

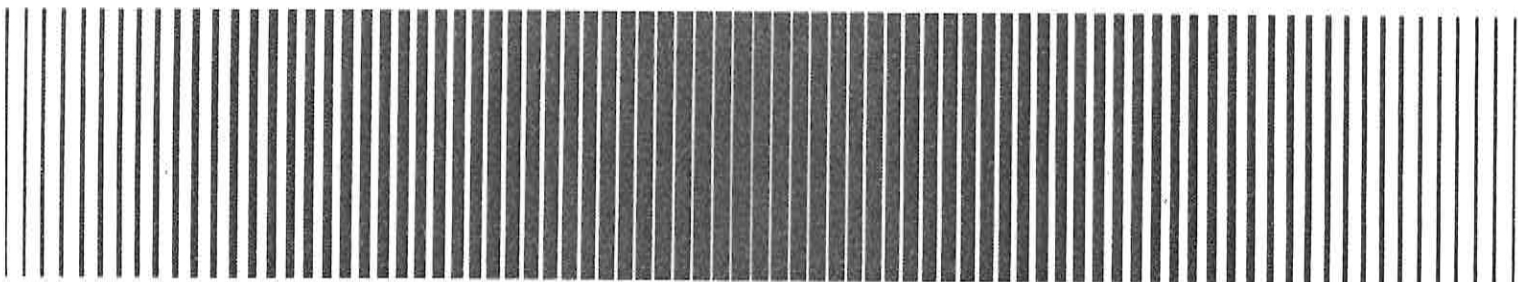
Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

Jahresbericht 1993



Institut für Tieflagerung

GSF-Bericht 15/94



GSF-SUA-1993



GSF - Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit

Herausgeber:

**GSF - Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit, GmbH**

Neuherberg
Ingolstädter Landstraße 1
D-85764 Oberschleißheim

Telefon 089/3187 - 0
Telefax 089/3187 - 3372

Mitglied der Arbeitsgemeinschaft
der Großforschungseinrichtungen (AGF)

© GSF-Forschungszentrum, 1994

ISSN 0721 - 1694

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier

**GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, GmbH
Institut für Tief Lagerung, Theodor-Heuss-Str. 4, 38122 Braunschweig**

**Strahlenschutz
und Umgebungsüberwachung
im Bereich
der Schachanlage Asse
Jahresbericht 1993**



GSF-Bericht 15/94
TL 16/94

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1	Einleitung 1
2	Umgebungsüberwachung 3
2.1	Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser 3
2.2	Pu 239-, Cs 137- und Sr 90-Aktivität im Trinkwasser 6
2.3	Aerosolaktivität der Umgebungsluft 6
2.4	Grasproben 11
2.5	Bodenproben 14
2.6	Aktivitätsflächenbelegung des Bodens 14
2.7	Strahlung in der Umgebung 17
3	Betrieblicher Strahlenschutz 23
3.1	Ortsdosismessungen 23
3.2	Dosisleistungsmessungen 24
3.3	Personendosisüberwachung 26
3.4	Inkorporationsüberwachung 26
4	Emissionsüberwachung 27
4.1	Aerosolaktivität 27
4.2	Tritium 30
4.3	Kohlenstoff 14 30
4.4	Andere Radionuklide 30
4.5	Ergebnisse der Abluftüberwachung 31
4.6	Potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung 33
5	Zusammenfassung 37

1 Einleitung

Die Strahlenschutzmessungen im Bereich der Schachtanlage Asse umfassen die Überwachung der Umweltradioaktivität sowie die Überwachung der betrieblichen Maßnahmen zum Schutz von Belegschaft und Bevölkerung vor ionisierenden Strahlen.

Seit dem 01.01.1979 werden keine radioaktiven Abfälle mehr in das Grubengebäude eingelagert. Bei der Durchführung einiger Forschungsprogramme werden jedoch radioaktive Stoffe und Strahlenquellen eingesetzt. Die Strahlenschutzüberwachung erstreckt sich daher vor allem auf die Überwachung des Personals, der Abluft und der Umgebung der Anlage. Die hierzu erforderlichen Maßnahmen ergeben sich entweder direkt aus gesetzlichen Vorschriften und Richtlinien oder aus den Auflagen der zuständigen Genehmigungsbehörde. Darüber hinaus werden Messungen zur wissenschaftlichen Beobachtung der eingelagerten radioaktiven Abfälle vorgenommen.

Die Programme zur Abluft- und Umgebungsüberwachung durch den Betreiber und durch unabhängige Meßstellen wurden in Anlehnung an die "Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" (Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 32 November 1979, Hrg.: Der Bundesminister des Innern) aufgestellt und wie im Vorjahr durchgeführt.

Alle Probenahmen zur Durchführung des betreibereigenen Überwachungsprogramms werden durch das Institut für Tief Lagerung entnommen bzw. gesammelt. An den Messungen und Auswertungen sind außerdem das Institut für Strahlenschutz und das Institut für Hydrologie der GSF sowie das Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz in Neuherberg beteiligt. Soweit im Text nicht anders vermerkt, sind die Messungen und Auswertungen auf der Schachtanlage Asse vorgenommen worden.

In den Jahresberichten über "Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse" werden die wichtigsten Daten der betrieblichen Überwachung sowie die im Rahmen der betreibereigenen Umgebungsüberwachung ermittelten Meßergebnisse veröffentlicht.

Soweit nicht anders angegeben, sind die Nachweisgrenzen auf der Grundlage des Nulleffekts unter Verwendung der dreifachen Standardabweichung (Vertrauensbereich ca. 99,7 %), des Wirkungsgrades der Meßapparatur, der Meßzeit und der verwendeten Probenmenge ermittelt.

In diesem Bericht werden die Meßwerte in den gesetzlichen Einheiten des Internationalen Systems (SI) angegeben. In der nachfolgenden Tabelle sind die Beziehungen zwischen den SI-Einheiten und den früher gebräuchlichen radiologischen Einheiten sowie die Umrechnungen für die wichtigsten abgeleiteten Größen angegeben:

Aktivität:	1 Ci (Curie)	= $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq (Becquerel) = 37 GBq
	1 Bq	= $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ci = 27 pCi
Ionendosis:	1 R (Röntgen)	= $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg (Coulomb/Kilogramm)
	1 C/kg	= 3876 R
Energiedosis:	1 rd (Rad)	= 0,01 Gy (Gray) = 0,01 Joule/kg
	1 Gy	= 100 rd
Äquivalentdosis:	1 rem (Rem)	= 0,01 Sv (Sievert) = 0,01 Joule/kg
	1 Sv	= 100 rem
Aktivitätskonzentration:	1 pCi/l	= 1 nCi/m ³ = 37 mBq/l
	1 mBq/l	= 1 Bq/m ³ = 27 fCi/l
	1 Bq/kg	= 27 pCi/kg
Aktivitäts-Flächenbelegung:	1 μ Ci/cm ²	= 37 kBq/cm ²
	1 Bq/cm ²	= 27 pCi/cm ²
Dosisleistung:	1 μ rem/h	= 10 nSv/h
	1 μ Sv/h	= 0,1 mrem/h
	100 nSv/h	= 0,876 mSv/a = 87,6 mrem/a

Die Vorsätze bzw. Vorsatzzeichen bezeichnen Faktoren, mit denen die Einheit multipliziert wird:

Giga (G)	=	10^9
Mega (M)	=	10^6
Kilo (k)	=	10^3
milli (m)	=	10^{-3}
mikro (μ)	=	10^{-6}
nano (n)	=	10^{-9}

2 Umgebungsüberwachung

In der Umgebung des Salzbergwerkes Asse werden laufend Proben genommen, die auf ihren Gehalt an radioaktiven Stoffen untersucht werden. Die Probenahme berücksichtigt die bei der Lagerung von radioaktiven Abfällen in einem Salzbergwerk in Frage kommenden Belastungspfade über Luft und Wasser.

Aus der besonderen Situation einer Forschungs- und Entwicklungsanlage für Methoden der Endlagerung radioaktiver Abfälle ergibt sich, daß ein Teil der Überwachungsmessungen als wissenschaftliche Begleituntersuchungen von Forschungsvorhaben durchgeführt werden und das für die Immissionsüberwachung notwendige Maß überschreiten. Die Untersuchung von Wasser aus der Umgebung stellt in diesem Zusammenhang eine reine Vorsorgemaßnahme dar, da keinerlei Kontakt zu den eingelagerten radioaktiven Abfällen besteht. Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse werden in einem begleitenden Forschungsprogramm erkundet und bei der Auswahl der Meßstellen berücksichtigt.

Die Überwachung der Umweltradioaktivität im Bereich des Salzbergwerkes Asse wurde wie im Vorjahr nach dem in Tabelle 1 zusammengestellten Programm durchgeführt. Der Umfang des vorgeschriebenen betriebseigenen Überwachungsprogrammes mit 368 jährlichen Messungen und Probenahmen blieb gegenüber dem Vorjahr unverändert.

2.1 Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser

In Abstimmung mit dem hydrogeologischen Forschungsprogramm im Bereich des Asse-Höhenzuges werden von ausgewählten Meßstellen vierteljährlich jeweils 1-Liter-Wasserproben auf ihren Gehalt an Beta-Aktivität untersucht. Die Lage der Meßstellen ist Abb. 1 zu entnehmen.

Von den Rückständen der eingedampften Proben wurde in einem Großflächendurchflußzähler die Beta-Gesamtaktivität (β_g) gemessen. Zusätzlich wurde der Kaliumgehalt der Wasserproben flammenphotometrisch vom chemischen Labor des Instituts für Tief Lagerung in Braunschweig ermittelt. Durch Abzug des K-40-Aktivitätsanteils von der Beta-Gesamtaktivität wurde die Beta-Restaktivität (β_n) errechnet.

