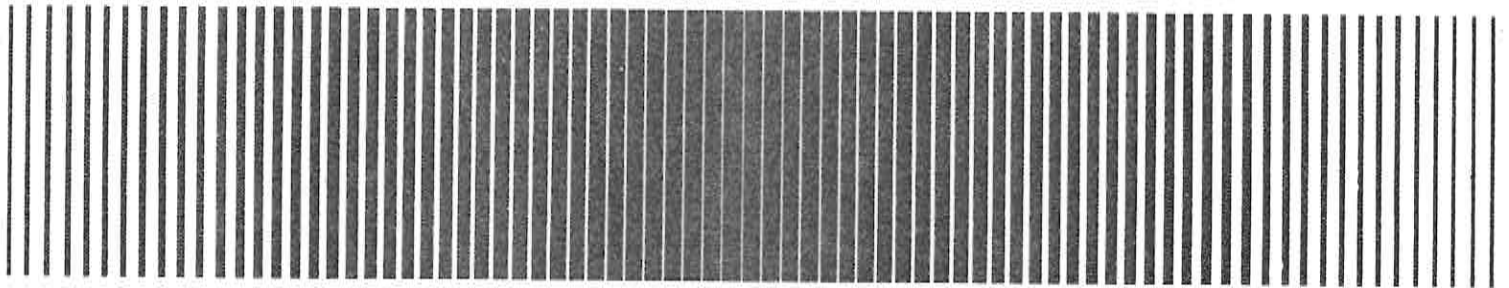


Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

Jahresbericht 1988


Institut für Tieflagerung

GSF-Bericht 7/89



GSF-SUA-1988



Gesellschaft für
Strahlen- und
Umweltforschung
München

Herausgeberin:

**Gesellschaft für Strahlen- und
Umweltforschung mbH München (GSF)**
Ingolstädter Landstraße 1
D-8042 Neuherberg

Telefon 0 89/31 87-0
Telefax 0 89/31 87-33 22
Teletex 898947=stral

Mitglied der Arbeitsgemeinschaft
der Großforschungseinrichtungen (AGF)

© GSF München 1989

ISSN 0721-1694

GESELLSCHAFT
FÜR STRAHLEN- UND UMWELTFORSCHUNG MBH
MÜNCHEN

Bundesamt für Strahlenschutz
Zentralbibliothek Salzgitter

10000460



Institut für Tieflagerung

STRAHLENSCHUTZ UND UMGEBUNGSÜBERWACHUNG
IM BEREICH DER SCHACHTANLAGE ASSE

Jahresbericht 1988

von

[REDACTED]

Juni 1989

GSF-Bericht 7/89
TL 8/89



Anschrift der Verfasser:



**Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung
Institut für Tief Lagerung
Theodor-Heuß-Straße 4
3300 Braunschweig**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Umgebungsüberwachung	4
2.1 Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser	4
2.2 Pu 239-, Cs 137- und Sr 90-Aktivität im Trinkwasser	10
2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft	10
2.4 Grasproben	13
2.5 Bodenproben	17
2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	19
2.7 Strahlung in der Umgebung	19
3. Betrieblicher Strahlenschutz	24
3.1 Ortsdosismessungen	24
3.2 Dosisleistungsmessungen	25
3.3 Personendosisüberwachung	27
3.4 Inkorporationsüberwachung	27
4. Emissionsüberwachung	28
4.1 Aerosolaktivität	28
4.2 Tritium	31
4.3 Kohlenstoff 14	31
4.4 Andere Radionuklide	32
4.5 Ergebnisse der Abluftüberwachung	33
4.6 Potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung	36
5. Zusammenfassung	37

1. Einleitung

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

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

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

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

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

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

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

Aktivität:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Ci (Curie)} &= 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq (Becquerel)} = 37 \text{ GBq} \\ 1 \text{ Bq} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ci} = 27 \text{ pCi} \end{aligned}$$

Ionendosis:

$$\begin{aligned} 1 \text{ R (Röntgen)} &= 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg (Coulomb/Kilogramm)} \\ 1 \text{ C/kg} &= 3876 \text{ R} \end{aligned}$$

Energiedosis:

$$\begin{aligned} 1 \text{ rd (Rad)} &= 0,01 \text{ Gy (Gray)} = 0,01 \text{ Joule/kg} \\ 1 \text{ Gy} &= 100 \text{ rd} \end{aligned}$$

Äquivalentdosis:

$$\begin{aligned} 1 \text{ rem (Rem)} &= 0,01 \text{ Sv (Sievert)} = 0,01 \text{ Joule/kg} \\ 1 \text{ Sv} &= 100 \text{ rem} \end{aligned}$$

Aktivitätskonzentration:

$$1 \text{ pCi/l} = 1 \text{ nCi/m}^3 = 37 \text{ mBq/l}$$

$$1 \text{ mBq/l} = 1 \text{ Bq/m}^3 = 27 \text{ fCi/l}$$

$$1 \text{ Bq/kg} = 27 \text{ pCi/kg}$$

Aktivitäts-Flächenbelegung:

$$1 \text{ } \mu\text{Ci/cm}^2 = 37 \text{ kBq/cm}^2$$

$$1 \text{ Bq/cm}^2 = 27 \text{ pCi/cm}^2$$

Dosisleistung:

$$1 \text{ } \mu\text{rem/h} = 10 \text{ nSv/h}$$

$$1 \text{ } \mu\text{Sv/h} = 0,1 \text{ mrem/h}$$

$$100 \text{ nSv/h} = 0,876 \text{ mSv/a} = 87,6 \text{ mrem/a}$$

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

$$\text{Giga (G)} = 10^9$$

$$\text{Mega (M)} = 10^6$$

$$\text{Kilo (k)} = 10^3$$

$$\text{milli (m)} = 10^{-3}$$

$$\text{mikro } (\mu) = 10^{-6}$$

$$\text{nano (n)} = 10^{-9}$$

$$\text{pico (p)} = 10^{-12}$$

$$\text{femto (f)} = 10^{-15}$$

2. Umgebungsüberwachung

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

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

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

2.1 Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser

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

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

Art der Maßnahme	Anzahl der Meßstellen	Meßfrequenz	Jährliche Meßproben	Meßverfahren
1. Bestimmung der Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser	27	vierteljährl. Probenahme	108	Messung des Eindampfrückstandes im Methandurchflußzähler und Bestimmung des Kaliumgehaltes
2. Untersuchung von Trinkwasser auf Sr-90, Cs-137, Pu-239	5	monatl. Probenahme, halbjährl. Auswertung	10	Einzelnuclidanalyse
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	kont. Sammlung 14-tägl. Auswertung	52	Gammastrahlenspektrometrische Einzelnuclidbestimmung
5. Bestimmung der Aktivität von Bodenproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammastrahlenspektrometrische Einzelnuclidbestimmung
6. Messung der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	4	halbjährlich	8	Gammastrahlenspektrometrische Einzelnuclidbestimmung
7. Überwachung der externen Strahlenbelastung	39	kontinuierliche Exposition, halbjährl. Auswertung	78	Gesamt-Beta-Kontaminationsmonitor Festkörperdosimeter
	8	monatlich vier Stichproben	48	Kurzzeitmessung der Gammastrahlendosisleistung

