

PHYSIKERBÜRO
BREMEN

Dipl.-Phys. Richard Donderer
Dipl.-Phys. Otfried Schumacher
Dipl.-Phys. Heiko Ziggel

Strahlenbiologisches Gutachen

I.1.6

**Sicherheit der Emissionsgrenzwerte der atomrechtlichen
Genehmigungen hinsichtlich der Immissionsrichtwerte
am Beispiel des AKW Krümmel**

Otfried Schumacher
14. Januar 1998

Anhang/Appendix *c2*

0. Einleitung

Mit Schreiben vom 16.07.97 wurde der Autor mit der Bearbeitung zweier Kapitel zum Strahlenbiologischen Gutachten beauftragt. Die im Auftragschreiben vorgesehene Reihenfolge wurde aus logischen Erwägungen vom Autor vertauscht.

Kapitel 1: Zuverlässigkeit der AVV hinsichtlich der Emissionsausbreitungs-Berechnungen und Dosisermittlung
wird im folgenden zu I.1.5.

In diesem Kapitel werden grundsätzliche Aspekte der Berechnung von Strahlenbelastungen im Rahmen der AVV diskutiert.

Kapitel 2: Sicherheit der Emissionsgrenzwerte der atomrechtlichen Genehmigungen hinsichtlich der Immissionsrichtwerte am Beispiel des AKW Krümmel
wird im folgenden zu I.1.6.

In diesem Kapitel werden vor dem Hintergrund der Vorgehensweise des TÜV-Norddeutschland bei der Festlegung der Emissionsgrenzwerte mit der Abluft und der im Kapitel I.1.5. erzielten Ergebnisse Schlußfolgerungen für den genehmigten Betrieb des Kernkraftwerks Krümmel (KKK) abgeleitet.

Einleitend muß festgestellt werden, daß im Rahmen des beschränkten Umfangs dieses Auftrages keine umfassende Betrachtung der gestellten Fragestellungen erfolgen kann, wie es für eine gutachterliche Stellungnahme nach §20 AtG erforderlich wäre. Insbesondere kann eine detaillierte Behandlung sämtlicher in der Anlage zum Auftragschreiben aufgeführter Aspekte nicht erfolgen.

Die erzielten Untersuchungsergebnisse und die Schlußfolgerungen sind daher im Sinne von Fragestellungen zu verstehen, die in einer grundlegenderen und detaillierteren Untersuchung beantwortet sind.

Anhang/Appendix C2

Inhalt

I.1.6.	Sicherheit der Emissionsgrenzwerte der atomrechtlichen Genehmigungen hinsichtlich der Immissionsrichtwerte am Beispiel des AKW Krümmel	S. 1
I.1.6.1.	Einleitung	S. 1
I.1.6.2.	Sachverhalt	S. 2
I.1.6.3.	Berechnungen	S. 4
	I.1.6.3.1. Ausbreitungsfaktoren	S. 4
	I.1.6.3.2. Dosis bei Inhalation	S. 6
	I.1.6.3.3. Dosis bei Ingestion	S. 7
	I.1.6.3.4. Dosis durch Gammasubmersion	S. 7
I.1.6.4.	Bewertung	S. 8
I.1.6.5.	Unterlagen/Literatur	S. 9

Anhang/Appendix C 2

I.1.6. Sicherheit der Emissionsgrenzwerte der atomrechtlichen Genehmigungen hinsichtlich der Immissionsrichtwerte am Beispiel des AKW Krümmel

I.1.6.1. Einleitung

Im vorigen Abschnitt wurden die Grenzen der Berechenbarkeit und Unsicherheiten bei der Ermittlung der Strahlenbelastung aufgezeigt, die sich aus den grundlegenden Annahmen, Vereinfachungen und Modellen der AVV¹ ergeben. Die Festlegung der Emissionsgrenzwerte für KKK durch den TÜV-Norddeutschland /TÜV 82/ basierte neben anlagentechnischen Untersuchungen auf Berechnungen nach der damals anzuwendenden Berechnungsgrundlage zu §45 StrlSchV /BMI 79/, die später in die heute gültige AVV /BMU 90/ überging. In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, ob sich vor dem Hintergrund der o.g. Modellschwächen und Unsicherheiten der AVV bei der konkreten Anwendung für KKK Auswirkungen auf die Einhaltung der Immissionsrichtwerte ergeben. Die im folgenden dargestellten Untersuchungen beschränken sich dabei auf den Abluftpfad.

