

## Lücken im Konzept der Immissionsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen in Deutschland

### Zusammenfassung

Die Immissionsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen soll unabhängig von den registrierten Emissionen ungenehmigte oder unvorhergesehene Freisetzungen feststellen und ein zweites Kontrollsystem liefern, um die Einhaltung der Dosisgrenzwerte in der Umgebung zu gewährleisten. Das Konzept der Überwachung gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) ist jedoch nicht geeignet, um diesem Anspruch in jedem Fall nachzukommen. Dieses wird am Beispiel einer Radioaktivitätsfreisetzung gezeigt, die sich im September 1986 auf dem Gelände des Kernkraftwerks Krümmel bemerkbar machte. In der Nähe des Kraftwerks befindet sich das Kernforschungszentrum GKSS (Gesellschaft für Kernenergieforschung in Schiffahrt und Schiffbau). Die Betreiber beider Anlagen meldeten keinerlei ursächliche Emissionen. Die Interpretation der Aufsichtsbehörde, es habe sich um einen Aufstau natürlicher Radioaktivität gehandelt, erweist sich als unhaltbar. Eine Analyse der Immissionsmeßwerte für beide Anlagen zeigt, dass sich der Vorfall in den Daten widerspiegelt. Das zugrundeliegende Freisetzungsszenario und eine Aussage über die Strahlenbelastung in der Umgebung läßt sich anhand der gemessenen Immissionen jedoch nicht herleiten, da diese sich nuklidspezifisch nahezu ausschließlich auf die Erfassung von Gammastrahlern beschränken und zeitlich und räumlich zu sporadisch erfolgen.

### Einleitung

Die Kontrolle der Einhaltung der Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung beim Betrieb kerntechnischer Anlagen wird anhand der Emissionen vorgenommen. Die abgegebenen radioaktiven Nuklide müssen vom Betreiber bilanziert werden. Wenn sie unterhalb der vorgegeben Emissionsrichtwerte bleiben, wird die Einhaltung der Dosisgrenzwerte angenommen. Der Zusammenhang zwischen maximaler Dosis am Aufpunkt und bilanzierter Emission soll durch die in der AVV (Bu01) festgelegte Modellrechnung hinreichend konservativ gegeben sein.

Mit der Gewährleistung des Strahlenschutzes der Bevölkerung anhand der Radioaktivitätsüberwachung sowohl auf der Seite der Freisetzungsquelle als auch über die Umgebungskontamination befaßt sich die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen von 1993 (Bu93). Im Abschn. 4 - Immissionsüberwachung - heißt es unter 4.1 (Grundsätze): "Die Immissionsüberwachung ergänzt die Emissionsüberwachung. Sie ermöglicht eine zusätzliche Kontrolle von Aktivitätsabgaben sowie der Einhaltung von Dosisgrenzwerten in der Umgebung".

Unter 4.7 (zu überwachende Expositionspfade) wird vorgeschrieben "Bei der Aufstellung der Überwachungsprogramme sind die Wege der radioaktiven Stoffe von den Emissionen bis zu einer Strahlenexposition des Menschen (Expositionspfade) derart zu berücksichtigen, dass aufgrund der Meßergebnisse im Hinblick auf die Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV relevante Dosisbeiträge durch äußere Bestrahlung (z.B. Dosis durch Gammasubmersion und

Bodenstrahlung) und durch innere Bestrahlung (z.B. Dosis durch Inhalation und Ingestion von Radionukliden) im bestimmungsgemäßen Tätigkeitsablauf/Betrieb erkennbar sowie im Störfall/Unfall ermittelbar sind.

Am 12. September 1986 wurden laut Presseberichten auf dem Gelände des Kernkraftwerks Krümmel Männer in Strahlenschutzanzügen beobachtet, die dort mit Meßgeräten umgingen. Die Betreiber erklärten, der Schichtleiter habe erhöhte Werte in der Anlage festgestellt und eine sofortige Überprüfung angeordnet. Daraufhin sei eine erhöhte Außenradioaktivität festgestellt worden, die durch die Lüftungsanlage in das KKK angesogen wurde. Sie sei natürlichen Ursprungs gewesen. Es sei aufgrund einer Windstille und hoher Luftfeuchtigkeit an diesem Tag zu einem Aufstau von Radon gekommen.

### **Angaben der Aufsichtsbehörde zur Umgebungskontamination am 12.9.1986**

In der Abluft des Kernkraftwerks, die über den 150 m hohen Kamin geht, wurde am 12.9.86 ab 7.30 Uhr eine Erhöhung der kurzlebigen Aerosole um den Faktor 2 bis 4 registriert, die gegen 11.30 Uhr wieder auf normale Werte zurückging (Ke93). Die Aufsichtsbehörde für die kerntechnischen Anlagen bei Geesthacht ist das schleswig-holsteinische Ministerium für Finanzen und Energie in Kiel (MFE). Der beobachtete Aerosolanstieg wird vom MFE als „leicht“ charakterisiert, war aber offensichtlich so ungewöhnlich, dass er die beschriebenen Maßnahmen auslöste. Die Meteorologieinstrumentierung weise aus, dass in den Vormittagsstunden eine austauscharme stabile Wetterlage vorlag. Es habe sich daher herausgestellt, dass in das Kernkraftwerk eine außen aufgetretene Radioaktivität angesaugt wurde, eben das aufgestaute Radon. In der Fortluft des KKW sei eine geringere Aerosolaktivität als in der Außenluft nachgewiesen worden, weil sich die Ansaugöffnungen für die Zuluft in größerer Höhe befänden als die stark erhöhte Radioaktivität der Radonfolgeprodukte in der Außenluft, die nur in Bodennähe aufgetreten sei (Mi92, Mi93).

In einem Schreiben vom 14.10.1992 hat das MFE folgende Angaben über die am 12.9.1986 auf dem KKK-Gelände vorgefundene Radioaktivität in der Luft gemacht (Mi92), die gammaspektrometrisch ermittelt wurde:

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Bi 214 (Wismut 214)  | 73 Bq/m <sup>3</sup> |
| Pb 212 (Blei 212)    | 63 Bq/m <sup>3</sup> |
| Pb 214 (Blei 214)    | 40 Bq/m <sup>3</sup> |
| Ra 224 (Radium 224)  | 30 Bq/m <sup>3</sup> |
| Tl 208 (Tallium 208) | 80 Bq/m <sup>3</sup> |

Diese Angaben ergeben in ihrer Summe eine Radioaktivität von 286 Bq/m<sup>3</sup> und stehen damit im Widerspruch zu der Aussage in der gleichen Unterlage, dass die Messung der Betreiber eine Gesamtkonzentration von natürlichem Radon und Folgeprodukten von ca. 500 Bq/m<sup>3</sup> ergeben habe (Mi92). 40 % der aufgetretenen Aktivität bleiben somit unspezifiziert. Fehlergrenzen für die Meßwerte wurden nicht angegeben.

### **Widerlegung der Interpretation durch die Aufsichtsbehörde**

Die Behauptung der Aufsichtsbehörde, ein Aufstau von Radon um das Kraftwerk herum habe zu einem Anstieg der radioaktiven Aerosole in der Reaktorfortluft geführt, ist schon allein deshalb nicht haltbar, weil die Zuluft für den Reaktor in einer Höhe von 44 m angesaugt wird (Ba84).

Für die Verdünnung der Radonkonzentration mit der Höhe gibt Porstendörfer für das Isotop 222 Diffusionslängen im Bereich von 0,1 bis 3 m an (Po93). Das bedeutet Halbwertshöhen von 0,07 bis 2 m. Für Radon 220, das Folgeprodukt von Thorium 232, würden sie noch wesentlich darunter liegen. Zwischen dem aufgestauten Radon am Boden und der Zuluftansaugung beim KKK liegen also mindestens 22 Halbwertshöhen. Dies kann zu keinem meßbaren Anstieg führen. Wenn der beobachtete Aerosolanstieg im Kernkraftwerk somit von außen kam, so hatte er ganz sicher eine Ursache, die die Umgebungsluft auch in größeren Höhen kontaminiert hat.

In Tabelle 1 sind die nach MFE bei Krümmel gemessenen Einzelnuklidkonzentrationen neben den Folgeprodukten der prominenten natürlichen Zerfallsreihen von Uran und Thorium aufgeführt.

Die vom MFE angegebenen Nuklide können in der Tat Folgeprodukte von Uran 238 und Thorium 232 sein, passen jedoch in ihrer Zusammensetzung nicht in das Aufstauszenario für Radonisotope. Radium 224 (Spalte 10) dürfte gar nicht vorkommen, denn es ist der feste, in der Erdkruste verbleibende Mutterstoff von Radon 220, wird hier jedoch zu 30 (!) Bq/m<sup>3</sup> angegeben. Die anderen gemessenen Stoffe liegen zum Teil viel zu hoch.

Normalerweise beträgt die Konzentration des Radon 222 in der bodennahen Luft bei Geesthacht weniger als 10 Bq/m<sup>3</sup> und seine Folgeprodukte können dann maximal diese Werte erreichen (Bu99). Eine zehnfache Überschreitung von Durchschnittswerten durch natürliche Fluktuation ist jedoch denkbar, so dass die Meßwerte für Pb 214 und Bi 214 (Spalte 5) allein betrachtet keinen Widerspruch zu dem behaupteten Sachverhalt bilden.

