

**ÖSTERREICH  
DOKUMENTATIONEN**

**Kernenergie**

**Band 3**

**Wien 1977**

**Herausgegeben vom Bundespressedienst**

**Gesamtredaktion und wissenschaftliche Koordination: Dr. Helmut Hirsch.**

**Organisation der Informationskampagne Kernenergie: Dr. Oskar Wictora.**

**Eigentümer, Verleger und Herausgeber: Bundeskanzleramt, Bundespressedienst, A-1014 Wien,  
Ballhausplatz 2.**

**Auszugsweiser Abdruck des Textes bei Quellenangabe gestattet.**

**Druck: G. Gistel & Cie. Ges.m.b.H., Buch- und Offsetdruck, 1031 Wien, Münzgasse 6.**

ÖSTERREICH  
DOKUMENTATIONEN

**Kernenergie**

**Band 3**

**Wien 1977**

**Herausgegeben vom Bundespressedienst**

**Gesamtredaktion und wissenschaftliche Koordination: Dr. Helmut Hirsch.**

**Organisation der Informationskampagne Kernenergie: Dr. Oskar Wictora.**

**Eigentümer, Verleger und Herausgeber: Bundeskanzleramt, Bundespressedienst, A-1014 Wien,  
Ballhausplatz 2.**

**Auszugsweiser Abdruck des Textes bei Quellenangabe gestattet.**

**Druck: G. Gistel & Cie. Ges.m.b.H., Buch- und Offsetdruck, 1031 Wien, Münzgasse 6.**

## Inhalt der Dokumentation

### **Band 1**

Experten — Öffentlichkeit — Entscheidungsträger  
Die Auseinandersetzung um die Kernenergie  
aus soziologischer Sicht

Bericht der Diskussionsgruppe 1:  
Gesellschaftliche und wirtschaftliche Fragen

Bericht der Diskussionsgruppe 2:  
Energiepolitische Fragen

### **Band 2**

Bericht der Diskussionsgruppe 3:  
Wirtschaftlichkeit von Kernkraftwerken

Bericht der Diskussionsgruppe 4:  
Energiewirtschaftliche Fragen der Kernenergie in Österreich

Bericht der Diskussionsgruppe 5:  
Beurteilung des Risikos

### **Band 3**

Bericht der Diskussionsgruppe 6:  
Technische und betriebliche Sicherheitsfragen

Bericht der Diskussionsgruppe 7:  
Gesellschaftliche Auswirkungen und Kontrolle

Bericht der Diskussionsgruppe 8:  
Belastungen aus Reaktorbetrieb und Brennstoffzyklus

### **Band 4**

Bericht der Diskussionsgruppe 9:  
Abwärme problematik

Bericht der Diskussionsgruppe 10:  
Biologisch-medizinische Fragen

Anhang

**Diskussionsteilnehmer und Autoren des Berichtes:**

von EHRENSTEIN, Dieter, Univ.-Prof. Dr., Fachbereich Physik der Universität Bremen

JASCHEK, Hilmar, Univ.-Prof. Dr. Ing., Lehrstuhl für Systemtheorie der Elektrotechnik der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

KARWAT, Helmut, Priv.-Doz. Dr. Ing., Technische Universität München

PUCKER, Norbert, Univ.-Prof. Dr., Institut für theoretische Physik an der Universität Graz (Diskussionsleiter)

STICKLER, Roland, Univ.-Prof. Dr., Institut für Physikalische Chemie der Universität Wien

STRIEBEL, Hans-Rudolf, Univ.-Prof. Dr., Institut für Physik der Universität Basel

WEINMANN, Alexander, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr., Institut für Elektrische Regelungs-, Steuerungs- und Antriebstechnik der Technischen Universität Wien

Als Protokollführer ist Herrn

RABITSCH, Herbert, Dipl.-Ing. Dr., Institut für Theoretische Physik und Reaktorphysik der Technischen Universität Graz

für wertvolle Hilfe zu danken.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>6.0 Zusammenfassung (Pucker) .....</b>	<b>5</b>
<b>6.1 Einleitung (Pucker) .....</b>	<b>9</b>
6.1.1 Grundlegende Anmerkungen zur Sicherheitsproblematik .....	9
6.1.2 Sicherheit bei ungestörtem (Normal-)Betrieb .....	12
6.1.3 Sicherheit bei gestörtem Betrieb .....	12
<b>6.2 Werkstofffragen zur betrieblichen und technischen Sicherheit von Kernkraftanlagen (Stickler) .....</b>	<b>15</b>
6.2.1 Einleitung .....	15
6.2.2 Werkstoffanforderungen und -auswahlkriterien bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren .....	15
6.2.3 Prüfungsverfahren zur Werkstoffauswahl, zur Fertigungskontrolle und für Wiederholungsprüfung während des Betriebes .....	21
6.2.4 Eingehende Studien über die Werkstofffragen zur Sicherheit von Reaktordruckbehältern .....	23
6.2.5 Möglichkeit und Folgen eines Kern-Schmelzens .....	23
6.2.6 Verwertung von Reaktordruckgefäßen nach Erreichen der maximal zulässigen Strahlenversprödung .....	24
6.2.7 Zusammenfassung der werkstoff- und herstellungstechnisch bezogenen Störfälle in Kernkraftwerken .....	24
<b>6.3 Instrumentierung von Kernkraftwerken (Jaschek) .....</b>	<b>26</b>
6.3.1 Einleitung .....	26
6.3.2 Betriebsinstrumentierung .....	26
6.3.3 Funktionsgruppensteuerungen .....	27
6.3.4 Regeleinrichtungen .....	27
6.3.5 Schutzinstrumentierung .....	30
6.3.6 Störfallinstrumentierung .....	30
<b>6.4 Redundanz in der Instrumentierung von Kernkraftwerkssystemen (Weinmann) .....</b>	<b>31</b>
6.4.1 Reaktorbetriebs- und -schutzsysteme .....	31
6.4.2 Beispiele für redundante Systeme .....	34
6.4.3 Selbstüberwachung .....	36
6.4.4 Diversitärer Schutz .....	36
6.4.5 Wartung, Betrieb bei Teilausfall .....	36

<b>6.5 Sicherheitseinschluß und Notkühlung bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren (Karwat) .....</b>	<b>38</b>
6.5.1 Einleitung .....	38
6.5.2 Sicherheitsbehälter .....	38
6.5.3 Notkühlung .....	42
6.5.4 Erhaltung der Kerngeometrie .....	43
6.5.5 Begrenzung von Brennstabschäden .....	44
6.5.6 Langzeit-Notkühlung .....	45
6.5.7 Vorkehrungen zur Beherrschung des Kernschmelzens .....	46
<b>6.6 Organisatorischer und betrieblicher Strahlenschutz (Striebel) .....</b>	<b>48</b>
6.6.1 Aufgaben des Strahlenschutzes .....	48
6.6.2 Personaldosimetrie .....	49
6.6.3 Messung und Beseitigung der Radioaktivität im Kernkraftwerk .....	50
6.6.4 Überwachung der Aktivitätsemissionen .....	53
6.6.5 Überwachung der Umgebungsaktivität .....	54
<b>6.7 Gefährdung atomtechnischer Anlagen durch menschliches Versagen und durch böswillige menschliche Eingriffe (v. Ehrenstein) .....</b>	<b>55</b>
6.7.1 Einleitung .....	55
6.7.2 Normalbetrieb .....	56
6.7.3 Technische Unfälle .....	58
6.7.4 Sabotage .....	59
6.7.5 Kriegszustände .....	60
6.7.6 Schluß .....	61
<b>6.8 Literatur .....</b>	<b>62</b>
<b>6.A Anhang .....</b>	<b>65</b>
6.A.1 Bemerkungen zur Reaktorsicherheit (unter dem Aspekt der Konsequenzen für den Strahlenschutz) (Striebel) .....	65
6.A.2 Auszug aus der österreichischen Dampfkesselverordnung .....	83
6.A.3 Fragenkatalog der Informationskampagne Kernenergie .....	86
6.A.4 Fragen aus der Bevölkerung .....	87

## 6.0 Zusammenfassung

Die Kapitel dieses Berichtes wurden von jenen Mitgliedern der Diskussionsgruppe verfaßt, die ein besonderes fachliches Nahverhältnis zu den angesprochenen Problemkreisen haben. Der Inhalt wurde von allen ausführlich und kritisch diskutiert. Falls einzelne Mitglieder der Diskussionsgruppe in wesentlichen Punkten eine abweichende Auffassung vertraten, wurde diese an den entsprechenden Stellen durch Anmerkungen festgehalten.

Insgesamt bedauerte die Diskussionsgruppe die plötzliche Vorverlegung des Fertigstellungstermins des Berichtes, da dadurch manche Punkte nicht so ausführlich wie wünschenswert behandelt werden konnten. Unter anderem mußte so auch eine Analyse vorgefallener Störfälle in Kernkraftwerken unterbleiben.

In einem Kernkraftwerk wird die Energie durch Spaltung von Atomkernen innerhalb der Brennelemente des Reaktors gewonnen. Dabei entstehen als Folgeprodukte große Mengen radioaktiver Substanzen, hauptsächlich innerhalb eben der Brennelemente, aber auch im Kühlmittel (= leichtes Wasser). Die Maßnahmen zur Reaktorsicherheit sind daher in erster Linie darauf ausgerichtet, zu verhindern, daß solches radioaktives Material in die Umwelt austritt und so zu einer Gefahr für die in der näheren oder weiteren Umgebung eines Kernkraftwerkes lebenden Menschen wird. Selbstverständlich ist im Rahmen der vorzusehenden Sicherheitseinrichtungen auch auf die höchstmögliche Sicherheit des Betriebspersonals Bedacht zu nehmen.

Das auf diese Weise sehr global beschriebene Gesamtproblem kann in einige typische Teilprobleme untergliedert werden, die auch eine bessere Einsicht in die technischen und organisatorischen Maßnahmen ermöglichen, die getroffen werden, um dem notwendigen Sicherheitsanspruch Genüge zu tun. Wie bei allen technischen Einrichtungen stellt der Normalbetrieb eines Kernkraftwerkes, sofern er störungsfrei verläuft, kein technisches Sicherheitsproblem dar. Da aber die radioaktiven Substanzen nicht vollständig zurückgehalten werden, ist auch im Normalbetrieb ständig und sorgfältig zu kontrollieren, ob die in den einschlägigen Gesetzen festgelegten Grenzwerte über die Abgabe von Radioaktivität an die Umwelt eingehalten werden. Die technischen und organisatorischen Maßnahmen, die zu diesem Zweck ergriffen werden, fallen in den Bereich des Strahlenschutzes und sind in den Abschnitten 6.6.3 bis 6.6.5 des vorliegenden Berichtes dargestellt. Es handelt sich hiebei um vielfältig erprobte Meßverfahren und Maßnahmen, die bei gewissenhafter Handhabung eine Belastung der Umgebung mit unzulässig hohen Dosen von Radioaktivität ausschließen.

Wie in jeder großtechnischen Anlage kommt auch im Kernkraftwerk der Instrumentierung und ihrem einwandfreien Funktionieren große Bedeutung zu. Man kann die wesentlichen Aufgabenbereiche der Instrumentierung mit Steuerung und Regelung, Betriebsüberwachung und Reaktorschutz umschreiben. So liefert die Betriebsinstrumentierung dem Personal über Meßeinrichtungen und meßwertverarbeitende Einrichtungen stets einen genauen Überblick über den Betriebszustand des Kern-

kraftwerkes. Die hiebei angelieferten Daten werden durch einen Prozeßrechner erfaßt, geordnet und entweder automatisch oder auf Anforderung über Drucker oder Sichtgeräte ausgegeben. Besonders wichtig ist die zuverlässige Ausgabe von Fehler- und Warnmeldungen. Mit den Regeleinrichtungen werden gewisse Betriebsgrößen weitgehend automatisch auf den gewünschten Werten gehalten. Die Schutzinstrumentierung ist vollkommen unabhängig von der Betriebsinstrumentierung und hat die für das Ansteuern von Schutzmaßnahmen notwendigen Funktionen zu erfüllen. Insgesamt handelt es sich hier um zwar komplizierte, aber auch oftmals erprobte Regeleinrichtungen, deren wesentliche Eigenschaften und Anforderungen in Abschnitt 6.3 behandelt sind.

Da ein Versagen wichtiger Teile der Kernkraftwerkseinstrumentierung äußerst schwerwiegende Folgen haben kann, kommt in diesem Zusammenhang der Redundanz solcher Einrichtungen ganz entscheidende Bedeutung zu. Man versteht unter Redundanz eine Über-Instrumentierung in dem Sinn, daß zur Erfüllung einer ganz bestimmten Funktion mehrere technisch gleichartige Maßnahmen ergriffen werden, als für die Erfüllung eben dieser Funktion notwendig sind. Damit kann im Falle eines Defektes in einem Zweig eines solchen redundant ausgelegten Systems sofort eine zugehörige Ersatzinstrumentierung die entsprechenden Funktionen übernehmen, ohne daß aus dem genannten Defekt ein weiterer Schaden entstehen kann. Alle sicherheitstechnisch wesentlichen Einrichtungen eines Kernkraftwerkes müssen mit ausreichender Redundanz und oft auch noch diversitär (= Abzielung auf die gleiche Schutzmaßnahme mit verschiedenartigen technischen Mitteln) ausgelegt sein. Ebenso sind sicherheitstechnisch wesentliche Teile der Instrumentierung auch noch räumlich getrennt verlegt. Solche Einrichtungen sind (auch für das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld [GKT], Zwentendorf) u. a. das Reaktorschneidabschaltungssystem, das Notkühlsystem, die Notstromversorgung oder eben das Reaktorschutzsystem. Durch Zuverlässigkeitsanalysen wird dabei jeweils untersucht, ob das vorgesehene Ausmaß an Redundanz ausreichende Sicherheit verbürgt. Außerdem werden wichtige Systeme durch selbstüberwachende Einrichtungen automatisch auf ihre Funktionsfähigkeit hin überprüft, wodurch die Betriebssicherheit entscheidend erhöht wird. Neben allgemeinen Fragen zur Redundanz werden in Abschnitt 6.4 einige für Zwentendorf typische und für die Sicherheit dieser Anlage wichtige Beispiele redundanter Einrichtungen besprochen.

Alle hier angesprochenen (und weitere nicht explizit erwähnte), vielfach redundant ausgelegten Einrichtungen haben das Ziel, entweder einen störfallfreien Betrieb zu gewährleisten oder im Falle doch auftretender Defekte unmittelbar Gegenmaßnahmen einzuleiten, damit es zu keinem Austritt von radioaktivem Material in die Umgebung und zu keinen Schadensfolgen für die Bevölkerung, aber auch für das Betriebspersonal kommen kann.

Eine entscheidende Rolle in den Sicherheitsüberlegungen spielt die über die Betriebsdauer eines Kernkraftwerkes unbedingt notwendige Integrität des Reaktordruckbehälters. Dabei muß man auch die Neutronenbestrahlung, der die verschiedenen Teile des Druckbehälters mit unterschiedlicher Intensität ausgesetzt sind, in Rechnung stellen. Diese Bestrahlung führt zu Veränderungen in der Mikrostruktur der Metalle, welche mit der Zeit zu Versprödungserscheinungen führen, wodurch wieder die Festigkeitseigenschaften beeinflußt werden. Für einen sicheren Betrieb von Kernkraftwerken muß also die Gewähr bestehen, daß nicht trotz sonstiger vielleicht vollständiger Störungsfreiheit eine Versprödung des Druckbehältermaterials nach längerer Betriebszeit zu einem plötzlichen Bruch und damit zu einem vollständigen Versagen der Kühlung führt.

Die Probleme der Strahlungsversprödung sind aus diesem Grund schon lange Gegenstand sorgfältiger Untersuchungen. Gleich wichtig sind in dem Zusammenhang alle technisch-wissenschaftlichen Verfahren zur Bestimmung von Spannungszuständen und bruchmechanischen Vorgängen an großen, druckführenden Bauteilen überhaupt. Sorgfältigste Qualitätskontrolle bei der Fertigung und die Anwendung zuverlässiger Prüfverfahren vor der Inbetriebnahme sowie bei in bestimmten Zeitintervallen vorzunehmenden wiederkehrenden Inspektionen müssen Hand in Hand gehen.

Neben den genannten Problemen ist auch noch den möglichen Korrosionserscheinungen im gesamten Primärsystem große Aufmerksamkeit zu widmen. In der Folge kann Korrosion auch zum Bruch führen.

Diese wichtigen Werkstofffragen werden in Abschnitt 6.2 eingehend behandelt. In den letzten Jahren sind auf dem Gebiet der Werkstofftechnologie bedeutende Fortschritte erzielt worden. Neuentwickelte Prüfverfahren — besonders auf Ultraschallbasis — und rigorose Maßnahmen im Bereich der Qualitätskontrolle haben dazu geführt, daß heute die Frage der Druckbehältersicherheit auch von sehr kritisch eingestellten Fachleuten günstiger beurteilt wird.

Die zuverlässige Funktion der Kühleinrichtungen ist ebenfalls ein zentrales Sicherheitserfordernis. Die durch das große radioaktive Inventar des Reaktorkerns auch nach Beendigung der Kettenreaktion freigesetzte Nachzerfallswärme erfordert eine ausreichende und sichere Kühlung. Im Falle eines Kühlmittelverlustunfalls — etwa durch den Bruch einer Frischdampfleitung verursacht — muß daher die Kühlung des Reaktorkerns zuverlässig beherrscht werden, da sonst durch Überhitzung der Brennelemente eine Zerstörung des Kerns mit nachfolgendem Schmelzen und massiver Freisetzung von Radioaktivität eintreten würde. Beim Kernkraftwerk Zwentendorf sind für die Notkühlung vier voneinander getrennte Stränge und ein Flutsystem vorgesehen. Diese Einspeisesysteme werden noch durch das Hochdruck-Einspeisesystem für kleinere Leckagen ergänzt. Die Auslegung des Notkühlsystems ist derart, daß im Falle eines Kühlmittelverluststörfalles die Brennstabtemperaturen jedenfalls unter dem kritischen Wert von 1200°C bleiben. Seit einigen Jahren werden intensive, auch experimentelle Untersuchungen zur weitergehenden Abstützung des Notkühlkonzepts von Leichtwasserreaktoren durchgeführt. Für Siedewasserreaktoren liegen dabei die Notkühlverhältnisse günstiger als für Druckwasserreaktoren. Insgesamt lassen die rechnerischen und experimentellen Resultate der umfangreichen Arbeiten im Urteil der Fachleute ein durch den Ausfall der Notkühleinrichtungen bedingtes Kernschmelzen als äußerst unwahrscheinlich erscheinen.

Im Zusammenhang mit den bei einem Bruch einer Leitung des Primärsystems auftretenden Druckvorgängen muß auch die Integrität des Sicherheitsbehälters gewährleistet sein. Es treten ja zwangsläufig radioaktive Substanzen aus dem Primärkreis aus, für die der Sicherheitsbehälter dicht zu sein hat. Auch alle Einrichtungen zum Druckabbau sind für den Gesamtbereich der Bewältigung eines Kühlmittelverluststörfalls wesentlich. Hier haben sich bei früheren Kernkraftwerken Schwachstellen ergeben, die heute weitgehend berücksichtigt sind. Der Abschnitt 6.5 setzt sich mit diesem Problem auseinander und enthält eine sorgfältige Gewichtung aller damit zusammenhängenden Fragen.

Zum Gesamtkomplex der Betriebssicherheit von Kernkraftwerken gehört auch der Mensch mit allen ihm innewohnenden Möglichkeiten der Unzulänglichkeit. Dies schließt tragisches Fehlverhalten, routinebedingte Schlampperei, böswillig-erpresserische Sabotage u. a. m. mit ein. Sieht man einmal vom Sabotagefall ab, so ist eine der ersten Maßnahmen zur Vermeidung von Unfällen infolge menschlicher Unzulänglichkeit ein hoher Ausbildungsstandard des Personals. Dieser Standard muß ergänzt

werden durch kluge organisatorische Maßnahmen gegen übermäßige Routine, Betriebsblindheit oder vermeidbare Überforderung. Simulatortraining ähnlich dem der Piloten im Flugverkehr spielt eine besondere Rolle bei der Aus- und Fortbildung des Betriebspersonals in Kernkraftwerken.

Den Problemen der Vorsorge gegen Sabotage und Krieg und des Schutzes gegen Terroristen wird gesteigerte Aufmerksamkeit gewidmet. Von technischen Maßnahmen abgesehen, die Gefahrensituationen dieser Art erschweren, waren diese Probleme aber nicht direkter Gegenstand der Beratungen der Diskussionsgruppe 6. Der Teil 6.7 gibt die Gesichtspunkte dieser Beratungen wieder.

## 6.1 Einleitung

Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf **Leichtwasserreaktoren**, da zur Zeit fast nur solche in Kernkraftwerken zum Einsatz kommen. Die Darstellung der hiebei auftretenden Probleme kann nicht völlig voraussetzungsfrei erfolgen. Ein Minimalerfordernis stellt die Kenntnis der entsprechenden Abschnitte der Broschüre „Kernenergie — ein Problem unserer Zeit“ [1] dar.

Das in Fertigstellung begriffene österreichische **Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld** hat als nukleare Energiequelle einen **Siedewasserreaktor**, für den manche der hier besprochenen Probleme etwas anders gelagert sind als bei einem Druckwasserreaktor. Im Fall von Aussagen, die also ganz spezifisch für die Situation beim Siedewasserreaktor sind, wird dies immer angemerkt. Andernfalls gelten die Ausführungen für Leichtwasserreaktoren überhaupt. Die im Rahmen der Informationskampagne vorgelegten Fragen zum Thema Sicherheit haben auch oft die spezielle Situation des Kernkraftwerkes bei Zwentendorf zum Gegenstand. Wenn es sich hier um Punkte handelt, die nicht für alle Leicht- bzw. Siedewasserreaktoren typisch sind, werden sie ebenfalls eigens angemerkt.