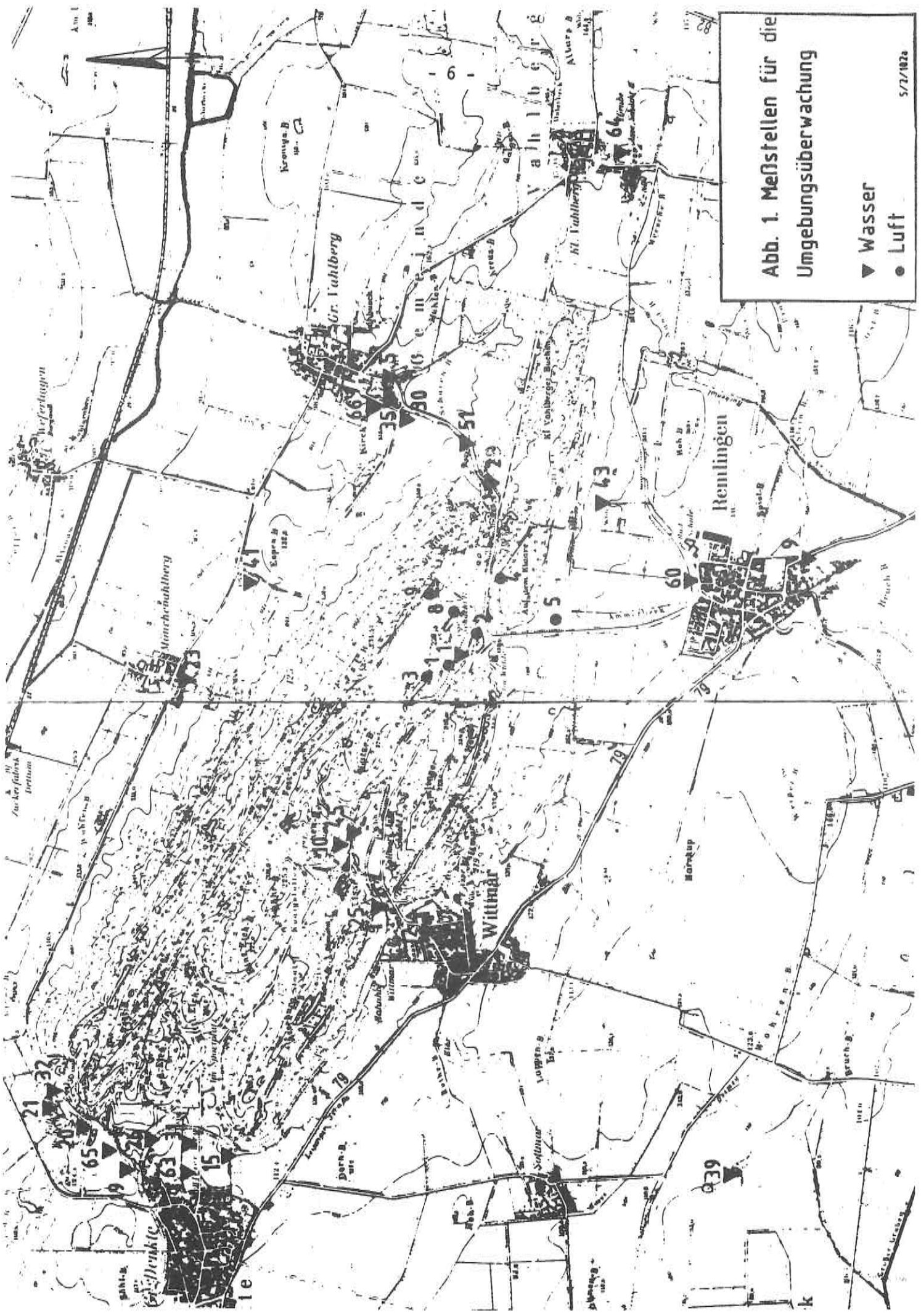


Abb. 1. Meßstellen für die
Umgebungsüberwachung

- ▼ Wasser
- Luft

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

Bei Wasserproben mit hohem Kaliumgehalt ist diese Methode zur Bestimmung der Beta-Restaktivität mit großen Unsicherheiten behaftet. Das stark salzhaltige Wasser aus der Meßstelle 63 wurde daher zusätzlich einer gammaspektrometrischen Einzelnuklidanalyse unterzogen. Bei einer Nachweisgrenze von 0,17 Bq/l (bezogen auf Co 60) wurden keine Radionuklide außer den natürlich vorkommenden festgestellt.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Sie stellen wie in den vergangenen Jahren Nullpegelwerte dar. Die an einigen Stellen hohen Beta-Gesamtaktivitäten (z.B. Meßstellen-Nr. 9, 25, 63, 64) sind auf den erhöhten Kaliumgehalt dieser Wässer und somit auf das natürlich radioaktive Kaliumisotop K 40 zurückzuführen.

Tabelle 2: Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwässern im Jahre 1988. Zahlenangaben in Bq/l.

βg = Beta-Gesamtaktivität

βn = um den K-40-Anteil verminderte nichtidentifizierte Beta-Restaktivität

- = Kein Zugang bzw. trocken

x) = Probenmenge jeweils 400 ml

1) Gammaskpektrometrische Nachweisgrenze, bezogen auf Co-60

Nr.	Meßstelle	Januar		April		Juli		Oktober	
		βg	βn	βg	βn	βg	βn	βg	βn
1	Brunnen Schachtanl. Asse II	<0,18		<0,18		0,26	<0,18	<0,18	
2	Obere Quellf. Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
5	Vorfluter östl. Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18	<0,18	<0,18	
9	Wasserversorg. Remlingen	0,90	<0,18	1,07	<0,18	1,1	<0,18	1,1	<0,18
10	Wasserversorg. Schachtanlage I	<0,18		<0,18		0,19	<0,18	<0,18	
12	Brunnen Wittmar	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
15	Quelle östl. Gr. Denkte	<0,18		<0,18		<0,41	0,27	<0,18	
19	Vorfluter oberh. Bad Gr. Denkte	0,28	<0,18	0,21	<0,18	0,33	<0,18	<0,18	
20	Quelle südl. Falkenheim	0,19	<0,18	0,19	<0,18	<0,18		<0,18	
21	Quelle am Weiher Falkenheim	<0,18		<0,18		0,22	<0,18	<0,18	
23	Wasserversorg. Mönchevahlberg	0,19	<0,18	<0,18		<0,18		<0,18	
25	Vorfluter nördl. Wittmar	1,53	<0,18	1,33	<0,18	1,21	<0,18	0,96	<0,18

Nr.	Meßstelle	Januar		April		Juli		Oktober	
		Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bn
26	Quelle nordöstl. Gr. Denkte	0,24	<0,18	<0,18		<0,18		0,30	<0,18
30	Drainage Park Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
31	Vorfluter östl. Gr. Denkte	0,59	<0,18	0,91	<0,18	0,53	<0,18	<0,18	
32	Wasserversorg. Falkenheim	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
35	Vorfluter Park Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
39	Wasserversorg. Kissenbrück	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
41	Vorfl. westl. Espenberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
43	Löffelgraben nordöstl. Remlingen	0,20	<0,18	<0,18		0,27	<0,18	0,19	<0,18
45	Schacht Asse 1	0,53	<0,18	0,27	<0,18	0,78	0,38	0,57	<0,18
51	Überlauf Wasserversorgung. Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
60	Straßenbrunnen Remlingen	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
63	Quelle nördl. ^x Bleier Weg Gr. Denkte	35,4	<0,17	33,6	<0,17	33,3	<0,17	30,2	< 0,17 ¹⁾
64	Schacht Asse 3	1,62	<0,18	1,40	<0,18	1,64	<0,18	1,48	< 0,18
65	Überlauf Wasserversorgung Gr. Denkte	<0,18		<0,18		<0,18		0,23	< 0,18
66	Quelle Feldsch. Gut Münchhausen	<0,18		<0,18		--		--	

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

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

Die Meßergebnisse sind zusammen mit den Vorjahreswerten in Tabelle 3 aufgeführt. Nachgewiesenes Strontium 90 deutet darauf hin, daß hier oberflächennahes Grundwasser mit erfaßt wurde. Hierin wird die Strontium-90-Konzentration durch die Fallout-Aktivität früherer oberirdischer Kernwaffenversuche und des sowjetischen Reaktorunglücks hervorgerufen.

