

**Dipl.-Ing. Herbert Meyer: Radiologische Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse**



*Forschungsbergwerk Asse*

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

---

## **Standortüberwachung**

# **Radiologische Umgebungsüberwachung der Schachtanlage Asse**

**Dipl. – Ing. Herbert Meyer  
Leiter Bereich Strahlenschutz  
GSF FB-Asse**

9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

1

Glückauf, meine sehr geehrten Damen und Herren,

vorweg möchte ich Ihnen mitteilen, dass mein Vortrag etwas länger als 30 Minuten dauern wird. Ich gehe von ca. 45 Minuten aus; und ich hoffe, dass meine Stimme wegen meiner Allergie nicht versagt, dann könnte der Vortrag vielleicht doch noch ein wenig länger dauern. Ich bitte um Nachsicht.

Seit Beginn der Einlagerung radioaktiver Abfälle in die Schachtanlage Asse wird die radiologische Umgebungsüberwachung durchgeführt. Im Rahmen dieser Überwachung werden auch die einschlägigen Strahlenschutz-Regelwerke beachtet. Im Laufe der Zeit wurden diese Regelwerke immer wieder aktualisiert und die Programme zur Umgebungsüberwachung angepasst. Die wesentliche Grundlage meines Vortrags sind die Daten der Strahlenschutz- und Umgebungsüberwachungs-Jahresberichte, die jährlich veröffentlicht werden. Um Ihnen einen besseren Überblick zu geben, habe ich die wichtigsten Ergebnisse dieser Berichte in Zeitreihen zusammengefasst, um die Streuung der Daten besser darstellen zu können.

## Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

### Übersicht:

- Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Bergwerksabluft
- Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition
- Umgebungsüberwachung
- Expositionen aus natürlichen Strahlenquellen



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

2

Meinen Vortrag habe ich wie folgt gegliedert:

Zunächst möchte ich auf die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Bergwerksabluft an die Umgebung eingehen. Dann werde ich darstellen, wie aus den abgeleiteten Aktivitätsmengen die potentielle Strahlenexposition für die Bevölkerung anhand von Rechenmodellen ermittelt wird.

Anschließend werde ich auf unsere Überwachungsmessungen in der Umgebung der Schachtanlage Asse eingehen.

Dass die natürliche Strahlenexposition auf Mensch und Umwelt einwirkt, ist bekannt, doch den wenigsten ist bekannt, dass diese Expositionen sehr großen Schwankungsbreiten unterliegen. Aus diesem Grunde möchte ich Ihnen typische Schwankungsbreiten aus dem täglichen Leben vorstellen.



**Grund der Überwachung:  
Einlagerung radioaktiver Abfälle in die Schachtanlage Asse  
von April 1967 bis Dezember 1978**

**Schwachradioaktive Abfälle**

**Art der Abfälle**

Verfestigte Konzentrate, Asche,  
Laborabfälle, Schrott, medizinische  
Präparate, kont. Geräte und Kleidung

**Eingelagerte Menge**

124.494 Gebinde (Fässer und VBA)  
mit ca.  $1,9 \times 10^{15}$  Becquerel (01.01.2002)  
60 % der Gesamtaktivität

**Einlagerungsbereich**

11 Kammern auf der 750-m-Sohle  
1 Kammer auf der 725-m-Sohle

**Mittelradioaktive Abfälle**

**Art der Abfälle**

Überwiegend Schrott und verfestigte  
Verdampferkonzentrate aus der  
Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

**Eingelagerte Menge**

1.293 Fässer  
mit ca.  $1,2 \times 10^{15}$  Becquerel (01.01.2002)  
40 % der Gesamtaktivität

**Einlagerungsbereich**

Kammer 8a auf der 511-m-Sohle

Grund der Umgebungsüberwachung ist die Einlagerung radioaktiver Abfälle, die von 1967 bis 1978 dauerte.

Es wurden schwach- und mittelradioaktive Abfälle eingelagert. An schwachradioaktiven Abfällen wurden verfestigte Konzentrate, Aschen, Laborabfälle, Geräte sowie kontaminierte Teile eingelagert. Die Abfälle sind überwiegend verfestigt. Die eingelagerte Menge an schwachradioaktiven Abfällen umfasst ca. 125.000 Gebinde mit einer Gesamtaktivität von  $1,9 \times 10^{15}$  Becquerel.

Die Abfälle wurden in 11 Kammern auf der 750-m-Sohle und in einer Kammer auf der 725-m-Sohle eingelagert.

Die Einlagerung mittelradioaktiver Abfälle erfolgte von 1972 bis 1977. Es wurden überwiegend Schrott und verfestigte Verdampferkonzentrate eingelagert, die fast alle aus dem Forschungszentrum Karlsruhe kamen. Eingelagert wurden ca. 1.300 Gebinde mit mittelradioaktiven Abfällen mit einer Gesamtaktivität von  $1,2 \times 10^{15}$  Becquerel. Die MAW-Abfälle wurden in die Kammer 8a auf der 511-m-Sohle eingelagert.



## Grundlage der Strahlenschutzüberwachung

### Während der Einlagerung (1967 bis 1978)

- Strahlenschutzverordnung i. d. jeweils gültigen Fassung
- Zugelassene Betriebspläne
- Einschlägige Richtlinien und DIN-Normen

### Nach der Einlagerung (ab 1979 bis heute)

- Strahlenschutzverordnung i. d. jeweils gültigen Fassung
- Fortführung der Überwachung durch eine Anordnung nach § 19 Atomgesetz
- Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, REI (BMI, 1979)
- Fortschreibung der REI (BMU, 1995, 2005)
- Einschlägige Richtlinien und DIN-Normen

Grundlagen der Strahlenschutzüberwachung am Forschungsbergwerk Asse waren während der Einlagerung von 1967 bis 1978

- die Strahlenschutzverordnung in der jeweils gültigen Fassung
- die einschlägigen Richtlinien und DIN-Normen
- und die zugelassenen Betriebspläne von der Bergbehörde

Von 1979 bis heute erfolgt die Strahlenschutzüberwachung nach

- der Strahlenschutzverordnung in der jeweils gültigen Fassung
- einer Anordnung der Bergbehörde gemäß § 19 Atomgesetz und
- in Anlehnung an die Richtlinie „Immissions- und Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“, die erstmalig vom BMI 1979 herausgegeben wurde. Sie wurde fortgeschrieben und 1995 und 2005 aktualisiert.
- den einschlägigen Richtlinien und DIN



### Schachtanlage Asse



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

5

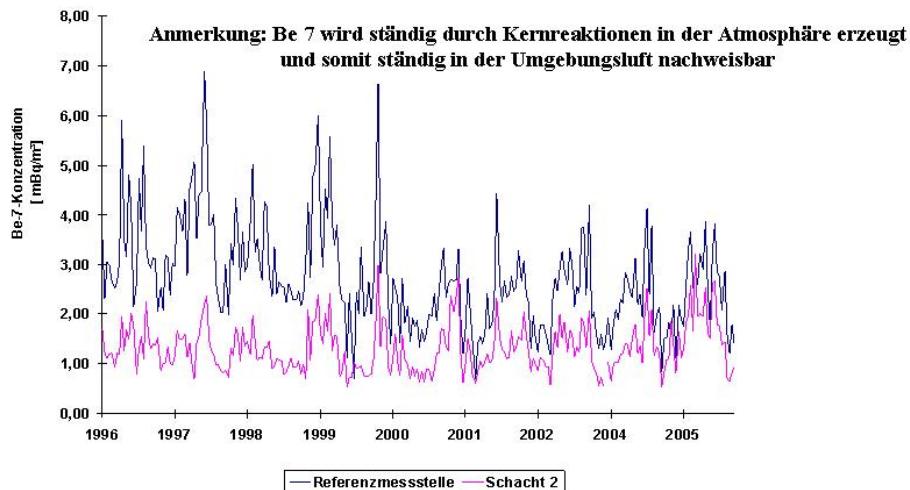
Hier sehen wir ein Foto der Schachtanlage Asse, im Vordergrund ist das Fördermaschinenhaus zu sehen. Im Hintergrund ist der Förderturm, darunter befindet sich der einziehende Schacht für die Bewetterung des Bergwerkes. Am rechten Bildrand sehen wir den Diffusor, dort wird die Bergwerksabluft an die Umgebung abgeleitet.

Es werden jährlich ca.  $1 \times 10^9$  Kubikmeter abgegeben. Man kann auch sagen 1 Kubikkilometer Luft, das ist ein Würfel mit einer Kantenlänge von einem Kilometer. Das ist die Abluftmenge, die in einem Jahr vom Bergwerk abgegeben wird. Aus dieser Abluft wird ein Teilstrom für kontinuierliche Aktivitätsmessung bzw. diskontinuierliche Aktivitätsmessung entnommen, letztere für Radionuklide, die aufgrund ihrer geringen Konzentration spezielle Sammlungsverfahren benötigen.



### Be-7-Aktivitätskonzentration

in der Abluft der Schachtanlage Asse und  
an der Referenzmessstelle in der Umgebung



9. Informationsveranstaltung über die Schachtanlage Asse

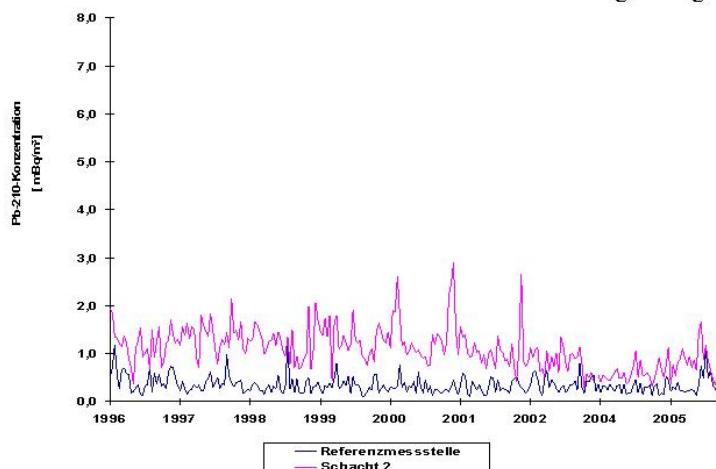
6

Die Ergebnisse der Abluftüberwachung möchte ich Ihnen kurz vorstellen.  
Hier sehen Sie die Beryllium-7-Aktivitätskonzentration, die wir in der Abluft messen.  
Zum Vergleich wird auch die Beryllium-7-Aktivitätskonzentration in der  
Umgebungsluft dargestellt. An dieser Stelle muss ich anmerken, dass Beryllium-7  
durch Kernreaktionen von hochenergetischen Teilchen aus dem Weltall in der  
Atmosphäre erzeugt wird und somit ständig in der Umgebungsluft vorhanden ist und  
sich weltweit verteilt.  
Beryllium- 7 ist somit ein natürliches Radionuklid und wird nicht von den  
eingelagerten Abfällen emittiert.  
Man sieht auf der Folie sehr deutlich, dass die höheren Beryllium-7-Konzentrationen  
in der Umgebungsluft gemessen werden und nicht in der Abluft.



### Pb-210-Aktivitätskonzentration

in der Abluft der Schachtanlage Asse und  
an der Referenzmessstelle in der Umgebung



Auf der nächsten Folie sehen wir die gemessene Blei-210-Konzentration in der Abluft und vergleichend dazu die Blei-210-Konzentration in der Umgebungsluft.

