

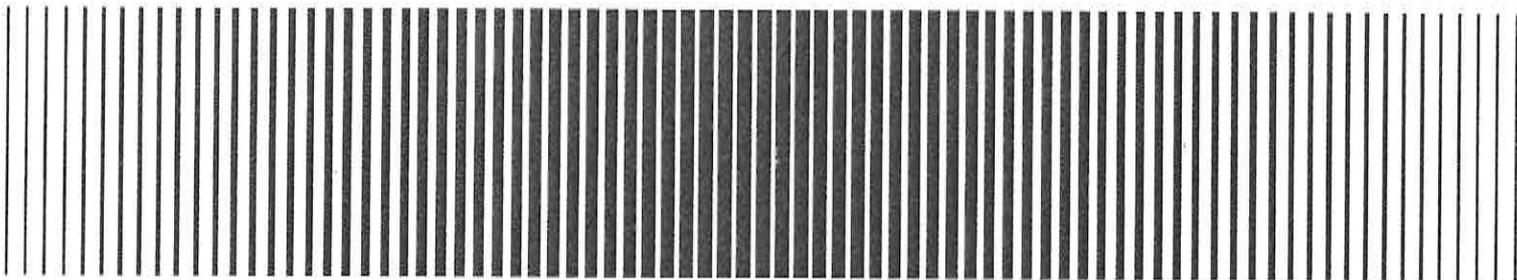
Strahlenschutz und Umgebungs- überwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

Jahresbericht 2002



Forschungsbergwerk Asse

GSF- Bericht 06/03



GSF-SUA-2002



GSF – Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit

Herausgeber:

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

Ingolstädter Landstraße 1
D-85764 Neuherberg

Telefon 089/3187 - 0
Telefax 089/3187 - 3372
Internet <http://www.gsf.de>

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

© GSF-Forschungszentrum, 2003

ISSN 0721 - 1694

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier

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

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

Jahresbericht 2002



Bundesamt für Strahlenschutz
Zentralbibliothek Salzgitter



10000447

GSF-Bericht 06/03
TL 1/03
Rev. 1

Inhaltsverzeichnis

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.....	8
2.3	Aerosolaktivität der Umgebungsluft.....	8
2.4	Grasproben.....	12
2.5	Bodenproben	12
2.6	Aktivitätsflächenbelegung des Bodens.....	16
2.7	Strahlung in der Umgebung	16
3	Betrieblicher Strahlenschutz	22
3.1	Ortsdosismessungen	22
3.2	Dosisleistungsmessungen	23
3.3	Personendosisüberwachung.....	24
3.4	Inkorporationsüberwachung.....	24
4	Emissionsüberwachung	25
4.1	Radon.....	25
4.2	Aerosolaktivität	26
4.3	Tritium.....	29
4.4	Kohlenstoff 14.....	29
4.5	Andere Radionuklide.....	30
4.6	Ergebnisse der Abluftüberwachung	31
4.7	Potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung.....	32
5	Zusammenfassung	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Probenahmestellen für Grund- und Oberflächenwasser in der Umgebung der Schachtanlage Asse	5
Abbildung 2:	Probenahmestellen für γ -Strahlung und Aerosole in der Umgebung der Schachtanlage Asse	9
Abbildung 3:	Auslegungsorte der Thermolumineszenz(TL)-Dosimeter und Lage der Entnahmestellen für Boden- und Bewuchsproben am Anlagenzaun ...	13
Abbildung 4:	Auslegungsorte der TL-Dosimeter zur Messung der Gamma-Strahlung in der Umgebung der Schachtanlage Asse	17
Abbildung 5:	Jahresortsdosis gem. Tabelle 7 in der Umgebung der Schachtanlage Asse 2001 und 2002 - Lage der Messstellen Z und U lt. Abb. 3 und Abb. 4.....	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Programm der Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse (Stand 01.01.1999)	4
Tabelle 2:	β -Aktivität von Grund- und Oberflächenwässern im Jahre 2002 (Angaben in Bq/l)	6
Tabelle 3:	Trinkwasseruntersuchungen auf den Gehalt an Pu 239, Cs 137 und Sr 90 (Angaben in mBq/l)	8
Tabelle 4:	Aktivitätskonzentration langlebiger Aerosole der Luft in der Umgebung der Schachtanlage Asse (Angaben in mBq/m ³).....	11
Tabelle 5:	Aktivitätskonzentrationen in Grasproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse in Bq/kg Trockensubstanz, Probenahmeorte vgl. Abb. 3.....	14
Tabelle 6:	Aktivitätskonzentrationen in Bodenproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse in Bq/kg Trockensubstanz, Probenahmeorte vgl. Abb. 3.....	15
Tabelle 7:	Jahresortsdosiswerte gemessen mit TL-Dosimetern in der Umgebung der Schachtanlage Asse (Angaben in mSv/a).....	19
Tabelle 8:	Dosisleistung in der Umgebung der Schachtanlage Asse (Angaben in nSv/h)	21
Tabelle 9:	Jahresortsdosiswerte gemessen mit TL-Dosimetern auf dem Gelände der Schachtanlage Asse und im Bergwerk (Angaben in mSv/a).....	23
Tabelle 10:	Gamma-Dosisleistung an einigen Betriebspunkten der Schachtanlage Asse (Angaben in nSv/h).....	24
Tabelle 11:	Aerosolaktivität in der Grubenabluft im Jahre 2002 (Angaben in mBq/m ³)	28

Tabelle 12:	Tritium und Kohlenstoff 14 in der Abluft 2002 (Angaben in Bq/m ³)	30
Tabelle 13:	Ableitung mit der Abluft und berechneter Jahresmittelwert der Konzentrationserhöhung in der Luft an der ungünstigsten Einwirkungsstelle	32
Tabelle 14:	Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Säuglinge (< 1 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert	34
Tabelle 15:	Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Kleinkinder (1 - 2 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert	35
Tabelle 16:	Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Kindergartenkinder (2 - 7 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert	36
Tabelle 17:	Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Schulkinder (7 - 12 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert	37
Tabelle 18:	Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Jugendliche (12 - 17 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert	38
Tabelle 19:	Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Erwachsene (> 17 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert	39

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.

Mit dem In-Kraft-Treten der neuen Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) im August 2001 wurden die entsprechenden EURATOM-Richtlinien in nationales Recht umgesetzt. Ein wesentlicher Schwerpunkt der Neuregelung der StrlSchV betrifft die Absenkung der Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen. Bei der Durchführung der Strahlenschutzüberwachung der Schachtanlage Asse wird die neue StrlSchV angewendet.