Die Analyse der Trinkwasserprobe aus der ersten Jahreshälfte 1988 von der Meßstelle 23 ergab eine geringe Cs-137-Konzentration. Bei dieser Probe kann nach Aussage des Analyselabors eine nachträgliche Kontamination vermutet werden, da bei der Probenaufbereitung und der Messung gleichzeitig Umweltproben mit hohem Cäsiumgehalt verarbeitet wurden und in der Mischprobe von dieser Meßstelle aus der zweiten Jahreshälfte kein Cäsium mehr gefunden wurde.

2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft

Die Überwachung der bodennahen Luft in der Umgebung der Schachtanlage erfolgt an den in Abb. 1 gekennzeichneten Stellen, indem monatlich Stichproben auf ihre kurz- und langlebige Aerosolaktivität ausgemessen werden. Bei der Probenahme werden an jeweils vier wechselnden Meßstellen etwa 100 m³ Luft über ein Großflächenfilter mit ca.

Tabelle 3: Trinkwasseruntersuchungen auf den Gehalt an Pu 239,
Cs 137 und Sr 90

Angaben in mBq/l

Trinkwasser versorgung ^x	Radio Nuklid	Nov. 1986 -April 1987	Mai 1987 -Okt. 1987	Nov. 1987 -April 1988	Mai 1988 -Okt. 88
Remlingen Nr. 9	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	3,3	3,9	2,5	3,4
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
Mönchevahl- berg Nr. 23	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	2,3	< 1,9
Falkenheim Brunnen Nr. 32	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	2,2	< 1,9	1,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
Kissenbrück Wasserbe- hälter Nr.39	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	5,6	3,5	2,7	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
Gr.Vahlberg Überlauf Wasserbe- hälter Nr.51	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	4,4	8,6	4,6	2,5
	Cs 137	2,6	< 1,9	< 1,9	< 1,9

x) Die Nummer entspricht der jeweiligen Meßstelle der Tabelle 2

300 cm² Querschnitt gesaugt. Eine der Proben wird stets in der jeweils herrschenden Abwindrichtung genommen. Anschließend wird die Alpha- und Beta-Aktivität der auf dem Filter gesammelten Aerosole unter einem Großflächendurchflußzähler gemessen.

Die Gesamt-Aktivitätskonzentration der kurzlebigen radioaktiven Aerosole lag Werte zwischen 1 und 54 Bq/m³ und somit im Bereich der meteorologisch bedingten Schwankungen (ca. 0,5 bis 100 Bq/m³) der in der Natur vorkommenden Radon- und Thoron-Folgeprodukte, wie sie auch an anderen Stellen der Bundesrepublik Deutschland gemessen werden. Eine Erhöhung der Werte durch die Abwetter der Schachanlage konnte selbst an der Probenahmestelle, die stets in der Abluftfahne des Diffusors gewählt wurde, nicht festgestellt werden.

Nach einer Abklingzeit von sieben Tagen wurden die Filter erneut ausgemessen. Die so bestimmten langlebigen Aerosolaktivitäten lagen mit einer Ausnahme unter den Nachweisgrenzen von 1,5 mBq/m³ für die Alpha- bzw. BetaAktivitätskonzentration.

Bei der einen Messung wurde eine Aktivitätskonzentration langlebiger Aerosole von 3,3 mBq/m³ ermittelt. Die Beaufschlagung des Filters erfolgte jedoch nicht in der Abluftfahne des Diffusors, so daß dieser Meßwert nicht auf Emissionen der Schachanlage Asse zurückzuführen ist.

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-täg-lich gewechselt und gammaspektrometrisch analysiert. Dabei wurden in der Regel Nachweisgrenzen von weniger als 10 µBq/m³ (bezogen auf Co 60) erreicht. Darüber hinaus werden einzelne Filter stichproben-artig zu Kontrollzwecken im Institut für Strahlenhygiene des Bundes-gesundheitsamtes ausgemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zu-sammengestellt. Außer den ständig in der Umgebungsluft anzutreffen-den Radionukliden Beryllium 7, das vorwiegend durch Höhenstrahlung gebildet wird, und Blei 210, dem langlebigen Zerfallsprodukt des Ra-don 222, wurden noch Spuren von Cäsium 137 gemessen. Cäsiumkonzentrationen dieser Größenordnung wurden auch an anderen Stellen in der Bundesrepublik, z.B. dem Deutschen Wetterdienst, gemessen. (vgl. den "Bericht zur Strahlenexposition im Jahre 1988" des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) Dieses Cäsium ent-stammt Ablagerungen nach früheren oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Reaktorunfall von Tschernobyl, die als Staub vom Boden auf-gewirbelt werden.

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. 2 ersichtlich. Eine da-von (G 7) liegt ca. 2 km südwestlich der Anlage und dient als Referenzstelle.

Die Entnahme der Grasproben erfolgt zweimal jährlich. Die Proben werden getrocknet, zerkleinert und anschließend ca. 20 Stunden in einer 1 l-Ringschale gammaspektrometrisch gemessen. Dabei wurde eine Nachweisgrenze von 0,6 Bq/kg Trockensubstanz (bezogen auf Co 60) erreicht. Die Ergebnisse sind zusammen mit den Vorjahreswerten der Tabelle 5 zu entnehmen.