Das Radon 220 (Spalte 6) kann sich jedoch wegen seiner Kurzlebigkeit (Halbwertszeit 55 s) nicht aufstauen (Po93). Seine Folgeprodukte sinken als Feststoffe zu einem beträchtlichen Anteil ab, s. Tabelle 1. Daher zeigt der bei Krümmel gemessene Werte für Pb 212 (Spalte 10) eine etwa um den Faktor 60 zu hohe Kontamination. Der Meßwert für das weitere Folgeprodukt Tl 208 (Spalte 10) liegt mehr als das 200-fache zu hoch. Denn dieses könnte höchstens 36 % der Aktivität von Pb 212 haben, da wegen einer Verzweigung der Zerfallsreihe bei Bi 212 (Spalte 6) das Aktivitätsverhältnis Tl 208/Bi 212 im Gleichgewicht nur 36 % beträgt.

Tatsächlich gibt es für die von der Behörde behauptete Möglichkeit der Ansammlung natürlicher Radioaktivität auch keinen experimentellen Beleg. Vielmehr haben Porstendörfer und Mitarbeiter für die tägliche Schwankung der Muttersubstanz Radon 220 in der Außenluft bei Windstille und fehlendem Austausch nicht mehr als einen Faktor 6 an Variation gefunden (Po93).

Tab.1 Häufigste natürliche Zerfallsreihen sowie Angaben des MFE über die auf dem Gelände des Kernkraftwerks Krümmel am 12.9.1986 gemessene Luftkonzentration von Einzelnukliden (Mi92)  
Gemessene Luftaktivitäten der natürlichen Reihen nach Porstendorfer (Po93)

| Natürliche Uranreihe 238 |                         |               |                                       |  | Natürliche Thoriumreihe 232 |                         |               |                                       |  |
|--------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------------------|--|
| Nuklid                   | HWZ                     | Strahlungsart | Aktivität Bq/m <sup>3</sup> nach Po93 | Aktivität Bq/m <sup>3</sup> Meßwerte nach MFE am 12.9.86 | Nuklid                      | HWZ                     | Strahlungsart | Aktivität Bq/m <sup>3</sup> nach Po93 | Aktivität Bq/m <sup>3</sup> Meßwerte nach MFE am 12.9.86 |
| 1                        | 2                       | 3             | 4                                     | 5  | 6                           | 7                       | 8             | 9                                     | 10   |
| U 238                    | 4,5 10 <sup>9</sup> y   | α γ           |                                       |  | Th 232                      | 1,4 10 <sup>10</sup> y  | α γ           |                                       |  |
| Th 234                   | 24 d                    | β γ           |                                       |  | Ra 228                      | 6,7 y                   | β             |                                       |  |
| Pa 234m                  | 1,2 m                   | β γ           |                                       |  | Ac 228                      | 6,13 h                  | β γ           |                                       |  |
| U 234                    | 2,5 10 <sup>5</sup> y   | α γ           |                                       |  | Th 228                      | 1,9 y                   | α γ           |                                       |  |
| Th 230                   | 8,0 10 <sup>4</sup> y   | α γ           |                                       |  | Ra 224                      | 3,64 d                  | α γ           |                                       | <b>30</b>  |
| Ra 226                   | 1622 y                  | α γ           |                                       |  |                             |                         |               |                                       |  |
| <b>Rn 222</b>            | 3,8 d                   | α             | 5 - 50                                |  | <b>Rn 220</b>               | 55 s                    | α             | 1 - 200                               |  |
| Po 218                   | 3,05 m                  | α             | 1 - 50                                |  | Po 216                      | 0,16 s                  | α             |                                       |  |
| Pb 214                   | 26,8 m                  | β γ           | 1 - 50                                | <b>40</b>  | Pb 212                      | 10,6 h                  | β α           | 0,02-1                                | <b>63</b>  |
| At 218                   | ca. 2 s                 | α             |                                       |  | Bi 212                      | 60,5 m                  | β,γ,α         | 0,01-0,7                              |  |
| Bi 214                   | 19,7 m                  | β             | 1 - 50                                | <b>73</b>  | Po 212                      | 3,04 10 <sup>-7</sup> s | α             |                                       |  |
| Po 214                   | 1,64 10 <sup>-4</sup> s | α             | 1 - 50                                |  | Tl 208                      | 3,1 m                   | β γ           | < 0,3*                                | <b>80</b>  |
| Tl 210                   | 1,3 m                   | β γ           |                                       |  | Pb 208                      | stabil                  |               |                                       |  |
| Pb 210                   | 22 y                    | β γ           | ≤ 10 <sup>-3</sup>                    |  |                             |                         |               |                                       |  |
| Bi 210                   | 5,0 d                   | β             |                                       |  |                             |                         |               |                                       |  |
| Po 210                   | 138 d                   | α             | ≤ 0,3 10 <sup>-3</sup>                |  |                             |                         |               |                                       |  |
| Tl 206                   | 4,2 m                   | β             |                                       |  |                             |                         |               |                                       |  |
| Pb 206                   | stabil                  |               |                                       |  |                             |                         |               |                                       |  |

HWZ Halbwertszeit y Jahre d Tage h Stunden m Minuten s Sekunden

\*) wegen einer Verzweigung der Zerfallsreihe bei Bi 212 ist die Aktivität von Tl 208 geringer als für Bi 212

### **Immissionsüberwachung bei KKK und GKSS**

Die Maßnahmen zur Immissionskontrolle bei den Anlagen KKK und GKSS, die auch im Jahre 1986 zu treffen waren, sind in Tab. 2 aufgeführt (Ke86, GK83). Wie in der REI vorgeschrieben, sind sie einerseits durch die Betreiber andererseits durch ein unabhängiges Institut durchzuführen. Für KKK fungiert die GKSS als das unabhängige Institut, für die GKSS die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Kiel. Die Kernreaktoren der Anlagen befinden sich in einem Abstand von etwa 1,5 km.

Außerdem enthält das Immissionsüberwachungsprogramm der Anlagen Messungen im Rahmen der „Routineüberwachung für den Störfall“. Diese dienen nach REI der Erprobung der Maßnahmen im Sinne einer regelmäßigen Übung und werden unter Programmpunkt 4 in den Jahresberichten beschrieben, s. Tab. 3.

Die Ergebnisse zu Punkt 4.1 der Tabelle 3 sind im KKK-Jahresbericht aufgeführt und gelten laut GKSS-Jahresberichten für beide gemeinsam. Zu den Punkten 4.2-4.5 werden Ergebnisse im GKSS-Jahresbericht mitgeteilt.

Die Tabellen 2 und 3 enthalten weiterhin in der letzten Spalte Hinweise auf die hier zu untersuchende Frage, ob und wie sich die Radioaktivitätsfreisetzung am 12.9.86 in der Immissionsüberwachung geäußert hat.

Tab.2 Routineprogramm für bestimmungsgemäßen Betrieb \*)Anzeige 12.9.86

| KKK-Immissionsüberwachung  | GKSS-Immissionsüberwachung   | *)                |
|--|--|-------------------|
| <b>Luft</b>  |  | -                 |
| Gamma-Ortsdosisleistung<br>3 Meßstationen in KKK-Nähe: S I Grünhof, Schleswig-Holstein, Hauptwindrichtung, östlich; S II Pumpspeicherwerk, Schleswig-Holstein, westlich; S III Tespe, Nieders., südlich; kontinuierliche Registrierung (Kreisblattschreiber)<br>nur Betreiber  | 4 Meßstationen: S I-S III identisch wie KKK, S IV auf dem GKSS-Gelände<br>kontinuierl.<br><br>nur Betreiber  | -                 |
| Gamma-Ortsdosis<br>je 17 Festkörperdosimeter, davon 10 am KKK-Zaun, akkumulierend, jährl. Auswertung<br>Betreiber u. unabh. Institut   | 21 + 10 Festkörperdosimeter am GKSS-Zaun<br>akkumulierend, jährl. Auswertung<br>Betreiber u. unabh. Institut   | -                 |
| Luft-Aerosole<br>Langlebige Gesamt-Beta Aktivität<br>3 Meßstationen S I - S III, vierteljährlich, kontinuierl. Sammlung auf Filter über 14 Tage, Auswertung nach frühestens 5 Tagen Lagerung<br>nur Betreiber  | Meßstation S IV<br>vierteljährliche Mischprobe aus 14tägigen kontinuierl. Sammelproben, Auswertung nach 6 Tagen<br>nur Betreiber   | +<br><b>Abb.3</b> |
| Gamma-strahlende Einzelnuklide und Sr 90<br>3 Meßstationen S I - S III, kontinuierl. Sammlung auf Filter, 14tägige Auswertung<br>Betreiber u. unabh. Institut, Sr 90 nur Betreiber   | Gamma-strahlende Einzelnuklide<br>Betreiberangabe für S I - S III identisch Messung unabh. Institut bei KKK  | -                 |
| Gesamt-Alpha Aktivität<br>3 Meßstationen S I - S III, kontinuierl. Sammlung auf Filter, vierteljährl. Auswertung<br>nur Betreiber  | An S IV vierteljährliche Mischprobe<br>Betreiber u. unabh. Institut<br>Sr 90 und Gesamt-Alpha Aktivität nur S IV<br>Meßverfahren wie bei KKK<br>nur Betreiber  | +<br><b>Abb.4</b> |
| Gasförmiges Jod<br>Jod 131 Aktivitätskonzentration<br>3 Meßstationen S I - S III, kontinuierl. Sammlung Aktivkohle, 14tägige Auswertung<br>nur Betreiber   | S I - S III identisch mit Messung KKK<br>S IV Meßverfahren wie bei KKK<br>nur Betreiber  | -                 |
| Niederschlag<br>Gamma-strahlende Einzelnuklide<br>3 Meßstationen S I - S III, vierteljährl. Sammelproben<br>nur Betreiber  |  | -                 |
| <b>Boden und Bewuchs</b>   |  | -                 |
| Boden<br>Gamma-strahlende Einzelnuklide und Sr 90<br>Tiefe 0-5 cm und 5-10 cm<br>4 Meßstationen: S I, S III sowie Referenzort Dassendorf, 10 km nördlich (Betreiber u. unabh. Institut) und Referenzort Wittorf, 10 km südlich (unabh. Institut)<br>2 Stichproben pro Jahr an S I und S III (1. und 2. Heuernte), 1 Stichprobe Referenz<br>Sr 90 nur vom Betreiber | 5 Meßstationen: S I, S III, S IV Referenzorte Dassendorf und Wittorf<br>2 Stichproben pro Jahr an S I, III, IV und 1 Stichprobe Referenz durch Betreiber, Sr 90 nur S I, S IV<br>2 Stichproben pro Jahr an S IV und Dassendorf durch unabh. Institut (nur Gamma) | +<br><b>Abb.5</b> |
| Gras<br>Gamma-strahlende Einzelnuklide und Sr 90<br>2 Stichproben S III und Referenzort<br>Betreiber und unabh. Institut, Sr 90 nur an S III   | Betreiber: Orte u. Zeiten wie Boden, Sr 90 nur S III   |                   |

