

# **Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse**

**Jahresbericht 1986**

  
Institut für Tieflagerung

---

GSF-Bericht 24/87



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 1988  
ISSN 0721-1694

GESELLSCHAFT  
FÜR STRAHLEN- UND UMWELTFORSCHUNG MBH  
MÜNCHEN

Institut für Tieflagerung

STRAHLENSCHUTZ UND UMGEBUNGSÜBERWACHUNG  
IM BEREICH DER SCHACHTANLAGE ASSE

Jahresbericht 1986

von



September 1987

GSF-Bericht 24/87  
IFT-TL 47/87

10-10-10 10-10-10 10-10-10

Anschrift der Verfasser:



Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung  
Institut für Tieflagerung  
Theodor-Heuß-Straße 4  
3300 Braunschweig

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
  
2. Umgebungsüberwachung
  - 2.1 Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser
  - 2.2 Pu 239-, Cs 137- und Sr 90-Aktivität im Trinkwasser
  - 2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft
  - 2.4 Grasproben
  - 2.5 Bodenproben
  - 2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens
  - 2.7 Strahlung in der Umgebung
  
3. Betrieblicher Strahlenschutz
  - 3.1 Ortsdosismessungen
  - 3.2 Dosisleistungsmessungen
  - 3.3 Personendosisüberwachung
  - 3.4 Inkorporationsüberwachung
  
4. Emissionsüberwachung
  - 4.1 Aerosolaktivität
  - 4.2 Tritiumaktivität
  - 4.3 Kohlenstoff 14
  - 4.4 Andere Radionuklide
  - 4.5 Ergebnisse der Abluftüberwachung
  - 4.6 Potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung
  
5. Zusammenfassung
  
6. Anhang: Spaltproduktkonzentration der Luft ab Mai 1986

## 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 durchgeführt.

Die Programme zur Abluft- und Umgebungsüberwachung sowohl durch den Betreiber als auch 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 im Rahmen des betreibereigenen Überwachungsprogramms erfolgen durch das Institut für Tieflagerung. 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 Meßergebnisse der betreibereigenen Umgebungsüberwachung 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.

Die im Rahmen der Emissions- und Umgebungsüberwachung seit Mai ermittelten Meßwerte sind in starkem Maße von dem Fallout nach dem Reaktorunglück in der UdSSR vom 26.4.1986 beeinflusst. Dadurch wird die Möglichkeit radiologische Auswirkungen des Anlagenbetriebes auf die Umgebung zu erkennen, teilweise (z.B. bei der Dosisleistung oder der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens) erschwert.

In diesem Bericht werden die Meßwerte in den neuen SI-Einheiten 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:

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

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:

$$\begin{aligned} 1 \text{ pCi/l} &= 1 \text{ nCi/m}^3 = 37 \text{ mBq/l} \\ 1 \text{ mBq/l} &= 1 \text{ Bq/m}^3 = 27 \text{ fCi/l} \end{aligned}$$

Aktivitäts-Flächenbelegung:

$$\begin{aligned} 1 \text{ } \mu\text{Ci/cm}^2 &= 37 \text{ kBq/cm}^2 \\ 1 \text{ Bq/cm}^2 &= 27 \text{ pCi/cm}^2 \end{aligned}$$

Dosisleistung:

$$\begin{aligned} 1 \text{ } \mu\text{rem/h} &= 10 \text{ nSv/h} \\ 1 \text{ } \mu\text{Sv/h} &= 0,1 \text{ mrem/h} \end{aligned}$$



## 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 betriebeigenen Überwachungsprogrammes mit 368 jährlichen Messungen und Probenahmen blieb gegenüber dem Vorjahr unverändert. Darüberhinaus wurden wegen der Auswirkungen des sowjetischen Reaktorunfalles ergänzende Einzelmessungen vorgenommen.

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	Einzelnuklidanalyse
3. Messung der kurz- und langlebigen Aerosolaktivität der Luft	8	monatlich vier Stichproben	48	Luftstaubsammlung über Großflächenfilter und Ausmessung im Methandurchflußzähler
4. Bestimmung der Aktivität von Grasproben	2	kont. Sammlung 14-tägl. Auswertung	52	Gamma-spektrometrische Einzelnuklidbestimmung
5. Bestimmung der Aktivität von Bodenproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gamma-spektrometrische Einzelnuklidbestimmung
6. Messung der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	4	halbjährliche Probenahme	8	Gamma-spektrometrische Einzelnuklidbestimmung
7. Überwachung der externen Strahlenbelastung	39	kontinuierliche Exposition, halbjährl. Auswertung	78	Gesamt-Beta-Kontaminationsmonitor Festkörperdosimeter
	8	monatlich vier Stichproben	48	Kurzzeitmessung der Gamma-dosisleistung

## 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.

Von den Rückständen der eingedampften Proben wurde in einem Großflächendurchflußzähler die Beta-Gesamtaktivität (Bg) 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 (Bn) 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 gammaskopimetrischen Einzelnuclidanalyse 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.