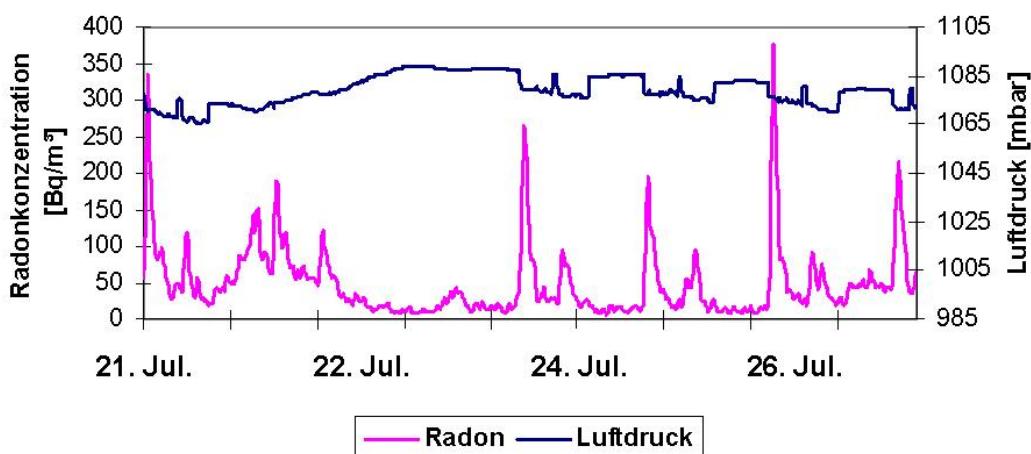
Blei 210 ist ein Folgeprodukt der Uran-Radium-Reihe. Die Folgeprodukte dieser Reihe sind Bestandteile der Erdkruste und treten in unterschiedlichen Konzentrationen auf. Auch Radium 226 gehört zu dieser Zerfallsreihe. Das Radium 226 zerfällt über das gasförmige Radon 222 in das Blei 210. Entweicht das gasförmige Radon 222 aus der Erdkruste, wird das Schwermetall Blei 210 in der Umgebungsluft gebildet und verteilt sich dort. Mit den Abfällen wurde u. a. auch Radium 226 eingelagert. Sein Tochternuklid Radon 222 kann als gasförmiges Tochternuklid aus den Abfällen entweichen und über mehrere Tochternuklide in das Blei 210 zerfallen.

Auf der Folie erkennen wir, dass die Aktivitätskonzentration in der Abluft etwas höher ist als in der Umgebungsluft. Stellenweise ist die Umgebungsluft nahezu identisch mit der Abluft. Auf diesen Punkt komme ich später noch einmal bei der Berechnung der potenziellen Strahlenexposition zu sprechen.



### Radon 222

vor einer Einlagerungskammer auf der 750-m-Sohle



Die nächste Folie zeigt den zeitlichen Verlauf der Aktivitätskonzentration von Radon 222 vor einer Einlagerungskammer auf der 750-m-Sohle.

Ich hatte vorhin erwähnt, dass das gasförmige Radon 222 ein Folgeprodukt der Uran-Radium-Reihe ist und ein Tochterzustand von Radium 226.

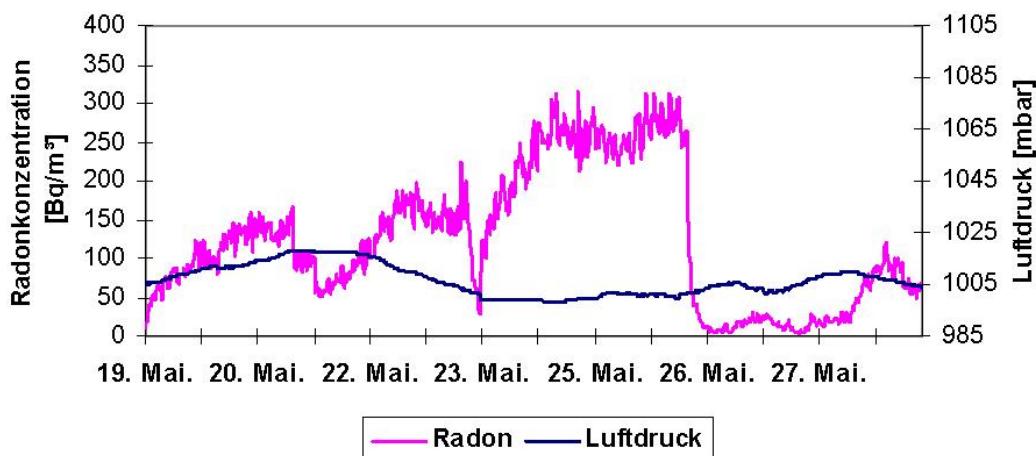
Auf dieser Folie kann man sehr deutlich erkennen, wie das gasförmige Radon 222 aufgrund von Luftdruckänderungen aus einer Einlagerungskammer entweichen kann. Auf der Folie wird der Luftdruck durch die obere Kurve dargestellt. Sie sehen hier ein Abfallen des Luftdrucks – an diesem Punkt wird der Hauptgrubenlüfter zur Bewetterung des Bergwerks eingeschaltet. Dadurch wird in diesem Moment im Grubengebäude ein Unterdruck erzeugt. Zu diesem Zeitpunkt herrscht in der Einlagerungskammer ein geringfügiger Überdruck. Dieser Differenzdruck reicht aus, das gasförmige Radon 222 aus der Kammer in die Strecken entweichen zu lassen, von dort wird es mit der Bergwerksabluft an die Umgebung abgeleitet.

Somit treten beim Einschalten des Hauptgrubenlüfters kurzzeitig maximale Radon-222-Aktivitätskonzentrationen von bis zu  $400 \text{ Bq/m}^3$  auf. Die mittlere Radon 222-Aktivitätskonzentration liegt vor der Kammer im Bereich von  $50 \text{ Bq/m}^3$  bis  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Beim Ausschalten des Hauptgrubenlüfters wird dagegen kein Radon aus den Einlagerungskammern freigesetzt. Nicht nur durch das Einschalten des Hauptgrubenlüfters wird Radon freigesetzt, sondern auch ein stetiges Fallen des barometrischen Luftdrucks bewirkt eine Freisetzung von Radon aus den Einlagerungskammern.



## Radon 222

im Keller eines Wohnhauses



Zum Vergleich sehen Sie hier die Radon-222-Konzentration in einem Keller eines Wohnhauses. Die Freisetzung wird hier ebenfalls durch Luftdruckänderungen verursacht.

Die untere Kurve zeigt uns den Verlauf des Luftdruckes. Fällt der Luftdruck, so steigt die Radon-222-Konzentration schlagartig im Keller an.

Die Radonkonzentration kann sich dann weiter aufbauen, da die Belüftung des Kellerraumes in der Regel gering ist. Die mittlere Radon-222-Konzentration liegt im Keller im Bereich von  $150 \text{ Bq/m}^3$  bis  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Der Mittelwert der Radon-Konzentration ist somit im Keller des Wohnhauses höher als vor der Einlagerungskammer. Woran liegt das? Das hängt, wie bereits erwähnt, mit der Belüftung zusammen. Je schlechter ich lüfte, desto höher kann die Radon-222-Konzentration ansteigen.



## Ermittlung von Plutoniumkonzentrationen in der Abluft

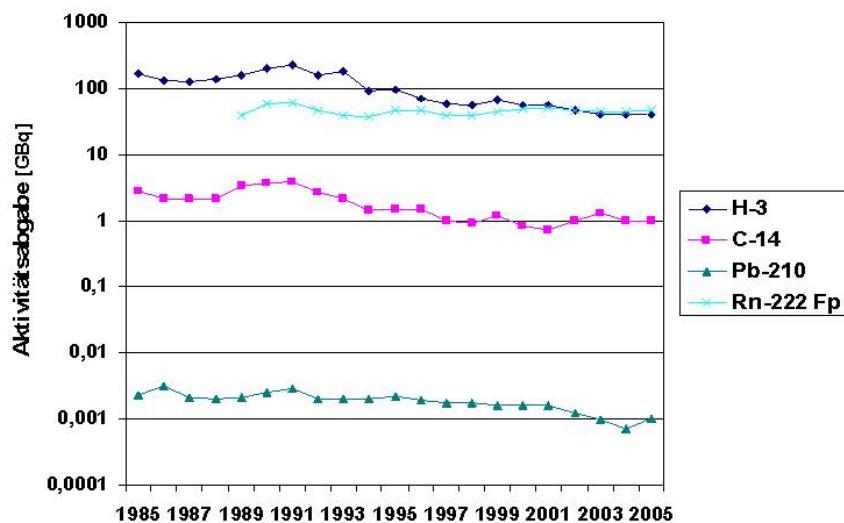
**Wegen der extrem geringen Konzentration von möglichen Pu-Isotope in der Abluft werden spezielle Anreicherungsverfahren und Analysemethoden durchgeführt.**

- Halbjährliche Probenahme in der Abluft
- Spezialfilter werden mit ca. 30.000 m<sup>3</sup> Luft bestaubt
- Die Sammelzeit erstreckt sich über 2 bis 3 Wochen
- Auswertung erfolgt durch ein Speziallabor der Universität Regensburg
- Die Pu-Konzentrationen lagen stets unterhalb der vorgeschriebenen Nachweisgrenze
- Nachweisgrenze liegt bei 2 Mikro-Bq/m<sup>3</sup>

Kommen wir nun zur Ermittlung spezieller Nuklide in der Bergwerksabluft. Wegen der extrem geringen Konzentration von möglichen Plutoniumisotopen in der Abluft werden spezielle Anreicherungsverfahren und Analysemethoden durchgeführt. In halbjährlichen Abständen werden Spezialfilter über 2 bis 3 Wochen mit ca. 30.000 m<sup>3</sup> Abluft beaufschlagt, wobei die Staubpartikel mit ihren radioaktiven Stoffen auf dem Filter abgeschieden werden. Die Auswertung erfolgt nicht auf der Schachtanlage Asse, da wir hierfür nicht über die entsprechenden Messgeräte verfügen. Wir schicken diese Filter an das Speziallabor der Universität Regensburg, welches speziell auf die Analytik von Plutoniumspuren ausgerichtet ist. Die Auswertungen zeigen, dass die Plutoniumkonzentrationen stets unterhalb der vorgeschriebenen Nachweisgrenze lagen. Die Nachweisgrenze liegt bei 2 Mikro-Becquerel pro Kubikmeter. Diese Nachweisgrenze ist extrem niedrig, ist jedoch nicht besonders anschaulich. Dazu ein Beispiel: Würde eine erwachsene Person die Abluft des Bergwerkes ständig einatmen, so hätte sie am Ende ihres Lebens noch nicht einmal ein Becquerel Plutonium eingeatmet. Dies zur Veranschaulichung, um eine ungefähre Vorstellung dieser Nachweisgrenze zu bekommen.



### Jährliche Aktivitätsabgabe mit der Abluft H-3, C-14, Pb-210 und Rn-222-Folgeprodukte



Wir messen Aktivitätskonzentrationen von Tritium, „Radiokohlenstoff 14“, Blei 210, Radon 222 und Radonfolgeprodukte in der Abluft.  
Werden diese Aktivitätskonzentrationen mit der Abluftmenge multipliziert, so erhält man die Radioaktivitätsabgabe. Sie sehen, dass über die Jahre die Abgaben relativ konstant sind, mit leicht fallender Tendenz.