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, das Zentrale Radionuklidlaboratorium der Universität Regensburg 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. Im Folgenden 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) 1 Bq	= $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq (Becquerel) = 37 GBq = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ci = 27 pCi
Äquivalentdosis:	1 rem (Rem) 1 Sv	= 0,01 Sv (Sievert) = 0,01 Joule/kg = 100 rem
Aktivitätskonzentration:	1 pCi/l 1 mBq/l 1 Bq/kg	= 1 nCi/m ³ = 37 mBq/l = 1 Bq/m ³ = 27 fCi/l = 27 pCi/kg
Aktivitäts-Flächenbelegung :	1 μ Ci/cm ² 1 Bq/cm ²	= 37 kBq/cm ² = 27 pCi/cm ²
Dosisleistung:	1 μ rem/h 1 nSv/h	= 10 nSv/h = 0,1 μ rem/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 der 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, so dass der derzeitige Umfang der betreibereigenen 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 der Schachanlage Asse wird nach dem in Tabelle 1 zusammengestellten Programm durchgeführt. Der Umfang des vorgeschriebenen betreibereigenen 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 Schachtanlage Asse
(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, halbjährliche Auswertung	4	
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-tägige Auswertung	52	Gammaskopimetrische Einzelnuklidbestimmung
5. Bestimmung der Aktivität von Bodenproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammaskopimetrische Einzelnuklidbestimmung
6. Messung der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammaskopimetrische Einzelnuklidbestimmung
7. Überwachung der externen Strahlenbelastung	39	halbjährlich	8	Gesamt-Beta-Kontaminationsmonitor
	8	kontinuierliche Exposition, halbjährliche Auswertung	78	Festkörperdosimeter
	8	monatlich vier Stichproben	48	Kurzzeitmessung der Gammadosisleistung

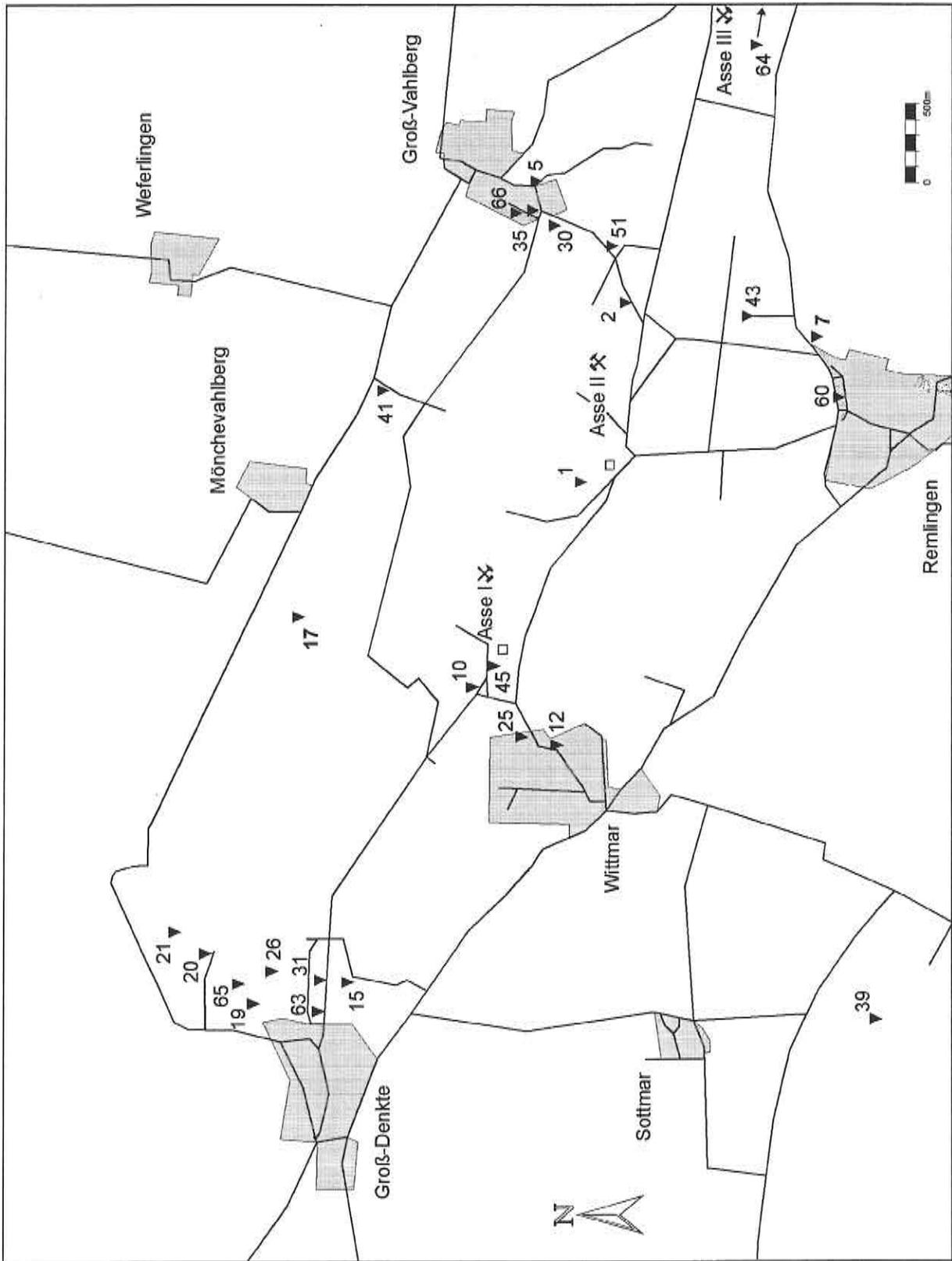


Abb. 1: Probenahmestellen für Grund- und Oberflächenwasser in der Umgebung der Schachtanlage Asse

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.

Tabelle 2: β -Aktivität von Grund- und Oberflächenwässern im Jahre 2002
(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		April		Juli		Oktober	
	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n	β_g	β_n
1 Brunnen Schachanlage Asse II	0,20	< 0,16	< 0,17		0,24	< 0,20	0,16	< 0,16
2 Obere Quellf. Gr. Vahlberg	< 0,16		< 0,16		< 0,17		< 0,16	
5 Vorfluter östlich Gr. Vahlberg	< 0,15		< 0,15		< 0,16		0,20	< 0,15
7 Bohrung östlich Remlingen	0,32	< 0,20	0,35	< 0,18	0,2	< 0,17	0,35	< 0,18
10 Wasserversorgung Schachanlage I	< 0,16		< 0,15		< 0,16		< 0,16	
12 Brunnen Wittmar	0,21	< 0,16	< 0,16		0,20	< 0,17	0,22	< 0,17
15 Quelle östlich Gr. Denkte	0,18	< 0,17	0,17	< 0,16	< 0,17		< 0,16	
17 Waldweg Dettumer Stieg	0,71	< 0,19	0,77	< 0,23	0,71	< 0,23	0,62	< 0,24

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
19 Vorfluter oberhalb Bad Gr. Denkte	0,20	< 0,17	0,22	< 0,17	< 0,17		0,19	< 0,17
20 Quelle südlich Falkenheim	0,20	< 0,16	< 0,17		< 0,17		< 0,17	
21 Quelle am Weiher Falkenheim	< 0,16		< 0,16		< 0,16		< 0,16	
25 Vorfluter nördlich Wittmar	1,52	< 0,43	1,96	0,58	1,34	< 0,43	1,39	< 0,42
26 Quelle nordöstlich Gr. Denkte	0,20	< 0,16	< 0,16		0,26	< 0,17	0,18	< 0,16
30 Drainage Park Gr. Vahlberg	0,25	< 0,16	< 0,16		< 0,16		< 0,16	
31 Vorfluter östlich Gr. Denkte	0,20	< 0,16	1,29	< 0,59	1,25	< 0,63	1,82	< 0,65
35 Vorfluter Park Gr. Vahlberg	0,17	< 0,16	< 0,16		< 0,17		< 0,17	
39 Wasserversorgung Kissenbrück	< 0,16		< 0,15		< 0,16		< 0,16	
41 Vorfluter westlich Espenberg	0,16	< 0,15	< 0,15		< 0,16		< 0,16	
43 Löffelgraben nord- östlich Remlingen	< 0,16		< 0,16		< 0,17		< 0,16	
45 Schacht Asse I	0,51	< 0,21	0,58	< 0,18	0,35	< 0,21	0,41	< 0,17
51 Überlauf Wasser- versg. Gr. Vahlberg	< 0,16		< 0,16		< 0,16		< 0,17	
60 Straßenbrunnen Remlingen	< 0,16		< 0,16		0,31	< 0,19	< 0,16	
63 Quelle nördl. Bleierweg, Gr. Denkte ^x	21,5	< 0,1	32,6	< 0,1	27,4	< 0,1	28,3	< 0,1
64 Schacht Asse III	1,33	< 0,46	1,16	< 0,45	1,34	< 0,41	1,21	< 0,36
65 Überlauf Wasserversorg. Gr. Denkte	< 0,16		< 0,16		< 0,17		< 0,17	
66 Quelle Feldscheune Gut Münchhausen	< 0,16		< 0,19		-		< 0,16	