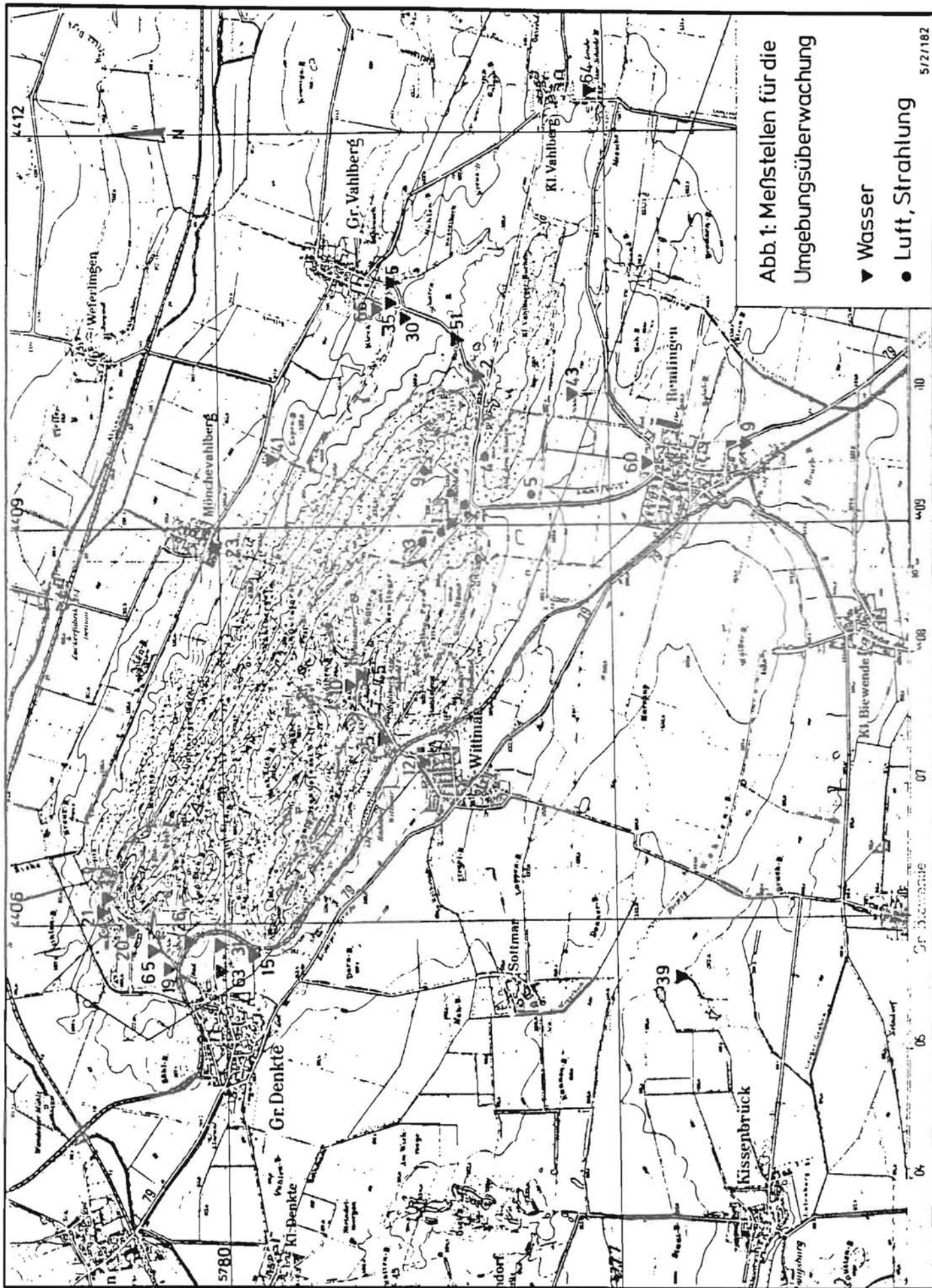


Abb. 1: Messstellen für die  
Umgebungsüberwachung

▼ Wasser

● Luft, Strahlung

Tabelle 2: Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwässern  
im Jahre 1986. Zahlenangaben in Bq/l.

Bg = Beta-Gesamtaktivität

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

- = Kein Zugang bzw. trocken

x) = Probenmenge jeweils 400 ml

1) Gammaskopmetrische Nachweisgrenze, bezogen auf Co-60

Nr. Meßstelle	Januar		April		Juli		Oktober	
	Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bn
1 Brunnen Schachtanl. Asse II	<0,18		0,26	<0,18	<0,18		<0,18	
2 Obere Quellf. Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
5 Vorfluter östl. Gr. Vahlberg	<0,18		0,20	<0,18	<0,18		0,21	<0,18
9 Wasserversorg. Remlingen	0,88	<0,18	0,91	<0,18	0,85	<0,18	0,89	<0,18
10 Wasserversorg. Schachtanlage I	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
12 Brunnen Wittmar	0,19	<0,18	0,28	<0,18	<0,18		0,26	<0,18
15 Quelle östl. Gr. Denkte	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
19 Vorfluter oberh. Bad Gr. Denkte	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
20 Quelle südl. Falkenheim	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
21 Quelle am Weiher Falkenheim	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
23 Wasserversorg. Mönchevahlberg	<0,18		0,23	<0,18	<0,18		<0,18	
25 Vorfluter nördl. Wittmar	1,50	<0,18	1,40	<0,18	2,10	<0,18	1,80	<0,18

Nr.	Meßstelle	Januar		April		Juli		Oktober	
		Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bn
26	Quelle nordöstl. Gr. Denkte	< 0,18		< 0,18		0,19	< 0,18	0,26	< 0,18
30	Drainage Park Gr. Vahlberg	< 0,18		0,23	< 0,18	< 0,18		0,26	< 0,18
31	Vorfluter östl. Gr. Denkte	< 0,18		0,28	< 0,18	< 0,18		0,32	< 0,18
32	Wasserversorg. Falkenheim	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
35	Vorfluter Park Gr. Vahlberg	< 0,18		< 0,18		0,25	< 0,18	< 0,18	
39	Wasserversorg. Kissenbrück	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
41	Vorfl. westl. Espenberg	< 0,18		< 0,18		0,22	< 0,18	< 0,18	
43	Löffelgraben nordöstl. Remlingen	0,21	< 0,18	< 0,18		< 0,18		< 0,18	
45	Schacht Asse I	0,43	< 0,18	0,45	< 0,18	0,54	< 0,18	0,59	< 0,18
51	Überlauf Was- serversorgung. 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	20,3	< 0,17	23,4	< 0,17	41,2	< 0,17	33,7	< 0,17 <sup>1)</sup>
64	Schacht Asse 3	1,60	< 0,18	1,30	< 0,18	1,40	< 0,18	1,20	< 0,18
65	Überlauf Was- serversorgung Gr. Denkte	< 0,18		< 0,18		< 0,18		< 0,18	
66	Quelle Feldsch. Gut Münchhausen	--	--	0,27	< 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-Probe zusammengefaßt. Die Analyse 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 für Cs 137 und Sr 90 jeweils 1,9 mBq/l.

Die Meßergebnisse sind zusammen mit den Vorjahreswerten in Tabelle 3 aufgeführt. Das an einer Meßstelle wie bereits in den Vorjahren nachgewiesene Strontium 90 deutet darauf hin, daß hier oberflächennahes Grundwasser mit erfaßt wurde. Hierin wird die Strontium 90-Konzentration durch den Fallout früherer oberirdischer Kernwaffenversuche beeinflusst. Ein Anstieg wurde nach dem sowjetischen Reaktorunglück bisher nicht festgestellt.

In zwei Fällen wurden in Proben aus dem Sammelzeitraum November 1985 bis April 1986 geringe Konzentrationen von Cäsium 137 gemessen. Bei diesen Proben, die erst nach dem Niedergang des Tschernobyl-Fallouts ausgemessen wurden, kann eine nachträgliche Kontamination vermutet werden, da in den Folgeproben von diesen Meßstellen kein Cäsium mehr gefunden wurde. Auch der nachgewiesene geringe Cäsium 137-Gehalt der Probe von der Meßstelle 51 ist vermutlich ebenfalls auf nachträgliche Kontamination zurückzuführen.

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

Angaben in mBq/l

Trinkwasser versorgung <sup>x</sup>	Radio Nuklid	Nov. 1984 -April 1985	Mai 1985 -Okt. 1985	Nov. 1985 -April 1986	Mai 1986 -Okt. 86
Remlingen 9	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	2,6	< 1,9	< 1,9	< 1,9
	Cs 137	4,8	< 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	< 1,9	< 1,9
Falkenheim Brunnen Nr. 32	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	2,8	< 1,9
Kissenbrück Wasserbe- hälter Nr.39	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	< 1,9	< 1,9	< 1,9	< 1,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	2,7	< 1,9
Gr.Vahlberg Überlauf Wasserbe- hälter Nr.51	Pu 239	< 0,19	< 0,19	< 0,19	< 0,19
	Sr 90	5,6	5,0	6,5	5,9
	Cs 137	< 1,9	< 1,9	< 1,9	3,9

x) Die Nummer entspricht der jeweiligen Meßstelle der Tabelle 2



### 2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft

Die Überwachung der bodennahen Luft in der Umgebung der 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  $100 \text{ m}^3$  Luft über ein Großflächenfilter mit ca.  $300 \text{ cm}^2$  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 Gesamtaktivitäts-Konzentration ergab Werte zwischen 2 und  $58 \text{ Bq/m}^3$  und lag somit im Bereich der meteorologisch bedingten Schwankungen (ca. 0,5 bis  $100 \text{ Bq/m}^3$ ) der in der Natur vorkommenden Radon- und Thoron-Folgeprodukte, wie sie auch an anderen Stellen der Bundesrepublik Deutschland gemessen werden. Eine Erhöhung der Werte durch die Abwetter der Schachtanlage konnte selbst an der Probenahmestelle, die stets in der Abwetterfahne des Diffusors gewählt wurde, nicht festgestellt werden.

Nach einer Abklingzeit von sieben Tagen wurden die Filter erneut ausgemessen. Bei den am 15.5 1986 genommenen Proben wurde eine Aktivitätskonzentration langlebiger Betastrahler von etwa  $4 \text{ mBq/m}^3$  gemessen. Diese vorübergehende Erhöhung ist mit Sicherheit auf die sowjetische Reaktorkatastrophe zurückzuführen, wie auch die Messungen mit den kontinuierlich sammelnden Meßstellen (s.u.) belegen. Bei allen übrigen Messungen lagen die so bestimmten langlebigen Aerosolaktivitäten unter den Nachweisgrenzen von  $1,5 \text{ mBq/m}^3$  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 Abwetterfanne 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.  $300 \text{ cm}^2$  Fläche gesammelt und die akkumulierten Alpha- und Beta-Aktivitäten kontinuierlich gemessen und registriert.