Als Immissionsrichtwerte sind generell die Grenzwerte des §45 StrlSchV zugrunde zu legen. Danach ist eine Anlage so zu planen, daß

die durch Ableitung radioaktiver Stoffe ... mit Luft oder Wasser bedingte Strahlenexposition des Menschen jeweils die folgenden Grenzwerte der Körperdosen im Kalenderjahr nicht überschreitet.

1. *Effektive Dosis, Teilkörperdosis für Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark* 0,3 Millisievert
2. *Teilkörperdosis für alle Organe und Gewebe, soweit nicht unter 1. oder 3. Genannt* 0,9 Millisievert
3. *Teilkörperdosis für Knochenoberfläche, Haut* 1,8 Millisievert

Grundsätzlich muß auch das Minimierungsgebot des §28 StrlSchV beachtet werden. Dies wurde bei der Festlegung der Emissionsgrenzwerte seitens des TÜV-Norddeutschland berücksichtigt /TÜV 83/, eine Beurteilung der dazu gewählten Vorgehensweise und eine Überprüfung der vorgenommenen Berechnungen kann hier jedoch nicht erfolgen. Im Ergebnis der radioaktive Emissionen über den Abluftpfad Strahlenbelastungen von 310 µSv Schilddrüsendosis und 42 µSv Ganzkörperdosis für Kleinkinder, 81 µSv Schilddrüsendosis und 41 µSv Ganzkörperdosis für Erwachsene angegeben.

Im folgenden wird für den Luftpfad zunächst die Vorgehensweise des TÜV-Norddeutschland bei der Festlegung der Emissionsgrenzwerte dargestellt, und diese nachfolgend bewertet. Bewertungskriterium ist vor allem, ob nach Stand von Wissenschaft und Technik durch die gewählte Herangehensweise, d.h. den Annahmen zu Zeitpunkt und Dauer der Emissionen und der Art der Ausbreitung, die Einhaltung der o.g. Grenzwerte auch im Einzelfall und unter Berücksichtigung der Ergebnisse des vorigen Kapitels sichergestellt ist.

Zum Zeitpunkt der Festlegung der Grenzwerte für KKK durch den TÜV war die zur Zeit gültige AVV /BMU 90/ noch nicht erarbeitet. Es galt der Vorläufer /BMI 79/. Die hier durchgeführte Untersuchung orientiert sich jedoch wie auch die Ausführungen in I.1.5. an der zur Zeit gültigen Fassung der AVV.

¹ AVV: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen

Anhang/Appendix C 2

Des weiteren wurde die Unterlage /TÜV 97/ zur Feststellung des Sachstandes und zur Bewertung herangezogen, da in dieser Unterlage neuere meteorologische Daten über den Standort des Kernkraftwerkes Krimmel berücksichtigt sind.

I.1.6.2. Sachverhalt

Bei der Festlegung der Emissionsgrenzwerte für KKK oblag dem TÜV-Norddeutschland die Aufgabe, die §§45 und 28 StrlSchV unter Beachtung des damaligen Standes von Wissenschaft und Technik in konkrete Zahlenwerte zu überführen. Dabei existierten vor allem folgende Schwierigkeiten.

1) Minimierungsgebot

Eine einfache Rückrechnung auf der Basis der Grenzwerte nach §45 StrlSchV und darauf fußender Festlegung der Emissionsgrenzwerte verbot sich aufgrund des Minimierungsgebotes nach §28 StrlSchV.

Der TÜV wählte daher die Herangehensweise, auf der Basis von Betriebserfahrungen mit anderen Siedewasserreaktoren sowie antizipierenden technischen Analysen die normalbetrieblich minimal erforderlichen Aktivitätsableitungen zu bestimmen, und daraus einen Grenzwertsatz abzuleiten. Das Verfahren ist bspw. in /TÜV 83/ ausführlich beschrieben, und soll hier nicht näher erläutert werden, es ist auch nicht Gegenstand dieser Begutachtung. Im Ergebnis wurden die jährlichen Abgabegrenzwerte für den Abluftpfad wie folgt festgelegt:

Radioaktive Gase	1,48·10 ¹⁵ Bq/a	
Jod 131	9,62·10 ⁰⁹ Bq/a	
sonst. Aerosole	1,48·10 ¹⁰ Bq/a	(Halbwertszeit > 8 Tage)

2) Langzeitausbreitung vs. Kurzzeitausbreitung

Gemäß AVV /BMU 90/ sind Langzeitausbreitungsfaktoren definiert, die sich als Mittelwerte der Ausbreitungsverhältnisse nach einer mindestens 5-jährigen 4-parametrischen Ausbreitungsstatistik ergeben (siehe auch I.1.5.).

