

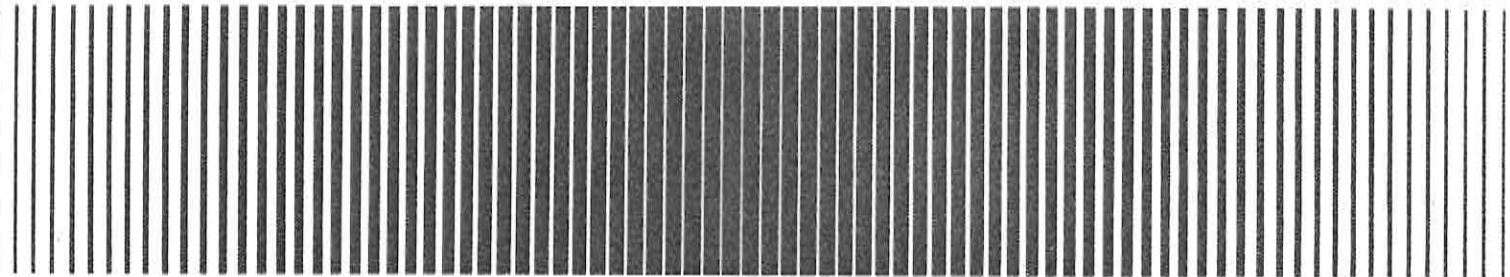
Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

Jahresbericht 2000



Forschungsbergwerk Asse

GSF-Bericht 6/01



GSF – Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit

GSF-SUA-2000

Herausgeber:

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

Ingolstädter Landstraße 1
D-85764 Neuherberg

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

Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren (HGF)

© GSF-Forschungszentrum, 2001

ISSN 0721 - 1694

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier

GSF-SUA-LWW

**GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, GmbH
Forschungsbergwerk Asse, 38319 Remlingen**

**Strahlenschutz
und Umgebungsüberwachung
im Bereich
der Schachanlage Asse
Jahresbericht 2000**



GSF-Bericht 6/01
TL 1/01

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.....	9
2.4 Grasproben	14
2.5 Bodenproben.....	14
2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens.....	17
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 Radon.....	27
4.2 Aerosolaktivität.....	28
4.3 Tritium.....	31
4.4 Kohlenstoff 14	31
4.5 Andere Radionuklide	32
4.6 Ergebnisse der Abluftüberwachung.....	33
4.7 Potentielle Strahlenexposition in der Umgebung.....	34
5 Zusammenfassung.....	38

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 von Forschungsarbeiten werden jedoch radioaktive Stoffe und Strahlenquellen eingesetzt. Die Strahlenschutzüberwachung erstreckt sich 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 Aufsichtsbehörde. Darüber hinaus werden im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes Messungen zur Beobachtung der eingelagerten radioaktiven Abfälle durchgeführt.

Die Programme zur Abluft- und Umgebungsüberwachung durch den Betreiber und durch eine unabhängige Meßstelle wurden in Anlehnung an die „ Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ aufgestellt. Dabei wurden im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde sowohl die Fortschreibung dieser Richtlinie (BMU, Rundschreiben vom 20. 12. 1995) als auch anlagen- und standortspezifische Gegebenheiten des Bergwerkes berücksichtigt.

Alle Proben zur Durchführung des betreibereigenen Überwachungsprogramms werden durch das Forschungsbergwerk Asse entnommen bzw. gesammelt. An den Messungen und Auswertungen sind außerdem das Institut für Strahlenschutz der GSF, die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS) in Braunschweig 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.

Die Ermittlung der Nachweisgrenzen für das jeweilige Meßverfahren erfolgt in Anlehnung an die „Meßanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen“ (Herausgeber: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, 1994).

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)	= 3,7·10 ¹⁰ Bq (Becquerel) = 37 GBq
	1 Bq	= 2,7·10 ⁻¹¹ Ci = 27 pCi
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 µCi/cm ²	= 37 kBq/cm ²
	1 Bq/cm ²	= 27 pCi/cm ²
Dosisleistung:	1 µrem/h	= 10 nSv/h
	1 nSv/h	= 0,1 µrem/h

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
Piko (p)	=	10 ⁻¹²
Femto (f)	=	10 ⁻¹⁵

2 Umgebungsüberwachung

In der Umgebung des Schachanlage 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 des Überwachungsprogramms auf frühere Forschungsvorhaben zurückzuführen ist, sodaß der derzeitige Umfang der betriebsbereigenen Immissionsüberwachung das notwendige Maß überschreitet. 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 wurden bei der Auswahl der Meßstellen berücksichtigt.

Die Überwachung der Umweltradioaktivität im Bereich des Schachanlage Asse wurde nach dem in Tabelle 1 zusammengestellten Programm durchgeführt. Der Umfang des vorgeschriebenen betriebsbereigenen Überwachungsprogramms mit 358 jährlichen Messungen und Probenahmen blieb gegenüber dem Vorjahr unverändert.

2.1 Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser

In Abstimmung mit dem hydrogeologischen Überwachungsprogramm 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 emissionsspektrometrisch vom chemischen Labor der GRS in Braunschweig ermittelt. Durch Abzug des K-40-Aktivitätsanteils von der Beta-Gesamtaktivität wurde die Beta-Restaktivität (β_n) errechnet.

Tabelle 1: Programm der Umgebungsüberwachung im Bereich der SchachtanlageASSE
(Stand: 01.01.1999)

Art der Maßnahme	Anzahl der Meßstellen	Jährliche Meßfrequenz	Meßproben	Meßverfahren
1. Bestimmung der Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser	26	vierteljährliche Probenahme	104	Messung des Eindampfrückstandes im Methandurchflußzähler und Bestimmung des Kaliumgehaltes Einzelnuklidanalyse
2. Untersuchung von Trinkwasser auf Sr 90, Cs 137, Pu 239	2	monatliche Probenahme, halbjährl. Auswertung	4	
3. Messung der kurz- und langlebigen Aerosolaktivität der Luft	8	monatlich vier Stichproben	48	Lufstaubsammlung über Großflächenfilter und Ausmessung im Methandurchflußzähler
4. Bestimmung der Aktivität von Grasproben	2	kontinuierliche Sammlung 14-tägl. Auswertung	52	Gammaskoprometrische Einzelnuklidbestimmung
5. Bestimmung der Aktivität von Bodenproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammaskoprometrische Einzelnuklidbestimmung
6. Messung der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammaskoprometrische 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