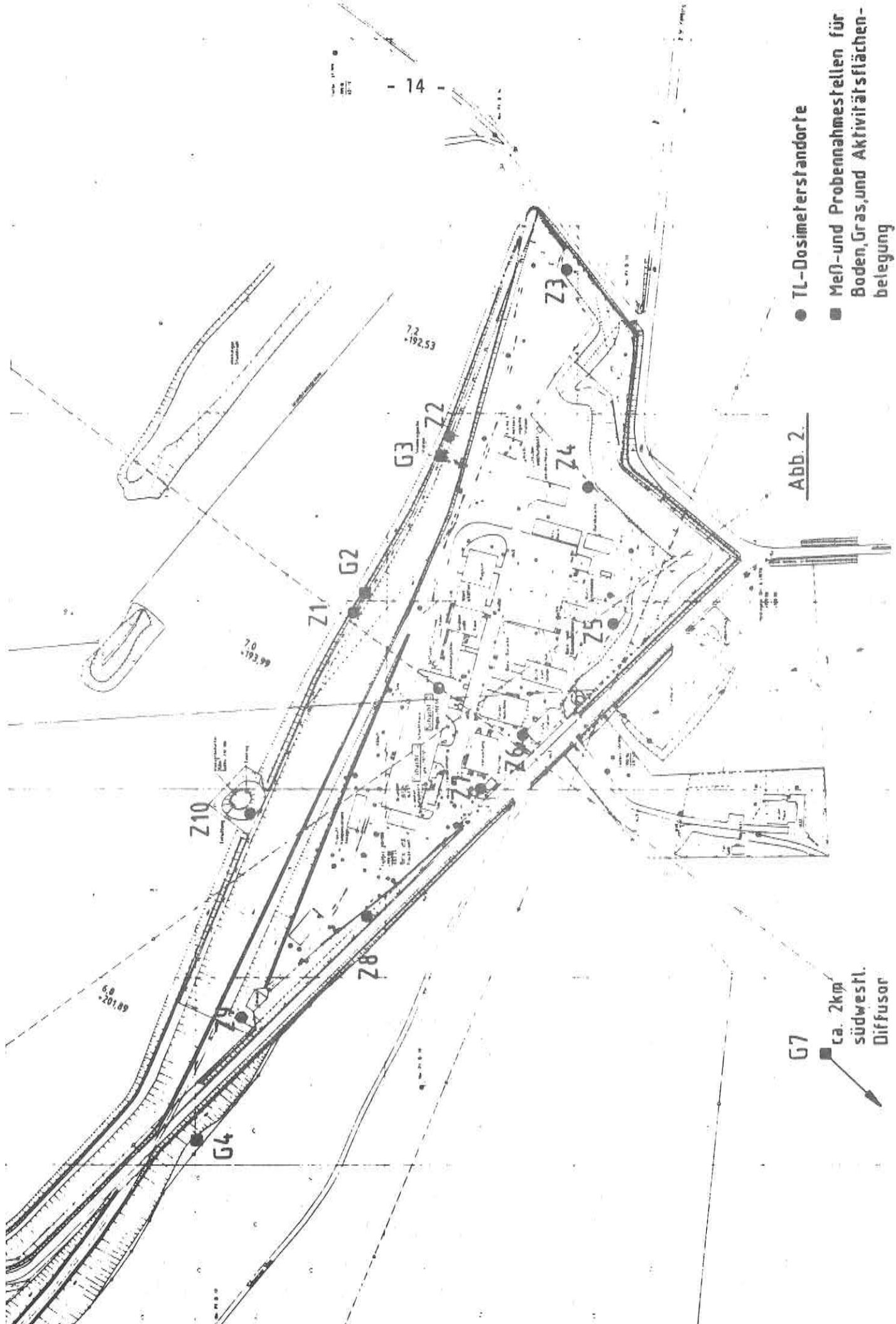


Abb. 2

G7
ca. 2km
südwestl.
Difusor

Tabelle 4: Aktivitätskonzentration langlebiger Aerosole der Luft
in der Umgebung der Schachtanlage Asse, in mBq/m³

<u>Nuklid</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>	<u>Cs 137</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>	<u>Cs 137</u>
<u>Sammelzeitraum (1988)</u>	<u>Referenzstelle</u>			<u>Anlagenzaun in Haupt- ausbreitungsrichtung</u>		
04.01. - 15.01.	2,4	0,25	<0,009	2,0	0,23	0,030
15.01. - 29.01.	2,0	0,52	<0,004	1,4	0,38	0,031
29.01. - 12.02.	2,7	0,12	<0,004	2,0	0,09	0,025
12.02. - 26.02.	2,2	0,21	0,009	1,5	0,17	0,042
26.02. - 11.03.	1,7	0,29	0,097	1,8	0,29	0,013
11.03. - 25.03.	2,9	0,21	0,009	2,5	0,18	0,021
25.03. - 08.04.	2,0	0,30	0,008	1,9	0,28	0,012
08.04. - 22.04.	3,5	0,26	0,008	3,3	0,27	0,037
22.04. - 06.05.	4,9	0,39	<0,012	4,4	0,36	0,023
06.05. - 20.05.	5,4	0,37	0,012	4,6	0,33	0,022
20.05. - 03.06.	3,9	0,37	0,015	3,2	0,30	0,021
03.06. - 16.06.	3,1	0,25	0,011	2,7	0,19	0,018
16.06. - 30.06.	3,5	0,34	0,009	3,1	0,28	0,016
30.06. - 15.07.	3,5	0,27	<0,009	3,3	0,24	0,014
15.07. - 29.07.	3,3	0,25	<0,009	2,8	0,22	0,014
29.07. - 12.08.	3,9	0,36	0,010	3,1	0,26	0,014
12.08. - 26.08.	3,4	0,28	<0,007	2,9	0,25	0,089
26.08. - 09.09.	3,2	0,29	<0,006	2,7	0,25	0,023
09.09. - 26.09.	3,3	0,33	<0,005	2,8	0,29	0,014
26.09. - 05.10.	3,3	0,57	<0,011	2,7	0,46	0,012
05.10. - 21.10.	2,9	0,74	<0,004	2,5	0,53	0,006
21.10. - 04.11.	2,7	0,56	<0,001	2,2	0,50	0,007
04.11. - 18.11.	3,2	0,64	<0,006	2,6	0,57	0,009
18.11. - 02.12.	2,6	0,22	<0,007	2,2	0,22	0,087
02.12. - 16.12.	3,0	0,26	<0,001	2,4	0,23	0,009
16.12. - 27.12.	2,5	0,25	<0,001	2,2	0,19	0,008
27.12. - 13.01.	2,9	0,45	<0,003	2,3	0,36	0,006

Tabelle 5: Spezifische Aktivität von Grasproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse in Bq/kg Trockensubstanz (- = unterhalb der Nachweisgrenze)

Probenahme- datum	Ort (s. Abb. 2)	Nuklid	22.06.87	03.09.87	25.05.88	21.09.88
G 2		Be 7	124	146	95	148
		K 40	656	735	590	487
		Pb 210	29	27	44	29
		Pb 212	5,9	4,9	1,1	3,3
		Pb 214	4,5	4,7	1,5	2,7
		Cs 137	50	10,6	4,5	5,4
		Cs 134	18	3,8	1,5	1,9
		Ru 106	12			
		Ce 144	4,3	--	--	--
		G 3		Be 7	85	114
K 40	474			637	386	395
Pb 210	26			30	44	22
Pb 212	9,0			19	0,5	2,6
Pb 214	7,1			15	1,3	3,2
Cs 137	46			27	8,8	5,8
Cs 134	16			9,2	2,5	1,5
Ru 106	13			4,2	--	--
Ce 144	2,2			--	--	--
G 4				Be 7	116	193
		K 40	607	643	584	528
		Pb 210	28	25	53	36
		Pb 212	2,4	1,0	2,2	2,7
		Pb 214	2,0	--	2,4	2,1
		Cs 137	144	85	22	36
		Cs 134	52	29	5,7	8,7
		Ru 106	23	6,2	--	--
		Ce 144	4,4	--	--	-
		G 7		Be 7	141	167
K 40	609			667	661	246
Pb 210	20			26	12	38
Pb 212	5,1			3,5	0,4	3,2
Pb 214	4,4			3,8	0,9	3,2
Cs 137	28			17,5	2,8	8,3
Cs 134	9,5			5,4	1,4	2,1
Ru 106	5,3			--	--	-
Ce 144	--			--	-	-

Die nachgewiesenen Radionuklide sind zum Teil natürlichen Ursprungs (Be 7 und K 40, Pb 210 und Pb 214 aus der Uran/Radium-Reihe, Pb 212 aus der Thorium-Reihe). Die nachgewiesenen Spaltprodukte (Cäsium 134 und 137) sind noch auf den sowjetischen Reaktorunfall von 1986 zurückzuführen. Im Vergleich zu den Meßwerten des Vorjahres sind die Spaltproduktkonzentrationen in den Grasproben wieder stark (die Radionuklide Ruthen 103 und 106 und Cer 144 sogar bis unter die Nachweisgrenze) zurückgegangen.