Der vorübergehende Anstieg der Beta-Aerosolkonzentration nach der sowjetischen Reaktorkatastrophe wurde mit beiden Meßstationen registriert. Die Meßwerte der erhöhten Konzentration langlebiger Betastrahler sind im Anhang in Tab. A5 aufgeführt

Nach einem Luftdurchsatz von ca.  $8000 \text{ m}^3$  werden die Filter 14-täglich gewechselt und gammaspektrometrisch analysiert. Darüber hinaus werden einzelne Filter stichprobenartig zu Kontrollzwecken im Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes 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 noch die nach dem sowjetischen Reaktorunglück freigesetzten Spaltprodukte nachgewiesen. Diese Meßergebnisse sind im Anhang in den Tabellen A3 und A4 für die Radionuklide mit Halbwertzeiten von mehr als 8 Tagen aufgeführt.

Tabelle 4: Aktivitätskonzentration langlebiger Aerosole der Luft in der Umgebung der Schachtanlage Asse, in mBq/m<sup>3</sup>

<u>Nuklid</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>
<u>Sammelzeitraum (1986)</u>	<u>Referenzstelle</u>		<u>Anlagenzaun in Hauptausbreitungsrichtung</u>	
03.01. - 17.01.	1,9	0,21	1,8	0,21
17.01. - 31.01.	1,8	0,20	1,7	0,17
31.01. - 10.02.*			2,9	1,08
10.02. - 14.02.			4,9	1,12
31.01. - 14.02.*	3,6	1,21		
14.02. - 19.02.*			3,1	0,70
19.02. - 28.02.			3,3	0,43
14.02. - 28.02.*	3,4	0,58		
28.02. - 10.03.*			2,0	0,44
10.03. - 19.03.*			2,3	0,55
28.02. - 14.03.	2,3	0,51		
14.03. - 27.03.	3,3	0,41		
19.03. - 27.03.*			2,7	0,21
27.03. - 11.04.	2,1	0,10	1,7	0,11
11.04. - 25.04.	3,2	0,17	3,0	0,17
25.04. - 09.05.	<3,6	<2,70	<2,0	<1,60
09.05. - 23.05.	4,2	0,30	3,6	0,21
23.05. - 06.06.	3,4	0,24	3,1	0,19
06.06. - 20.06.	4,0	0,27	3,5	0,25
20.06. - 04.07.	4,6	0,64	4,3	0,46
04.07. - 18.07.	3,4	0,30	3,0	0,22
18.07. - 01.08.	3,6	0,27	3,2	0,26
01.08. - 15.08.	4,6	0,44	4,0	0,39
15.08. - 29.08.	3,6	0,31	3,1	0,27
29.08. - 12.09.	2,7	0,21	2,4	0,15
12.09. - 26.09.	3,2	0,26	2,8	0,23
26.09. - 10.10.	2,9	0,37	2,5	0,31
10.10. - 24.10.	3,3	0,75	3,1	0,73
24.10. - 07.11.	2,7	0,18	2,3	0,18
07.11. - 21.11.	3,7	0,61	3,3	0,54
21.11. - 05.12.	1,9	0,38	2,4	0,31
05.12. - 19.12.	2,7	0,44	2,4	0,37
19.12. - 05.01.*	2,2	0,30		
19.12. - 02.01.*			1,8	0,23

\* vorzeitiger Filterwechsel wegen Verstopfung

## 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. 2 ersichtlich. Eine davon (G 7) liegt ca. 2 km südwestlich der Anlage und dient als Referenzstelle.

Die Entnahme der Grasproben erfolgt zweimal jährlich. Die Proben werden getrocknet, zerkleinert und anschließend ca. 20 Stunden in einer 1 l-Ringschale gammaspektrometrisch gemessen. Dabei wurde eine Nachweisgrenze von 1,0 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 und K 40, Pb 210 und Pb 214 aus der Uran/Radium-Reihe, Pb 212 aus der Thorium-Reihe). Da die Probenahmen im Jahre 1986 sämtlich nach dem sowjetischen Reaktorunfall vorgenommen wurden, ergaben die Messungen entsprechend erhöhte Konzentrationen von Spaltprodukten (Ruthen 103 und 106, Cäsium 134 und 137 und Cer 144). Neben den in Tab. 5 aufgeführten Spaltprodukten wurden weiterhin Niob 95, metastabiles Silber 110, Antimon 125, Jod 131, Barium 140 und Cer 141 nachgewiesen. Durch die hohe Gesamtaktivitätskonzentration in den Proben war die Bestimmung der natürlich radioaktiven Nuklide zwangsläufig erschwert, so daß die Meßwerte mit größeren Unsicherheiten behaftet sind.

## 2.5 Bodenproben

An denselben Probenahmestellen für Gras (s. Abb. 2) in der näheren Umgebung der Schachanlage Asse wird 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. Eine Beeinflussung durch die Schachanlage Asse ist nicht zu erkennen.