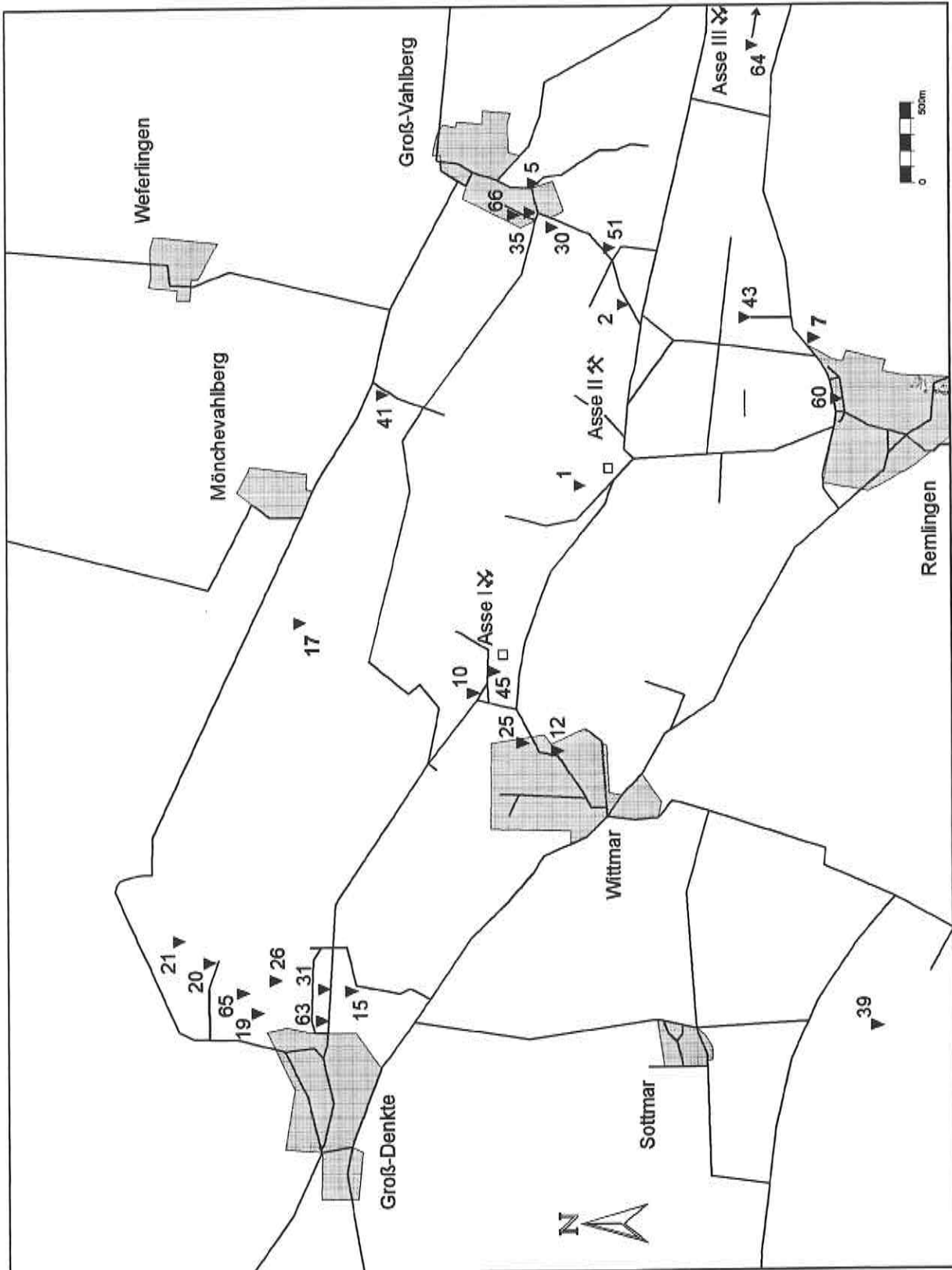


Abb. 1: Probenahmestellen für Grund- und Oberflächenwasser in der Umgebung der Schachanlage Asse

Die Ergebnisse 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. 17, 25, 63, 64) sind auf den erhöhten Kaliumgehalt dieser Wässer und somit auf das natürliche radioaktive Kaliumisotop K 40 zurückzuführen. Bei Wasserproben mit hohem Kaliumgehalt ist die 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 ermittelten Beta-Restaktivität von mehr als 0,4 Bq/l zusätzlich gammaspektrometrische Einzelnuklidanalysen durchgeführt. Bei einer Nachweisgrenze von 0,1 Bq/l (bezogen auf Co 60) wurden keine Radionuklide außer den natürlich vorkommenden festgestellt.

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. Eventuell nachgewiesenes Strontium 90 und Cäsium 137 deuten darauf hin, daß hier oberflächennahes Grundwasser mit erfaßt wurde. Hierin sind Sr 90 und Cs 137 durch den Fallout früherer oberirdischer Kernwaffenversuche und des sowjetischen Reaktorunglücks von Tschernobyl nachweisbar.

Tabelle 2: β -Aktivität von Grund- und Oberflächenwässern im Jahre 2000
(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, anstelle der Rest-Beta-Bestimmung erfolgt eine gammaspektrometrische Einzelnuklidanalyse mit einer Nachweisgrenze von 0,1 Bq/l bezogen auf Co 60

Nr. Meßstelle	Januar		Mai		Juli		Oktober	
	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n
1 Brunnen Schachtanlage Asse II	0,19	<0,18	<0,18		0,25	<0,18	0,19	< 0,16
2 Obere Quellf. Gr. Vahlberg	<0,18		< 0,16		< 0,17		< 0,17	
5 Vorfluter östlich Gr. Vahlberg	< 0,18		< 0,16		0,19	< 0,18	0,25	<0,16
7 Bohrung östlich von Remlingen	0,34	<0,19	0,33	< 0,18	0,29	< 0,17	0,26	0,18
10 Wasserversorgung Schachtanlage I	< 0,18		< 0,16		< 0,17		0,18	<0,16
12 Brunnen Wittmar	<0,19		0,25	< 0,17	0,30	< 0,17	0,25	< 0,18
15 Quelle östlich Gr. Denkte	< 0,19		0,21	< 0,17	0,20	< 0,18	< 0,18	
17 Waldweg Dettumerstieg	0,75	< 0,2	0,71	< 0,2	0,44	< 0,2	0,70	< 0,19
19 Vorfluter oberhalb Bad Gr. Denkte	< 0,18		0,24	< 0,17	0,35	0,19	0,25	< 0,18
20 Quelle südlich Falkenheim	< 0,18		0,29	0,18	0,22	< 0,18	< 0,18	
21 Quelle am Weiher Falkenheim	< 0,18		< 0,17		< 0,16		< 0,18	
25 Vorfluter nördl. Wittmar	0,94	< 0,29	0,81	< 0,48	0,72	< 0,36	1,08	< 0,41