Tabelle 1: Programm der Umgebungüberwachung im Bereich des Salzbergwerkes Asse
(Stand: 31.12.1982)

Art der Maßnahme	Anzahl der Meßstellen	Meßfrequenz	Jährliche Meßproben	Meßverfahren
1. Bestimmung der Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser	27	vierteljährliche Probenahme	108	Messung des Eindampfrückstandes im Methandurchflußzähler und Bestimmung des Kaliumgehaltes
2. Untersuchung von Trinkwasser auf Sr 90, Cs 137, Pu 239	5	monatliche Probenahme, halbjährl. Auswertung	10	Einzelnuklidanalyse
3. Messung der kurz- und langlebigen Aerosolaktivität der Luft	8	monatlich vier Stichproben	48	Luftstaubsammlung über Großflächenfilter und Ausmessung im Methandurchflußzähler
4. Bestimmung der Aktivität von Grasproben	2	kontinuierliche Sammlung 14-tägl. Auswertung	52	Gammastrahlenspektrometrische Einzelnuklidbestimmung
5. Bestimmung der Aktivität von Bodenproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammastrahlenspektrometrische Einzelnuklidbestimmung
6. Messung der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammastrahlenspektrometrische Einzelnuklidbestimmung
7. Überwachung der externen Strahlenbelastung	39	halbjährlich	8	Gesamt-Beta-Kontaminationsmonitor
		kontinuierliche Exposition, halbjährliche Auswertung	78	Festkörperdosimeter
	8	monatlich vier Stichproben	48	Kurzzeitmessung der Gammadosisleistung

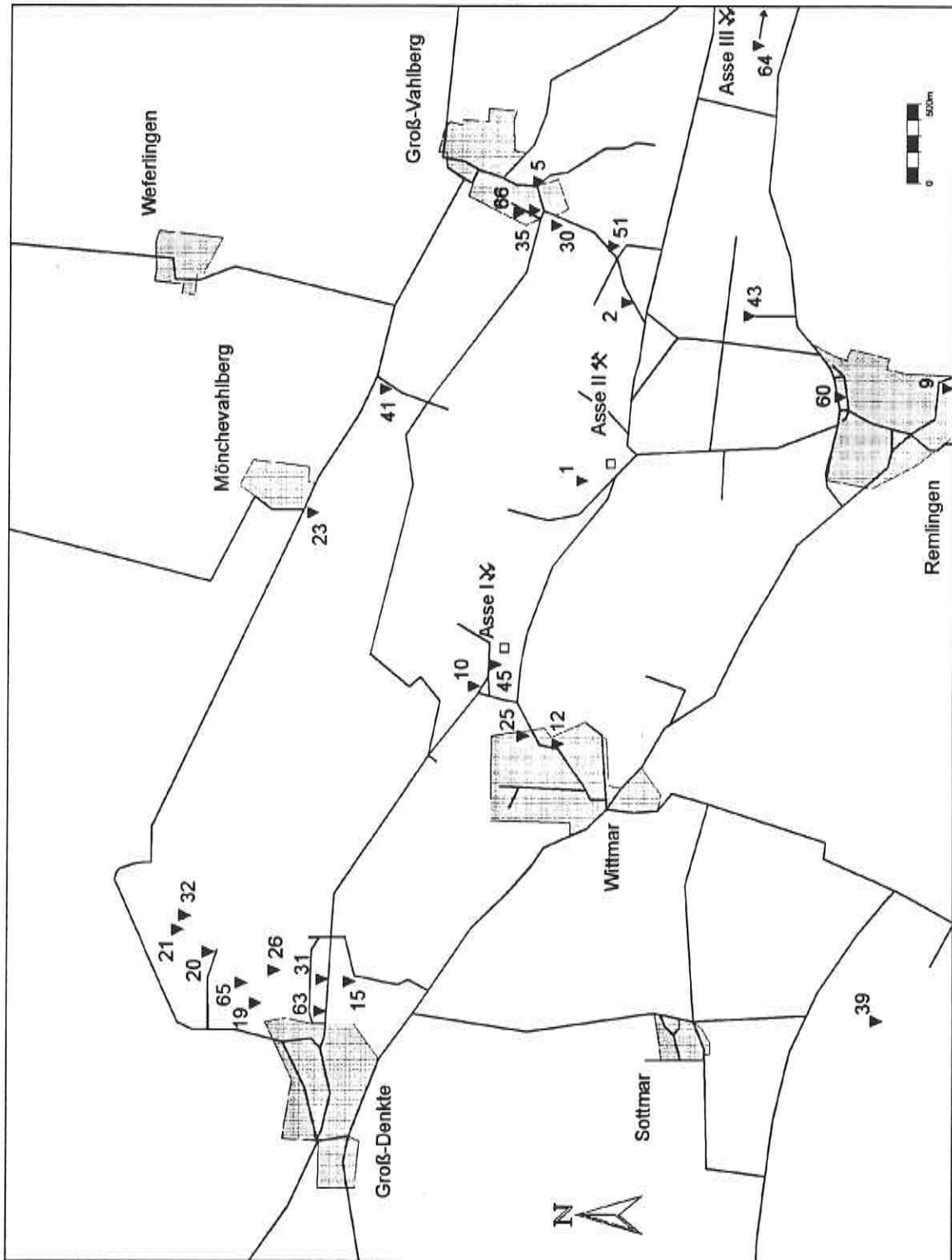


Abb. 1: Probenahmestellen für Grund- und Oberflächenwasser in der Umgebung der Schachanlage Asse

Bei Wasserproben mit hohem Kaliumgehalt ist diese Methode zur Bestimmung der Beta-Restaktivität mit großen Unsicherheiten behaftet. Aus diesem Grunde wurden bei den stark salzhaltigen Meßstellen sowie bei allen Proben mit einer gemessenen Beta-Restaktivität von mehr als 0,4 Bq/l zusätzlich gammaspektrometrische Einzelnuklidanalysen durchgeführt. Bei einer Nachweisgrenze von 0,10 Bq/l (bezogen auf Co 60) wurden keine Radionuklide außer den natürlich vorkommenden festgestellt. Diese Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Sie stellen wie in den vergangenen Jahren Nullpegelwerte dar. Die an einigen Stellen hohen Beta-Gesamtaktivitäten (z. B. Meßstellen-Nr. 9, 25, 63, 64) sind auf den erhöhten Kaliumgehalt dieser Wässer und somit auf das natürlich radioaktive Kaliumisotop K 40 zurückzuführen.

2.2 Pu 239-, Cs 137- und Sr 90-Aktivität im Trinkwasser

Das Trinkwasser der umliegenden Ortschaften wird, soweit es aus dem Bereich des Asse-Höhenzuges stammt, in regelmäßigen Abständen untersucht. Aus den Trinkwasserversorgungsleitungen wurden monatlich gleichgroße Stichproben entnommen, Trägerlösungen zugesetzt und halbjährlich zu jeweils einer 50-l-Mischprobe zusammengefaßt. Die Analysen auf den Gehalt an Plutonium 239, Cäsium 137 und Strontium 90 wurden vom Institut für Strahlenschutz der GSF ausgeführt. Die Nachweisgrenzen betragen 0,19 mBq/l für Pu 239 sowie 1,9 mBq/l jeweils für Cs 137 und Sr 90.

Die Meßergebnisse sind zusammen mit den Vorjahreswerten in Tabelle 3 aufgeführt. Nachgewiesenes Strontium 90 und Cäsium 137 deuten darauf hin, daß hier oberflächennahes Grundwasser mit erfaßt wurde. Hierin werden die Sr-90- und Cs-137-Konzentrationen durch den Fallout früherer oberirdischer Kernwaffenversuche und des sowjetischen Reaktorunglücks von Tschernobyl hervorgerufen.

Tabelle 2: β -Aktivität von Grund- und Oberflächenwässern im Jahre 1993
(Angaben in Bq/l)

β_g : β -Gesamtaktivität

β_n : um den K-40-Anteil verminderte nicht identifizierte β -Restaktivität

- : Kein Zugang bzw. trocken

x) : Probenmenge jeweils 400 ml

1) : Gammaskopmetrische Nachweisgrenze, bezogen auf Co 60

Nr. Meßstelle	Januar		April		Juli		Oktober	
	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n
1 Brunnen Schachtanlage Asse II	< 0,18		< 0,18		0,23	< 0,18	0,22	< 0,18
2 Obere Quellf. Gr. Vahlberg	0,26	< 0,18	< 0,18			< 0,18	< 0,18	
5 Vorfluter östl. Gr. Vahlberg	< 0,18		< 0,18		0,23	< 0,18	0,21	< 0,18
9 Wasserversorgung Remlingen	1,01	< 0,18	0,80	< 0,18	0,88	< 0,18	0,68	< 0,18
10 Wasserversorgung Schachtanlage I	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
12 Brunnen Wittmar	< 0,18		< 0,18		< 0,18		0,24	< 0,18
15 Quelle östlich Gr. Denkte	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
19 Vorfluter oberh. Bad Gr. Denkte	< 0,18		0,26	< 0,18	0,27	< 0,18	0,25	< 0,18
20 Quelle südlich Falkenheim	< 0,18		< 0,18		< 0,18		0,28	< 0,18
21 Quelle am Weiher Falkenheim	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
23 Wasserversorgung Mönchevahlberg	0,22	< 0,18	< 0,18		< 0,18		0,23	< 0,18
25 Vorfluter nördl. Wittmar	1,80	< 0,18	1,67	< 0,18	1,66	< 0,18	1,63	< 0,18
26 Quelle nördöstlich Gr. Denkte	< 0,18		0,19	< 0,18	0,23	< 0,18	0,20	< 0,18

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr. Messstelle	Januar		April		Juli		Oktober	
	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n
30 Drainage Park Gr. Vahlberg	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
31 Vorfluter östlich Gr. Denkte	0,19	< 0,18	< 0,18		< 0,18		< 0,18	
32 Wasserversorgung Falkenheim	-		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
35 Vorfluter Park Gr. Vahlberg	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
39 Wasserversorgung Kissenbrück	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
41 Vorfl. westlich Espenberg	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
43 Löffelgraben nord- östl. Remlingen	< 0,18		0,20	< 0,18	< 0,18		< 0,18	
45 Schacht Asse I	0,53	< 0,18	0,55	< 0,18	0,45	< 0,18	0,50	< 0,18
51 Überlauf Wasser- versorgung Gr. Vahlberg	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
60 Straßenbrunnen Remlingen	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
63 Quelle nördlich ^{x)} Bleier Weg Gr. Denkte	28,3	< 0,10	31,5	< 0,10	30,7	< 0,10	28,5	< 0,10 ¹⁾
64 Schacht Asse 3	1,5	< 0,18	1,6	< 0,18	1,6	< 0,18	1,5	< 0,18
65 Überlauf Wasser- versorgung Gr. Denkte	0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
66 Quelle Feldsch. Gut Münchhausen	< 0,18		-		-		-	

Tabelle 3: Trinkwasseruntersuchungen auf den Gehalt an Pu 239, Cs 137 und Sr 90
(Angaben in mBq/l)