### 6.1.1 Grundlegende Anmerkungen zur Sicherheitsproblematik

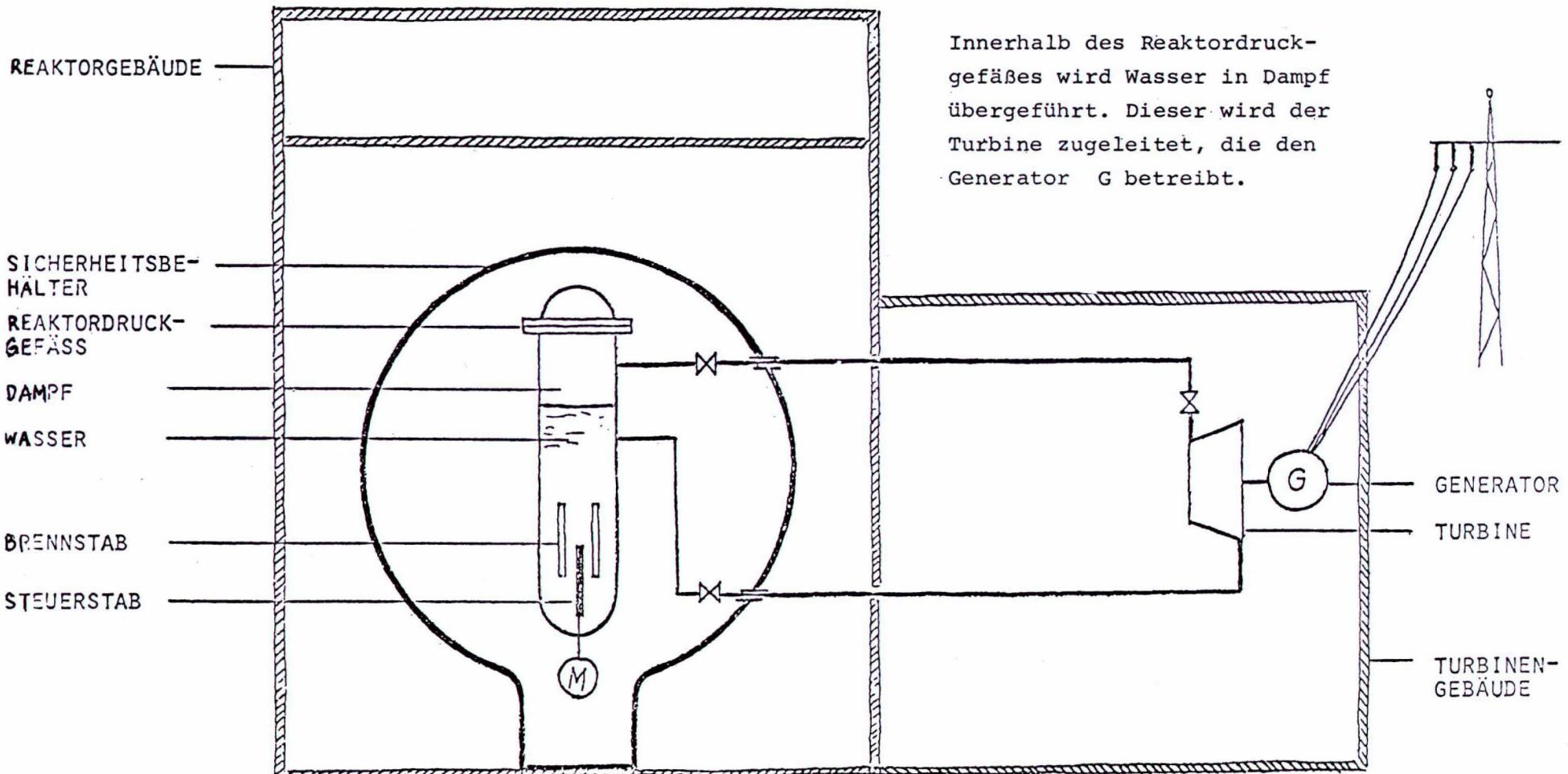
6.1.1.1 Bei der Spaltung des Uran-235 entstehen neben **Energie** und **Neutronen** auch **Spaltprodukte**, die in ihrer Mehrheit radioaktive Isotope einer großen Zahl von chemischen Elementen sind. Die Halbwertszeit dieser Nuklide ist unterschiedlich (Sekunden bis Jahrtausende; die Größe der Halbwertszeit für sich beinhaltet keine Aussage über die Gefährlichkeit dieser Nuklide. Siehe auch Kapitel 6.6 und 6.A.1), so daß beim Spaltprozeß Quellen radioaktiver Strahlung von teilweise außerordentlich lang andauernder Emissionsfähigkeit entstehen. Ebenso erzeugen die Neutronen durch Reaktionen mit Atomkernen im Kühlmittel (Wasser, Mineralien im Wasser) und mit Atomkernen der Strukturmaterialien radioaktive Isotope.

Das Grundproblem der Reaktorsicherheit ist daher zu gewährleisten, daß weder bei Normalbetrieb noch bei Störfällen radioaktive Substanzen\*) aus dem dafür vorgesehenen Bereich in einer Form, die die im Strahlenschutzgesetz vorgegebenen Grenzmengen übersteigt, austreten kann. Dies schließt auch die Maßnahmen mit ein, die verhindern sollen, daß immer wieder mögliche Störfälle sich in ihrem Verlauf letztlich zu Unfällen entwickeln.

Zur Verdeutlichung der Problematik und zum Verständnis der Sicherheitsmaßnahmen kann eine Prinzipskizze eines Kernkraftwerkes dienen (Abbildung 6.1; entnommen dem Referat von Prof. Dr. Ing. H. Jaschek vom 13. 1. 1977, 6. Informationsveranstaltung

\*) Man meint damit pauschal Substanzen, die ionisierende Strahlung emittieren. Oft bezeichnet man solche radioaktiven Stoffe oder die von ihnen ausgesandten Strahlen mit dem Gesamtbegriff „Radioaktivität“. Dies ist nicht ganz korrekt, aber im Zusammenhang immer eindeutig zu verstehen.

**Abbildung 6.1**  
**Kernkraftwerk mit Siedewasserreaktor**



n Graz). Die bündelförmig angeordneten **Brennstäbe** sind gasdicht verschlossene, mit **angereichertem Uran** gefüllte Rohre. Das an den Brennstabhüllen vorbei-fließende Wasser führt die bei der Spaltung in den Brennstäben erzeugte Wärme ab. Brennstäbe und Kühlmittel sind vom **Reaktordruckgefäß** umschlossen. Dieses muß von hoher Qualität sein, da das Kühlmittel beim Siedewasserreaktor die Spaltzone unter einem Druck von etwa 70 bar (beim Druckwasserreaktor ungefähr zweimal so hoch) durchströmt. Am oberen Ende der Spaltzone hat sich das Wasser in Dampf verwandelt und dieser wird der Turbine zugeleitet. Hier liegt insofern ein Unterschied zu einem konventionellen Wärmekraftwerk vor, als im Dampf in einem gewissen Ausmaß radioaktive Stoffe enthalten sind, und daher der Kühlkreislauf in die Überlegungen bezüglich möglicher Freisetzung von Radioaktivität einbezogen werden muß.

Die Belastung des Kühlmittels mit radioaktiven Stoffen hat mehrere Ursachen:

Ein kleiner Teil der Spaltprodukte — die Edelgase Krypton und Xenon, Tritium als Produkt ternärer Spaltung und Jod — kann durch Diffusionsvorgänge über Hüllrohrdefekte ins Kühlmittel kommen. Durch Kernreaktionen mit Neutronen entstehen im Kühlmittel selbst ebenfalls radioaktive Stoffe. Unter anderem kommt es hier zu einer weiteren Erzeugung von Tritium.

Mit dem bisher Gesagten sind die wesentlichen Quellen der Radioaktivität in einem Leichtwasserreaktor beschrieben.

**6.1.1.2** Man bedient sich mehrerer **Barrieren**, um diese Radioaktivität von der Umwelt fernzuhalten. Dabei muß jedoch gesagt werden, daß keine Strategie des totalen Fernhaltens realisiert wird. Gewisse Mengen radioaktiver Substanzen werden in stark verdünntem Maß an die Umgebung abgegeben, wobei die einschlägigen Gesetze die zulässigen Maximalmengen festlegen\*) [2].

Als unmittelbare und erste Barriere dient die **Brennstoff-Tablette** selbst. Dann folgt die druck- und gasdichte **Hülle des Brennstabes**. Für das unter Druck stehende Kühlmittel und die von ihm mitgeführte Radioaktivität haben das Reaktordruckgefäß und der **Primärkühlkreis** Barrierenwirkung. Für die Spaltprodukte stellen diese Einrichtungen bereits eine weitere Barriere dar (die Abschirmeinrichtungen in Form dicker Stahlbetonwände tragen auch zur Barrierenwirkung im vorliegenden Sinn bei, ohne explizit mitgezählt zu werden). Eine letzte Schranke ist schließlich durch den gasdichten Sicherheitsbehälter gegeben.

**6.1.1.3** Für das gesamte Sicherheitsproblem ist zunächst wichtig, ob diese Barrieren samt Zusatzeinrichtungen gewährleisten, daß die vom Gesetzgeber festgelegten Grenzwerte bezüglich der Abgabe von Radioaktivität auch im Dauerbetrieb zuverlässig nicht überschritten werden. Weiters ist von Bedeutung, ob nicht doch im Laufe der Betriebsdauer eines Kernkraftwerkes Ermüdungserscheinungen und Fehler im Material, menschliches Fehlverhalten usw. Situationen hervorrufen können, die letztlich zu einer **Zerstörung einer oder aller Schranken**, die dem Rückhalt der Radioaktivität dienen, führen, zumal — wie bei jeder technischen Einrichtung — mit einem völlig störfallfreien Verhalten ja nicht zu rechnen ist.

---

\*) Diese Grenzwerte sind derzeit ebenfalls stark in Diskussion und ein wesentlicher Sicherheitsfaktor, doch ist ihre Festsetzung ein biologisch-medizinisches Problem (Bericht Nr. 10).

## 6.1.2 Sicherheit bei ungestörtem (Normal-)Betrieb

6.1.2.1 **Normalbetrieb** setzt voraus, daß die für die Steuerung des Kernkraftwerkes, speziell seines nuklearen Teils vorgesehenen Regeleinrichtungen so funktionieren, daß kleinere Störungen durch dieses Regelsystem abgefangen und ausgeglichen werden können. Umfangreiche und regelmäßige **Inspektionen** seitens unabhängiger Fachleute sollen zusätzlich zu den Kontrolltätigkeiten der Betreiber eine erhöhte Vorsorge dagegen darstellen, daß sich vielleicht Fehler an wichtigen Anlageteilen einstellen, aber aus routinebedingter Sorglosigkeit übersehen werden und dann zu ernsten Störungen oder Unfällen führen. Überhaupt kommt der Vermeidung von zu großer Routine und der damit verbundenen Neigung zur Unachtsamkeit bei der Betreuung des Betriebspersonals große Bedeutung zu.

6.1.2.2 Es wurde schon ausgeführt, daß auch im Normalbetrieb Radioaktivität an die Umwelt abgegeben wird. Dementsprechend ist die **Funktionstüchtigkeit** jener **Rückhalte- und Reinigungseinrichtungen** wichtig, die die Abgabe der Radioaktivität bis zu einem vorgegebenen Höchstwert zu bewerkstelligen und zu kontrollieren haben.

## 6.1.3 Sicherheit bei gestörtem Betrieb

6.1.3.1 In der Kerntechnik versucht man der Besonderheit der Probleme in einem großen Ausmaß durch **Störfallverhütende Maßnahmen** gerecht zu werden. Dies wird als ganz wesentlicher Teil des Sicherheitskonzeptes angesehen und dementsprechend hat der **Qualitätskontrolle** beim Bau kerntechnischer Anlagen große Bedeutung zuzukommen. Hierher gehört die wichtige Frage, ob Reaktordruckbehälter tatsächlich so gefertigt werden können, daß ihre Funktionstüchtigkeit trotz der intensiven Neutronenbestrahlung über die Betriebsdauer eines Kernkraftwerkes sichergestellt ist. Auf betriebsbegleitende Maßnahmen wurde bereits hingewiesen. Trotzdem sind **Betriebsstörungen** nicht auszuschließen. Solche können eintreten durch Versagen von Anlageteilen, durch menschliches Fehlverhalten und Einwirkung von außen (einschließlich Erdbeben und Sabotageversuch). In all diesen Punkten ist sehr genau zu prüfen, wieweit die jeweils vorgesehenen Einrichtungen tatsächlich in der Lage sind, den Störfall zu beherrschen und einen Unfall zu verhindern. Eine mehrfache Auslegung von Anlageteilen mit voneinander unabhängigen Sicherheitseinrichtungen spielt hier eine wichtige Rolle.

6.1.3.2 Infolge des großen **Spaltproduktinventars** hört die Wärmeerzeugung nicht mit dem Abschalten des Reaktors auf. Es werden große Mengen **Nachwärme** freigesetzt, so daß für Kühlung auch nach dem Aussetzen der Spaltungsreaktionen gesorgt sein muß. Die ständige Funktionstüchtigkeit von **Notkühleinrichtungen** hat hier zentrale Bedeutung, damit nicht im Fall des Bruches einer normalen Kühlleitung die freigesetzte Nachwärme zu einem Schmelzen der Brennelemente führt (Coreschmelzen).

6.1.3.3 Neben Störfallursachen, hervorgerufen durch Bruchvorgänge im nuklearen Teil einer Kernenergieanlage, sind auch **Einflüsse von außen** zu beachten, unter denen Erdbeben, aber auch mögliche Sabotageakte (Terroristen) eine sehr entscheidende Rolle spielen können. Dabei ist bei Sabotagevorsorge zu berücksichtigen,

daß hier nicht nur technische Einrichtungen angesprochen sind, die eine derartige gezielte Freisetzung von Radioaktivität leicht, schwer oder vielleicht auch unmöglich machen, sondern ebenso organisatorische Maßnahmen, die über den Bereich des hier gestellten Fragenkreises hinausgehen und an anderen Stellen des Gesamtberichtes behandelt werden (Bericht der Diskussionsgruppe 7).

6.1.3.4 In der öffentlichen Diskussion spielen immer wieder die mit **GAU** oder **Super-GAU** umschriebenen Sachverhalte eine sehr wesentliche Rolle\*). Die Bezeichnung GAU meint „größter anzunehmender Unfall“, worunter der Unfall verstanden wird, der durch Eintritt eines noch als glaubhaft anzunehmenden Ereignisses ausgelöst wird und zu den größten Auswirkungen führt. Die in der Reaktoranlage mehrfach (redundant) eingebauten Sicherheitseinrichtungen müssen so ausgelegt werden, daß der Ablauf dieses auch als **Auslegungsunfall** bezeichneten Vorgangs gefahrlos für die Umgebung erfolgt. In der öffentlichen Diskussion wird von Kritikern des Einsatzes der Kernenergie nicht so sehr das dem GAU zugrunde liegende Konzept als eben das Funktionieren der Sicherheitseinrichtungen in Frage gestellt. Ein Super-GAU wäre ein Ereignis, das den GAU übertrifft und für das die Reaktoranlage nicht ausgelegt ist. Ein Super-GAU wird von den meisten Reaktorfachleuten als höchst unwahrscheinlich und deshalb für die Auslegung als irrelevant, von den Gegnern der Kernenergie aber als durchaus möglich bezeichnet. Dabei impliziert die Verwendung dieses Begriffes automatisch die Annahme des Austrittes großer Mengen von Radioaktivität in die Umwelt. Es ist daher auch zu prüfen, in welchem Maß die Einwände, die immer wieder im Zusammenhang mit dem GAU und seiner möglichen Beherrschung gemacht werden, zu Recht bestehen\*\*).

6.1.3.5 Die Arbeitsgruppe hat sich mit all den hier angeschnittenen Problemen und auch anderen zum Bereich der technischen und betrieblichen Sicherheit gehörenden Fragen ausführlich — auch im Hinblick auf das **Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld** — befaßt. Die folgenden Ausführungen bringen eine eingehende Diskussion der einzelnen Problembereiche und die von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe gezogenen Schlüsse und Empfehlungen. Jedoch hat der vorliegende Bericht weder die Form eines Gutachtens, wie es die gesetzlichen Auflagen für Kernkraftwerke verlangen, noch will und kann er solche Gutachten ersetzen. Es werden hier die Auffassungen unabhängiger Fachleute zu wichtigen Sicherheitsproblemen von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren wiedergegeben. Die **österreichische Situation** ist u. a. insofern berücksichtigt, als der Abfassung dieses Berichtes auch ausführliche Gespräche mit Vertretern der Gutachterinstitutionen und des Gemeinschaftskernkraftwerkes Tullnerfeld vorangingen. Das dabei erlangte Urteil über das Kernkraftwerk bei Zwentendorf fließt an den entsprechenden Stellen mit ein, aber nicht in Form eines weiteren Gutachtens, sondern als Fachmeinung aufgrund der vorgelegten Unterlagen und mitgeteilten Fakten.

6.1.3.6 Ein relativ umfangreicher Abschnitt zum **Gesamtproblem des Strahlenschutzes** wurde als Anhang (6.A.1) aufgenommen, da die darin enthaltene Infor-

\*) Siehe z. B.: Wie ist das mit den Atomkraftwerken wirklich? Initiative österreichischer Atomkraftwerksgegner, 2. Auflage, 1976, S. 11. Oder: Thema Kernenergie. Fragen und Antworten. Verband der Elektrizitätswerke Österreich, Wien 1976, S. 29.

\*\*) Anmerkung durch D. v. Ehrenstein: Bei der weitergehenden Diskussion der Reaktorsicherheitsfragen sollten auch die Beiträge von R. E. Webb [46] berücksichtigt werden.

mation für äußerst nützlich angesehen wurde. Man muß jedoch darauf hinweisen, daß die Teile über einen hypothetischen, extremen Unfall nicht für sich isoliert, sondern **nur in Zusammenhang** mit den Aussagen über die Druckbehälter-Integrität (6.2), über die Möglichkeit eines Versagens der Kernnotkühlung (6.5) und mit den zugehörigen Risikoüberlegungen (Bericht der Diskussionsgruppe 5) gewertet werden können.

Für die hier vorgelegten Ergebnisse war die Mitarbeit der folgenden Herren als Auskunftspersonen eine wertvolle Hilfe: S. Albrecht, KWU Erlangen; W. Binner, ÖSGAE Wien; A. J. Hüttel, KWU Erlangen; F. Pechacek, GKT Wien; F. Putz, ÖSGAE Wien; H. Roggenbauer, ÖSGAE Wien; J. L. Zeman, TÜV Wien.

## 6.2 Werkstofffragen zur betrieblichen und technischen Sicherheit von Kernkraftwerken

### 6.2.1 Einleitung

6.2.1.1 Die Anforderungen, die an die **Konstruktionswerkstoffe** von Kernkraftwerksanlagen gestellt werden, sind im überwiegenden Ausmaß dieselben wie für Kraftwerke, die mit fossilen Brennstoffen befeuert werden. Die Gefährlichkeit von etwaigen **Folgeschäden** bei einem Gebrechen in einem Kernkraftwerk erfordert jedoch **verschärfte Kriterien** bei der Werkstoffauswahl wie auch in den Überlegungen bezüglich der Sicherheitsanforderungen. Die wachsenden Kraftwerkseinheiten haben größere Bauteilabmessungen zur Folge, die Verbesserungen in der Herstellungstechnologie sowie in der Fertigungskontrolle verlangen.

6.2.1.2 Charakteristisch für Kernkraftwerke sind die **Einflüsse der verschiedenen Strahlenarten auf die Werkstoffeigenschaften**. Im Hinblick auf Überprüfungs- und Reparaturarbeiten, sowie auf eine Verschleppung durch Korrosionsprodukte ist eine **Werkstoffaktivierung** durch Spurenelemente mit hohem Einfangquerschnitt zu vermeiden, was nur durch strenge Zusammensetzungskontrollen erreicht werden kann. In den kernnahen Teilen des Reaktordruckgefäßes sind **strahlungsinduzierte Versprödungserscheinungen** zu vermeiden oder zumindest zu überwachen. Auch hier ist eine strenge Kontrolle der Werkstoffzusammensetzung unerlässlich. Anfänglich aufgetretene strahlungsinduzierte Korrosionsprobleme an Hülloren von Brennlementen konnten durch verbesserte Herstellungstechnologien ausgeschaltet werden.

6.2.1.3 Der vorliegende Beitrag soll einige wesentliche Fragen der Werkstoffauswahl für Kernkraftwerke und die bisherigen Erfahrungen an einigen Werkstoffen zusammenfassen. Darüber hinaus wird eine **Übersicht über Kontrollverfahren** gegeben, mit Hilfe welcher sowohl die Bauteilintegrität als auch die Werkstoffeigenschaften während der Anlagenherstellung und auch während des Betriebes überwacht werden können. Eine Übersicht über werkstoffbezogene Störfälle wird gegeben.

### 6.2.2 Werkstoffanforderung und -auswahlkriterien bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren

Einige hervorstechende Anforderungen an die Konstruktionswerkstoffe für wesentliche Komponenten eines Kernkraftwerkes sind in Tabelle 6.1 zusammengefaßt [3]. Die derzeit für einzelne Komponenten verwendeten Werkstoffe gehen aus Tabelle 6.2 hervor.

**Tabelle 6.1****Anforderungen an Werkstoffe für Kernkraftanlagen**

- 
- Hohe mechanische Festigkeit und Duktilität über den gesamten Betriebstemperaturbereich (Zug-, Kriech-, Schwingfestigkeit usw.).

---

  - Schweißbarkeit auch bei großen Bauteilquerschnitten.

---

  - Entsprechende kernphysikalische Eigenschaften, geringe Neigung zur Strahlungsaktivierung.

---

  - Beständigkeit gegen Strahlenversprödung.

---

  - Korrosionsbeständigkeit im Kühlmittel (Abtragungskorrosion, Spannungsrißkorrosion, interkristalline Korrosion, Korrosionsermüdung).
- 

**Tabelle 6.2****Werkstoffe für hochbeanspruchte Bauteile eines Leichtwasser-Kernkraftwerkes (Siedewasserreaktor)**

Bauteil	Werkstoff
Druckgefäß	hochfester Feinkorn-Baustahl, innen mit rostfreiem Stahl beschichtet
Rohrleitungen	hochfester Feinkorn-Baustahl, innen mit rostfreiem Stahl beschichtet
Pumpengehäuse	hochfester Gußstahl, innen mit rostfreiem Stahl beschichtet
Druckgefäßeinbauten	rostfreier Stahl oder Nickel-Legierung
Brennelement-Hüllrohre	Zirkonium-Legierung

**6.2.2.1 Mechanische Festigkeit**

Im allgemeinen sind die Anforderungen an die über die Lebensdauer mindestens zu erhaltende Festigkeits- und Verformbarkeitseigenschaften bei Werkstoffen für **Druckgefäße von Kernkraftwerken** infolge der niedrigen Betriebstemperaturen leichter einzuhalten als bei modernen fossil befeuerten Kraftwerksanlagen. Die **größeren Bauteilabmessungen** (Wandstärke usw.) verlangen jedoch erhöhte fertigungstechnologische Fähigkeiten, insbesondere im Hinblick auf die **Schweiß-**

**barkeit, und eine verbesserte Kenntnis der Verteilung von mechanischen Spannungen** in diesen Bauteilen. Zahlreiche Untersuchungen über die Bruchgefahr bei Reaktordruckbehältern und Rohrleitungen [4] haben ergeben, daß eine Bruchgefahr nur bei sorgfältiger Berücksichtigung der Werkstoffkenndaten zu vermeiden ist. Da Schweißnähte in dickwandigen Konstruktionen nie absolut fehlerfrei ausgeführt werden können, ist auf die qualitätsmindernden Einflüsse und auf eine maximal tolerierbare Fehlergröße Rücksicht zu nehmen [5].

