

Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, Bremen

I.1.4. Kritische Diskussion der Bevölkerungsschutzbestimmungen beim Betrieb von AKW in der Bundesrepublik

Überarbeitete Fassung

26.3.99

Darlegung des Konzeptes für Bevölkerungsschutzbestimmungen bei kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland. Welche Grenzen werden gesehen? Welche Verbesserungsmöglichkeiten existieren? Kritische Würdigung der einschlägigen KTA-Regeln;

- *KTA-Regel 1503.1: Messung und Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe, Teil 1: Messung und Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminabluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb.*
- *KTA-Regel 1504: Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen.*
- *KKK-Gutachten von 1983 (# 27-83-007).*

I.1.4.1 Das Konzept der Bevölkerungsschutzbestimmungen bei kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland

Die Prinzipien des Schutzes der Bevölkerung vor zivilisatorisch bedingten Strahlenexpositionen sind in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) geregelt. Danach müssen erstens Grenzwerte eingehalten werden (§ 45 StrlSchV), die bei keiner Person aus der Bevölkerung - also am ungünstigsten Einwirkungsort - folgende Werte im Kalenderjahr überschreiten dürfen:

- | | |
|--|---------|
| 1. effektive Dosis, Teilkörperdosis für Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark | 0,3 mSv |
| 2. Teilkörperdosis für alle Organe und Gewebe, soweit nicht unter 1. oder 3. genannt | 0,9 mSv |
| 3. Teilkörperdosis für Knochenoberfläche, Haut | 1,8 mSv |

Zweitens gilt das Minimierungsgebot nach § 28 StrlSchV.

Das Minimierungsgebot trägt der strahlenbiologischen These Rechnung, daß es für stochastische Schäden - strahleninduzierte Krebserkrankungen und genetische Schäden bei den Nachkommen - keinen Schwellwert im Sinne eines unwirksamen Dosisbereichs gibt.

Um diese Auflagen zu erfüllen, werden für den Betrieb kerntechnischer Anlagen folgende Maßnahmen vorgesehen:

1. Eine Beschränkung der Jahresabgaben an radioaktiven Stoffen durch Vorgabe von maximal zulässigen Abgaben für bestimmte Nuklidgruppen und das Einzelnuclid H 3, so daß die mittels der AVV (1) zu berechnenden maximalen Jahresdosen für die Bevölkerung unter den Grenzwerten liegen.
2. Auflagen über zusätzliche Beschränkungen radioaktiver Abgaben, die nach dem erreichten Stand der Technik möglich sind.
3. Erstellung eines Sicherheitsberichts für jede geplante Anlage durch die Betreiber, in dem die Einhaltung der Grenzwerte für die Genehmigungsbehörde begründet wird. Ferner findet eine Begutachtung der geplanten Anlage durch einen unabhängigen Gutachter statt, in der ebenfalls die Einhaltung der Grenzwerte bestätigt werden muß, sowie zusätzliche Maßnahmen vorgeschlagen werden, um die Dosis zu verringern. Beim KKK wurde diese vom TÜV Norddeutschland vorgenommen (2).

Da Störfälle bei kerntechnischen Anlagen nicht ausgeschlossen werden können, ist nach § 28(3) StrlSchV bei der Planung der Anlage vorzusehen, daß bei einem Störfall im ungünstigsten Fall eine effektive Äquivalentdosis von 50 mSv und für die Schilddrüse von 150 mSv - wiederum bei keinem Mitglied aus der betroffenen Bevölkerung - überschritten wird.

Um dieses zu gewährleisten, werden für jede Anlage denkbare Störfallszenarien untersucht, beim KKK erfolgte dies durch den TÜV Norddeutschland (3). Die Betrachtung von Störfallszenarien soll so umfassend sein, daß grenzwertüberschreitende größere Störfälle und Unfälle als so unwahrscheinlich anzusehen sind, daß sie unter den Begriff des "Restrisikos" fallen.

Da Störfälle, die zu einer Leukämieerhöhung führen oder beitragen könnten, vom Betreiber des KKK nicht gemeldet wurden, und auch vom Betreiber unabhängigen Überwachungssystem nicht angezeigt wurden, ist im Rahmen des Strahlenbiologischen Gutachtens die Frage, ob dennoch durch die radioaktiven Abgaben ein Dosiswirkungszusammenhang denkbar ist, der die Effekte erklärt. In diesem Kapitel geht es darum, ob das Kontrollsystem eine hinreichende Bilanzierung der Emissionen und ausreichende Erfassung der Immissionen garantiert.

I.1.4.2 KTA-Regel 1503.1:

Die KTA-Regel 1503.1 stellt sicherheitstechnische Anforderungen an das Überwachungssystem für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb auf und schreibt organisatorische Maßnahmen vor, die für diese Überwachung zusätzlich als notwendig angesehen werden. Die Überwachung hat nach KTA folgende Aufgaben zu erfüllen:

- a) Bilanzierung der mit der Kaminfortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe als eine Grundlage für die Beurteilung der radiologischen Auswirkungen,
- b) automatische Auslösung von Signalen bei Grenzwertüberschreitungen,
- c) Lieferung eines Beitrags zur Erfüllung der Vorschriften des § 46 Abs. 1, Ziffer 3 der StrlSchV (betr. Schutz von Luft, Wasser und Boden).