Diese dürfen wiederum für folgende Emissionssituationen benutzt werden:

Bei **zufällig verteilten Emissionen ungleichmäßiger** Quellstärke, wenn die pro Tag, d.h. in Zeiträumen von je 24 Stunden, emittierte Aktivitätsmenge nicht größer ist als 1/100 der gleichmäßig über das Jahr verteilt angenommenen Jahresemission (für Jod während der Weideperiode 1/200 der Jahresemissionsmenge und in 6 Monaten 1/2 des Jahreswertes), sowie wenn diese Emissionen nicht systematisch zur selben Tageszeit stattfinden, sondern annähernd gleichmäßig über alle Tageszeiten verteilt stattfinden, und in einem beliebigen Zeitraum eines halben Jahres die Hälfte der angenommenen Jahresemission nicht überschritten wird.

Bei **periodischen Emissionen**, wenn die pro Tag, d.h. in Zeiträumen von je 24 Stunden, emittierte Aktivitätsmenge nicht größer ist als 1/100 der gleichmäßig über das Jahr verteilt angenommenen Jahresemission (für Jod während der Weideperiode 1/200 der Jahresemissionsmenge und in 6 Monaten 1/2 des Jahreswertes), und in einem beliebigen Zeitraum eines halben Jahres die Hälfte der angenommenen Jahresemission nicht überschritten wird, wobei die errechneten Teilkörperdosen in der Hauptwindrichtung mit einem Faktor von 2 zu multiplizieren sind.

Anhang/Appendix C 2

Ein- und mehrstündige Emissionen bis zu 24 Stunden sind dagegen auf der Basis der Kurzzeitausbreitungsfaktoren zu berechnen, mit entsprechenden Korrekturfaktoren in Abhängigkeit von der Emissionsdauer.

Vom TÜV-Norddeutschland wurden die folgenden zeitlich begrenzten Höchstmengen für die Aktivitätsabgabe mit der Abluft festgelegt:

Zeitraum von 24 Stunden	1/100 des Jahreswertes
Zeitraum von 6 Monaten	1/2 des Jahreswertes,

jeweils für Jod, Aereosole und Gase.

In diesem Grenzwertsatz ist entgegen der damals gültigen Regelung keine maximale Stundenabgabe festgeschrieben. Dazu der nächste Abschnitt.

3) Quasilangzeitausbreitung

Da der Langzeitausbreitungsfaktor nach AVV definitionsgemäß einen langjährigen Mittelwert darstellt, impliziert seine Verwendung eine kontinuierliche Emission bzw. statistisch gleichmäßig verteilte Emissionen. Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, daß Emissionen tatsächlich in der Weise erfolgen. In /TÜV 83/ heißt es dazu

Der ... vorgeschlagene Grenzwertsatz für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft enthält keine über Zeiträume von jeweils einer Stunde gemittelten Abgaberraten. Der Grenzwertsatz entspricht damit formell nicht in vollem Umfang den Bedingungen für die Anwendbarkeit von Langzeitausbreitungsfaktoren nach der Richtlinie /1-3/ (Vorläufer der AVV /BMI 79/). Wir haben deswegen zur Bestimmung der potentiellen Strahlenexposition modifizierte Langzeitfaktoren (Ausbreitungsfaktoren für bodennahe Konzentration und für Gammasubmersion, Washoutfaktor) verwendet.