## Berechnung der Strahlenexposition für die Bevölkerung in der Umgebung der Schachtanlage Asse

### Vorgehensweise

#### Abgabe von radioaktiven Stoffen mit der Abluft

- Tritium in Form von Wasserdampf
- C 14 als Kohlendioxid
- Pb 210 als Aerosol
- Radon (Gas) und seine Folgeprodukte als Aerosole

#### Expositionspfade

- Inhalation
- Ingestion
- Gammasubmersion
- Betasubmersion
- Bodenstrahlung

Aus der Menge der mit der Bergwerksabluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe kann man eine potentielle Strahlenexposition für die Bevölkerung in der Umgebung der Schachtanlage Asse errechnen. Bei der Abgabe berücksichtigen wir Tritium in Form von Wasserdampf als HTO, Kohlenstoff 14 als gasförmiges Radiokohlendioxid und Blei 210 als Aerosol. Das Radon 222 wird einschließlich seiner kurzlebigen Folgeprodukte berücksichtigt.

Darüber hinaus müssen gemäß den einschlägigen Vorschriften Expositionspfade festgelegt werden.

Hierbei wird eine fiktive Bevölkerungsgruppe mit sechs Personen in unterschiedlichen Altersgruppen am Anlagenzaun angenommen. Diese Personen leben dort das ganze Jahr im Freien, nicht in Häusern und sind splitternackt. Sie bewirtschaften ein Grundstück am Zaun, wo sie Landwirtschaft und Fischzucht betreiben und sich ausschließlich von ihren eigenen Erzeugnissen ernähren. Ihren Trinkwasserbedarf entnehmen sie ebenfalls aus einem Brunnen am Zaun.

Sie inhalieren die Luft, die vom Bergwerk abgegeben wird und über sie hinweg streicht.

Als erstes betrachten wir die Gammasubmersion. Hierbei wird der Beitrag der Dosis der mit der Abluft abgegebenen gammastrahlenden Partikel in der Umgebungsluft der Bevölkerungsgruppe betrachtet.

Für die Betasubmersion gilt sinngemäß das gleiche. Hierbei wird der Beitrag der Dosis der mit der Abluft abgegebenen betastrahlenden Partikel in der Umgebungsluft der Bevölkerungsgruppe betrachtet.

Beide Dosisanteile der Submersion sind sehr gering und können praktisch vernachlässigt werden.

Des Weiteren ist noch die Bodenstrahlung zu berücksichtigen. Hierbei wird der Dosisbeitrag der auf dem Boden abgelagerten Radionuklide, der so genannte Fallout, betrachtet.

Diese Expositionspfade werden bei den angewandten Rechenmodellen berücksichtigt. Die anzuwendenden Rechenvorschriften werden nicht von uns gewählt, sondern von einer Verwaltungsvorschrift vorgeschrieben. Für die Berechnung der Strahlenexposition müssen mehrere Dosisbeiträge berücksichtigt werden.



### **Berechnung der Strahlenexposition für die Bevölkerung in der Umgebung der Schachtanlage Asse**

#### **Ziel**

**Berechnung der potenziellen Strahlenexpositionen, die nicht zu einer Unterschätzung führen:**

- **Grenzwerte des § 47 StrlSchV sicher einhalten (0,3 mSv/a)**
- **Möglichst realistische Ausbreitung der Radionuklide berücksichtigen**
- **Berechnung der Strahlenexpositionen erfolgt auf der Basis der einschlägigen Regelwerke**

Oberstes Ziel ist es, die Grenzwerte nach § 47 Strahlenschutzverordnung sicher einzuhalten, was auch mit den Rechnungen belegt wird.

Die Berechnung der potenziellen Strahlenexposition erfolgt auf der Basis der einschlägigen Regelwerke, d. h. wir müssen die Vorgaben und Daten nehmen, die in den Regelwerken vorgeschrieben werden.



**Jahresverbrauch an Lebensmitteln der Referenzpersonen  
zur Berechnung der potenziellen Strahlenexposition**  
(Angaben in kg)

Altersgruppe	< 1 a	1 - 2 a	2 - 7 a	7 - 12 a	12 - 17 a	> 17 a
Trinkwasser	110,0	200,0	200,0	300,0	400,0	700,0
Muttermilch, Milchfertigprodukte mit Trinkwasser	435,0					
Milch, Milchprodukte	135,0	480,0	480,0	510,0	510,0	390,0
Fisch	2,5	15,0	15,0	22,5	25,0	37,5
Fleisch	10,0	26,0	100,0	130,0	160,0	180,0
Getreide	24,0	60,0	160,0	190,0	220,0	220,0
Obst	75,0	135,0	195,0	195,0	180,0	105,0
Wurzelgemüse	90,0	120,0	135,0	165,0	165,0	165,0
Blattgemüse	9,0	18,0	21,0	27,0	33,0	39,0
Gemüse, Gemüseprodukte, Säfte	15,0	51,0	90,0	105,0	105,0	120,0
<i>Summe gesamt</i>	<i>905,5</i>	<i>1105,0</i>	<i>1396,0</i>	<i>1644,5</i>	<i>1798,0</i>	<i>1956,5</i>

Dazu gehören auch die Verzehrgewohnheiten der fiktiv zu betrachtenden Bevölkerung. Eine fiktive Gruppe, bestehend aus einem Säugling, vier Kindern in verschiedenen Altersstufen sowie einem Erwachsenen, ernährt sich von den Nahrungsmitteln, die auf dieser Folie dargestellt sind. Und wir erkennen, dass ein Säugling nahezu eine Tonne an Nahrungsmittel pro Jahr verzehrt. Wer schon einmal einen Säugling gefüttert hat, weiß, dass diese Mengen zu einer Überfütterung führen. Gemäß dieser Tabelle verzehrt ein Erwachsener pro Jahr ca. zwei Tonnen an Nahrungsmitteln. Jeder möge für sich selbst entscheiden, welche Gewichtszunahme er dadurch erleidet. Mit der Gewichtszunahme können zwangsläufig ernährungsbedingte Krankheiten auftreten, deren Ursache jedoch nicht in der Aufnahme der Radioaktivität liegt.

Die in der Tabelle aufgelisteten Verzehrmengen der jeweiligen Personen werden für die Berechnung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung verwendet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden regelmäßig in unseren Strahlenschutz-Jahresberichten veröffentlicht.



## Berechnung der Strahlenexposition für die Bevölkerung

Potenzielle Strahlenexposition im Jahre 2005 für Säuglinge (< 1 a) durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert

Organe	Nuklide	H 3	C 14	Pb 210	Rn 222 / RFP	Summe	Grenzwert	% -Anteil v. Grenzwert
Hoden		3,0E-1	1,6E+0	1,2E+0		3,1E+0	300	1,0 %
Knochenoberfläche		3,0E-1	1,6E+0	5,1E+1		5,2E+1	1800	2,9 %
Leber		3,0E-1	1,6E+0	2,2E+1		2,4E+1	900	2,6 %
Magen		5,2E-1	2,4E+0	1,2E+0		4,1E+0	900	0,5 %
Dickdarm		3,6E-1	1,8E+0	1,3E+0		3,4E+0	900	0,4 %
Milz		3,0E-1	1,6E+0	4,0E+1		4,2E+1	900	4,7 %
Muskel		3,0E-1	1,6E+0	1,2E+0		3,1E+0	900	0,3 %
Nieren		3,0E-1	1,6E+0	3,7E+1		3,9E+1	900	4,3 %
Ovarien		3,0E-1	1,6E+0	1,2E+0		3,1E+0	300	1,0 %
Rotes_Knochenmark		3,0E-1	1,6E+0	1,8E+1		2,0E+1	300	6,7 %
Schilddrüse		3,0E-1	1,6E+0	1,2E+0		3,1E+0	900	0,3 %
Uterus		3,0E-1	1,6E+0	1,2E+0		3,1E+0	300	1,0 %
effektiv		3,3E-1	1,7E+0	4,9E+0	3,7E+0	1,1E+1	300	3,5 %

Wir kommen nun zu den Ergebnissen der Rechnungen. Trotz der sehr konservativen Betrachtungsweise lässt sich z. B. für einen Säugling eine potenzielle Strahlenexposition von 11 Mikrosievert für das Jahr 2005 errechnen, wobei der Grenzwert hierbei zu 3,5 Prozent ausgeschöpft wird. Aus der Tabelle können wir auch den Dosisanteil der einzelnen Nuklide für unterschiedliche Organe entnehmen. Wir erkennen, dass Blei 210 ca. 50 Prozent der Strahlenexposition verursacht. Ich hatte vorhin darauf hingewiesen, dass sich die Blei-210-Konzentration in der Abluft nur unwesentlich von der Blei-210-Konzentration in der Umgebungsluft unterscheidet. Da die berechnete Strahlenexposition als zusätzliche Dosis zur natürlichen Strahlenexposition zu verstehen ist, darf die natürliche Bleikonzentration in Abzug gebracht werden. Diese Korrektur führen wir jedoch nicht durch.



## Programm der Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

Art der Maßnahme	Anzahl der Messstellen	Jährliche Messfrequenz	Messproben	Messverfahren
1. Bestimmung der Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser	26	vierteljährliche Probenahme	104	Messung des Eindampfrückstandes im Methandurchflusszähler und Bestimmung des Kaliumgehaltes
2. Untersuchung von Trinkwasser auf Sr 90, Cs 137, Pu 239	2	monatliche Probenahme, halbjährliche Auswertung	4	Einzelnuklidanalyse
3. Messung der kurz- und langlebigen Aerosolaktivität der Luft	8	monatlich vier Stichproben	48	Luftstaubsammlung über Großflächenfilter und Messung im Methandurchflusszähler
	2	kontinuierliche Sammlung, 14-tägige Auswertung	52	Gammaspektrometrische Einzelnuklidbestimmung

Ich komme jetzt zur Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse und möchte Ihnen das Überwachungsprogramm vorstellen.

Es wird die Aktivität der Beta-Strahler von Grund- und Oberflächenwasser in regelmäßigen Abständen bestimmt.

Die Untersuchung von Trinkwasser wird auf die Radionuklide Strontium 90, Cäsium 137 und Plutonium 239 durchgeführt.

Es werden Messungen zur Ermittlung der kurz- und langlebigen Aerosolaktivität in der Umgebungsluft, sowohl strichprobenartig an wechselnden Messstellen, als auch kontinuierlich Messungen in der Umgebung durchgeführt. Die Filter der Luftüberwachungsanlagen werden nach der Bestaubung zusätzlich gammaspektrometrisch auf Einzelnuklide analysiert.



**Programm der Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse**  
Fortsetzung

Art der Maßnahme	Anzahl der Messstellen	Jährliche Messfrequenz	Messproben	Messverfahren
4. Bestimmung der Aktivität von Grasproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammaspektrometrische Einzelnuklidbestimmung
5. Bestimmung der Aktivität von Bodenproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammaspektrometrische Einzelnuklidbestimmung
6. Messung der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	4	Halbjährlich	8	Gesamt-Beta-Kontaminationsmonitor
7. Überwachung der externen Strahlenbelastung	39	Kontinuierliche Exposition, halbjährliche Auswertung	78	Festkörperdosimeter
	8	monatlich vier Stichproben	48	Kurzzeitmessung der Gammadosisleistung

In regelmäßigen Abständen werden Boden- und Bodenbewuchsproben genommen und deren Aktivitätskonzentration bestimmt. Die Bestimmung der Aktivitätsflächenbelegung erfolgt an den Stellen, wo auch die Bodenproben genommen werden.