Die Betriebsvorschriften für einen Reaktordruckbehälter werden nach ASME-CODE III festgelegt und enthalten Angaben über die Werkstoffbeanspruchung unter Normalbedingungen (An- und Abfahrzyklen) und unter Abweichungen von denselben, wie diese z. B. bei Notfällen (Notabschaltung, Schadensfall) oder betriebsspezifischen Testbedingungen (Wiederholungsprüfungen unter Überdruck) auftreten können. Insbesondere werden erlaubte zyklische Spannungs- oder Temperaturbeanspruchungen durch die Vorschriften festgelegt, wobei für einen spezifischen Reaktordruckbehälter ein Gebrauchsfaktor („usage-factor“) angegeben wird, in den erlaubte Zyklenzahl und tatsächlich auftretende Beanspruchungszyklen eingehen. Den Vorschriften entsprechend muß über die Beanspruchungszyklen genau Protokoll geführt werden, wobei ein bestimmter Wert des Gebrauchsfaktors nicht überschritten werden darf.

#### 6.2.2.2 Kernphysikalische Eigenschaften und Strahlungsversprödung

Die kernphysikalischen Eigenschaften spielen insbesondere eine große Rolle bei den **Brennelementhüllrohren**, die aus einem Material bestehen müssen, das möglichst wenig Neutronen absorbiert. Als besonders günstiger Werkstoff mit geringem Neutronenabsorptionsvermögen haben sich Zirkon und einige seiner Legierungen erwiesen, wobei sorgfältig darauf geachtet werden muß, daß das häufige Begleitelement Hafnium, das hohes Einfangsvermögen aufweist, zur Gänze abgetrennt wird. Andererseits werden für **Regelstäbe** Werkstoffe mit besonders hohem Neutronenabsorptionsvermögen benötigt, wie z. B. Borlegierungen.

Eine Folge der Bestrahlung ist die **induzierte Aktivität**) in den Werkstoffen, die bei normalem Betrieb kaum nachteilige Folgen hat, da stets entsprechende Abschirmmaßnahmen getroffen werden können. Bei Störungen oder notwendigen Reparaturarbeiten verursacht die induzierte Aktivität jedoch eine wesentliche Schwierigkeit, da ihretwegen derartige Arbeiten ferngesteuert durchgeführt werden müssen. Die induzierte Aktivität stellt auch das größte Problem beim **Abbau veralteter oder betriebsunfähig gewordener Anlagen** dar, wobei berücksichtigt werden muß, daß nicht nur Teile, die direkt dem Neutronenfluß ausgesetzt waren (z. B. Reaktordruckgefäß), sondern auch weit entfernte Teile durch abgetragene und deponierte Korrosionsprodukte strahlungsaktiv geworden sind. Während beim Druckwasserreaktor diese Verschleppungen begrenzt sind, erstrecken sie sich beim Siedewasserreaktor auf einen viel größeren Bereich, der auch die Turbine mit einschließt. Eine gewisse Abhilfe kann durch **Vermeidung von unnötigen Spurenelementen** mit hohem Aktivierungsquerschnitt erzielt werden (z. B. Vermeidung von Kobalt und Tantal als Legierungsbegleiter) [3]. Andererseits kann **oberflächliche Kontamination** durch Korrosionsprodukte mittels geeigneter Dekontaminationsverfahren verminder werden.

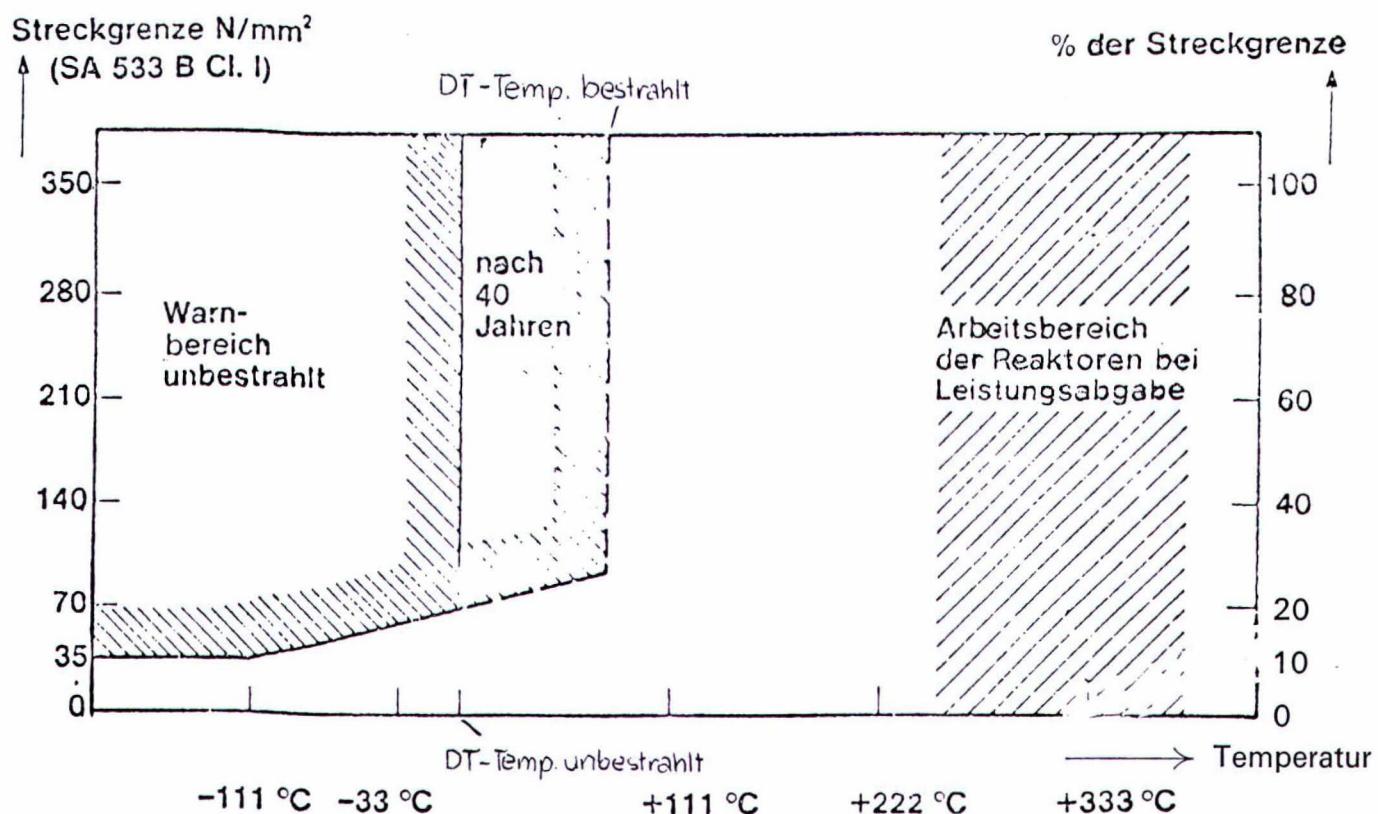
Eine weitere Folge der Bestrahlung ist die durch Wechselwirkung zwischen Strahlung und Werkstoff hervorgerufene **Änderung der mechanischen Eigenschaften** der

) „Induzierte Aktivität“ bedeutet, daß durch Kernreaktionen radioaktive Substanzen erzeugt werden.

**Werkstoffe.** Die Hauptursache für diese Strahlenschädigung ist die Wechselwirkung zwischen schnellen (hochenergetischen) Neutronen und den Atomen des Werkstoffes. Als Folge dieser Wechselwirkung wird ein Atom aus seinem regulären Gitterplatz herausgeschlagen und kommt in einiger Entfernung als Zwischengitteratom zur Ruhe. Das resultierende Paar von Zwischengitteratom und Leerstelle wird als Frenkelpaar bezeichnet. Durch Folgereaktion kommt es zu Stoßkaskaden, die zu lokalen Anhäufungen von Gitterfehlstellen führen. Die Anwesenheit und Verteilung derartiger Fehlstellen verschlechtert die Werkstoffeigenschaften, insbesondere durch **Versprödungserscheinungen**.

Bei allen Reaktorkomponenten, die einem **hohen Strahlenfeld** ausgesetzt sind, müssen diese Änderungen der Materialeigenschaften bei der Konstruktion und Auslegung berücksichtigt werden. Da aus den Konstruktionsüberlegungen (Spannungsverteilung, -gradienten, -transienten) und Werkstoffeigenschaften (insbesondere bruchmechanische Kennwerte) **maximale Versprödungsgrenzwerte** festgelegt werden können, lässt sich eine Aussage über die zu erwartende Komponentenstandzeit aus der zu erwartenden Neutronenfluenz\*) und den experimentell zu ermittelnden Versprödungserscheinungen treffen.

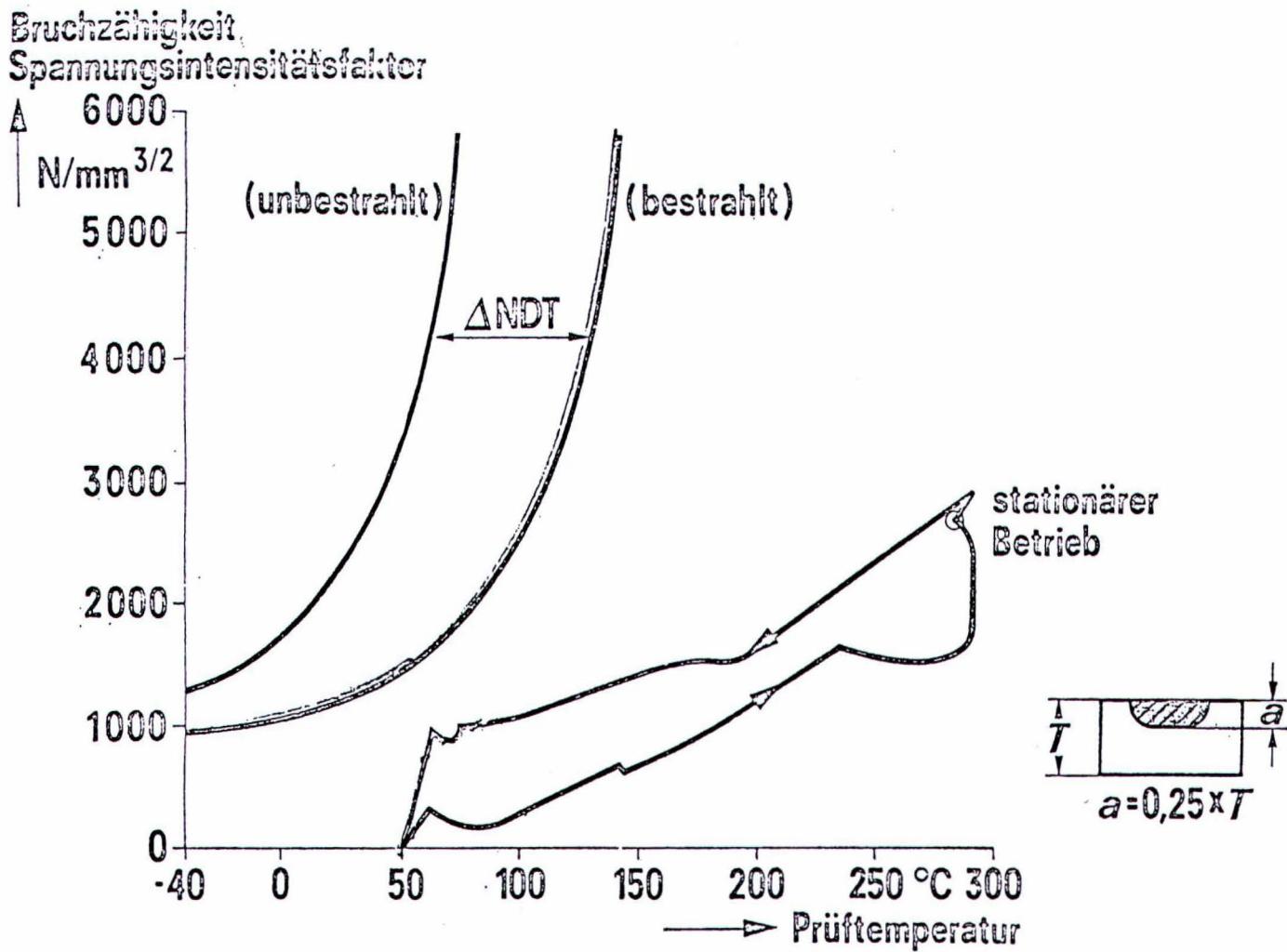
**Abbildung 6.2**  
**Sprödbruchdiagramm nach PORSE [9]**



Diesem Diagramm sind die Auslegungs- und Betriebsbegrenzungen für ein Reaktordruckgefäß zu entnehmen. Unterhalb der für einen Reaktordruckbehälter-Stahl charakteristischen Sprödbruchübergangstemperatur (DT-Temperatur) darf ein bestimmter Stahl nur geringfügig belastet werden. Die Betriebstemperaturen müssen unter allen Bedingungen entsprechend hoch gewählt werden, um selbst bei einer strahlungsinduzierten Verschiebung der DT-Temperatur zu höheren Temperaturen einen genügend großen Sicherheitsabstand zwischen Arbeitsbereich des Reaktordruckbehälters und dem werkstoffspezifischen Warnbereich zu gewährleisten.

\*) Fluenz = pro cm<sup>2</sup> auftreffende Teilchen (Neutronen)-Zahl.

**Abbildung 6.3**  
**Bruchzähigkeits-Temperatur-Diagramm [10]**



Die Bruchzähigkeit eines Reaktordruckbehälter-Stahles ist abhängig von der Beanspruchungstemperatur und wird durch Bestrahlungseffekte zu niederen Werten verschoben. Die Betriebskennlinien für An- und Abfahren eines Reaktordruckbehälters zeigen die geforderte Bruchzähigkeit für den Werkstoff unter der verschärften Annahme, daß ein Defekt der Tiefe  $a$  (ein Viertel der Wandstärke) vorliegt. Ein entsprechender Mindestabstand zwischen Betriebskennlinien und Bruchzähigkeitsgrenzlinien muß aus Gründen der Betriebssicherheit unter allen Umständen gewährleistet sein.

Die **Strahlenschäden** werden für **Reaktordruckgefäß**e durch umfangreiche Computerberechnungen abgeschätzt [6]. Da die Neutronenfluenz stark mit der Entfernung von der Neutronenquelle (Reaktorkern) abnimmt, ist der zu erwartende Strahlenschaden stark von dieser Entfernung abhängig. Durch entsprechende Rechenverfahren können **Materialschadensfunktionen** für jeden Abschnitt eines Reaktordruckgefäßes festgelegt werden.

Eine beschleunigte experimentelle Bestätigung derartiger Berechnungen läßt sich durch „voreilende“ **Bestrahlungsproben** erbringen, indem geeignete Proben in Kernnähe angeordnet werden. Die Auswertung dieser Voreilproben setzt jedoch eine sorgfältige Korrelationsanalyse voraus [7]. Da kein Reaktordruckgefäß absolut fehlerfrei hergestellt werden kann (Materialinhomogenitäten, Poren usw.), ist eine **Auslegung gegen Sprödbruch** und die **Überwachung** der Werkstoffeigenschaften im Betrieb unerlässlich [8]. Eine Toleranzgrenze, unterhalb der keine Eigenschaftsverschlechterungen gemessen werden konnten, wird mit einer Neutronenfluenz von

$10^{17}/\text{cm}^2$ \*) (mit Energien von größer als 1 MeV) angegeben. Die Bestrahlungsempfindlichkeit wird in Stählen durch Spurenelemente, wie Kupfer, Phosphor und Vanadium bedeutend erhöht, darüber hinaus sind der Werkstoffzustand (Korngröße, Gefügezustand usw.) und die Bestrahlungstemperatur von großem Einfluß.

Das Versprödungsverhalten, wie an Voreilproben erhalten, wird für die einzelnen Werkstoffe in **Sprödbruchdiagrammen** wiedergegeben. Mit Hilfe eines Bruchkriteriums nach PORSE [9] kann die Sprödigkeit in die Auslegung der Reaktordruckbehälter einbezogen werden, wobei Auslegungs- und Betriebsbegrenzungen für einen Reaktordruckbehälter angegeben werden können; Abbildung 6.2. Die Sicherheit ist dadurch gegeben, daß nur Spannungen weit unterhalb der Streckgrenze des Werkstoffes zugelassen werden, wenn die Betriebstemperaturen unter die **Auslegungs-DT-Temperatur** zu liegen kommen. Die DT-Temperatur (design transition temperature) wird durch eine für den Übergang von sprödem zu duktilem Bruch (Bruch als Folge plastischer Verformung) charakteristische Temperatur definiert.

Im Laufe des Betriebes eines Reaktordruckbehälters ändern sich die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe im Bereich der höchsten Strahlenbelastung. Die Versprödung ist daher im wesentlichen auf die Gürtellinie des Reaktordruckgefäßes beschränkt. Diese Versprödung kommt z. B. im „**PORSE**“-Diagramm in einer Verschiebung der Grenzlinien zu höheren Temperaturen zum Ausdruck, woraus sich ein zulässiger Korridor für Betriebsbedingungen und Warnbereiche für verschiedene Bestrahlungszustände ableiten lassen. In dieses Diagramm können auch die Temperatur- und Spannungsverhältnisse während eines Anfahr- und Abfahrzyklus eingetragen werden, woraus der Sicherheitsbereich auch während derartiger Transienten ersichtlich wird [10].

Eine vollständige Einbeziehung der **Werkstoffzähigkeit** in die rechnerische Auslegung wird durch Anwendung der linear-elastischen Bruchmechanik möglich. Diese verbindet Spannung und Fehlerlänge, indem Gleichungen für die Spannungsintensität an der Spitze eines scharfen Risses angegeben werden. Als Werkstoffkennwert tritt die **Bruchzähigkeit** auf, die in Form von Referenzkurven für verschiedene Werkstoffe in unbestrahlten Zustand an gegeben wird, Abbildung 6.3. Auch in diesem Fall können aus Betriebskennlinien die zutreffenden Sicherheitsbereiche abgeschätzt werden.

Vergleichende Untersuchungen an Voreilproben, die den tatsächlichen Bestrahlungsbedingungen ausgesetzt waren, haben ergeben, daß die bisherigen Extrapolationen zu pessimistisch waren, und günstigere Werkstoffeigenschaften im Reaktordruckgefäß als bisher angenommen zu erwarten sind.

### 6.2.2.3 Korrosionsbeständigkeit

Hohe Anforderungen werden bei einem Kernkraftwerk an die Korrosionsbeständigkeit gestellt. Folgende **Korrosionsarten in wässrigen Medien** sind zu unterscheiden:

- Interkristalline Korrosion,
- Spannungsrißkorrosion und Korrosionsermüdung,
- Spaltkorrosion,
- abtragende Korrosion.

---

\*) Für eine etwa 40jährige Betriebszeit eines Reaktordruckgefäßes wird eine maximale Neutronenfluenz von  $5 \times 10^{19}/\text{cm}^2$  angegeben.

**Interkristalline Korrosion** kann bei austenitischen Stahl- und Nickellegierungen auftreten, wenn durch unsachgemäße Wärmebehandlung Korngrenzenausscheidungen von bestimmter Form und Zusammensetzung auftreten. Der Korrosionsangriff erfolgt entlang dieser „sensibilisierten“ Korngrenzen und führt zu einem **verformungssarmen Bruch**. Bei den Betriebstemperaturen eines wassergekühlten Reaktors kommt es innerhalb der Lebensdauer nicht zu einer derartigen Sensibilisierung, doch könnten in der **Umgebung von Schweißzonen** (insbesondere nach Reparaturarbeiten) sensibilisierte Bereiche auftreten. Abhilfe kann durch geeignete Wärmebehandlung und durch Verwendung von Stählen mit extrem niedrigem Kohlenstoffgehalt geschaffen werden.

**Spannungsrißkorrosion** äußert sich durch Auftreten von transkristallinen oder interkristallinen Rissen, wenn Werkstoffe in einer mild korrosiven Umgebung gleichzeitig mechanischen Spannungen ausgesetzt werden. Von **Korrosionsermüdungen** spricht man, wenn der Werkstoff wechselnder Belastung ausgesetzt wird. Die Anfälligkeit von Werkstoffen gegen derartige „spannungsgefährderte“ Korrosionsangriffe hängt vom **Chlor- und Sauerstoffgehalt** der wässrigen Lösung oder des Wasserdampfes ab. Experimentell bestimmte **Grenzkonzentrationen** dürfen daher nicht überschritten werden. Die Einhaltung dieser Forderung ist besonders bei einem Siedewasserreaktor streng zu überwachen, weil es durch Radiolyse des Wassers zur Zunahme des Sauerstoffgehaltes in der flüssigen Phase kommen kann. Abhilfe kann durch Auswahl geeigneter Legierungen und durch Vermeidung von unzulässig hohen mechanischen Spannungen erzielt werden.

**Spaltkorrosion** kann dann auftreten, wenn es infolge ungenügender Konvektion in engen Spalträumen zu lokalen Unterschieden in der Zusammensetzung der wässrigen Phase kommt. Abhilfe muß durch konstruktive Maßnahmen (Vermeidung von Spalträumen) und durch geeignete Legierungsauswahl erfolgen.

**Abtragende Korrosion** wird in den wassergekühlten Reaktoren, deren Kühlmittel (sorgfältig entsalztes Wasser mit geringen stabilisierenden Zusätzen) keinesfalls als aggressiv zu bezeichnen ist, durch Beschichten der dem Kühlmittel ausgesetzten Oberfläche mit rostfreiem Stahl vermieden. Die Integrität dieser **Plattierungsschichte** (Freiheit von Poren und Rissen) ist allerdings sorgfältig zu überwachen.