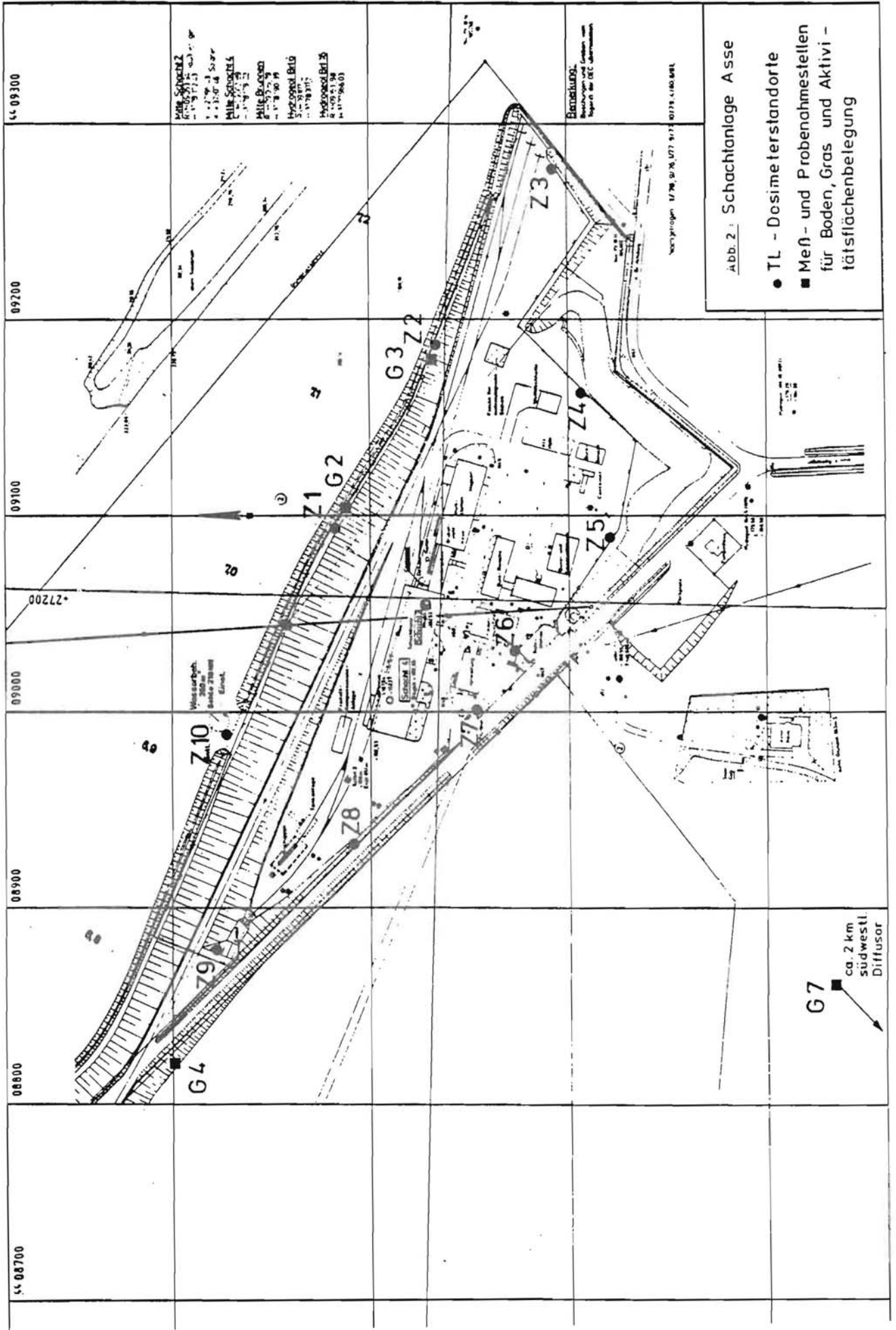


Abb. 2 : Schachtanlage Asse

- TL - Dosimeterstandorte
- Meß- und Probenahmestellen für Boden, Gras und Aktivitätsflächenbelegung

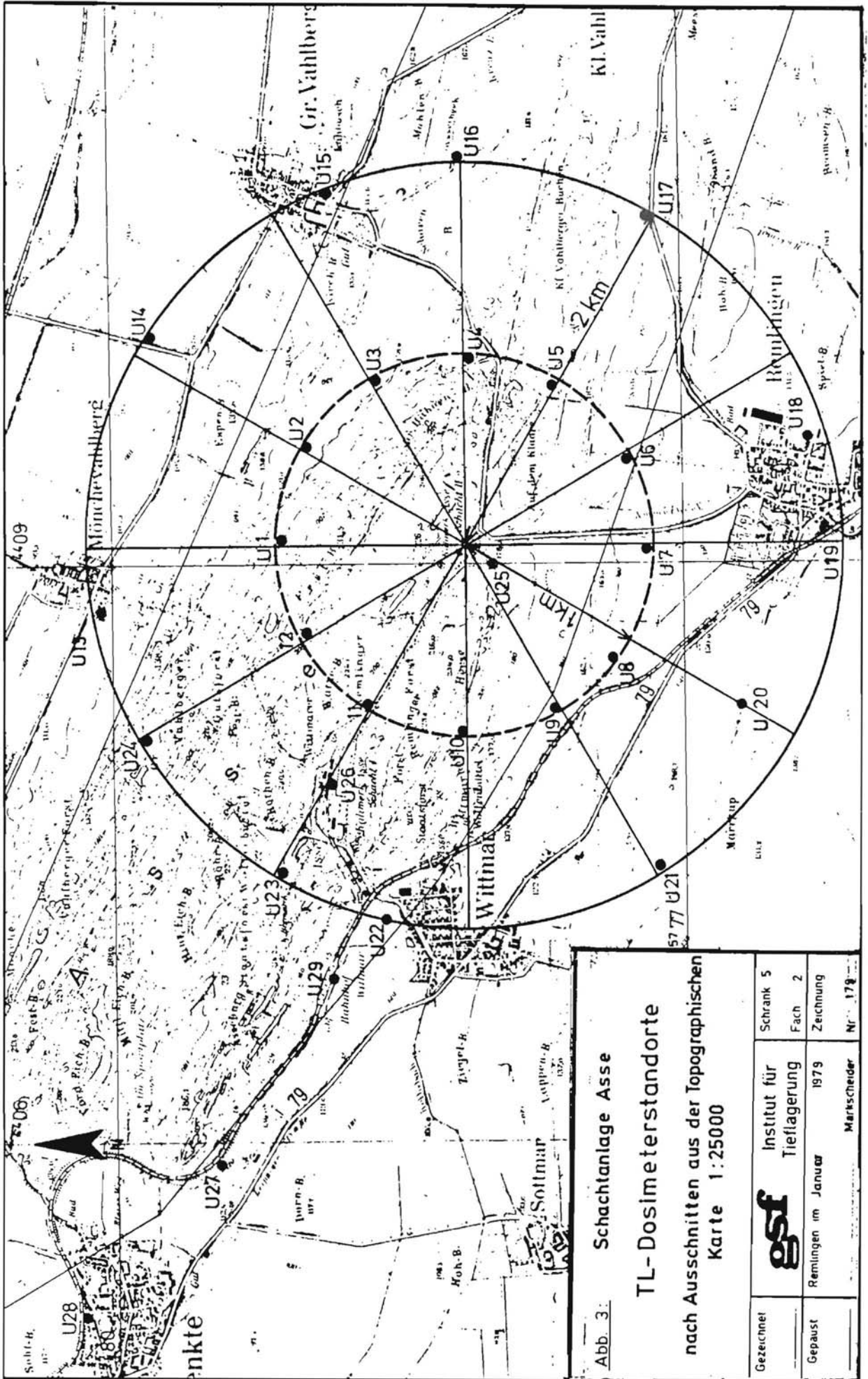


Abb. 3: SchachanlageASSE

TL-Dosimeterstandorte

nach Ausschnitten aus der Topographischen Karte 1:25000

Gezeichnet	Schrank 5
Gepaust	Remlingen im Januar 1979
	Zeichnung
	Markischer Nr. 178
	Institut für Tiefelagerung
	Fach 2



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	05.06.1985	05.09.1985	10.06.1986	10.09.1986
G 2		Be 7	40	208	114	327
		K 40	596	498	521	363
		Pb 210	11	27	33	15
		Pb 212	-	2,8	1,3	13
		Pb 214	-	1,8	1,2	12
		Cs 137	-	0,4	1497	1009
		Cs 134	-	-	808	455
		Ru 103	-	-	1266	110
		Ru 106	-	-	576	312
		Ce 144	-	-	131	55
G 3		Be 7	40	168	136	334
		K 40	561	445	461	315
		Pb 210	10	23	35	13
		Pb 212	-	3,9	3,3	7,7
		Pb 214	-	3,2	3,5	6,1
		Cs 137	-	-	1752	1103
		Cs 134	-	-	943	498
		Ru 103	-	-	1716	124
		Ru 106	-	-	792	322
		Ce 144	-	-	197	68
G 4		Be 7	42	292	113	419
		K 40	741	474	592	425
		Pb 210	10	43	27	68
		Pb 212	-	3,1	0,9	3,4
		Pb 214	-	-	-	3,3
		Cs 137	-	0,4	1233	651
		Cs 134	-	-	673	287
		Ru 103	-	-	1303	97
		Ru 106	-	-	596	241
		Ce 144	-	-	123	61
G 7		Be 7	58	206	25	351
		K 40	741	303	665	349
		Pb 210	10	22	9,5	48
		Pb 212	-	-	-	3,0
		Pb 214	-	-	-	3,4
		Cs 137	-	-	195	361
		Cs 134	-	-	105	163
		Ru 103	-	-	191	55
		Ru 106	-	-	88	127
		Ce 144	-	-	11	21