Die Bilanzierung erfolgt über die nuklidspezifische Erfassung aller durch den Reaktorbetrieb denkbaren radioaktiven Stoffe außer C 14 - sofern sie genügend langlebig sind - und wird durch den Betreiber durchgeführt. Da reine α - und β -Strahler nuklidspezifisch nur über diskontinuierliche Meßverfahren ermittelt werden, können kurzlebige Strahler unter ihnen, die den Fortluftkamin erreichen könnten, nicht angemessen erfaßt werden. Die nuklidspezifische Auswertung der α - und β -Proben erfolgt nach vierteljährlicher Sammlung. Die KTA-Regel schreibt einen Katalog von Nukliden vor, über die der Aufsichtsbehörde berichtet werden muß. Darüber hinaus müssen weitere aufgefundene Nuklide angegeben werden, deren Halbwertszeit > 8 d beträgt.

Eine Kontrolle der Betreiberangaben durch die Aufsichtsbehörde im laufenden Betrieb oder durch von ihr zugezogene Sachverständige sieht die Regel nicht vor. Sie schreibt im Abschn. 7.1.2 lediglich vor, daß die Dokumentation der Meßvorgänge und -ergebnisse so angelegt sein muß, daß ein lückenloser Nachweis der Ableitung der radioaktiven Stoffe möglich ist.

Prüfungen durch von der zuständigen Behörde zugezogene Sachverständige haben jährlich, in einem Fall auch zweijährlich stattzufinden. Sie beziehen sich auf die Funktionstüchtigkeit der Meßgeräte und Probennahmemessverfahren sowie Kalibrierungen. Die KTA-Regel befaßt sich also nur mit der emissionsseitigen Radioaktivitätsabgabe. Eine Kontrolle der Dokumentation und der Bilanzierung durch den Betreiber sieht sie nicht vor.

I.1.4.3 KTA-Regel 1504:

Die KTA-Regel 1504, die die Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser betrifft, geht nach dem gleichen Schema vor. Gegenüber der Luftüberwachung schreibt sie jedoch vor, daß Proben aus dem Nebenkühlwasser zur Beweissicherung einzubehalten sind, allerdings nur für die Dauer eines Jahres. Zu überwachen sind alle Abwässer aus der Anlage, die radioaktiv kontaminiert sein können. Das Ziel ist die Bilanzierung aller Nuklide im Abwasserpfad, also auch nur von der Emissionsseite her, um eine Beurteilung der radiologischen Auswirkungen zu ermöglichen.

Die Kontrollen der Radioaktivitätsableitungen über den Wasserpfad sind im Rahmen des strahlenbiologischen Gutachtens weniger relevant, weil diese im allgemeinen nur bestimmte Risikogruppen wie Fischkonsumenten und Wassersportler betreffen, während hier die potentielle Exposition der Bevölkerung im Umkreis bis ca. 15 km interessiert. Eine Ausnahme bilden der Aufenthalt am Elbufer, mögliche Verbindungen der Elbe mit dem Trinkwasser und die Kontaminierung von Nutzpflanzen durch die südlich der Elbe angelegten Bewässerungssysteme. Diese werden auch immissionsseitig überwacht, da Messungen an Elbwasser und Sediment sowie Messungen an Nutzpflanzen und in Kuhmilch regelmäßig erfolgen (4), allerdings nicht auf reine α -Strahler und auf Sr 90 nur in Pflanzen und Kuhmilch.

I.1.4.4 KKK-Gutachten von 1983:

Im Betriebsgutachten zum Strahlenschutz (2) werden ein Aktivitätsfließschema für das KKK aufgestellt und Grenzwerte für die Jahresemissionen nach Nuklidgruppen festgelegt: Edelgase, Feststoffnuklide > 8 d, α -Strahler und die Einzelnuclide H 3, Sr 90, J 131 und Cs 137.

Für C 14 wird kein Grenzwert festgelegt und wie in KTA-Regel 1503.1 auf eine Bilanzierung verzichtet, obwohl das bei Siedewasserreaktoren nach Ansicht der Autoren gut möglich wäre. Der Dosisbeitrag für die Bevölkerung wird aber für gering gehalten.

Um mögliche Dosisgrenzwertüberschreitungen rechtzeitig zu erkennen und zu verhindern, sind Höchstmengen für die Nuklidgruppen Radioaktive Gase und Aerosole ($T_{1/2} > 8$ d) mit Ausnahme von J 131, sowie J 131 als Einzelnuclid für den Zeitraum eines Tages und eines Halbjahres festgelegt, für J 131 auch ein Stundenwert. Bei Überschreitungen sind die Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde (MFE) und der Gutachter (für den laufenden Betrieb der TÜV Nordd.) zu informieren und Maßnahmen zur Verhinderung des Überschreitens einzuleiten.

In Kap. 3.1 des Betriebsgutachtens werden auch „**Interventionswerte**“ diskutiert, d.h. die Frage, in welchen Fällen bei kurzzeitigen Anstiegen von Emissionen über den Luftpfad auf jeden Fall Maßnahmen zu ergreifen sind. Der Gutachter begründet, daß in vielen Fällen plötzliche Anstiege mit erhöhten J 131-Freisetzungen einhergehen und daher die o.g. J 131-Stundenhöchstmenge einen abdeckenden Interventionswert für zahlreiche Leckagearten darstellt.

Abgaberaten anderer Nuclide werden als Interventionswerte nicht empfohlen, denn: „Nach den bisherigen Erfahrungen sind die denkbaren Ursachen erhöhter Aktivitätsableitungen so vielfältig, daß eine Festschreibung von Maßnahmen nicht vorgenommen werden sollte.“

Im Falle längerer Stillstandsphasen, wo also das J 131 ($T_{1/2}=8$ d) schon abgeklungen sein kann, kann es laut Gutachten „erfahrungsgemäß zu erhöhten Emissionen langlebiger Aerosole kommen.“ Diese Situationen seien aber durch die Festlegung der (Jahres-)Grenzwerte für langlebige Aerosole und zusätzlicher Einzelnuclidbegrenzungen, s. oben, hinreichend berücksichtigt worden.