Trinkwasser- versorgung ^{x)}	Radio- nuklid	Nov. 1991 - April 1992	Mai 1992 - Okt. 1992	Nov. 1992 - April 1993	Mai 1992 - Okt. 1993
Remlingen Nr. 9	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	< 1,9	2,5	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	2,3	3,6	2,1
Mönchevahlberg Nr. 23	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	1)
	Sr 90	< 1,9	< 1,9	< 1,9	1)
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	2,6	1)
Falkenheim Brunnen Nr. 32	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	2,2	< 1,9
Kissenbrück Wasserbehälter Nr. 39	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	2,5	2,7	< 1,9
Gr. Vahlberg Überlauf Wasserbehälter Nr. 51	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	3,0	< 1,9	< 1,9	2,1
	Cs 137	< 1,9	2,3	< 1,9	< 1,9

1) Kein Zugang zum Trinkwasserbrunnen

x) Die Nummer entspricht der jeweiligen Meßstelle der Tabelle 2

2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft

Die Überwachung der bodennahen Luft in der Umgebung der Schachtanlage erfolgt an den in Abb. 2 gekennzeichneten Stellen, indem monatlich Stichproben auf ihre kurz- und langlebige Aerosolaktivität ausgemessen werden. Bei der Probenahme werden an jeweils vier wechselnden Meßstellen etwa 100 m³ Luft über einen Großflächenfilter mit ca. 300 cm² Querschnitt gesaugt. Eine der Proben wird stets in der jeweils herrschenden Abwindrichtung genommen. Anschließend werden die Alpha- und Beta-Aktivität der auf dem Filter gesammelten Aerosole mit einem Großflächendurchflußzähler gemessen.

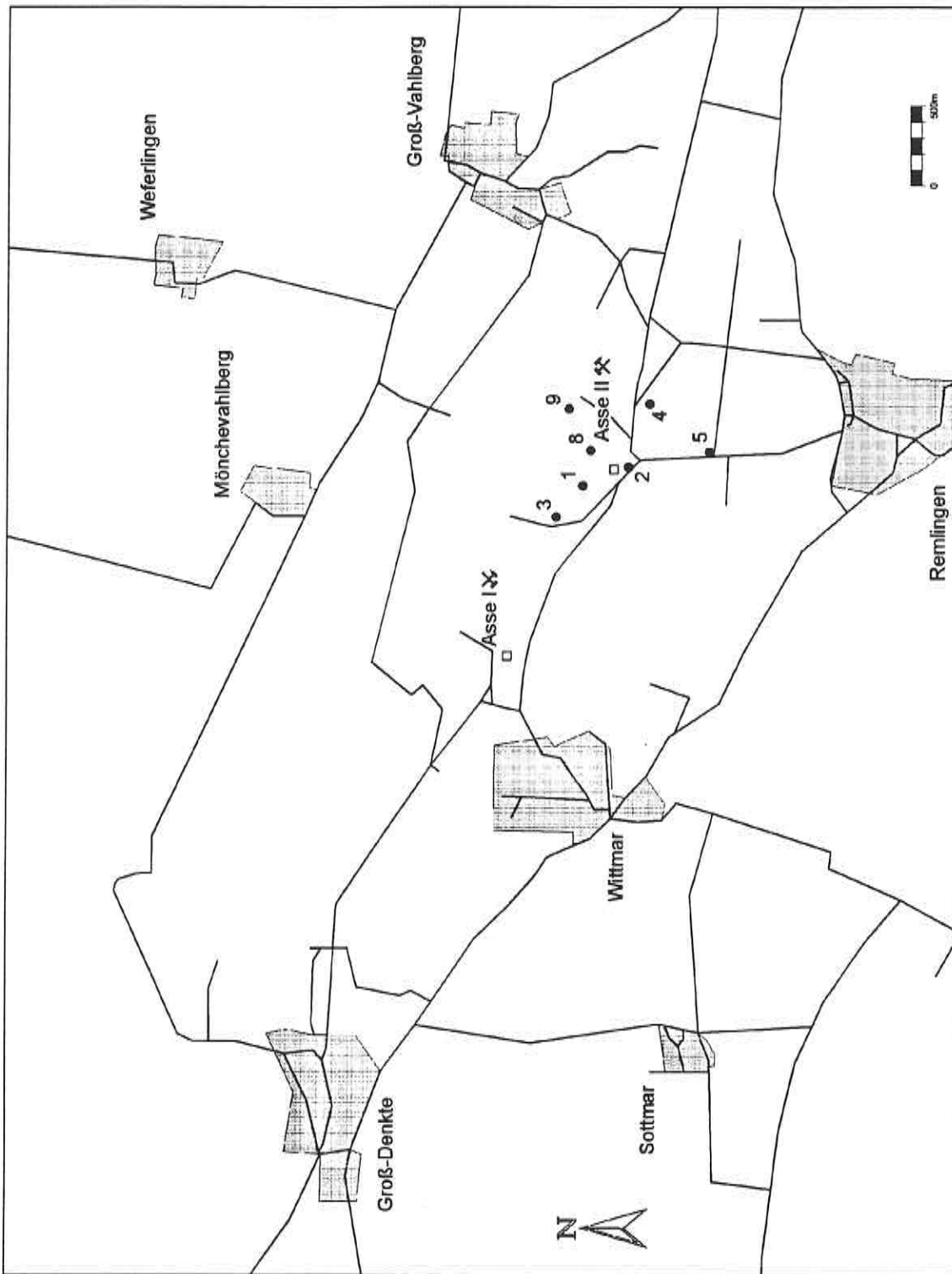


Abb. 2: Probenahmestellen für γ -Strahlung und Aerosole in der Umgebung der Schachanlage Asse

Bei der Gesamt-Aktivitätskonzentration der kurzlebigen radioaktiven Aerosole lagen die Werte zwischen 2 und 40 Bq/m³ und somit im Bereich der meteorologisch bedingten Schwankungen (ca. 0,5 bis 100 Bq/m³) der in der Natur vorkommenden Radon- und Thoron-Folgeprodukte, wie sie auch an anderen Stellen der Bundesrepublik Deutschland gemessen werden. Eine Erhöhung der Werte durch die Abwetter der Schachanlage konnte selbst an der Probenahmestelle, die stets in der Abluftfahne des Diffusors gewählt wurde, nicht festgestellt werden.

Nach einer Abklingzeit von sieben Tagen wurden die Filter erneut ausgemessen. Die so bestimmten langlebigen Aerosolaktivitäten lagen im Bereich der Nachweisgrenzen von 2 mBq/m³ für die Alpha- bzw. Beta-Aktivitätskonzentration.

Die stichprobenartige Überwachung der Umgebungsluft wird durch die kontinuierliche Aerosolsammlung an zwei fest installierten Meßstellen ergänzt. Eine der Meßstellen liegt ca. 150 m südlich vom Diffusor im Sektor der geringsten Windrichtungshäufigkeit und wird somit von der Abwetterfahne kaum beaufschlagt. Sie dient gleichzeitig als Referenzmeßstelle für die Abluftüberwachung. Die zweite Sammelstation befindet sich in der häufigsten Ausbreitungsrichtung am Zaun der Anlage. An beiden Stationen werden die Aerosole auf einem Großflächenfilter mit ca. 300 cm² Fläche gesammelt und die akkumulierten Alpha- und Beta-Aktivitäten kontinuierlich gemessen und registriert.

Nach einem Luftdurchsatz von ca. 8000 m³ werden die Filter 14-täglich gewechselt und gammaspektrometrisch analysiert. Dabei wurden in der Regel Nachweisgrenzen von weniger als 10 µBq/m³ (bezogen auf Co 60) erreicht. Darüber hinaus werden einzelne Filter stichprobenartig zu Kontrollzwecken im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz ausgemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Außer den ständig in der Umgebungsluft anzutreffenden Radionukliden Beryllium 7, das vorwiegend durch Höhenstrahlung gebildet wird, und Blei 210, dem langlebigen Zerfallsprodukt des Radon 222, wurden keine weiteren Radionuklide nachgewiesen.

Tabelle 4: Aktivitätskonzentration langlebiger Aerosole der Luft in der Umgebung der Schachanlage Asse (Angaben in mBq/m³)

Sammelzeitraum 1993	Referenzstelle		Anlagenzaun in Hauptausbreitungsrichtung	
	Nuklid	Nuklid	Nuklid	Nuklid
	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>
23.12.92 - 08.01.93	1,9	0,64	1,5	0,55
08.01. - 22.01.	2,3	0,18	2,1	0,18
22.01. - 05.02.	2,8	0,41	3,1	0,39
05.02. - 19.02.	0,9	0,30	0,6	0,28
19.02. - 05.03.	2,0	0,45	2,0	0,40
05.03. - 19.03.	2,7	0,58	2,6	0,53
19.03. - 02.04.	2,3	0,28	2,3	0,20
02.04. - 16.04.	3,8	0,37	3,3	0,31
16.04. - 30.04.	4,9	0,52	4,9	0,52
30.04. - 14.05.	5,2	0,48	4,6	0,48
14.05. - 28.05.	3,1	0,32	1,8	0,28
28.05. - 11.06.	4,5	0,22	4,1	0,26
11.06. - 25.06.	2,6	0,15	2,7	0,12
25.06. - 09.07.	2,7	0,14	2,5	0,15
09.07. - 23.07.	2,5	0,16	2,5	0,12
23.07. - 06.08.	2,9	0,22	3,0	0,30
06.08. - 19.08.	2,9	0,22	3,1	0,15
19.08. - 03.09.	2,3	0,14	2,2	0,13
03.09. - 17.09.	2,1	0,21	2,0	0,18
17.09. - 01.10.	1,9	0,29	1,9	0,34
01.10. - 15.10.	2,2	0,35	2,1	0,30
15.10. - 29.10.	2,1	0,23	2,2	0,25
29.10. - 12.11.	1,5	0,53	1,4	0,51
12.11. - 26.11.	3,5	0,87	3,7	0,96
26.11. - 10.12.	2,0	0,72	1,8	0,31
10.12. - 23.12.	1,4	0,08	1,3	0,04