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 Zentralen Radionuklidlaboratorium der Universität Regensburg 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 3: Trinkwasseruntersuchungen auf den Gehalt an Pu 239, Cs 137 und Sr 90
(Angaben in mBq/l)

Trinkwasserver- sorgung ^x	Radio- nuklid	Nov. 2000 - April 2001	Mai 2001 - Okt 2001	Nov. 2001 - April 2002	Mai 2002 - Okt. 2002
Kissenbrück Nr. 39	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	< 2,0	2,4	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
Gr. Vahlberg Überlauf Nr. 51	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	< 1,9	2,0	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	< 1,9	2,1

2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft

Die Überwachung der bodennahen Luft in der Umgebung der Schachanlage Asse 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.

^x) Die Nummer entspricht der jeweiligen Messstelle der Tabelle 2

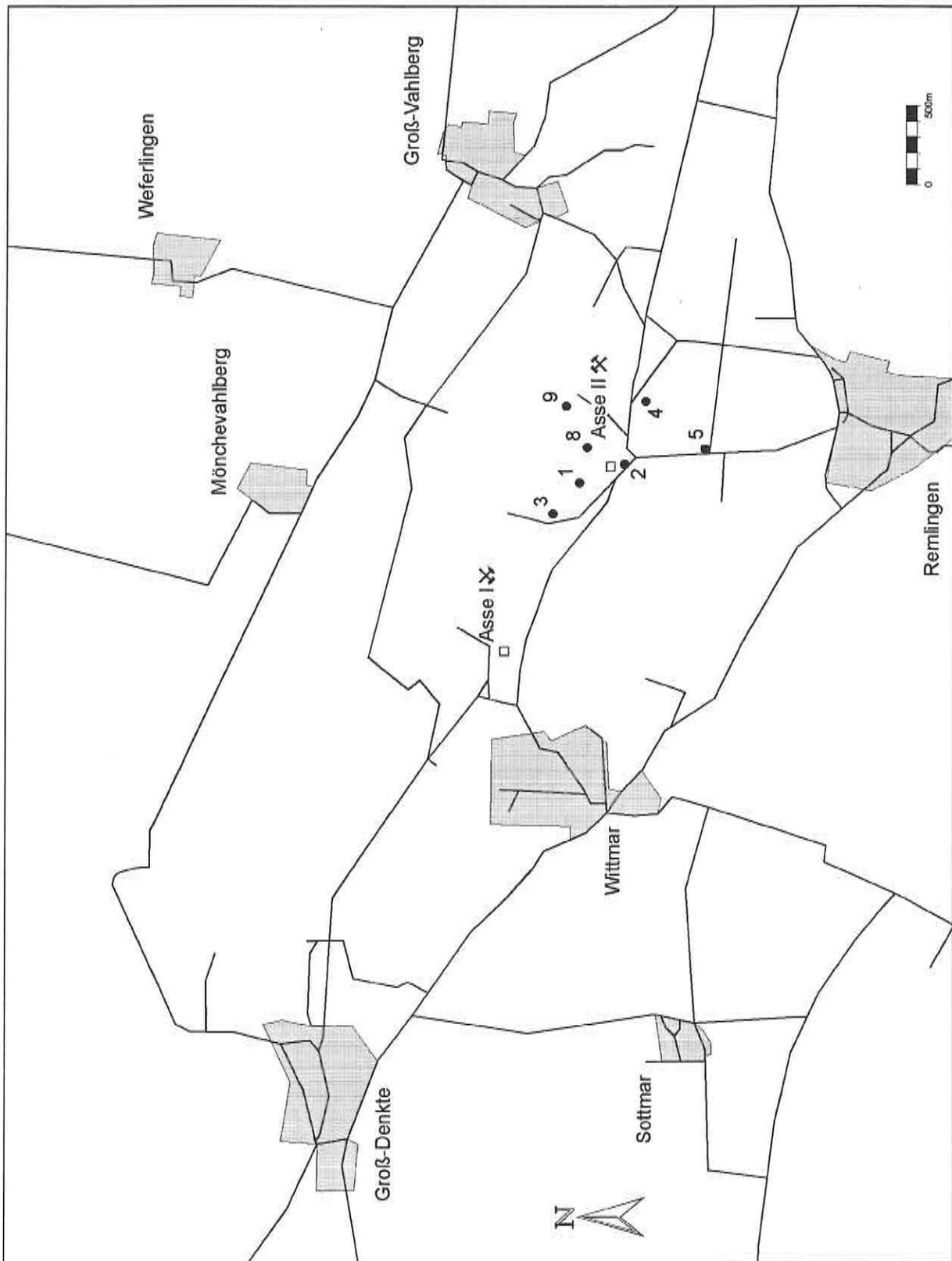


Abb. 2: Probenahmestellen für γ -Strahlung und Aerosole in der Umgebung der Schachtanlage Asse

Bei der Gesamt-Aktivitätskonzentration der kurzlebigen radioaktiven Aerosole lagen die Werte zwischen 4 und 42 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 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 Schachanlage Asse (Angaben in mBq/m³)

Sammelzeitraum 2002	Referenzstelle		Anlagenzaun	
	Be 7	Pb-210	Be 7	Pb-210
28.12.01 - 11.01.	1,41	0,24	1,54	0,27
11.01. - 25.01.	1,60	0,35	1,66	0,37
25.01. - 08.02.	2,40	0,24	2,68	0,24
08.02. - 22.02.	1,70	0,12	1,97	0,18
22.02. - 08.03.	1,80	0,11	1,84	0,12
08.03. - 22.03.	2,27	0,29	2,43	0,30
22.03. - 05.04.	4,44	0,52	3,90	0,49
05.04. - 19.04.	2,65	0,48	2,85	0,52
19.04. - 06.05.	2,25	0,20	2,74	0,23
06.05. - 17.05.	2,68	0,45	2,76	0,46
17.05. - 31.05.	2,35	0,23	2,76	0,25
31.05. - 14.06.	2,40	0,27	2,33	0,26
14.06. - 28.06.	2,76	0,25	3,16	0,29
28.06. - 12.07.	2,47	0,23	2,65	0,23
12.07. - 26.07.	2,55	0,19	2,60	0,20
26.07. - 09.08.	3,27	0,41	3,20	0,41
09.08. - 23.08.	2,67	0,47	3,11	0,46
23.08. - 09.09.	3,08	0,52	3,69	0,65
09.09. - 20.09.	2,41	0,37	2,77	0,37
20.09. - 07.10.	2,22	0,29	2,23	0,33
07.10. - 18.10.	1,31	0,25	1,47	0,29
18.10. - 01.11.	1,96	0,16	1,94	0,17
01.11. - 15.11.	1,50	0,24	1,73	0,22
15.11. - 29.11.	1,24	0,35	1,20	0,36
29.11. - 13.12.	1,78	0,58	1,95	0,66
13.12. - 27.12.	1,78	0,64	1,67	0,61

2.4 Grasproben

In der näheren Umgebung der Schachtanlage 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 gamma-spektrometrisch 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 Schachtanlage 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 gamma-spektrometrisch ausgemessen.