2.5 Bodenproben

An denselben Stellen in der näheren Umgebung der Schachtanlage Asse, an denen die Bewuchsproben entnommen werden, (s. Abb. 2) wird auch die Aktivitätskonzentration des Bodens bestimmt. Dadurch ist es möglich, die aus der Luft abgelagerte und dem Boden durch Bewässerung zugeführte Aktivität langfristig zu überwachen.

An jeder Probenahmestelle werden zweimal jährlich Proben aus den obersten 5 cm der Erdschicht entnommen. Sie werden getrocknet, von Steinen und Wurzeln befreit und anschliessend ca. 20 Stunden in einer 1 l-Ringschale gammaspektrometrisch ausgemessen. Dabei wird eine Nachweisgrenze von 0,30 Bq/kg Trockensubstanz (bezogen auf Co 60) erreicht. Die durch Gammastrahlung nachgewiesenen Nuklide sind zusammen mit den Werten aus dem Vorjahr in Tabelle 6 aufgeführt. Neben den im Boden enthaltenen natürlichen Radionukliden und Cäsium 137, das in geringen Konzentrationen auch in den Vorjahren als langlebige Fallout-Komponente früherer Kernwaffenversuche gefunden wurde, wurde auch der Fallout nach dem sowjetischen Reaktorunglück mit seiner charakteristischen Zusammensetzung (vgl. Abschn. 2.4) gemessen, soweit diese Radionuklide noch nicht unter die Nachweisgrenze abgeklungen sind. Eine Beeinflussung durch die Schachtanlage Asse ist nicht zu erkennen.

Tabelle 6: Spezifische Aktivität von Bodenproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse (in Bq/kg Trockensubstanz)

<u>Probenahme-</u> <u>datum</u>		<u>22.06.87</u>	<u>03.09.87</u>	<u>25.05.88</u>	<u>21.09.88</u>
<u>Ort</u> <u>(s. Abb. 2)</u>	<u>Nuklid</u>				
G 2	K 40	613	600	535	592
	Pb 210	28	28	30	28
	Pb 212	39	38	35	38
	Pb 214	33	34	30	32
	Cs 137	33	27	28	30
	Cs 134	11,4	9,0	7,5	7,0
	Rh 106	6,9	5,4	5,4	--
G 3	K 40	677	666	597	526
	Pb 210	27	30	34	31
	Pb 212	44	44	40	35
	Pb 214	37	37	34	31
	Cs 137	20	32	32	30
	Cs 134	7,1	11	8,8	7,8
	Rh 106	5,5	8,4	3,8	2,7
G 4	K 40	582	593	566	534
	Pb 210	25	27	24	28
	Pb 212	37	37	36	33
	Pb 214	32	31	31	29
	Cs 137	18	30	17	21
	Cs 134	7,0	10,5	5,2	5,8
	Rh 106	4,5	6,2	--	2,2
G 7	K 40	435	488	444	447
	Pb 210	29	31	25	24
	Pb 212	24	28	27	26
	Pb 214	22	25	26	22
	Cs 137	38	40	28	31
	Cs 134	11	9,8	4,7	6,1
	Rh 106	8,4	6,1	--	3,3

2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens

An drei Meßorten in der Nähe des Anlagenzaunes (s. Abb. 2) sowie zusätzlich an einem Meßort in der jeweils herrschenden Abwindrichtung wird zweimal jährlich die Gesamt-Betaaktivitätsflächenbelegung auf der Bodenoberfläche gemessen. Dadurch ist eine schnelle Bestimmung der auf dem Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe möglich. Für die Kurzzeitmessungen wird ein tragbarer Kontaminationsmonitor mit einer Fenstereintrittsfläche von 180 cm^2 verwendet. Bei einer Untergrundzählrate von 8 s^{-1} wird eine Nachweisgrenze von ca. $0,2 \text{ Bq/cm}^2$ erreicht. Alle Meßergebnisse im Berichtsjahr lagen wieder 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. Ein TL-Dosimeter ist ein passives Instrument zur Messung der Dosis, das mehrere unabhängig voneinander auswertbare TL-Detektoren auf einer Halterung enthält. Für die Auswertung werden die Meßwerte von 2 Detektoren herangezogen. Ein weiterer Detektor dient zur Bestimmung des sogen. "Fadings", einer zeitlichen Änderung der Dosimeteranzeige auf Grund der Einwirkung der Umgebungstemperatur.

Die Dosimeterkassetten werden im Umkreis von etwa einem (Meßstellen U1-U12) 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. Einen Überblick über die Lage der Meßstellen vermitteln die Abbildungen 2 und 3.