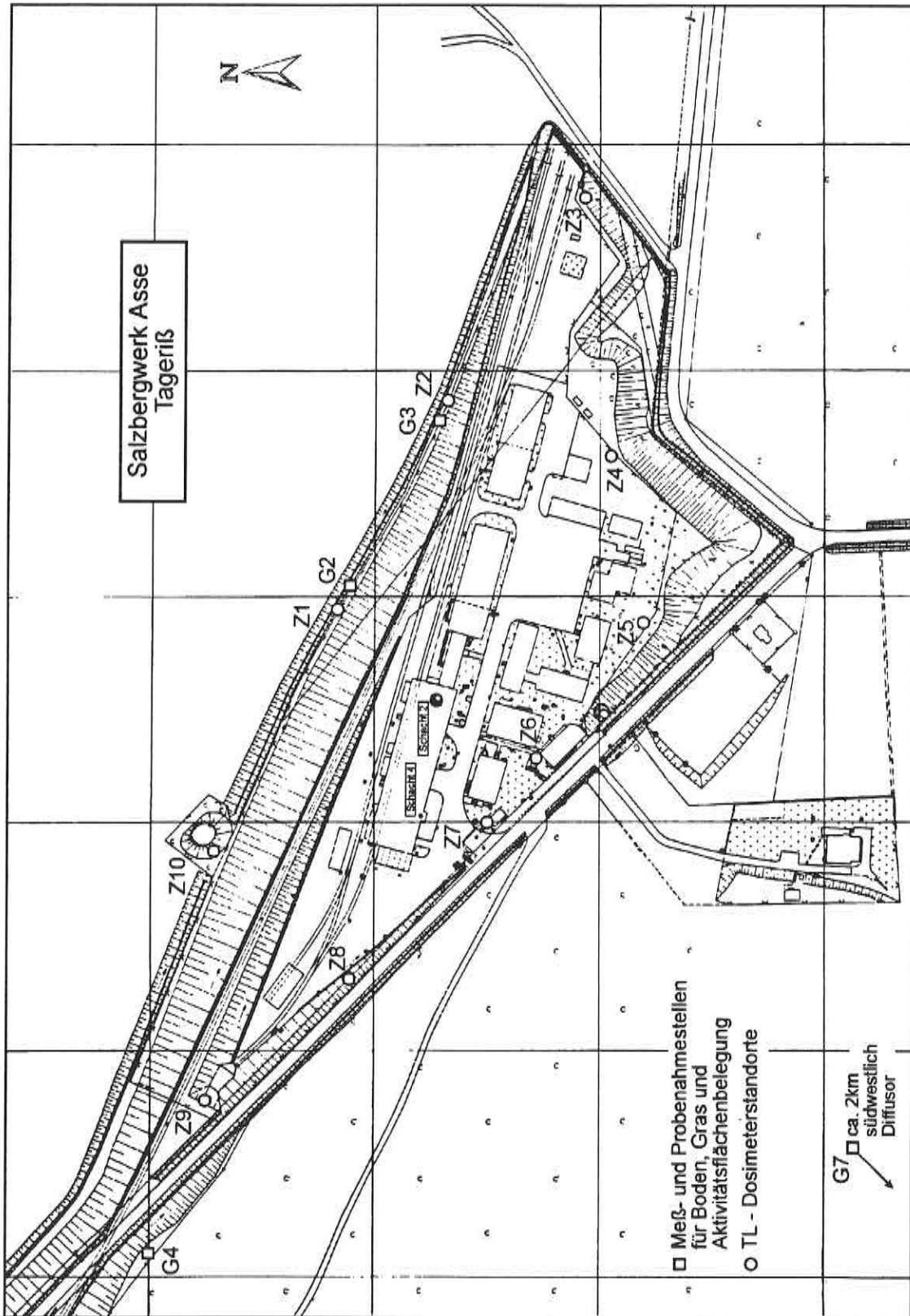


Abb. 3: Auslegungsorte der Thermolumineszenz (TL)-Dosimeter und der Entnahmestellen für Boden- und Bewuchsproben am Anlagenzaun

2.4 Grasproben

In der näheren Umgebung der Schachanlage Asse werden regelmäßig an mehreren Stellen Bewuchsproben genommen und ihre Aktivitätskonzentration gemessen. Die Probenahmestellen sind so ausgewählt, daß dort, entsprechend den Hauptwindrichtungen an der Asse, eventuelle Ablagerungen von Stäuben aus der Grubenabluft mit erfaßt werden. Die Lage der vier Probenahmestellen ist aus Abb. 3 ersichtlich. Eine davon (G 7) liegt ca. 2 km südwestlich der Anlage und dient als Referenzstelle.

Die Entnahme der Grasproben erfolgt zweimal jährlich. Die Proben werden getrocknet, zerkleinert und anschließend ca. 20 Stunden in einer 1-l-Ringschale gammaspektrometrisch gemessen. Dabei wurde eine Nachweisgrenze von 0,6 Bq/kg Trocken

substanz (bezogen auf Co 60) erreicht. Die Ergebnisse sind zusammen mit den Vorjahreswerten der Tabelle 5 zu entnehmen.

Die nachgewiesenen Radionuklide sind zum Teil natürlichen Ursprungs (Be 7 und K 40, Pb 210 und Pb 214 aus der Uran/Radium-Reihe, Pb 212 aus der Thorium-Reihe). Die nachgewiesenen Spaltprodukte (Cäsium 134 und 137) sind noch auf den sowjetischen Reaktorunfall von 1986 zurückzuführen. Im Vergleich zu den Meßwerten des Vorjahres liegen die Spaltproduktkonzentrationen in den Grasproben in der gleichen Größenordnung.

2.5 Bodenproben

An denselben Stellen in der näheren Umgebung der Schachanlage Asse, an denen die Bewuchsproben entnommen werden (s. Abb. 3), wird auch die Aktivitätskonzentration des Bodens bestimmt. Dadurch ist es möglich, die aus der Luft abgelagerte und dem Boden durch Bewässerung zugeführte Aktivität langfristig zu überwachen.

An jeder Probenahmestelle werden zweimal jährlich Proben aus den obersten 5 cm der Erdschicht entnommen. Sie werden getrocknet, von Steinen und Wurzeln befreit und anschließend ca. 20 Stunden in einer 1-l-Ringschale gammaspektrometrisch ausgemessen. Dabei wird eine Nachweisgrenze von 0,3 Bq/kg Trockensubstanz (bezogen auf Co 60) erreicht. Die durch Gamma-Strahlung nachgewiesenen Nuklide sind zusammen mit den Werten aus dem Vorjahr in Tabelle 6 aufgeführt. Neben den im

Tabelle 5: Aktivitätskonzentration von Grasproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse, in Bq/kg Trockensubstanz. Probenahmeorte vgl. Abb. 3

<u>Probenahme-</u> <u>datum</u>		<u>18.06.92</u>	<u>18.09.92</u>	<u>16.06.93</u>	<u>29.09.93</u>
Ort	Nuklid				
G 2	Be 7	54	280	148	288
	K 40	720	520	868	612
	Pb 210	16	33	20	52
	Pb 212	2,7	4,2	< 0,6	5,4
	Pb 214	2,7	4,0	0,8	4,3
	Cs 137	2,4	4,0	0,8	4,2
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G 3	Be 7	58	236	121	255
	K 40	598	510	700	627
	Pb 210	16	36	15	38
	Pb 212	1,8	7,2	< 0,6	3,0
	Pb 214	2,4	5,8	0,8	2,7
	Cs 137	2,7	7,2	1,3	1,5
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G 4	Be 7	111	308	134	337
	K 40	679	258	474	397
	Pb 210	39	51	38	74
	Pb 212	3,7	4,5	1,0	3,0
	Pb 214	3,2	4,1	2,1	3,7
	Cs 137	4,4	10,7	3,4	6,3
	Cs 134	< 0,4	0,8	< 0,3	0,5
G 7	Be 7	29	290	176	333
	K 40	755	165	193	245
	Pb 210	4,2	35	21	50
	Pb 212	0,6	3,4	0,7	1,3
	Pb 214	1,2	4,0	1,3	1,5
	Cs 137	< 0,4	3,3	0,6	0,6
	Cs 134	< 0,3	< 0,4	< 0,3	< 0,3

Tabelle 6: Aktivitätskonzentration von Bodenproben aus der Umgebung der Schachanlage Asse, in Bq/kg Trockensubstanz. Probenahmeorte vgl. Abb. 3

Probenahme- datum		18.06.92	18.09.92	16.06.93	29.09.93
Ort	Nuklid				
G 2	K 40	667	643	656	654
	Pb 210	27	37	33	35
	Pb 212	44	52	48	51
	Pb 214	36	38	37	35
	Cs 137	31	37	31	29
	Cs 134	3,2	3,5	2,8	2,4
G 3	K 40	691	670	670	672
	Pb 210	30	29	37	33
	Pb 212	49	58	51	47
	Pb 214	37	38	39	37
	Cs 137	34	39	28	31
	Cs 134	3,1	3,8	2,5	2,5
G 4	K 40	654	639	667	645
	Pb 210	29	40	41	38
	Pb 212	43	52	61	56
	Pb 214	34	40	48	39
	Cs 137	37	36	38	24
	Cs 134	3,6	3,5	3,5	2,4
G 7	K 40	490	549	518	576
	Pb 210	35	34	35	33
	Pb 212	30	43	34	41
	Pb 214	25	32	29	31
	Cs 137	44	30	39	20
	Cs 134	3,0	2,7	2,3	1,7

Boden enthaltenen natürlichen Radionukliden und Cäsium 137, das in geringen Konzentrationen auch in den Vorjahren als langlebige Fallout-Komponente früherer Kernwaffenversuche gefunden wurde, wurde auch der Fallout nach dem sowjetischen Reaktorunglück mit seiner charakteristischen Zusammensetzung (vgl. Abschn. 2.4) gemessen, soweit diese Radionuklide noch nicht unter die Nachweisgrenze abgeklungen sind. Eine Beeinflussung durch die Schachtanlage Asse ist nicht zu erkennen.

2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens

An drei Meßorten in der Nähe des Anlagenzaunes (s. Abb. 3) sowie zusätzlich an einem Meßort in der jeweils herrschenden Abwindrichtung wird zweimal jährlich die Gesamt-Betaaktivitätsflächenbelegung auf der Bodenoberfläche gemessen. Dadurch ist eine schnelle Bestimmung der auf dem Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe möglich. Für die Kurzzeitmessungen wird ein tragbarer Kontaminationsmonitor mit einer Fenstereintrittsfläche von 180 cm^2 verwendet. Bei einer Untergrundzählrate von 8 s^{-1} wird eine Nachweisgrenze von ca. $0,1 \text{ Bq/cm}^2$ erreicht. Alle Meßergebnisse im Berichtsjahr lagen wie im Vorjahr im Bereich der jeweiligen Nachweisgrenze oder darunter. Damit haben sich diese Meßwerte, die nach dem sowjetischen Reaktorunglück vorübergehend erhöht waren, praktisch wieder normalisiert. Eine Beeinflussung durch die Schachtanlage Asse ist auch hier nicht zu erkennen.