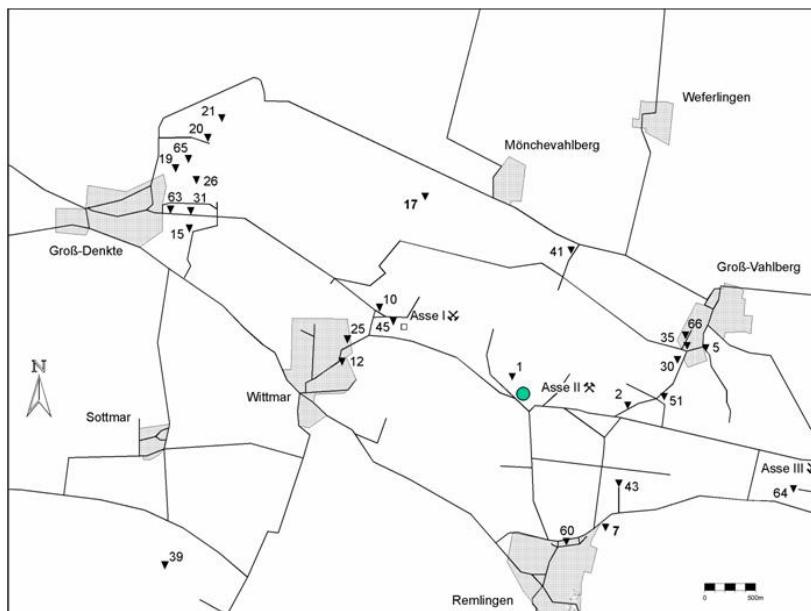
Die externe Strahlenexposition wird am Anlagenzaun und an verschiedenen Stellen in der Umgebung gemessen. Die hierbei eingesetzten Festkörperdosimeter werden im Umkreis von einem und zwei Kilometern um den Schacht Asse 2 ausgelegt und nach ca. 6 Monaten ausgewertet. Ergänzend zu diesen stationären Messungen wird mit tragbaren Messgeräten an wechselnden Messstellen die Gammaortsdosisleistung ermittelt.



## Forschungsbergwerk Asse

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

### Probenahmestellen für Grund- und Oberflächenwasser



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

18

Auf dieser Folie sind die Probenahmestellen für Grund- und Oberflächenwasser in der näheren Umgebung der Schachtanlage Asse dargestellt. Wir sehen hier die Messstellen um Groß Denkte, Wittmar, Groß Vahlberg und Remlingen. Die Messstellen werden turnusgemäß beprobt und ausgewertet.



## Forschungsbergwerk Asse

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

### Entnahme einer Wasserprobe in der Umgebung



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

19

Hier sehen wir die Entnahme einer Wasserprobe. Das Oberflächenwasser wird in eine Plastikflasche abgefüllt und zeitnah der Aktivitätsmessung zugeführt.



## **Radioaktivität von Grund- und Oberflächenwasser aus dem Bereich Asse**

- Überwachung der Wässer erfolgt seit 1966  
im Rahmen eines hydrogeologischen Forschungsprogrammes der GSF
- Ca. 30 Messstellen werden 1/4jährlich auf Gesamt-Beta-Aktivität untersucht
- Gesamt-Beta-Aktivität sind auf das natürliche radioaktive Kalium 40 zurückzuführen
- Nach Abzug der K-40-Aktivität verbleibt eine Rest-Beta-Aktivität
- Nachweisgrenze liegt bei 0,19 Bq/Liter
- Gammaspektrometrische Nuklidanalyse: Rest-Beta-Aktivität > 0,4 Bq/Liter.  
Es wurden hierbei keine Radionuklide außer den natürlich vorkommenden festgestellt

Die Überwachung der Wässer erfolgt seit 1966 im Rahmen eines hydrogeologischen Forschungsprogramms der GSF. Es werden ca. 30 Messstellen vierteljährlich beprobt. Wir messen die Gesamt-Beta-Aktivität im Wasser, wobei der Aktivitätsanteil des natürlichen Kaliums 40 rechnerisch abgezogen wird. Nach der Korrektur erhalten wir die Rest-Beta-Aktivität im Wasser. Die ermittelte Rest-Beta-Aktivität liegt im Bereich der Nachweisgrenze von 0,2 Bq/m<sup>3</sup> des Messgerätes. Wird eine Aktivitätskonzentration in Höhe der doppelten Nachweisgrenze festgestellt, erfolgt zusätzlich eine gammaspektrometrische Analyse auf Einzelnuklide. Hierbei wurden keine Radionuklide außer den natürlich vorkommenden festgestellt.



## Radioaktivität im Trinkwasser aus dem Bereich der Asse

- Überwachung des Trinkwassers der Gemeinden seit 1968  
Grund: Weltweiter Fallout oberirdischer Kernwaffenversuche
- Zwei Trinkwassermessstellen werden monatlich beprobt
- Untersuchung auf Sr-90, Cs-137 und Pu-Isotope
- Nachweisgrenze liegt bei Sr-90 und Cs137 bei 1,9 mBq/Liter
- Nachweisgrenze liegt bei Pu-Isotopen bei 0,19 mBq/Liter
- Max. Aktivitätskonzentrationen für Sr-90 bzw. Cs-137 < 10 mBq/Liter  
Ursache: Fallout früherer Kernwaffenversuche und Tschernobyl
- Pu-Isotope konnten nicht nachgewiesen werden

Die Überwachung des Trinkwassers der umliegenden Gemeinden wird seit 1968 durchgeführt.

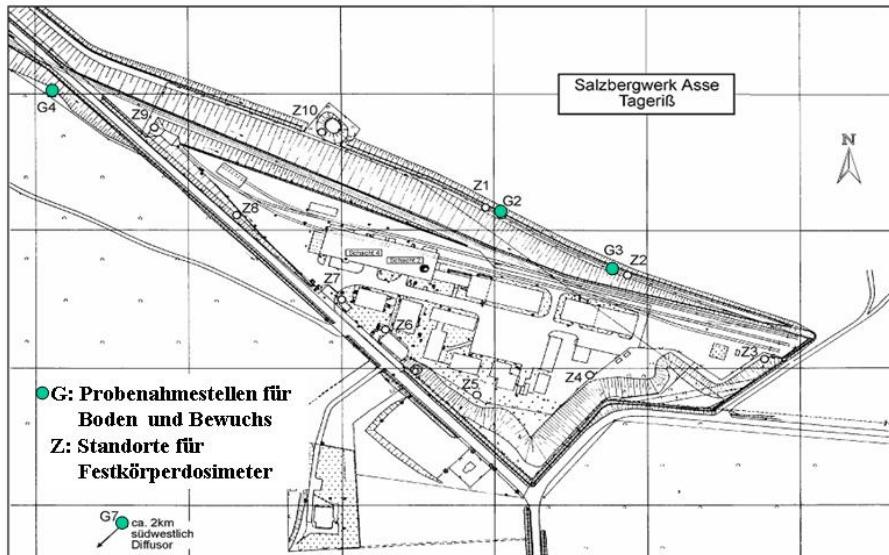
Der Grund für diese Überwachung ist, dass in den 50er Jahren die oberirdischen Kernwaffenversuche in der Atmosphäre drastisch zunahmen. Die GSF als Großforschungseinrichtung hat damals die Aufgabe übernommen, in der Bundesrepublik Deutschland die Fallout-Komponente in unterschiedlichen Umweltmedien zu untersuchen. Aus diesem Grund sind die Plutoniummessungen in das Umgebungsüberwachungsprogramm der Schachtanlage Asse mit aufgenommen worden.

Zurzeit werden noch zwei Trinkwassermessstellen monatlich beprobt. Untersucht wird das Wasser auf Strontium 90, Cäsium 137 und Plutonium 239. Diese Nuklide sind typische Produkte aus oberirdischen Kernwaffenversuchen.

Die Nachweisgrenze für diese Nuklide ist sehr niedrig und liegt für Strontium 90 und Cäsium 137 bei 1,9 Milli-Becquerel pro Liter und für Plutonium 239 bei 0,19 Milli-Becquerel pro Liter.

Die gemessenen maximalen Aktivitätskonzentrationen für Strontium 90 und Cäsium 137 waren kleiner als 10 Milli-Becquerel pro Liter. Die Ursache war der Fallout der Kernwaffenversuche und Tschernobyl. Plutonium konnte im Trinkwasser nicht nachgewiesen werden.

## Radioaktivität in Boden und Bewuchsproben der Schachtanlage Asse



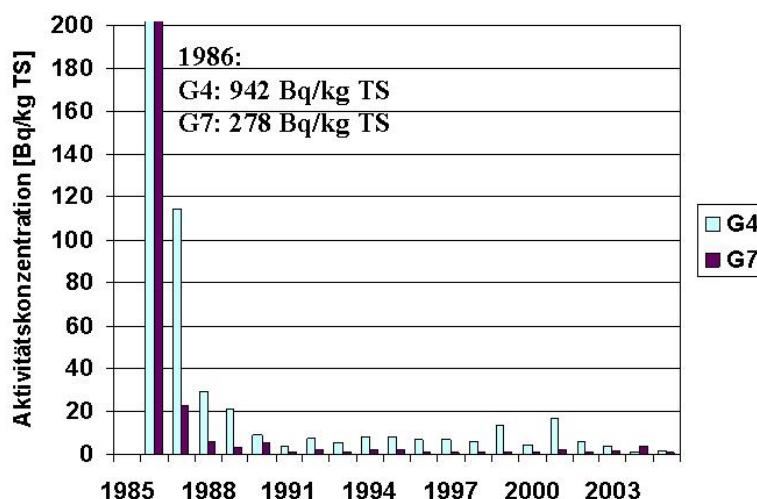
9. Informationsveranstaltung der GSF am 11. 05. 2006

Heribert Meyer

22

Ich komme nun zur Radioaktivität in Boden- und Bodenbewuchsproben. Auf der Folie sind die Probenahmestellen für Boden und Bodenbewuchs grün markiert. Stellvertretend für diese Probenahmestellen möchte ich die Ergebnisse der Probenahmestellen G4 und G7 diskutieren. G4 liegt im Nordwesten der Schachtanlage, die Probenahmestelle G7 befindet sich in Wittmar gegenüber dem Friedhof.

### Radioaktivität in Bodenbewuchsproben mit Cs 137 als Leitnuklid



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

23

Ich habe bewusst die Zeitreihen vor Tschernobyl gelegt, zu dieser Zeit konnten wir Cäsium 137 im Bereich der Nachweisgrenze detektieren. Das nachgewiesene Cäsium 137 war noch auf den Fallout der oberirdischen Kernwaffenversuche zurückzuführen. Nach der Reaktorkatastrophe konnten wir an der Messstelle G4 einen Fallout von ca. 1.000 Becquerel pro Kilogramm Bodenbewuchs messen, und an der Messstelle G7 lag die Aktivitätskonzentration bei ca. 300 Becquerel pro Kilogramm Bodenbewuchs.