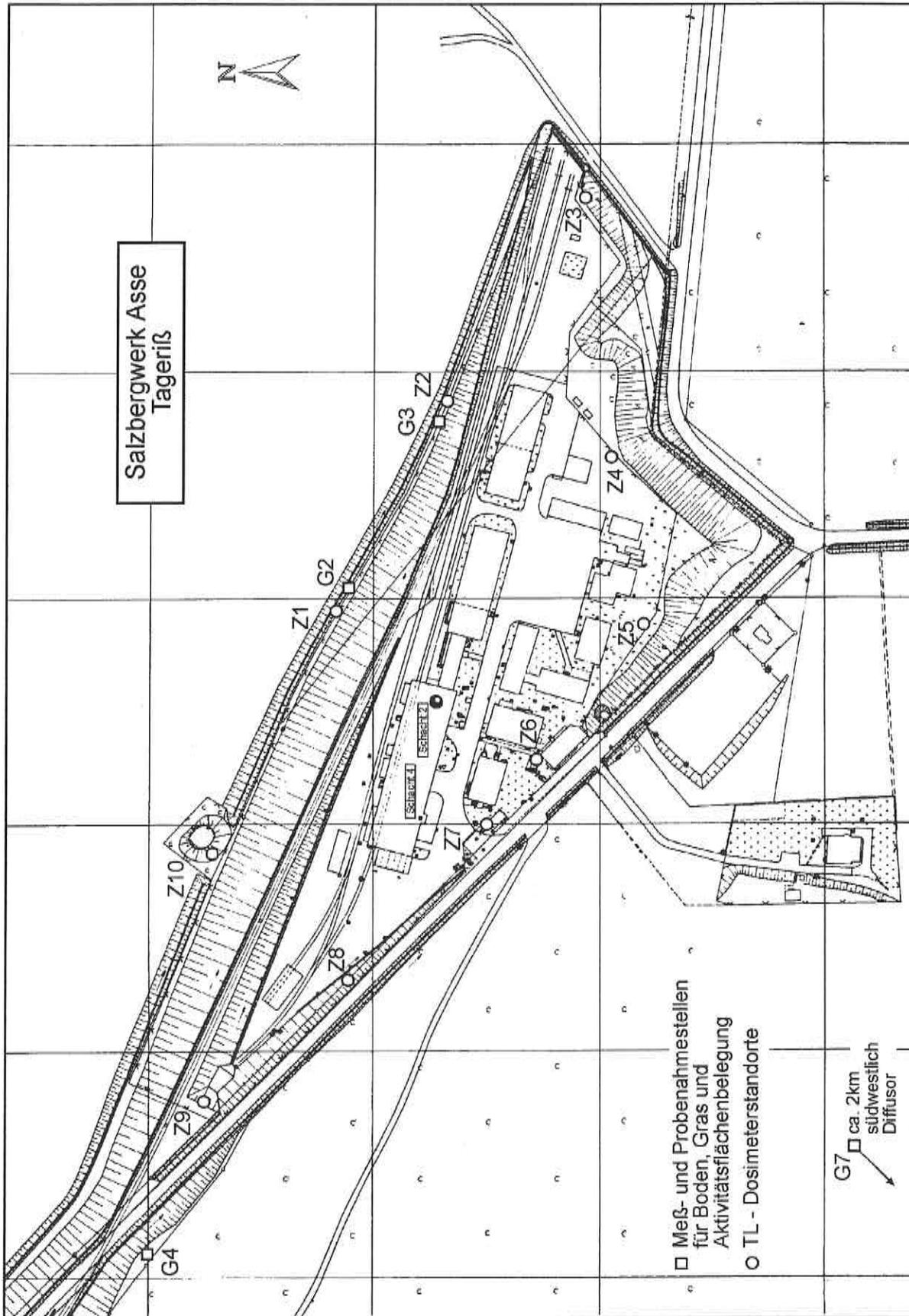


Abb. 3: Auslegungsorte der Thermolumineszenz(TL)-Dosimeter und Lage der Entnahmestellen für Boden- und Bewuchsproben am Anlagenzaun

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

Probenahmeort	Nuklid	13.06.01	17.09.01	10.06.02	12.09.02
G2	Be 7	105	209	148	157
	K 40	555	394	722	744
	Pb 210	19	60	36	45
	Pb 212	1,9	10	3,9	3,3
	Pb 214	1,5	7,8	2,9	2,7
	Cs 137	1,1	5,1	1,4	1,2
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,4
	G3	Be 7	104	212	138
K 40		593	402	691	695
Pb 210		18	49	29	44
Pb 212		2,5	10	1,4	5,1
Pb 214		1,7	7	1,3	5,3
Cs 137		0,9	3,5	0,8	1,6
Cs 134		< 0,3	< 0,3	< 0,4	< 0,3
G4		Be 7	139	94	118
	K 40	559	465	605	505
	Pb 210	44	81	56	43
	Pb 212	2,8	30	5,6	2,3
	Pb 214	1,9	25	7,5	1,9
	Cs 137	5,2	28	9,9	1,6
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,4	< 0,4
	G7	Be 7	74	216	93
K 40		639	387	714	664
Pb 210		7	47	14	56
Pb 212		0,5	9,6	0,6	2,4
Pb 214		< 0,7	7,0	< 0,8	2,7
Cs 137		< 0,4	3,6	< 0,5	0,6
Cs 134		< 0,3	< 0,3	< 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	13.06.01	17.09.01	10.06.02	12.09.02
G2	K 40	682	578	657	682
	Pb 210	37	33	28	40
	Pb 212	47	42	46	47
	Pb 214	36	31	32	35
	Cs 137	23	19	15	22
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G3	K 40	713	694	640	701
	Pb 210	40	34	34	41
	Pb 212	50	47	43	47
	Pb 214	37	34	32	36
	Cs 137	21	19	23	20
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G4	K 40	657	660	698	661
	Pb 210	43	48	41	62
	Pb 212	52	56	53	55
	Pb 214	42	45	39	43
	Cs 137	18	28	25	40
	Cs 134	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
G7	K 40	501	503	494	523
	Pb 210	40	33	38	38
	Pb 212	31	30	31	31
	Pb 214	27	24	24	24
	Cs 137	28	23	25	20
	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 Schachanlage Asse ist auch hier nicht zu erkennen.

2.7 Strahlung in der Umgebung

Die akkumulierte Gamma-Strahlenexposition in der Umgebung der Schachanlage 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 auf Grund 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 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.