Ein **besonderes Korrosionsproblem** ist bei den Brennelement-Hüllrohren aus Zirkoniumlegierungen zu berücksichtigen. Wasser und Wasserdampf reagieren mit Zirkonium unter Bildung von Zirkonoxid und Wasserstoff. Während das Zirkonoxid im allgemeinen eine korrosionshemmende Schutzschicht bildet, kann es bei fehlerhafter Ausbildung des Oxidfilmes zur Aufnahme des Wasserstoffes und zur **Ausbildung von Zirkonhydrid-Ausscheidungen** in der Zirkonlegierung kommen. Als Folge tritt eine starke Versprödung des Hüllrohres auf. Die Gefahr der Zirkonhydridbildung konnte durch geeignete Herstellungsverfahren (sorgfältige Oberflächenbearbeitung der Hüllrohre, wasserfreier Brennstoff) und verbesserte Zirkoniumlegierungen vermieden werden.

## 6.2.3 Prüfungsverfahren zur Werkstoffauswahl, zur Fertigungskontrolle und für Wiederholungsprüfung während des Betriebes

6.2.3.1 Eine grobe Übersicht über die **verwendeten Prüfungsverfahren** ist Tabelle 6.3 zu entnehmen. Unter den Verfahren zur Überprüfung der mechanischen

**Tabelle 6.3****Prüfungsverfahren zur Werkstoffauswahl, Fertigungskontrolle und zu periodischen Wiederholungsprüfungen****Mechanische Integrität:**

- Laboratoriumsprüfungen und Berechnungen:  
Spannungsverteilung, Festigkeitswerte, bruchmechanische Kennwerte
- Radiographie und Ultraschallprüfung insbesondere von Schweißnähten.
- Überprüfung der Schutzschichten durch Ultraschall- und Farbeindringverfahren.
- Schallemissionsprüfung der druckführenden Teile vor Inbetriebnahme, laufend oder periodisch während des Betriebes.
- Laufende Kontrolle der Dichtheit des Systems.

**Strahlenbeständigkeit:**

- Laboratoriumsprüfung und Einsatz von Proben in Testreaktoren, theoretische Berechnungen.
- Einsatz von Voreilproben im Reaktor und periodische Entnahme von Proben zu Kontrolluntersuchungen.

**Korrosionsbeständigkeit:**

- Laboratoriumsprüfung unter simulierten Umgebungs-, Temperatur-, Spannungs- und Bestrahlungsbedingungen.
- Kontinuierliche Betriebskontrolle (Kühlmittelzusammensetzung, Anhäufung von Korrosionsprodukten, Dimensionsänderung von Rohrleitungen usw.).
- Visuelle Beobachtung (z. B. mittels Fernsehkameras).

Integrität sei insbesondere das **Verfahren der Schallemissionsprüfung** der druck-führenden Reaktorkomponenten hervorgehoben, weil dieses Verfahren für österreichische Kernkraftwerke von der Zulassungsbehörde über die international an-gewandten Zulassungsprüfungen hinaus zwingend vorgeschrieben wurde. Das Ver-fahren der Schallemissionsanalyse beruht auf der Aufzeichnung sämtlicher Schall-aussendungen während einer Phase der Drucksteigerung im Reaktorsystem. Durch geeignete Empfängeranordnung und Computerauswertung des Meßsignals kann auf die **Anwesenheit, Lage und Gefährlichkeit eines Defektes** geschlossen werden [11]. Dieses Prüfverfahren kann sowohl bei den ersten Druckprüfungen, als auch während des Reaktorbetriebes und während Wiederholungsprüfungen (z. B. nach Brennstoffwechsel) eingesetzt werden, wobei aus Veränderungen in den Meßsignalen frühzeitig die Bildung von Defekten, das Auftreten von Leckagen oder losen Teilen abgeleitet werden kann [12, 13]. Dieses Verfahren ist jedoch noch im Entwicklungs-stadium, eingehende Erfahrungen in der Ergebnisauswertung müssen erst gesammelt werden.

6.2.3.2 Mit Ausnahme der strahlungsbezogenen Prüfungen sind die übrigen Prüf-verfahren identisch mit den bei konventionellen Druckanlagen üblichen Bewer-tungsmethoden und bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

#### **6.2.4 Eingehende Studien über die Werkstofffragen zur Sicherheit von Re-aktordruckbehältern**

Unter den zahlreichen Studien bezüglich der Sicherheit von Kernkraftwerken sind besonders hervorzuheben der Bericht einer **Studiengruppe der American Physical Society (APS)** [14] und einer **offiziellen britischen Studiengruppe** [15]. Die APS-Studiengruppe kommt zum Ergebnis, daß infolge sorgfältiger Werkstoffauswahl Reaktordruckgefäße sowie Druckrohrleitungen kaum zum katastrophalen Bersten kommen können, daß jedoch sorgfältigste Prüfungsmethoden laufend eingesetzt werden müßten. Die Studie der United Kingdom Atomic Energy Agency (UKAEA), in welcher die Arbeiten in USA, in Großbritannien, Deutschland, Frankreich und Japan kritisch verglichen wurden, ergibt, daß die Sicherheit eines Reaktordruck-gefäßes zumindest in den anfänglichen Betriebsperioden gewährleistet ist, daß jedoch die nötigen Anforderungen nur durch hervorragende organisatorische und tech-nische Maßnahmen erhalten werden können. Erläuternd muß hinzugefügt werden, daß hier die Verhältnisse für **Druckwasserreaktoren** angesprochen sind. Wegen der geringen Drücke und der dadurch bedingten geringeren Wandstärken sind die Druckbehälterprobleme bei Siedewasserreaktoren einfacher zu beherrschen.

#### **6.2.5 Möglichkeit und Folgen eines „Kern“-Schmelzens**

6.2.5.1 Die Möglichkeit eines **Schmelzens des Reaktor-Kerns**, also der Hüll-rohre der Brennstoffstäbe und Reaktordruckbehältereinbauten, ist dann in Betracht zu ziehen, wenn durch plötzlichen Verlust des Kühlmittels und Ausfall des **Notkühl-systems** die gespeicherte Wärme nicht abgeführt werden kann. Oberhalb einer Hüllrohrtemperatur von 1200°C kommt es zu einer Reaktion zwischen Zirkon-legierung und Wasserdampf, die unter Wärmeentwicklung abläuft und weiterhin zu einer Temperaturerhöhung beiträgt. Es sind derzeit Untersuchungen im Gang,

um die Eigenschaften des Schmelzkuchens aus Brennstoffen (Uranoxid), Hüllrohr- und Einbautenwerkstoffen zu bestimmen und deren Reaktion mit dem Druckbehälter sowie den Betonfundamenten abzuschätzen. Untersuchungen laufen im Auftrag des deutschen Bundesministeriums für Forschung und Technologie, inwieweit Kernschmelzen möglich sind und ob beim Auftreten von Kernschmelzen im Leichtwasserreaktor Reaktordruckgefäß oder Betonfundamente durchdrungen werden könnten (siehe auch 6.5 [16]).

## 6.2.6 Verwertung von Reaktordruckgefäßen nach Erreichen der maximal zulässigen Strahlenversprödung

6.2.6.1 Bei Erreichen der maximal zulässigen **Strahlenversprödung** ist ein sicherer Betrieb eines Reaktordruckgefäßes aufgrund der **bruchmechanischen Überlebensgrenzen** nicht mehr gewährleistet. Diese Strahlenversprödung, die etwa nach 30—40jähriger Betriebsdauer erreicht wird, könnte durch eine entsprechende Wärmebehandlung verringert werden, die jedoch im Hinblick auf die Bauteilgröße kaum durchführbar sein wird.

6.2.6.2 Untersuchungen sind im Gange [17], welche Maßnahmen aufgrund sicherheitstechnischer und wirtschaftlicher Überlegungen ergriffen werden könnten, derartig versprödete Reaktordruckgefäße zu verwerten. Eine Möglichkeit besteht in einer Lagerung des Reaktordruckgefäßes (nach Entnahme der Einbauten und vollständiger Dekontaminierung) entweder im Reaktorsicherheitsgebäude oder in einer eigenen Lagerstätte für mindestens 20 Jahre, wonach das Reaktordruckgefäß unter angemessenen Vorkehrungen gefahrlos verschrottet werden könnte\*). Eine interessante Möglichkeit scheint auch in der Verwertung des Reaktordruckgefäßes unter vermindernden Druckverhältnissen für Fernheizzwecke zu bieten, wobei die weitere Verwendungsdauer als praktisch unbegrenzt angesehen werden könnte.

## 6.2.7 Zusammenfassung der werkstoff- und herstellungstechnisch bezogenen Störfälle in Kernkraftwerken

6.2.7.1 Die Analyse von **Schadensursachen** und **Störfallabläufen** sowie die **Fehlerrate einzelner Komponenten** ist für die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von technischen Anlagen allgemein von Bedeutung, im Hinblick auf das öffentliche Interesse aber insbesondere für Kernkraftwerke unerlässlich. Das Institut für Reaktorsicherheit, Köln, berichtet daher in seinen Aussendungen laufend über **Störfälle in Kernkraftwerken**; ebenso die Zeitschrift Nucleonics Week. Daneben befassen sich aber auch verschiedene andere Studien mit solchen Störfällen und geben **eingehende Fehlerbeschreibungen** [18, 19, 20]. Die sehr umfassende Risikoanalyse über kommerzielle Leichtwasserreaktoren WASH-1400 der United States Atomic Energy Commission enthält in gleicher Weise Auswertungen und Analysen materialbezogener Störfälle [21]. Tabelle 6.4 enthält exemplarisch eine Übersicht über solche Störfälle in den USA im Jahr 1973 [18].

\*) Anmerkung durch D. v. Ehrenstein: Diese Lagerzeit muß vielleicht wesentlich länger sein. Die Verschrottung dürfte auch nach dieser längeren Lagerzeit nicht „gefährlos“ sein, sondern man wird in dieser ferneren Zukunft darüber zu entscheiden haben, welche radioaktiven Belastungen bei der Verschrottung in Kauf genommen werden müssen.

**Tabelle 6.4**

## **Übersicht über werkstoff- und herstellungsbezogene Störfälle in Leichtwasserreaktoren in den USA im Jahr 1973**

	% der Störfälle	Anzahl der Störfälle
<b>Probleme</b>		
Ventile .....	33,9	74
Schrauben .....	0,9	2
Reaktorsicherheitsgebäude.....	4,7	24
Reaktordruckbehälter .....	0,6	3
<b>Verursacht durch</b>		
Herstellungsfehler .....	5,9	21
<b>Festgestellte Mängel</b>		
Leckage .....	15,5	43
Schweißnähte .....	3,6	10
Korrosion .....	2,2	6
Spannungsrißkorrosion .....	0,4	1
<b>Mängel festgestellt während</b>		
Prüfung .....	47,3	247
Betrieb .....	28,9	203
Inspektion .....	10,5	55

## 6.3 Instrumentierung von Kernkraftwerken

### 6.3.1 Einleitung

6.3.1.1 In einem Kernkraftwerk kommt der **Instrumentierung** große Bedeutung zu. Sie muß einen **sicheren** und auch **wirtschaftlichen Betrieb** der Anlage ermöglichen. Zur Instrumentierung gehören die automatischen Einrichtungen

- zur Betriebsüberwachung,
- zur Steuerung,
- zur Regelung und
- zum Reaktorschutz.

Am Beispiel eines Kernkraftwerkes mit Einkreis-Siedewasserreaktor, wie es auch in Zwentendorf gebaut wird, soll ein Überblick über die verschiedenen Einrichtungen der Instrumentierung gegeben werden.

### 6.3.2 Betriebsinstrumentierung

6.3.2.1 Zur Betriebsinstrumentierung gehören alle Meßeinrichtungen und meßwertverarbeitenden Einrichtungen, die dem Betriebspersonal einen **Überblick über den Betriebszustand** und das **Verhalten des Kernkraftwerkes** vermitteln [22]. Der Betriebszustand der Anlage wird gekennzeichnet durch mehrere hundert analoge Meßgrößen und einige tausend binäre Signale. Zu den analogen Meßgrößen gehören **nukleare Größen**, wie z. B. der Neutronenfluß an verschiedenen Orten innerhalb und außerhalb des Reaktorkerns, **thermodynamische Größen**, wie z. B. Temperaturen, Durchsätze und Drücke in verschiedenen Kreisläufen und **elektrische Größen**, wie Ströme, Spannungen und Leistungen verschiedener Geräte. Binäre Signale geben Auskunft über **binäre Zustände von Systemen**, wie z. B. über Schalter- und Ventilstellungen. Die große Anzahl von anfallenden Daten resultiert auch daher, daß sicherheitstechnisch besonders wichtige Größen mehrfach (redundant) gemessen werden. Das heißt, es können rund zwei Drittel der Daten ausfallen, ohne die Minimalanforderungen an Sicherheit zu gefährden.

Die wichtigsten Meßdaten der Anlage werden in eine zentrale Warte übermittelt und dort auf Anzeigern, Schreibern oder Tafeln registriert. Aufgrund dieser Informationen kann das Betriebspersonal den Zustand der Anlage erkennen und sie entsprechend betreiben. Überschreiten Betriebsmeßgrößen **zulässige Grenzwerte**, so erfolgt automatisch eine **optische und akustische Meldung**, so daß das Betriebspersonal korrigierend in den Betrieb eingreifen kann.

6.3.2.2 Um dem Betriebspersonal bei der Fülle der anfallenden Daten die Überwachungsaufgaben zu erleichtern, werden **Prozeßrechner** eingesetzt. Ein solcher Rechner erfaßt etwa ein Drittel aller vorher erwähnten Daten, speichert sie ab,

überwacht sie, bereitet sie in geeigneter Form auf und gibt sie automatisch oder auf Anforderung über Schnelldrucker und Sichtgeräte aus.

Über Schnelldrucker werden in konstanten Zeitabständen, z. B. stündlich, eine Anzahl von Meß- und Rechenwerten ausgewählter wichtiger Meßgrößen im sogenannten **Betriebsprotokoll** ausgegeben. Auf Anforderung können ferner frei definierte Gruppen von verfahrenstechnisch zusammengehörenden Meß- oder Rechenwerten, oder auch Betriebszeiten von Aggregaten, ausgedruckt werden.

Über Datensichtgeräte werden etwaige **Fehler-** und **Warnmeldungen** zeit- und folgerichtig ausgegeben und ermöglichen dem Betriebspersonal eine schnelle Erkennung der Störung und sofortige Einleitung von Gegenmaßnahmen. Zur Störungsaufklärung liefert der Prozeßrechner sogenannte **Störungsprotokolle**. In ihnen werden alle mit einer Störung zusammenhängenden Daten gesammelt und in der richtigen zeitlichen Reihenfolge mit Vorgeschichte (Störungsanbahnung) und Nachgeschichte (Anlagenreaktion) ausgegeben, so daß ein genauer Einblick in die Ursachen und den Ablauf der Störung möglich ist.

### 6.3.3 Funktionsgruppensteuerungen

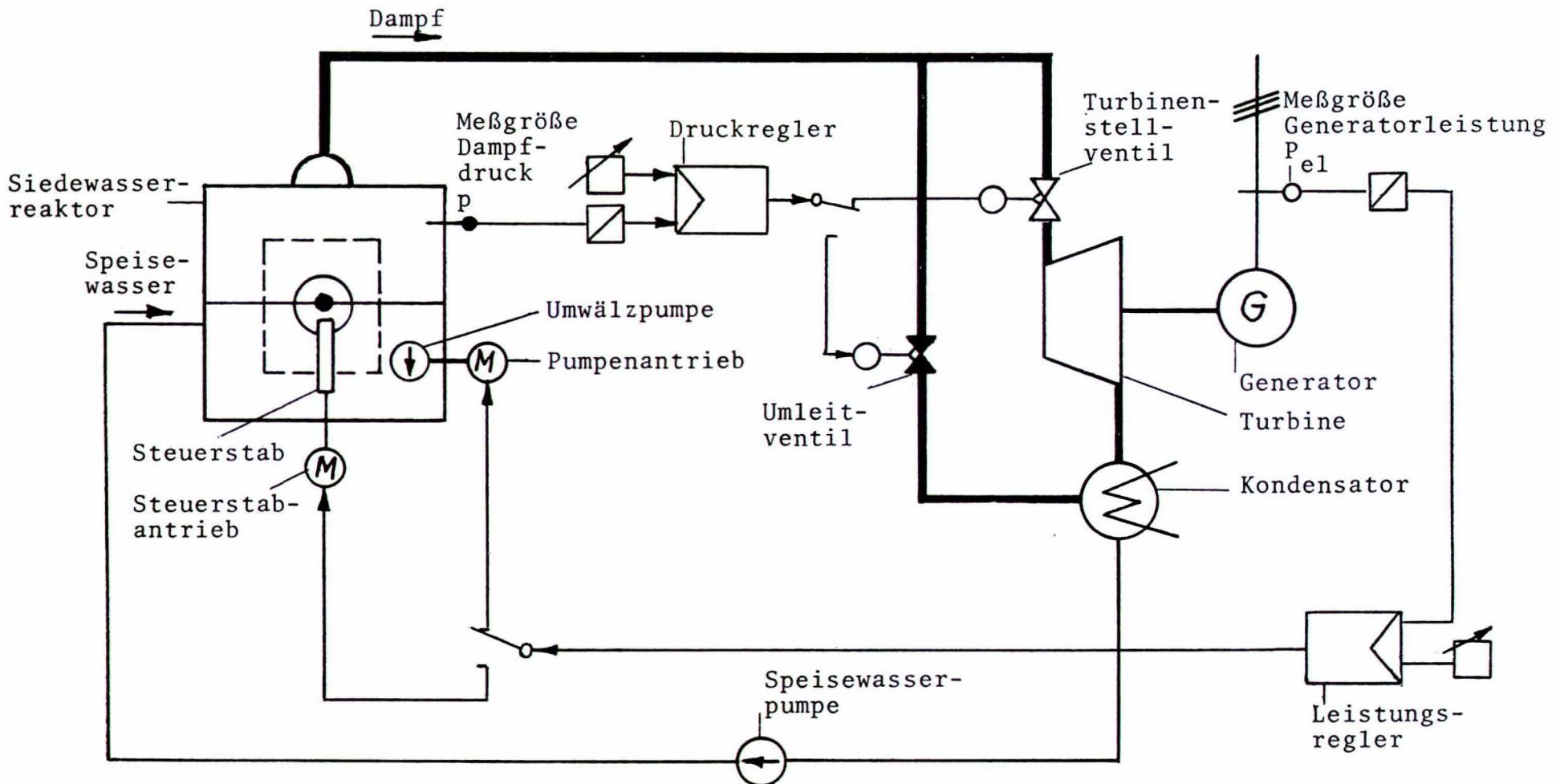
Für die Automatisierung ist ein Kernkraftwerk nach technologischen Gesichtspunkten in fest abgegrenzte Teilsysteme, die sogenannten **Funktionsgruppen**, unterteilt. Im Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld gibt es ca. 180 Funktionsgruppen. Darunter befinden sich z. B. Funktionsgruppen, die einen hohen und komplizierten Bedienungsaufwand erfordern und während des Kraftwerksbetriebs laufend an- und abgefahren oder umgeschaltet werden müssen, wie z. B. die Systeme zur Abluft- und Abwasserbehandlung oder zur Speisewasseraufbereitung. Jede dieser Funktionsgruppen ist mit einer meist festverdrahteten, kontaktlos arbeiteten automatischen Steuerung, der Funktionsgruppensteuerung, ausgerüstet.

Die Inbetriebnahme eines Systems mit Hilfe der Funktionsgruppensteuerung geschieht über ein Startprogramm. Jeder Schritt des eingegebenen Steuerprogramms wird von der Erfüllung **einer oder mehrerer Fortschaltbedingungen** abhängig gemacht. Diese Bedingungen sind entweder Rückmeldungen von ausgeführten Schalthandlungen, Zeitsperren oder Grenzwerte von Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur oder Durchsatz. Sind alle Fortschaltbedingungen erfüllt, so läuft das Programm auf den jeweils nächsten Schritt weiter, bis es schließlich auf der untersten Ebene die Motoren oder Ventile der entsprechenden Funktionsgruppe betätigt. Die Funktionsgruppensteuerung nimmt also dem Betriebspersonal häufig wiederkehrende, gleichartige Arbeiten ab. Dadurch wird eine schonende Fahrweise der Systeme ermöglicht und es werden mögliche Bedienungsfehler vermieden.

### 6.3.4 Regeleinrichtungen

6.3.4.1 Die Regeleinrichtungen in einem Kernkraftwerk dienen dazu, bestimmte **Betriebsgrößen** der Anlage, wie z. B. die **Generatorleistung** oder den **Reaktordruck**, unabhängig von irgendwelchen Störungen auf gewünschten Werten zu halten. Die zu **regelnde Größe (Regelgröße)** wird laufend gemessen und mit einer **vorgegebenen Größe (Führungsgröße)** verglichen. Aus der Differenz dieser Größen (Regeldifferenz) wird in einem Regler, der an das statische und dynamische Verhalten des Prozesses (der Regelstrecke) angepaßt ist, eine Stellgröße gebildet, die

**Abbildung 6.4**  
**Vereinfachtes Regelkonzept eines Kernkraftwerkes mit  
Einkreis-Siedewasserreaktor (Typ Gemeinschaftskernkraftwerk  
Tullnerfeld)**



über das Stellglied so in den Energie- oder Massenstrom der Strecke eingreift, daß die Regelgröße der Führungsgröße angeglichen wird (Regelkreis).

Im Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld bei Zwentendorf sind z. B. ca. 40 Regelkreise vorhanden. Die Regeleinrichtungen für die einzelnen Regelgrößen sind meist einkanalig ausgeführt. Die Meßwerterfassung einiger wichtiger Regelkreise ist jedoch redundant. **Beispielhaft werden im folgenden die wichtigsten Regelkreise behandelt.**

#### 6.3.4.2 Reaktorleistungsregeleinrichtung

Die Leistung eines Reaktors kann verstellt werden

- durch Verfahren der **Steuerstäbe** oder
- durch Verstellen der **Drehzahl der Zwangsumlaufpumpen**.

Das Prinzip der Regelschaltung ist in Abbildung 6.4 dargestellt.

Ein Ausfahren der Steuerstäbe aus dem Kern führt wegen des nun geringeren Einfangs von Neutronen zu einer vermehrten Spaltung und damit zu einer Leistungssteigerung.

Eine Drehzahlerhöhung der Zwangsumlaufpumpen führt zu einer Erhöhung des Kühlmitteldurchsatzes durch den Kern und wegen der dadurch hervorgerufenen Moderatordichteerhöhung ebenfalls zu einer Leistungssteigerung.