2.7 Strahlung in der Umgebung

Die akkumulierte Gamma-Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse wird mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) ermittelt. TL-Dosimeter sind passive Instrumente zur Messung der Dosis, die mehrere unabhängig voneinander auswertbare TL-Detektoren auf einer Halterung enthalten. Für die Auswertung werden die Meßwerte von 2 Detektoren herangezogen. Ein weiterer Detektor dient zur Bestimmung des sogen. "Fadings", einer zeitlichen Änderung der Dosimeteranzeige aufgrund der Einwirkung der Umgebungstemperatur.

Die Dosimeterkassetten werden im Umkreis von etwa einem (Meßstellen U 1 - U 12) und zwei Kilometern um den Schacht Asse 2 (U 13 - U 24), entlang der Bahnlinie (U 25 - U 29) und am Zaun der Anlage (Z 1 - Z 10) ausgelegt und werden nach einer

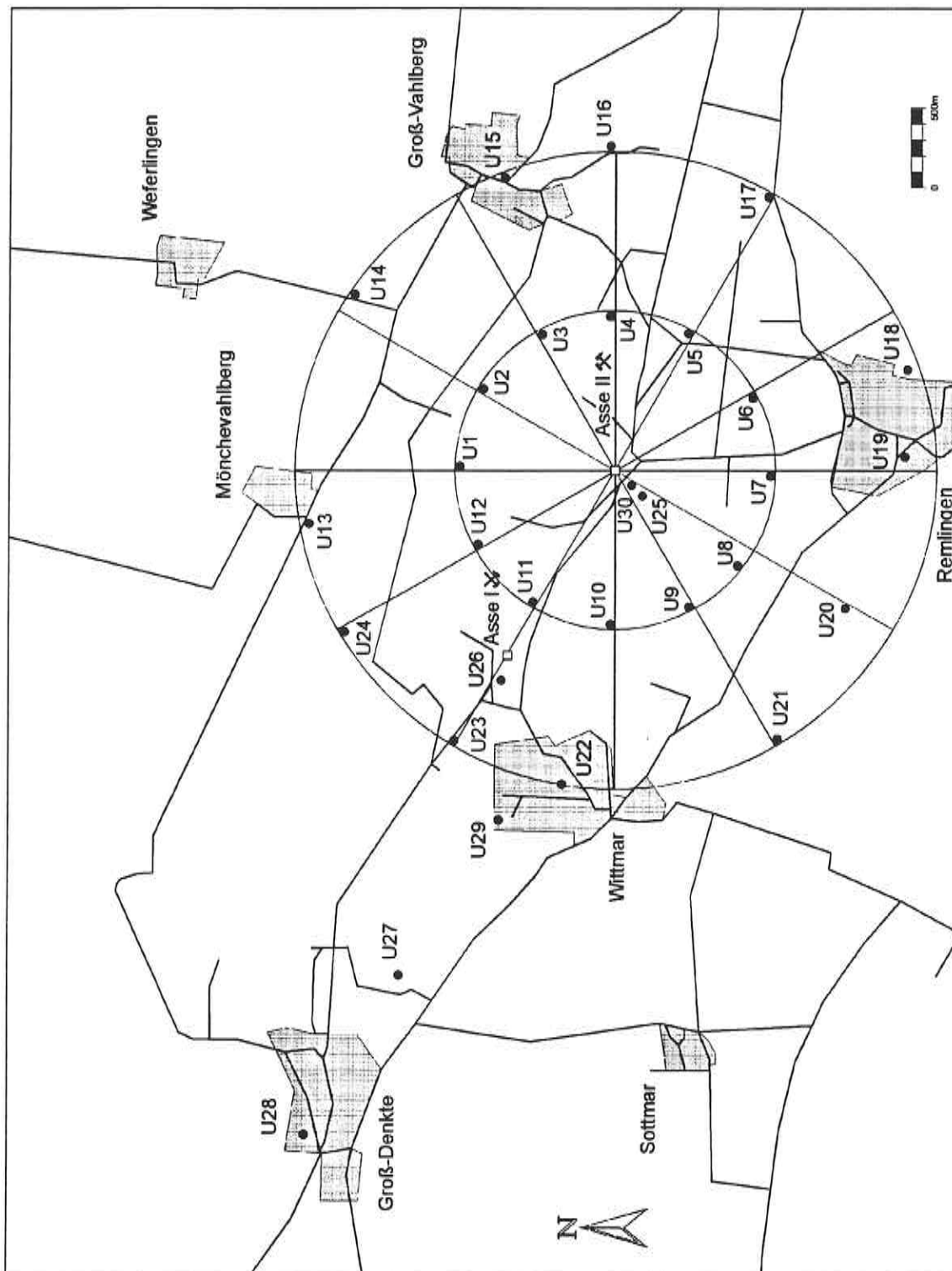


Abb. 4: Auslegungsorte der Thermolumineszenzdosimeter zur Messung der Strahlung in der Umgebung der Schachanlage Asse

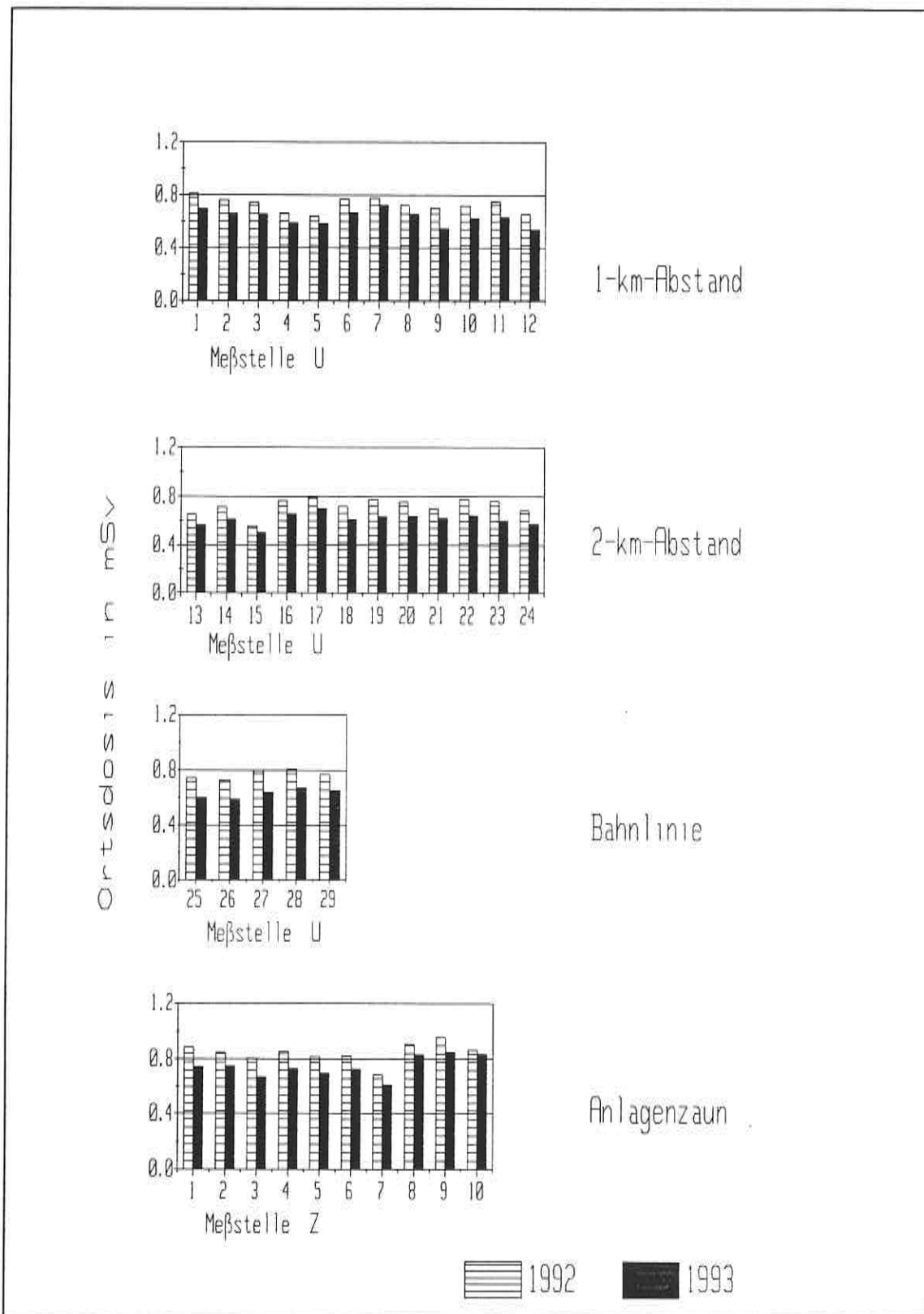


Abb. 5: Jahres-Ortsdosis gem. Tabelle 7 in der Umgebung der Schachtanlage Asse 1992 und 1993. Lage der Meßstellen Z und U lt. Abb. 3 und Abb. 4

Exposition von ca. sechs Monaten ausgetauscht und im Institut für Strahlenschutz der GSF ausgewertet. Einen Überblick über die Lage der Meßstellen vermitteln die Abbildungen 3 und 4.

In Tabelle 7 sind die aus den Halbjahres-Meßwerten errechneten Jahres-Ortsdosiswerte zusammen mit den Ergebnissen des Vorjahres aufgeführt und in den Diagrammen in Abb. 5 dargestellt. Die im Berichtsjahr errechneten Jahresdosen liegen noch im Schwankungsbereich der natürlichen Umgebungsstrahlung. Einige Jahresdosiswerte am Zaun des Betriebsgeländes liegen - wie bereits in den Vorjahren - geringfügig höher als in der Umgebung. Dies wird durch Dosisleistungsmessungen bestätigt, die hier eine etwas höhere Bodenstrahlung anzeigen, was auf den höheren natürlichen Radioaktivitätsgehalt des hier anstehenden Buntsandsteins zurückzuführen ist.