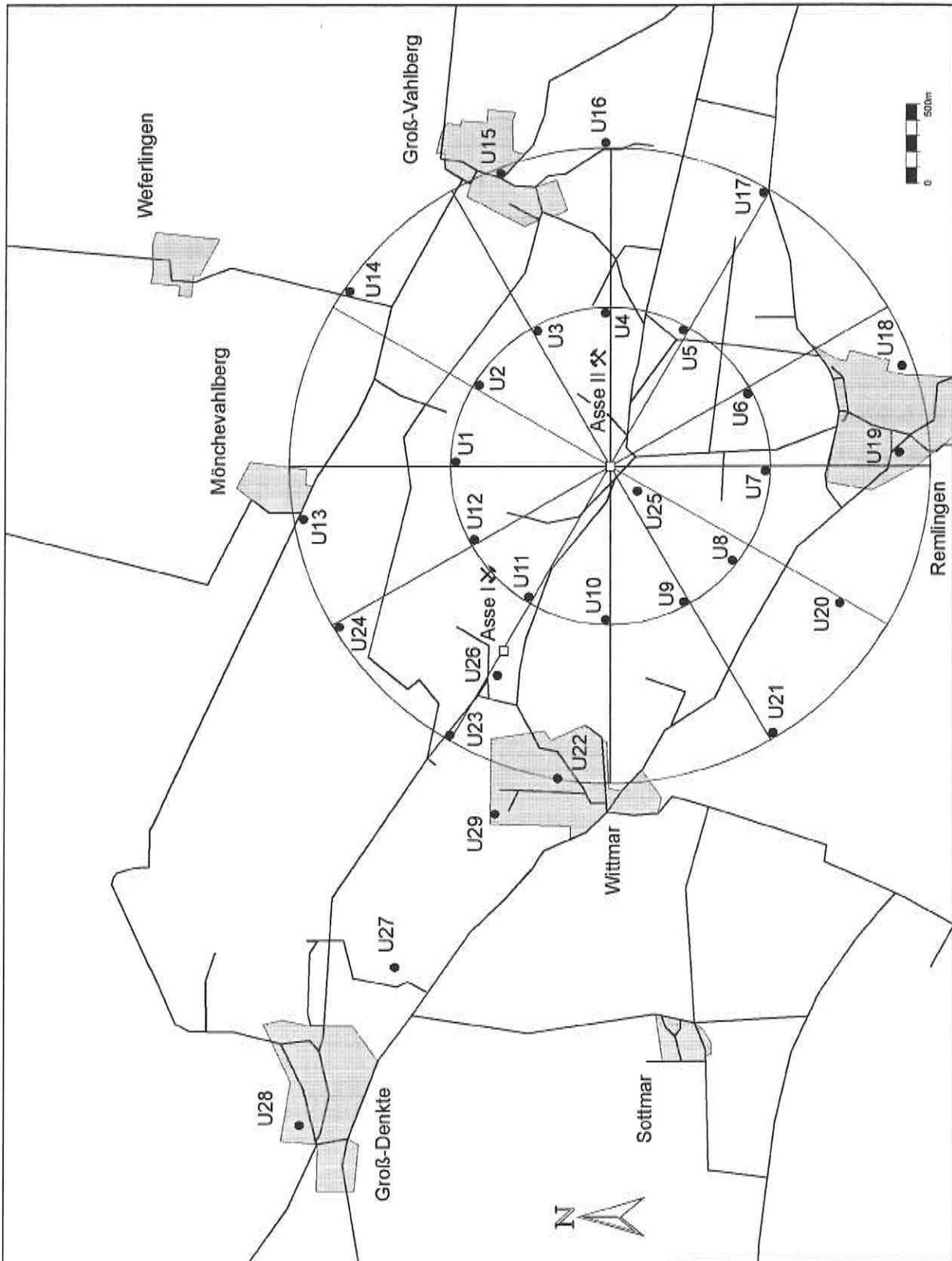


Abb. 4: Auslegungsorte der TL-Dosimeter zur Messung der Gamma-Strahlung in der Umgebung der Schachthanlage Asse

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 mindestens 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 TL-Dosimetern in der Umgebung der Schachanlage Asse (Angaben in mSv/a)

Messstelle	2001	2002	Messstelle	2001	2002
U 1	0,74	0,66	U 21	0,68	0,65
U 2	0,71	0,61	U 22	0,71	0,72
U 3	0,67	0,54	U 23	0,70	0,62
U 4	0,65	0,57	U 24	0,64	0,57
U 5	0,51	0,46	U 25	0,70	0,63
U 6	0,71	0,57	U 26	0,68	0,55
U 7	0,72	0,65	U 27	0,74	0,68
U 8	0,66	0,54	U 28	0,73	0,63
U 9	0,61	0,62	U 29	0,72	0,62
U 10	0,71	0,58			
U 11	0,71	0,59	Z 1	0,86	0,77
U 12	0,61	0,51	Z 2	0,79	0,72
U 13	0,66	0,53	Z 3	0,77	0,68
U 14	0,67	0,63	Z 4	0,75	0,66
U 15	0,54	0,49	Z 5	0,79	0,69
U 16	0,69	0,57	Z 6	0,69	0,65
U 17	0,72	0,62	Z 7	0,62	0,59
U 18	0,66	0,61	Z 8	0,84	0,75
U 19	0,71	0,67	Z 9	0,92	0,84
U 20	0,69	0,61	Z 10	0,84	0,76

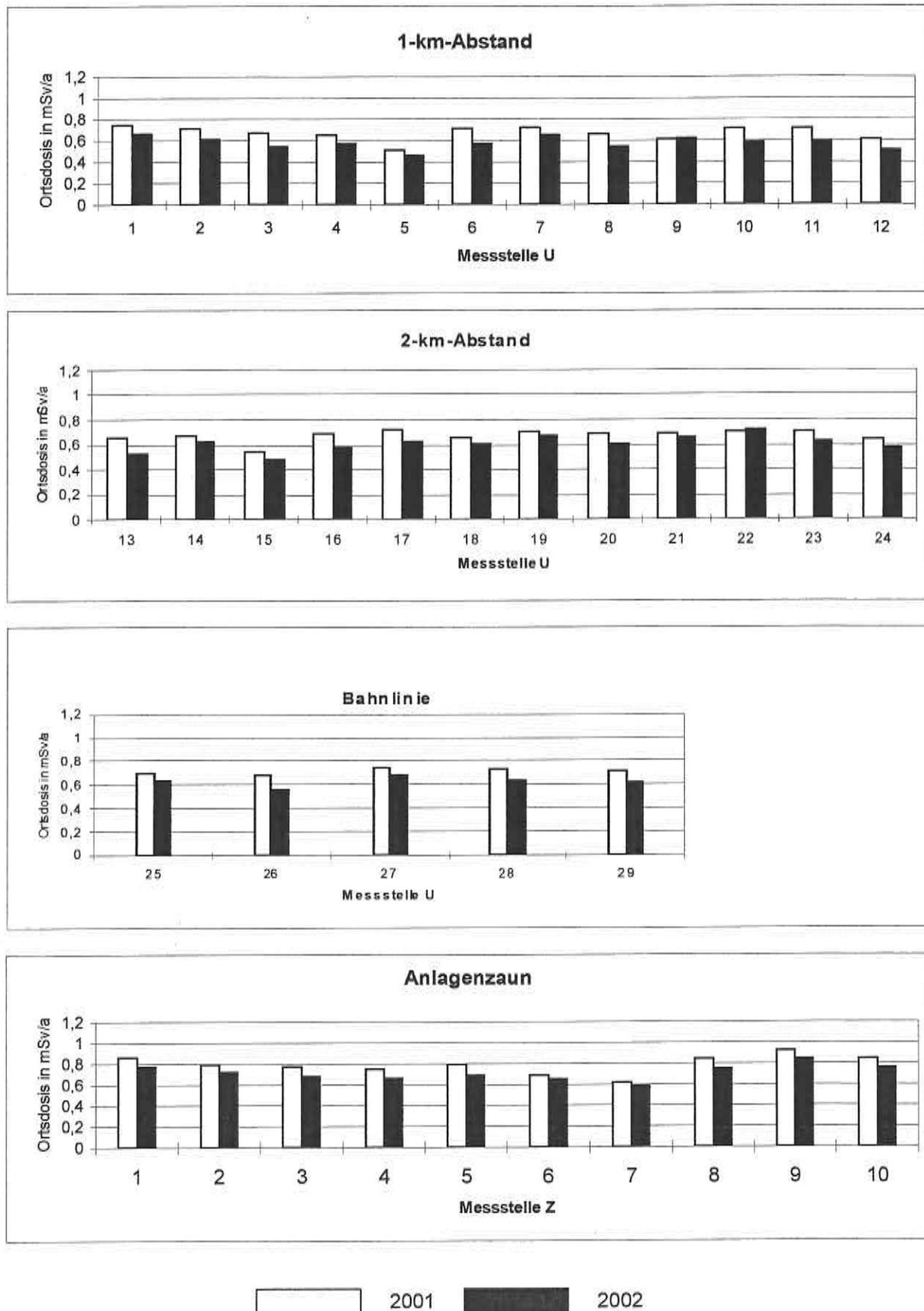


Abb. 5: Jahresortsdosis gem. Tabelle 7 in der Umgebung der Schachanlage Asse 2001 und 2002 - Lage der Messstellen Z und U vgl. Abb. 3 und Abb. 4