Für die Standorte Jülich und Karlsruhe waren Untersuchungen darüber durchgeführt worden, 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 abgegeben wird /Geiß 81/

Diese wurden von TÜV dahingehend bewertet, daß sie unter Berücksichtigung der meteorologischen und orographischen Verhältnisse hinsichtlich ihrer Ergebnisse auf den Standort von KKK übertragbar sind. Des weiteren kam der TÜV zu der Ansicht, daß bei Verwendung der unkorrigierten Langzeitfaktoren ein Vertrauensbereich von lediglich 50% erreicht wird, d.h. in etwa der Hälfte der Betriebsjahre wird, statistisch gesehen, die berechnete Strahlenexposition bei einer unterstellten Ausschöpfung der Grenzwerte überschritten. Bei einem Korrekturfaktor von 2 erhöht sich der Vertrauensbereich auf ca. 94%, d.h. eine Überschreitung finde nur noch in 6 % der Betriebsjahre statt (siehe auch /TÜV 86/).

Aus diesem Grund wurden vom TÜV-Norddeutschland bei der Berechnung der durch Ausschöpfung der Grenzwerte zu erwartenden Strahlenbelastungen gegenüber der damals gültigen Richtlinie /BMI 79/ doppelt so hohe Langzeitfaktoren für bodennahe Konzentration, Gammasubmersion und Washoutfaktor benutzt.

Damit konnte nach Ansicht des TÜV auch auf eine Festschreibung von Maximalwerten für die Abgaberraten innerhalb einer Stunde verzichtet werden.

In /TÜV 97/ wird mit Hilfe von tatsächlichen meteorologischen Daten für die Jahre 1981 bis 1990 eine neuer Langzeitausbreitungsfaktor berechnet. Damit und auf der Basis der bilanzierten Emissionen

Anhang/Annex C 2

von KKK wurden die sich aus der AVV ergebenden "tatsächlichen" Strahlenexpositionen durch radioaktive Ableitungen mit der Kaminfortluft von KKK berechnet. In dieser Untersuchung ist von einer Korrektur der Langzeitfaktoren keine Rede mehr.

I.1.6.3. Berechnungen

I.1.6.3.1. Ausbreitungsfaktoren

Im Vordergrund der hier durchgeführten Betrachtungen steht die Verwendung von Langzeitausbreitungsfaktoren bei der Berechnung von Strahlenbelastungen durch bisher erfolgte oder für die Zukunft denkbaren Emissionen. Alle durchgeführten Berechnungen erfolgen nach AVV. Die Ergebnisse der Diskussion um die Modellannahmen der AVV aus Kapitel I.1.5. sollen jedoch bei der abschließenden Bewertung mitberücksichtigt werden.

Wie oben beschrieben, basieren die festgelegten Grenzwerte der jährlichen und täglichen radioaktiven Abgaben mit der Abluft modelltheoretisch auf der Vorstellung mehr oder weniger kontinuierlicher bzw. periodischer Abgaben.

Tatsächlich finden radioaktive Abgaben mit der Abluft jedoch in der Regel diskontinuierlich statt. Innerhalb der Anwendungsvorschriften der AVV und auch im Rahmen der Genehmigung von KKK kann im Extremfall 1/100 der erlaubten Jahresabgabe in einer Stunde abgegeben werden, die erlaubte Jahresabgabe demnach in 100 stündlichen Abgaben erfolgen.

Die auf der Basis von Monte Carlo Analysen eines derartigen Szenarios für die Standorte Jülich und Karlsruhe vom TÜV durchgeführten statistischen Analysen, und die daraus resultierende Verwendung eines Korrekturfaktors von 2 für die Langzeitfaktoren tragen dem Rechnung, allerdings in nicht zufriedenstellendem Maße.

Das Problem besteht darin, daß Emissionen zeitlich begrenzt und bei nicht vorhersehbaren konkreten meteorologischen Bedingungen stattfinden. Zwar lassen sich rückwirkend statistische Untersuchungen anstellen, die bei genügend großer Datenbasis hinsichtlich der meteorologischen Randbedingungen, und der Emissionscharakteristika zu stabilen und damit für prognostische Zwecke brauchbaren Wahrscheinlichkeitsverteilungen führen. Aufgrund der absoluten Formulierung des §45 StrlSchV müssen die dort genannten Grenzwerte jedoch nicht im statistischen Mittel oder innerhalb eines bestimmten Wahrscheinlichkeitsbereiches eingehalten werden, sondern explizit für jedes Jahr an jedem Ort und für jede Person außerhalb der Anlage. Damit verbieten sich probabilistische Herangehensweisen generell, die nur mit einer begrenzten Wahrscheinlichkeit die Einhaltung der Grenzwerte nach §45 StrlSchV garantieren können.