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr. Meßstelle	Januar		Mai		Juli		Oktober	
	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n
26 Quelle nordöstlich Gr. Denkte	0,29	< 0,18	0,25	< 0,16	< 0,18		0,25	< 0,18
30 Drainage Park Gr. Vahlberg	0,26	< 0,18	0,23	< 0,16	0,19	< 0,18	< 0,18	
31 Vorfluter östlich Gr. Denkte	0,25	< 0,18	0,29	0,16	< 0,16		0,23	< 0,17
35 Vorfluter Park Gr. Vahlberg	0,24	< 0,18	0,19	< 0,16	< 0,16		0,23	0,17
39 Wasserversorgung Kissenbrück	0,20	< 0,18	< 0,16		< 0,17		< 0,16	
41 Vorfluter westlich Espenberg	< 0,18		< 0,16		< 0,18		0,31	0,25
43 Löffelgraben nord- östlich Remlingen	0,21	< 0,18	0,33	< 0,17	< 0,17		0,27	0,17
45 SchachtASSE I	< 0,19		0,57	< 0,17	0,54	< 0,17	0,56	< 0,18
51 Überlauf Wasser- versg. Gr. Vahlberg	< 0,18		0,19	< 0,16	< 0,17		0,20	< 0,17
60 Straßenbrunnen Remlingen	< 0,19		< 0,17		< 0,18		< 0,18	
63 Quelle nördl. Bleier Weg, Gr. Denkte ^{x)}	18,8	< 0,10	16,5	< 0,10	18,0	< 0,10	22,4	< 0,10
64 SchachtASSE 3	1,20	< 0,33	1,40	< 0,35	0,52	< 0,34	1,29	< 0,37
65 Überlauf Wasser- versorg. Gr. Denkte	< 0,18		< 0,18	0,21	< 0,16		< 0,18	
66 Quelle Feldsch. Gut Münchhausen	-		-		-		-	

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

Trinkwasserver- sorgung ^{x)}	Radio- nuklid	Nov. 1998 - April 1999	Mai 1999 - Okt. 1999	Nov. 1999 - April 2000	Mai 2000 - Okt. 2000
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	< 1,9	2,1	< 1,9
Gr. Vahlberg Überlauf Wasserbehälter Nr. 51	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	2,0	2,0	< 1,9	3,1
	Cs 137	< 1,9	2,4	2,5	< 1,9

x) Die Nummer entspricht der jeweiligen Meßstelle der Tabelle 2

2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft

Die Überwachung der bodennahen Luft in der Umgebung der Schachanlage erfolgt an den in Abb. 2 gekennzeichneten Stellen, indem monatlich Stichproben des Luftstaubes und der Aerosole auf kurz- und langlebige Aktivität 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.

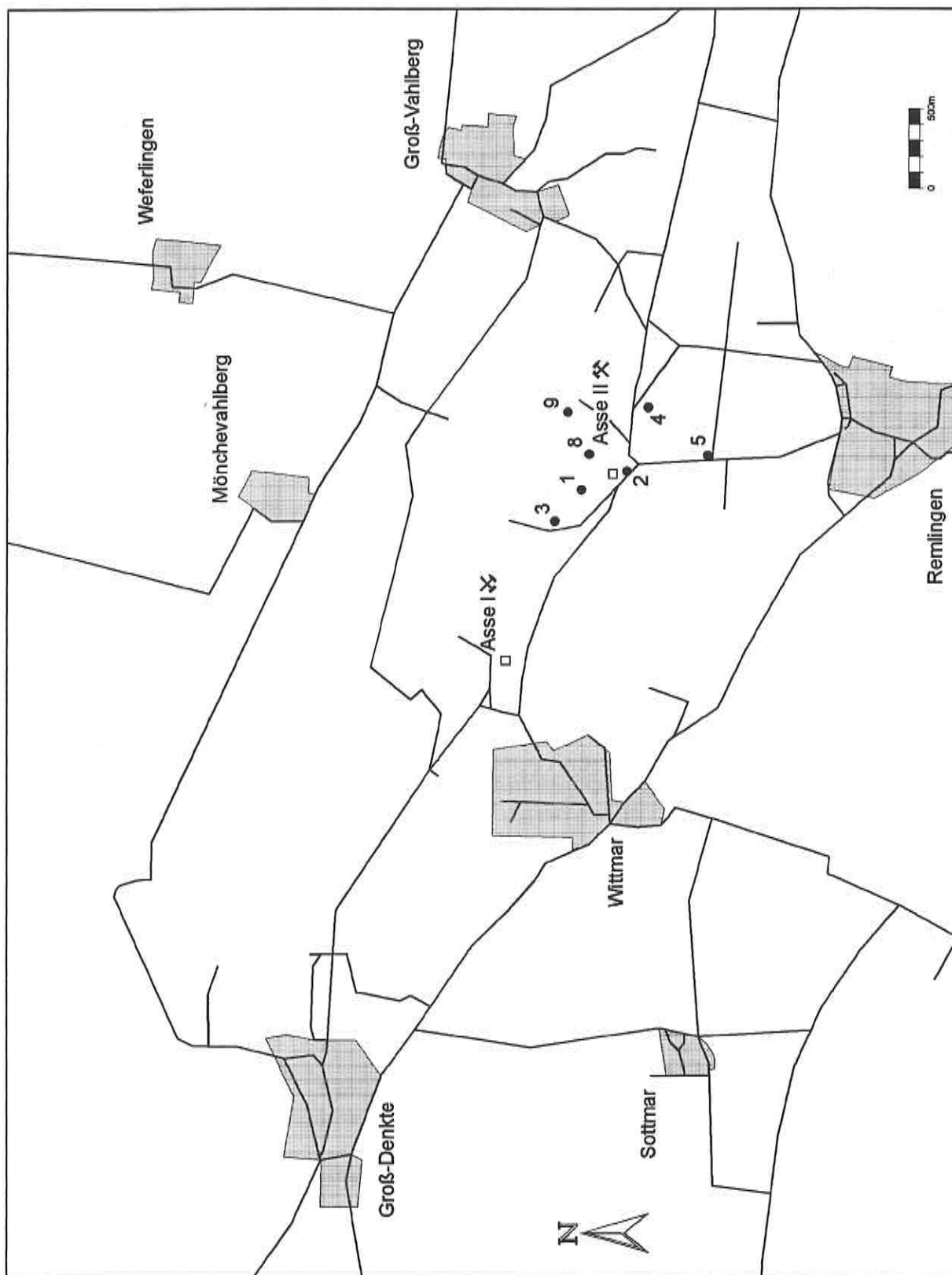


Abb. 2: Probenahmestellen für γ -Strahlung und Aerosole in der Umgebung der Schachtanlage Asse

Bei der Gesamt-Aktivitätskonzentration der kurzlebigen radioaktiven Aerosole lagen die Werte zwischen 1 und 52 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 Schachtanlage konnte selbst an der Probenahmestelle, die stets in der Abluffahne 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 werden 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 Schachtanlage Asse (Angaben in mBq/m³)

Sammelzeitraum 2000	Referenzstelle		Anlagenzaun	
	Be 7	Pb 210	Be 7	Pb 210
17.12.99 - 03.01.00	0,70	0,52	1,78	0,18
04.01. - 14.01.	2,45	0,34	2,07	0,29
15.01. - 28.01.	2,02	0,35	1,89	0,33
29.01. - 11.02.	3,35	0,28	2,84	0,24
12.02. - 25.02.	1,95	0,11	2,03	0,11
26.02. - 10.03.	2,15	0,12	2,00	0,14
11.03. - 24.03.	2,64	0,20	2,54	0,21
25.03. - 07.04.	2,00	0,30	1,92	0,28
08.04. - 20.04.	2,64	0,23	2,87	0,25
21.04. - 05.05.	4,30	0,57	4,75	0,58
06.05. - 19.05.	6,64	0,57	6,17	0,55
20.05. - 05.06.	2,82	0,19	3,20	0,24
06.06. - 16.06.	3,30	0,26	3,42	0,33
17.06. - 30.06.	3,86	0,35	4,48	0,35
01.07. - 14.07.	2,20	0,24	1,86	0,19
15.07. - 28.07.	1,40	0,20	1,72	0,23
29.07. - 11.08.	2,72	0,29	2,47	0,31
12.08. - 25.08.	2,51	0,28	2,59	0,32
26.08. - 07.09.	2,32	0,26	2,15	0,28
08.09. - 22.09.	1,44	0,31	1,65	0,34
23.09. - 06.10.	2,72	0,76	2,75	0,76
07.10. - 20.10.	1,82	0,30	2,03	0,27
21.10. - 03.11.	2,16	0,41	2,21	0,41
04.11. - 17.11.	1,44	0,20	1,62	0,23
18.11. - 01.12.	1,92	0,32	1,90	0,28
02.12. - 15.12.	1,77	0,28	1,83	0,33
16.12.00 - 02.01.01	1,87	0,41	2,06	0,43