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
| <p>Forts. Tabelle 2</p> <p><b>Ernährungskette Land</b></p> <p>Pflanzliche Nahrung</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Sr 90<br/>nur an S I, 2 Stichproben pro Jahr (1.und<br/>2.Heuernte)</p> <p>Betreiber</p> <p>3 Stichproben pro Jahr unabh. Institut</p>   | <p>unabh. Institut: Orte u.Zeiten wie Boden (nur<br/>Gamma)</p>  |                             |
| <p>Kuhmilch</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide, Jod 131 und Sr 90<br/>an 4 Standorten, je 6 Stichproben pro Jahr<br/>(Sommer) nur unabh. Institut</p>   | <p>nur am Meßort Tesperhude<br/>1 Stichprobe pro Jahr<br/>nur unabh. Institut</p>  | -                           |
| <p><b>Oberirdische Gewässer</b></p> <p>Oberflächenwasser (Elbe)</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Tritium<br/>je 1 Probenentnahmestelle im Ein- und<br/>Auslaufbauwerk oberhalb und unterhalb KKK<br/>sowie bei Lauenburg (10 km oberhalb) u.<br/>Altengamme (10 km unterhalb), kontinuierl.,<br/>monatliche Auswertung</p> <p>Betreiber</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide, Tritium u. Sr 90<br/>je 1 Probennahme im Ein- und Auslaufbauwerk<br/>oberhalb und unterhalb KKK, kontinuierl.,<br/>monatl. Auswertung (H 3 nur vierteljähr.)<br/>unabh. Institut</p> | <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Sr 90<br/>bei 1 Milcherzeugerbetrieb, 1 Molkerei 2x pro<br/>Jahr<br/>Jod monatl. während Grünfütterzeit/nur<br/>unabh.Institut</p>   | -                           |
| <p>Sediment (Elbe)</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Sr 90<br/>3 Orte an der Elbe und Stichkanaleinläufe Rönne<br/>und Drage, Stichproben vierteljähr.</p> <p>Betreiber</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide<br/>2 Orte an der Elbe, Stichproben vierteljähr.<br/>unabh. Institut</p>   | <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide, Tritium, Rest-<br/>Beta<br/>je 1 Probenentnahmestelle oberhalb u. unterhalb<br/>der<br/>GKSS-Abwassereinleitstelle<br/>vierteljähr. Mischproben aus Wochenproben<br/>Betreiber</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Tritium<br/>je 1 Probenentnahmestelle oberhalb u. unterhalb<br/>der<br/>GKSS-Abwassereinleitstelle<br/>vierteljähr. Mischproben aus Wochenproben<br/>unabh. Institut</p> | -                           |
| <p><b>Ernährungskette Wasser</b></p> <p>Fischfleisch</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide<br/>halbjähr. Stichproben zwischen Fluß-km 560-<br/>588<br/>nur unabh. Institut</p> <p>Grundwasser</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide<br/>Brunnen West und Ost (Werksgelände),<br/>vierteljähr. Mischproben<br/>nur Betreiber</p> <p>Trinkwasser</p> <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Sr 90<br/>Wasserwerk Geesthacht, kontinuierl. vierteljähr.<br/>Stichprobe, nur unabh. Institut (GKSS)<br/>Wassergewinnungsgebiet Curslack, 1</p>                                    | <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide<br/>je 1 Probenentnahmestelle oberhalb, an u.<br/>unterhalb der GKSS-Abwassereinleitstelle<br/>Stichproben vierteljährlich<br/>Betreiber<br/>Stichproben halbjährlich<br/>unabh. Institut</p>  | +<br><b>Abb.6<br/>Tab.4</b> |
| <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Sr 90<br/>je 1 Probe oberh., an, unterh. der GKSS-<br/>Einleitstelle halbjährlich/nur unabh. Institut</p>  | <p>Gamma-strahlende Einzelnuclide und Sr 90<br/>je 1 Probe oberh., an, unterh. der GKSS-<br/>Einleitstelle halbjährlich/nur unabh. Institut</p>  | +                           |
| <p>Reaktordränage<br/>vierteljährliche Stichprobe<br/>nur Betreiber</p>  | <p>Reaktordränage<br/>vierteljährliche Stichprobe<br/>nur Betreiber</p>  | -                           |
| <p>identische Messung mit KKK<br/>nur Betreiber (GKSS)</p>   | <p>identische Messung mit KKK<br/>nur Betreiber (GKSS)</p>   | +                           |

|  |                     |  |
|--|---------------------|--|
| Uferfiltratprobe Brunnen Altengamme,<br>kontinuierl. halbjährl.<br>nur unabh. Institut | nur unabh. Institut |  |
|--|---------------------|--|



**Tab.3** Routineüberwachungsprogramm für den Störfall bei KKK und GKSS

\*) Anzeige 12.9.86

| <b>4. Luft und Boden</b> |   |  |  | <b>*)</b>         |
|--------------------------|---|--|--|-------------------|
| 4.1                      | Gamma-Strahlung<br>$\gamma$ -Ortsdosis                        | 80 TLD-Dosimeter in der Umgebung, jährliche Auswertung     | gemeins. Programm GKSS/KKK (Kontrollauswertung LUFA) | -                 |
| 4.2                      | Gamma-Strahlung<br>$\gamma$ -Ortsdosisleistung                | monatl. Kurzzeitmessung nahe u. weite Meßorte im Umkreis   | periodische Meßfahrten                               | -                 |
| 4.3                      | Aerosole<br>Gesamt-Beta-Konzentr.                             | monatl. Stichprobe, Auswertung im Labor<br>Meßorte wie 4.2 | „  | -                 |
| 4.4                      | Gasförmiges Jod<br>J-131-Konzentration                        | „  | „  | -                 |
| 4.5                      | Bodenoberfläche<br>Gesamt-Beta-Aktivitäts-<br>flächenbelegung | monatl. Kurzzeitmessung<br>Meßorte wie 4.2                 | „  | +<br><b>Abb.2</b> |

Die REI unterscheidet Maßnahmen für Kernkraftwerke, Brennelementfabriken, Zwischen- und Endlager sowie Sonderfälle, zu denen Anlagen mit Forschungsreaktoren gehören. Für Kernkraftwerke ist ein definierter Maßnahmenkatalog vorgeschrieben, der sich in der gültigen Fassung von 1993 in geringfügiger Weise von den Maßnahmen für das Kernkraftwerk Krümmel (Tab.2 linke Spalte) unterscheidet.

Bei der Luftüberwachung sind neuerdings mehr Meßpunkte mit Festkörperdosimetern vorgeschrieben (50 für den Betreiber und 30 für das unabhängige Institut). Das wird aber kompensiert durch die 80 TLD-Dosimeter des Überwachungsprogramms für den Störfall (Tab.3).

Gesamtbeta- sowie Alphamessungen in den Aerosolen sind nicht mehr vorgeschrieben. Messungen im Niederschlag waren in der vorherigen REI nicht vorgesehen, sie wurden aber von KKK zusätzlich durchgeführt. In der jetzt gültigen Version müßten sie vom unabhängigen Institut überprüft werden und sich neben einer Messung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle (wie hier in Grünhof) auf einen Meßort als Referenz beziehen, wie im KKK-Programm nicht vorgesehen.

Die im Boden vorgenommenen Sr 90-Messungen bei KKK entfallen (Tab.2), im Grund- und Trinkwasser fehlen bei KKK die nach der gültigen REI vorgesehenen Tritiummessungen.

Das Spektrum der pflanzlichen Nahrungsmittel müßte nach der gültigen REI um Freilandblattgemüse und Obst bereichert werden.

Für Forschungseinrichtungen wie die GKSS ist nach der gültigen REI ein Immissionsmeßprogramm vorzusehen, dass sich in angemessener Weise an dem von Leistungsreaktoren orientiert. Daher kann man davon ausgehen, dass das für die GKSS betriebene Überwachungsprogramm der geltenden REI entspricht.

### **Die Abbildung des Vorfalls am 12.9.86 in der Umgebungsüberwachung von KKK und GKSS**

Die genehmigten Abgaben der Emittenten KKK und GKSS über die Abluft erfolgen über hohe Kamine. Sie dürfen auch als Kurzzeitemission nach AVV (Bu01) in der bodennahen Luft der Umgebung nicht zu Konzentrationen  $\gamma$ -strahlender Aerosole in der Größenordnung von  $100 \text{ Bq/m}^3$  führen. Das auf dem KKK-Gelände registrierte Ereignis am 12.9.86 müßte somit nach dem Konzept der REI in der Routineüberwachung erkennbar sein.