Als Maßstab für die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte kann nur herangezogen werden, ob durch eine einstündige Emission bei ungünstigsten Randbedingungen die Grenzwerte eingehalten werden, bzw. wieviele Emissionen dieser Art zu einer Überschreitung führen würden.

Als einfachste Maßzahl, um wieviel die Strahlenbelastung durch Verwendung von Langzeitfaktoren ungünstigstenfalls unterschätzt wird, kann das Verhältnis von maximalem Kurzeitausbreitungsfaktor zum verwendeten Langzeitausbreitungsfaktor herangezogen werden.

In den nachfolgenden Tabellen werden die vom TÜV in /TÜV 97/ angegebenen Langzeitausbreitungsfaktoren mit Kurzeitausbreitungsfaktoren verglichen, die nach den in /Schumacher 96/ beschriebenen Verfahren berechnet wurden.

Fallout

Anhang/Appendix C2

In /TÜV 97/ wird ein über die Jahre 1981-1990 gemittelter Langzeitausbreitungsfaktor von $2.2 \cdot 10^{-07} \text{ s/m}^3$ angegeben. Nach AVV ergeben sich für die verschiedenen Wetterkategorien folgende maximalen Kurzeitausbreitungsfaktoren. Angegeben sind zusätzlich die Entfernungen, bei denen die maximalen Werte auftreten, sowie der Faktor, um den der Langzeitfaktor vom TÜV überstiegen wird. Alle Werte beziehen sich auf eine wegen des Geesthangs reduzierten Kaminhöhe von 100 m. Damit werden Ausbreitungen in Richtung der Hauptausbreitungsrichtung abgedeckt.

Diffusions- kategorie	Kurzeitaus- breitungsfaktor s/m^3	Quelldistanz des Maximums m	Verhältnis Kurzzeitfaktor Langzeitfaktor
A	$7.0 \cdot 10^{-06}$	300	32
B	$1.1 \cdot 10^{-05}$	400	50
C	$1.5 \cdot 10^{-05}$	600	68
D	$1.2 \cdot 10^{-05}$	900	55
E	$4.9 \cdot 10^{-06}$	1800	22
F	$3.5 \cdot 10^{-07}$	7900	2

Washout

In /TÜV 97/ wird ein über die Jahre 1981-1990 gemittelter Langzeitwashoutfaktor für eine Entfernung von 700 m von $1.0 \cdot 10^{-10}$ bis $5.0 \cdot 10^{-10} \text{ l/m}^2$ angegeben. Nach AVV ergeben sich für die verschiedenen Wetterkategorien bei einer Entfernung von 500 m und Niederschlagsmengen von 1, 5 und 10 mm/h die in der folgenden Tabelle genannten Kurzzeitwashoutfaktoren. Angegeben ist zusätzlich der Faktor, um den der Langzeitwashoutfaktor vom TÜV überstiegen wird. Alle Werte sind für eine wegen des Geesthangs reduzierten Kaminhöhe von 100 m.

Diff.kat.	1 mm/h Niederschlag		5 mm/h Niederschlag		10 mm/h Niederschlag	
	Kurzzeit- faktor	Kurz zu Lang	Kurzzeit- faktor	Kurz zu Lang	Kurzzeit- faktor	Kurz zu Lang
A	$5.2 \cdot 10^{-08}$	100- 520	$1.9 \cdot 10^{-07}$	380- 1900	$3.3 \cdot 10^{-07}$	660- 3300
B	$1.5 \cdot 10^{-07}$	300-1500	$5.3 \cdot 10^{-07}$	1000- 5300	$9.3 \cdot 10^{-07}$	1900- 9300
C	$2.7 \cdot 10^{-07}$	540-2700	$1.0 \cdot 10^{-06}$	2000-10000	$1.7 \cdot 10^{-06}$	3400-17000
D	$3.4 \cdot 10^{-07}$	680-3400	$1.2 \cdot 10^{-06}$	2400-12000	$2.2 \cdot 10^{-06}$	4400-22000
E	$2.8 \cdot 10^{-07}$	560-2800	$1.0 \cdot 10^{-06}$	2000-10000	$1.8 \cdot 10^{-06}$	3600-18000
F	$1.5 \cdot 10^{-07}$	300-1500	$5.6 \cdot 10^{-07}$	1100- 5600	$9.8 \cdot 10^{-07}$	2000- 9800