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

Probenahme- datum		05.06.1985	05.09.1985	10.06.1986	24.09.1986
Ort (s. Abb. 2)	Nuklid				
G 2	K 40	630	608	526	623
	Pb 210	33	28	30	30
	Pb 212	41	39	34	41
	Pb 214	34	34	30	34
	Cs 137	4,6	4,6	16,1	27,5
	Cs 134	--	--	7,0	11,6
	Ru 103	--	--	20,5	7,0
	Rh 106	--	--	8,9	13,6
	Sb 125	--	--	1,5	2,3
	-----				
G 3	K 40	655	641	568	605
	Pb 210	32	29	32	27
	Pb 212	44	42	38	39
	Pb 214	34	35	34	34
	Cs 137	3,9	4,7	19,8	19,9
	Cs 134	--	--	8,5	7,8
	Ru 103	--	--	27,1	--
	Rh 106	--	--	10,7	8,6
	Sb 125	--	--	1,9	1,2
	-----				
G 4	K 40	625	628	543	622
	Pb 210	26	32	29	24
	Pb 212	38	40	35	39
	Pb 214	32	34	30	34
	Cs 137	0,9	1,5	12,1	11,6
	Cs 134	--	--	6,2	5,3
	Ru 103	--	--	17,4	1,9
	Rh 106	--	--	7,9	7,1
	Sb 125	--	--	0,9	1,3
	-----				
G 7	K 40	455	557	415	492
	Pb 210	29	32	32	28
	Pb 212	27	34	25	27
	Pb 214	24	34	24	26
	Cs 137	15,0	8,9	21,9	38,3
	Cs 134	--	--	4,4	12
	Ru 103	--	--	14,6	3,6
	Rh 106	--	--	5,5	12,3
	Sb 125	--	--	1,4	1,8

## 2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens

An drei MeBorten in der Nähe des Anlagenzaunes (s. Abb. 2) sowie zusätzlich an einem MeBort in der jeweils herrschenden Abwindrichtung wird zweimal jährlich die Gesamt-Beta-aktivitätsflächenbelegung 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  $180 \text{ cm}^2$  verwendet. Bei einer Untergrundzählrate von  $8 \text{ s}^{-1}$  wird eine Nachweisgrenze von ca.  $0,2 \text{ Bq/cm}^2$  erreicht. Bis 1985 lagen alle MeBergebnisse im Bereich der jeweiligen Nachweisgrenze oder darunter. Nachdem mit den Regenfällen vom 4. und 5. Mai 1986 der größte Teil des Fallouts nach dem sowjetischen Reaktorunglück niedergegangen war, wurden Stichprobenmessungen innerhalb des Anlagenbereiches durchgeführt. Hierbei wurden Werte zwischen 2 und  $3 \text{ Bq/cm}^2$  ermittelt. Mit der Ablagerung von Beta/Gammastrahlern geht eine meßbare Erhöhung der Gamma-Ortsdosisleistung einher. Parallele Messungen mit einem empfindlichen Dosisleistungsmeßgerät ergaben Werte im Bereich zwischen 250 und  $320 \text{ nSv/h}$ . Die innerhalb des regulären Überwachungsprogramms später im Juni und September gemessenen Werte sind in Tab. 6a aufgeführt.

Tabelle 6a Aktivitätsflächenbelegung ( $\text{Bq/cm}^2$ ) und Dosisleistung ( $\text{nSv/h}$ ) in der Umgebung.

MeBdatum	10.06.86		24.09.86	
	Akt.fl.blg.	DL	Akt.fl.blg.	DL
2	0,51	150	0,31	100
3	0,54	150	0,32	100
4	0,75	150	$\leq 0,2$	95
5	0,77	140	0,25	95

## 2.7 Strahlung in der Umgebung

Die akkumulierte Gamma-Strahlenexposition in der Umgebung der Schnachanlage Asse wird mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) ermittelt. Die Dosimeter sind im Umkreis von etwa einem und zwei Kilometern um den Schacht Asse 2 (U 1 - U 24), entlang der Bahnlinie (U 25 - U 29) und am Zaun der Anlage (Z 1 - Z 10) als Doppeldosimeter ausgelegt und werden nach einer Exposition von ca. sechs Monaten ausgetauscht. Einen Überblick über die Lage der Meßstellen vermitteln die Abbildungen 2 und 3. Für die Auswertung wird jeweils der Mittelwert eines Dosimeterpaares herangezogen. Für ein abhandengekommenes oder unauswertbares Dosimeter eines Dosimeterpaares wird der Meßwert des verbliebenen Dosimeters angenommen.

In Tabelle 7 sind die aus den Halbjahres-Meßwerten errechneten Jahresortsdosiswerte zusammen mit den Ergebnissen des Vorjahres aufgeführt und in den Diagrammen in Abb. 4 dargestellt. Die Meßwerte in der Umgebung (U1 bis U29) liegen im Mittel um 0,14 mSv über den Vorjahreswerten. Dieser Anstieg ist eine Auswirkung des nach dem sowjetischen Reaktorunglück abgelagerten Fallouts. Diese Aussage wird durch die Dosisleistungsmessungen (s. Abschn. 2.6) belegt. 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.

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

Meßstelle	1985	1986	Meßstelle	1985	1986
U 1	0,62	0,83	U 21	0,64	0,86
U 2	0,73	0,88	U 22	0,73	0,91
U 3	0,68	0,79	U 23	0,73	0,92
U 4	0,63	0,77	U 24	0,63	0,72
U 5	0,64	0,74	U 25	0,71	0,80
U 6	0,75	0,84	U 26	0,65	0,90
U 7	0,87	0,91	U 27	0,71	0,89
U 8	0,68	0,90	U 28	0,86	0,85
U 9	0,59	0,84	U 29	0,62	0,76
U 10	0,58	0,84			
U 11	0,65	0,89	Z 1	1,02	0,92
U 12	0,76	0,79	Z 2	0,91	0,98
U 13	0,76	0,90	Z 3	0,66	0,94
U 14	0,79	0,78	Z 4	0,82	0,89
U 15	0,62	0,72	Z 5	0,74	0,92
U 16	0,64	0,95	Z 6	0,78	0,94
U 17	0,71	0,84	Z 7	0,79	0,82
U 18	0,77	0,81	Z 8	0,85	1,06
U 19	0,89	0,94	Z 9	0,99	1,03
U 20	0,78	0,97	Z 10	0,75	0,99

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

<u>Meßort Nr.</u> <u>(s. Abb. 1)</u>	1	2	3	4	5	7	8	9
<u>Datum</u>	<hr/>							
21.01.86	70				80	70	70	
17.02.86		70	70			60		60
18.03.86	80			60	70	70		
15.04.86		70	70			70	80	
15.05.86				150	150	150		150
19.06.86	100		100			110	100	
14.07.86		90			90	90		90
13.08.86			90	90		90	100	
17.09.86	90	70			80	80		
15.10.86				--	--	--		--
11.11.86		90	90			80	90	
11.12.85	80			90	80	80		