Bei der Grenzwertsetzung für die Emissionen werden zur Minimierung der Strahlenbelastung die erreichten Werte anderer Anlagen als Standard angesetzt. Die unter Anwendung der Grenzwerte für das KKK berechneten Ableitungen mit der Fortluft sind nuklidspezifisch in Tab. 3-2 des Gutachtens wiedergegeben (Anlage 1). Sie führen unter Anwendung der damals gültigen Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition zu § 45 StrlSchV zu folgenden maximalen Dosen:

Tab. 1: Potentielle Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe des KKK nach (2), Auszug

	Dosis (Jahreswert) in mSv		
	über Luft	Wasser	Summe
Kleinkind			
Schilddrüse	0,30	0,024	0,32
Knochen	0,047	0,068	0,115
Ganzkörper	0,041	0,043	0,084
Erwachsener			
Schilddrüse	0,08	0,043	0,12
Knochen	0,051	0,068	0,119
Ganzkörper	0,041	0,043	0,084

Ein Dosiswert für das Knochenmark wurde nicht abgeleitet. Die Autoren weisen darauf hin, daß die angegebenen Maximaldosen aufgrund des Berechnungsverfahrens eigentlich nur dem langjährigen Mittelwert der berechneten Dosen entsprechen können, während nach § 45 StrlSchV die Grenzwertdosen für jedes einzelne Jahr einzuhalten sind.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sei jedoch eine Vorhersage für jedes einzelne Betriebsjahr prinzipiell nicht möglich, da die dazu erforderlichen meteorologischen Daten nicht zur Verfügung stehen. Sie hätten sich daher entschlossen, einen bestimmten Wert für die Eintrittswahrscheinlichkeit von ungünstigen meteorologischen Situationen, die mit der Abgabe radioaktiver Stoffe korreliert sind, vorzugeben und in die Berechnung der Strahlenexposition einfließen zu lassen. Die Häufigkeit für das Überschreiten der so berechneten Dosiswerte in ungünstigen Einzeljahren würde dadurch begrenzt. Praktisch wird so vorgegangen, daß als Referenz der Standort Jülich herangezogen wird, dessen meteorologische und orographische Verhältnisse auf den Standort des KKK übertragbar seien. Dort lagen Untersuchungen vor, mit welchen Häufigkeiten Abweichungen von mittleren Ausbreitungsfaktoren und Bewuchskontaminationen auftreten, wenn unterstellt wird, daß jeweils 1/100 der Emissionsmenge eines Jahres an 100 statistisch ausgewählten Stunden eines Jahres abgeleitet wird. Zur Bestimmung der Strahlenexposition wurden die doppelten Werte der Langzeitausbreitungsfaktoren und Langzeitwashout-Faktoren verwendet. Damit soll ein Vertrauensbereich von ca. 94 % erreicht werden, d.h. man geht davon aus, daß in nur ca. 6 % der Betriebsjahre die so berechnete Strahlenexposition überschritten werden kann.

Für den Luftpfad ergeben die Analysen des Gutachters, daß der ungünstigste Aufenthaltsort in der Umgebung des KKK ca. 300 m nordöstlich des Kamins liegt (externe Gammastrahlung und Inhalation). Der Ort der höchsten Bewuchskontamination (Ingestionspfad) liegt ebenfalls nordöstlich des Kamins in ca. 600 m Entfernung

Bei der Ermittlung der Dosis über den Wasserpfad werden folgende Expositionsmöglichkeiten berücksichtigt, die den Expositionspfaden der heute gültigen Allg. Berechnungsgrundlage (1) gleichen:

- Verbrauch kontaminierten Trinkwassers
- Ingestion kontaminierter Fische
- Verzehr von Blattgemüse und pflanzlichen Produkten, die mit kontaminiertem Wasser bewässert wurden
- Ingestion von tierischen Produkten, die von Rindern stammen, welche kontaminiertes Wasser getrunken und/oder auf Weiden gegrast haben, die mit kontaminiertem Wasser beregnet wurden
- Äußere Strahlenbelastung durch Aufenthalt von Personen auf kontaminierten Sedimenten des Vorfluters
- Äußere Strahlenbelastung beim Schwimmen und Bootfahren im kontaminierten Wasser des Vorfluters

Die Transferfaktoren Boden/Bewuchs wurden für den Standort bestimmt. Die Transferfaktoren Futter/Milch und Futter/Fleisch und die Konzentrationsfaktoren Wasser/Fisch wurden der AVV im Stand von 1979 entnommen.

Aus diesen Szenarien und der Abschätzung in Tab. 1, wonach außer der Schilddrüse die Organ- und Ganzkörperdosis über den Wasserpfad in etwa gleich ist mit der über die Abluft, läßt sich schließen, daß die Einwohner nördlich der Elbe, wo keine Bewässerung stattfindet, und südlich der Elbe sehr unterschiedliche Strahlenbelastungen durch den Wasserpfad haben können, und daß die nördliche Kollektivdosis (als Maß für einen Strahleneffekt) im Nahbereich bei gleicher Kontamination über den Luftpfad u.U. deutlich kleiner sein kann als die südliche.