In einem Bereich von 10 bis 100% der Nennleistung wird die Reaktorleistung automatisch geregelt: im Bereich von 10 bis 40% nur durch Verstellen der Steuerstäbe und im Bereich zwischen 40 und 100% durch Verstellen der Pumpendrehzahl und der Steuerstäbe.

Im oberen Leistungsbereich werden kleine Leistungsdifferenzen durch die Umlaufregelung ausgeregelt. Damit sowohl positive wie negative Differenzen zügig ausgeregelt werden, muß die Umlaufregelung stets in der Mitte ihres Regelbereiches gehalten werden. Sobald sich die Drehzahl der Pumpen um mehr als ein vorgegebenes Totband aus der Bereichsmitte entfernt, übernehmen die Steuerstäbe die Leistungsregelung, so daß die Pumpendrehzahl wieder in die Bereichsmitte zurückfahren kann.

Die **Steuerstabantriebe** und **Pumpenantriebe** werden so ausgelegt, daß die Verstellgeschwindigkeit den Anforderungen der Sicherheit und des Betriebes entspricht. Weitere **Verriegelungs- und Überwachungseinrichtungen** verhindern, daß durch Bedienungsfehler oder durch Versagen von Regeleinrichtungen potentiell gefährliche Betriebszustände entstehen.

#### 6.3.4.3 Reaktordruckregeleinrichtung

Der **Druck im Reaktor** kann eingestellt werden

- durch Verfahren der Turbinenstellventile
- durch Öffnen der Turbinenumleitungstation.

Im normalen Betriebszustand wird die Reaktorleistung durch die **Turbogeneratorleistung** (Meßgröße Generatorleistung) gesteuert, wobei der **Reaktordruck** (Meßgröße Dampfdruck) durch Verstellen der Turbinenstellventile konstant gehalten wird. Für Betriebsfälle, bei denen der Reaktordruck steigt und ein weiteres Öffnen der Turbinenstellventile nicht mehr möglich ist, öffnet die Umleitungstation und führt den überschüssigen Dampf geregelt in den Turbinenkondensator ab, so daß keine gefährlichen Überdrücke im Reaktordruckgefäß auftreten können (Abbildung 6.4).

### 6.3.5 Schutzinstrumentierung

Neben der Betriebsinstrumentierung weist jedes Kernkraftwerk eine **unabhängige Schutzinstrumentierung** auf [22, 23, 24]. Diese umfaßt die Geräte und Einrichtungen der Meßwerterfassung und Signalaufbereitung, der Logik-, Steuer- und Verriegelungsebene zur **Ansteuerung von Schutzmaßnahmen**. Durch dieses Schutzsystem werden automatisch Schutzaktionen ausgelöst, um das Kernkraftwerk in einen sicheren Zustand zu bringen und dort zu halten (siehe auch Kap. 6.4), allerdings kann der Operateur immer eine Schnellabschaltung des Reaktors auslösen, auch wenn das Schutzsystem im gegenständlichen Fall das nicht vorsieht, der Operateur es aber für nötig hält. Darüber hinaus kann er aber bei schweren Störfällen in den ersten 30 Minuten nach ihrem Eintreten nicht in die automatisch ablaufenden Schutzmaßnahmen eingreifen.

### 6.3.6 Störfallinstrumentierung

Ein Teil der Instrumentierung, die sogenannte Störfallinstrumentierung, wird störfallfest ausgelegt, d. h. sie ist so ausgelegt, daß sie den bei einem eventuellen Störfall herrschenden Umgebungsbedingungen, z. B. bezüglich Druck, Temperatur und Feuchte, widersteht. Diese Instrumentierung, die also auch im Störfall funktionsbereit ist, soll dem Betriebspersonal vor, während und nach einem Störfall einen Überblick über die in bezug auf die Sicherheit wichtigsten, den augenblicklichen Anlagenzustand beschreibenden Größen, wie z. B. Neutronenfluß, Druck und Füllstand im Reaktordruckbehälter, Temperatur und Dosisleistungen im Sicherheitsbehälter, verschaffen.

## 6.4 Redundanz in der Instrumentierung von Kernkraftwerkssystemen

### 6.4.1 Reaktorbetriebs- und -schutzsysteme

6.4.1.1 Das **Reaktorbetriebssystem** enthält Geräte und Einrichtungen in allen Kreisläufen, Neben- und Hilfsanlagen. Es ist darauf ausgelegt, den Betrieb auf den Sollwerten zu halten, jedenfalls aber innerhalb der regulären Grenzwerte.

6.4.1.2 Das **Reaktorschutzsystem** ist unabhängig davon ein System zur Erfassung von Störfällen, das die Sicherheit der Reaktoranlagen innerhalb und außerhalb der Kraftwerke besorgt, indem es Reaktor- und Kraftwerksgrößen laufend überprüft. Im Falle von Abweichungen gegen vorgeschriebene Grenzwerte werden **Schutzaktionen** ausgelöst, die nach vorgegebenem Programm ablaufen und Eingriffe enthalten, die den Störfall kompensieren, den Betrieb stilllegen oder Schadensauswirkungen mindern. Im Verband mit den **Stellgliedern** und **redundanten Einrichtungen**, die die Schutzaktionen ausführen, bilden diese Einrichtungen das **Sicherheitssystem**.

6.4.1.3 Um den Ablauf von solchen Schutzaktionen durch Versagen von Geräten oder Menschen nicht zu beeinflussen, werden mehrere technisch gleichartige, aber verschiedenen angeordnete Maßnahmen ergriffen, und zwar mehr, als für die Erfüllung der gewählten Funktionen notwendig wäre. Diese Sicherheitsmaßnahme innerhalb der Schutzeinrichtungen wird als **Redundanzinstrumentierung** bezeichnet.

Dadurch ist sichergestellt, daß die Reaktor- und Kraftwerksgrößen unter allen Umständen auf die im rechtlichen Genehmigungsverfahren für den Normalbetrieb festgelegten Werte zurückgeführt oder auf ihnen gehalten werden können.

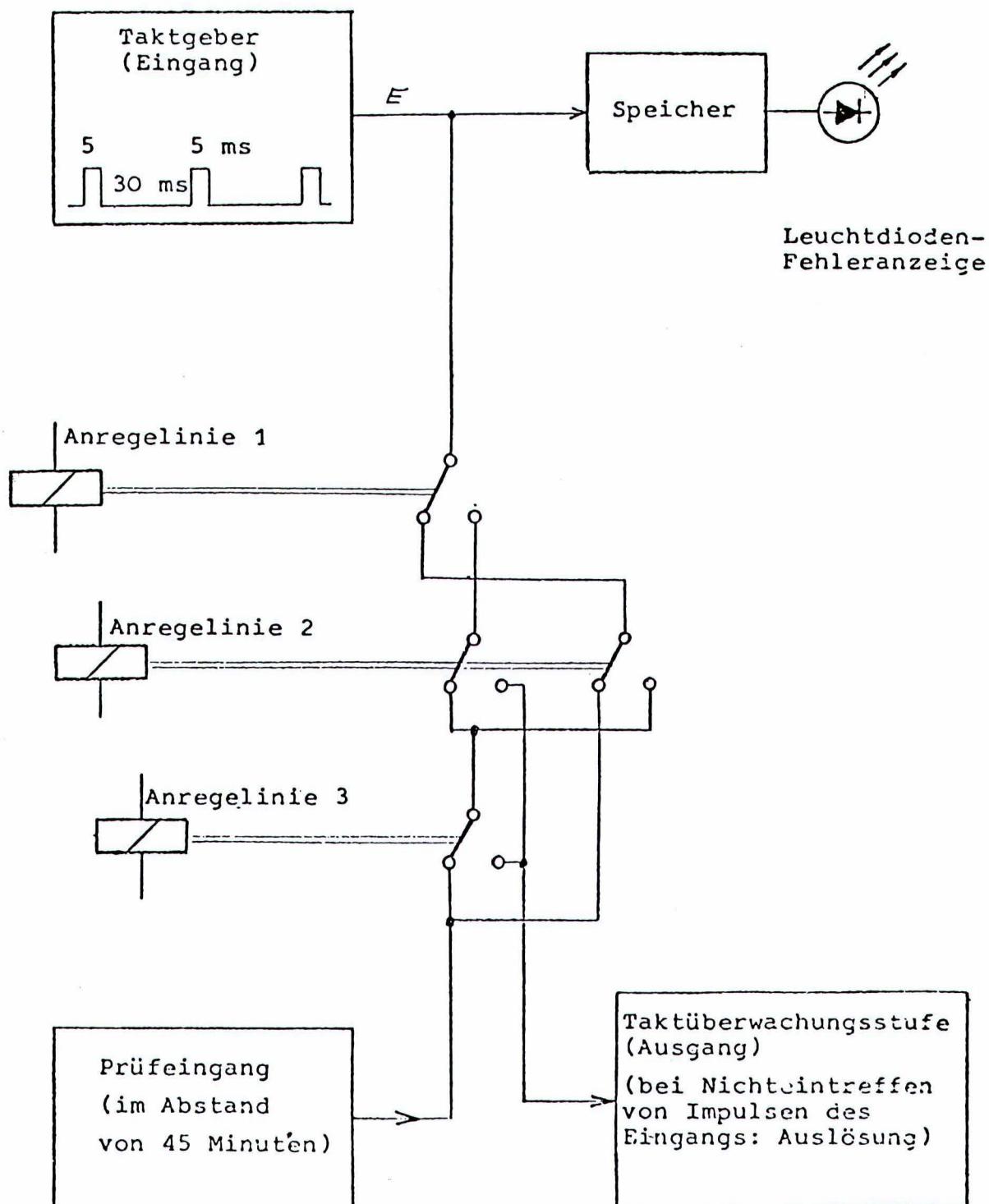
6.4.1.4 Weitere redundante Systeme zum Unterkritischemachen und Abführen von Zerfallswärme (Nachzerfallswärme) sind:

- Reaktorschnellabschaltsystem,
- Notkühlsystem,
- Durchdringungsabschlüsse des Sicherheitsbehälters,
- Notstromversorgung,
- Nachwärmeabfuhrsystem.

Spezielle Redundanzfragen im Zusammenhang mit dem **Notkühlsystem** sind in Kapitel 6.5 behandelt.

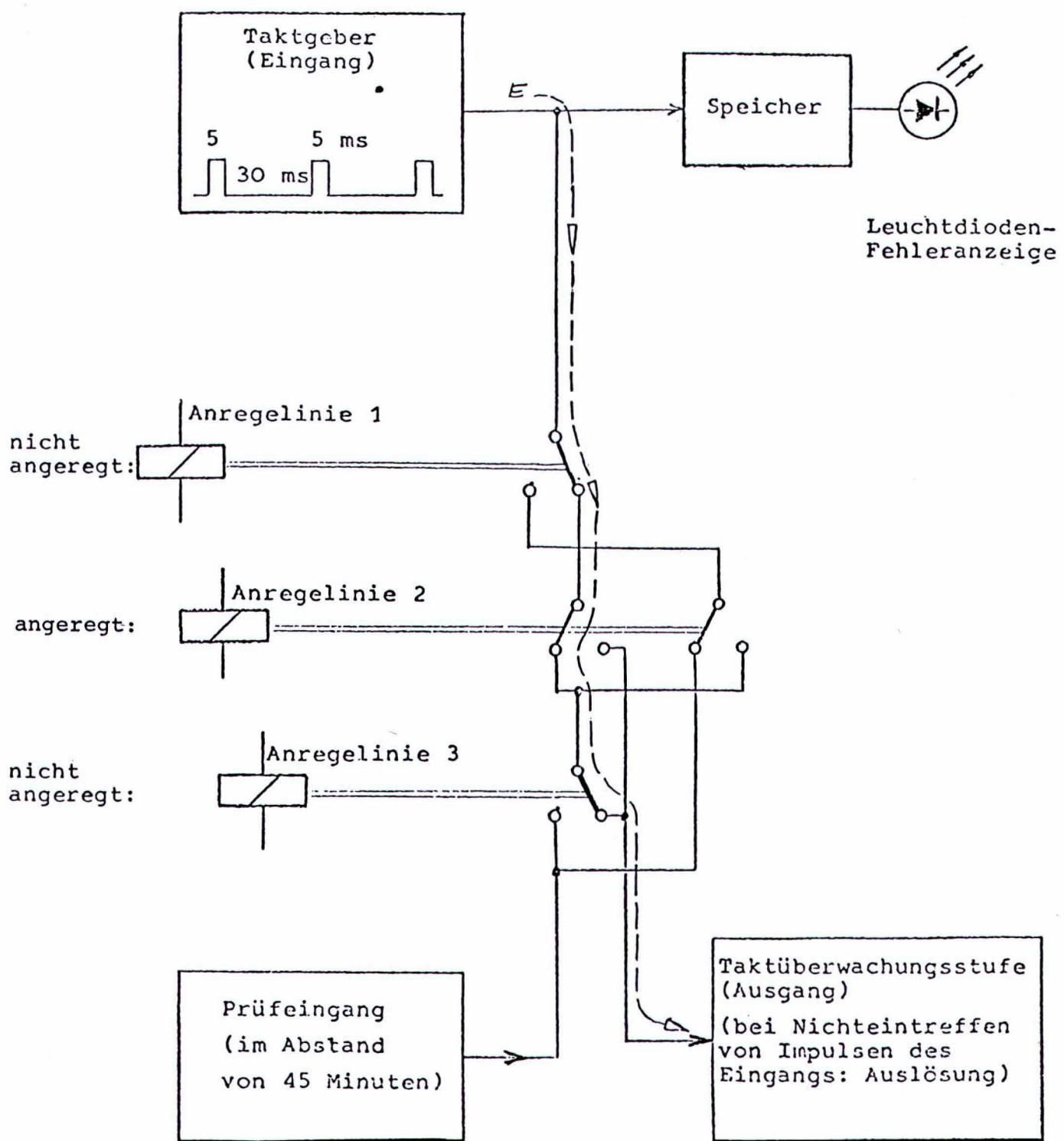
**Abbildung 6.5**

**Prinzip der selbstüberwachenden „2 von 3“ Auslöselogik (Wertungseinheit) im Falle der Anregung durch alle drei Anregelinien**



**Abbildung 6.6**

**Prinzip der selbstüberwachenden „2 von 3“-Auslöselogik (Wertungseinheit)  
im Falle der Anregung von Anregelinie 2**



## 6.4.2 Beispiele für redundante Systeme

### 6.4.2.1 Beispiel 1:

#### *Stromversorgung*

Die Stromversorgung der elektrischen Betriebs- und Schutzeinrichtungen wird im Falle des Kernkraftwerkes Zwentendorf bereitgestellt durch:

Eigenbedarfsnetz,  
vier 50%-Netzstromdieselaggregate,  
zwei 220 V-Batterieanlagen (Kraftwerksbatterie),  
zwei 24 V-Batterieanlagen,  
Leitung zum naheliegenden Donaukraftwerk Altenwörth.

Die Stromversorgung für den Logikteil, Relaisteil, die Gefahrenmeldeanlage und Reaktorschutztafel wird in jedem Strang aus zwei 24 V-Schienen diodenentkoppelt, d. h. rückwirkungsfrei eingespeist.

### 6.4.2.2 Beispiel 2:

#### *Teil einer Auslöselogik im Reaktorschutzsystem für das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld*

In Abbildung 6.5 über das Prinzip der **selbstüberwachenden „2 von 3“-Auslöselogik** (Wertungseinheit) ist der Zustand schematisch festgehalten, in dem über alle drei Anregelinien eine **Anregung** erfolgt. (Anregung bedeutet entweder nicht-ordnungsgemäßes Meß-/Grenzwertsignal, hervorgerufen durch eine Störung, oder den Ausfall eines Elements. Die Anregung bewirkt nach dem hier verwendeten Ruhestromprinzip, daß in den drei (redundanten) Anregelinien Fehler an der Anlage „mittels Stromlosigkeit“ gemeldet werden.)

Der Verknüpfung der Relaiskontakte ist zu entnehmen, daß bei Anregung, gemeldet von nur einer der drei redundanten Anregelinien, Impulse vom Eingang an den Ausgang noch durchkommen und noch nicht die Auslösung hervorgerufen wird. Ein solcher Fall mit beispielweiser Anregung von Anregelinie 2 ist in Abbildung 6.6 gezeigt. Das Durchkommen der Impulse vom Eingang ist nach dem strichlierten Pfeil zu verfolgen. Bei Anregung durch zwei oder drei der Anregelinien wird die Auslösung bewirkt.

In der nachfolgenden Tabelle 6.5 ist über die Auslösemöglichkeit eine Übersicht geboten.

**Tabelle 6.5**

Zahl der angeregten Auslöseketten je Sicherheitsbereich	Impulse in Takt-überwachungsstufe empfangen	Auslösung hervorgerufen
3	nein	ja
2	nein	ja
1	ja	nein
0	ja	nein

Üblicherweise wird an allen drei Anregelinien gleiche Information angeboten, zur Weiterleitung der Information „Ordnungsgemäßer Betrieb“ genügen aber zwei der drei. Damit ist sichergestellt, daß bei fehlerhafter Signalabgabe in einem Kanal eine sogenannte Fehlauslösung nicht möglich ist.

Im technischen Detail wird am Eingang E der Wertungsschaltung ein Impuls mit 1-0-Signal im 5—30-Millisekunden-Rhythmus angelegt. Im ordnungsgemäßen Betrieb treffen die 5-Millisekunden-Impulse auf den Ausgang und bewirken keine Auslösung. Bleiben die 5-Millisekunden-Impulse hingegen aus, so wird danach die Auslösung an Stellgliedern des Sicherheitssystems vorgenommen.

#### 6.4.2.3 Beispiel 3:

##### *Reaktorschnellabschaltung*

Die Antriebsleitungen für das **hydraulische Einschießen der Steuerstäbe** sind an zwei voneinander unabhängige Ringleitungen, denen je ein **Schnellabschalttank** zugeordnet ist, angeschlossen. Jeder Tank ist kapazitätsmäßig so ausgelegt, daß er für sich allein eine Schnellabschaltung ausführen kann. Ein dritter umschaltbarer Tank ist bei Ausfall eines fix zugeordneten Tanks auf jede der beiden Ringleitungen aufschaltbar.

#### 6.4.2.4 Beispiel 4:

##### *Kabelführung*

Sowohl elektrische Versorgungskabel und -leitungen als auch Meß- und Steuerleitungen für redundant vorhandene, sicherheitstechnische Verbraucher werden weitgehend auf **getrennten Kabeltrassen** verlegt.

Streng genommen kann man nicht von vier voneinander unabhängigen, gleichberechtigten **Notstromredundanzen** sprechen, da auch im Hinblick auf die Kabelführung je zwei der redundanten Notstromversorgungsleitungen in einem Kabelkanal laufen. Die vier Notstromredundanzen sind praktisch in zwei Redundanzgruppen aufgeteilt. Dabei müssen die Kabel einer Redundanzgruppe voneinander entfernt und gegen Brand entsprechend getrennt sein.

Die Sicherheit der Brandmeldung wird durch zwei getrennte Meldelinien, automatisch auslösende Sprühflutanlagen und feuerfeste Ummantelung bei nicht vermeidbaren Kreuzungspunkten erreicht, um Störfälle wie in Browns Ferry zu vermeiden.

Die Verquickung der drei **Reaktorschutzredundanzen** mit den vier Notstromredundanzen ist etwas problematisch, und zwar wegen der dadurch notwendigen zusätzlichen Verknüpfungen und wegen der durch bauliche Gegebenheiten bedingten gemeinsamen Verlegung der Reaktorschutzredundanzen mit den entsprechenden Notstromredundanzen.

An jenen Meßstellen, wo alle redundanten Meßstränge zwangsläufig zusammenführen, ist zum Teil eine strenge Redundanztrennung nicht möglich. Überall dort, wo in den redundanten Elektronikräumen elektrische Verkoppelungen verschiedener Redundanzen (z. B. über Grenzwerteinheiten, Auswahlschaltungen, Vergleichereinheiten in den Elektronikschränken) bestehen, und somit die Möglichkeit einer Redundanzverletzung besteht, wurden vom Sachverständigen Erfüchtigungen durch Dioden und Schmelzsicherungen zur Entkopplung gefordert.

## 6.4.3 Selbstüberwachung

6.4.3.1 Die Maßnahmen der Redundanz wurden für das Kernkraftwerk Zwentendorf noch durch ein System der Selbstüberwachung ergänzt. Dadurch werden die Eigenschaften der Geräte oder Systeme selbsttätig überwacht. Ausfälle werden so früh erkennbar gemacht und die Ausfallswahrscheinlichkeit kann auf diese Weise weiter reduziert werden.

6.4.3.2 In Abbildung 6.5 ist die **Selbstüberwachung** mittels eines Prüfeingangs im Arbeitsstromprinzip angeschlossen. Der am Prüfeingang einmal je 45 Minuten selbsttätig gegebene Testimpuls am Eingang erreicht den Speicher nur dann, wenn bei vorgetäuschter Anregung an 2 der 3 Anregelinien (abwechselnd 1—2, 2—3, 1—3) alle Relaisfunktionen voll erfüllt werden. Im Falle eines Relaisfehlers gelangt der Prüfimpuls nicht auf den Speicher. Dieser hält die Leuchtdiode so lange brennend (auch wenn sich beim nächsten Prüfzyklus nach 45 Minuten der Fehler nicht wiederholen sollte), bis der Schaden behoben worden ist.

Der Prüfeingang zu Selbstüberwachungszwecken wird zu den 5—30-Millisekunden-Taktimpulsen  $180^\circ$  phasenverschoben angelegt, sodaß die Schutzfunktion durch die Prüffunktion nicht beeinträchtigt wird. Von der Selbstüberwachung erkannte Ausfälle werden in einer Warte zentral gemeldet. Innerhalb von Schränken kann dann durch die vorerwähnten Leuchtdioden der genaue Ort des festgestellten Fehlers identifiziert werden, auch wenn er nur ein einziges Mal aufgetreten sein sollte und danach nicht mehr von einem Prüfer beobachtet werden konnte.

## 6.4.4 Diversitärer Schutz

6.4.4.1 Unter Redundanz wird die Mehrfachauslegung mit physikalisch gleichen, nur zahlenmäßig mehrfach ausgeführten Einrichtungen verstanden. Als **diversitär** werden Schutzsysteme bezeichnet, bei denen verschiedenartige physikalische Funktionen in ein Gerät einbezogen werden und von allen auf dieselbe Schutzmaßnahme abgezielt wird.