--: Dosisleistungsmeßgerät defekt

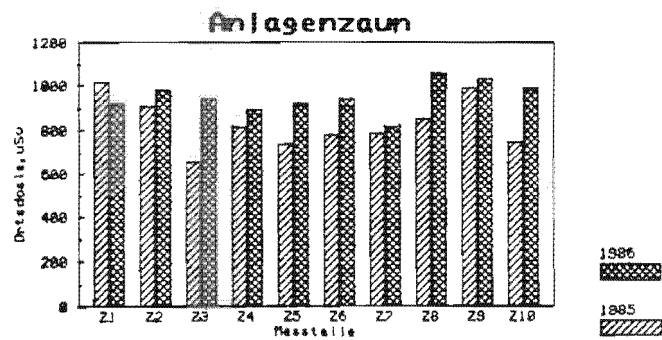
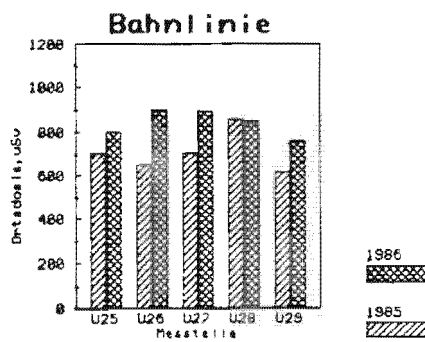
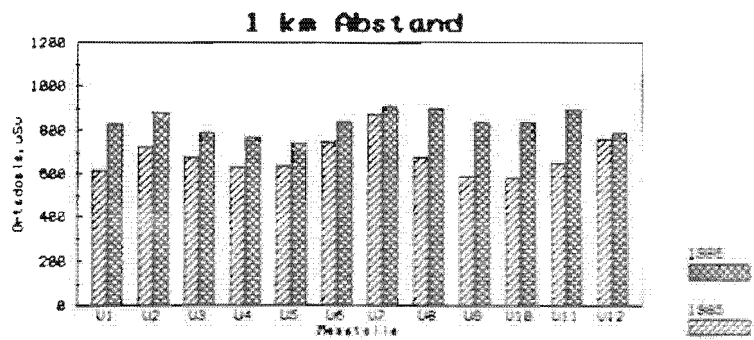
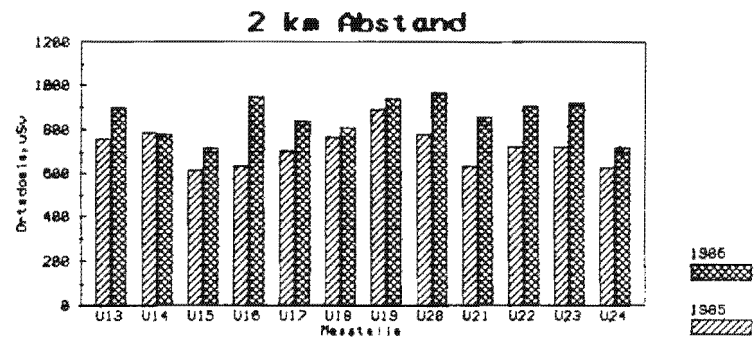


Abb. 4 Jahres-Ortsdosis in der Umgebung der Schachthanlage Asse. 1985 und 1986. (in Mikrosievert)

### 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 SchachanlageASSE werden Messungen der Gamma-Strahlendosis mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) durchgeführt. Dazu sind an repräsentativen Stellen auf der Schachanlage und im Grubengebäude TL-Dosimeter eingesetzt. Wie bei der Umgebungsüberwachung liegen die Dosimeter paarweise aus. Der Austausch erfolgt nach ca. 6 Monaten. Die Jahresdosiswerte werden aus den Ergebnissen der halbjährlichen Expositionszeiträume errechnet, wobei jeweils die Mittelwerte eines Dosimeterpaares verwendet werden. Für ein abhandengekommenes oder unauswertbares Dosimeter eines Dosimeterpaares wird der Meßwert des verbliebenen Dosimeters angenommen.

In Tabelle 9 sind die Jahresdosiswerte und zum Vergleich die Werte aus dem Vorjahr zusammengestellt. Da kein Einlagerungsbetrieb stattfand, waren die Meßstellen übertage (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 übertage. 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 Schachanlage Asse und im Bergwerk in mSv

Meßstelle	1985	1986
Strahlenschutz-Labor	1,11	1,13
I.d. Schachthalle Anchl.	0,64	0,65
I.d. Schachthalle südl.	0,75	0,73
I.d. Schachthalle über der Umladezelle	0,67	0,72
Büro Betriebsleiter	1,32	1,07
Diffusor innen	0,69	0,75
Diffusor außen	1,01	0,94
490 m-Sohle Füllort	0,12	0,20
750 m-Sohle Füllort	0,11	0,16
490 m-Sohle, Steuerpult Ka. 8a	0,08	0,07
750 m-Sohle, Steuerpult Besch.Ka.	0,04	0,04
775 m-Sohle, Low-Level-Meßplatz	0,06	0,06
800 m-Sohle, BMT-Vers.feld	0,12	0,15
800 m-Sohle, HAW-Vers.feld,südl. Kammer	--	0,22
800 m-Sohle, HAW-Vers.feld,nördl. Kammer	--	0,24

### 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 durchschnittliche 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 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 1985 wurden insgesamt 93 Personen überwacht. Bei der Auswertung von 1047 Filmen wurde keine Dosis festgestellt.

### 3.4 Inkorporationsüberwachung

Das gesamte unter Tage beschäftigte Personal (85 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.

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

<u>Betriebspunkt</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>
Laborraum übertage	110	110
490 m-Sohle, Steuerpult der Beschickungs- kammer 8a für mittelradioak- tive Abfälle	14	14
725 m-Sohle, Kammer 7, ca. 1 m über den salzbedeckten schwachradio- aktiven Abfällen	240	270
750 m-Sohle, Füllort	20	20
750 m-Sohle, Kammer 5, ca. 11 m von den schwachradioaktiven Abfällen entfernt	2600	3200
750 m-Sohle, vor der verschlossenen Lager- kammer 4	62	53
750 m-Sohle, Steuerpult in der Beschickungs- kammer	9	10
775 m-Sohle, Low-Level-Meßplatz ("Belgierstrecke")	5	5
800 m-Sohle, HAW-Versuchsfeld nördl. Kammer	--	28
800 m-Sohle HAW-Versuchsfeld südl. Kammer	--	25
870 m-Sohle Blasanlage	15	15

Tabelle 11: Aerosolaktivität in der Grubenabluft im Jahre 1986  
(in mBq/m<sup>3</sup>)

Sammelzeitraum	Schacht 2		Schacht 4	
	Be 7	Pb 210	Be 7	Pb 210
03.01.-17.01.	1,13	2,67	1,35	4,62
17.01.-31.01.	0,76	1,27	1,37	3,05
31.01.-14.02.	1,59	2,01	2,56	1,06
14.02.-28.02.	1,45	2,13	2,19	0,76
28.02.-14.03.	0,83	2,11	1,01	1,06
14.03.-27.03.	0,87	1,60	1,59	0,52
27.03.-11.04.	0,74	1,77	1,49	0,53
11.04.-25.04.	1,14	1,35	2,10	0,33
25.04.-09.05.	2,01	< 0,6	< 2,9	1,45
09.05.-23.05.	1,76	2,58	2,54	0,95
23.05.-06.06.	1,45	2,17	2,39	0,71
06.06.-20.06.	1,27	2,42	2,60	1,17
20.06.-04.07.	1,47	2,46	3,09	1,63
04.07.-18.07.	0,96	1,99	2,01	1,24
18.07.-01.08.	1,44	2,39	2,45	1,06
01.08.-15.08.	1,97	1,70	3,84	1,02
15.08.-29.08.	1,76	1,94	2,74	0,66
29.08.-12.09.	1,09	1,29	1,94	0,40
12.09.-26.09.	1,44	1,52	2,57	0,42
26.09.-10.10.	1,16	1,53	1,86	1,22
10.10.-24.10.	1,34	2,29	2,47	1,09
24.10.-07.11.	1,00	1,51	1,82	0,45
07.11.-21.11.	1,26	1,68	2,20	0,69
21.11.-05.12.	0,79	1,56	1,45	0,49
05.12.-19.12.	1,02	1,68	1,77	0,61
19.12.-02.01.87	0,72	3,18	1,24	0,85

#### 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 beitragen, wurde dieser Anteil bei der Abgabebilanzierung 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  $25 \text{ Bq/m}^3$  und  $230 \text{ Bq/m}^3$  und betrug durchschnittlich  $82 \text{ Bq/m}^3$ ; 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 gemessen werden konnte (s. Kap. 2.3).

Nach dem Abklingen der kurzlebigen Aerosolaktivität wurden die Filter gammaspektrometrisch auf Einzelnuclide untersucht. Dabei wurde eine Nachweisgrenze von ungefähr  $0,1 \text{ mBq/m}^3$  (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 nach dem sowjetischen Reaktorunglück freigesetzte Spaltprodukte nachgewiesen. Die Meßergebnisse für diese Radionuklide mit Halbwertszeiten von mehr als 8 Tagen sind in den Tabellen A1 und A2 des Anhangs aufgeführt. Die Aktivitätskonzentration von Be 7 und der Spaltprodukte in der Abluft des Schachtes 2 ist geringer als in der Umgebungsluft. Dies kann durch die Ablagerung von Aerosolen an den rauhen Oberflächen innerhalb des Grubengebäudes erklärt werden. Im Schacht 4 ist dieser Effekt weniger ausgeprägt, was darauf hindeutet, daß die Luft einen kürzeren Weg im Grubengebäude zurückgelegt hat. Für die Spaltprodukte wird dieser Sachverhalt durch die Abbildungen A 1 und A 2 des Anhangs belegt.