Die Dosisüberwachung in der Umgebung wird ergänzt durch die Messung der Gamma-Dosisleistung an den in Abb. 2 gekennzeichneten Meßorten. Es werden monatlich vier Kurzzeitmessungen an wechselnden Meßorten durchgeführt, von denen einer in der jeweils herrschenden Abwindrichtung gewählt wird (Meßort Nr. 7). Die Messungen erfolgen ca. 1 m über dem Boden mit einem hochempfindlichen Dosisleistungsmeßgerät, um den niedrigen Umgebungspegel zu erfassen. Die Meßergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Die kleinen Schwankungen sind auf unterschiedliche Bodenverhältnisse, Bodenbedeckung und Wetterverhältnisse zurückzuführen. Ein Einfluß durch die Abluft des Bergwerkes war nicht feststellbar.

Tabelle 7: Jahresortsdosiswerte gemessen mit Thermolumineszenz-Dosimetern in der Umgebung des Salzbergwerkes Asse (Angaben in mSv)

<u>Meßstelle</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>Meßstelle</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>
U 1	0,81	0,69	U 21	0,70	0,62
U 2	0,76	0,66	U 22	0,78	0,64
U 3	0,74	0,66	U 23	0,76	0,60
U 4	0,66	0,59	U 24	0,68	0,58
U 5	0,64	0,59	U 25	0,74	0,60
U 6	0,77	0,67	U 26	0,73	0,59
U 7	0,77	0,72	U 27	0,80	0,64
U 8	0,72	0,66	U 28	0,81	0,67
U 9	0,70	0,55	U 29	0,77	0,65
U 10	0,72	0,63			
U 11	0,75	0,63	Z 1	0,88	0,75
U 12	0,65	0,54	Z 2	0,85	0,75
U 13	0,65	0,57	Z 3	0,80	0,67
U 14	0,71	0,61	Z 4	0,85	0,73
U 15	0,56	0,50	Z 5	0,81	0,69
U 16	0,76	0,66	Z 6	0,82	0,73
U 17	0,79	0,70	Z 7	0,68	0,61
U 18	0,72	0,61	Z 8	0,90	0,83
U 19	0,77	0,63	Z 9	0,95	0,85
U 20	0,75	0,64	Z 10	0,86	0,83

Tabelle 8: Dosisleistung in der Umgebung der Schachtanlage Asse
(Angaben in nSv/h)

Meßort Nr. (s. Abb. 2) Datum	1	2	3	4	5	7	8	9
15.01.93	90		80	80		80		
18.02.93		70				70	70	70
15.03.93	70			70	70	70		
14.04.93			90			70	70	70
13.05.93	90	70			80	80		
14.06.93			80	70		80	80	
15.07.93		70			70	70		80
16.08.93	80			70		90	80	
17.09.93		70	80			70		80
13.10.93	90			80	80	80		
10.11.93		70	90			90	80	
08.12.93				70	70	70		70

3 Betrieblicher Strahlenschutz

Der betriebliche Strahlenschutz umfaßt alle Maßnahmen, die zur Überwachung der Anlage und des Personals und Einhaltung der einschlägigen Schutzvorschriften erforderlich sind. Dazu zählen die Messungen der Ortsdosis, der Personendosis sowie eine Vielzahl von Messungen, wie z. B. zur Kontaminationskontrolle und zur Überwachung der Grubenluft. Eine Überschreitung der Dosis-Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen und Aktivitätskonzentrationen in der Grubenluft konnte nicht festgestellt werden.

3.1 Ortsdosismessungen

Auf dem Gelände der Schachanlage Asse werden Messungen der Gamma-Strahlendosis mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) durchgeführt. Dazu sind an repräsentativen Stellen auf der Schachanlage und im Grubengebäude TL-Dosimeter eingesetzt, und zwar derselbe Dosimetertyp, der auch in der Umgebungsüberwachung eingesetzt wird. Der Austausch mit anschließender Auswertung im Institut für Strahlenschutz der GSF erfolgt nach ca. 6 Monaten. Die Jahresdosiswerte werden aus den Ergebnissen der halbjährlichen Expositionszeiträume errechnet. Wenn ein Dosimeter entwendet wurde oder unauswertbar war, wurde der Wert für die Jahresdosis aus dem Halbjahres-Meßwert errechnet.

In Tabelle 9 sind die Jahresdosiswerte und zum Vergleich die Werte aus dem Vorjahr zusammengestellt. Da kein Einlagerungsbetrieb stattfand, waren die Meßstellen über Tage (z. B. in der Schachthalle) nur der natürlichen Umgebungsstrahlung ausgesetzt. Unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeit der Dosimeter liegen deren Meßwerte in gleicher Höhe wie die in der Umgebung ermittelten (vgl. Kap. 2.7). An den Meßstellen im Grubengebäude ist die Strahlenexposition im allgemeinen wegen der abschirmenden Deckgebirgsschichten geringer als über Tage. In Bereichen mit niedrigem Kaliumgehalt sind die Werte am kleinsten (z. B. am Low-Level-Meßplatz der PTB auf der 925-m-Sohle).

3.2 Dosisleistungsmessungen

An allen wichtigen Betriebspunkten und insbesondere in Kontrollbereichen wurde die Gamma-Dosisleistung in regelmäßigen Abständen mit tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten kontrolliert.

In Tabelle 10 sind die Mittelwerte der an verschiedenen Betriebspunkten gemessenen Dosisleistungen dargestellt. Sie wurden ausgewählt unter Berücksichtigung von Bereichen, die Besuchern, z. B. an Tagen der offenen Tür, zugänglich sind.

Tabelle 9: Jahresortsdosiswerte gemessen mit TL-Dosimetern auf dem Gelände der Schachtanlage Asse und im Bergwerk (Angaben in mSv)

Meßstelle	1992	1993
Strahlenschutz-Labor	1,12	1,09
In der Schachthalle Anschlag	0,57	0,55
In der Schachthalle südlich	0,66	0,66
In der Schachthalle über der Umladezelle	0,60	0,58
Umladehalle, südlicher Zaun	0,96	0,80
Büro Betriebsleiter	1,09	1,02
Diffusor innen	0,69	0,67
Diffusor außen	0,91	0,84
490-m-Sohle Füllort	0,11	0,10
750-m-Sohle Füllort	0,13	0,14
750-m-Sohle, Steuerpult Beschickungskammer	0,04	0,03
775-m-Sohle, Low-Level-Meßplatz	0,03	0,02
800-m-Sohle, MAW-Versuchsfeld	0,20	0,17
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, südliche Kammer	0,23	0,18
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, nördliche Kammer	0,27	0,24

Tabelle 10: Gamma-Dosisleistung an einigen Betriebspunkten der Schachtanlage Asse (Angaben in nSv/h)

Betriebspunkt	1992	1993
Laborraum übertage	112	110
490-m-Sohle, Steuerpult der Beschickungskammer 8a für mittelradioaktive Abfälle	13	12
725-m-Sohle, Kammer 7, ca. 1 m über den salzbedeckten schwachradioaktiven Abfällen	208	20
750-m-Sohle, Füllort	18	16
750-m-Sohle, Kammer 5, ca. 11 m von den schwachradioaktiven Abfällen entfernt	2100	2066
750-m-Sohle, vor der verschlossenen Lagerkammer 4	52	49
800-m-Sohle, Füllort	12	12
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, nördliche Kammer	31	31
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, südliche Kammer	26	28
800-m-Sohle, MAW-Versuchsfeld	21	21
925-m-Sohle, Füllort	< 5	< 5
925-m-Sohle, PTB-Meßplatz	< 5	< 5

Vergleicht man die Meßergebnisse mit den aus der Langzeitüberwachung errechneten Dosisleistungen (vgl. Kap. 3.1), so ergibt sich eine gute Übereinstimmung beider Meßverfahren (1 Mikrosievert/Stunde = 8,76 Millisievert/Jahr). Man erkennt ferner, daß die Dosisleistung z. B. am Steuerpult der Beschickungskammer 8a für mittelradioaktive Abfälle auf der 490-m-Sohle ca. ein Zehntel des Wertes in einem über-tägigen Laborraum beträgt.

3.3 Personendosisüberwachung

Die Überwachung des Betriebspersonals erfolgt mit Filmdosimetern, die von der amtlichen Meßstelle für Strahldosimeter der GSF in Neuherberg monatlich ausgewertet werden. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 86 Personen überwacht und 943 Filme ausgewertet. Eine Überschreitung der zulässigen Grenzwerte der Personendosis wurde nicht festgestellt.

3.4 Inkorporationsüberwachung

Das gesamte unter Tage beschäftigte Personal (83 Personen) wurde mit dem auf der 490-m-Sohle installierten Ganzkörperzähler untersucht. Wie in den Vorjahren ergab sich dabei kein Hinweis auf im Beruf inkorporierte radioaktive Stoffe.

4 Emissionsüberwachung

Da aus dem Bergwerk betriebsmäßig keine Flüssigkeiten abgegeben werden, beschränkt sich die Emissionsüberwachung auf die Überwachung der Abluft. Diese wird regelmäßig auf ihren Gehalt an radioaktiven Stoffen untersucht, wobei die Aerosolaktivität kontinuierlich gemessen und registriert und Tritium sowie andere Radionuklide stichprobenartig oder durch kontinuierliche Sammlung ermittelt werden.

Soweit nicht anders vermerkt, beziehen sich die folgenden Angaben auf die Überwachung des im Schacht 2 ausziehenden Luftstromes. Auch der Schacht 4 wird mit einer Aerosolmeßstation regelmäßig überwacht. Da die Wetter in diesem Schacht nicht dauernd ausziehend waren und nur mit ca. 2 % zur Gesamtabluft beitragen, wurde dieser Anteil bei der Abgabebilanzierung vernachlässigt.

4.1 Aerosolaktivität

Zur Überwachung der Aerosolaktivität im ausziehenden Luftstrom wird über einen in den Diffusor ragenden Probeentnahmerechen ein Abluftteilstrom entnommen, über einen Filter geleitet und die auf dem Filter akkumulierten Alpha- und Beta-Aktivitäten der abgeschiedenen Aerosole kontinuierlich gemessen und registriert.

Nach jeweils 14-tägiger Beaufschlagung werden die Filter ausgewechselt und nochmals mit einem Großflächendurchflußzähler ausgemessen. Dabei konnte anhand des Abklingverhaltens gezeigt werden, daß die kurzlebige Aerosolaktivität auf die kurzlebigen Folgeprodukte von Rn 222 und Rn 220 zurückgeführt werden kann. Das in der Natur vorkommende Edelgas Radon entsteht beim Zerfall von Radium, das in den natürlichen Zerfallsreihen des Urans und Thoriums vorkommt. Es ist stets in der Umgebungsluft vorhanden und entweicht zusätzlich aus radium- und thoriumhaltigen Abfällen sowie aus den Verfestigungs- und Abschirmmaterialien Bitumen und Beton.