Wir sehen einen sehr starken Abfall der Fallout-Komponente in den folgenden Jahren. Das liegt einerseits daran, dass sich der Fallout der Luft sehr stark reduzierte und zum anderen, dass im Herbst der kontaminierte Bewuchs verwelkt und sich in Humus verwandelt. Der Humus wird dem Boden zugeführt, und in der nächsten Vegetationsperiode werden die Inhaltsstoffe und somit auch das Cäsium 137 teilweise von der Pflanze wieder aufgenommen. Dieser Zyklus wiederholt sich in jeder Vegetationsperiode. Die Aktivitätskonzentration in den Bewuchsproben verringert sich dabei stetig und pegelt sich auf einen niedrigen Wert ein. Zu gewissen Zeiten sehen wir einen geringfügigen Anstieg der Cäsium-137-Konzentration. Dieser Anstieg wird durch das Aufwirbeln von kontaminiertem Bodenstaub, der sich auf die Pflanzen ablagert, verursacht.

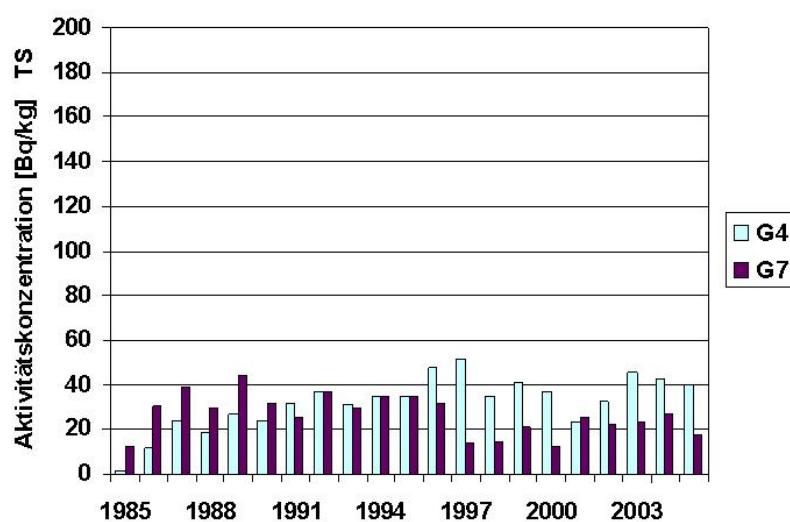
**Entnahme einer Bodenprobe in der Umgebung**

9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Herbert Meyer

24

Hier sehen Sie, wie mit einer Stechsonde eine Bodenprobe in der Umgebung der Schachtanlage genommen wird. Die Erdprobe wird von der Grasnarbe befreit und anschließend zerkleinert, getrocknet und analysiert.

**Radioaktivität in Bodenproben  
mit Cs 137 als Leitnuklid**

9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Herbert Meyer

25

Ich habe auch hier die Zeitreihen vor Tschernobyl gelegt, zu dieser Zeit konnten wir ebenfalls Cäsium 137 in Bodenproben nachweisen. Dieses Cäsium 137 war noch auf den Fallout der oberirdischen Kernwaffenversuche zurückzuführen.

Nach Tschernobyl ist ein Aktivitätsanstieg, sowohl an der Messstelle G4 als auch an der G7 zu erkennen.

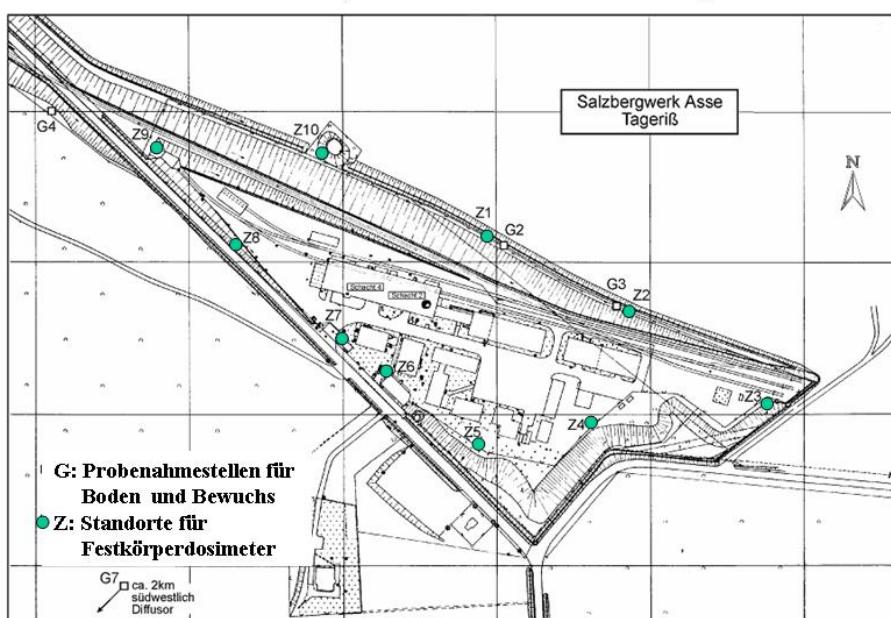
Der Anstieg der Aktivität in den ersten Jahren ist auf den Vegetationszyklus, den ich bei Folie 23 erläutert habe, zurückzuführen. Wir sehen, dass die Cs-137-Aktivitätskonzentration in Bodenproben an der Messstelle G4 im Mittel bei 20 Bq/kg liegt, plus/minus 50 %. Im norddeutschen Raum liegen wir mit diesen Kontaminationswerten im guten Mittelfeld.



### Forschungsbergwerk Asse

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

#### Standorte für Festkörperdosimeter am Anlagenzaun



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11. 05. 2006

Heribert Meyer

26

Auf dieser Folie sind die Standorte der Festkörperdosimeter am Anlagenzaun grün markiert.

Mit den Festkörperdosimetern registrieren wir die Strahlenexposition in der Umgebung.

Zum Festkörperdosimeter ist folgendes zu erklären:

Ein Festkörperdosimeter ist ein passives Messgerät, d. h. dieses Messgerät speichert die ionisierende Strahlung in Form von Energie in einem strahlungsempfindlichen Material. Das Festkörperdosimeter besitzt daher keine direkte Ablesemöglichkeit der Dosis. Mit einer speziellen Auswerteeinheit kann aus der gespeicherten Energie die Dosis ermittelt werden.

### Festkörperdosimeter zur Messung der externen Strahlenexposition



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

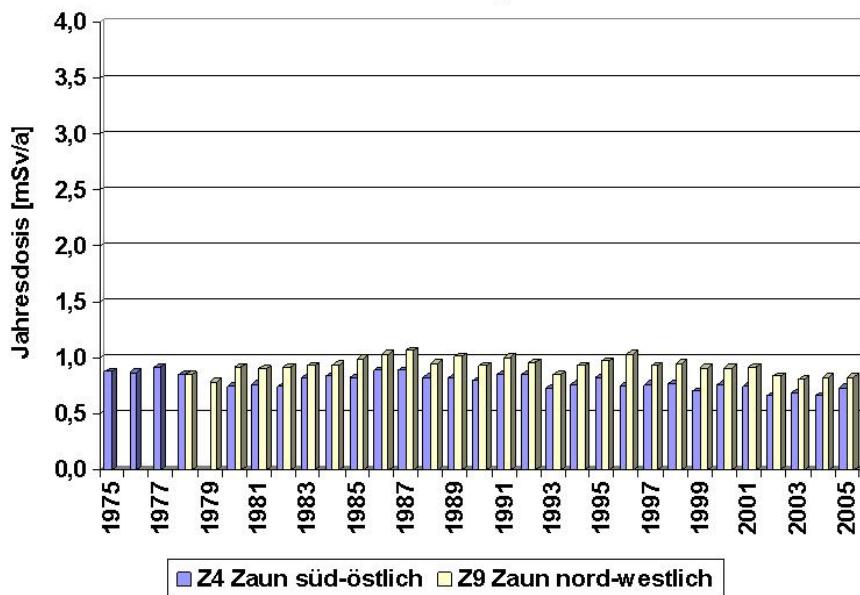
27

Wir sehen hier, wie Festkörperdosimeter in der Umgebung ausgelegt werden. Auf der rechten Seite der Folie sehen wir ein Festkörperdosimeter in seiner Schutzhülle an einer Stange befestigt.

Wenn wir die Schutzhülle öffnen, sehen wir den schwarzen Kunststoffträger, in dem das strahlungsempfindliche Material eingearbeitet ist.



**Jahresdosis (TLD) in der Umgebung  
am Zaun der Schachtanlage Asse**



Ich komme jetzt zu den Ergebnissen der Jahresdosen in der Umgebung der Schachtanlage Asse. Wir wollen uns hier die Ergebnisse von zwei Dosimetern anschauen: Die Messstelle 4 liegt südöstlich und die Messstelle 9 liegt nordwestlich vom Zaun. Wir sehen, dass während der Einlagerung von radioaktiven Abfällen in der Zeit von 1967 bis 1978 keine Auswirkungen am Anlagenzaun zu erkennen sind. Wir erkennen aber auch eine systematische Dosisdifferenz zwischen der Messstelle 9 und der Messstelle 4 am Zaun. Diese Differenz wird durch die am Messort vorliegenden unterschiedlichen Gesteinsarten mit ihren unterschiedlichen Aktivitätsgehalten verursacht. Die Festkörperdosimeter registrieren diesen Unterschied.

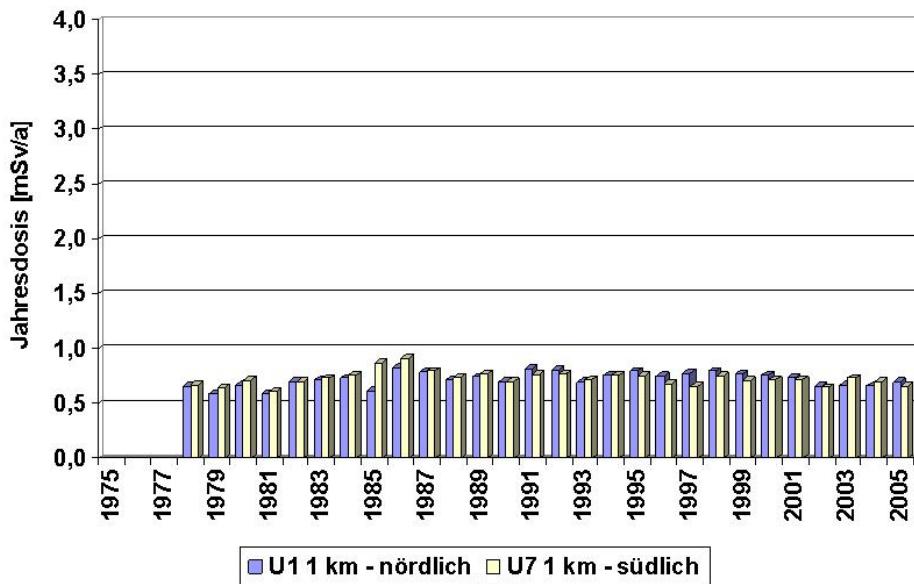
Auf diesen Dosisunterschied komme ich bei einer der nächsten Folien noch einmal zu sprechen.