Bei Pb 210, das als langlebiges Tochterprodukt der Uran/Radium-Zerfallsreihe auch in der Natur vorkommt, war eine Erhöhung zu beobachten. Die Meßwerte für Pb 210 in der Abluft des Schachtes 2 ergaben im Jahresmittel eine Konzentration von  $1,9 \text{ mBq/m}^3$ . Dieser Wert liegt in einer Größenordnung, wie er auf Grund der kurzlebigen Folgeprodukte des Radons zu erwarten ist.

#### 4.2 Tritium

Da die Tritiumkonzentration in der Abluft unterhalb der Nachweisgrenze ( $3700 \text{ Bq/m}^3$ ) 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 Radiohydrometrie der GSF in Neuherberg durchgeführt. Bei den wöchentlich genommenen Proben in der Abluft ergaben sich Werte zwischen  $59$  und  $159 \text{ Bq/m}^3$  bei einem Jahresmittelwert von  $105 \text{ Bq/m}^3$ .

#### 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  $\text{CO}_2$ -gebundenem C 14 wird getrennt bestimmt und beträgt bei allen Proben etwa 90 %. Die Gesamtkonzentration an C 14 in den Monatsproben der Abluft ist Tabelle 12 zu entnehmen.

#### 4.4 Andere Radionuklide

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

Die Stichprobenmessungen im Jahre 1978 hatten ergeben, daß die Konzentration von Radiojod unter der Nachweisgrenze üblicher Meßverfahren lag. Deshalb wird auf eine Routineüberwachung von Radiojod verzichtet.

Tabelle 12: Tritium und Kohlenstoff 14 in der Abluft 1986  
Aktivitätskonzentrationen in Bq/m<sup>3</sup>

Sammelzeitraum	Tritium als HTO	C 14 gesamt
Januar	88	1,6
Februar	85	1,4
März	110	1,1
April	77	0,9
Mai	85	0,9
Juni } Juli }	69	1,3
August	80	1,6
September } Oktober }	55	1,1
November	90	1,5
Dezember	74	1,3

Tabelle 13: Plutoniumkonzentration in der Abluft 1986  
(in Mikrobecquerel pro Kubikmeter)

Die Nachweisgrenze entspricht einem  
Vertrauensbereich von 95 %

Sammelzeitraum	Pu 238	Pu 239/240
03.10. - 21.10.1985*	≤ 0,50	≤ 0,70
10.04. - 29.04.1986**		
09.09. - 21.09.1986	≤ 0,76	≤ 0,39

\*: Nachtrag zum Jahresbericht 1985

\*\* : Meßergebnis liegt noch nicht vor, wird in den Jahresbericht  
1987 aufgenommen



Die Bestimmung der Plutoniumkonzentration in der Abluft erfolgt im ausziehenden Wetterstrom auf der 490 m-Sohle. Dazu werden ca. 30.000 m<sup>3</sup> 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.

#### 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  $1,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ .

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 Schachtanlage (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 Schachtanlage trotz bester meßtechnischer Ausstattung nur noch rechnerisch möglich ist. Die errechneten Werte für Pb 210 und kurzlebige Aerosole liegen innerhalb der Schwankungsbreite der Konzentrationen dieser Nuklide in der Umgebungsluft. Dieses wird durch die Umgebungsüberwachungsmessungen (s. Kap. 2.3) bestätigt.

#### 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 20 Mikrosievert. Man erkennt, daß die durch die Emissionen bedingte Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse weit unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung liegt.

**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 § 45 StrlSchV	potentielle Dosis 1986 (aus Spalte 3 berechnet)
	1985	1986					
	GBq	GBq	Jahresmittel in mBq/m <sup>3</sup>			µSv	µSv
H 3	161	130	825	Inhalation	Ganzkörper	300	0,37
				Ingestion	Ganzkörper	300	1,9
C 14	2,8	2,1	13	Inhalation	Knochen	1800	0,093
				Ingestion	Knochen	1800	8,0
Pb 210	0,0023	0,0031	0,020	Inhalation	Niere	900	2,1
				Ingestion	Ganzkörper	300	16
kurzl. Aerosole	121	135	857	Inhalation	Lunge	900 (Rn 222)	35

## 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 innerhalb des betreibereigenen Programms zur Umgebungsüberwachung vorgenommenen Probenahmen und Messungen blieb mit 368 gegenüber dem Vorjahr unverändert. Der Anstieg der Dosisleistung und der Radioaktivität der Luft, Boden- und Bewuchsproben nach der sowjetischen Reaktorkatastrophe wurde mit den vorhandenen Meßsystemen unverzüglich und sicher erkannt.

Alle Messungen ergaben, daß die Aktivitätskonzentrationen natürlich radioaktiver Stoffe in der Umgebungsluft innerhalb des Schwankungsbereiches der Umweltradioaktivität lagen. Die Aktivitätskonzentration der Spaltprodukte stieg nach der sowjetischen Reaktorkatastrophe vorübergehend stark an. Nach dem August 1986 wurden gammaspektrometrisch nur noch Cäsium 137 und 134 nachgewiesen.

Der Rückgang des Cäsiums in den Grasproben ist überwiegend auf die Auswaschung durch Regen zurückzuführen, da die Probenahmeorte nicht landwirtschaftlich genutzt werden. Die Jahresortsdosis in der Umgebung lag im Mittel um 0,14 mSv über den Vorjahreswerten.

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.

ANHANG

Spaltproduktkonzentration der Luft  
im Zeitraum ab Mai 1986

Tabelle A1. Spaltprodukt-Aktivitätskonzentration der Grubenabluft. Meßstelle Schacht 2. (mBq/m<sup>3</sup>)

Sammelzeitraum	Nb 95	Rn 103	Rh 106	Sb 125	J 131	Cs 134	Cs 137	Ce 141	Ba 140
25.4.- 9.5.86	0,384	41,6	10,2	1,1	52,7	12,3	19,6	0,671	12,7
9.5.-23.5.86	0,020	2,0	0,56	0,045	1,7	0,074	1,2	0,027	0,23
23.5.- 6.6.86	--	0,53	0,195	--	0,239	0,196	0,326	--	--
6.6.-20.6.86	--	0,16	--	--	--	0,032	0,041	--	--
20.6.- 4.7.86	--	0,021	--	--	0,024	--	0,013	--	--
4.7.-18.7.86	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Nachweisgrenze (µBq/m <sup>3</sup> )	12	10	78	22	35	15	10	11	78

Tabelle A2. Spaltprodukt-Aktivitätskonzentration der Grubenabluft. Meßstelle Schacht 4. (mBq/m<sup>3</sup>)

Sammelzeitraum	Nb 95	Rn 103	Rh 106	Sb 125	J 131	Cs 134	Cs 137	Ce 141	Ba 140
25.4.- 9.5.86	0,66	73,2	17,9	1,8	101	22	35,1	1,22	2,49
9.5.-23.5.86	0,012	1,35	0,19	--	2,04	0,66	1,05	0,011	0,139
23.5.- 6.6.86	0,019	0,82	0,20	--	0,39	0,33	0,57	0,013	--
6.6.-20.6.86	--	0,31	0,11	--	0,063	0,056	0,067	--	--
20.6.- 4.7.86	--	0,57	--	--	--	--	0,025	--	--
4.7.-18.7.86	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Nachweisgrenze (µBq/m <sup>3</sup> )	12	10	78	22	35	15	10	11	78