Gammasubmersion

In /TÜV 97/ wird ein über die Jahre 1981-1990 gemittelter Langzeitgammasubmersionfaktor von $4.5 \cdot 10^{-05} \text{ s/m}^2$ für eine Entfernung von 700 m angegeben. Für eine Quelldistanz von 100 m wird ein Wert von $1.3 \cdot 10^{-04} \text{ s/m}^2$ angegeben. Nach AVV ergeben sich für die verschiedenen Wetterkategorien folgende maximale Kurzeitausbreitungsfaktoren für die Gammasubmersion. Angegeben sind zusätzlich die Entfernungen, bei denen die maximalen Werte auftreten, sowie der Faktor, um den der Langzeitfaktor vom TÜV überstiegen wird. Alle Werte beziehen sich auf eine wegen des Geesthangs reduzierten Kaminhöhe von 100 m. Bei den hier ermittelten Entfernungen des Maximums zum

Anhang/Appendix C 2

Quellpunkt wäre u.U. die tatsächliche Höhe des Kamins anzusetzen. Bei einer Kaminhöhe von 150 m jedoch liegt das Maximum in 600 m Entfernung (Diffusionskategorie C), und damit wieder im Bereich des Geesthanges.

Diff.kat	Kurzzeitfaktor s/m ²	Quelldistanz des Maximum m	Verhältnis Kurzzeitf. Langzeitf.
A	$9.8 \cdot 10^{-04}$	100	8-22
B	$1.2 \cdot 10^{-03}$	200	9-27
C	$1.4 \cdot 10^{-03}$	300	11-31
D	$1.4 \cdot 10^{-03}$	300	11-31
E	$1.3 \cdot 10^{-03}$	300	10-29
F	$1.2 \cdot 10^{-03}$	100	9-27

Die Kurzeitenausbreitungsfaktoren für Fallout und Gammasubmersion sind derart, daß zu befürchten ist, daß im Rahmen der AVV durch wenige Einzelemissionen in Höhe von genehmigten Tagesabgaben bei Vorliegen bestimmter ungünstiger meteorologischer Bedingungen die durch den Langzeitfaktor aufgrund einer Jahresabgabe berechnete Strahlenbelastung überschritten werden kann. Davon betroffen sind die Belastungspfade Inhalation und Gammastrahlung aus der Abluftfahne.

Die Kurzeitenausbreitungsfaktoren für Washout sind um einige Größenordnungen höher als die vom TÜV ermittelten Langzeitausbreitungsfaktoren. Es ist zu befürchten, daß im Rahmen der AVV allein durch eine Einzelemission in Höhe von genehmigten Tagesabgaben bei Vorliegen bestimmter ungünstiger meteorologischer Bedingungen die durch den Langzeitfaktor berechnete Strahlenbelastung aufgrund einer Jahresabgabe überschritten wird. Davon betroffen ist der Belastungspfad Ingestion.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß, wie im Abschnitt 1.1.5. ausgeführt, die AVV selbst auf gemittelte Daten zurückgreift und daher bei Einzelsituationen besonders hohe Abweichungen auftreten können. Eine genaue rechnerische Analyse mit Hilfe fortgeschrittener Ausbreitungsprogramme, präzisen lokalen meteorologischen Daten und anlagenbezogenen Daten zur Nuklidzusammensetzung ist hier erforderlich. Im Rahmen dieser Arbeit kann nur eine einfache Abschätzung versucht werden. Dies erfolgt in den nächsten Abschnitten.

I.1.6.3.2. Dosis bei Inhalation

Unterstellt wird eine einmalige einstündige Emission von $1.48 \cdot 10^{08}$ Bq Aerosolen, $9.62 \cdot 10^{07}$ Bq I-131 und $1.48 \cdot 10^{13}$ Bq Edelgase. Dies entspricht den Genehmigungswerten für einen Zeitraum von 24 Stunden. Als Nuklidgemisch wird das Standardgemisch der AVV für Siedewasserreaktoren zugrunde gelegt. Die Verwendung eines für KKK anlagenspezifischen Nuklidgemisches wäre wünschenswert, kann aber im Rahmen dieser Arbeit nicht erfolgen, insbesondere vor dem Hintergrund, daß nicht nur abdeckende Werte für die Vergangenheit, sondern auch für die Zukunft ermittelt werden müßten. Dies muß einer genaueren Analyse vorbehalten bleiben.