## Forschungsbergwerk Asse

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

### Jahresdosis (TLD) in der Umgebung in 1 km Entfernung der Schachtanlage Asse



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11. 05. 2006

Heribert Meyer

29

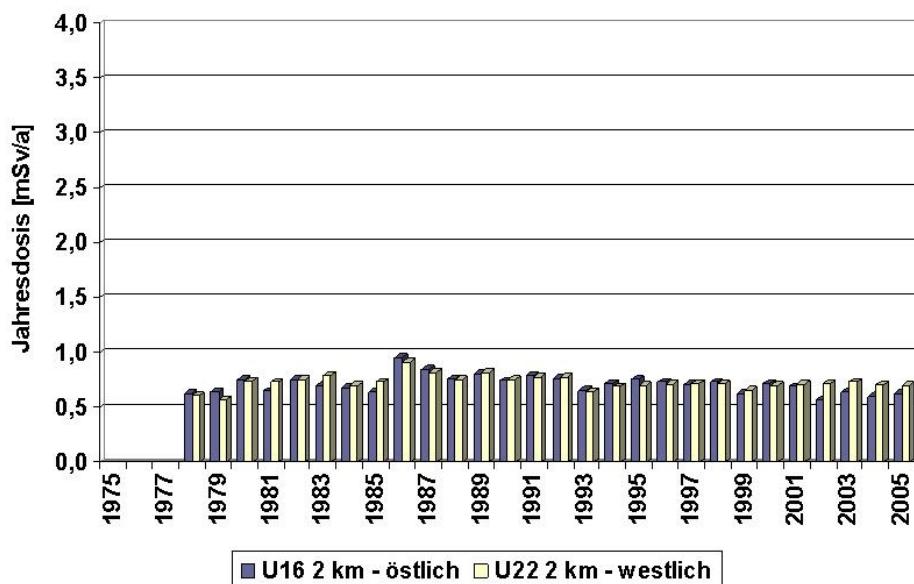
In einem Umkreis von einem Kilometer um die Schachtanlage ermittelten wir ebenfalls einen gleichförmigen Verlauf der Strahlenexposition über die Jahre. Wir können ab 1986 auch die Einwirkung von Tschernobyl erkennen.



## Forschungsbergwerk Asse

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

### Jahresdosis (TLD) in der Umgebung in 2 km Entfernung der Schachtanlage Asse



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11. 05. 2006

Heribert Meyer

30

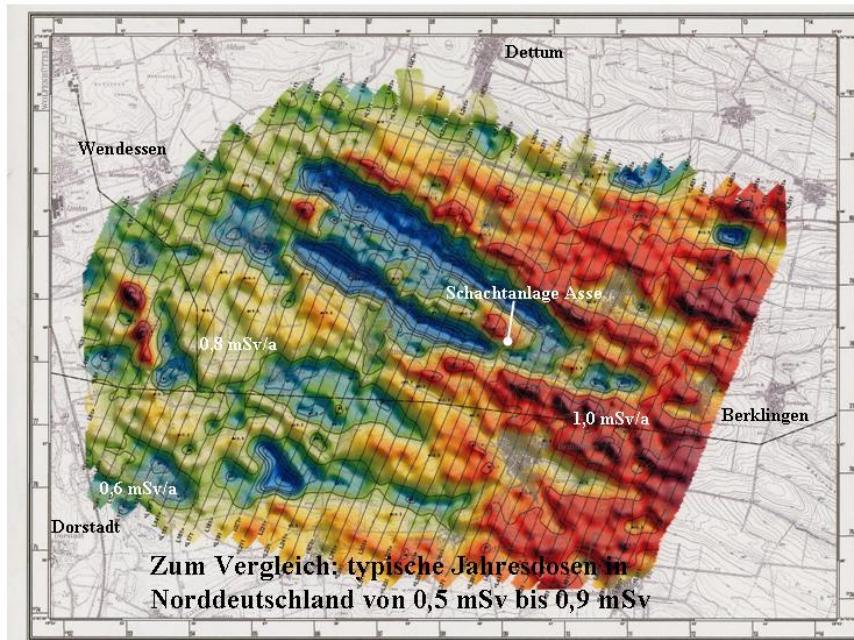
In einem Umkreis von zwei Kilometern sehen wir ebenfalls einen gleichförmigen Verlauf der Strahlenexposition über die Jahre. Auch hier ist die Einwirkung von Tschernobyl zu erkennen.



### Forschungsbergwerk Asse

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse

### Natürliche Strahlenexposition im Bereich der Schachtanlage Asse



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

31

Auf dieser Folie erkennen Sie die natürliche Strahlenexposition im näheren Umkreis der Schachtanlage Asse. Dieses Bild ist bei einer Hubschrauberbefliegung im Juni 2001 entstanden. Unterhalb des Hubschraubers war ein Detektor angebracht, der die Gammastrahlung der Erdoberfläche registrierte. Die Intensität der Gammastrahlung wird auf diesem Bild gezeigt. Die dunkleren Farben stellen eine höhere, die helleren eine niedrigere natürliche Strahlenexposition dar.

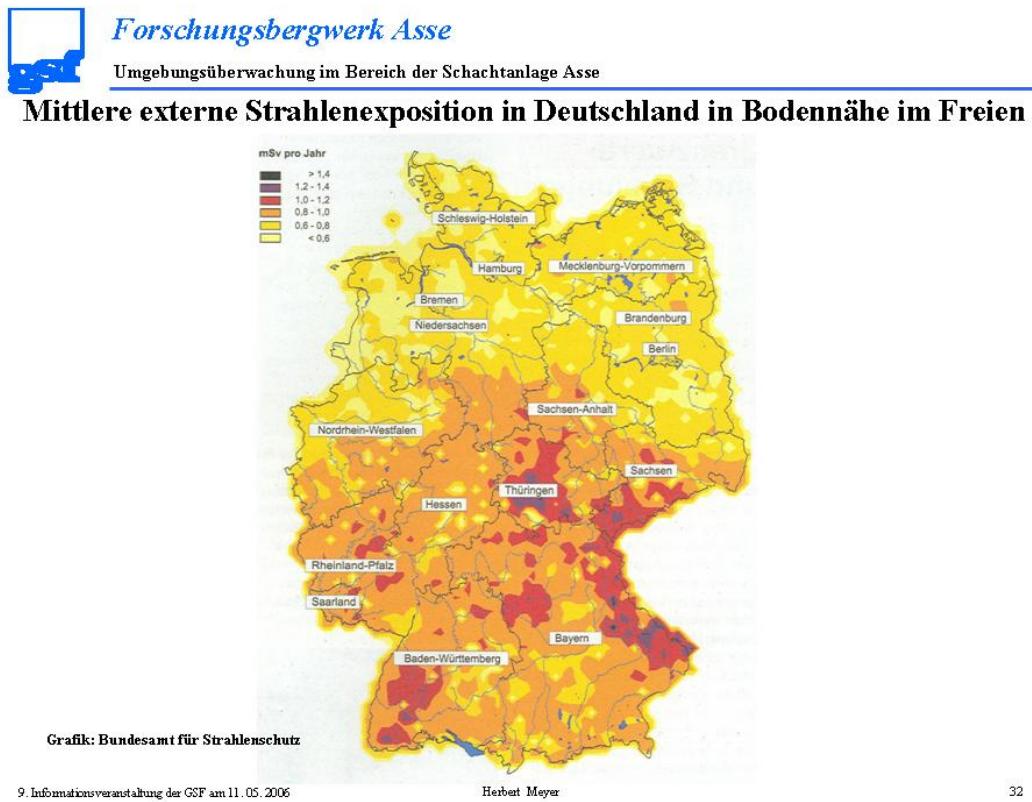
Ich möchte noch einmal auf den Dosisunterschied zwischen der Messstelle 9 und Messstelle 4 am Anlagenzaun zurückkommen, die mit den Festkörperdosimetern registriert werden. Wir sehen, dass ein Teil des Berges, hier gekennzeichnet mit der dunkleren Farbe, noch vom Anlagenzaun der Schachtanlage Asse miterfasst wird. Hier befindet sich auch die Messstelle 9. Die Messstelle 4 liegt bereits im südöstlichen Teil, also hier im Bereich mit den helleren Farben. Die Hubschrauberbefliegung bestätigt somit die unterschiedliche natürliche Strahlenexposition am Standort Asse aufgrund unterschiedlicher Gesteinsarten.

Wir erkennen maximale natürliche Strahlenexpositionen um ca. 1 mSv/a und minimale natürliche Strahlenexpositionen um ca. 0,6 mSv/a:

In der Umgebung von Semmenstedt liegt die natürliche Strahlenexposition bei ca. 1 mSv/a. Dagegen liegt der Bereich um Dorstadt bei ca. 0,6 mSv/a. Das bedeutet, wenn man von Dorstadt nach Semmenstedt zieht, erhält man ca. 0,4 mSv/a mehr an natürlicher Strahlung.

Das ist aber nicht schlimm, wir fühlen uns hier im norddeutschen Raum ziemlich gut aufgehoben. Die Strahlenexposition im norddeutschen Raum wird mit 0,5 mSv/a bis 0,9 mSv/a angegeben.

Die lokalen Änderungen der natürlichen Strahlung in unseren Bereichen spiegelt letztlich die Schwankungsbreite im norddeutschen Raum wider.



Hier sehen Sie die natürliche Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland. Sie liegt im norddeutschen Raum bei ca. 0,8 mSv/a, an der Küste sogar noch niedriger. Im süddeutschen Raum nimmt die natürliche Strahlenexposition zu. Vor allem im Schwarzwald, Bayrischen Wald und im Erzgebirge. Ein Wohnungswechsel von Norddeutschland nach Süddeutschland würde auch die individuelle Strahlenexposition leicht um den Faktor zwei bis drei erhöhen.



## Natürliche Strahlenexposition der Bevölkerung

❖ Kosmische Strahlung		0,3 mSv/a
in Meereshöhe	0,28 mSv/a	
in 1500 m Höhe	0,56 mSv/a	
❖ Terrestrische Strahlung		0,4 mSv/a
im Freien (5 Std./Tag)	0,1 mSv/a	
in Gebäuden (19 Std./Tag)	0,3 mSv/a	
❖ Inkorporierte Nuklide		1,4 mSv/a
Radon und Folgeprodukte		1,1 mSv/a
in Gebäuden (19 Std./Tag)	0,9 mSv/a	
im Freien (5 Std./Tag)	0,2 mSv/a	
Ingestion von natürlichen radioaktiven Stoffen		0,3 mSv/a
<b>Summe natürliche Strahlenexposition</b>		<b>2,1 mSv/a</b>

Quelle: BMU- Jahresbericht 2004 „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“

Ich komme jetzt zu der natürlichen Strahlensexposition der Bevölkerung. Sie setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen. Zunächst müssen wir die kosmische Strahlung, das ist eine hochenergetische Teilchenstrahlung aus dem Weltall, betrachten. In Meereshöhe liegt sie bei 0,3 mSv/a. Diese Dosis verdoppelt sich in 1500 m Höhe.

Die terrestrische Strahlung ist die Strahlung der Radioaktivität des Bodens bzw. der Erdkruste. Und da sich eine Person immer nur an einem Ort befinden kann, entweder im Freien oder im Gebäude, hat man hier ein gewichtetes Mittel genommen, 5 Stunden im Freien und 19 Stunden im Gebäude, und wir kommen dabei auf einen Wert von 0,4 mSv/a.

Wir leben in unserer Biosphäre und nehmen über unsere Nahrung natürliche Radioaktivität auf, und wir atmen natürliche Radioaktivität, insbesondere Radon 222 und seine Folgeprodukte, ein. Hieraus resultiert eine Dosis von 1,1 mSv/a. Dieser Wert gilt für den Durchschnittsbürger.