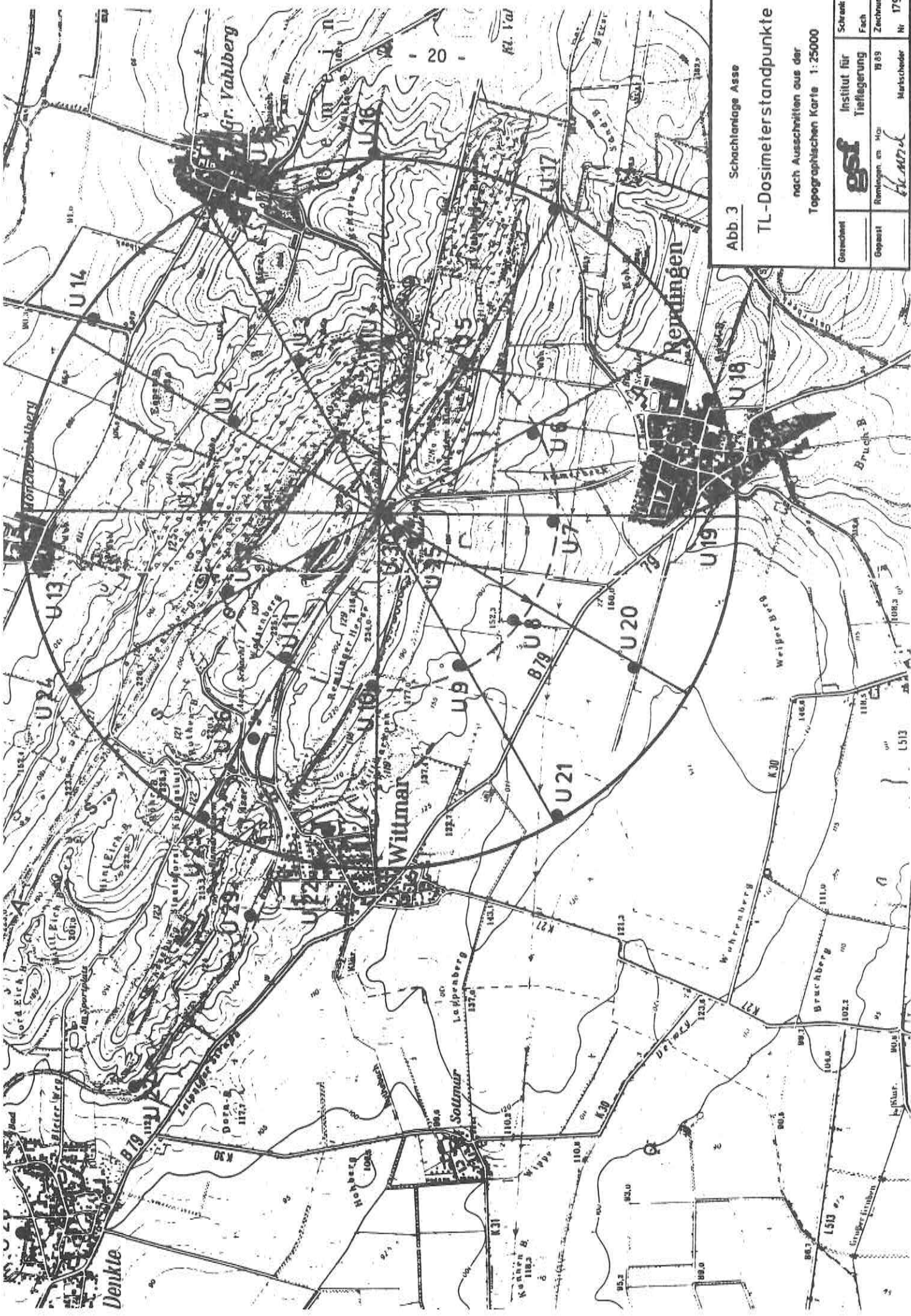


Abb. 3 SchichtenlageASSE

TL-Dosimeterstandpunkte

nach Ausschnitten aus der
Topographischen Karte 1:25000

Gesamtheit	gsf	Institut für Tiefenerdung	Sheet 5
Geplant	Romlagen, m. H. 1889	1889	Sheet 2
	<i>HC 1874</i>	Merkblätter	Nr. 179 0

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. 4 dargestellt. Fast alle Meßwerte liegen deutlich unter den entsprechenden Vorjahreswerten. Dieser Rückgang kann auf das Abklingen der auf dem Boden abgelagerten Aktivität nach dem sowjetischen Reaktorunglück zurückgeführt werden. 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. 1 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.

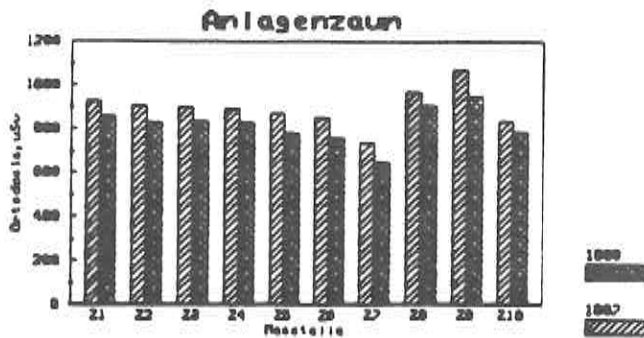
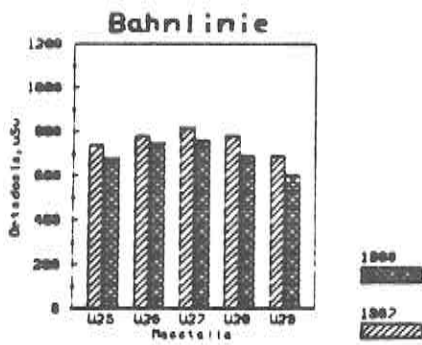
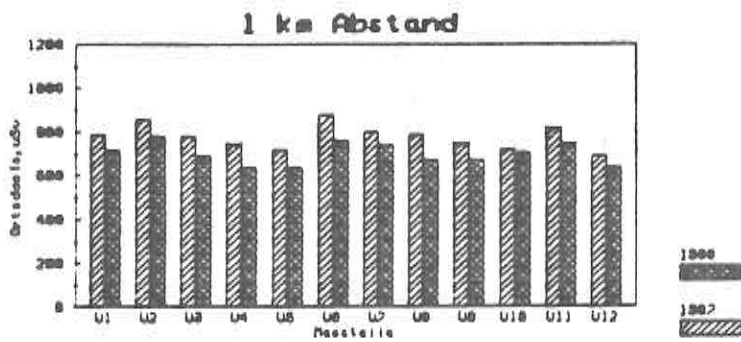
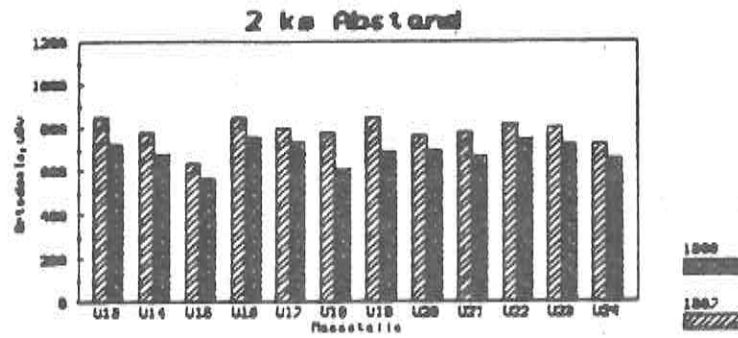


Abb. 4 Jahres-Ortsdosis in der Umgebung der Schachtanlage Asse 1987 und 1988 (in µSv)

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

Meßstelle	1987	1988	Meßstelle	1987	1988
U 1	0,79	0,72	U 21	0,78	0,67
U 2	0,86	0,78	U 22	0,82	0,75
U 3	0,78	0,69	U 23	0,80	0,73
U 4	0,75	0,64	U 24	0,73	0,66
U 5	0,72	0,64	U 25	0,74	0,68
U 6	0,88	0,76	U 26	0,78	0,75
U 7	0,80	0,74	U 27	0,82	0,76
U 8	0,79	0,67	U 28	0,78	0,69
U 9	0,75	0,67	U 29	0,69	0,60
U 10	0,72	0,71			
U 11	0,82	0,75	Z 1	0,93	0,86
U 12	0,69	0,64	Z 2	0,91	0,83
U 13	0,85	0,73	Z 3	0,90	0,84
U 14	0,78	0,68	Z 4	0,89	0,83
U 15	0,64	0,57	Z 5	0,87	0,78
U 16	0,85	0,76	Z 6	0,85	0,76
U 17	0,80	0,74	Z 7	0,74	0,65
U 18	0,78	0,61	Z 8	0,97	0,91
U 19	0,85	0,69	Z 9	1,07	0,95
U 20	0,77	0,70	Z 10	0,84	0,79

Tabelle 8: Dosisleistung in der Umgebung der Schachtanlage Asse in Nanosievert pro Stunde

Meßort Nr. (s. Abb. 1)	1	2	3	4	5	7	8	9
Datum								
14.01.88			80		80	70	90	
15.02.88	80	70				70		80
14.03.88			80	80	80	70		
13.04.88	80					70	90	80
16.05.88		80	80		80	100		
13.06.88	70			70		70	80	
19.07.88		70	100			70		80
15.08.88	100				80	80	80	
13.09.88			90	90		70		80
18.10.88	80	80				80	90	
17.11.88			80	80	80	80		
14.12.88		80				80	80	70