Selbstverständlich ist dafür gesorgt, daß räumlich und zeitlich redundante und diversitäre Einrichtungen einer angenommenen Störung (z. B. einem lokalen Brand) widerstehen können und im ungünstigsten Fall nur ein Teilsystem und nicht eine ganze Gruppe zueinander redundanten Teilsysteme betroffen wird. Es ist auch Wert darauf zu legen, daß sie voneinander unabhängig arbeiten. Dafür werden Entkopplungsmaßnahmen bei den Verbindungsstellen zum Vergleich oder zur Wertung der verschiedenen redundanten Einrichtungen ergriffen.

## 6.4.5 Wartung, Betrieb bei Teilausfall

6.4.5.1 Die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt **systematischer Ausfälle** läßt sich also durch Wahl passender Gerätesysteme und auch Prüfzyklen beliebig weit herabdrücken. Es ist ebenfalls vorgesorgt, daß bei Ausfall eines Teilsystems und seiner anschließenden Reparatur der restliche Teil eines Schutzsystems ein vertretbares Maß an Sicherheit gewährleistet, d. h. daß die übrigen Schutzeinrichtungen zu einer Beseitigung eines neuerlich möglichen Störfalls voll ausreichen.

Die wichtigsten maschinenbaulichen Systeme genügen dem „**n + 2,-Kriterium**“, d. h. daß bei Reparatur eines Teilsystems und gleichzeitigem Ausfall eines weiteren der Rest des Gesamtsystems noch fähig ist, den Störfall vollkommen abzudecken.

6.4.5.2 Bezuglich des Reaktorschutzsystems steht die zentrale Frage im Raum, wie weit man dem Betrieb zugestehen kann, daß er von der bestehenden redundanten Ausführung in bezug auf a) Ausfälle im Reaktorschutzsystem selbst und auf b) Reparatur Gebrauch machen darf, ohne dadurch den Reaktor und die Anlage möglicherweise in einen unsicheren Zustand zu führen. Diese Fragestellung hat eine genaue Untersuchung von gefährlichen Kombinationen von Fehlern, bzw. auch von Fehlern und zu unterstellenden Reparaturen an Komponenten innerhalb des Reaktorschutzsystems und in den Sicherheitssystemen, zur Folge. In Beitrag 6.5 ist dies noch weiter ausgeführt.

6.4.5.3 Das Ergebnis dieser Analyse muß in irgendeiner Form, zum Beispiel durch **Eintragung im Schichtbuch**, dem Reaktorfahrer zur Kenntnis gebracht werden, gemeinsam mit Empfehlungen für die eventuelle Einleitung entsprechender Gegenmaßnahmen. Diese Empfehlungen müssen auch Zeitangaben enthalten; z. B. sofortiges Abfahren, oder Abfahren, wenn die Reparatur der defekten Komponente nicht innerhalb einer vorgeschriebenen Zeit abgeschlossen ist.

Es genügt also nicht, sich von der konsequenten Einhaltung der redundanzmäßig funktionellen und räumlichen Ausführung des Reaktorschutzsystems inklusive der Sicherheitssysteme zu überzeugen, sondern es muß darüber hinaus durch eine Analyse festgestellt werden, wie weit es noch zulässig ist, das Kernkraftwerk mit einem, durch aufgetretene Fehler und/oder Reparaturen in ihrer Funktionstüchtigkeit verminderten Sicherheitssystem weiter zu betreiben.

6.4.5.4 Das Reaktorschutzsystem ist vom Reaktorbetriebssystem hinreichend getrennt, sodaß keine Beeinträchtigung des Reaktorschutzsystems bei Störungen im Reaktorbetriebssystem auftreten kann. Soferne gemeinsame Einrichtungen vorgesehen werden, ist auf Rückwirkungsfreiheit im obigen Sinn besonders Rücksicht zu nehmen.

## 6.5 Sicherheitseinschluß und Notkühlung bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren

### 6.5.1 Einleitung

6.5.1.1 Die Realisierung des Konzeptes der **mehrfachen Sicherheitsbarriere gegen die Freisetzung von Spaltprodukten** ist in der Stufe der Beherrschbarkeit von Störfällen durch den Einsatz des **gasdichten Sicherheitsbehälters** gekennzeichnet. Er hat die Aufgabe, bei Schäden am Primärkühlkreis, der zweiten Barriere, zunächst den gesamten Primärkreisinhalt samt seiner Energie aufzunehmen und dann, bei Schäden an den Brennelementen (erste Barriere) selbst, auch die freigesetzten Anteile von Spaltprodukten so zu erfassen, daß eine radiologische Gefährdung der Umgebung der Anlage ausgeschlossen ist. Bei diesem Vorgang werden außerdem die **Notkühleinrichtungen** herangezogen, um bei allenfalls auftretenden Schäden am Primärkreis umfangreiche Schäden an den Brennelementen zu verhindern und so die Freisetzung von Spaltprodukten beim **Kühlmittelverluststörfall** auf ein geringes Maß zu reduzieren. Der Sicherheitsbehälter und die Notkühleinrichtungen sind als sich gegenseitig ergänzende Anlagen anzusehen, deren unbedingte Funktionsfähigkeit der zentrale Punkt aller sicherheitstechnischen Untersuchungen und Überlegungen von Herstellern und Betreibern sind.

6.5.1.2 Im folgenden wollen wir uns auf die im **Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld bei Zwentendorf** zum Einsatz gelangenden, für einen Siedewasserreaktor typischen konstruktiven Ausführungen des Sicherheitsbehälters und der Notkühleinrichtungen konzentrieren.

### 6.5.2 Sicherheitsbehälter

6.5.2.1 Der im genannten Kernkraftwerk zum Einsatz kommende Sicherheitsbehälter arbeitet nach dem **Prinzip des Druckabbausystems**, bei dem der aus dem **Primärkreis** freigesetzte energiereiche Wasserdampf durch Überströmrohre in eine kalte Wasservorlage geleitet wird und dort kondensiert. Damit werden der beim angenommenen Störfall zu erwartende Druck innerhalb des Sicherheitsbehälters und damit die auf diesen wirkenden Belastungen gegenüber den Anlagen ohne Druckabbausystem erheblich reduziert. Der Druckabbau erfolgt in dieser Einrichtung, ohne daß irgendwelche Ventile betätigt oder Schaltungen vorgenommen werden müssen. Steigt der Druck innerhalb der Druckkammer über einen Wert, der der Eintauchtiefe der Überströmrohre in das Wasserbecken entspricht, so wird das überströmende Dampf-Luft-Gemisch automatisch in Kontakt mit dem kalten Wasser gebracht.

Die beigefügte Prinzipskizze (Abbildung 6.7) eines **KWU-Siedewasserreaktors\***) mit Druckabbausystem zeigt dessen wesentliche Merkmale. Der Auslegungsdruck für die Druckkammer beträgt laut Angaben des Sicherheitsberichtes 4,4 bar, der der Kondensationskammer 2,5 bar. Die maximale Druckdifferenz zwischen den beiden Teilen des Druckabbausystems soll 1,6 bar nicht überschreiten. Die höchste erwartete Temperatur beträgt in der Druckkammer 146°C, die Wasservorlage kann sich auf maximal 75°C aufheizen.

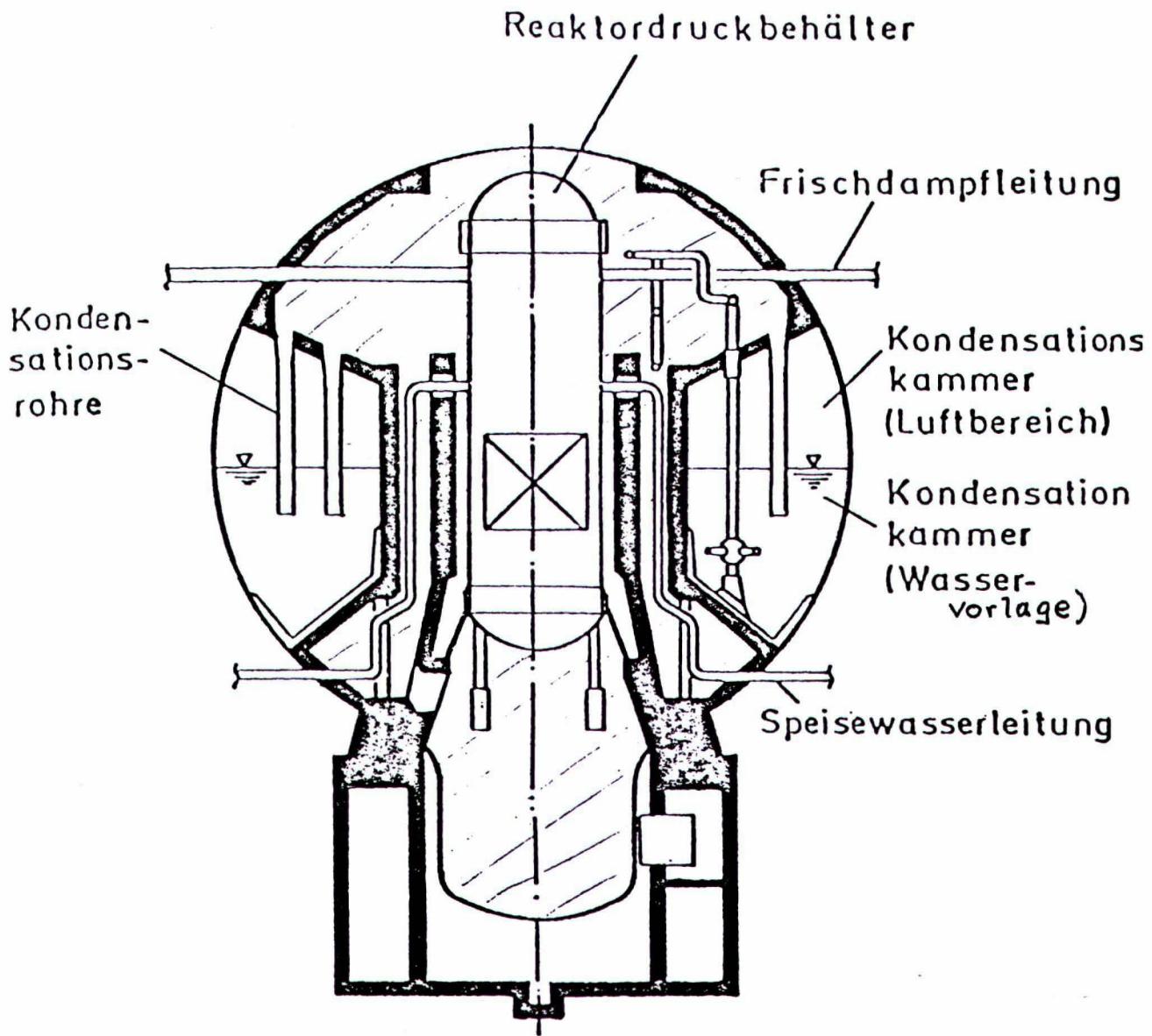
**6.5.2.2 Im Kernkraftwerk Würgassen** sind in einer ähnlich konzipierten Druckabbaueinrichtung vor mehreren Jahren Schäden aufgetreten, die bei der Betätigung von **Druckentlastungsventilen** des Primärkreises, die ebenfalls in die Wasservorlage des Druckabbausystems Dampf abgegeben haben, erfolgten [25]. Hierbei handelte es sich jedoch um aus dem Primärsystem kommenden Dampf, der wegen seines hohen Druckes mit hoher spezifischer Energiedichte über Rohre verhältnismäßig großen Durchmessers schlagartig in das Wasserbecken eingespeist wurde. Durch konstruktive Änderungen der Überströmrohre, über die der Dampf dem Wasserbecken zugeführt wurde, konnten die hierbei auftretenden Belastungen der die Wasservorlage umschließenden Stahlbauteile erheblich reduziert werden [26]. Dabei wurde ein in eingehenden Versuchen getestetes **Verdüsungssystem** angewendet, welches einerseits die durch Trägheitskräfte hervorgerufenen Massenbeschleunigungen im Wasserbecken reduziert, andererseits durch Aufteilung des Dampfes in verhältnismäßig kleine Blasen auch die beim Kondensationsvorgang selbst beobachteten Schwingungen und Kondensationsschläge erheblich verkleinerte. Ein auf diese Erfahrungen aufbauendes Verdüsungssystem wurde beim Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld ebenfalls wie bei allen anderen Nachfolgeanlagen der Siedewasserreaktor-Baureihe 1969 in der Bundesrepublik Deutschland für die Druckentlastungsventile eingesetzt.

**6.5.2.3** Die beim **Kühlmittelverlust** auftretenden Überströmvorgänge sind im Gegensatz zu den Vorgängen, die vor mehreren Jahren im Kernkraftwerk Würgassen zu den bekannten Schäden geführt haben, hinsichtlich ihres **dynamischen Anlaufverhaltens** und hinsichtlich der im Niederdruckbereich **anders gelagerten Energiedichte** von den Verhältnissen in den Druckentlastungsrohren des Primärsystems zu unterscheiden. Hier kommen weiterhin Rohre großen Durchmessers (600 mm Ø) zum Einsatz. Insgesamt stehen 58 Rohre zur Verfügung, um den an der Bruchstelle ausströmenden Dampf insgesamt während des Kühlmittelverluststörfalls in der Wasservorlage des Druckabbausystems zur Kondensation zu bringen. Dabei wird anfänglich mehr, später weniger Luft aus dem Innenteil des Sicherheitsbehälters in die Wasservorlage überführt.

**6.5.2.4** Die dynamischen Anlaufvorgänge, die den Ausstoß des Wassertropfens aus dem Überströmrohr in die Wasservorlage bewirken, sind wesentlicher Teil der dynamischen Belastungen, die das Druckabbausystem zu Beginn des Kühlmittelverluststörfalls aufnehmen muß.

---

\*) KWU = Kernkraftwerksunion.

**Abbildung 6.7**

NAME	Prinzipskizze eines KWU Siedewasser -	ZEICHNUNGS-Nr.
DATUM	reaktors mit Druckabbausystem	SEITE

**6.5.2.5** Hierbei entstehen insbesondere **Differenzdruckbelastungen** zwischen der **Druckkammer** und der **Kondensationskammer**. Die damit zusammenhängenden fliddynamischen Vorgänge sind der analytischen Beschreibung verhältnismäßig gut zugänglich, was durch experimentelle Untersuchungen abgesichert ist. In diesem Zusammenhang sei auf die **Integralversuche in der schwedischen Reaktoranlage Marviken verwiesen**, bei denen über mehrere Jahre hinweg die für Druckabbausysteme typischen Phänomene in einer technischen Großanlage untersucht werden konnten. Ebenfalls soll hier die große Zahl weiterer Einzelversuche erwähnt werden, die zum Studium von Teilproblemen in verschiedenen Versuchseinrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland abgewickelt wurden [27].

**6.5.2.6** Neben den dynamischen Anlaufvorgängen, die innerhalb der ersten Sekunden nach einem Kühlmittelverluststörfall dominieren, sind die mit dem **Kondensationsprozeß** verbundenen **dynamischen Belastungen der Kondensationskammer** Gegenstand weiterer ausgedehnter Einzeluntersuchungen gewesen. In diesem Zusammenhang ist auf die Belastung durch Schwingungen unterschiedlicher Frequenz zu verweisen, die durch das Kondensieren großer Dampfblasen, die noch einen mehr oder weniger großen Anteil an Luft enthalten können, hervorgerufen werden. Diese Schwingungsbelastungen werden sich den statistischen Belastungen überlagern und müssen insgesamt innerhalb der abtragfähigen Lasten bleiben. Die in diesem Zusammenhang stehenden **Fragen nach der Übertragbarkeit** der in Einzelversuchen gewonnenen Untersuchungsergebnisse sind im allgemeinen zentraler Punkt der zwischen Herstellern und Gutachtern geführten Diskussionen. Sie sind je nach der konstruktiven Gestaltung hoch belasteter Strukturteile von Fall zu Fall unterschiedlich zu bewerten. Von besonderer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist die **Kopplung fliddynamischer und strukturdynamischer Betrachtungen**, die — ausgelöst durch die von der Kondensation von Dampfblasen hervorgerufenen örtlichen Druckspitzen — die Ausbreitung der Druckwelle im Wasser und ihre anschließende Reaktion mit der Struktur zum Gegenstand haben.

Auf die Ergebnisse entsprechender gutachtlicher Untersuchungen sollte in diesem Zusammenhang besonderes Augenmerk gerichtet werden.

**6.5.2.7** Ist die **Integrität des Druckabbausystems** und ihre bestimmungsmäßige Funktion nach Eintritt eines Kühlmittelverluststörfalls gewährleistet, so ergibt sich die **Zuverlässigkeit des Sicherheitsbehälters** im Hinblick auf seine Funktion als rückhaltendes Element gegen die Ausbreitung von allenfalls freigesetzten Spaltprodukten zwangsläufig. Die **Dichtigkeit des Sicherheitsbehälters** ausgedrückt in seiner meßbaren Leckrate kann durch routinemäßige Überprüfung während der Betriebsdauer des Kernkraftwerkes laufend geprüft werden, was in entsprechenden **Betriebs- oder Überwachungsvorschriften** seine Verankerung finden soll.

**6.5.2.8** Insgesamt kann in bezug auf die **Auslegung** und **Funktionstüchtigkeit** des Sicherheitsbehälters festgestellt werden, daß die im Kernkraftwerk Würgassen erkannten Fehler bei der Auslegung der Baureihe 1969 berücksichtigt und durch entsprechende konstruktive Änderungen vermieden wurden. Zwischenzeitlich gewonnene Erkenntnisse im Zusammenhang mit den Schwierigkeiten im Kernkraftwerk Würgassen sollten bei der Kernenergieanlage Zwentendorf in gleichem Maße den konstruktiven Entscheidungen und den hiemit verbundenen Sicherheitsnachweisen zugute gekommen sein, wie den in der Bundesrepublik Deutschland gebauten Anlagen. Die

entsprechenden Feststellungen der Gutachter beim Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld sind in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung.

6.5.2.9 Bezuglich der Auslegung der Gebäude und des Sicherheitsbehälters gegen Einwirkungen von außen, wie z. B. **Erdbeben, Brände, Explosionen oder Flugzeugabsturz**, wurden von Herstellern und Gutachtern Überlegungen angestellt, die in gutachtlichen Stellungnahmen ihren Niederschlag gefunden haben. Leider konnten uns hierüber außer den in den Diskussionen gemachten mündlichen Äußerungen keine weiteren Unterlagen zur Einsicht überlassen werden (siehe auch die entsprechenden Erläuterungen im Bericht der Diskussionsgruppe 5).

### 6.5.3 Notkühlung

6.5.3.1 Die **Notkühleinrichtungen** haben die Aufgabe, beim **Kühlmittelverlustunfall** die im Reaktorkern langfristig erzeugte **Nachzerfallswärme** sicher abzuführen und eine Zerstörung des Reaktorkerns, mit der eine massive Freisetzung von Spaltprodukten in den Sicherheitsbehälter verbunden wäre, zu verhindern. Hierfür sind im Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld ähnlich wie in den anderen Anlagen der Baureihe 1969 **mehrere voneinander unabhängige Einspeissysteme** vorgesehen. Wesentlich sind hier bei **größeren Leckagen** das in vier getrennten voneinander unabhängigen Strängen ausgeführte **Notnachkühlsystem** sowie das **einfach vorhandene Flutsystem**. Beide Systeme bewirken zusammen ein rasches Wiederauffüllen des Reaktordruckbehälters, falls das Versagen einer der mit dem Reaktordruckbehälter verbundenen Anschlußleitungen (z. B. Frischdampfleitung, Speisewasserleitung) jemals zu einem Kühlmittelverluststörfall führen sollte.

6.5.3.2 Beim Versagen **kleinerer Anschlußleitungen** steht im Hochdruckbereich noch das **Hochdruck-Einspeisesystem** zur Verfügung, das durch die automatische Druckentlastung redundant ergänzt wird. Sollte das Hochdruckeinspeisesystem bei kleinen Leckagen nicht einsatzbereit sein, muß die **automatische Druckentlastung** möglichst rasch den Primärdruck auf die Werte reduzieren, bei denen das vierfach vorhandene Nachspeisesystem bzw. das Kernflutsystem eingesetzt werden können. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, daß über die automatische Druckentlastung sozusagen ein **kontrollierter Kühlmittelverlust** aus dem Primärsystem in die Kondensationskammer bewirkt wird, wobei die Mischung des aus dem Primärsystem freigesetzten Dampfes mit dem Kondensationskammerwasser über die verdüsten Überströmrohre erfolgt (siehe auch Abschnitte 6.5.2.2 und 6.5.2.3).

6.5.3.3 Die vorstehend skizzierten Teilsysteme stellen das **Notkühlsystem** dar, das als ganzes gesehen eingehenden systemanalytischen Untersuchungen unterzogen wird, um seine Zuverlässigkeit quantitativ zu bestimmen. Die **Gesamtzuverlässigkeit des Notkühlsystems** ergibt sich dabei aus der Zuverlässigkeit seiner verschiedenen Komponenten wie der Ventile, Pumpen, Antriebsaggregate oder der Stromversorgung, die über die Fehlerbaumanalyse verknüpft zur Aussage über die Gesamtzuverlässigkeit des Systems führt.

6.5.3.4 Hierbei dürfen im Rahmen von Risikoüberlegungen spezifizierte Werte für die Zuverlässigkeit des Systems nicht unterschritten werden. Diesem Komplex wird in eingehenden Untersuchungen der Hersteller und Gutachter breiter Raum gegeben.

Bezüglich der quantitativen Aussagen für das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld sei auf die in Arbeit befindlichen Gutachten der damit befaßten Stellen verwiesen.

#### 6.5.3.5 Auslegungsbasis für die Notkühleinrichtungen sind drei typische Leckgrößen, die sich aus dem Versagen

- der Frischdampfleitung (600 mm Nennweite)
- der Speisewasserleitung (600 mm größte Nennweite) oder
- der Lagerdruckwasserleitung (250 mm größte Nennweite)

ergeben würden. Diese drei Bruchgrößen decken das **technisch mögliche Spektrum von Primärkreisleckagen** ab und die in diesem Zusammenhang durchgeföhrten Notkühlanalysen müssen zeigen, daß der Notkühlprozeß einwandfrei beherrscht wird und die hiefür vorgesehenen Einrichtungen ein **ausreichendes Maß an Zuverlässigkeit** besitzen. Die Notkühleinrichtungen sind ebenso wenig wie der Sicherheitsbehälter für den Fall eines massiven Versagens des Reaktordruckbehälters selbst ausgelegt. Das **Versagen des Reaktordruckbehälters** muß jedoch aus an anderer Stelle zu erörternden Gründen für ausgeschlossen gehalten werden (siehe Abschnitt 6.2.4).