Die von dem Gutachter ermittelten Jahresdosen, die auszugsweise in Tab.1 niedergelegt sind, werden außer bei der Schilddrüse überwiegend durch externe Gammastrahlung erzeugt, bei der Ganzkörperdosis macht dieser Anteil 93 % aus und bei der Knochendosis 75 %. Daher ist bei dem angenommenen Szenario immissionsseitig eine Überwachung des Grenzwerts anhand von Gammadosisleistungsmessungen und akkumulierenden Gammadosisimetern ganz gut möglich, wie sie beim KKK vorgesehen sind (4). Um Abweichungen vom angenommenen Betrieb erkennen zu können, stehen Gesamtalpha-, Gesamtbeta- sowie nuklidspezifische Messungen in der Umgebung zur Verfügung.

Das Betriebsgutachten räumt der Immissionsüberwachung einerseits eine große Bedeutung ein, in Kap. 11.6 heißt es, sie diene dazu, "in der näheren Umgebung eines Kernkraftwerks die Immissionen radioaktiver Stoffe beweissichernd zu erfassen, und eine Beurteilung der Auswirkungen von Emissionen im bestimmungsgemäßen Betrieb bzw. im Störfall zu ermöglichen". Andererseits hält sie es für ausreichend, daß in der Ausführung die „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ (REI) - in der damaligen Fassung von 1979 - beachtet wird. Mit dieser Richtlinie werden nach Meinung des Gutachters „diejenigen Radionuklide überwacht, die maßgeblich zur Strahlenexposition beitragen“.

Die Immissionsüberwachung nach der REI versteht sich jedoch nur als „Ergänzung“ der Emissionsüberwachung. „Sie ermöglicht eine zusätzliche Kontrolle von Aktivitätsabgaben sowie der Einhaltung von Dosisgrenzwerten in der Umgebung“ (5, Abschn.4.1). Eine Ermittlung

kumulierter Jahresdosen an bestimmten Standorten über die Gammadosis hinaus ist anhand von Immissionswerten jedoch nicht vorgesehen.

Im Betriebsgutachten (Kap.14) wird empfohlen, daß die Berichterstattung über die Immissionsmeßwerte an die Aufsichtsbehörde wöchentlich und monatlich zu erfolgen hat.

I.1.4.5 Welche Grenzen werden gesehen?

Im Regelwerk zur Erfassung der Emissionen und Immissionen sowie den Empfehlungen des TÜV im Betriebsgutachten werden folgende Lücken gesehen:

1. Es besteht keine Gleichwertigkeit von Emissions- und Immissionsüberwachung, dadurch keine Redundanz bei der Bilanzierung der Aktivitätsabgaben und der daraus zu gewinnenden Dosisbestimmung.
2. Es besteht keine Meldepflicht für kurzlebige Isotope (<8 d) durch den Betreiber.
3. Es gibt keine Regelung, wie vorzugehen ist, wenn immissionsseitig Radioaktivitätswerte über der Nachweisgrenze oder Anstiege über dem üblichen Background festgestellt werden.
4. Es gibt keine Regelung, wie im Falle zusätzlicher Informationen bei Umweltkontaminationen vorzugehen ist.
5. Es gibt keine Regelung, wie vorzugehen ist, wenn Widersprüche zwischen Emissions- und Immissionsmeßwerten auftreten.
6. Proben zur Beweissicherung für luftgetragene Radioaktivitätsabgaben sind nicht vorgesehen.

Zu 1) Die einzigen direkten Dosisaussagen der Immissionskontrolle durch die Festkörperdosimeter (80 Meßpunkte) werden seitens der Betreiber auf „Ausreißer“ untersucht, d.h. man prüft - da ein Untergrund durch natürliche Umgebungsstrahlung besteht - die Werte auf Erhöhungen oberhalb eines 10 Jahres-Mittelwerts an dem jeweiligen Standort + dem 3σ -Bereich der Schwankungen um den Mittelwert.

Die Einhaltung der Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung wird durch die emissionsseitige Bilanzierung der Nuklide garantiert. Immissionsseitig besteht jedoch nur durch das System vielfacher Festkörperdosimeter die Möglichkeit, die Einhaltung der Grenzwerte zu kontrollieren, sofern die Dosis überwiegend durch γ -Submersion und γ -Bodenstrahlung erzeugt wird. Die Dosisanteile durch β -Submersion und inkorporierte Reaktornuklide werden durch die Umgebungsüberwachung nur unvollständig und indirekt erfaßt, da nuklidspezifische Messungen nur an wenigen Standorten erfolgen, und z.B. die nuklidspezifische Bestimmung von α -Strahlern in den Umweltmedien nicht durchgeführt wird. Daher gibt es kein zweites unabhängiges System, das die Einhaltung der Dosisgrenzwerte überprüft, sofern nicht sehr starke und auffällige Abweichungen von den erwarteten Meßwerten auftreten.

In zwei Fall-Kontroll-Studien ist international bisher ein Zusammenhang zwischen Leukämieauftreten und dem Betrieb einer kerntechnischen Anlage nachgewiesen worden. Beim Reak-

tor Pilgrim in Massachusetts fanden Morris und Knorr (6) einen Zusammenhang zwischen Leukämierate und radioaktiven Emissionen, bei der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague wurden die Kontaminationen des Strandes und der Meeresfrüchte als Verursacher aufgedeckt (7). In den alten Ländern der BRD hat eine Untersuchung anhand des deutschen Kinderkrebsregisters ergeben, daß im Zeitraum 1980-90 die Leukämierate bei Kindern unter 5 J. im 5 km-Umkreis aller kerntechnischen Anlagen im Mittel 3fach signifikant erhöht war (8). Eine auf Anregung der Leukämiekommissionen erfolgte Analyse dieser Untersuchung durch vier Epidemiologen ergab, daß die Krebsrate bei allen Kindern im 15 km- Umkreis signifikant erhöht ist, ebenfalls die akuten Leukämien für Kinder unter 5 J. im Umkreis von 15 km (9). Die Fortsetzung der Untersuchung im Kinderkrebsregister bis 1995 (10) bestätigte nach (11) die Leukämieerhöhung bei kleinen Kindern.