Allerdings sollen die Messungen im bestimmungsgemäßen Betrieb (nur) die „langfristigen Veränderungen infolge von betrieblichen Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser....aufzeigen“, so dass kurzfristig eintretende Veränderungen sich nur in der Gammadosisleistungsmessung nach Punkt 1 (Tab.2) zu jedem Zeitpunkt äußern können, da diese die einzige direktanzeigende kontinuierliche Messung ist.

Aus der Registrierung der Gammadosisleistung gibt es in den Jahresberichten von KKK und GKSS monatliche Angaben über Mittel- und Maximalwerte. Für September 1986 sind diese an allen Meßorten unauffällig.

Zufällig findet sich aber zu dem Termin eine andere Kurzzeitmessung, die den Vorfall anzeigt, aus dem Programm nach Tab. 3. Entsprechend Programmpunkt 4.5 wurden je einmal im Jahr an ca. 50 Stellen der Umgebung mit wechselndem Datum Messungen der Gesamt-Beta-Aktivitätsflächenbelegung am Boden mit einem Oberflächenmonitor vorgenommen.

Am 12.9.86 wurden fünf solcher Messungen ausgeführt:

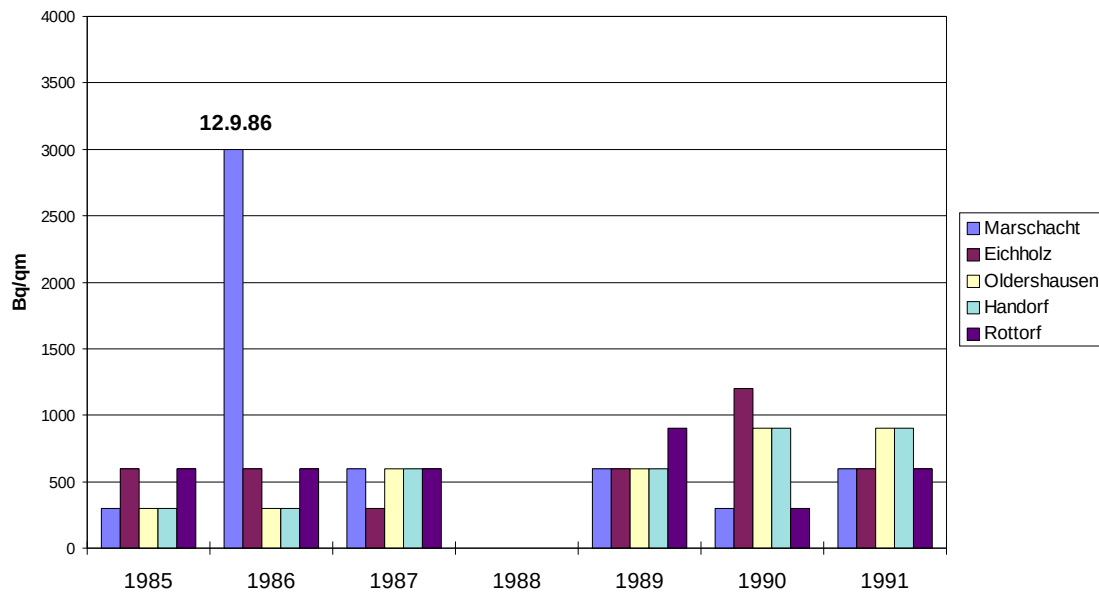
- 1) Meßort 13.4 Obermarschacht/Dorf, 3 km westlich von der GKSS; Ergebnis  $3000 \text{ Bq/m}^2$
- 2) Meßort 12.4 Eichholz, 5,5 km süd-westlich von der GKSS, Ergebnis  $600 \text{ Bq/m}^2$
- 3) Meßort 11.4 Oldershausen, 7,5 km süd-westlich von der GKSS, Ergebnis  $300 \text{ Bq/m}^2$
- 4) Meßort 10.5 Handorf, 8,5 km süd-westlich von der GKSS, Ergebnis  $300 \text{ Bq/m}^2$
- 5) Meßort 10.6 Rottorf, 11 km süd-westlich von der GKSS, Ergebnis  $600 \text{ Bq/m}^2$

Der Meßwert in Obermarschacht ist ein nirgends sonst erreichter Spitzenwert im ausgewerteten Zeitraum 1983-1991 von allen Messungen oberhalb des unabgedeckten Erdbodens. (Nur an Kopfsteinpflaster traten vereinzelt höhere Werte auf.) Im allgemeinen liegen die Werte an den Meßorten bei  $600 \text{ Bq/m}^2$ , in Obermarschacht trat also am 12.9.86 eine etwa 5-fach erhöhte Betakontamination auf, s. Abb.2.

Abb.2 enthält alle Meßwerte für die 5 ausgewählten Meßorte (1988 gibt es für sie keine Angaben im Jahresbericht.)

Die Messung in Obermarschacht erfolgte am 12.9.86 morgens um 9.00 Uhr, also in der Zeitspanne der erhöhten Aerosolaktivität im Kernkraftwerk. Eine Schlußfolgerung über die Lebensdauer der emittierten Betastrahler läßt sich daher nicht ziehen.

Die Meßwerte nach 4.2-4.4 (Tab.3) zeigen für die 5 Meßorte am 12.9.86 keine abweichenden Anstiege. Für die Aerosolmessungen werden sämtlich Nachweisgrenzen angegeben. Dabei fällt allerdings auf, dass diese 2-5 mal so hoch liegen wie andere in dem Jahr erhaltene Meßwerte und Nachweisgrenzen, so dass sich ein 2-5 facher Anstieg darunter verbergen könnte.



**Abb.2** Gemessene Betaflächenaktivität durch GKSS an verschiedenen Stationen

Im weiteren werden die Ergebnisse nach den in Tab.2 aufgeführten Meßpunkten systematisch abgehandelt.

#### a) Weitere Parameter der Luftüberwachung

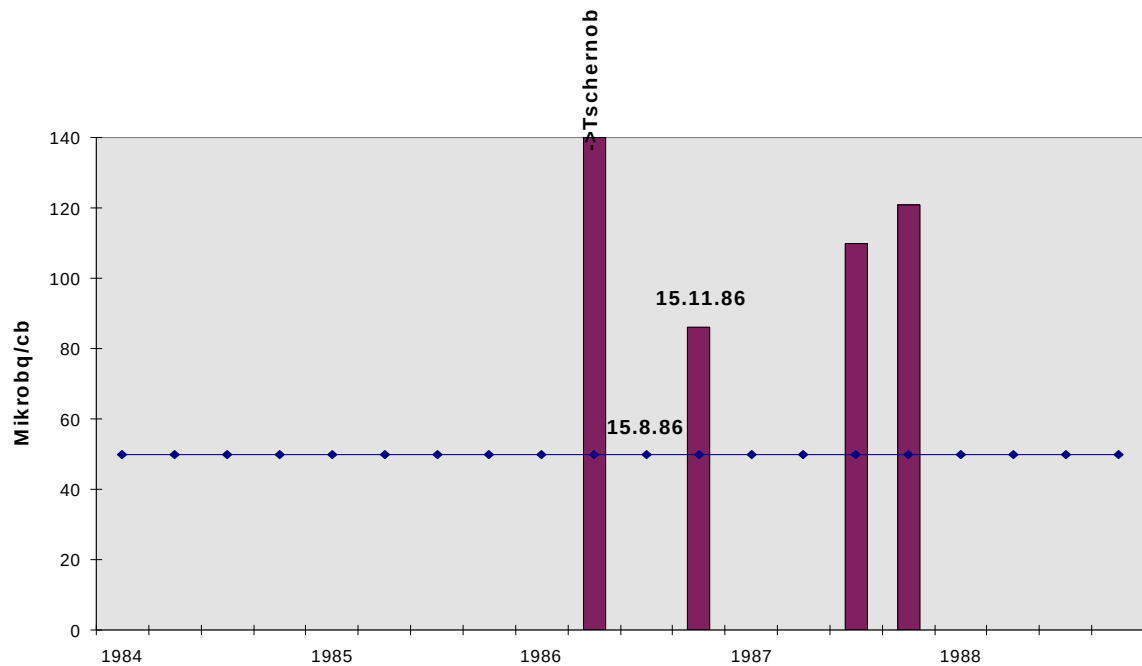
Die **Gamma-Ortsdosismessung** durch Festkörperdosimeter ist als Jahresmessung natürlich nicht geeignet, etwas über den Zeitpunkt einer ungeplanten Emission auszusagen. Schmitz-Feuerhake et al. haben gezeigt, dass sich ab der Inbetriebnahme des Kernkraftwerks 1983 in jedem Jahr eine systematisch höher liegende Ortsdosis im Nahbereich gegenüber dem Außenbezirk ab 2.5 km Entfernung ergibt (Sc96). Der Unterschied beträgt im Mittel etwa 0,1 mSv. Der Zonenmittelwert liegt aber 1986 nicht höher als in anderen Jahren. Auch treten im Jahr 1986 keine Einzelmeßwerte bei den Festkörperdosimetern mit Ausreißercharakter auf (Zi96).

Man würde erwarten, dass sich die am 12.9.86 beobachtete Erscheinung am ehesten bei den Luftaerosolen zeigt.

**Langlebige Beta-Aerosole:** die 14tägig aufeinanderfolgenden Sammelproben zeigen im September bei keiner der Stationen S I - S IV eine Erhöhung. Die Folgeprodukte der Radonisotope würden hierbei wegen ihrer Kurzlebigkeit nicht erfaßt (Tab.1), da die Betamessung erst nach 5 bzw. 6 Tagen Lagerzeit der Filter erfolgt.