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

Datum	Messort Nr.							
	1	2	3	4	5	7	8	9
09.01.02	60		60	60		70	60	
18.02.02		60			70	60		60
18.03.02	60		60	60		70	70	
08.04.02		70			60	70		60
22.05.02	70		60	70		90	80	
20.06.02 ^x		-			-	-		-
23.07.02	60		60	70		60	70	
26.08.02		60			60	70		60
17.09.02	80		60	70		80	70	
10.10.02		70			60	90		60
20.11.02	60		60	50		70	60	
09.12.02		60			60	70		50

^x) Datenausfall aus technischen Gründen

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 der 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 GSF auf der 775-m-Sohle).

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

Messstelle	2001	2002
Strahlenschutz-Labor	1,07	0,92
In der Schachthalle am Anschlag	0,60	0,51
In der Schachthalle südlich	0,65	0,60
In der Schachthalle über der Umladezelle	0,63	0,55
Büro Betriebsleiter	1,12	0,96
Diffusor innen	0,64	0,58
Diffusor außen	0,85	0,77
490-m-Sohle, Füllort	0,09	0,06
490-m-Sohle, Steuerpult Beschickungskammer	0,09	0,07
750-m-Sohle, Füllort	0,15	0,12
775-m-Sohle, GSF-Low-Level-Messplatz	0,03	0,02
800-m-Sohle, MAW-Versuchsfeld	0,32	0,30
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, südliche Kammer	0,26	0,21
800-m-Sohle, HAW-Versuchsfeld, nördliche Kammer	0,26	0,26

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.

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.

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

Betriebspunkt		2001	2002
Laborraum über Tage		110	110
490-m-Sohle,	Steuerpult der Beschickungskammer 8a für mittelradioaktive Abfälle	11	11
725-m-Sohle,	Ka. 7, ca. 1 m über den salz- bedeckten schwachradioaktiven Abfällen	33	30
750-m-Sohle,	Füllort	20	20
750-m-Sohle,	Kammer 5, ca. 11 m von den schwach- radioaktiven Abfällen entfernt	663	540
750-m-Sohle,	vor der verschlossenen Lagerkammer 4	139	178
800-m-Sohle,	Füllort	12	12
800-m-Sohle,	HAW-Versuchsfeld, nördliche Kammer	30	30
800-m-Sohle,	HAW-Versuchsfeld, südliche Kammer	31	31
800-m-Sohle,	MAW-Versuchsfeld	33	33
925-m-Sohle,	Füllort	< 5	< 5
925-m-Sohle,	PTB-Messplatz	< 5	< 5

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 68 Personen überwacht und 786 Dosimeter ausgewertet. Eine Überschreitung der Grenzwerte der Personendosis wurde nicht festgestellt.

3.4 Inkorporationsüberwachung

Das gesamte unter Tage beschäftigte Personal (66 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. 4 % zur Gesamtabluft beitragen, wurde dieser Anteil bei der Abgabenbilanzierung 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 58 Bq/m^3 und 95 Bq/m^3 und betrug durchschnittlich 71 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 5 bis 30 Bq/m^3 angegeben werden (vgl. „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2001“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).

Das Edelgas Radon 222 mit einer Halbwertszeit (HWZ) von 3,8 Tagen zerfällt über seine kurzlebigen Töchter (mittlere HWZ ca. 35 Minuten) in das längerlebige Blei 210 (HWZ ca. 22 Jahre). Diese beim Zerfall von Radon-Atomen gebildeten Tochternuklide lagern sich relativ schnell an Teilchen der Grubenluft (Aerosole) an. Diese Partikel werden entweder mit dem ausziehenden Wetterstrom abtransportiert oder an den Grubenwänden abgeschieden.

In Folge der Bewetterung und der Wandabscheidung kann sich in der Grubenluft kein radioaktives Gleichgewicht zwischen dem Edelgas Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten einstellen. Die Abweichung vom radioaktiven Gleichgewicht wird charakterisiert durch den Gleichgewichtsfaktor und ist definiert als das Verhältnis der gleichgewichtsäquivalenten Konzentration der kurzlebigen Zerfallsprodukte zur Radonkonzentration (Gas) in der Grubenluft.

Für die Schachanlage Asse kann aus den langjährigen Radonmessungen ein Gleichgewichtsfaktor von 0,5 abgeleitet werden. Mit Hilfe dieses Faktors lässt sich aus den gemessenen Radonkonzentrationen (Gas) die Aktivitätskonzentration der kurzlebigen Radonzerfallsprodukte berechnen.

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 Grubenablufte im Diffusor lag zwischen 73 Bq/m^3 und 505 Bq/m^3 und betrug durchschnittlich 168 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 Einzelnuklide untersucht. Dabei werden in der Regel 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 rauen 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 $1,0 \text{ mBq/m}^3$. Dieser Wert liegt in einer Größenordnung, wie er auf Grund der kurzlebigen Folgeprodukte des Radons zu erwarten ist. Zum Vergleich betrug der Jahresmittelwert der natürlichen Pb-210-Konzentration in der Luft der Umgebung der Schachtanlage 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 2002
(Angaben in mBq/m³)

Sammelzeitraum 2002	Schacht 2		Schacht 4	
	Be 7	Pb-210	Be 7	Pb-210
28.12.01 - 11.01.	0,92	1,03	1,08	0,30
11.01. - 25.01.	1,05	1,04	1,02	0,35
25.01. - 08.02.	1,20	0,80	1,47	0,38
08.02. - 22.02.	1,03	0,96	1,12	0,45
22.02. - 08.03.	1,04	0,68	1,03	0,31
08.03. - 22.03.	1,38	1,00	1,53	0,44
22.03. - 05.04.	2,32	1,09	2,60	0,55
05.04. - 19.04.	1,52	0,88	1,79	0,44
19.04. - 06.05.	1,31	0,68	1,64	0,42
06.05. - 17.05.	1,24	1,36	1,74	0,70
17.05. - 31.05.	1,11	1,05	1,84	0,55
31.05. -14.06.	1,12	1,03	1,76	0,46
14.06. - 28.06.	1,66	0,84	2,11	0,40
28.06. - 12.07.	1,24	0,88	1,64	0,48
12.07. - 26.07.	1,31	0,72	1,76	0,42
26.07. - 09.08.	1,53	1,20	2,22	0,38
09.08. - 23.08.	1,48	0,71	2,10	0,51
23.08. - 09.09.	2,03	0,43	2,49	0,45
09.09. - 20.09.	1,58	1,07	1,89	0,94
20.09. - 07.10.	1,25	2,66	1,70	0,47
07.10. - 18.10.	0,85	0,82	0,93	0,37
18.10. - 01.11.	1,10	0,73	1,31	0,44
01.11. - 15.11.	0,99	0,84	1,17	0,36
15.11. - 29.11.	0,87	1,13	1,00	0,58
29.11. - 13.12.	1,13	0,91	1,32	0,62
13.12. - 27.12.	1,08	1,08	1,24	0,73

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 Tabelle 12 aufgeführt sind, lässt sich ein Jahresmittelwert von 38 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 32 und 77 Bq/m³ bei einem Mittelwert von 58 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 2002 (Angaben in Bq/m³)

Sammelzeitraum	Tritium als HTO	C 14 gesamt
Januar	34	0,54
Februar	34	0,56
März	34	0,58
April	40	0,67
Mai	48	0,80
Juni	37	0,69
Juli	38	0,89
August	35	1,00
September	45	1,11
Oktober	40	1,22
November	36	0,93
Dezember	36	0,97

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, 1996 und 2000 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 Zentralen Radionuklidlaboratorium der Universität Regensburg 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.