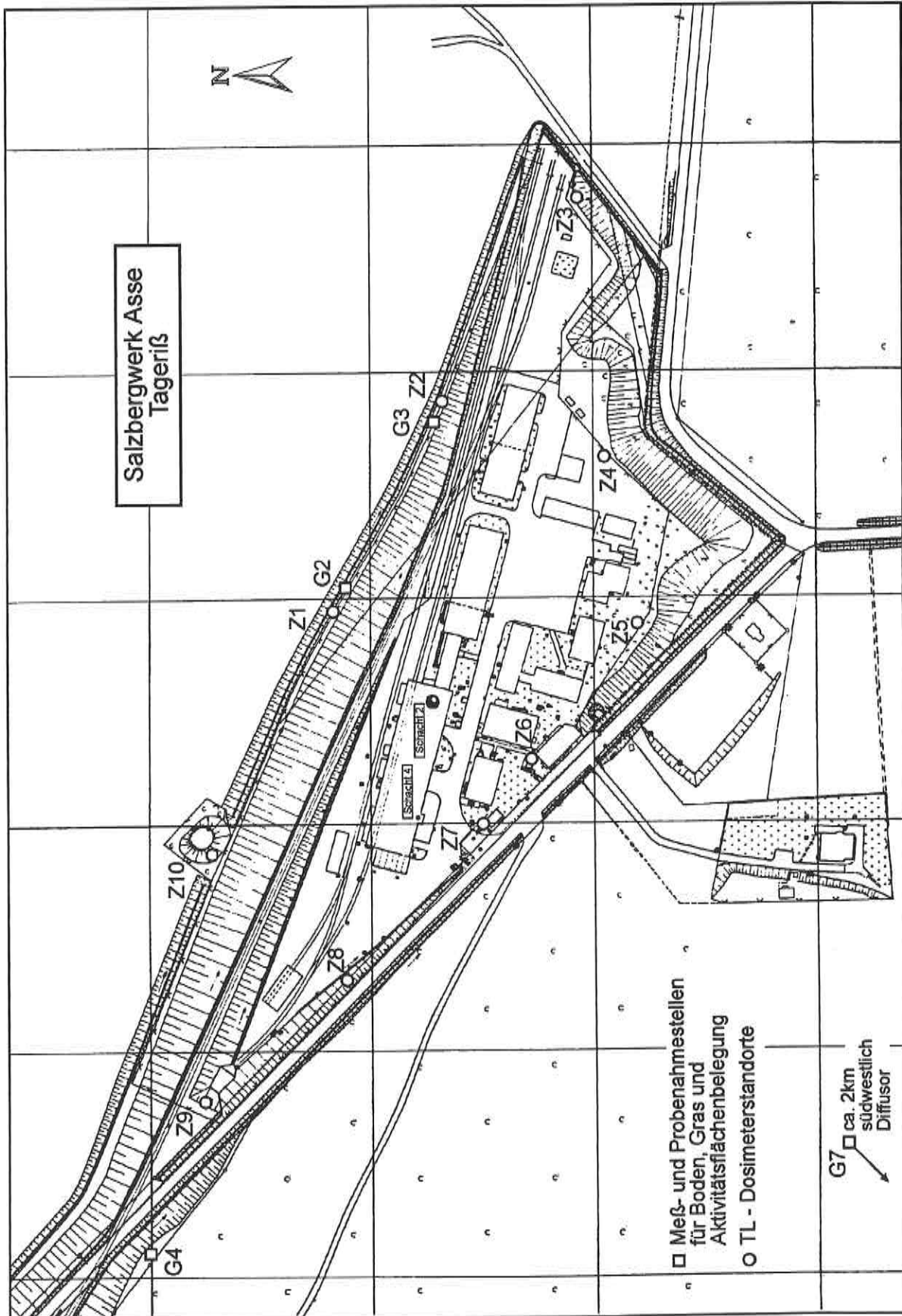


Abb. 3: Auslegungsorte der Thermolumineszenz (TL)-Dosimeter und Lage der Entnahmestellen für Boden- und Bewuchsproben am Anlagenzaun

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. 48 Stunden in einer 1-l-Ringschale gammaspektrometrisch gemessen. Dabei wird eine Nachweisgrenze von 0,5 Bq/kg Trockensubstanz (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, K 40 und Zerfallsprodukte des stets in der Umgebungsluft vorkommenden natürlichen Edelgases Radon). Das nachgewiesene Cäsium ist noch auf den Fallout nach dem sowjetischen Reaktorunfall von 1986 zurückzuführen. Die Spaltproduktkonzentration in den Grasproben liegen in der gleichen Größenordnung wie die Messwerte im Vorjahr.

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 die obersten 5 cm der Erdschicht als Proben entnommen. Sie werden getrocknet, von Steinen und Wurzeln befreit und anschließend ca. 48 Stunden in einer 1-l-Ringschale gammaspektrometrisch ausgemessen.

Tabelle 5: Aktivitätskonzentrationen in Grasproben aus der Umgebung der Schachanlage
Asse in Bq/kg Trockensubstanz, Probenahmeorte vgl. Abb. 3

Probenahmeort	Nuklid	15.06.99	28.09.99	14.06.00	28.09.00
G 2	Be 7	113	235	76	148
	K 40	624	388	536	594
	Pb 210	23	79	22	38
	Pb 212	<0,5	14,0	< 0,5	1,7
	Pb 214	1,7	11	0,9	1,4
	Cs 137	0,7	6,3	0,45	0,6
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G 3	Be 7	84	235	69	141
	K 40	546	320	545	551
	Pb 210	14	64	17	33
	Pb 212	<0,5	7,8	0,55	0,94
	Pb 214	0,4	6,1	0,58	1,1
	Cs 137	<0,4	2,7	0,63	0,45
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G 4	Be 7	40	180	114	224
	K 40	191	453	498	381
	Pb 210	18	83	47	48
	Pb 212	2,9	22	6	<0,5
	Pb 214	2,3	17	5	0,92
	Cs 137	3,1	23,0	7,6	<0,5
	Cs 134	< 0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G 7	Be 7	96	128	139	152
	K 40	584	381	289	314
	Pb 210	10	54	28	36
	Pb 212	<0,5	4,1	3	1,7
	Pb 214	1	3,1	2,5	1,8
	Cs 137	<0,4	1,4	0,6	<0,4
	Cs 134	< 0,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3