Ich nehme natürlich auch Nahrungsmittel zu mir, diese Nahrungsmittel enthalten natürliche radioaktive Stoffe. Und wenn diese berücksichtigt werden, erhalte ich eine Dosis von ca. 0,3 mSv/a. Damit liegt die Summe der natürlichen Strahlensexposition insgesamt bei 2,1 mSv für die Durchschnittsbevölkerung.



### Natürliche Radioaktive Stoffe im Menschen

Nuklid	Aktivität [Bq]	effektive Dosis [mSv/a]
H-3	25	
C-14	25	
Be-7	3800	
K-40	4200	0,17
Rb-87	650	
U-238, Th-234, Pa-234m, U-234	4	
Th-230	0,4	
Ra-226	1	
Kurzlebige Rn-222-Zerfallsprodukte	15	1,1
Pb-210, Bi-210, Po-210	60	0,05
Th-232	0,1	
Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224	1,5	
Kurzlebige Rn-220-Folgeprodukte	30	0,07
<b>Summe: ca. 9000 Bq oder 9000 Zerfälle/s oder &gt; 30 Millionen Zerfälle/h im Körper eines Menschen</b>		<b>1,4 mSv/a</b>

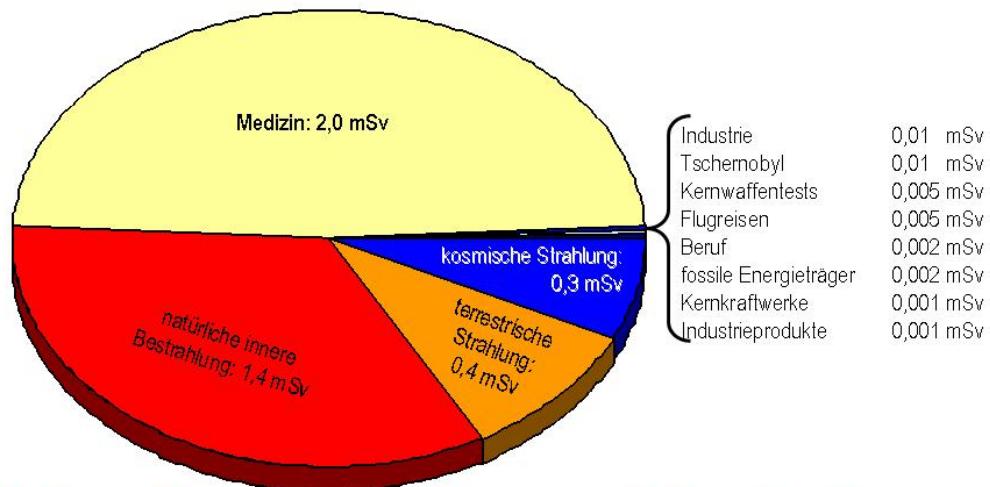
Mit den Nahrungsmitteln nehmen wir eine Vielzahl von natürlichen radioaktiven Stoffen auf. Ich beschränke mich jetzt einmal auf die wichtigsten und relevantesten. Das sind die Nuklide aus der Uran- und der Thoriumreihe, die als natürliche Radionuklide stets in der Erdrinde vorhanden sind. Sie beinhalten letztlich auch das Radium 226 und als Tochternuklid das Radon 222.

Durch die Nahrungszunahme hat der Durchschnittsmensch in seinem Körper eine Aktivität von ca. 9000 Becquerel deponiert, das sind 9000 Atomkerne, die dann pro Sekunde zerfallen.

Wenn man dies beispielsweise für eine Stunde hochrechnet, ergeben sich mehr als 30 Millionen Zerfälle von Atomkernen im Körper eines Menschen.

Diese Strahlung durchdringt auch die Körperzellen, und dort können natürlich auch Schädigungen verursacht werden. Die radiologische Wirkung auf die inneren Körperorgane bezeichnen wir als Dosis, man spricht auch von einer natürlichen inneren Strahlenexposition, die ca. 1,4 mSv/a beträgt.

### Mittlere jährliche Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland



**Mittlere Gesamtexposition pro Jahr: 4 mSv**

9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

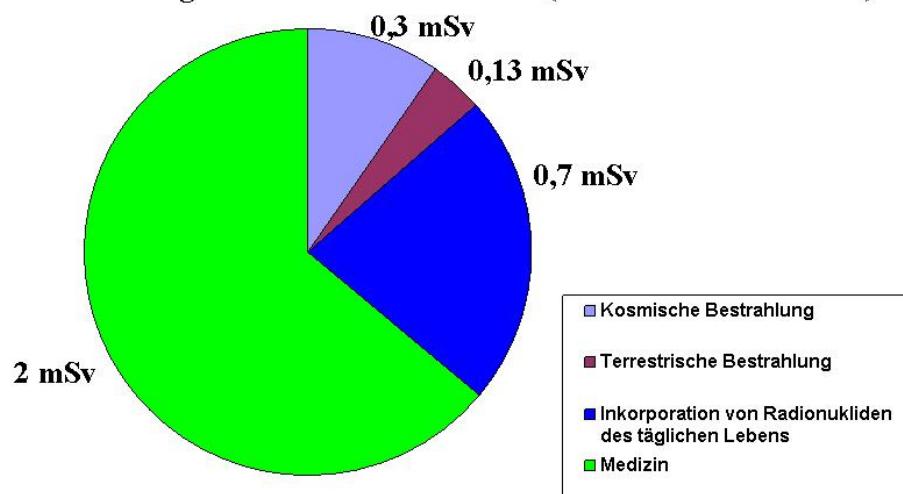
Heribert Meyer

3.2.4  
35

Auf dieser Folie wird die Gesamt-Strahlenexposition für die Bevölkerung dargestellt. Sie setzt sich aus den folgenden Teilbeträgen zusammen:

- innere Strahlenexposition
- terrestrische Strahlenexposition
- kosmische Strahlenexposition
- Strahlenexpositionen durch Anwendung der Kerntechnik
- Strahlenexpositionen aus dem medizinischen Bereich, wobei der größte Teil durch die Diagnostik verursacht wird.

Somit sind wir einer mittleren Strahlenexposition von ca. 4 mSv/a ausgesetzt.

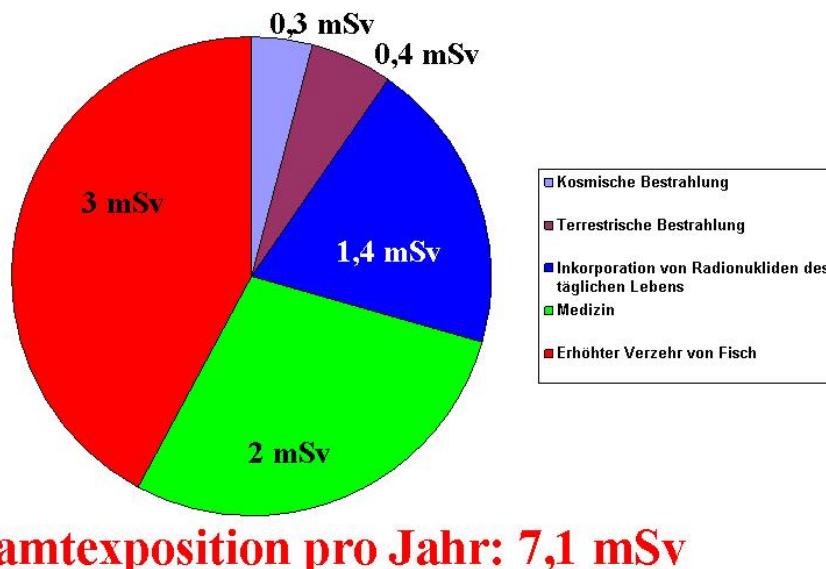
**Jährliche Strahlenexposition bei Bevölkerungsgruppen in Gegenden mit niedrigen Radonkonzentrationen (Aufenthalt auf Schiffen)**

**Gesamtexposition pro Jahr: 3,1mSv**

Es gibt natürlich auch Personengruppen, deren Strahlenexposition von der mittleren Exposition abweicht, z. B. Personen, die sich überwiegend auf Schiffen und Bohrinseln aufhalten. Bei diesen Personen reduziert sich die Strahlenexposition um die terrestrische Strahlungskomponente und somit auch um den Dosisbeitrag der Inhalation von Radon-Folgeprodukten

Dieser Rechnung liegt zugrunde, dass sich diese Personen zu zwei Dritteln des Jahres auf See und zu einem Drittel wieder in der Heimat befinden. Die Strahlenexpositionen aus dem medizinischen Bereich werden weiter berücksichtigt. Diese Personengruppe erhält eine Gesamtexposition von 3 mS/a. Die Strahlenexposition liegt somit um 1 mSv/a niedriger als die mittlere Strahlenexposition für die Bevölkerung.

### Jährliche Strahlenexposition bei Bevölkerungsgruppen mit erhöhtem Verzehr an Fisch, Schalen- und Krustentieren



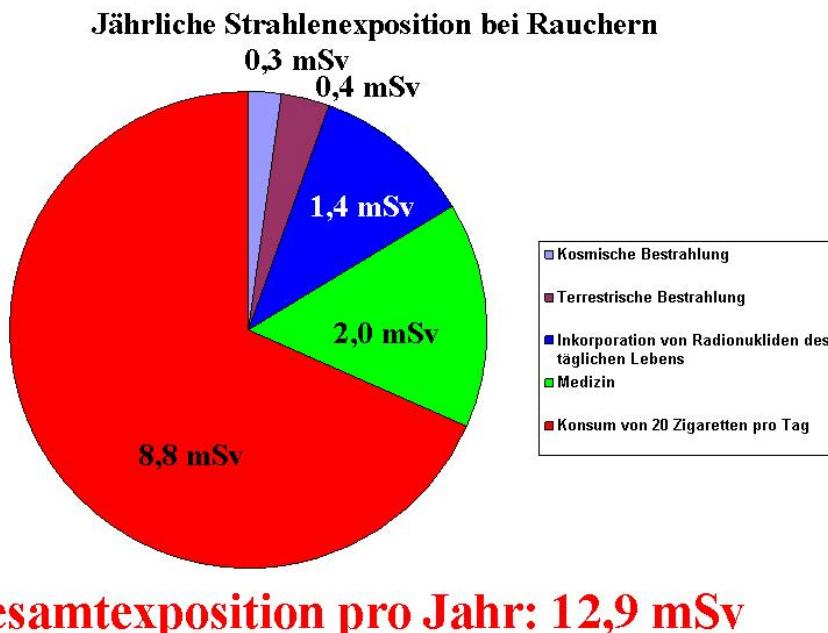
9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

37

Dann gibt es natürlich auch Menschen, deren Strahlenexposition aufgrund ihrer Ernährungsweise von der mittleren Strahlenexposition abweicht, z. B. bei Personen die sich überwiegend von Meerestieren ernähren. Die im Meer lebenden Tiere nehmen u. a. die natürlichen Radionuklide der Erdkruste auf, die sich im Meerwasser gelöst haben. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um die Nuklide Blei 210 und Polonium 210. Durch den Verzehr von Fischen gelangen die Nuklide in den menschlichen Körper und werden dort deponiert. Hierdurch erhöht sich die Strahlenexposition zusätzlich um 3 mSv/a. Die Gesamtexposition dieser Personengruppe beträgt dann 7 mSv/a.

Ähnliche Verhältnisse können vorliegen, wenn Personen hauptsächlich pflanzliche Kost verzehren. Aufgrund individueller Ernährungsgewohnheiten und der noch nicht hinreichend bekannten Schwankungsbreite der natürlichen Aktivität in der Vielzahl der pflanzlichen Produkte können hier nur schwer Strahlenexpositionen abgeschätzt werden.