Die Aerosolaktivitätskonzentration der Grubenabluft im Diffusor lag zwischen 45 Bq/m^3 und 205 Bq/m^3 und betrug durchschnittlich 100 Bq/m^3 , sie lag damit über der natürlichen Aerosolaktivitätskonzentration in der Umgebungsluft. Zum Vergleich betrug der Jahresmittelwert der kurzlebigen Aerosolaktivitätskonzentration in der Luft der Umgebung der Schachanlage Asse 9 Bq/m^3 . Ein Teil der emittierten Aerosole stammt somit aus der zugeführten Frischluft. Durch die Verdünnung beim Austritt aus

dem Diffusor wurde die Konzentration so stark vermindert, daß am Zaun keine Erhöhung der natürlichen Konzentration nachgewiesen werden konnte (s. Kap. 2.3).

Nach dem Abklingen der kurzlebigen Aerosolaktivität wurden die Filter gammaspektrometrisch auf Einzelnuklide untersucht. Dabei wurden Nachweisgrenzen von weniger als $20 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (bezogen auf Co 60) erreicht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Darüber hinaus wurden einzelne Filter stichprobenartig zu Kontrollzwecken im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz ausgemessen. Neben Be 7 und Pb 210 wurden keine weiteren Gammastrahler mehr oberhalb der Nachweisgrenze festgestellt. Die Cs-137-Konzentrationen lagen wie in den Vorjahren unterhalb der Nachweisgrenzen.

Die Aktivitätskonzentration von Be 7 in der Abluft des Schachtes 2 ist geringer als in der Umgebungsluft. Dies kann durch die Ablagerung von Aerosolen an den rauhen Oberflächen innerhalb des Grubengebäudes erklärt werden. Im Schacht 4 ist dieser Effekt weniger ausgeprägt, was darauf hindeutet, daß die Luft einen kürzeren Weg im Grubengebäude zurückgelegt hat. Bei Pb 210, das als langlebiges Tochterprodukt der Uran/Radium-Zerfallsreihe auch in der Natur vorkommt, war eine Erhöhung gegenüber den gemessenen Werten in der Umgebung (vgl. Kap. 2.3 Tabelle 4) zu beobachten.

Die Meßwerte für Pb 210 in der Abluft des Schachtes 2 ergaben im Jahresmittel eine Konzentration von $1,5 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Dieser Wert liegt in einer Größenordnung, wie er aufgrund der kurzlebigen Folgeprodukte des Radons zu erwarten ist. Zum Vergleich betrug der Jahresmittelwert der natürlichen Pb-210-Konzentration in der Luft der Umgebung der Schachanlage Asse $0,3 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Ein Teil des emittierten Pb 210 stammt somit aus der zugeführten Frischluft.

Tabelle 11: Aerosolaktivität in der Grubenabluft im Jahre 1993
(Angaben in mBq/m³)

<u>Sammelzeitraum</u>	<u>Schacht 2</u>		<u>Schacht4</u>	
	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>
23.12.92 - 08.01.93	0,57	1,63	0,66	0,85
08.01. - 22.01.	0,78	1,35	0,92	0,97
22.01. - 05.02.	0,99	1,07	1,25	0,84
05.02. - 19.02.	0,40	0,96	0,52	0,76
19.02. - 05.03.	0,52	0,78	0,76	0,80
05.03. - 19.03.	1,22	1,52	1,27	0,97
19.03. - 02.04.	0,97	1,24	0,91	0,76
02.04. - 16.04.	1,12	1,35	1,41	0,84
16.04. - 30.04.	1,53	1,39	1,57	1,35
30.04. - 14.05.	1,72	1,79	1,74	1,52
14.05. - 24.05. ¹⁾	1,22	1,53	---	---
24.05. - 28.05.	1,23	2,09	---	---
14.05. - 28.05.	---	---	1,16	1,57
28.05. - 11.06.	1,54	1,65	1,37	1,77
11.06. - 25.06.	1,60	1,66	1,18	1,50
25.06. - 09.07.	1,07	2,09	0,83	1,91
09.07. - 23.07.	1,12	2,72	0,75	2,74
23.07. - 06.08.	1,26	2,93	0,86	2,65
06.08. - 19.08.	1,46	1,99	0,97	1,94
19.08. - 03.09.	1,01	1,47	0,94	1,51
03.09. - 17.09.	0,82	1,30	0,80	1,30
17.09. - 01.10.	0,55	0,95	0,79	1,12
01.10. - 15.10.	0,70	1,14	0,88	1,41
15.10. - 29.10.	0,73	1,06	0,94	0,72
29.10. - 12.11.	0,49	1,02	0,70	0,86
12.11. - 26.11.	1,18	1,20	1,68	0,95
26.11. - 10.12.	0,62	1,18	0,89	1,03
10.12. - 23.12.	0,42	0,81	0,58	0,56

1) Vorzeitiger Filterwechsel wegen Verstopfung

4.2 Tritium

Da die Tritiumkonzentration in der Abluft unterhalb der Nachweisgrenze kontinuierlich anzeigender Meßgeräte (4 kBq/m^3) liegt, erfolgt die Messung mit sammelnden Verfahren.

Zur Abgabenbilanzierung wird ein Teil des Abluftstromes kontinuierlich über einen Aerosolfilter und anschließend durch einen mit Molekularsieb gefüllten Edelstahlzylinder gepumpt. Das Molekularsieb fixiert in der Abluft enthaltene Feuchtigkeit, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffe. Die Molekularsiebfüllung wird monatlich gewechselt und im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz auf den Tritiumgehalt ausgemessen. Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen von Tritium als HTO in der Abluft sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Zusätzlich erfolgt wöchentlich eine Probenahme zur Messung über das Kondensat der ausgefrorenen Luftfeuchte. Unter Berücksichtigung von Temperatur und relativer Feuchte ergibt sich die Aktivitätskonzentration in der Luft. Die Aktivitätsbestimmungen wurden vom Institut für Hydrologie der GSF in Neuherberg durchgeführt. Bei den wöchentlich genommenen Proben in der Abluft ergaben sich Werte zwischen 73 und 221 Bq/m^3 bei einem Jahresmittelwert von 131 Bq/m^3 .

4.3 Kohlenstoff 14

Mit der im vorigen Kapitel beschriebenen kontinuierlich betriebenen Probenahmeeinrichtung wird auch Kohlenstoff 14 in der chemischen Form von Kohlendioxid kontinuierlich gesammelt. Die Auswertung erfolgt durch das Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz. Der Anteil von CO_2 -gebundenem C 14 wird getrennt bestimmt und beträgt bei allen Proben etwa 90 %. Die Gesamtkonzentration an C 14 in den Monatsproben der Abluft ist Tabelle 12 zu entnehmen.

4.4 Andere Radionuklide

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Routinemessungen werden Untersuchungen zur Bestimmung anderer Radionuklide in der Abluft des Bergwerks durchgeführt. Wegen der geringen Konzentration dieser Radionuklide müssen dafür Anreicherungsverfahren und spezielle Analysemethoden eingesetzt werden.

Tabelle 12: Tritium und Kohlenstoff 14 in der Abluft 1993 (Angaben in Bq/m³)

Sammelzeitraum	Tritium als HTO	C 14 gesamt
Januar	130	1,7
Februar	120	1,7
März	110	1,2
April	120	1,8
Mai	140	1,4
Juni	150	1,2
Juli	200	1,0
August	140	1,9
September	140	1,3
Oktober	94	3,0
November	--- ¹⁾	--- ¹⁾
Dezember	94	0,6

1) Sammelpatrone mit Molekularsieb defekt

Die Stichprobenmessungen aus den Jahren 1978 und 1991 hatten ergeben, daß die Konzentration von Radiojod (J 129) unter der Nachweisgrenze üblicher Meßverfahren lag. Deshalb wird auf eine Routineüberwachung von Radiojod verzichtet.

Die Bestimmung der Plutoniumkonzentration in der Abluft erfolgt im ausziehenden Wetterstrom auf der 490-m-Sohle. Dazu werden ca. 30.000 m³ Luft über einen Spezialfilter geleitet. Die Sammlung erfolgt halbjährlich und erstreckt sich jeweils über einen Zeitraum von etwa 20 Tagen. Die Ergebnisse der Pu-Analysen, die vom Institut für Strahlenschutz der GSF in Neuherberg durchgeführt wurden, ergaben, daß die Konzentrationen von Pu 238 und Pu 239/240 in der Abluft unterhalb der vorgeschriebenen Nachweisgrenze lagen.

4.5 Ergebnisse der Abluftüberwachung

Um die abgegebene Aktivitätsmenge zu ermitteln, wird der Luftdurchsatz kontinuierlich gemessen und zusammen mit den Alpha- und Beta-Aerosolaktivitäten in einer Datenerfassungsanlage registriert. Aus den Wertepaaren der 10-Minuten-Mittelwerte kann die abgegebene Menge an kurzlebiger Aerosolaktivität bestimmt werden. Die Abgabewerte für die übrigen Radionuklide wurden aus den gemessenen Aktivitätskon-

zentrationen und den in den einzelnen Probenahmezeiträumen abgeleiteten Luftmengen ermittelt. Der Jahresluftdurchsatz betrug $1,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

Die jährlichen Emissionen sind mit den Werten des Vorjahres in Tabelle 13 zusammengestellt. Es wurden alle nachgewiesenen Nuklide aufgeführt, soweit sie nicht in der gleichen Konzentration bereits in der Umgebungsluft vorhanden waren. In der am 01.11.1989 in Kraft getretenen Neufassung der Strahlenschutzverordnung (BGBl Nr. 34, S. 1321 vom 30.06.1989) sind unterschiedliche Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr für Radon 222 (Gas) und Radon 222 (im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten) festgelegt. Dementsprechend sind in Tabelle 13 die betreffenden Jahresabgaben getrennt ausgewiesen. Die Aktivität der kurzlebigen Folgeprodukte wurde direkt aus der gemessenen Alpha-Aktivität der Aerosolsammler ermittelt. Da Radon 222 nicht auf Sammelfiltern abgeschieden wird, wurde die Aktivität konservativ aus der Alpha- und Betaaktivität der kurzlebigen aerosolgebundenen Folgeprodukte abgeschätzt.