Tabelle 6: Aktivitätskonzentrationen in Bodenproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse in Bq/kg Trockensubstanz, Probenahmeorte vgl. Abb. 3

Probenahmeort	Nuklid	15.06.99	28.09.99	14.06.00	28.09.00
G 2	K 40	684	677	627	574
	Pb 210	35	39	44	39
	Pb 212	46	47	45	44
	Pb 214	34	35	35	35
	Cs 137	23	28	23	20
	Cs 134	<0,3	<0,3	< 0,2	< 0,2
G 3	K 40	709	708	704	675
	Pb 210	37	37	36	39
	Pb 212	50	49	48	40
	Pb 214	35	36	36	35
	Cs 137	23	21	19	24
	Cs 134	<0,3	< 0,3	< 0,1	< 0,2
G 4	K 40	653	684	778	682
	Pb 210	50	51	41	46
	Pb 212	55	41	49	44
	Pb 214	40	38	36	34
	Cs 137	38	45	34	39
	Cs 134	0,5	<0,3	<0,2	< 0,2
G 7	K 40	517	586	609	568
	Pb 210	33	32	33	31
	Pb 212	31	31	37	38
	Pb 214	28	30	32	30
	Cs 137	28	14	11	13
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3

Dabei wird eine Nachweisgrenze von 0,5 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 Boden enthaltenen natürlichen Radionukliden wurde auch Cäsium gemessen, das sich aus der Fallout-Komponente früherer Kernwaffenversuche und dem Fallout nach dem sowjetischen Reaktorunglück zusammensetzt. 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 cm² verwendet. Bei einer Untergrundzählrate von 8 s⁻¹ wird eine Nachweisgrenze von ca. 0,1 Bq/cm² 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 sogenannten "Fadings", einer zeitlichen Änderung der Dosimeteranzeige aufgrund der Einwirkung der Umgebungstemperatur.

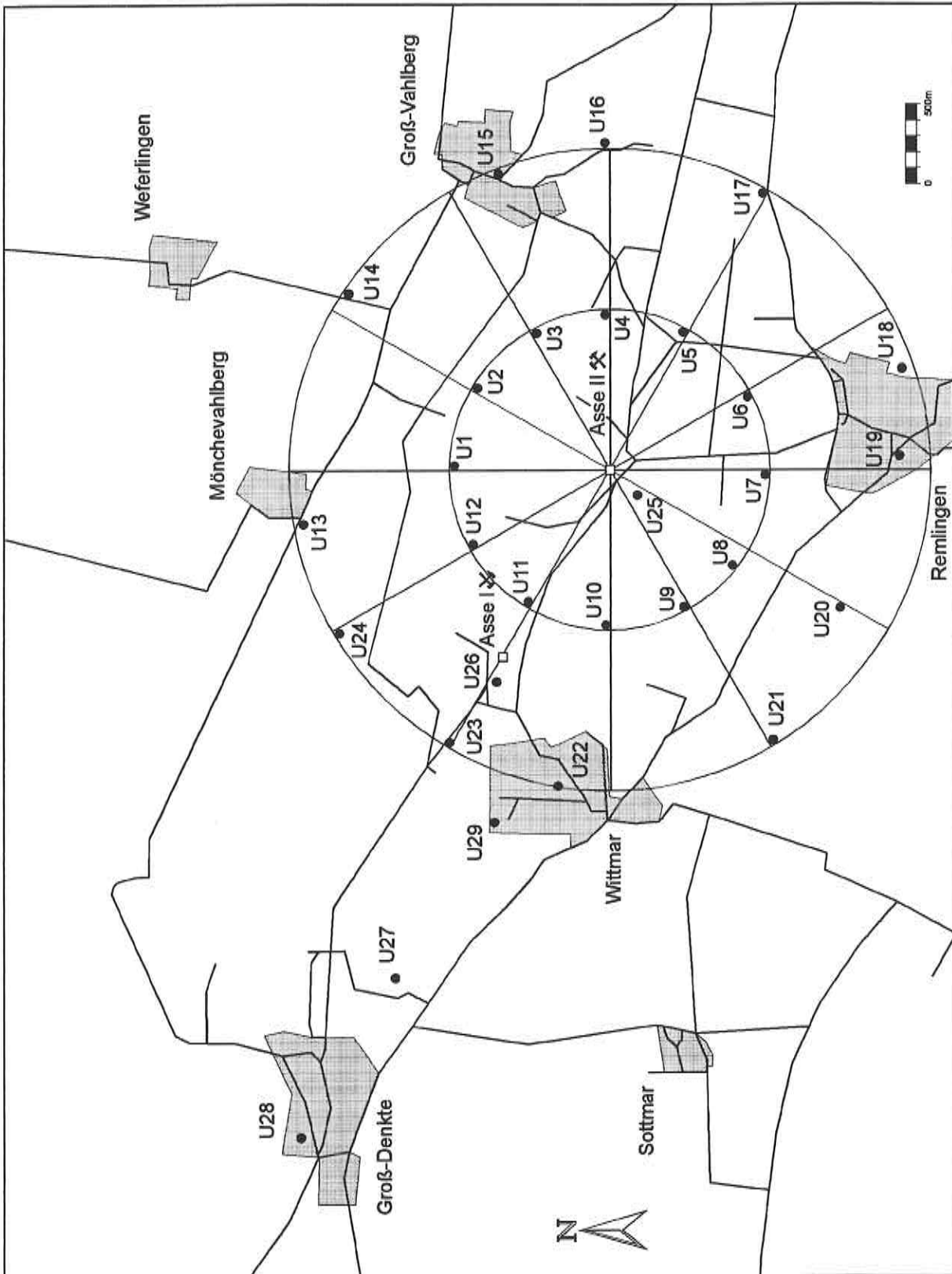


Abb. 4: Auslegungsorte der Thermolumineszenzdosimeter zur Messung der Gamma-Strahlung in der Umgebung der Schachtanlage Asse