3. Betrieblicher Strahlenschutz

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

3.1 Ortsdosismessungen

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

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

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

<u>Meßstelle</u>	<u>1987</u>	<u>1988</u>
Strahlenschutz-Labor	1,20	1,07
I.d. Schachthalle Anschl.	0,61	0,57
I.d. Schachthalle südl.	0,70	0,64
I.d. Schachthalle über der Umladezelle	0,62	0,61
Büro Betriebsleiter	1,14	1,02
Diffusor innen	0,71	0,67
Diffusor außen	0,92	0,86
490 m-Sohle Füllort	0,08	0,08
750 m-Sohle Füllort	0,17	0,13
490 m-Sohle, Steuerpult Ka. 8a	0,09	0,08
750 m-Sohle, Steuerpult Besch.Ka.	0,05	0,05
775 m-Sohle, Low-Level-Meßplatz	0,04	0,03
800 m-Sohle, BMT-Vers.feld	0,09	0,08
800 m-Sohle, HAW-Vers.feld,südl. Kammer	0,26	0,23
800 m-Sohle, HAW-Vers.feld,nördl. Kammer	0,25	0,25

3.2 Dosisleistungsmessungen

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

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

Tabelle 10: Gamma-Dosisleistungen an einigen Betriebspunkten der Schachtanlage Asse in Nanosievert pro Stunde

Betriebspunkt	1987	1988
Laborraum übertage	110	112
490 m-Sohle, Steuerpult der Beschickungskammer 8a für mittelradioaktive Abfälle	13	14
725 m-Sohle, Kammer 7, ca. 1 m über den salzbedeckten schwachradioaktiven Abfällen	230	250
750 m-Sohle, Füllort	22	19
750 m-Sohle, Kammer 5, ca. 11 m von den schwachradioaktiven Abfällen entfernt	2700	2400
750 m-Sohle, vor der verschlossenen Lagerkammer 4	42	37
750 m-Sohle, Steuerpult in der Beschickungskammer	9	10
775 m-Sohle, Low-Level-Meßplatz ("Belgierstrecke")	5	5
800 m-Sohle, HAW-Versuchsfeld nördl. Kammer	37	36
800 m-Sohle HAW-Versuchsfeld südl. Kammer	32	32
800 m-Sohle MAW-Versuchsfeld	26	26
925 m-Sohle Füllort	6	6

Vergleicht man die Meßergebnisse mit den aus der Langzeitüberwachung errechneten Dosisleistungen (vgl. Kap. 3.1), so ergibt sich eine gute Übereinstimmung beider Meßverfahren (1 Mikrosievert/Stunde = 8,76 Millisievert/Jahr). Man erkennt ferner, daß die Strahlenbelastung z.B. am Steuerpult der Beschickungskammer 8a für mittelradioaktive Abfälle auf der 490 m Sohle weniger als 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 Jahre 1988 wurden insgesamt 99 Personen überwacht. Bei der Auswertung von 1130 Filmen wurde keine Dosis festgestellt.

3.4 Inkorporationsüberwachung

Das gesamte unter Tage beschäftigte Personal (94 Personen) wurde in 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 mit ca. 8 % zur Gesamtabluft beitrugen, wurde dieser Anteil bei der Abgabenbilanzierung vernachlässigt.

4.1 Aerosolaktivität

Zur kontinuierlichen Überwachung der Aerosolaktivität im ausziehenden Luftstrom wird über ein in den Diffusor ragendes Rohr ein Abluftteilstrom über ein Filter geleitet und die auf dem Filter akkumulierten Alpha- und Beta-Aktivitäten der abgeschiedenen Aerosole kontinuierlich gemessen und registriert.

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

Die im Diffusor bestimmte Aerosolaktivitätskonzentration der Grubenabluft lag zwischen 25 Bq/m^3 und 187 Bq/m^3 und betrug durchschnittlich 90 Bq/m^3 ; sie lag damit über der natürlichen Aerosolaktivitätskonzentration in der Umgebungsluft. Durch die Verdünnung beim Austritt aus dem Diffusor wurde die Konzentration so stark vermindert, daß am Zaun keine Erhöhung der natürlichen Konzentration nachgewiesen werden konnte (s. Kap. 2.3).

Nach dem Abklingen der kurzlebigen Aerosolaktivität wurden die Filter gammaspektrometrisch auf 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 werden einzelne Filter stichprobenartig zu Kontrollzwecken im Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes ausgemessen. Neben Be 7 und Pb 210 wurden keine weiteren Gammastrahler mehr oberhalb der Nachweisgrenze gemessen. Die Nachweisgrenzen für Cs 137 lagen in den meisten Fällen unterhalb der in der Umgebungsluft gemessenen Cäsiumkonzentrationen (vgl. Kap. 2.3). Dadurch wird belegt, daß das in der Umgebung nachgewiesene Cäsium nicht auf Emissionen des Bergwerks zurückzuführen ist. 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 $1,5 \text{ mBq/m}^3$. Dieser Wert liegt in einer Größenordnung, wie er auf Grund der kurzlebigen Folgeprodukte des Radons zu erwarten ist.

Tabelle 11: Aerosolaktivität in der Grubenabluft im Jahre 1988
(in mBq/m³)

Sammelzeitraum	Schacht 2			Schacht 4		
	Be 7	Pb 210	Cs 137	Be 7	Pb 210	Cs 137
04.01.-15.01.	0,87	1,19	<0,033	1,09	0,40	<0,017
15.01.-29.01.	0,66	1,55	<0,015	0,89	0,80	<0,024
29.01.-12.02.	1,01	1,43	<0,011	1,02	0,34	<0,017
12.02.-26.02.	0,93	1,25	<0,005	1,03	0,30	<0,020
26.02.-11.03.	0,76	1,04	<0,011	0,89	0,38	<0,007
11.03.-25.03.	1,11	1,26	<0,008	1,42	0,42	<0,021
25.03.-08.04.	0,83	1,37	<0,006	0,83	0,45	<0,016
08.04.-22.04.	1,34	1,43	<0,002	1,56	0,76	<0,024
22.04.-06.05.	2,14	1,64	<0,017	2,21	0,69	<0,020
06.05.-20.05.	1,97	2,11	<0,012	1,82	1,30	<0,015
20.05.-03.06.	1,43	1,52	<0,012	1,43	1,02	<0,013
03.06.-16.06.	1,31	1,42	<0,019	1,58	1,02	<0,014
16.06.-24.06.*				1,88	1,67	<0,024
24.06.-30.06.				1,26	1,16	<0,006
16.06.-30.06.	1,45	1,44	<0,005			
30.06.-15.07.	1,43	1,94	<0,011	1,60	1,73	<0,016
15.07.-29.07.	1,11	1,71	<0,017	1,28	1,80	<0,019
29.07.-12.08.	1,42	1,29	<0,012	1,74	1,18	<0,010
12.08.-26.08.	1,47	1,35	<0,010	1,34	1,49	<0,020
26.08.-09.09.	1,52	1,86	<0,016	1,46	1,46	<0,016
09.09.-26.09.	1,32	1,81	<0,014	1,49	1,72	<0,015
26.09.-10.10.	1,10	1,51	<0,012	1,51	1,06	<0,014
10.10.-21.10.	1,10	1,82	<0,015	1,37	1,11	<0,014
21.10.-04.11.	1,18	1,98	<0,017	1,27	1,56	<0,015
04.11.-18.11.	1,19	1,67	<0,012	1,35	0,88	<0,012
18.11.-02.12.	0,88	1,09	<0,008	1,14	0,41	<0,012
02.12.-16.12.	1,01	1,32	<0,046	1,11	0,59	<0,015
16.12.-27.12.	1,00	1,47	<0,009	0,98	0,64	<0,011

* = vorzeitiger Filterwechsel wegen Verstopfung

4.2 Tritium

Da die Tritiumkonzentration in der Abluft unterhalb der Nachweisgrenze (3700 Bq/m^3) kontinuierlich anzeigender Meßgeräte liegt, erfolgt die Messung mit sammelnden Verfahren.