Dadurch drängt sich die Frage auf, ob nicht ein ursächlicher Zusammenhang mit dem Betrieb der Anlagen besteht. Da ein solcher systematischer Zusammenhang in Widerspruch zu den Angaben über die Emissionen steht, erhebt sich auch die Frage, ob das Überwachungssystem bei den deutschen Kernkraftwerken hinreichend sicher ist, wobei ein Defizit darin bestehen könnte, daß die Kontrolle der Grenzwerte durch ein einziges Bilanzierungsverfahren anhand der Emissionen geschieht.

Zu 2) Es wird davon ausgegangen, daß kurzlebige Isotope mit Halbwertszeiten < 8 d zur Bevölkerungsdosis keinen nennenswerten Beitrag leisten können. Dennoch könnte die Dokumentation für die Aufsichtsbehörde und den Gutachter aufschlußreich sein, wenn sich Abweichungen vom erwarteten Nuklidspektrum (Anlage 1) ergeben. Z.B. würde ein erhöhtes Auftreten von $Np\ 239$ (2,3 d) auf Transurane hinweisen und damit eine weitere Kontrollmöglichkeit für diese dosisrelevanten Stoffe liefern.

Zu 3) Die Umgebungsüberwachung ist durch die REI geregelt (5) und umfaßt ein umfangreiches Meßprogramm für eine Reihe von Medien. Genehmigungsinhaber und unabhängige Meßstellen haben der Aufsichtsbehörde zu berichten und sie zu informieren: "wenn aufgrund der Meßergebnisse eine Überschreitung der Dosisgrenzwerte zu besorgen ist" (Abschnitt 5.2). Eine solche Vorschrift erscheint in der Praxis nur schwer durchführbar, denn die Entscheidung, ob eine Grenzwertüberschreitung denkbar ist, ist nur anhand einer erhöhten γ -Dosisleistung gut zu treffen. Bei einer lokal erhöhten Erhöhung von β - oder α -Aerosolen oder einer Einzelnuklidkonzentration ist sie schwierig, obwohl letzteres im allgemeinen eine Überschreitung der genehmigten Abgaben bedeutet. Szenarien, bei denen die γ -Dosisleistung nicht nennenswert ansteigt, wohl aber β - und α -Immissionen, sind durchaus denkbar, z.B. durch die oben angeführten Emissionen, die nach längerem Stillstand der Anlage auftreten können (2) oder bei Kühlmittelverlust innerhalb des Sicherheitsbehälters mit sehr langem Zeitraum bis zu Entlüftung (3).

Im allgemeinen führen genehmigte Emissionen eines Kernkraftwerks bei den vorgeschriebenen Meßgrenzen der Monitore zu keiner meßbaren Erhöhung in der Umgebung. Dieses zeigen einerseits Erfahrungen, zweitens läßt es sich anhand der vorgeschriebenen Berechnungsmethode für die Ermittlung der Dosis an einem Aufpunkt (1) vorhersagen. Die Durchsicht der KKK-Unterlagen im Rahmen der Tätigkeit der Leukämiekommissionen hat ergeben, daß sich in den Jahresberichten der Betreiber (4) immissionsseitig chronisch erhöhte

Konzentrationen von Cs 137 in Regenwasser und Luft, Anhang 2, ferner systematische Anstiege der Spaltprodukte Cs 134, Cs 137 und Sr 90 in Boden und Bewuchs über die Betriebsjahre gezeigt haben (12, 13), s. auch Anhang 3,4, ohne daß offensichtlich eine Meldung erfolgt ist. Ebenso traten folgenlos erhöhte Einzelwerte für eine Reihe von Spalt- und Aktivierungsprodukten auf, s. Tab.2 und 3.

Tab. 2: Korrosionsprodukte beim Kernkraftwerk Krümmel

Nuklid	T _{1/2}	Zeitpunkt	Konz. Bq/kg	Immissionsseitiges Medium
Cr 51	27,8 d	Mai 85	0,001	Elbwasser Einlaufbauwerk KKK
Mn 54	303 d	Febr. 85	0,001	Elbwasser Einlaufbauwerk KKK
		Juli 85	0,001	"
		Aug. 85	0,001	"
		Dez. 85	0,001	"
		Sept. 85	0,46	Gras Tesperhude, 1,5 km östlich
		4. Quart. 85	0,01	Regenwasser Grünhof, 2 km nordöstlich
		Mai 91	0,13	Boden Schwinde, 6 km westlich
Co 60	5,26 y	3. Quartal 84	0,046*	Aerosol Grünhof
		Febr. 85	0,0009	Elbwasser Einlaufbauwerk KKK
		Juni 85	0,0006	"
		Juli 85	0,0018	"
		Aug. 85	0,0017	"
		Sept. 85	0,64	Gras Tesperhude
		3. Quartal 85	0,0071	Regenwasser Pumpspeicherwerk
		Nov. 85	0,0326	Elbwasser Altengamme, 10 km westlich
		4. Quartal 85	0,0109	Regenwasser Grünhof
		"	0,111	Brunnen Ost
		Juli 96	0,78/0,96	Propf, Regenwassersammler Grünhof
Zn 65	250 d	Juni 85	0,002	Elbwasser Einlaufbauwerk KKK
		Juli 85	0,002	"
		Aug. 85	0,11	Roggen
		Sept. 85	1,5	Gras Tesperhude, 1,5 km östlich
		Dez. 85	0,003	Elbwasser Einlaufbauwerk KKK
Ag 110m	255 d	April 94	0,001	Elbwasser Einlaufbauwerk KKK
Sb 125	2,7 y	Juli 96	3,3/4,9	Propf, Regenwassersammler Grünhof