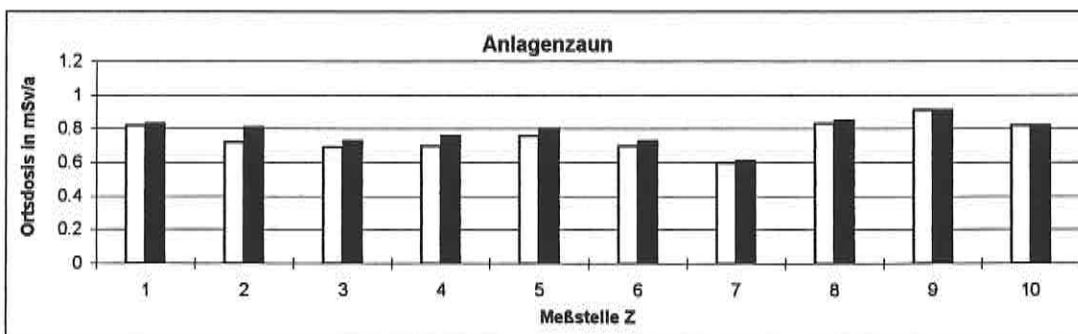
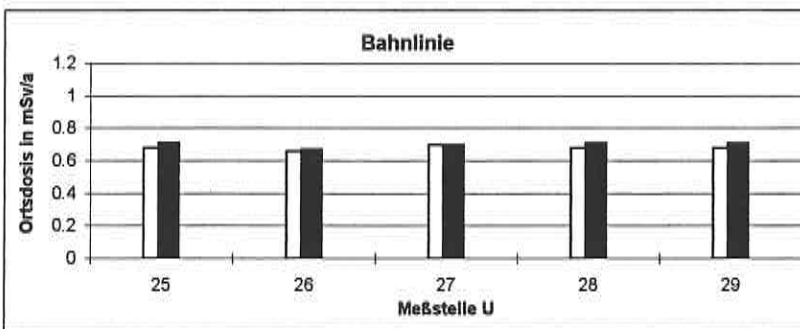
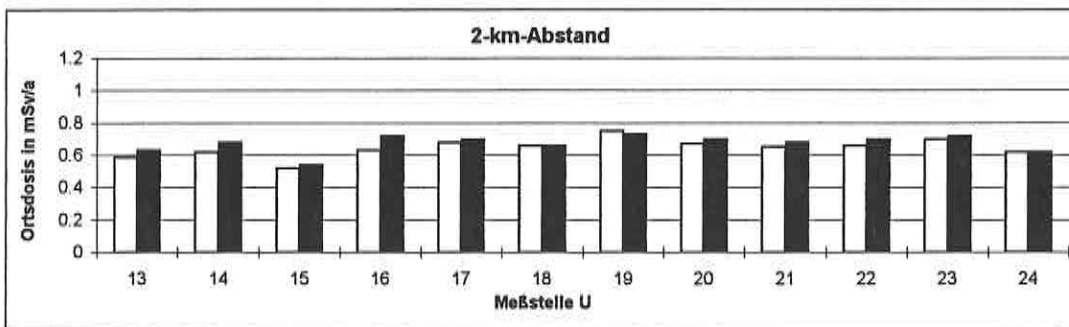
Die Dosimeterkassetten werden im Umkreis von etwa einem (Meßstellen U 1 - U 12) und zwei Kilometern um den Schacht Asse 2 (U 13 - U 24), entlang der Bahnlinie (U 25 - U 29) und am Zaun der Anlage (Z 1 - Z 10) ausgelegt und werden nach einer Exposition von ca. sechs Monaten ausgetauscht und im Institut für Strahlenschutz der GSF ausgewertet. Wenn ein Dosimeter entwendet wurde oder unauswertbar war, wurde der Wert für die Jahresdosis aus dem Halbjahres-Meßwert errechnet. 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 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 der Schachtanlage Asse (Angaben in mSv/a)

<u>Meßstelle</u>	<u>1999</u>	<u>2000</u>	<u>Meßstelle</u>	<u>1999</u>	<u>2000</u>
U 1	0,77	0,76	U 21	0,65	0,68
U 2	0,70	0,72	U 22	0,66	0,70
U 3	0,63	0,68	U 23	0,70	0,72
U 4	0,63	0,64	U 24	0,62	0,62
U 5	0,57	0,57	U 25	0,68	0,71
U 6	0,67	0,76	U 26	0,66	0,67
U 7	0,71	0,72	U 27	0,70	0,72
U 8	0,68	0,69	U 28	0,68	0,71
U 9	0,61	0,62	U 29	0,68	0,71
U 10	0,49	0,68			
U 11	0,63	0,70	Z 1	0,82	0,83
U 12	0,54	0,56	Z 2	0,72	0,81
U 13	0,59	0,63	Z 3	0,69	0,73
U 14	0,62	0,68	Z 4	0,70	0,76
U 15	0,52	0,54	Z 5	0,76	0,80
U 16	0,63	0,72	Z 6	0,70	0,73
U 17	0,68	0,70	Z 7	0,60	0,61
U 18	0,66	0,66	Z 8	0,83	0,85
U 19	0,75	0,73	Z 9	0,91	0,91
U 20	0,67	0,70	Z 10	0,82	0,82



1999
 2000

Abb. 5: Jahres-Ortsdosis gem. Tabelle 7 in der Umgebung der Schachtanlage Asse 1999 und 2000. Lage der Meßstellen Z und U lt. Abb. 3 und Abb. 4

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

Meßort Nr.	1	2	3	4	5	7	8	9
Datum								
13.01.00		60			70	70	60	
14.02.00			70	60		60		80
13.03.00	70	60			70	60		
18.04.00			80	70		80	80	
15.05.00	80				70	100		70
19.06.00		60	70			80	80	
17.07.00	70			70	70	70		
14.08.00			70			80	80	70
18.09.00	80	70			70	80		
12.10.00				70		90	80	70
20.11.00		60	90		70	70		
04.12.00	90			70		80	80	

3 Betrieblicher Strahlenschutz

Der betriebliche Strahlenschutz umfaßt alle Maßnahmen, die zur Überwachung der Anlage und des Personals und zur 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 über Tage und im Grubengebäude TL-Dosimeter eingesetzt. Es wird derselbe Dosimetertyp wie in der Umgebungsüberwachung verwendet. 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.

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 Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, auf der 925-m-Sohle).

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

Meßstelle	1999	2000
Strahlenschutz-Labor	0,98	1,04
In der Schachthalle Anschlag	0,56	0,57
In der Schachthalle südlich	0,67	0,68
In der Schachthalle über der Umladezelle	0,59	0,60
Büro Betriebsleiter	1,06	1,09
Diffusor innen	0,62	0,63
Diffusor außen	0,77	0,82
490-m-Sohle, Füllort	0,07	0,08
490-m-Sohle, Steuerpult Beschickungskammer	0,07	0,08
750-m-Sohle, Füllort	0,14	0,16
775-m-Sohle, GSF-Low-Level-Meßplatz	0,03	0,03
800-m-Sohle, MAW-Versuchsfeld	0,30	0,29
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, südliche Kammer	0,23	0,23
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, nördliche Kammer	0,25	0,27

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

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

Betriebspunkt		1999	2000
Laborraum über Tage		110	110
490-m-Sohle,	Steuerpult der Beschickungs- kammer 8a für mittelradio- aktive Abfälle	12	11
725-m-Sohle,	Kammer 7, ca. 1 m über den salzbedeckten schwachradio- aktiven Abfällen	36	33
750-m-Sohle,	Füllort	16	20
750-m-Sohle,	Kammer 5, ca. 11 m von den schwachradioaktiven Abfällen entfernt	1300	755
750-m-Sohle,	vor der verschlossenen La- gerkammer 4	89	137
800-m-Sohle,	Füllort	12	12
800-m-Sohle,	HAW-Versuchsfeld, nördliche Kammer	32	31
800-m-Sohle,	HAW-Versuchsfeld, südliche Kammer	30	30
800-m-Sohle,	MAW-Versuchsfeld	32	34
925-m-Sohle,	Füllort	< 5	< 5
925-m-Sohle,	PTB-Meßplatz	< 5	< 5

Vergleicht man die Ergebnisse dieser Dosisleistungsmessungen mit den aus der Langzeitüberwachung errechneten Jahresdosiswerten (vgl. Kap. 3.1), so ergibt sich eine gute Übereinstimmung beider Meßverfahren ($100 \text{ nSv/h} = 0,88 \text{ mSv/a}$). 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 übertägigen Laborraum beträgt.