**Gammastrahlende Einzelnuklide und Sr 90 im Aerosol:** diese werden als Quartalswerte mit einem Bezugsdatum angegeben, das dem Tag der Messung entspricht. Für das 3. Quartal, in dem der Septembertermin liegt, lassen sich für S I - S III keine Radioaktivitätseinträge gegenüber dem Tschernobylbeitrag differenzieren. Wohl aber zeigt die Messung bei S IV auf dem GKSS-Gelände einen Anstieg nach Tschernobyl für Cs 137, und zwar für die Sammelzeit zwischen dem 15.8. und dem 15.11., s. Abb.3. Das trifft auch für das hier nicht gezeigte Isotop Cs 134 zu. (Weitere Anstiege dieser Isotope im Beobachtungszeitraum sind

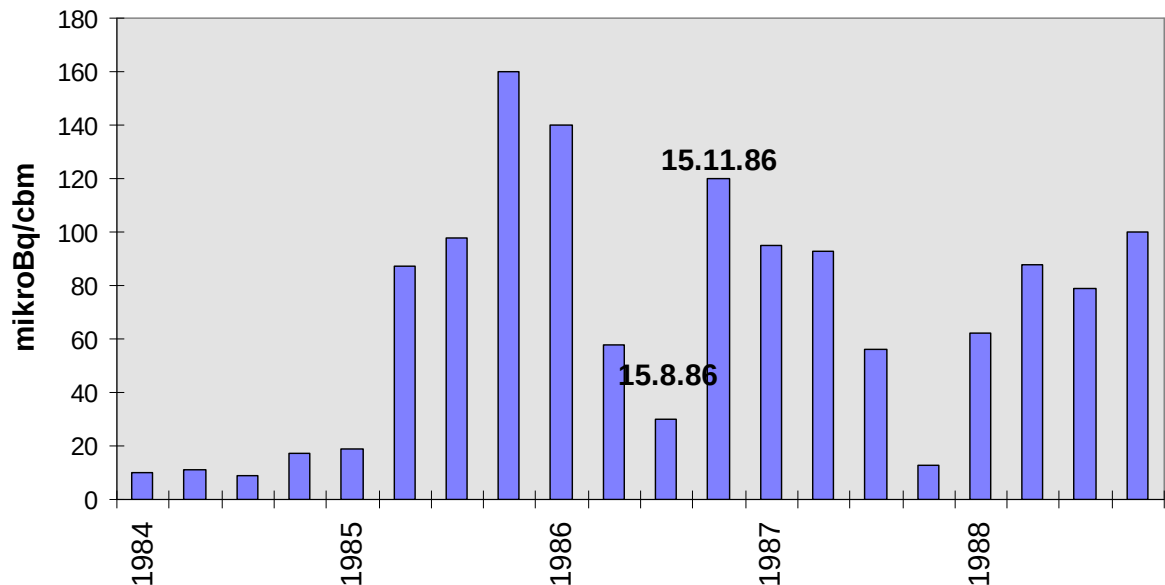
im 3. und 4. Quartal 1987 erfolgt, s. Abb.3). Die anderen Gammaaerosole sowie Sr 90 bei S IV liegen im 3. und 4. Quartal 1986 unter der Nachweisgrenze.



**Abb.3** Cs 137 in Aerosolen der bodennahen Luft bei Meßstation S IV auf dem GKSS-Gelände (Messung unabhängiges Institut)

Die Werte liegen meistens unterhalb der Nachweisgrenze von etwa 50 Bq/cbm

**Alphastrahlende Aerosole:** hier zeigt sich bei S IV ebenfalls ein Anstieg gegenüber Tschernobyl im interessierenden Zeitraum, s. Abb.4, der aber als Einzelbefund im Rahmen der gesamten Schwankungen dieser Meßgröße nicht auffällig ist. Bei S I - S III ist kein Anstieg im 3. Quartal gegenüber dem 2. Quartal verzeichnet.



**Abb.4** Alphastrahlende Aerosole in der bodennahen Luft bei Meßstation S IV auf dem GKSS-Gelände (Messung nur durch Betreiber)

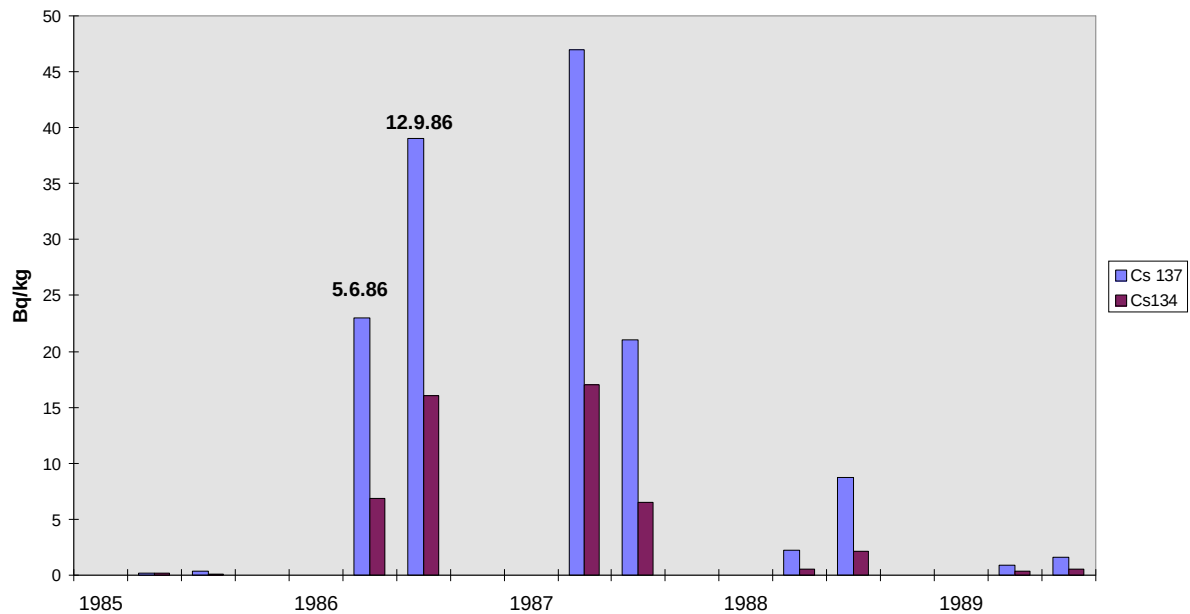
**Gasförmiges Jod:** Meßwerte im 3. Quartal alle unter der Nachweisgrenze.

**Niederschlag:** mitgeteilt werden Quartalsmischproben. Darin zeigen sich im 3. Quartal (Sammlung vom 1.7. bis 8.10.) keine Anstiege von Nukliden gegenüber dem 2. Quartal, das durch Tschernobyl geprägt ist.

#### b) Boden und Bewuchs

Diese Messungen aus dem KKK-Überwachungsprogramm sind nicht geeignet, um etwas über den fraglichen Zeitpunkt auszusagen, da die Stichproben vor dem 12.9. genommen wurden, und zwar am 5.6. und 15.8. In Gras zeigt sich zum 2. Termin eine deutliche Abnahme der Tschernobylnuklide gegenüber dem 5.6.

Am Meßpunkt S IV des GKSS-Überwachungsprogramms erfolgten die Probenahmen am 5.6. und am 12.9. und zeigten für die Cs-Isotope eine Erhöhung in **Gras**, während ihre Konzentration im Boden abgenommen hatte, so dass hier durch die Oberflächenaktivität ein Neueintrag angezeigt wird, s. Abb.5.



**Abb.5** Gammaskpektrometrische Messungen in Gras an Station S IV auf dem GKSS-Gelände  
2 Stichproben pro Jahr

#### c) Ernährungskette Land

##### **Pflanzliche Nahrungsmittel**

Die 2 Proben des Betreibers KKK wurden am 5.6.86 (Raps) und 15.8.86 (Gerste) gewonnen, so dass der interessierende Zeitpunkt nicht erfasst wurde.

Die 3 Probennahmen des unabhängigen Instituts (GKSS) erfolgten am 17.7.86 und 15.8.86 (Gerste) sowie am 24.9.86 (Kohl). Die Septemberprobe zeigt geringfügige Konzentrationen von Cs 134, Cs 137 und Sr 90, die gegenüber der Augustprobe nicht erhöht war.

##### **Kuhmilch**

Von den 6 Stichproben im KKK-Programm lag nur 1 Termin nach dem 11.9.86: am Meßort Marschacht wurde eine Probe am 1.10. genommen. Sie zeigte keine Radioaktivitätsanstiege gegenüber der entsprechenden Probe vom 2.7.86. J 131 lag unter der Nachweisgrenze.

Die Probenahme für das GKSS-Programmm außer für J 131 erfolgte nur bis zum August. Die monatlichen Jodwerte lagen nur bis zum Juli über der Nachweisgrenze.

#### d) Oberirdische Gewässer

##### **Oberflächenwasser (Elbe)**

Die monatlichen kontinuierlich genommenen Proben des Betreibers KKK zwischen dem 3.9.86 (für August) und dem 7.10.86 (für September) zeigen geringfügige - nicht signifikante - Anstiege für die Nuklide Cs 134 und Cs 137, die anderen Radionuklide lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Ebenso verhält es sich für die Messungen des unabhängigen Instituts.

Im GKSS-Programm endet die Sammelperiode für den interessierenden Zeitraum am 15.8.86 bzw. am 15.11.86, wobei sich keine Erhöhung für Cs 134 und Cs 137, die einzig über der Nachweisgrenze liegen. Die Messungen des unabhängigen Instituts sind ebenfalls unauffällig.

### **Sediment (Elbe)**

Aufschlußreicher sind die Sedimentmessungen aus dem GKSS-Überwachungsprogramm. Sie werden an 3 Stellen vorgenommen: oberhalb, in Höhe und unterhalb der Abwassereinleitstelle für die GKSS bei Flußkilometern 578,6; 579,1 und 579,6.