*) mBq/m³

Tab. 3: Kurzlebige Spalt- und Aktivierungsprodukte beim Kernkraftwerk Krümmel (ohne Korrosionsprodukte)

Nuklid	T _{1/2}	Zeitpunkt	Konz. Bq/kg	Immissionsseitiges Medium
Nb 95	35 d	Juni 84	0,38	Gras Tespe, Elbufer gegenüber KKK
		Okt. 84	0,01	Elbwasser Altengamme, 10 km westlich
Ru 106	1 y	Mai 88	24	Schwebstoff Elbe bei Geesthacht
		Juni 88	1,9	Boden Dassendorf, 10 km nördlich
		Aug. 88	1,6	Boden Tespe, Elbufer gegenüber KKK
		1993	0,009	Trinkwasser Curslack (12 km westl.)
Te 123	120 d	Dez. 83	0,004	Elbwasser Lauenburg, 10 km östl.
Ce 141	33 d	Mai 85	2,3	Elbsediment bei Geesthacht
		Febr. 87	0,004	Elbwasser Einlaufbauwerk KKK
		Mai 91	0,16	Boden Schwinde, 6 km westlich
		Juli 91	0,2	Sediment Avendorf, 4 km südöstlich
		Jan. 95	0,2	4 Bodenproben im Umkreis 3 km
Np 239	2,3 d	Jan. 93	5,3	Boden bei Umspannwerk KKK

Die Anstiege von Sr 90 in Boden und Bewuchs (Anhang 3, 4), die an einigen Standorten in bestimmten Zeiträumen zu beobachten sind, werden damit kommentiert, daß sie im Rahmen auch anderer zu beobachteten Kontaminationen liegen. Der in einigen der Diagramme zu beobachtende hohe Wert für 1982 wird aber auf einen chinesischen Atomtest zurückgeführt und im weiteren zeigen sich Anstiege, die nicht auf Tschernobyl zurückgeführt werden können, da nach (14) Sr 90 durch diesen Unfall in der BRD nur unwesentlich erhöht worden ist.

Die in den KKK-Messungen beim "Referenzort" Dassendorf (10 km nördlich vom KKK) im Jahr 1987 bestimmte Sr 90-Konzentration von 30 Bq/kg in Gras liegt aber auch absolut auffallend hoch. Die Jahresmittelwerte in Niedersachsen nach 1986 waren < 4 Bq/kg, die Maximalwerte im Zeitraum 1985-93 lagen bei < 9 Bq/kg (14). Die Mittelwerte von 1989-93 an reaktorfernen Standorten in Schleswig-Holstein befanden sich unter 4 Bq/kg, die Maximalwerte < 10 Bq/kg. Der 1987 in der BRD gemessene höchste Wert betrug 5,3 Bq/kg, nur 1989 trat ein Wert von 25,3 Bq/kg auf.

Zu diesem auffälligen Strontiumwert in Dassendorf wird im KKK-Jahresbericht 1987 lediglich dargelegt, daß der Meßpunkt 1987 kultiviert worden und daher für einen Vorjahresvergleich nicht geeignet ist. Dieses Verhalten erscheint angesichts der radiologischen Bedeutung von Sr 90 nicht angemessen. Nach (1) ergäbe sich eine Knochenmarksdosis bei Ingestion von pflanzlicher Nahrung mit einer Konzentration von 30 Bq/kg für 1 Jahr beim Kleinkind (1 J.) zu 0,85 mSv, beim Erwachsenen zu 2,6 mSv.

Daß es bei erhöhten Einzelmeßwerten seitens der Betreiber nicht zu einer ganzheitlichen Bewertung kommt, wie sie u.U. erforderlich wäre, soll noch anhand zweier Beispiele darge-

stellt werden. Z.B. wurden im Jahr 1984 deutliche Erhöhungen im Betreibermeßprogramm gegenüber den Vorjahren durch die Festkörperdosimeter auf dem Werksgelände festgestellt, außerdem erhöhte Gesamt- β -Meßraten an den Meßstellen Grünhof (Hauptwindrichtung) und Pumpspeicherwerk. Im Oberflächenwasser der Elbe fand man Ag 110m vor (s. Tab. 2) sowie 2-mal J 131 (in je einer Monatsmischprobe trotz der geringen Halbwertszeit von 8 d) und Nb 95 an zwei Meßpunkten (s. Tab. 3). Ferner wurde vom unabhängigen Meßinstitut laut (4) eine hohe Konzentration für Cs 137 im Sediment der Probennahmestelle "Kühlwasserauslauf" bestimmt, die 16mal höher lag gegenüber dem Vorjahr.

Die Kommentare der Betreiber dazu erfolgen jeweils unter der Rubrik des untersuchten Mediums. Die Festkörperdosen wurden als Folge des Leistungsbetriebs erklärt (auch der fern von der Hochdruckturbine an Pos. 13 auf dem Maschinenhausdach gefundene ungewöhnlich hohe Wert von 171 mSv, der nicht speziell erwähnt wurde), die erhöhten β -Aerosole als natürlich bedingt (woher weiß man das?). Ag 110m und Nb 95 im Elbwasser wurden genannt aber nicht bewertet. Auch der Meßwert von Nb 95 in Gras führte mit dem Hinweis auf seine Nähe zur Erfassungsgrenze zu keiner weiteren Beachtung. Die J 131-Befunde in Elbwasser wurden mit dem Hinweis auf schwankende Konzentrationen kommentiert. Der Cs 137-Befund wurde auf einen hohen organischen Anteil im Sediment zurückgeführt und damit auf meßtechnische und umweltbedingte Schwankungen, die die Vergleichbarkeit mit Vorjahreswerten sehr erschweren.