3.3 Personendosisüberwachung

Die Überwachung des Betriebspersonals erfolgt mit Filmdosimetern, die von der amtlichen Meßstelle für Strahlendosimeter der GSF in Neuherberg monatlich ausgewertet werden. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 73 Personen überwacht und 859 Dosimeter ausgewertet. Eine Überschreitung der Grenzwerte der Personendosis wurde nicht festgestellt.

3.4 Inkorporationsüberwachung

Das gesamte unter Tage beschäftigte Personal (72 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. 5 % zur Gesamtabluft beitragen, wurde dieser Anteil bei der Abgabebilanzierung vernachlässigt.

4.1 Radon

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.

Für die Radonmessung in der Abluft des Bergwerkes werden jeweils zwei Elektret-Dosimeter eingesetzt, die wöchentlich beaufschlagt werden. Für die Auswertung werden die Meßwerte über beide Dosimeter gemittelt. Falls ein Dosimeter nicht auswertbar ist, wird der Einzelwert übernommen. Der so gemessene Gehalt an Radon in der Abluft lag im Wochenmittel zwischen 59 Bq/m^3 und 119 Bq/m^3 und betrug durchschnittlich 73 Bq/m^3 . Weil der Gehalt an Radon 220 in der Regel vernachlässigbar ist, wird dieser Anteil der Radon-222-Aktivität zugeordnet. Zum Vergleich kann die natürliche Rn-222-Konzentration in der bodennahen Umgebungsluft in Deutschland im Mittel mit 8 bis 23 Bq/m^3 angegeben werden (vgl. „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1996“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).

4.2 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.

Die kurzlebige Aerosolaktivitätskonzentration der Grubenabluft im Diffusor lag zwischen 72 Bq/m^3 und 267 Bq/m^3 und betrug durchschnittlich 147 Bq/m^3 , sie lag damit über der natürlichen Aerosolaktivitätskonzentration in der Umgebungsluft. Zum Vergleich betrug der Jahresmittelwert der kontinuierlich gemessenen kurzlebigen Luftaerosolaktivitätskonzentration an der Referenzmeßstelle 7 Bq/m^3 . Ein Teil der emittierten Aerosole stammt somit aus der zugeführten Frischluft. Durch die Verdünnung beim Austritt aus dem Diffusor wird die Konzentration so stark vermindert, daß am Zaun keine Erhöhung der natürlichen Konzentration nachgewiesen werden konnte (s. Kap. 2.3).

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.

Nach dem Abklingen der kurzlebigen Aerosolaktivität wurden die Filter gammaspektrometrisch auf Einzelnuclide untersucht. Dabei wurden Nachweisgrenzen von weniger als $20 \mu\text{Bq/m}^3$ (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 oberhalb der Nachweisgrenze festgestellt.

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-Zerfalls-

reihe 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 $1,3 \text{ mBq/m}^3$. 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 $0,3 \text{ mBq/m}^3$. Ein Teil des emittierten Pb 210 stammt somit aus der zugeführten Frischluft.

Tabelle 11: Aerosolaktivität in der Grubenabluft im Jahre 2000
(Angaben in mBq/m³)

Sammelzeitraum 2000	Schacht 2		Schacht 4	
	Be 7	Pb 210	Be 7	Pb 210
17.12.99 - 03.01.00	1,04	1,90	1,03	0,83
04.01. - 14.01.	0,92	1,30	1,04	0,58
15.01. - 28.01.	0,93	1,21	0,93	0,63
29.01. - 11.02.	0,96	1,28	1,35	0,67
12.02. - 25.02.	0,76	0,94	0,94	0,49
26.02. - 10.03.	0,73	0,89	0,99	0,60
11.03. - 24.03.	0,77	0,74	1,27	0,59
25.03. - 07.04.	0,80	0,98	1,13	0,67
08.04. - 20.04.	1,10	1,10	1,17	0,55
21.04. - 05.05.	1,85	0,82	2,09	1,46
06.05. - 19.05.	2,99	1,44	3,10	1,14
20.05. - 05.06.	1,35	1,63	1,43	1,01
06.06. - 16.06.	1,95	1,48	1,16	1,32
17.06. - 30.06.	1,90	1,27	1,80	0,93
01.07. - 14.07.	0,93	1,22	0,91	0,96
15.07. - 28.07.	0,78	1,45	0,74	0,81
29.07. - 11.08.	1,12	1,11	1,19	0,96
12.08. - 25.08.	1,60	1,89	1,28	1,14
26.08. - 07.09.	1,03	1,86	1,12	1,05
08.09. - 22.09.	0,76	2,61	0,77	1,36
23.09. - 06.10.	1,58	1,81	1,67	1,42
07.10. - 20.10.	1,09	1,16	1,04	0,86
21.10. - 03.11.	0,97	1,25	1,08	0,80
04.11. - 17.11.	0,70	0,98	0,74	0,79
18.11. - 01.12.	0,94	1,04	0,99	0,69
02.12. - 15.12.	0,76	1,21	0,98	0,73
16.12.00 - 02.01.01	0,90	1,12	1,16	0,70

4.3 Tritium

Da die Tritiumkonzentration in der Abluft unterhalb der Nachweisgrenze kontinuierlich anzeigender Meßgeräte (ca. 4 kBq/m³) liegt, erfolgt die Messung mit sammelnden Verfahren.

Zur Abgabebilanzierung 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. Die Molekularsiebfüllung wird monatlich gewechselt und im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz auf den Tritiumgehalt ausgemessen. Aus den gemessenen monatlichen Aktivitätskonzentrationen von Tritium als HTO in der Abluft, wie sie in der Tab. 12 aufgeführt sind, läßt sich ein Jahresmittelwert von 45 Bq/m³ berechnen.

Zusätzlich erfolgt wöchentlich eine Probenahme zur Messung des Tritiumgehaltes im Kondensat der ausgefrorenen Luftfeuchte. Unter Berücksichtigung von Temperatur und relativer Feuchte ergibt sich die Aktivitätskonzentration in der Luft. Bei den i.d.R. in der Fröhschicht genommenen Stichproben in der Abluft ergaben sich Werte zwischen 55 und 105 Bq/m³ bei einem Mittelwert von 76 Bq/m³. Die tendenziell geringfügig höheren Aktivitätskonzentrationen der Einzelmessungen gegenüber den Ergebnissen des o.g. Sammelverfahrens sind auf betrieblich bedingte Tagesschwankungen der Abluftmenge zurückzuführen.

4.4 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 CO₂-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.