Die Erhöhung der Aktivitätskonzentration in der Umgebung durch die Abluft des Bergwerkes kann unter Berücksichtigung der Ausbreitungssituation berechnet werden.

Für die ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung der Schachtanlage (nordöstl. des Diffusors am Zaun der Anlage) wurde auf Grundlage der "Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zum § 45 der Strahlenschutzverordnung" (vgl. Kap. 5) ein Langzeitausbreitungsfaktor von $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ s/m}^3$ abgeleitet. Die damit berechneten Erhöhungen der mittleren Aktivitätskonzentrationen in der Luft sind in Tabelle 13 angegeben. Die Konzentrationsänderungen sind so niedrig, daß eine Erfassung in der Umgebung der Schachtanlage trotz bester meßtechnischer Ausstattung nur noch rechnerisch möglich ist. Die errechneten Werte für Pb 210 und kurzlebige Aerosole unterschreiten außerdem die mittleren natürlich vorkommenden Konzentrationen dieser Nuklide in der Umgebungsluft. Ein Anstieg der natürlichen Aerosolaktivität der Luft in der Umgebung der Schachtanlage war daher nicht zu erwarten. Dieses wurde durch die Umgebungsüberwachungsmessungen (s. Kap. 2.3) bestätigt.

Tabelle 13: Ableitung mit der Abluft und berechneter Jahresmittelwert der Konzentrationserhöhung in der Luft an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Nuklid	Abgabe 1992 GBq	Abgabe 1993 GBq	Mittlere Jahreskonzentrationserhöhung in der Luft mBq/m ³
H 3	$1,6 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$	$7,4 \cdot 10^2$
C 14	$2,6 \cdot 10^0$	$2,1 \cdot 10^0$	$1,9 \cdot 10^0$
Pb 210	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$8,2 \cdot 10^{-3}$
Rn 222	$1,6 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2$
Rn 222 ¹⁾	$4,6 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^2$

1) im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten

4.6 Potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung

Die durch die Emission radioaktiver Stoffe verursachte Strahlenexposition der in der Umgebung wohnenden Bevölkerung kann nicht direkt gemessen werden. Es werden vielmehr Rechenmodelle eingesetzt, um aus den bekannten Abgabemengen mögliche Strahlenbelastungen abzuleiten.

Dabei werden durch ungünstige Modellannahmen und kritische Wahl der benötigten Parameter fiktive Dosiswerte ermittelt, die stets größer sind als die tatsächlich auftretenden Strahlenexpositionen durch die Emission der Anlage.

Im Rahmen der Neufassung der Strahlenschutzverordnung wurde die Vorschrift zur Berechnung der Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe präzisiert und erweitert. Damit wurde die "Allgemeine Berechnungsgrundlage" (BMI 1979) durch die anzuwendenden Vorschriften des § 45(2) und Anlage XI der Strahlenschutzverordnung und der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift des § 45 der Strahlenschutzverordnung" (Bundesanzeiger 31, Nr. 64 vom 31. März 1990) ersetzt. Zur Ermittlung der Strahlenexposition sind die Dosisfaktoren aus der im Bundesanzeiger Nr. 185a vom 30. September 1989 bekanntgegebenen Zusammenstellung zu verwenden. Da in dieser Zusammenstellung keine Dosisfaktoren für Radon 222 (Gas) enthalten sind,

wurden diese aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gem. Anlage IV, Tab. 4, Spalte 5 der Strahlenschutzverordnung abgeleitet. Für Radon 222 (im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Folgeprodukten) wurde der Dosisfaktor durch Summation der einzelnen Dosisfaktoren der kurzlebigen Folgeprodukte, die im Bundesanzeiger aufgeführt sind, ermittelt.

Bei der Berechnung der Strahlenexposition wurden nur die Expositionspfade für Inhalation und Ingestion berücksichtigt. Die Gammasubmersion, Betasubmersion und Gamma-Bodenstrahlung können wie in den Vorjahren wegen ihres geringen Beitrages vernachlässigt werden.

In den Tabellen 14 und 15 sind für die Referenzpersonen "Erwachsene" und "Kleinkind" die errechneten Jahresdosiswerte für die Inhalation und Ingestion nuklidspezifisch für alle relevanten Organe und Gewebe aufgeführt und als Summe ausgewiesen. In der letzten Spalte ist angegeben, zu welchem Prozentsatz die Dosisgrenzwerte nach § 45 der Strahlenschutzverordnung erreicht wurden. Als Summe ergibt sich für den Ganzkörper eine effektive Jahresdosis für den Erwachsenen von $32 \mu\text{Sv}$ und für das Kleinkind von $33 \mu\text{Sv}$. Man erkennt, daß die durch die Emissionen bedingte Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse weit unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung liegt.

Tabelle 14:

**Potentielle Strahlenexposition im Jahre 1993 für Erwachsene durch Inhalation und Ingestion
in Mikro-Sievert**

(Auf eine Nachkommastelle gerundet)

ORGAN	H3	C14	Pb210	Rn222-Fp	Rn222	SUMME	Grenzwert	%-Ant.v. Grenzw.
Blase	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	900,0	1,3
Brust	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	900,0	1,3
O.Dickdarm	0,8	9,1	1,4	0,3	0,0	11,6	900,0	1,3
U.Dickdarm	0,8	9,1	1,4	0,2	0,0	11,6	900,0	1,3
Dünndarm	0,8	9,1	1,3	0,3	0,0	11,5	900,0	1,3
Gehirn	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	900,0	1,3
Haut	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	1800,0	0,6
Hoden	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	300,0	3,8
Kn-Oberfl.	0,8	9,1	243,5	4,6	0,0	257,9	1800,0	14,3
Leber	0,8	9,1	67,5	0,5	0,0	77,9	900,0	8,7
Lunge	0,8	9,1	1,3	36,5	3,2	50,8	900,0	5,7
Magen	0,8	9,1	1,3	0,4	0,0	11,6	900,0	1,3
Milz	0,8	9,1	1,3	0,3	0,0	11,5	900,0	1,3
N.Nieren	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	900,0	1,3
Nieren	0,8	9,1	31,0	1,9	0,0	42,8	900,0	4,8
Ovarien	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	300,0	3,8
Pankreas	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	900,0	1,3
R.-Kn.mark	0,8	9,1	16,6	0,6	0,0	27,1	300,0	9,0
Schilddr.	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	900,0	1,3
Thymus	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	900,0	1,3
Uterus	0,8	9,1	1,3	0,2	0,0	11,4	300,0	3,8
Effektiv	0,8	9,1	16,6	4,9	0,4	31,8	300,0	10,6

Tabelle 15:

**Potentielle Strahlenexposition im Jahre 1993 für Kleinkinder durch Inhalation und Ingestion
in Mikro-Sievert**

ORGAN	H3	C14	(Auf eine Nachkommastelle gerundet)			SUMME	Grenzwert	% -Ant. v. Grenzw.
			Pb210	Rn222-Fp	Rn222			
Blase	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	900,0	2,0
Brust	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	900,0	2,0
O. Dickdarm	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,9	900,0	2,0
U. Dickdarm	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	900,0	2,0
Dünndarm	0,7	15,9	0,8	0,6	0,0	18,0	900,0	2,0
Gehirn	0,7	15,9	0,8	0,0	0,0	17,3	900,0	1,9
Haut	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	1800,0	1,0
Hoden	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	300,0	5,9
Kn-Oberfl.	0,7	15,9	103,4	5,8	0,0	125,8	1800,0	7,0
Leber	0,7	15,9	33,9	0,8	0,0	51,3	900,0	5,7
Lunge	0,7	15,9	0,8	67,3	6,2	90,7	900,0	10,1
Magen	0,7	15,9	0,8	0,8	0,0	18,1	900,0	2,0
Milz	0,7	15,9	0,8	0,6	0,0	18,0	900,0	2,0
N. Nieren	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	900,0	2,0
Nieren	0,7	15,9	12,0	2,5	0,0	31,1	900,0	3,5
Ovarien	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	300,0	5,9
Pankreas	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	900,0	2,0
R.-Kn.mark	0,7	15,9	9,3	1,0	0,0	26,9	300,0	9,0
Schilddr.	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	900,0	2,0
Thymus	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	900,0	2,0
Uterus	0,7	15,9	0,8	0,5	0,0	17,8	300,0	5,9
Effektiv	0,7	15,9	7,6	8,6	0,8	33,4	300,0	11,1

5 Zusammenfassung

Die Strahlenschutzmessungen im Bergwerk und in der Umgebung der Schachtanlage Asse wurden wie in den vergangenen Jahren fortgesetzt. In den Programmen zur Abluft- und Umgebungsüberwachung sind im wesentlichen die bisherigen Überwachungsmaßnahmen und die im Rahmen von Forschungsvorhaben durchgeführten Untersuchungen zusammengefaßt.

Die Anzahl der jährlichen innerhalb des betreibereigenen Programms zur Umgebungsüberwachung vorgenommenen Probenahmen und Messungen blieb mit 368 gegenüber dem Vorjahr unverändert. Alle Messungen lieferten Werte im Bereich der natürlichen Umwelt-radioaktivität. In einigen Fällen waren auch die langfristigen Auswirkungen früherer Kernwaffenversuche sowie des sowjetischen Reaktorunglücks von Tschernobyl nachweisbar.

Die Mitarbeiter wurden entsprechend der Strahlenschutzverordnung laufend überwacht. Ebenso erfolgte die Messung der Ortsdosis, der Ortsdosisleistung sowie der Aktivität der Grubenluft im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes. Eine Überschreitung der zugelassenen Personendosen und Aktivitätswerte für beruflich strahlenexponierte Personen konnte nicht festgestellt werden.

In der Abluft des Salzbergwerkes wurden wie in den vergangenen Jahren geringe Anreicherungen der Nuklide H 3, C 14, Pb 210 und der kurzlebigen Folgeprodukte von Rn 222 und Rn 220 nachgewiesen. Die aus den ermittelten Jahresabgabewerten errechneten Konzentrationen in der Umgebung der Schachtanlage lagen teilweise unter den mittleren natürlich vorkommenden Konzentrationen dieser Nuklide. Die durch die Emission bedingte Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung lag weit unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung.

Die mit der Lagerung von radioaktiven Abfällen und der Durchführung von Forschungsaufgaben im Salzbergwerk Asse zusammenhängende Strahlenexposition lieferte für die Belegschaft und die Bevölkerung der umliegenden Ortschaften im Vergleich zur natürlichen und zivilisatorischen Strahlenbelastung einen unbedeutenden Beitrag.