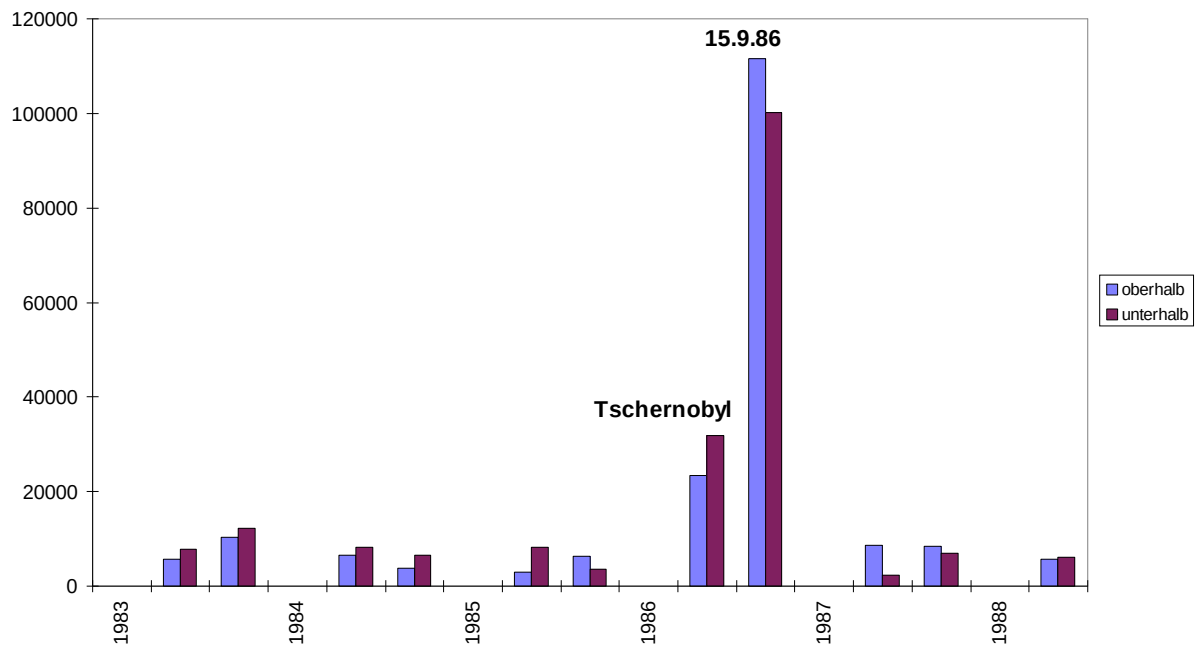
Die Tabellen 4a-c und die Abb.6 zeigen Cs 137 und andere Spaltprodukte im Elbsediment nach den Messungen des unabhängigen Instituts. Im Jahr 1986 wurde eine Messung am 15.5. durchgeführt - also relativ kurz nach dem Tschernobylunfall Ende April - und eine Messung kurz nach dem 12.9.86, nämlich am 15.9.86. In letzterer zeigt sich - außer für Ru 103 - ein Anstieg der Spaltproduktkonzentrationen gegenüber dem verbliebenen Tschernobyleintrag um ein Mehrfaches.

Die Tabellen 4d-f enthalten die Sedimentmessungen des Betreibers (GKSS) an den gleichen Stellen aber zu anderen Zeitpunkten. Im Jahr 1986 erfolgte jeweils eine Messung ebenfalls am 15.5., dann am 21.8., die gegenüber der früheren Messung unauffällig ist, und dann erst wieder am 13.11., in der sich ein starker Anstieg von Spaltprodukten bemerkbar macht.

Maßgeblich für die Herkunftsanalyse sind die Werte **oberhalb** der GKSS-Einleitstelle, da die Sedimente in Höhe der Einleitstelle und darunter durch die genehmigten flüssigen radioaktiven Abgaben der GKSS belastet werden können.

Der am 15.9.86 beobachtete Anstieg oberhalb der Einleitstelle ist zu hoch, um durch Meßwertschwankungen erklärt werden zu können. Er kann auch nicht durch unterschiedliche Speicherkapazität des Sedimentes erklärt werden, da er sich systematisch an den anderen Meßstellen wiederholt (s. Abb.6).

Es kann sich daher nur um einen Neueintrag von Spaltprodukten über den Luftpfad handeln, der nach Tab.4d zwischen dem 21.8.86 und dem 15.9.86 erfolgte.



**Abb.6** Spaltprodukt Cs 137 im Elbsediment bei GKSS in **mB/kg**, oberhalb GKSS-Einleitstelle und unterhalb GKSS-Einleitstelle, Messung LUFA Kiel



Tab.4a/b Spaltprodukte im Sediment aus GKSS- Umgebungsüberwachung  
 Meßinstitution LUFA Kiel  
 2 Stichproben pro Jahr in Bq/kg

|               | Datum        | Cs 137       | Cs 134       | Sb 125     | Ru 106       | Ru 103      | Nb 95      | Ce 144      |
|---------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| Elbe oberhalb | 1983 1.5.    | 5,7          |              |            |              |             |            |             |
| GKSS-Einleit- | 1.11.        | 10,3         |              |            |              |             |            |             |
| stelle        | 1984 9.5.    | 6,6          |              |            |              |             |            |             |
| Strom         | 15.11.       | 3,8          |              |            |              |             |            |             |
| km 578,6      | 1985 20.6.   | 2,9          |              |            |              |             |            |             |
|               | 31.10.       | 6,3          |              |            |              |             |            |             |
|               | 1986 15.5.   | 23,4         | 10,1         | <2,9       | 7,4          | 25,9        | <2,2       | <6,4        |
|               | <b>15.9.</b> | <b>111,6</b> | <b>50,1</b>  | <b>3,6</b> | <b>48,9</b>  | <b>23,1</b> | <b>4,2</b> | <b>7,6</b>  |
|               | 1987 8.4.    | 8,6          | 3,2          |            |              |             |            |             |
|               | 20.8.        | 8,4          | 2,8          |            |              |             |            |             |
|               | 1988 11.4.   | 5,7          | 1,5          |            |              |             |            |             |
|               | 21.10.       | 62,8         | 13,5         |            |              |             |            |             |
|               | 1989 16.3.   | 13,3         | 2,2          |            |              |             |            |             |
|               | 7.9.         | 14,5         | 2,2          |            |              |             |            |             |
|               | 1990 23.3.   | 31,1         | 3,4          |            |              |             |            |             |
|               | 25.10.       | 39,4         | 4,7          |            |              |             |            |             |
|               | 1991 14.3.   | 39,2         | 4,3          |            |              |             |            |             |
|               | 15.8.        | 0,7          | 0,3          |            |              |             |            |             |
|               | 1992 9.4.    | 0,8          | <0,2         |            |              |             |            |             |
|               | 5.11.        | 2,4          | 0,3          |            |              |             |            |             |
| Elbe bei      | 1983 1.5.    | 7,7          |              |            |              |             |            |             |
| GKSS-Einleit- | 1.11.        | 12,3         |              |            |              |             |            |             |
| stelle        | 1984 9.5.    | 8,3          |              |            |              |             |            |             |
| Strom         | 15.11.       | 6,5          |              |            |              |             |            |             |
| km 579,1      | 1985 20.6.   | 8,2          |              |            |              |             |            |             |
|               | 31.10.       | 3,6          |              |            |              |             |            |             |
|               | 1986 15.5.   | 58,1         | 22,1         | 3,6        | 27,2         | 54,0        | 10,7       | 11,5        |
|               | <b>15.9.</b> | <b>290,6</b> | <b>133,9</b> | <b>7,3</b> | <b>111,6</b> | <b>59,9</b> | <b>4,3</b> | <b>10,9</b> |
|               | 1987 8.4.    | 310,3        | 113,2        | 12,1       | 127,5        | 2,6         | <1,2       | 13,8        |
|               | 20.8.        | 16,5         | 5,4          | <0,8       | <3,1         | <0,7        |            | <1,5        |
|               | 1988 11.4.   | 74           | 20           |            |              |             |            |             |
|               | 21.10.       | 109          | 24,8         |            |              |             |            |             |
|               | 1989 16.3.   | 32,9         | 6,3          |            |              |             |            |             |
|               | 7.9.         | 128,2        | 22,8         |            |              |             |            |             |
|               | 1990 23.3    | 105,2        | 14,6         |            |              |             |            |             |
|               | 25.10.       | 95,3         | 10,8         |            |              |             |            |             |
|               | 1991 14.3.   | 80,5         | 10,8         |            |              |             |            |             |
|               | 15.8.        | 1,6          | 0,5          |            |              |             |            |             |
|               | 1992 9.4.    | 0,79         | <0,3         |            |              |             |            |             |
|               | 5.11.        | 46           | 3,3          |            |              |             |            |             |

Die leeren Felder in den Nuklidspalten bedeuten Meßwerte unterhalb der Nachweisgrenze