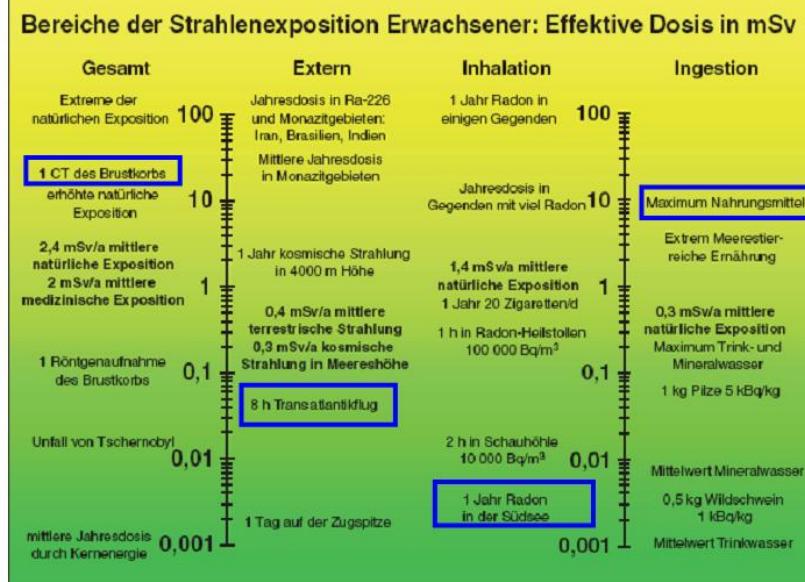
9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

38

Dann gibt es Spitzenreiter, die ein Maximum der natürlichen Strahlenexposition erhalten. Es handelt sich hier um die Raucher. In diesem Beispiel wird ein Konsum von zwanzig Zigaretten pro Tag unterstellt. Die Tabakpflanze nimmt aus dem Boden Blei 210 und Polonium 210 auf und reichert sie in den Blättern an. Beim Entzünden der Zigarette werden feinste Rauchpartikel als Aerosole freigesetzt, an denen die Nuklide Blei 210 und Polonium 210 haften. Aufgrund des sehr kleinen Durchmessers der Rauchpartikel können die Nuklide sehr tief in die Lunge eindringen und dort eine entsprechend hohe Dosis verursachen. Die Gesamtexposition bei Rauchern liegt bei 13 mS/a, also 9 mSv/a über der mittleren Strahlenexposition. Die Wirkung der nicht radioaktiven Stoffe, wie z. B. Benzpyren, Anthrazen und Nikotin auf den Gesundheitszustand des Menschen bleiben bei diesen Betrachtungen unberücksichtigt.

## Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition



Nachdruck aus: Strahlenschutz-Praxis, Heft 1, 2001, R. Michel

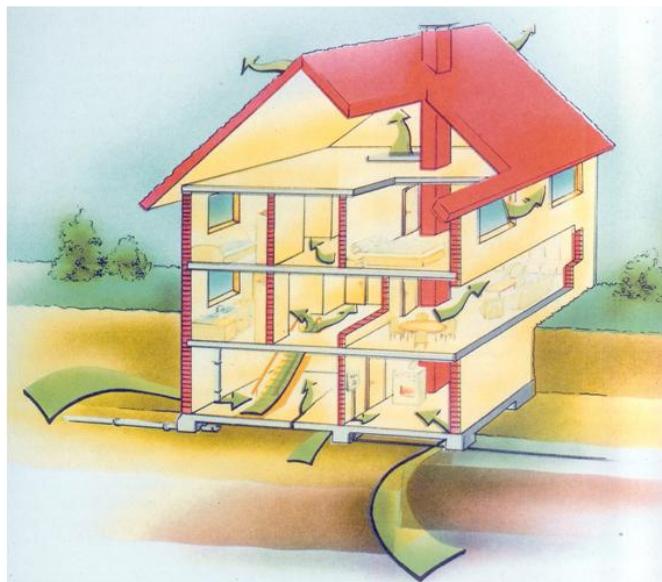
9. Informationsveranstaltung der GSF am 11. 05. 2006

Heribert Meyer

39

Wie unterschiedlich die natürliche Strahlenexposition sein kann, sehen wir auf dieser Folie. Wir erkennen hier eine Schwankungsbreite von 0,001 mSv/a bis 100 mSv/a. Wird z. B bei einem Arztbesuch der Brustkorb mit einem Computertomographen durchleuchtet, so erhalten wir eine zusätzliche Strahlenexposition von ca. 10 mSv. Bei einem Transatlantikflug erhalten wir eine Dosis von 0,05 mSv. Falls man die Möglichkeit hat, ein Jahr auf einer Südseeinsel zu verweilen, dann ist die Strahlenexposition, verursacht durch Radonfolgeprodukte, vernachlässigbar gering. Bei extremen Verzehrgewohnheiten können sogar Strahlenexpositionen um die 10 mSv/a auftreten.

### Eindringen von Radon in Häusern



Grafik: Bundesamt für Strahlenschutz

9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

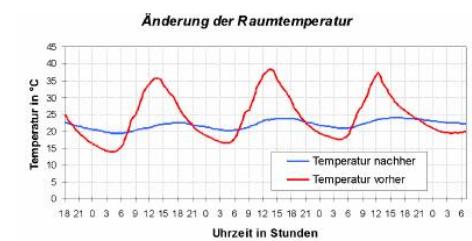
Herbert Meyer

40

Zum Schluss möchte ich die natürliche Strahlenexposition in Häusern, verursacht durch Radon-Folgeprodukte, darstellen. Wie bereits erwähnt, enthält die Erdkruste u. a. Nuklide der Uran- und Thoriumreihe, somit auch das Radium 226 und das gasförmige Tochternuklid Radon 222. Durch einen Abfall des barometrischen Luftdruckes entweicht das Radongas aus dem Boden und dringt durch die Undichtigkeiten, wie z. B. Versorgungsanschlüsse, Risse und Fugen, in den Keller ein. Im Gebäude zerfällt das Radon 222 über seine Töchternuklide in die Schwermetalle Blei und Polonium. Als radioaktive Aerosole erreichen sie letztlich in unterschiedlichen Konzentrationen alle Räume des Gebäudes, wobei im Keller die Konzentration am höchsten bleibt. In den oberen Stockwerken entweichen die Aerosole durch die Undichtigkeiten des Gebäudes.

Im Zuge des Energiesparens werden durch Wärmeisolierung diese Undichtigkeiten verringert. D. h. der Radonaustausch wird verzögert, dadurch verweilen die Radon-Folgeprodukte länger im Gebäude.

## **Temperatur und Radonkonzentration vor und nach der Isolierung eines Dachbodens**



Quelle: Fa. Stoller Ingenieurtechnik Dresden

9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Herbert Meyer

41

Bei einer energetischen Isolierung eines Hauses sind deshalb die radiologischen Auswirkungen zu berücksichtigen. In der Abbildung sieht man den Vergleich von zwei baugleichen Häusern – aber mit unterschiedlichen Isolierungsmaßnahmen – auf einem Grundstück. Die Folie zeigt die Änderung des Temperaturgangs vor und nach der Wärmeisolierung des Dachbodens. Das Haus ohne Wärmeisolierung weist einen Temperaturgang zwischen Tag und Nacht von ca. 20 Grad Celsius auf. Durch die Isolierung verringert sich der Temperaturgang auf ca. 5 Grad Celsius. Die Wirksamkeit der Isolierung hat sich somit bestätigt. Betrachtet man die Radonkonzentration im Dachgeschoss, so steigt diese stark an. Durch die Isolierung erhöht sich die Verweilzeit von Radon in den Wohnräumen. Es kommt zu einem Konzentrationsanstieg. Vor der Wärmeisolierung lag die Radonkonzentration im Bereich von 0 bis 50 Bq/m<sup>3</sup>. Nach der Isolierung steigt die Radonkonzentration stark an. Falls sich im Dachgeschoss die Schlafräume eines Wohnhauses befinden, steigt für die Bewohner aufgrund der längeren Aufenthaltszeiten die Strahlenexposition durch Radon-Folgeprodukte stark an. Je nach Höhe der Radonkonzentration kann die Strahlenexposition um den Faktor 3 bis 7 ansteigen. Wie bereits erwähnt, beträgt die durch Radonfolgeprodukte verursachte mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung 1 mSv/a. Durch die Wärmeisolierung kann sich die Strahlenexposition auf 3 bis 7 mSv/a erhöhen. Bei einer energetischen Gebäudeisolierung ist daher für ein wirksames Lüftungsregime im Gebäude zu sorgen.



## Zusammenfassung

- Die durch die Schachtanlage Asse abgeleiteten radioaktiven Stoffe verursachte Strahlenexposition in der Umgebung liefert im Vergleich zur Schwankungsbreite der zivilisatorischen und natürlichen Strahlenexposition einen unbedeutenden Beitrag.
- Die natürliche Strahlenexposition der Bevölkerung ist stark abhängig von:
  - individuellen Lebensbedingung
  - am Standort vorliegenden geologischen Anomalien
- Die Variabilität der natürlichen Strahlenexposition (terrestrisch u. kosmogen) um einen Faktor 3 kann als normal angesehen werden.
- Das Schutzziel (0,3 mSv/a) der StrlSchV ist sehr niedrig gegenüber der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition. Eine Überschreitung des Schutzzieles führt nicht zu einer Gefährdung von Mensch und Umwelt.

Ich komme jetzt zur Zusammenfassung meines Vortrages.

Die durch die Schachtanlage Asse abgeleiteten radioaktiven Stoffe verursachte Strahlenexposition in der Umgebung liefert im Vergleich zur Schwankungsbreite der zivilisatorischen und natürlichen Strahlenexposition einen unbedeutenden Beitrag.

Die natürliche Strahlenexposition der Bevölkerung ist stark abhängig von den individuellen Lebensbedingungen, wie Verzehrgewohnheiten sowie den am Standort vorliegenden geologischen Anomalien, z. B. welche Aktivitätskonzentrationen im Boden vorliegen.

Die Variabilität der natürlichen Strahlungsexposition, terrestrisch und kosmogen, kann um den Faktor 3 differieren. Diese Änderung kann als normal angesehen werden.

Das Schutzziel 0,3 mSv/a der Strahlenschutzverordnung ist sehr niedrig gegenüber der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition.

Eine Überschreitung des Schutzzieles führt nicht zu einer Gefährdung von Mensch und Umwelt. Diese Aussage spiegelt sich auch in einer Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission wider.

Die Empfehlung lautet, dass Strahlenexpositionen unterhalb von 1 mSv /a für die Bevölkerung tolerabel sind, und dass unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit keine Strahlenschutzmaßnahmen bei Strahlenexpositionen unterhalb von 1 mSv/a durchgeführt werden müssen. Diese Empfehlung ist in die EG-Grundnorm 96/29 übernommen worden. Die EG-Grundnorm 96/29 ist 2001 in nationales Recht umgewandelt worden und führte zur Novellierung der Strahlenschutzverordnung in Deutschland.

Hiermit möchte ich meinen Vortrag schließen. Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit.



*Forschungsbergwerk Asse*

Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse



9. Informationsveranstaltung der GSF am 11.05.2006

Heribert Meyer

43

Vielen Dank!