Die Aerosole setzen sich zusammen aus:

Co-58	10 %
Co-60	40%
Cs-134	15%

Anhang/Appendix C 2

Cs-137 34%
Sr-90 1%

Mit Hilfe der Daten aus /BMU 89/ läßt sich ein gewichteter Dosisfaktor von $1.28 \cdot 10^{-07}$ Sv/Bq für Kleinkinder (1 Jahr alt) und von $3.23 \cdot 10^{-08}$ Sv/Bq für Erwachsene berechnen. Unter Verwendung eines Ausbreitungsfaktors von $1.5 \cdot 10^{-05}$ s/m³ ergibt sich nach dem in I.1.5. angegebenen Formalismus eine Dosis von 17 nSv für Kleinkinder und 17 nSv für Erwachsene. I-131 trägt mit 5.7 nSv für Kleinkinder und mit 2.7 nSv zur effektiven Dosis bei.

Es ergeben sich damit die effektiven Inhalationsdosen zu:

0.023 µSv für Kleinkinder und

0.020 µSv für Erwachsene

Die Schilddrüsendosis durch I-131 beträgt:

0.190 µSv für Kleinkinder und

0.090 µSv für Erwachsene

I.1.6.3.3. Dosis bei Ingestion

Der Berechnungsformalismus für Ingestion der AVV geht von Langzeitausbreitungsfaktoren aus. Für Kurzzeitemissionen kann hier nur eine Abschätzung vorgenommen werden (siehe /Schumacher 96/). Es wurde nur der Beitrag der infolge direkter Beregnung der Pflanzen aufgenommenen Radioaktivität berücksichtigt. Dieser wird in der AVV auf 30% der gesamten niedergeschlagenen Radioaktivität gesetzt. Für langfristige Betrachtungen werden damit die hier berechneten Dosen unterschätzt.

Für o.g. Emissionsszenario wurden so die effektiven Dosen und die des roten Knochenmarks, sowie die Schilddrüsendosis durch I-131 berechnet. Die Beiträge der einzelnen Aerosole sind:

Isotop	effektive Dosis		rotes Knochenmark		Schilddrüse	
	Kleinkind	Erwachsener	Kleinkind	Erwachsener	Kleinkind	Erwachsener
Sr-90	0.4 µSv	0.2 µSv	1.5 µSv	3.1 µSv		
Cs-134	1.2 µSv	1.1 µSv	1.2 µSv	1.0 µSv		
Cs-137	2.3 µSv	1.8 µSv	2.4 µSv	1.6 µSv		
Co-60	42.0 µSv	10.8 µSv				
Co-58						
I-131	23.0 µSv	9.6 µSv			730 µSv	320 µSv
Summe	68.9 µSv	23.5 µSv	5.1 µSv	5.7 µSv	730 µSv	320 µSv

I.1.6.3.4. Dosis durch Gammasubmersion

Wird das Standardgemisch nach AVV zugrundegelegt (mit einem gewichteten Gammadosisfaktor von $7.6 \cdot 10^{-17}$ (Sv/s)/(Bq/m²)) ergibt sich bei einem Ausbreitungsfaktor von $1.4 \cdot 10^{-03}$ s/m² eine Gammadosis von 1.6 µSv.

Es sind aber auch Gemische mit deutlich höheren d.h. bis zu einem Faktor 10 höheren Gammadosisfaktoren denkbar /Schumacher 96/. Strahlenbelastungen durch Gammasubmersion von 10 -20 µSv sind damit durchaus plausibel.

Anhang/Appendix C2

I.1.6.4. Bewertung

Im vorigen Abschnitt wurden potentielle Strahlenbelastungen als Folge von Kurzzeitemissionen im Rahmen der AVV berechnet. Diese sind zum einen zu vergleichen mit den gültigen Grenzwerten nach §45 StrlSchV, andererseits mit den zum Zeitpunkt der Genehmigung berechneten Strahlenbelastungen, die sich bei Ausnutzung der genehmigten Jahresemissionswerte ergeben.