#### 6.5.3.6 Ohne hier an dieser Stelle auf die für das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld im einzelnen durchgeföhrten Analysen des Herstellers bzw. der Gutachter einzugehen, ist jedoch in der Regel festzustellen, daß mit den vorhandenen Notkühleinrichtungen mit einer **ausreichend hohen Zuverlässigkeit** eine Zerstörung des Reaktorkerns mit nachfolgendem Schmelzen des Brennstoffes und der damit verbundenen massiven Freisetzung von Spaltprodukten verhindert wird.

Die Anforderungen, die an das Primärsystem und an die Notkühleinrichtungen gestellt werden müssen, um erfolgreiche Notkühlung auf die Dauer zu gewährleisten, lassen sich in drei Hauptgruppen aufteilen:

#### 6.5.4 Erhaltung der Kerngeometrie

Die Erhaltung der Kerngeometrie und der sonstigen im Reaktordruckbehälter vorhandenen Einbauten ist eine wesentliche Voraussetzung für das **sichere Abführen** der langfristig erzeugten Nachzerfallswärme und für das **sichere Abschalten** des Reaktors nach einem Kühlmittelverluststörfall. Der Reaktorkern und die Druckgefäßeinbauten könnten durch die beim **Störfall auftretenden dynamischen Kräfte** höher belastet werden als während des Normalbetriebes. Die Einbauten müssen daher so konstruiert sein, daß sie auch diesen Belastungen unter den ungünstigsten Annahmen hinsichtlich der Bruchlage und der Bruchgröße standhalten können, und ihre **festigkeitsmäßige Auslegung** wird in der Regel nicht im Hinblick auf die im Normalbetrieb, sondern vor allem auf die im **Störfall zu erwartenden Beanspruchungen** erfolgen. Bedingt durch die Größe der mit dem Reaktordruckbehälter verbundenen Anschlußleitungen lassen sich verschiedene Belastungsfälle spezifizieren, die jeweils eine technisch sinnvolle Maximierung der Belastungsannahmen beinhalten. Hierbei kann auf **analytische Methoden** zurückgegriffen werden, die durch eine stetig größer werdende Zahl **einschlägiger Experimente** verifiziert sind.

**6.5.4.1** In diesem Zusammenhang sei auf die Versuche bei der Firma Battelle in der Bundesrepublik Deutschland sowie auf die in den USA im **LOFT-Reaktor\***) sowie den **Semiscale-Anlagen\*\***) durchgeführten Untersuchungen verwiesen [28]. Auch das in großtechnischem Maßstab in Angriff genommene **HDR-Projekt\*\*\***) ermöglicht eine weitergehende Verifikation der eingesetzten Analysemethoden für einen weiten Maßstabsbereich einschließlich der auch für die Großausführung notwendigen Extrapolationen [29]. Bedingt durch die kleineren beim Siedewasserreaktor in Ansatz zu bringenden Leckquerschnitte und bedingt durch den Umstand, daß sich zumindest ein Teil des Primärkühlmittels innerhalb des Reaktordruckbehälters bereits im **Sättigungszustand** befindet, ergeben sich für die Belastung der Einbauten in **Siedewasserreaktoren** im allgemeinen wesentlich **geringere Differenzdrücke**, als sie beispielsweise bei Druckwasserreaktoren erwartet werden. Daher kann die Vorhersage der Belastungen für Siedewasserreaktor-Einbauten als voll abgesichert angesehen werden, wenn aufbauend auf den mit modernen Rechenmethoden ermittelten Belastungsannahmen die für derartige Betriebsbedingungen üblichen Festigkeitsberechnungen in die konstruktive Gestaltung Eingang gefunden haben.

**6.5.4.2** Wie weitgehend die Forderung nach Erhaltung der **Integrität der Reaktordruckbehälter-Einbauten** erfüllt wird, sollten die Ergebnisse der entsprechenden gutachtlichen Untersuchungen aufzeigen. Hierbei wird auch auf die Wirkung der durch einen Kühlmittelverlust hervorgerufenen, an den sonstigen mit dem primären Kühlmittelsystem verbundenen Strukturen angreifenden Reaktionskräfte einzugehen sein.

## 6.5.5 Begrenzung von Brennstabschäden

**6.5.5.1** Durch rechtzeitige Einbringung von Notkühlwasser werden die **Brennstabtemperaturen** auf Werte begrenzt, die mit Sicherheit weit unterhalb der als kritisch angesehenen Temperatur von 1200°C bleiben. Durch analytische Untersuchungen der fluidodynamischen Verhältnisse im Kernbereich muß gezeigt werden, daß selbst bei Auftreten von **Filmsieden** oder bei zeitweisem Trockenstehen von Brennstäben die im Zeitbereich verschlechterter Kühlbedingungen ansteigenden Temperaturen durch das dann wirksam werdende Fluten begrenzt werden.

**6.5.5.2** In diesem Zusammenhang kann auf die Ergebnisse zahlreicher **experimenteller Untersuchungen** zurückgegriffen werden, die die Gültigkeit und Aussagekraft der analytischen Untersuchungsmethoden bewiesen haben.

So wurden speziell unter den für einen **Kühlmittelverluststörfall** in einem Siedewasserreaktor anzunehmenden Bedingungen **Versuche** in den deutschen Anlagen in Großwelzheim und Erlangen sowie in amerikanischen Forschungszentren in Oak Ridge und der Firma General Electric durchgeführt. Bei der Bewertung der im Vergleich Analyse — Experiment erhaltenen Ergebnisse sind die meist meßtechnisch bedingten Streubreiten zu beachten, so daß hierbei naturgemäß nur in den seltensten Fällen identische Aussagen erwartet werden könnten.

\*) LOFT = **Loss-of-Fluid-Test** (deutsch: Testanlage für den Kühlmittelverlustfall).

\*\*) Semiscale-Anlage = im Maßstab verkleinerte Versuchsanlage.

\*\*\*) **Heiß-Dampf-Reaktor**.

**6.5.5.3 Das in letzter Zeit immer zahlreicher vorliegende Versuchsmaterial ermöglicht in zunehmendem Maß physikalisch begründbare Erklärungen von Abweichungen** zwischen experimentellen und analytischen Ergebnissen sowohl bei der Untersuchung von Einzeleffekten als auch für integrale Untersuchungen. Als Einzeleffekt kann beispielsweise die Ermittlung einer bestimmten Wärmeübergangsbeziehung im Hinblick auf die sie beeinflussenden Randbedingungen verstanden werden. Integrale Untersuchungen umfassen dagegen das Zusammenwirken mehrerer Einzeleffekte wie beispielsweise die Ausbildung kritischer Massenströme an der Bruchstelle, das strömungstechnische Verhalten des Primärsystems oder die Kopplung des strömungstechnischen Vorgangs mit dem Wärmeübertragungsvorgang, und ermöglichen letztendlich die Vorhersage des Temperaturverlaufs im einzelnen Brennstab [30].

**6.5.5.4 Bedingt durch das Fehlen großer Anschlußleitungen werden Kühlmittelverluststörfälle beim Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld** verhältnismäßig langsam ablaufen, was im Hinblick auf die Wärmeentspeicherung des Brennstoffs während der Druckentlastungsphase — vorausgesetzt, der Reaktor kann einwandfrei abgeschaltet werden — vorteilhaft ist.

Die im Sicherheitsbericht und in den zusätzlichen Untersuchungen des Herstellers enthaltenen Aussagen über die Wirksamkeit der Notkühleinrichtungen im genannten Kernkraftwerk zeigen, daß die maximalen Temperaturen, die bei Auslegungsstörfällen auftreten können, etwa bei 600°C liegen werden. Nach Auskunft der zuständigen Stelle (Studiengesellschaft für Atomenergie, Wien) sind die gutachtlichen Untersuchungen zu diesem Punkt noch nicht völlig abgeschlossen. Die vom Hersteller gemachten Aussagen werden sich aber im wesentlichen bestätigen lassen. Sie entsprechen im übrigen den Werten, die für ähnliche Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt wurden.

**6.5.5.5 Bei der Beurteilung der Wirksamkeit der eingesetzten Notkühleinrichtungen** ist auch zu berücksichtigen, daß aus Redundanz- und Zuverlässigkeitsoberlegungen heraus in der Regel nie alle verfügbaren Systeme in die rechnerische Wirksamkeitsvorhersage einbezogen werden, sondern Ausfälle von Teilen oder ganzen Systemen bereits Berücksichtigung gefunden haben. So wird als wahrscheinlich angesehen, daß die Notkühlverhältnisse im Ernstfall günstiger liegen, als in den Sicherheitsanalysen und den entsprechenden Gutachten angenommen wird. Auf dieser Kenntnis aufbauend, muß also das Eintreten eines durch Nichtfunktionieren der Notkühleinrichtungen bedingten Kernschmelzens als äußerst unwahrscheinlich angesehen werden (siehe auch die entsprechenden Erläuterungen im Bericht der Diskussionsgruppe 5). Daher war die Problematik des Kernschmelzens bisher auch nie Gegenstand gutachtlicher Äußerungen.

## 6.5.6 Langzeit-Notkühlung

**6.5.6.1 Die Notkühleinrichtungen müssen in der Lage sein, nach Auftreten eines Auslegungsstörfalls über lange Zeit eine sichere Nachkühlung** des Reaktorkerns zu gewährleisten. Hierbei ist von der Annahme auszugehen, daß, durch das Auftreten von Hüllenschäden bedingt, erheblich radioaktiv kontaminiertes Wasser im Umlauf befindlich und der Sicherheitsbehälter für längere Zeit nicht zugänglich ist. Reparaturen können an Notkühleinrichtungen nur unter sehr erschwerten Bedingungen durchgeführt werden. Daher werden auch im Hinblick auf die lange Zeit

<sup>50</sup> von 223 III-99 der Beilagen XIV GP-Bericht - 09 Kernenergie Band 3 (gescanntes Original) (ca. 3—4 Monate), in der das Notkühlsystem einsatzbereit sein muß, hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit der angewendeten Komponenten, wie Umwälzpumpen, Wärmetauscher, Rohrleitungen und Stromversorgung, gestellt. Außerdem bestehen im Langzeitbereich natürlich Umschaltmöglichkeiten, die gegebenenfalls ausgenutzt werden können. Je länger der Reaktor abgeschaltet ist, um so unproblematischer wird wegen des Abklingens der Nachzerfallsleistung die Durchführung von Umschaltungen, wobei dann sogar eine kurzzeitige Unterbrechung der Nachkühlung ohne nachteilige Folgen für den Reaktorkern bleiben wird.

## 6.5.7 Vorkehrungen zur Beherrschung des Kernschmelzens

6.5.7.1 Obwohl das Grundkonzept des Reaktorsicherheitsgedankens mit den drei wesentlichen Schranken für die Rückhaltung der für die Umwelt gefahrbringenden Spaltprodukte zu einem mit sehr hoher Zuverlässigkeit arbeitenden, wirksamen Schutzsystem geführt hat, das die Notkühlung für die Auslegungsstörfälle gewährleistet, werden doch Überlegungen angestellt, welche **physikalisch-technischen Vorgänge** zu erwarten sind, falls mit der bekannt niedrigen verbleibenden Wahrscheinlichkeit dennoch die **Kernnotkühlung nicht erfolgreich abläuft oder versagt**. Diese Studien werden vor allem durchgeführt, um durch verbesserte Kenntnis der hiebei zu erwartenden Prozesse einerseits zu einer realistischen Risikoermittlung zu gelangen, andererseits auch die Möglichkeit des Einsatzes weiterer aktiver oder passiver technischer Sicherheitseinrichtungen zu überdenken. Dies bedeutet nicht, daß derartige Einrichtungen in Leichtwasserreaktoren zum Einsatz kommen.

6.5.7.2 Zum Thema **Kernschmelzen** sind insbesondere in der Bundesrepublik Deutschland eine größere Zahl von einzelnen Forschungsvorhaben angelaufen, die der Untersuchung von Einzelphänomenen dienen, die infolge eines Versagens von Kernnotkühleinrichtungen erwartet werden könnten. Besondere Schwerpunkte dieser Forschungsrichtung sind die **Entwicklung und Untersuchung von Brennstab-simulatoren**, mit denen das Abschmelzverhalten von zircaloyumhüllten Urandioxid-Stäben in verschiedenartiger Umgebungsatmosphäre untersucht werden kann. In engem Zusammenhang damit steht beispielsweise die Entwicklung und Untersuchung von „Corium“, einem Gemisch aus Uranoxid, Strukturmaterial und Spaltprodukten, das repräsentativ für die Kernschmelze sein soll [31].

6.5.7.3 Diese Arbeiten sind eine wesentliche Voraussetzung für die parallel hiezu laufenden Untersuchungen der **Wechselwirkung zwischen einer Core-Schmelze und anderen sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten**, wie beispielsweise dem Reaktordruckbehälter und den im Containment vorhandenen Betonstrukturen. Bei der Reaktion zwischen Beton und Core-Schmelze, die zu diesem Zeitpunkt bereits erhebliche Anteile an geschmolzenem Stahl aufweisen wird, entsteht eine zweiphasige Schmelze, wobei die Wärmequellendichte durch Verdünnung und Abklingen des Nachzerfalls abnimmt.

6.5.7.4 An anderer Stelle, besonders in den USA, werden auch die bereits in den frühen sechziger Jahren durchgeföhrten Untersuchungen über das Verhalten von **Spaltprodukten in hocherhitzen Urandioxid** weitergeführt bzw. wieder aufgenommen, um auch hier noch fundiertere Anhaltspunkte über die Beeinflussung der Wärmequellendichte in Urandioxid durch kontinuierliche massive Abgabe von Spaltproduk-

ten in den Sicherheitsbehälter zu untersuchen. Die nach dem Abschalten die Aufheizung der Brennstäbe bewirkende Konzentration an Spaltprodukten im Urandioxid geht nämlich mit laufender Abgabe von Spaltprodukten aus dem hocherhitzten oder geschmolzenen Material stetig zurück. Werden dann die Spaltprodukte, die nach einem an sich zum Kernschmelzen führenden Störfall das Urandioxid bereits verlassen haben, an anderer Stelle im Sicherheitsbehälter wieder abgelagert — dies dürfte für alle nicht-gasförmigen oder hochflüchtigen Spaltprodukte der Fall sein — so können sie dort in eine völlig anders geartete Wechselbeziehung hinsichtlich ihres Temperaturverhaltens treten, als wenn sie im Urandioxid konzentriert bleiben würden.

6.5.7.5 Durch **Verdünnungseffekte** bei der kontinuierlichen Verminderung der Konzentration des Urandioxids in einer Schmelze und durch das Austreiben vieler Spaltproduktelemente bei den dann anzunehmenden Temperaturen im Bereich über 2000°C steht nach unseren heutigen Erkenntnissen noch völlig offen, ob eine allenfalls entstehende Kernschmelze überhaupt in der Lage sein wird, die sehr starken Betonfundamente eines Sicherheitsbehälters so anzugreifen, daß schließlich mit einem Durchschmelzen dieser Fundamente zu rechnen ist.

6.5.7.6 Viel eher werden in diesem Fall andere wärmetechnische Probleme auftreten, die sich aus dem Unvermögen ergeben würden, die integral innerhalb des Sicherheitsbehälters **freigesetzte Nachzerfallswärme der Spaltprodukte** global abzuführen. In diesem Fall wird ein Überdruckversagen diskutiert, das auch als der wesentliche Mechanismus für die Freisetzung von Spaltprodukten als Konsequenz des Kernschmelzens in der vielfach zitierten Risikostudie von Rasmussen [43] angenommen wird. Hiergegen lassen sich aber Sicherheitseinrichtungen konzipieren, die auch für diesen höchst unwahrscheinlichen Zustand der Kernenergieanlage noch eine Integrität der äußeren Barriere, des Sicherheitsbehälters, gewährleisten könnten.

6.5.7.7 Die vorstehenden Ausführungen zum Kernschmelzen und seinen Folgen sollen aber nicht als eine bereits in allen Richtungen abgesicherte wissenschaftliche Erkenntnis angesehen werden, sondern die aus unserer Sicht augenblicklich erkennbare **Trendanalyse** in den wissenschaftlich-technischen Ergebnissen aufzeigen. Weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet sind vorgesehen und werden in absehbarer Zeit zu weiteren Ergebnissen führen, die in aller Offenheit diskutiert werden sollten.

## 6.6 Organisatorischer und betrieblicher Strahlenschutz

### 6.6.1 Aufgaben des Strahlenschutzes

6.6.1.1 In einem Kernkraftwerk bilden die drei **Sicherheitsbarrieren** (Hüllrohr, Reaktordruckgefäß und Sicherheitsbehälter), die **biologischen Betonabschirmungen**, die als Neutronenmoderator, Kühl- und Notkühlmittel dienenden **Wasser-massen** sowie die **räumliche Trennung** der verschiedenen Zonen das feststehende Fundament des Strahlenschutzes. Diese baulichen und konstruktiven Maßnahmen werden ergänzt durch den organisatorischen und betrieblichen Strahlenschutz.

6.6.1.2 Die Aufgaben dieses Teils des Strahlenschutzes gliedern sich, soweit sie die **meßtechnische Erfassung** von Strahlendosen und radioaktiven Kontaminationen sowie den **Rückbehalt** von Radioaktivität betreffen, in folgende Teilbereiche:

#### 1. Personaldosimetrie

- während des Normalbetriebs
- bei Reparaturen und Revisionsarbeiten
- bei Störfällen

#### 2. Messung und Beseitigung der Radioaktivität im Kernkraftwerk

- Anlageteile
- Oberflächen der Räume, Arbeitsgeräte, Bekleidung etc.
- Luft: Aerosole, Gase
- Wasser: gelöste und Schwebestoffe
- Fester Abfall

#### 3. Überwachung der Aktivitätsemissionen

- Abluft
- Abwasser

#### 4. Überwachung der Umgebungsaktivität (Immission)

- Atmosphäre
- Gewässer
- Boden
- Nahrungsketten

Als Grundlagen für alle Maßnahmen des Strahlenschutzes dienen das **Strahlenschutzgesetz** und die **Strahlenschutzverordnung** [1] sowie die **Strahlenschutzauf-lagen**\*) der Betriebsbewilligung.

\*) Diese sind derzeit (Mai 1977) für das Gemeinschafts-Kernkraftwerk Tullnerfeld noch nicht erlassen.

## 6.6.2 Personaldosimetrie

6.6.2.1 Alle Personen, die im Kernkraftwerk arbeiten, aber auch allfällige Besucher, werden dosimetrisch erfaßt. Dafür stehen drei voneinander unabhängige **Meßmethoden** zur Verfügung: Dosisleistungsmesser, persönliche Dosimeter und Instrumente zur Messung der äußeren und inneren Kontamination des Körpers.

Mit Hilfe von direktanzeigenden Geräten wird in den verschiedenen Zonen und Räumen des Kernkraftwerks die **Ortsdosisleistung** gemessen. Insbesondere müssen vor jeder Reparatur- oder Revisionsarbeit die örtlich variablen Dosisleistungen bestimmt, daraus die voraussichtlichen Strahlenbelastungen berechnet und die sich aufdrängenden Schutzmaßnahmen abgeleitet werden. Die mit Zählrohren, Szintillationszählern oder Ionisationskammern ausgerüsteten Geräte erlauben, Dosisleistungen zu messen, die einem kleinen Bruchteil der natürlichen Strahlenbelastung entsprechen.

6.6.2.2 Nach den behördlichen Vorschriften muß die akkumulierte Dosis jedes **beruflich Strahlenexponierten** mit zwei voneinander unabhängigen Dosimetern registriert werden, wovon das eine üblicherweise ein **Filmdosimeter** ist (ionisierende Strahlung schwärzt photographische Emulsionen). Diese Dosimeterfilme werden in größeren Zeitabständen durch ein zentrales Laboratorium entwickelt und mit kontrolliert bestrahlten Eichfilmen verglichen. Aus der Schwärzung der durch verschiedene Folien abgedeckten Filmfelder läßt sich auf die Art und Dosis der empfangenen Strahlung schließen. Die Empfindlichkeitsgrenze liegt für weiche Gammastrahlung bei etwa 1 mR und für harte bei ca. 50 mR (siehe 6.A.1).

Jeder im Kernkraftwerk Beschäftigte trägt außer dem Filmdosimeter mindestens ein weiteres Dosimeter, meist eine als **Stabdosimeter** ausgebildete zylindrische Ionisationskammer mit einer Ablesegenauigkeit von typischerweise 5—10 mR. Diese Dosimeter werden in regelmäßigen kurzen Zeitabständen oder nach Durchführung einer bestimmten Arbeit abgelesen. Werden die verschiedenen Teile des Körpers verschieden hohen Dosen ausgesetzt, so kommen oft mehrere Dosimeter zum Einsatz.

6.6.2.3 Für den **Normalbetrieb** sowie für **Reparatur- und Revisionsarbeiten** wird das Personal so eingesetzt, daß die Summendosen (Mann-Rem) minimal und die individuellen Dosen in jedem Fall unter den gesetzlichen Grenzwerten bleiben. Für beruflich strahlenexponiertes Personal ist eine individuelle Buchführung über die aufgenommenen Strahlendosen und eine **strahlenärztliche Überwachung** vorgeschrieben\*). Bei besonderen Umständen, wie zur Rettung von Menschenleben, gelten für Grenzdosen und ärztliche Betreuung spezielle Bestimmungen.

6.6.2.4 Neben den Dosimetern zur Erfassung der persönlich empfangenen Dosen spielen Meßgeräte, welche die **oberflächliche** und die **innere Kontamination** von Personen erfassen können, eine wichtige Rolle. Nach jedem Arbeiten mit offenen radioaktiven Quellen werden zumindest Hände und Schuhe und oft auch die Arbeitskleider auf eine allfällige äußere Kontamination geprüft. Für diesen Zweck werden mit Zählrohren bestückte **Hand-/Fußmonitoren, bewegliche Zählrohre** und **Großflächenzähler** eingesetzt. Die Nachweisgrenzen solcher Zähler liegen in der Größenordnung von  $10^{-8}$  Ci.

\*) Dieser Strahlenpaß begleitet das Individuum durch sein ganzes Berufsleben.

**6.6.2.5 Um inkorporierte Radionuklide nachzuweisen, stehen mit Szintillationszählern ausgerüstete Ganzkörperzähler zur Verfügung.** Messungen der absoluten Gesamtaktivität im Körper und insbesondere der spezifische Nachweis einzelner Nuklide beanspruchen ein großes Instrumentarium und relativ viel Zeit. Solche Messungen werden deshalb nur durchgeführt, wenn ein begründeter Verdacht auf eine innere Kontamination besteht.