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

Zusätzlich erfolgt wöchentlich eine Probenahme zur Messung über das Kondensat der ausgefrorenen Luftfeuchte. Unter Berücksichtigung von Temperatur und relativer Feuchte ergibt sich die Aktivitätskonzentration in der Luft. Die Aktivitätsbestimmungen wurden vom Institut für Hydrologie der GSF in Neuherberg durchgeführt. Bei den wöchentlich genommenen Proben in der Abluft ergaben sich Werte zwischen 70 und 188 Bq/m^3 bei einem Jahresmittelwert von 118 Bq/m^3 .

4.3 Kohlenstoff 14

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

Tabelle 12: Tritium und Kohlenstoff 14 in der Abluft 1988 Aktivitätskonzentrationen in Bq/m³

<u>Sammelzeitraum</u>	<u>Tritium als HTO</u>	<u>C 14 gesamt</u>
Januar	83	1,6
Februar		
März	80	1,5
April	130	1,3
Mai	130	1,3
Juni	130	1,4
Juli	110	1,8
August	120	1,7
September	110	1,4
Oktober	110	1,8
November	90	1,7
Dezember	70	1,8

4.4 Andere Radionuklide

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

Die Stichprobenmessungen im Jahre 1978 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 ein Spezialfilter geleitet. Die Sammlung 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, sind in Tabelle 13 enthalten. Die Konzentrationen von Pu 238 und Pu 239/240 in der Abluft lagen unter der Nachweisgrenze des Analyseverfahrens.

Tabelle 13: Plutoniumkonzentration in der Abluft 1988 (in Mikrobecquerel pro Kubikmeter)

Die Nachweisgrenze entspricht einem Vertrauensbereich von 95 %

<u>Sammelzeitraum</u>	<u>Pu 238</u>	<u>Pu 239/240</u>
18.04. - 06.05.1988	< 0,02	< 0,05
08.11. - 26.11.1988	< 0,07	< 0,17

4.5 Ergebnisse der Abluftüberwachung

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

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

Die jährlichen Emissionen sind mit den Werten des Vorjahres in Tabelle 14 zusammengestellt. Es wurden alle nachgewiesenen Nuklide aufgeführt, soweit sie nicht in der gleichen Konzentration bereits in der Umgebungsluft vorhanden waren. Die Angaben für die kurzlebigen Aerosole und Pb 210 liefern zu hohe Werte, da die beträchtlich schwankenden natürlichen Konzentrationen in der zugeführten Frischluft nicht berücksichtigt wurden. Die Emissionswerte liegen in der gleichen Größenordnung wie im Vorjahr.

Die Aktivitätskonzentration in der Umgebung kann unter Berücksichtigung der Ausbreitungssituation berechnet werden.

Für die ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung der Schachanlage (nordöstl. des Diffusors am Zaun der Anlage) wurde ein Langzeitausbreitungsfaktor von $2 \cdot 10^{-4} \text{ s/m}^3$ abgeschätzt. Die damit berechneten Erhöhungen der mittleren Aktivitätskonzentrationen in der Luft sind in Tabelle 14 angegeben. Die Konzentrationsänderungen sind so niedrig, daß eine Erfassung in der Umgebung der Schachanlage trotz bester meßtechnischer Ausstattung nur noch rechnerisch möglich ist. Die errechneten Werte für Pb 210 und kurzlebige Aerosole unterschreiten außerdem die mittleren natürlich vorkommenden Konzentrationen dieser Nuklide in der Umgebungsluft. Ein Anstieg der natürlichen Aerosolaktivität der Luft in der Umgebung der Schachanlage war daher nicht zu erwarten. Dieses wurde durch die Umgebungsüberwachungsmessungen (s. Kap. 2.3) bestätigt.

Tabelle 14: Jahresemission und berechnete potentielle Strahlenexposition für Erwachsene an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung der Schachtanlage Asse

Nuklid	Abgabe		berechnete Konzentrationserhöhung in der Luft an der ungünstigsten Einwirkungsstelle	Expositions- pfad	kritisches Organ	Grenzwert der Jahresdosis	potentielle Dosis 1988
	1987	1988					
	GBq	GBq	Jahresmittel in mBq/m^3			μSv	μSv
H 3	122	138	876	Inhalation	Ganzkörper	300	0,40
				Ingestion	Ganzkörper	300	1,9
C 14	2,1	2,1	13	Inhalation	Knochen	1800	0,093
				Ingestion	Knochen	1800	8,0
Pb 210	0,0021	0,0020	0,013	Inhalation	Niere	900	1,3
				Ingestion	Ganzkörper	300	9,6
kurzl. Aerosole	106	120	762	Inhalation	Lunge	900 (Rn 222)	31
				Ganzkörper-Inhalationsdosis			0,5
				Ganzkörper-Ingestionsdosis			12,8
				Summe Ganzkörper-Dosis			13,3

4.6 Potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung

Die durch die Emission radioaktiver Stoffe verursachte Strahlenexposition der in der Umgebung wohnenden Bevölkerung kann nicht direkt gemessen werden. Es werden vielmehr Rechenmodelle eingesetzt, um aus den bekannten Abgabemengen mögliche Strahlenbelastungen abzuleiten. Dabei werden durch ungünstige Modellannahmen und kritische Wahl der benötigten Parameter fiktive Dosiswerte ermittelt, die stets größer sind als die tatsächlich auftretenden Strahlenexpositionen durch die Emission der Anlage.

Mit Hilfe der Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen (BMI, 1979) wurde die Obergrenze der potentiellen Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung der Schachtanlage Asse abgeschätzt. Da die Emissionen quasi-kontinuierlich erfolgen, kann bei den Rechnungen der Langzeitausbreitungsfaktor von $2 \cdot 10^{-4} \text{ s/m}^3$ benutzt werden. In der Berechnungsgrundlage sind keine Dosisfaktoren für Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte angegeben, so daß der Dosisfaktor aus dem Grenzwert der Strahlenschutzverordnung für die Jahresaktivitätszufuhr von Rn 222 über Luft abgeleitet wurde.

Als Expositionspfade wurden lediglich Inhalation und Ingestion betrachtet. Gamma-Submersion, Beta-Submersion und Bodenstrahlung sind dagegen vernachlässigbar. In Tabelle 14 sind die errechneten Jahresdosiswerte der Inhalations- und Ingestionsdosis auf Grund der emittierten Radionuklide für das jeweils kritische Organ aufgeführt und zum Vergleich den Dosisgrenzwerten des § 45 der Strahlenschutzverordnung gegenübergestellt. Als Summe ergibt sich für den Ganzkörper eine Jahresdosis von 13 Mikrosievert. Man erkennt, daß die durch die Emissionen bedingte Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse weit unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung liegt.

5. Zusammenfassung

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

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

Die Mitarbeiter wurden entsprechend der Strahlenschutzverordnung laufend überwacht. Ebenso erfolgten 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 konnten Anreicherungen der Nuklide H 3, C 14, Pb 210 und der kurzlebigen Folgeprodukte von Rn 222 und Rn 220 nachgewiesen werden. 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 Emissionen 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.