Tabelle A3. Spaltprodukt-Aktivitätskonzentration der bodennahen Luft. Meßstelle am Zaun in der häufigsten Ausbreitungsrichtung. (mBq/m<sup>3</sup>)

Sammelzeitraum	Nb 95	Rn 103	Rh 106	Sb 125	J 131	Cs 134	Cs 137	Ce 141	Ba 140
25. 4.- 9. 5.86	1,1	106	24,4	2,01	148	31,5	50,4	2,08	36,6
9. 5.-23. 5.86	0,017	1,7	0,50	0,051	2,1	0,96	1,5	0,036	0,31
23. 5.- 6. 6.86	0,017	1,1	0,36	0,032	0,38	0,46	0,77	0,016	0,12
6. 6.-20. 6.86	--	0,41	0,19	--	0,068	0,085	0,15	--	--
20. 6.- 4. 7.86	--	0,083	0,034	--	0,011	0,051	0,085	--	--
4. 7.-18. 7.86	--	0,045	0,022	--	--	0,049	0,082	--	--
18. 7.- 1. 8.86	--	0,026	0,023	--	--	0,046	0,078	--	--
1. 8.-15. 8.86	--	0,015	--	--	--	0,029	0,055	--	--
15. 8.-29. 8.86	--	--	--	--	--	0,022	0,044	--	--
29. 8.-12. 9.86	--	--	--	--	--	--	0,016	--	--
12. 9.-26. 9.86	--	--	--	--	--	--	0,017	--	--
26. 9.-10.10.86	--	--	--	--	--	--	0,019	--	--
10.10.-24.10.86	--	--	--	--	--	--	0,017	--	--
24.10.- 7.11.86	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.11.-21.11.86	--	--	--	--	--	--	0,011	--	--
21.11.- 5.12.86	--	--	--	--	--	--	0,014	--	--
5.12.-19.12.86	--	--	--	--	--	0,015	0,040	--	--
19.12.- 2. 1.87	--	--	0,055	--	--	0,096	0,183	--	--
Nachweisgrenze (µBq/m <sup>3</sup> )	12	10	78	22	35	15	10	11	78

Tabelle A4. Spaltprodukt-Aktivitätskonzentration der bodennahen Luft. Referenzmeßstelle. (mBq/m<sup>3</sup>)

Sammelzeitraum	Nb 95	Rn 103	Rh 106	Sb 125	J 131	Cs 134	Cs 137	Ce 141	Ba 140
25. 4.- 9. 5.86	1,56	128	28,1	1,85	152	38,0	60,4	2,49	43,8
9. 5.-23. 5.86	0,020	1,39	0,164	0,033	2,29	0,87	1,42	0,26	0,24
23. 5.- 6. 6.86	0,018	1,21	0,408	0,036	0,45	0,482	0,794	0,021	0,14
6. 6.-20. 6.86	0,016	0,525	0,261	--	0,060	0,11	0,172	0,016	--
20. 6.- 4. 7.86	--	0,050	--	--	--	0,020	0,038	--	--
4. 7.-18. 7.86	--	0,037	--	--	--	0,030	0,051	--	--
18. 7.- 1. 8.86	--	--	--	--	--	--	0,028	--	--
1. 8.-15. 8.86	--	--	--	--	--	0,019	0,030	--	--
15. 8.-29. 8.86	--	--	--	--	--	0,015	0,021	--	--
29. 8.-12. 9.86	--	--	--	--	--	--	0,016	--	--
12. 9.-26. 9.86	--	--	--	--	--	0,019	0,031	--	--
26. 9.-10.10.86	--	--	--	--	--	--	0,014	--	--
10.10.-24.10.86	--	--	--	--	--	--	0,027	--	--
24.10.- 7.11.86	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.11.-21.11.86	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.11.- 5.12.86	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.12.-19.12.86	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19.12.- 2. 1.87	--	--	--	--	--	0,017	0,031	--	--
Nachweisgrenze ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ )	12	10	78	22	35	15	10	11	78

Tabelle A5. Tagesmittelwerte der Brutto-Beta-Aktivitätskonzentration der Spaltprodukte in der Umgebungsluft an der Meßstelle Zaun. (Bq/m<sup>3</sup>)

<u>Datum</u>	<u>Mittlere Akt.Konz.</u>
1.5.86	◀ 0,08
2.5.86	0,49
3.5.86	0,55
4.5.86	1,68
5.5.86	3,23
6.5.86	1,03
7.5.86	◀ 0,08
8.5.86	< 0,08

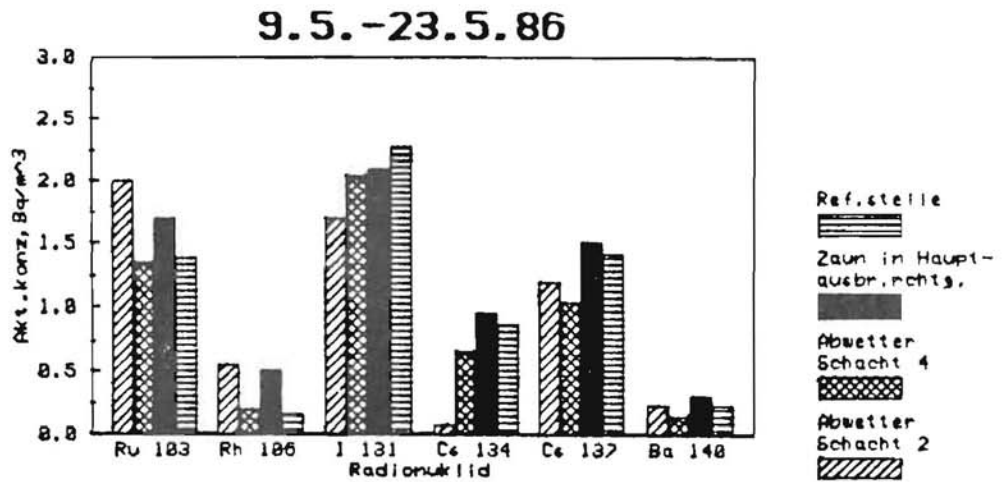
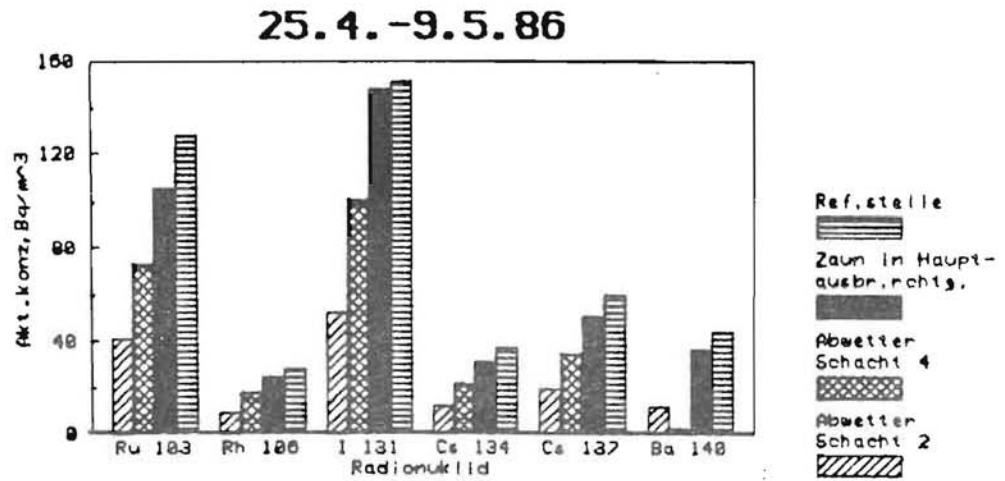


Abb. A 1 und A 2:  
Aktivitätskonzentration der Spaltprodukte in der Luft an verschiedenen Meßstellen