In /TÜV 83/ wurden folgende Strahlenbelastungen bei Ausschöpfung der genehmigten Jahresemissionswerte unter Zugrundelegung von mit gegenüber der Berechnungsgrundlage um den Faktor 2 erhöhten Langzeitausbreitungsfaktoren² angegeben:

Organ	Dosis Kleinkind in μSv	Dosis Erwachsener in μSv
Schilddrüse	310	81
davon Ingestion	260	42
Ganzkörper	42	41
Knochen	47	52
Leber	47	44
Niere	41	41
Lunge	42	41
Magen-Darm	41	43
Haut	44	44

Diese lagen der Genehmigung zugrunde und können daher als Immissionsrichtwerte angesehen werden.

Im Vergleich mit den hier berechneten Dosiswerten zeigt sich, daß allein im Rahmen der AVV unter Annahme ungünstiger meteorologischer Bedingungen bei einer einzigen Kurzzeitemission von Emissionswerten in Höhe der genehmigten 24h-Werte die Immissionsrichtwerte der Genehmigung von KKK über den Ingestionspfad überschritten werden können. Dies betrifft sowohl die effektive Dosis als auch die Schilddrüsendosis.

Die Schilddrüsendosis kommt darüber hinaus dem Grenzwert nach §45 StrlSchV sehr nahe. Schon bei zwei Emissionen in Höhe der genehmigten 24h-Werte ist die Überschreitung dieses Grenzwertes rechnerisch möglich, wenn gleichartige ungünstige meteorologische Randbedingungen zugrunde gelegt werden.

Im weiteren ist zu berücksichtigen, daß die AVV insbesondere bei Einzelsituationen u.U. nicht konservative Ergebnisse liefert.

Im Ganzen zeigen die Untersuchungen in den Abschnitten I.1.5. und I.1.6., daß eine nach Stand von Wissenschaft und Technik zu erfolgende Analyse der Emissionssituationen von KKK retrospektiv wie prospektiv dringend erforderlich ist.

² Ob diese Korrektur um einen Faktor 2 auch Bestandteil der Genehmigung ist, ist dem Autor nicht bekannt

Anhang/Appendix C2

I.1.6.5. Unterlagen/Literatur

- /BMI 79/ Bundesminister des Inneren
Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven
Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer
RdSchr. des BMI vom 15.08.1979 - RSII2-, GMBI 1979, berichtigt durch Bek. Des BMI
vom 09.10.1980 -RSII2-, GMBI 1980
- /BMU 89/ Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Bekanntmachung der Tabelle IV1: Freigrenzen und abgeleitete Grenzwerte der Jahres-
Aktivitätszufuhr für Inhalation und Ingestion einzelner Radionuklide
Bekanntmachung der Dosisfaktoren Äußere Exposition-Erwachsene und Kleinkinder (1
Jahr), Ingestion und Inhalation - Kleinkinder (1 Jahr), Ingestion und Inhalation -
Erwachsene
Bundesanzeiger 185a
1989
- /BMU 90/ Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung:
Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe aus
kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen
Bundesanzeiger Nr. 64a
1990
- /Geiß 81/ H. Geiß, K. Heinemann, K.J. Vogt
Statistische Untersuchungen zur Begrenzung von Kurzzeitemissionen
Seminar "Radioökologie und Strahlenschutz", Fortbildungszentrum Gesundheits- und
Umweltschutz Berlin e.V.
Berlin, 20.-22. Mai 1981
- /Schumacher 96/ O. Schumacher
Entwicklung und Bewertung von Emissionsszenarien luftgetragener Radioaktivität durch
das Kernkraftwerk Krümmel
Beratungsauftrag, erstellt im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums für die
AG Belastungsindikatoren des Niedersächsischen Sozialministeriums
1996
- /TÜV 82/ TÜV-Norddeutschland
Gutachten 27-82-003
zur Sicherheit des Kernkraftwerkes Krümmel,
Radiologischer Teil des Betriebsgutachtens
1982
- /TÜV 83/ TÜV-Norddeutschland
Stellungnahme 27-83-004
Verfahren zur Ermittlung eines Grenzwertsatzes für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit
Luft für das Kernkraftwerk Krümmel
1983
- /TÜV 86/ TÜV-Norddeutschland
Stellungnahme 27-86-007
Statistische Untersuchungen zur Überlagerung von Kurzzeitemissionen
1986
- /TÜV 97/ TÜV-Norddeutschland
Stellungnahme 50-93-003
zu Fragen im Zusammenhang mit der Ursachenfindung für die Leukämie in der
Eibmarsch
1993 (Version Juni 97)