Tabelle 12: Tritium und Kohlenstoff 14 in der Abluft 2000 (Angaben in Bq/m³)

Sammelzeitraum	Tritium als HTO	C 14 gesamt
Januar	46	0,71
Februar	46	0,72
März	43	0,66
April	42	0,57
Mai	41	0,72
Juni	52	0,51
Juli	47	0,58
August	32	0,53
September	53	0,61
Oktober	48	0,62
November	44	0,67
Dezember	41) ¹

)¹ C-14-Bestimmung konnte aus messtechnischen Gründen nicht durchgeführt werden. Für die Bilanzierung wird der Vormonatswert verwendet.

4.5 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.

Die Stichprobenmessungen aus den Jahren 1978, 1991 und 1996 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.

4.6 Ergebnisse der Abluftüberwachung

Um die abgegebene Aktivitätsmenge zu ermitteln, wird der Luftdurchsatz kontinuierlich gemessen und zusammen mit den akkumulierten Aerosolaktivitäten in einer Datenerfassungsanlage registriert. Die Abgabewerte werden aus den gemessenen Aktivitätskonzentrationen und den in den einzelnen Probenahmezeiträumen abgeleiteten Luftmengen ermittelt. Der Jahresluftdurchsatz betrug $1,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

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.

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 zu § 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 nicht möglich ist. Die errechneten Werte für Pb 210, Radon 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 1999 GBq	Abgabe 2000 GBq	Mittlere Jahreskonzentrationserhöhung in der Luft Bq/m ³
H 3	$6,6 \cdot 10^1$	$5,5 \cdot 10^1$	$2,3 \cdot 10^{-1}$
C 14	$1,2 \cdot 10^0$	$0,8 \cdot 10^0$	$3,3 \cdot 10^{-3}$
Pb 210	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$6,6 \cdot 10^{-6}$
Rn 222 - Gas	$8,7 \cdot 10^1$	$8,4 \cdot 10^1$	$3,6 \cdot 10^{-1}$
Rn 222 - Fp ¹⁾	$4,3 \cdot 10^1$	$4,9 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^{-1}$

1) Rn 222 im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten

4.7 Potentielle Strahlenexposition 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.

Die Berechnung der Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe erfolgt nach der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung" (Bundesanzeiger 31, Nr. 64 vom 31. März 1990). 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, wurde aus dem Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr gem. Anlage IV, Tab. 4, Spalte 5 der Strahlenschutzverordnung ein dementsprechender Dosisfaktor abgeleitet. Für Radon 222 (im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Folgeprodukten) wurden die Dosisfaktoren 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. Mit Hilfe der Wichtungsfaktoren der Strahlenschutzverordnung für die einzelnen Organe und Gewebe ergibt sich als Körperdosis eine effektive Jahresdosis für den Erwachsenen von 23 μSv und für das Kleinkind von 24 μSv . 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 2000 für Erwachsene durch Inhalation und Ingestion
in Mikro-Sievert**

(Auf eine Nachkommastelle gerundet)

ORGAN	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222-Fp	Rn 222-Gas	SUMME	Grenzwert	%-Ant.v. Grenzwert
Blase	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Brust	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Oberer Dickdarm	0,3	3,5	1,2	0,3	0,0	5,2	900	0,6
Unterer Dickdarm	0,3	3,5	1,2	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Dünndarm	0,3	3,5	1,1	0,4	0,0	5,2	900	0,6
Gehirn	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Haut	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	1800	0,3
Hoden	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	300	1,7
Knochen-Oberfläche	0,3	3,5	194,8	5,8	0,0	204,2	1800	11,4
Leber	0,3	3,5	54,0	0,6	0,0	58,3	900	6,5
Lunge	0,3	3,5	1,1	45,8	2,9	52,5	900	5,8
Magen	0,3	3,5	1,1	0,5	0,0	5,3	900	0,6
Milz	0,3	3,5	1,1	0,4	0,0	5,2	900	0,6
Nebennieren	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Nieren	0,3	3,5	24,8	2,4	0,0	30,9	900	3,4
Ovarien	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	300	1,7
Pankreas	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Rotes Knochenmark	0,3	3,5	13,3	0,7	0,0	17,7	300	5,9
Schilddrüse	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Thymus	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	900	0,6
Uterus	0,3	3,5	1,1	0,3	0,0	5,1	300	1,7
Effektiv	0,3	3,5	13,3	6,2	0,2	23,4	300	7,8

Tabelle 15:

Potentielle Strahlenexposition im Jahre 2000 für Kleinkinder durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

(Auf eine Nachkommastelle gerundet)

ORGAN	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222-Fp	Rn 222-Gas	SUMME	Grenzwert	%-Ant.v. Grenzwert
Blase	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	900	0,8
Brust	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	900	0,8
Oberer Dickdarm	0,2	6,0	0,6	0,7	0,0	7,5	900	0,8
Unterer Dickdarm	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	900	0,8
Dünndarm	0,2	6,0	0,6	0,8	0,0	7,7	900	0,9
Gehirn	0,2	6,0	0,6	0,0	0,0	6,9	900	0,8
Haut	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	1800	0,4
Hoden	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	300	2,5
Knochen-Oberfläche	0,2	6,0	82,7	7,3	0,0	96,3	1800	5,4
Leber	0,2	6,0	27,1	1,0	0,0	34,4	900	3,8
Lunge	0,2	6,0	0,6	84,5	3,7	95,1	900	10,6
Magen	0,2	6,0	0,6	1,0	0,0	7,8	900	0,9
Milz	0,2	6,0	0,6	0,8	0,0	7,6	900	0,9
Nebennieren	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,4	900	0,9
Nieren	0,2	6,0	9,6	3,2	0,0	19,1	900	2,1
Ovarien	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	300	2,5
Pankreas	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	900	0,8
Rotes Knochenmark	0,2	6,0	7,4	1,3	0,0	15,0	300	5,0
Schilddrüse	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	900	0,8
Thymus	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	900	0,8
Uterus	0,2	6,0	0,6	0,6	0,0	7,5	300	2,5
Effektiv	0,2	6,0	6,0	10,8	0,5	23,5	300	7,8

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 des betrieblichen Strahlenschutzes durchgeführten Messungen zusammengefaßt.

Die Anzahl der jährlichen innerhalb des betreibereigenen Programms zur Umgebungsüberwachung vorgenommenen Probenahmen und Messungen blieb mit 358 gegenüber dem Vorjahr unverändert. Alle Messungen lieferten Werte im Bereich der natürlichen Umweltra dioaktivität. In einigen Fällen waren auch die langfristigen Auswirkungen früherer Kernwaf fenversuche 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 zuge lassenen Personendosen und Aktivitätswerte für beruflich strahlenexponierte Personen konnte nicht festgestellt werden.

In der Abluft des Salzbergwerkes wurden wie in den vergangenen Jahren geringe Mengen der Nuklide H 3, C 14, Pb 210 und Rn 222 einschließlich Rn 220 sowie die kurzlebigen Fol geprodukte des Radons nachgewiesen. Die aus den ermittelten Jahresabgabewerten er rechneten 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 Forschungsauf gaben im Salzbergwerk Asse zusammenhängende Strahlenexposition lieferte für die Be legenschaft und die Bevölkerung der umliegenden Ortschaften im Vergleich zur natürlichen und zivilisatorischen Strahlenbelastung einen unbedeutenden Beitrag.