Tab.4c Spaltprodukte im Sediment aus GKSS-Umgebungsüberwachung  
 Meßinstitution LUFA Kiel  
 2 Stichproben pro Jahr in Bq/kg

|                | Datum        | Cs 137       | Cs 134      | Sb 125     | Ru 106      | Ru 103      | Nb 95      | Ce 144     |
|----------------|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Elbe unterhalb | 1983 1.5.    | 6,1          |             |            |             |             |            |            |
| GKSS-Einleit-  | 1.11.        | 0,5          |             |            |             |             |            |            |
| stelle         | 1984 9.5.    | 0,7          |             |            |             |             |            |            |
| Strom          | 15.11.       | 3,5          |             |            |             |             |            |            |
| km 579,6       | 1985 20.6.   | 2,2          |             |            |             |             |            |            |
|                | 31.10.       | 2,9          |             |            |             |             |            |            |
|                | 1986 15.5.   | 31,9         | 12,2        | <2,4       | 15,0        | 57,3        | <2,8       | <5,5       |
|                | <b>15.9.</b> | <b>100,2</b> | <b>45,8</b> | <b>2,9</b> | <b>43,5</b> | <b>20,2</b> | <b>2,2</b> | <b>4,7</b> |
|                | 1987 8.4.    | 2,4          | 0,8         |            |             |             |            |            |
|                | 20.8.        | 7,0          | 2,1         |            |             |             |            |            |
|                | 1988 11.4.   | 6,1          | 1,5         |            |             |             |            |            |
|                | 21.10.       | 13,8         | 3,3         |            |             |             |            |            |
|                | 1989 16.3.   | 17,0         | 3,4         |            |             |             |            |            |
|                | 7.9.         | 9,6          | 1,8         |            |             |             |            |            |
|                | 1990 23.3.   | 67,1         | 9,8         |            |             |             |            |            |
|                | 25.10.       | 21,3         | 2,5         |            |             |             |            |            |
|                | 1991 14.3.   | 3,9          | 0,6         |            |             |             |            |            |
|                | 15.8.        | 5,7          | 1,4         |            |             |             |            |            |
|                | 1992 9.4.    | 0,92         | <0,2        |            |             |             |            |            |
|                | 5.11.        | 3,1          | 0,4         |            |             |             |            |            |

Tab.4d/e Spaltprodukte im Sediment aus GKSS-Umgebungsüberwachung  
Messung durch GKSS  
4 Stichproben pro Jahr in Bq/kg

|               | Datum         | Cs 137     | Cs 134     | Sb 125    | Ru 106     | Ru 103    | Nb 95     | Ce 144    |
|---------------|---------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Elbe oberhalb | 1984 I        | 4,2        |            |           |            |           |           |           |
| GKSS-Einleit- | II            | 8,6        |            |           |            |           |           |           |
| stelle        | III           | 4,3        |            |           |            |           |           |           |
| Strom         | IV            | 10         |            |           |            |           |           |           |
| km 578,6      | 1985 28.3.    | 3,5        |            |           |            |           |           |           |
|               | 20.6.         | 1,0        |            |           |            |           |           |           |
|               | 29.8.         | 7,2        |            |           |            |           |           |           |
|               | 31.10.        | 1,8        |            |           |            |           |           |           |
|               | 1986 26.3.    | <0,3       | <0,2       | <0,7      | <2         | <0,3      | <0,3      | <2        |
|               | 15.5.         | 30         | 15         | <1        | 15         | 54        | 0,48      | <3        |
|               | 21.8.         | 58         | 27         | <2        | 29         | 19        | 10        | 8,4       |
|               | <b>13.11.</b> | <b>410</b> | <b>180</b> | <b>13</b> | <b>170</b> | <b>33</b> | <b>13</b> | <b>20</b> |
|               | 1987 2.4.     | 3,1        | 1,1        | <2        | <5         | <0,6      | <0,6      | <3        |
|               | 11.6.         | 2,7        | 0,93       |           |            |           |           |           |
|               | 20.8.         | 9,5        | 2,9        |           |            |           |           |           |
|               | 12.11.        | 11         | 3,4        |           |            |           |           |           |
|               | 1988 24.3.    | 2,2        | 0,55       |           |            |           |           |           |
|               | 15.6.         | 9,8        | 2,3        |           |            |           |           |           |
|               | 28.10.        | 35         | 8,2        |           |            |           |           |           |
|               | 1989 9.2.     | 8,6        | 1,7        |           |            |           |           |           |
| Elbe bei      | 1984 I        | 15         |            |           |            |           |           |           |
| GKSS-Einleit- | II            | 20         |            |           |            |           |           |           |
| stelle        | III           | 14         |            |           |            |           |           |           |
| Strom         | IV            | 11         |            |           |            |           |           |           |
| km 579,1      | 1985 28.3.    | <0,7       |            |           |            |           |           |           |
|               | 20.6.         | 12         |            |           |            |           |           |           |
|               | 29.8.         | 4,0        |            |           |            |           |           |           |
|               | 31.10.        | 1,7        |            |           |            |           |           |           |
|               | 1986 26.3.    | 6,3        | <0,6       | <2        | <6         | <0,9      | <0,9      | <4        |
|               | 15.5.         | 23         | 11         | <1        | 9,3        | 27        | 2,4       | <2        |
|               | 21.8.         | 380        | 250        | 16        | 240        | 180       | 36        | 43        |
|               | <b>13.11.</b> | <b>750</b> | <b>320</b> | <b>21</b> | <b>300</b> | <b>53</b> | <b>26</b> | <b>42</b> |
|               | 1987 2.4.     | 330        | 130        | 14        | 140        | 2,5       | <1        | 17        |
|               | 11.6.         | 6,5        | 1,8        | <1        | <3         | <0,4      |           | <3        |
|               | 20.8.         | 23         | 5,8        |           |            |           |           |           |
|               | 12.11.        | 44         | 13         |           |            |           |           |           |
|               | 1988 24.3.    | 67         | 18         |           |            |           |           |           |
|               | 15.6.         | 40         | 8,1        |           |            |           |           |           |
|               | 28.10.        | 180        | 41         |           |            |           |           |           |
|               | 1989 9.2.     | 230        | 49         |           |            |           |           |           |

Die leeren Felder in den Nuklidspalten bedeuten Meßwerte unterhalb der Nachweisgrenze

Tab.4f Spaltprodukte im Sediment aus GKSS-Umgebungsüberwachung  
Messung durch GKSS  
4 Stichproben pro Jahr in Bq/kg

|                | Datum |               | Cs 137    | Cs 134    | Sb 125       | Ru 106    | Ru 103     | Nb 95          | Ce 144       |
|----------------|-------|---------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------|----------------|--------------|
| Elbe unterhalb | 1984  | I             | 5,7       |           |              |           |            |                |              |
| GKSS-Einleit-  |       | II            | 1,2       |           |              |           |            |                |              |
| stelle         |       | III           | 6,3       |           |              |           |            |                |              |
| Strom          |       | IV            | 5,9       |           |              |           |            |                |              |
| km 579,6       | 1985  | 28.3.         | <0,5      |           |              |           |            |                |              |
|                |       | 20.6.         | <0,4      |           |              |           |            |                |              |
|                |       | 29.8.         | 1,4       |           |              |           |            |                |              |
|                |       | 31.10.        | 1,4       |           |              |           |            |                |              |
|                | 1986  | 26.3.         | 4,4       | <0,5      | <1           | <5        | <0,7       | <0,8           | <2           |
|                |       | 15.5.         | 29        | 16        | <1           | 6,9       | 33         | <0,6           | <2           |
|                |       | 21.8.         | 46        | 21        | <1           | 21        | 13         | 2,1            | <2           |
|                |       | <b>13.11.</b> | <b>41</b> | <b>17</b> | <b>&lt;1</b> | <b>12</b> | <b>2,8</b> | <b>&lt;0,5</b> | <b>&lt;2</b> |
|                | 1987  | 2.4.          | 26        | 0,9       | <0,8         | <3        | <0,3       |                |              |
|                |       | 11.6.         | 3,5       | 1,2       |              |           |            |                |              |
|                |       | 20.8.         | 5,6       | 1,9       |              |           |            |                |              |
|                |       | 12.11.        | 11        | 3,3       |              |           |            |                |              |
|                | 1988  | 24.3.         | 6,1       | 1,5       |              |           |            |                |              |
|                |       | 15.6.         | 3,4       | 0,7       |              |           |            |                |              |
|                |       | 28.10.        | 6,5       | 1,4       |              |           |            |                |              |
|                | 1989  | 9.2.          | 100       | 19        |              |           |            |                |              |

#### d) Ernährungskette Wasser

##### **Fischfleisch**

Der GKSS-Jahresbericht übernimmt Werte aus den Messungen für KKK. Ausgeführt wurden sie von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, die in diesem Fall das unabhängige Institut darstellt. Die Meßwerte für 1986 sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Auffällig ist, dass die Konzentrationen der Cs-Isotope nach dem 12.9. deutlich höher liegen als im Mai kurz nach dem Tschernobyl-Unfall - etwa 20-fach -, ferner dass in der Probe vom 17.9. eine Ra 226-Konzentration von 1,1 Bq/kg festgestellt wurde.

##### **Grundwasser**

Die Messwerte in den Brunnen West und Ost auf dem KKK-Gelände lagen in allen Quartalen unterhalb der Nachweisgrenze.

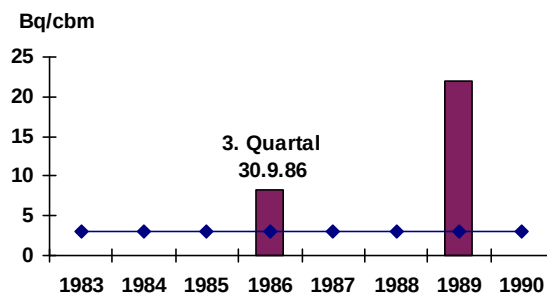
Die Grundwasserprobe beim GKSS-Reaktorgebäude ergab im 3. und 4. Quartal keine Auffälligkeit gegenüber dem Tschernobyl-Zeitraum.

