] N.I. Sax, M. Beigel, J.C. Daly and J.J. Gabay, U.S. At. Energy. Comm. Rpt., ANL-6637, p. 59 (October 1961)
- [2] H. Schüttelkopf, H. Kiefer "Die Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer Uranuntersuchungsgrube emittiertes Ra-226 -Radioökologische Untersuchungen im Feldberggebiet- KfK 2866 (September 1979)
- [3] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung vom 20.10.76 (Bundesgesetzblatt S.2905-2999)
- [4] Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenexposition durch Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Der Bundesminister für Inneres, 1977
- [5] Dr. Thomé, persönliche Mitteilung

Die Probenahme und Probenvorbereitung erfolgte mit großer Umsicht und Sorgfalt durch Herrn Bailer. Radiochemische Analysen wurden von Fräulein B. Blum durchgeführt. Herr Dipl.-Ing. Fessler war verantwortlich für die γ -spektrometrische Bestimmung von Ra-226.

Die Verfasser danken allen, die zum Gelingen des Forschungsprogrammes beigetragen haben.

5. ANHANG - Probenaufbereitung und Analysenmethode für ^{226}Ra

Pflanzen, Nahrungsmittel:

- 1) Die Proben werden getrocknet, mit Salpetersäure befeuchtet und bei 800°C über Nacht im Muffelofen verascht. Die Asche soll frei von Kohlenstoffresten, also ganz weiß, sein. Für die Analyse werden 10 g fein zermörserte Asche verwendet.
- 2) Die Asche wird in 50 ml 3 M HNO_3 gelöst, 25 mg Ba^{2+} als Träger zugesetzt und 5 min zentrifugiert. Mit 100 ml 1 M HNO_3 wird nachgespült. Die Lösungen werden in einem Becherglas gesammelt und mit H_2O dest. auf 1 l aufgefüllt.
- 3) 5 ml 1 M Zitronensäure werden zugegeben, die Lösung zum Kochen gebracht und langsam 50 ml 3 M H_2SO_4 und 200 mg Pb-Träger zugesetzt.
- 4) Die Probe wird erhitzt und der Niederschlag über Nacht absitzen lassen.
- 5) Die überstehende Lösung wird vorsichtig dekantiert, der Rest zentrifugiert.

Wasser:

- 1) 10 l Wasser auf 200 ml eindampfen.
- 2) 10 ml HNO_3 conc. und 25 mg Ba^{2+} -Träger zugeben, 30 bis 60 min kochen; abkühlen lassen.

- 3) Mit NH_3 25 %ig den pH 7-7,5 einstellen
- 4) Folgende Chemikalien der Reihenfolge nach zugeben:
1 ml 3 N Zitronensäure
0,5 ml NH_3 25 %ig
40 mg Pb-Träger
- 5) Zum Sieden erhitzen; 5 bis 10 Tr. Methylorange zugeben; mit H_2SO_4 conc. den pH 1,5 einstellen, die Probe mindestens 1 h sehr warm halten und über Nacht abkühlen lassen.
- 6) Den Niederschlag zentrifugieren und waschen mit 3x10 ml HNO_3 conc. und 1x20 ml H_2O dest.

Analysenmethode:

- 1) Folgende Chemikalien der Reihenfolge nach dem Niederschlag zusetzen:
1,46 g AeDTA
10 ml 6 M NH_3
40 ml H_2O dest.,
im Wasserbad kochen, bis der Niederschlag völlig gelöst ist.
- 2) 10 bis 15 min erhitzen und zu heißer Lösung tropfenweise 100 %ige Essigsäure zugeben, bis der pH-Wert 4,5-4 erreicht ist. Die Uhrzeit der Fällung notieren, Niederschlag über Nacht absitzen lassen.
- 3) Der Niederschlag wird über ein mit Äthanol und Aceton vorbereitetes 5,5 cm \varnothing Blaubandfilter filtriert. Es wird mit 20 ml H_2O , 20 ml Äthanol und 20 ml Aceton nachgespült und 20 min bei 100 °C getrocknet. Nach 10 min Abkühlen im Exsikkator wird das Gewicht des BaSO_4 bestimmt.
- 4) Es erfolgt eine 100 min-Messung nach 7 Tagen in einem Low-level- α -Meßplatz.