Als weiteres Beispiel sind im Jahr 1985 die aufgetretenen Korrosionsprodukte in verschiedenen Medien bemerkenswert (Tab. 2), die auch aus den Betreiberunterlagen stammen (4). Diese Ergebnisse werden im Jahresbericht 1985 (4) ebenfalls unangemessen behandelt. Zu den im Elbwasser aufgetretenen Kontaminationen heißt es:

1. für die Zn 65-Kontamination von Roggen: "Dieser Meßwert steht allerdings in keinem kausalen Zusammenhang mit den Zn 65-Emissionen über den Abluftpfad."
2. zu Zn 65 im Sediment unterhalb des Kühlwasserauslaufs heißt es: "Aufgrund der Nuklidzusammensetzung des für die Anlage KKK typischen Abwassers kann der Zn 65-Meßwert nicht unmittelbar mit dem Betrieb der Anlage in Zusammenhang gebracht werden, da die Hauptkorrosionsprodukte Cr 51 und Co 60 nicht nachzuweisen waren. Auch liegen keine Hinweise vor, daß Zn 65 ein von Cr 51 und Co 60 abweichendes Schwebstoffverhalten aufweist."
3. zu den im Elbwasser aufgetretenen Kontaminationen heißt es: "Vom unabhängigen Meßinstitut wurde in einigen Proben eine geringe Kontamination mit radioaktiven Korrosionsprodukten nachgewiesen. Diese Kontamination wurde durch die Probenbehandlung hervorgerufen."
4. zu den Co 60-Befunden in Grundwasser (Brunnen Ost) und Regenwasser (Grünhof, Pumpspeicherwerk) heißt es "Recherchen ergaben, daß es sich bei diesen Werten um von außen in die Probe gelangte Radioaktivität handelt." Daß Co 60 beim Auftreten anderer Korrosionsprodukte plausiblerweise zu erwarten ist, wird nicht erwähnt.

Zu 4) Die Erfahrung bei der Auswertung der KKK-Meßprogramme zeigen, daß gelegentlich Informationen zur Umweltkontamination geliefert werden, die im vorgeschriebenen Meßpro-

gramm nicht abgefragt werden. Z.B. sind die Festkörperdosimeter auf dem Maschinenhausdach, die so auffällige Erhöhungen gezeigt haben (13), auf eine freiwillige Maßnahme des Betreibers zurückzuführen. Auch die auffällig erhöhten Cs 137-Konzentrationen im Regenwasser von Grünhof (13) wurden durch zusätzliche Aufstellung von Regensammlern erhalten. Für solche Zusatzinformationen besteht keine Meldepflicht - auch wenn die bekannt gewordenen Beispiele durch den Betreiber dokumentiert wurden - , wäre aber wünschenswert.

Routinemäßig ist eine Umgebungsüberwachung beim KKK auf Plutoniumisotope nicht vorgesehen. Im KKK-Statusbericht für die Kommissionen (15) - nicht in dem entsprechenden Jahresbericht 1984 - wurden jedoch einige Messungen durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie in Elbwasser mitgeteilt. Danach zeigten sich flußaufwärts vom KKK kurz nach Betriebsbeginn erhöhte Plutoniumkonzentrationen (Anhang 5). (Der Probebetrieb des KKK begann im Sept. 1983, der Netzanschluß erfolgte im April 1984.) Aus dem Verhältnis der Isotope Pu 238/Pu 239, 240 von 50 % in 1984 folgt, daß es sich nicht um Fallout von Kernwaffentests handeln kann. Ferner wiesen Elbfische aus der KKK-Umgebung in den Jahren 1984 und 1990 Plutonium auf (Anhang 6). Die Behauptung der Betreiber, es handle sich dabei um Bombenfallout, widerlegt sich durch die entsprechenden Isotopenverhältnisse von 290, 76 und 50 %.

Zu 5) Ein zentraler Kritikpunkt ist, daß nach unseren Erfahrungen, die sich auf einen KKK-Betrieb beziehen, bei dem keine dramatischen, sondern eher kleinere aber "chronische" Überhöhungen in der Immissionsüberwachung zu beobachten sind, Widersprüche zwischen Emissions- und Immissionsmeßwerten auftreten, denen nicht nachgegangen wird. Vielmehr wird bei unerklärlichen Umgebungskontaminationen auf die Emissionswerte rekurriert und diese als Maß für die Abgaben genommen (13).

Zu 6) Bei den Recherchen der Leukämiekommissionen und der AG Belastungsindikatoren zur Aufklärung des Leukämievorkommens in der Elbmarsch hat es sich als nachträglich erwiesen, daß Probenmaterial aus vergangenen Jahren nicht nachgemessen oder auf andere Nuklide als erwartet zu untersuchen sind.

I.1.4.6 Verbesserungsvorschläge

- 1) Ein zweites System zur Kontrolle der Einhaltung der Dosisgrenzwerte - unabhängig von der Bilanzierung der Nuklide anhand der Emissionen - sollte geschaffen werden, das immissionsseitig außer der Gammadosis auch die Beiträge der reinen β - und α -Strahler erfaßt. Möglicherweise wäre das bereits zu erreichen, wenn man bezüglich des Luftpfades die Anzahl der Luft- und Regenwassersammelstationen erhöht und die Aktivitätsmessungen auf alle potentiell zu erwartenden Reaktornuklide ausdehnt. Bezüglich des Abwasserpfades müßte die Anzahl der Boden- und Bewuchsmessungen zeitlich und räumlich erhöht werden und auch nuklidspezifische α -Messungen umfassen. Ebenso sollte bezüglich der Milch- und sonstigen Nahrungsmittelkontrollen verfahren werden.