Tab.5 Gemessene Nuklidkonzentrationen in Fischfleisch im Jahr 1986 in Bq/kg

|            | Ort der Probenahme/Fluß-km | Fischsorte     | Datum der Probenahme | Sr 90 | Cs 134      | Cs 137      | Ra 226 |
|------------|----------------------------|----------------|----------------------|-------|-------------|-------------|--------|
| 1.Halbjahr | Oberelbe                   |                |                      |       |             |             |        |
|            | 580,5-582                  | Brasse         | 5.5.86               |       | 0,12        | 0,26        |        |
|            | 564-568                    | Rotaugen       | 6.5.86               |       | 0,9         | 1,6         |        |
|            | 586-587,5                  | Hecht          | 13.5.86              |       | <0,57       | 0,74        |        |
|            | 586-587,5                  | Zander         | 13.5.86              | 0.087 | 1,8         | 2,1         |        |
|            | 597-599                    | Brasse         | 14.5.86              |       | 0,28        | 0,57        |        |
| Mittel     |                            |                |                      |       | 0,74        | 1,05        |        |
| 2.Halbjahr |                            |                |                      |       |             |             |        |
|            | 560-568                    | Brasse         | 17.9.86              |       | 5,1         | 10          |        |
|            | 560-568                    | Barsch + Hecht | 17.9.86              |       | 28          | 58          | 1,1    |
|            | 586-587,5                  | Brasse         | 19.9.86              |       | 5.0         | 10          |        |
|            | 580,5-582                  | Rotaugen       | 24.9.86              | 0,088 | 8,3         | 16          |        |
| Mittel     |                            |                |                      |       | <b>11,6</b> | <b>23,5</b> |        |

### Trinkwasser

Laut KKK-Berichten wurde im 3. Quartal 1986 das Spaltprodukt Cs 137 im Reservoir des Geesthachter Wasserwerks nachgewiesen (Ke86, Ke92), s. Abb. 7. Die Probennahme erfolgte am 30.9.86, die vorherige war am 30.6.86 gewesen und hatte ein Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze gezeigt. Die Erklärung der Betreiber (Tschernobyl) ist daher zu verwerfen (Ke92) und es kann sich nur um eine luftgetragene Radioaktivität handeln, die zwischen dem 30.6. und 30. 9. eingebracht wurde.



**Abb.7** Spaltprodukt Cs 137 im Wasserwerk Geesthacht  
außer 1986 und 1989 lagen die Meßwerte unterhalb der Nachweisgrenze (Linie)

## Bewertung

Im Routineüberwachungsprogramm für die GKSS wird ein besonderes Freisetzungseignis am 12.9.86 durch die Messung der Betaoberflächenaktivität am Meßort Obermarschacht festgestellt. Die eingetragene Betaaktivität ist etwa 5-fach erhöht gegenüber dem normalen Background und der Neueintrag hat eine Höhe von ca. 2400 Bq/m<sup>2</sup>. Über die räumliche Ausdehnung, den zeitlichen Verlauf und die Zusammensetzung der verursachenden Nuklide werden weder im Immissionsmeßprogramm für die GKSS noch in dem des nahegelegenen Kernkraftwerks Informationen geliefert, da zur Erfassung dieser Parameter nicht genügend bzw. überhaupt keine weiteren Messungen vorgesehen sind. Es ergab sich aufgrund einer einzelnen Messkampagne im September, und die 4 weiteren am gleichen Tag vermessenen Orte liegen bis zu 11 km von den potentiellen Emittenten entfernt.

Auch muß man es als Zufall ansehen, dass überhaupt zu diesem Datum eine Messung und damit eine Anzeige erfolgte.

Aus der AVV läßt sich ableiten, dass die festgestellte Flächenaktivität in so großer Entfernung (3,3 km von der GKSS und 2 km von KKK) mit den genehmigten Emissionen über den vorgesehenen Pfad des GKSS- oder KKK-Abluftkamins nicht vereinbar ist. Damit wird angezeigt, dass die Einhaltung der Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung nicht garantiert ist. Nicht entscheidbar ist anhand der Immissionsmeßprogramme, welche der Anlagen die Kontamination erzeugt hat.

Zum gleichen Datum oder Zeitraum, in dem der 12.9. liegt, werden aber auch Spaltprodukte in einigen Medien durch die Routineumgebungsüberwachung festgestellt:

- a) An der Meßstation S IV auf dem GKSS-Gelände zeigen die Luftaerosole eine erhöhte Aktivität für Cs 134 und Cs 137 nach der Augustmessung (Abb.3). Diese Erhöhung ist spezifisch, auch wenn im Jahr 1987 weitere Anstiege auftreten, denn in den Jahren vor Tschernobyl lagen die Werte stets unter der Nachweisgrenze.
- b) Die Cs-Isotope sind ebenfalls im Gras auf dem GKSS-Gelände zum 12.9. erhöht (Abb.5).
- c) Cs-Isotope und weitere frische Spaltprodukte sind am 15.9. im Elbsediment oberhalb der GKSS-Einleitstelle erhöht (Abb.6 und Tab.4a). Dadurch werden luftgetragene Aktivitäten angezeigt. Die Kontamination der Elbe spiegelt sich an den weiter flußabwärts liegenden Meßstellen wieder sowie in den erst im November erfolgten Messungen des Betreibers (Tab.4b-g).
- d) Elbfische bei Geesthacht zeigen im September auffällige erhöhte Konzentrationen für Cs 134 und Cs 137 gegenüber der Tschernobylzeit (Tab.5).
- e) Eine zwischen dem 30.6. und 30.9. genommene Probe aus dem Trinkwasserwerk Geesthacht ergibt eine Cs 137-Kontamination (Abb.7).

Ob und welche Radionuklide in Begleitung der Spaltprodukte freigesetzt wurden, läßt sich aus den Routinemessungen nicht entnehmen. Die einzige vorgenommene Bestimmung von Alphastrahlern - die in der gültigen REI nicht mehr vorgeschrieben ist - ergibt einen Anstieg von Alphastrahlern in den Luftaerosolen auf dem GKSS-Gelände zwischen August und November (Abb.4), der im Rahmen der Meßwerte ab 1985 unauffällig ist.

Zu einer Alphakontamination paßt die überhöhte Konzentration von Ra 226, die mindestens ein Fisch der kleinen Septemberstichprobe enthält, allerdings nicht - wie auch die Angaben des MFE - zu einem normalen Reaktorbetrieb.

Die in der weiteren Umgebung befindlichen Medien Elbsediment, Fische und Trinkwasser sind nicht geeignet, anhand der AVV realistische Abschätzungen über Inkorporationsdosen zu erhalten, die vornehmlich über den Inhalationspfad zustandegekommen sein mögen. Das Freisetzungsszenario läßt sich ebenfalls anhand der Meßwerte nicht rekonstruieren.

Somit erweist sich zumindest in diesem Beispiel, dass die Immissionsüberwachung nach REI trotz großen Aufwandes weit davon entfernt ist, neben der Emissionsüberwachung ein zweites unabhängiges System darzustellen, anhand dessen die Einhaltung der Grenzwerte für die Bevölkerung überprüft werden kann. Auch wenn eine Redundanz nicht angestrebt wird, muß man sich fragen, ob sie außer zur Anzeige eines Großunfalls überhaupt Sinn macht. Letzteres wäre aber mit sehr viel weniger Aufwand erreichbar.

- Ba84** Banz, P., Lange, K., Zimmermann, A.: Das Kernkraftwerk Krümmel geht in Betrieb. Atomwirtschaft Jahrg. XXIV, 1984, 19-28
- Bu93** Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: BMU - RS II 5 - 15603/5: Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen. RdSchr. v. 30.6.93, REI 3.23, Stand Juni 1993
- Bu99** Bundesamt für Strahlenschutz: Jahresbericht 1999
- Bu01** Bundesregierung Deutschland, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen. Bundesanzeiger ?
- GK83** GKSS-Forschungszentrum Geesthacht: Umgebungsüberwachung, Jahresberichte 1983-1992
- Ke86** Kernkraftwerk Krümmel GmbH: Jahresbericht zur Umgebungsüberwachung 1986
- Ke92** Kernkraftwerk Krümmel GmbH: Statusbericht zur Umweltradioaktivität der kraftwerksnahen Umgebung für den Zeitraum 1981-1990. Febr. 1992, Teil II
- Ke93** Kernkraftwerk Krümmel GmbH: Dokumentation zum Anlagenbetrieb im Zeitraum erhöhter natürlicher Radioaktivität in der Außenluft am 12.09.1986. TKU We ss, 31.3.1993
- Mi92** Dr. Wolter, Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein, Schr. an Prof. Dr. I. Schmitz-Feuerhake v. 14.10.1992: Erhöhte Radioaktivitätswerte im Kernkraftwerk Krümmel im September 1986
- Mi93** Dr. Wolter, Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein, Schr. an Prof. Dr. I. Schmitz-Feuerhake v. 19.2.93: Leukämie Elbmarsch, „Indizien“ für die Freisetzung gasförmiger Spaltprodukte aus dem Kernkraftwerk Krümmel, mit Anlage
- Po93** Porstendörfer, J.: Properties and behaviour of Radon and Thoron and their decay products in the air. In Commission of the European Communities: Radiation protection. 5<sup>th</sup> Int. Symposium on the Natural Radiation Environment. Tutorial Sessions. Final Report, Luxembourg 1993, EUR 14411 EN, S. 73
- Sc96** Schmitz-Feuerhake, I., Schumacher, O., Ziggel, H.: Umweltindikatoren für radioaktive Freisetzungen durch das KKW Krümmel. In Heinemann, G., Pfob, H. (Hrsg.): Strahlenbiologie und Strahlenschutz. 28. Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz, Hannover 23.-25. Okt. 1996, S.353-357
- Zi96** Ziggel, H.: Untersuchung zur Rekonstruktion kurzlebiger Spaltproduktemissionen durch das Kernkraftwerk Krümmel anhand der Auswertung von Umgebungsüberwachungs-Meßdaten. Auftrag des Niedersächsischen Sozialministeriums, Bremen, Februar 1996