Da sich mit dem Inkrafttreten der neuen Strahlenschutzverordnung auch die Berechnungsgrundlage der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV änderte, wurde mit Zustimmung der Behörden die Ausbreitungssituation auf der Schachtanlage Asse mittels einer Studie neu bewertet. Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der Abluftmengen lässt sich aus den Ergebnissen der Studie für die ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung (nordöstlich des Diffusors am Zaun der Anlage) ein Langzeitausbreitungsfaktor von $4,6 \cdot 10^{-5} \text{ s/m}^3$ für luftgetragene Aktivitätsabgaben ableiten.

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 Konzentrations-
erhöhung in der Luft an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Nuklid	Abgabe 2001 GBq	Abgabe 2002 GBq	Mittlere Jahreskonzentra- tionserhöhung in der Luft Bq/m ³
H3	$5,4 \cdot 10^1$	$4,6 \cdot 10^1$	$6,7 \cdot 10^{-2}$
C 14	$0,7 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^0$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Pb 210	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
Rn 222 - Gas	$8,8 \cdot 10^1$	$8,9 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^{-1}$
Rn 222 - Fp ^x	$5,0 \cdot 10^1$	$4,5 \cdot 10^1$	$6,6 \cdot 10^{-2}$

4.7 Potenzielle 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.

Im Rahmen der Neufassung der Strahlenschutzverordnung wurde, wie bereits erwähnt, die Vorschrift zur Berechnung der Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe präzisiert und erweitert. Damit wurde die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung“ (AVV) durch die Novelle der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung“ ersetzt. Abweichend von der bisher gültigen AVV werden künftig nicht nur Erwachsene und Kleinkinder bei den Dosisermittlungen berücksichtigt, sondern noch vier weitere Altersgruppen, die in der derzeit gültigen Vorschrift genannt sind. Zur Ermittlung der Strahlenexposition sind die Dosiskoeffizienten aus dem Bundesanzeiger Nr. 160 a/b vom 28. August 2001 in der bekanntgegebenen Zusammenstellung zu verwenden. Da hier keine Dosiskoeffizienten für Radon enthalten sind, wurden diese aus den in der EURATOM-Richtlinie 96/29 für Radon festgelegten Konversionsfaktoren übernommen.

^x) Rn 222 im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten

Bei der Berechnung der Strahlenexposition wurden die Expositionspfade für Inhalation, Ingestion, Gammasubmersion, Betasubmersion und Gamma-Bodenstrahlung berücksichtigt. Die Höhe der potenziellen Expositionen durch Gammasubmersion, Betasubmersion und Gamma-Bodenstrahlung ist sehr gering und kann gegenüber den Beiträgen der inneren Strahlenexposition (Inhalation und Ingestion) vernachlässigt werden.

In den Tabellen 14 bis 19 sind für die zu betrachtenden Altersgruppen 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 § 47 der Strahlenschutzverordnung erreicht wurden. Auch bei den konservativen Annahmen bezüglich der Lebens- und Ernährungsgewohnheiten ergibt sich für die zugehörige Altersgruppe „Säuglinge“ eine maximale effektive Jahresdosis von 11 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: Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Säuglinge (< 1 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

Nuklide	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222 /	Summe	Grenz-	%-Anteil v.
Organe				FP		wert	Grenzwert
ET Luftwege	3,0E-1	1,6E+0	1,7E+0		3,6E+0	900	0,4
Lunge	3,0E-1	1,6E+0	1,7E+0		3,6E+0	900	0,4
Blase	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Brust	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Gehirn	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Haut	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	1800	0,2
Hoden	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	300	1,1
Knochenoberfläche	3,0E-1	1,6E+0	6,1E+1		6,3E+1	1800	3,5
Leber	3,0E-1	1,6E+0	2,6E+1		2,8E+1	900	3,1
Speiseröhre	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Magen	5,1E-1	2,4E+0	1,4E+0		4,3E+0	900	0,5
Dünndarm	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Oberer Dickdarm	3,2E-1	1,7E+0	1,5E+0		3,5E+0	900	0,4
Unterer Dickdarm	3,8E-1	1,9E+0	1,6E+0		3,9E+0	900	0,4
Dickdarm	3,5E-1	1,8E+0	1,5E+0		3,7E+0	900	0,4
Milz	3,0E-1	1,6E+0	4,8E+1		5,0E+1	900	5,6
Muskel	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Nebennieren	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Nieren	3,0E-1	1,6E+0	4,4E+1		4,6E+1	900	5,1
Ovarien	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	300	1,1
Pancreas	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Rotes Knochenmark	3,0E-1	1,6E+0	2,2E+1		2,4E+1	300	8,0
Schilddrüse	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Thymus	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	900	0,4
Uterus	3,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,3E+0	300	1,1
effektiv	3,2E-1	1,7E+0	5,8E+0	3,5E+0	1,1E+1	300	3,8

Tabelle 15: Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Kleinkinder (1 - 2 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

Nuklide Organe	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222 / FP	Summe	Grenz- wert	%-Anteil v. Grenzwert
ET Luftwege	2,4E-1	1,8E+0	1,4E+0		3,5E+0	900	0,4
Lunge	2,4E-1	1,8E+0	1,5E+0		3,6E+0	900	0,4
Blase	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Brust	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Gehirn	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Haut	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	1800	0,2
Hoden	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	300	1,0
Knochenoberfläche	2,4E-1	1,8E+0	4,1E+1		4,3E+1	1800	2,4
Leber	2,4E-1	1,8E+0	1,8E+1		2,0E+1	900	2,3
Speiseröhre	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Magen	3,4E-1	2,3E+0	1,0E+0		3,6E+0	900	0,4
Dünndarm	2,4E-1	1,9E+0	1,0E+0		3,2E+0	900	0,4
Oberer Dickdarm	2,6E-1	1,9E+0	1,1E+0		3,2E+0	900	0,4
Unterer Dickdarm	2,8E-1	2,0E+0	1,1E+0		3,4E+0	900	0,4
Dickdarm	2,6E-1	2,0E+0	1,1E+0		3,4E+0	900	0,4
Milz	2,4E-1	1,8E+0	3,3E+1		3,5E+1	900	3,9
Muskel	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Nebennieren	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Nieren	2,4E-1	1,8E+0	3,1E+1		3,3E+1	900	3,7
Ovarien	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	300	1,0
Pankreas	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Rotes Knochenmark	2,4E-1	1,8E+0	1,5E+1		1,7E+1	300	5,7
Schilddrüse	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Thymus	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	900	0,3
Uterus	2,4E-1	1,8E+0	1,0E+0		3,1E+0	300	1,0
effektiv	2,6E-1	1,9E+0	3,9E+0	3,5E+0	9,6E+0	300	3,2