- 2) Kurzlebige Isotope in den Emissionen mit Halbwertszeiten < 8 d sollten vom Betreiber ebenfalls gemeldet werden, um Abweichungen von der erwarteten Nuklidzusammensetzung rechtzeitig zu erfassen.
- 3) In den Berichten der Betreiber an die Aufsichtsbehörde über die Umgebungsüberwachung sollte sich jeweils - unabhängig von der Bewertung der Betreiber, woher die Kontaminationen stammen - eine Zusammenstellung aller gemessenen künstlichen Nuklide oberhalb der Nachweisgrenzen oder oberhalb der Vorjahreswerte befinden. Es sollte jeweils eine Diskussion unter der Annahme erfolgen, daß die Umgebungskontaminationen aus dem Reaktor stammen, und die Diskrepanz zur Emissionsbilanzierung erörtert werden. Die Anzahl solcher Diskrepanzen über die Jahre sollte aufgelistet werden.
- 4) Zusatzinformationen über Umgebungskontaminationen sollten genau so wie die Daten des vorgeschriebenen Meßprogramms behandelt werden.
- 5) Ein Regelwerk sollte aufgestellt werden für den Fall, daß es zwischen Emissions- und Immissionsmeßwerten zu Widersprüchen kommt.
- 6) Alle Proben der Emissions- und Umgebungsüberwachung sollten über die Betriebszeit des Reaktors und darüber hinaus aufgehoben werden

1. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrSchVO: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen. Bundesanzeiger Nr. 64a vom 31. März 1990
2. TÜV Norddeutschland: Gutachten über die Sicherheit des Kernkraftwerks Krümmel zum Strahlenschutz beim Betrieb. Teil II des Betriebsgutachtens. Hamburg, Juli 1983, Nr. 27-83-007
3. TÜV Norddeutschland: Störfälle mit Aktivitätsfreisetzungen. Gutachten über die Sicherheit des Kernkraftwerks Krümmel. Hamburg, Dezember 1982, Nr. 27-82-007
4. Jahresberichte zur Umgebungsüberwachung 1981-1993
5. BMU, RS-Handbuch: Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen. REI 3.23, Stand: Juni 1993, gültig ab 1.1.94
6. Morris, M.S., Knorr, R.S.: Adult leukemia and proximity-based surrogates for exposure to Pilgrim plant's nuclear emissions. Archives Environm. Health 51 (1996) 266-274
7. Pobel, D., Viel, J.-F.: Case-control study of leukaemia among young people near La Hague nuclear reprocessing plant: the environmental hypothesis revisited. Brit. Med. J. 314 (1997) 101-106
8. Keller, B., Haaf, G., Kaatsch, P., Michaelis, J.: Untersuchung der Häufigkeit von Krebserkrankungen im Kindesalter in der Umgebung westdeutscher kerntechnischer Anlagen. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU Nr. 326, Eggenstein-Leopoldshafen 1992

9. Profs. E. Greiser, H.H. Raspe, J. Wahrendorf, H.-E. Wichmann: Stellungnahme zur Studie s. (8) vom 7.4.93
 10. Kaletsch, U., Meinert, R., Miener, A., Hoisl, M., Kaatsch, P., Michaelis, J.: Epidemiologische Studien zum Auftreten von Leukämieerkrankungen bei Kindern in Deutschland. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU Nr. 489, Dossenheim 1997
 11. Körblein, A.: Erhöhte Krebsrate bei Kindern im Umkreis von deutschen Kernkraftwerken. Arzt und Umwelt 11 (1998) 109-110
 12. Schmitz-Feuerhake, I., Dieckmann, Helga: Raum-zeitliche Analyse von Elbmarschdaten zur Bestimmung von Expositionszeitpunkten und Strahlenbelastungen. Bericht an die Kommissionen zur Aufklärung des Leukämievorkommens in der Elbmarsch und an die AG Belastungsindikatoren vom 21.4.94
 13. Schmitz-Feuerhake, I.: Edelgasszenario - Bewertung kurzlebiger Spaltproduktmissionen des Kernkraftwerks Krümmel im Rahmen der Edelgasthese zur Aufklärung des Leukämievorkommens in der Elbmarsch. Beratungsauftrag v. 21.11.95 für Beirat für Fragendes Kernenergieausstiegs des Nieders. Umweltministeriums. Bremen, 6.9.96
 14. BMU: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresberichte.
 15. Kernkraftwerk Krümmel GmbH: Statusbericht zur Umweltradioaktivität der kraftwerksnahen Umgebung für den Zeitraum 1981 bis 1990. Teil I bis III, 1992
-
- Anhang 1 Berechnete Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft einer SWR-Anlage vom Typ KKK aus (2)
 - Anhang 2 Cs 137 in Regenwasser und Luft an KKK-Meßstationen im Vergleich zu reaktorfernen Standorten
 - Anhang 3 Sr 90 in Boden bei KKK-Meßstationen aus (4), Jahresbericht 1993
 - Anhang 4 Sr 90 in Bewuchs (Gras) bei KKK-Meßstationen aus (4), Jahresbericht 1993
 - Anhang 5 Plutoniumisotope in Elbwasser und Elbfischen aus (15)
 - Anhang 6 Plutoniumisotope in Elbfischen aus (15)