Tabelle 16: Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Kindergartenkinder (2 - 7 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

Nuklide	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222 /	Summe	Grenz-	%-Anteil v.
Organe				FP		wert	Grenzwert
ET Luftwege	2,0E-1	1,6E+0	1,2E+0		3,1E+0	900	0,3
Lunge	2,0E-1	1,6E+0	1,4E+0		3,2E+0	900	0,4
Blase	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Brust	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Gehirn	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Haut	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	1800	0,1
Hoden	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	300	0,9
Knochenoberfläche	2,0E-1	1,6E+0	5,3E+1		5,5E+1	1800	3,1
Leber	2,0E-1	1,6E+0	1,6E+1		1,8E+1	900	2,0
Speiseröhre	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Magen	2,6E-1	2,1E+0	8,6E-1		3,2E+0	900	0,4
Dünndarm	2,0E-1	1,7E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Oberer Dickdarm	2,1E-1	1,7E+0	8,9E-1		2,8E+0	900	0,3
Unterer Dickdarm	2,3E-1	1,9E+0	9,5E-1		3,0E+0	900	0,3
Dickdarm	2,1E-1	1,7E+0	9,2E-1		2,8E+0	900	0,3
Milz	2,0E-1	1,6E+0	3,0E+1		3,2E+1	900	3,5
Muskel	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Nebennieren	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Nieren	2,0E-1	1,6E+0	2,8E+1		3,0E+1	900	3,3
Ovarien	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	300	0,9
Pankreas	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Rotes Knochenmark	2,0E-1	1,6E+0	1,3E+1		1,5E+1	300	4,9
Schilddrüse	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Thymus	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	900	0,3
Uterus	2,0E-1	1,6E+0	8,6E-1		2,7E+0	300	0,9
effektiv	2,1E-1	1,7E+0	3,7E+0	3,5E+0	9,1E+0	300	3,0

Tabelle 17: Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Schulkinder (7 - 12 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

Nuklide	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222 /	Summe	Grenz-	%-Anteil v.
Organe				FP		wert	Grenzwert
ET Luftwege	1,8E-1	1,5E+0	1,2E+0		2,9E+0	900	0,3
Lunge	1,8E-1	1,5E+0	1,3E+0		3,0E+0	900	0,3
Blase	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Brust	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Gehirn	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Haut	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	1800	0,1
Hoden	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	300	0,8
Knochenoberfläche	1,8E-1	1,5E+0	8,3E+1		8,5E+1	1800	4,7
Leber	1,8E-1	1,5E+0	1,6E+1		1,8E+1	900	1,9
Speiseröhre	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Magen	2,2E-1	1,7E+0	7,2E-1		2,7E+0	900	0,3
Dünndarm	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Oberer Dickdarm	1,8E-1	1,6E+0	7,4E-1		2,5E+0	900	0,3
Unterer Dickdarm	2,0E-1	1,6E+0	7,7E-1		2,6E+0	900	0,3
Dickdarm	1,9E-1	1,6E+0	7,6E-1		2,5E+0	900	0,3
Milz	1,8E-1	1,5E+0	2,6E+1		2,8E+1	900	3,1
Muskel	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Nebennieren	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Nieren	1,8E-1	1,5E+0	2,8E+1		3,0E+1	900	3,3
Ovarien	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	300	0,8
Pankreas	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Rotes Knochenmark	1,8E-1	1,5E+0	1,2E+1		1,4E+1	300	4,6
Schilddrüse	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Thymus	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	900	0,3
Uterus	1,8E-1	1,5E+0	7,2E-1		2,4E+0	300	0,8
effektiv	1,8E-1	1,6E+0	3,7E+0	3,5E+0	8,9E+0	300	3,0

Tabelle 18: Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Jugendliche (12 - 17 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

Nuklide Organe	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222 / FP	Summe	Grenz- wert	%-Anteil v. Grenzwert
ET Luftwege	1,4E-1	1,1E+0	9,0E-1		2,2E+0	900	0,2
Lunge	1,4E-1	1,1E+0	1,1E+0		2,4E+0	900	0,3
Blase	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Brust	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Gehirn	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Haut	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	1800	0,1
Hoden	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	300	0,6
Knochenoberfläche	1,4E-1	1,1E+0	1,3E+2		1,3E+2	1800	7,4
Leber	1,4E-1	1,1E+0	1,2E+1		1,3E+1	900	1,5
Speiseröhre	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Magen	1,7E-1	1,3E+0	5,3E-1		2,0E+0	900	0,2
Dünndarm	1,4E-1	1,2E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Oberer Dickdarm	1,4E-1	1,2E+0	5,5E-1		1,9E+0	900	0,2
Unterer Dickdarm	1,5E-1	1,2E+0	5,7E-1		1,9E+0	900	0,2
Dickdarm	1,5E-1	1,2E+0	5,5E-1		1,9E+0	900	0,2
Milz	1,4E-1	1,1E+0	2,0E+1		2,1E+1	900	2,3
Muskel	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Nebennieren	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Nieren	1,4E-1	1,1E+0	2,3E+1		2,5E+1	900	2,7
Ovarien	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	300	0,6
Pankreas	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Rotes Knochenmark	1,4E-1	1,1E+0	1,1E+1		1,3E+1	300	4,3
Schilddrüse	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Thymus	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	900	0,2
Uterus	1,4E-1	1,1E+0	5,3E-1		1,8E+0	300	0,6
effektiv	1,4E-1	1,2E+0	3,8E+0	3,5E+0	8,6E+0	300	2,9

Tabelle 19: Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2002 für Erwachsene (> 17 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

Nuklide	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222 /	Summe	Grenz-	%-Anteil v.
Organe				FP		wert	Grenzwert
ET Luftwege	1,3E-1	1,1E+0	5,8E-1		1,8E+0	900	0,2
Lunge	1,3E-1	1,1E+0	8,2E-1		2,0E+0	900	0,2
Blase	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Brust	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Gehirn	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Haut	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	1800	0,1
Hoden	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	300	0,5
Knochenoberfläche	1,3E-1	1,1E+0	4,2E+1		4,3E+1	1800	2,4
Leber	1,3E-1	1,1E+0	3,4E+0		4,6E+0	900	0,5
Speiseröhre	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Magen	1,4E-1	1,2E+0	1,6E-1		1,5E+0	900	0,2
Dünndarm	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Oberer Dickdarm	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Unterer Dickdarm	1,4E-1	1,1E+0	1,8E-1		1,5E+0	900	0,2
Dickdarm	1,3E-1	1,1E+0	1,7E-1		1,4E+0	900	0,2
Milz	1,3E-1	1,1E+0	5,1E+0		6,3E+0	900	0,7
Muskel	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Nebennieren	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Nieren	1,3E-1	1,1E+0	6,7E+0		7,9E+0	900	0,9
Ovarien	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	300	0,5
Pankreas	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Rotes Knochenmark	1,3E-1	1,1E+0	4,5E+0		5,7E+0	300	1,9
Schilddrüse	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Thymus	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	900	0,2
Uterus	1,3E-1	1,1E+0	1,6E-1		1,4E+0	300	0,5
effektiv	1,3E-1	1,1E+0	1,3E+0	3,5E+0	6,0E+0	300	2,0

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 Umweltradioaktivität. 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 Mengen der Nuklide H 3, C 14, Pb 210 und Rn 222 einschließlich Rn 220 sowie die kurzlebigen Folgeprodukte des Radons 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.