**6.6.2.6 Zum Schutz der Haut, der Atemwege und des Magen-Darm-Kanals** vor radioaktiver Kontamination werden Hilfsmittel angewandt, die von Gummihandschuhen und Schutzzügen über Atemschutzgeräte und Unterdruckkammern bis zu Tauchgeräten und ferngesteuerten Manipulatoren reichen. Es ist mitunter Aufgabe der Strahlenschutzorgane, die für die verschiedenen Manipulationen angemessenen Schutzeinrichtungen und Arbeitsnormen vorzuschreiben und zu erproben. Jeder neue Arbeitsablauf wird außerdem vorerst mit inaktiven Substanzen eingeübt und alsdann unter Aufsicht eines Strahlenschutzfachmanns durchgeführt.

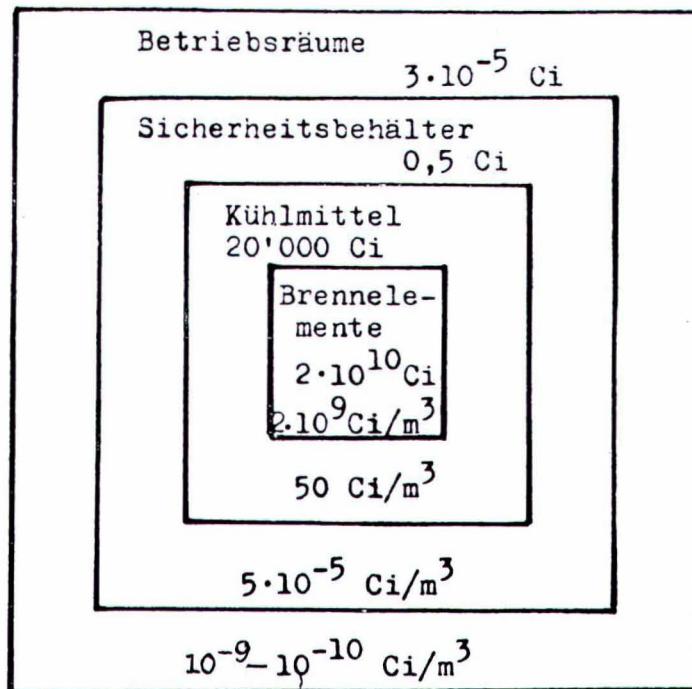
**6.6.2.7 Die Betriebsräume und Laboratorien eines Kernkraftwerks sind mit ortsfesten Überwachungs- und Warngeräten (Monitoren) ausgerüstet.** Sobald der aktuelle Strahlungspegel oder die Luftaktivität den eingestellten Grenzwert überschreitet, wird akustisch Alarm ausgelöst. Die **Nachweisgrenze** dieser Geräte liegt so tief, daß die Alarmgrenzen auf die für Dauerexposition festgesetzten höchstzulässigen Dosisraten bzw. Aktivitätskonzentrationen eingestellt werden können.

### **6.6.3 Messung und Beseitigung der Radioaktivität im Kernkraftwerk**

**6.6.3.1 In einem Kernkraftwerk sind die Träger der Radioaktivität die durch Spaltung der Uran- und Plutoniumkerne erzeugten Spaltprodukte und die durch Neutroneneinfang aktivierten Kerne im Brennstoff (Transurane), im Strukturmaterial (z. B. Kobalt- und Eisenisotope) und im Kühlmittel (z. B. Stickstoff-16).** Im weiteren ist das Ausgangsmaterial, das Uran, selbst radioaktiv, allerdings wegen seiner großen Halbwertszeit und der dadurch bedingten geringen spezifischen Aktivität relativ harmlos.

**6.6.3.2 Die Radioaktivität wird zwar durch die verschiedenen Barrieren wirksam zurückbehalten, kleine Mengen flüchtiger Nuklide (besonders Tritium, Krypton, Xenon und Jod) gelangen jedoch durch Diffusion und wegen kleiner Leckagen aus den Hüllrohren in den Kühlkreislauf, von dort in den Sicherheitsbehälter und schließlich in die Betriebsräume.** Abbildung 6.8 zeigt als Beispiel die **Absolutaktivitäten** und die **Aktivitätskonzentrationen**, wie sie im 1300-MW<sub>e</sub>-Druckwasserreaktor Biblis B gemessen wurden [45]. Durch jede Barriere wird die Aktivitätskonzentration auf ungefähr ein Millionstel des Werts im umschlossenen Behälter reduziert, so daß in den Betriebsräumen die Luftaktivität bedeutend unterhalb der höchstzulässigen Grenze zu liegen kommt.

**6.6.3.3 Weit über 99% der Radioaktivität**, die in den Brennelementen anfällt, wird durch das Material der Uranoxidtabletten selbst und durch die Hüllrohre zurückbehalten, weshalb der weitaus größte Teil der radioaktiven Spaltprodukte während der jahrelangen Lagerung der Brennelemente im Hüllrohr zerfällt oder nach dieser Abklingzeit beim Wiederaufarbeiten des Brennstoffs erst in der zentralen,

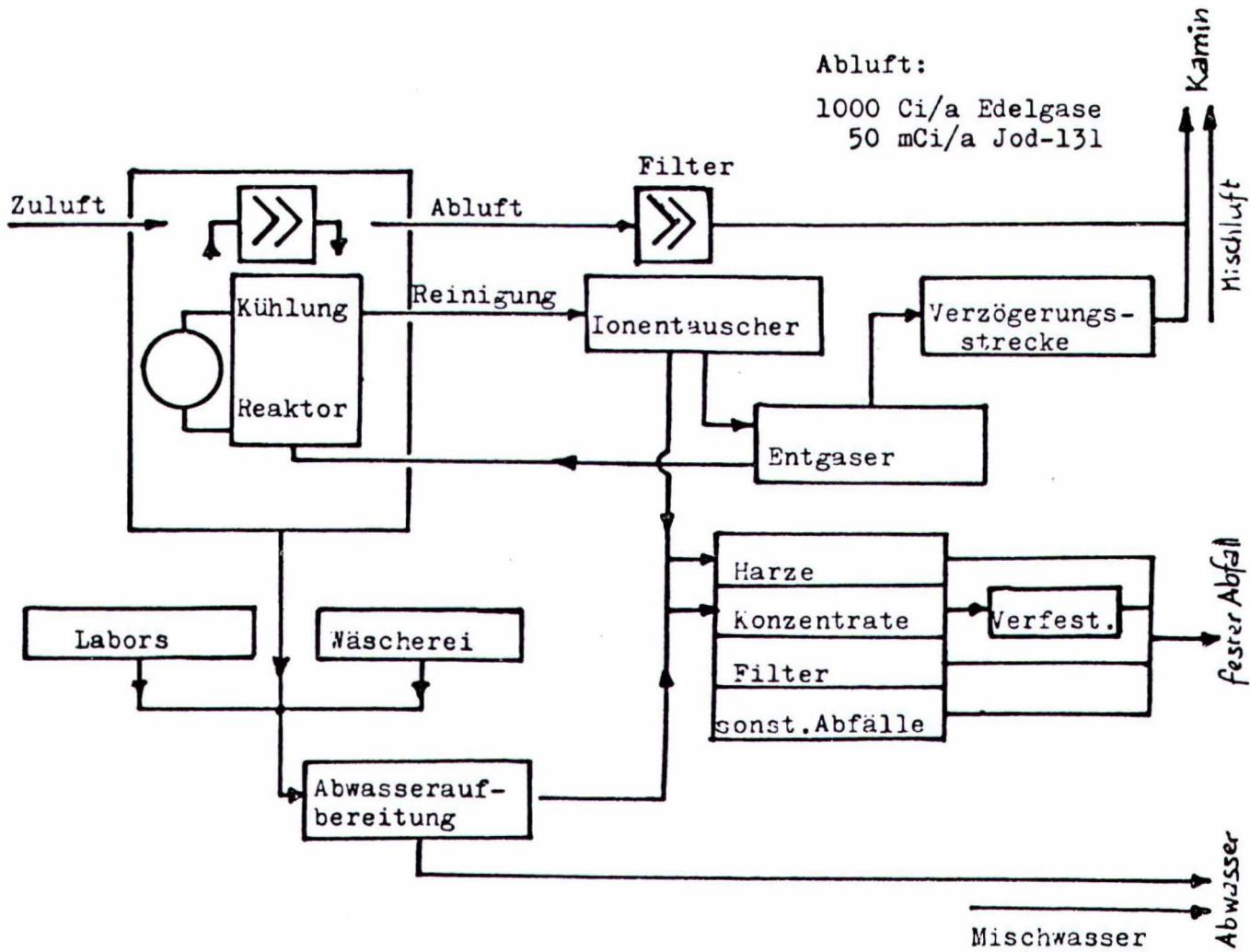
**Abbildung 6.8****Aktivitätszonen in einem 1300-MW<sub>e</sub>-Reaktor [45]**

dazu eingerichteten Anlage aufgefangen, nochmals gelagert, eingeschlossen und in Sicherheit gebracht werden muß.

Im Kernkraftwerk selbst muß nur die aus den Brennstäben austretende und die im Strukturmaterial und Kühlmittel entstehende Radioaktivität behandelt werden. Außerdem sind die Brennelemente zwischen der **Entnahme** aus dem Reaktor und dem **Abtransport** in die zentrale Aufarbeitungsanlage, d. h. während mindestens etlicher Monate, möglicherweise aber während Jahren, zu kühlen und zu bewachen. Diese Maßnahme stellt keine schwierige technische Aufgabe dar und bringt den Vorteil mit sich, daß die Radioaktivität während dieser Abklingzeit auf etwa 1% des Anfangswertes abnimmt, womit sich der Transport beträchtlich vereinfacht.

**6.6.3.4** Um die radioaktive Belastung des Kühlkreislaufs unter Kontrolle zu halten, wird die Aktivitätskonzentration des Wassers nicht nur laufend gemessen und registriert; es werden pro Stunde etwa **10% des Kühlwassers** über einen Nebenkreislauf einer **kontinuierlichen Reinigung** zugeführt (vgl. Abb. 6.9). Dort werden die kolloidal verteilten und die chemisch gelösten Verunreinigungen durch ein Filter und ein Mischbett aus Ionenauscherharz zurückbehalten. Außerdem saugt man in einem **Entgaser** die flüchtigen Bestandteile des Kühlmittels ab.

Im Gegensatz zum Druckwasserreaktor mit getrenntem Zweikreis-Kühlsystem sind beim Siedewasserreaktor das Reaktordruckgefäß und die Turbine über die Rohrleitungen unmittelbar miteinander verbunden, weshalb bei Reparaturen an der Turbine eines Siedewasserreaktors längere Wartezeiten für das Abklingen der Radioaktivität und einschneidendere Strahlenschutzmaßnahmen als bei Druckwasserreaktoren nötig sind.

**Abbildung 6.9****Vereinfachte Darstellung der Abfallbeseitigung [45]**

6.6.3.5 Analog zur Kühlwasserreinigung wird, um einer **Akkumulation langlebiger radioaktiver Gase** entgegenzuwirken, die Luft im Sicherheitsbehälter und in den anliegenden Betriebsräumen fortwährend dekontaminiert, indem sie teils gefiltert und teils durch Frischluft ersetzt wird. Die Aktivitätskonzentrationen im Kühlkreislauf und in der Luft der verschiedenen Zonen ergeben sich aus der Erzeugungs- und Freisetzungsraten, der Zerfallsrate und der Reinigungsrate für die einzelnen Nuklide des Aktivitätsgemisches. Dabei ist die Reinigungsrate der einzige Parameter, der innerhalb weiter Grenzen willentlich variiert werden kann. Damit die Aktivität nicht über die Zugänge und die Belüftung verschleppt werden kann, sind Zonen mit relativ hoher Aktivitätskonzentration nur durch **Schleusen** zugänglich und mit einer separaten **Filter- und Lüftungsanlage** versehen.

6.6.3.6 Die Messung und Beseitigung **fester radioaktiver Abfälle** ist sehr vielschichtig und soll an dieser Stelle nicht im einzelnen behandelt werden. Die verschiedenen Beseitigungsverfahren verfolgen zum Schutz der Um- und Nachwelt unter anderem nachstehende Grundsätze:

- Die Aktivitätsabgabe an Gewässer und Atmosphäre ist minimal zu halten.
- Durch Herauslösen und Konzentrierung ist das Volumen des radioaktiven Abfalls möglichst klein zu halten.
- Der Abfall soll womöglich verfestigt werden.
- Schwach und stark radioaktiver Abfall ist getrennt zu behandeln und zu lagern.

Mit diesen Prinzipien läßt sich die beim Betrieb eines Kernkraftwerkes über Abluft und Kühlwasser entstehende Gesamtmenge verfestigten radioaktiven Abfalls von 100—200 Ci pro Jahr in einem Volumen von rund 10—20 m<sup>3</sup> unterbringen.

#### 6.6.4 Überwachung der Aktivitätsemissionen

6.6.4.1 Die **radioaktiven Abgase** fallen vorwiegend beim Entgasen des Kühlwassers und beim Bespülen des Sicherheitsbehälters an (Abb. 6.9). Dank des **Ionen-austauschers im Abwasserreinigungskreis** und des **Filters im Abluftzweig** bleibt für die Abgabe über den Hochkamin nur noch ein Nuklidgemisch, das vorwiegend aus **Krypton-, Xenon- und Jodisotopen** besteht. Die wichtigsten Edelgase im Spaltproduktengemisch sind die Kryptonisotope 85, 87 und 88 sowie die Xenonisotope 133 und 135, unter denen Krypton-85 mit rund 11 Jahren und Xenon-133 mit 5,3 Tagen Halbwertszeit die langlebigsten sind.

6.6.4.2 Um die an die Außenwelt abgegebene Aktivität in möglichst engen Grenzen zu halten, wird zwischen dem Entgaser, wo der Hauptteil der Aktivität anfällt, und dem Abluftkamin eine **Verzögerungsstrecke** eingebaut. Diese besteht aus Abklingbehältern und/oder aus mit Aktivkohle beschickten Absorptionsbetten. Dank dieser Maßnahme zerfällt der überwiegende Teil der flüchtigen Spaltfragmente, so daß an die Atmosphäre nur noch **Krypton-85, wenig Xenon-133 und Jod-131** sowie Spuren anderer Nuklide abgegeben werden. Pro Jahr stößt ein 1000-MW-Reaktor größtenteils **1000 Ci Edelgase** und **50 mCi Jod-131** in die Atmosphäre aus. Dadurch wird die Bevölkerung in der unmittelbaren Nachbarschaft mit etwa 1 mRem/a zusätzlich belastet, wozu Jod-131 über den Weg Weide—Kuh—Milch—Schilddrüse am meisten beiträgt. Die Abklingvorgänge in der Verzögerungsstrecke und die Aktivitätskonzentrationen im Kamin werden durch kontinuierliche Messungen erfaßt und zur Regelung der Emission herangezogen, so daß durch Abschlußventile eine übermäßige Aktivitätsabgabe verhindert werden kann.

6.6.4.3 **Radioaktive Abwässer** aus dem Reaktor, den Laboratorien und der Wäscherei werden durch Fällung und Filterung dekontaminiert, d. h. in einen konzentrierten zu verfestigenden und einen nur noch sehr schwach radioaktiven wässrigen Teil getrennt. Wenn man vom **Tritium** absieht, wird bei diesem Prozeß die Aktivität des Wassers auf den zehn- bis hunderttausendsten Teil reduziert. Das als Oxid im Wasser verbleibende Radionuklid ist Tritium mit einer Gesamtaktivität von ca. **1000 Ci/a** neben dem ganzen **Rest von nur 0,5—5 Ci/a**. Dieses Abwasser wird vor der Entlassung in den Vorfluter so weit verdünnt, daß auch bei dauerndem Gebrauch ausschließlich dieses Wassers zu Trink- und Körperpflegezwecken eine Dosisrate von 30 mRem/a nicht überschritten würde. Die tatsächlich vom Abwasser herrührende Zusatzbelastung der benachbarten Bevölkerung beträgt allerdings nur

## 6.6.5 Überwachung der Umgebungsaktivität

6.6.5.1 Da infolge **biologischer Anreicherungsvorgänge** und physikalisch bedingter **Ansammlungen** unerwartet hohe Strahlenbelastungen denkbar sind, wird nicht nur die Abgabe der Radioaktivität (**Emission**), sondern in der näheren und weiteren Umgebung auch die **Immission**, d. h. die Konzentration der Radionuklide in der Umwelt gemessen. An festen und variablen Meßstellen werden regelmäßig Luft-, Wasser-, Staub- und Bodenproben sowie pflanzliche und tierische Proben erhoben, aufbereitet, ausgezählt und ausgewertet. Außerdem verfolgt man durch Vergleichen entsprechender Meßergebnisse die Pfade bestimmter, biologisch wichtiger Radionuklide (z. B. Strontium-90, Jod-131, Caesium-137) durch die **Nahrungsketten**, wie etwa vom Wasser über das Plankton zum Fisch oder vom Boden über das Gras in die Kuh und die Milch.

Es hat sich bei diesen Untersuchungen gezeigt, daß nach wie vor die Testexplosionen von Kernwaffen in der freien Atmosphäre weltweit und besonders in unseren geographischen Breiten **Hauptursache** der Umweltkontamination mit **Spaltprodukten, Plutonium und Tritium** darstellen. Der größte Anteil an der Gesamtaktivität der Nahrungsmittel geht allerdings im allgemeinen auf **Kalium-40** zurück, ein in relativ großen Mengen vorhandenes natürliches Radionuklid.

6.6.5.2 Dank der ungezählten Messungen am radioaktiven Ausfall von nuklearen **Testexplosionen** sind viele Details über das Verhalten von Spaltfragmenten, Plutonium (Bombenmaterial), Tritium (Wasserstoffbomben) und Kohlenstoff-14\*) (durch [n,p]-Reaktion aus atmosphärischem Stickstoff entstanden) in der Natur bekannt. Weil bei einer Explosion das radioaktive Material viel wirksamer und viel weiter als bei einem Reaktorunfall verteilt wird, lassen sich die Erfahrungen mit Nuklearwaffen nicht ohne weiteres auf einen großen Reaktorunfall übertragen. Die durch die Testexplosionen provozierten Dosisleistungen liegen heute in Mitteleuropa im Bereich von 1—5 mRem/a.

---

\*) Anmerkung durch D. v. Ehrenstein: Es sei auf Anzeichen hingewiesen, daß möglicherweise einige Isotope in ihrer Gefährlichkeit bisher unterschätzt wurden; da dieser Verdacht z. B. beim Tritium vorliegt, sollte dieses Isotop nicht in die Biosphäre entlassen, sondern etwa in der Tiefsee gelagert werden. Ähnliche Anzeichen liegen auch für andere Isotope vor. So ist z. B. auch der Akkumulation des Kohlenstoff-14 im weltweiten Maßstab bisher nicht genügend Aufmerksamkeit gewidmet worden (siehe auch die entsprechenden Ausführungen im Bericht der Diskussionsgruppe 8).

## 6.7 Gefährdung atomtechnischer Anlagen durch menschliches Versagen und durch böswillige menschliche Eingriffe

### 6.7.1 Einleitung

6.7.1.1 Die Entwicklung der Atomtechnologie und der Bau atomarer Anlagen in den heute gängigen Größenordnungen (z. B. Atomkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von rund 1000 MW) haben neuartiges Gefährdungspotential geschaffen, über dessen Brisanz im Wechselspiel mit der Menschheit, die wir bis jetzt kennen, man sich erst jetzt langsam klar wird\*). Besonders bei einer Vermehrung der atomaren Anlagen wird diese Brisanz erheblich zunehmen. Diese sprunghafte Zunahme des allgemeinen Gefährdungspotentials durch eine technische Entwicklung unserer modernen Zivilisation ist einerseits gegeben durch die besonderen neuartigen Gefahren der Radioaktivität an sich, zum anderen spielen die ungeheuren Größen der einzelnen Anlagen bei dieser Argumentation eine gewichtige Rolle. Zur Veranschaulichung sei hier noch einmal daran erinnert, daß ein einzelnes Atomkraftwerk der heute gängigen Größe nach einiger Betriebsdauer ein hochradioaktives Inventar enthält, das in seiner Größenordnung den (längerlebigen) radioaktiven Abfallstoffen entspricht, die bei der Explosion von 1000 Hiroshimabomben entstehen. Ein Atomkraftwerk der heute gängigen Bauart kann allerdings nicht wie eine Atombombe in einer atomaren Explosion detonieren. Es herrscht Übereinstimmung bei den Befürwortern und Gegnern der Atomenergie, daß auch kein kleinerer Bruchteil dieser hochradioaktiven Stoffe durch irgendeinen Unfall in die Umgebung freigesetzt werden darf. Die in den anderen Beiträgen dargestellten umfangreichen technischen und sonstigen Sicherheitsmaßnahmen finden ihre Begründung in der allgemeinen Erkenntnis, daß die Freisetzung auch nur eines Bruchteiles dieser Radioaktivität wirksam und zuverlässig zu unterbinden ist.

6.7.1.2 Natürlich sind Gefährdungen durch moderne technische Großanlagen (etwa in der chemischen Industrie oder Staudämme) auch in vielen anderen Bereichen gegeben. Dennoch übersteigt die zivile Atomtechnologie die vorher gegebenen Gefährdungspotentiale, sowohl durch die erwähnte Größe der Einzelanlagen, als auch durch den großen Umsatz an spaltbarem Material, das in der entsprechenden

---

\*) Anmerkung durch Jaschek, Karwat, Pucker, Striebel, Weinmann: Dieses Potential liegt aber fast vollständig in den Kernwaffen (über diesen Punkt herrschte Übereinstimmung unter allen Diskussionsteilnehmern). Soweit es auch die friedliche Nutzung der Kerntechnik betrifft, muß betont werden, daß sich die Fachleute „der Brisanz des Gefährdungspotentials im Wechselspiel mit der Menschheit“ von allem Anfang an bewußt waren und sich dementsprechend intensiv um die Sicherheitsfragen gekümmert haben. Die strenge der Sicherheitsvorschriften auf dem Gebiet der Kerntechnik läßt sich ebensowenig mit anderen Vorkehrungen vergleichen wie das Gefährdungspotential der Kerntechnologie mit demjenigen einer anderen Technik.

**Form\*)** zur Herstellung von atomaren Sprengkörpern (Atomwaffen) mißbraucht werden kann. Diese historische Dimension wird z. B. in einer vielbeachteten US-amerikanischen Studie im folgenden Zitat ausgedrückt: „Die Besitzerergreifung von Spaltmaterial durch eine Terroristengruppe würde ihr eine Macht zur Erpressung auf der ganzen Erde geben ... ohne Vorbild in der Geschichte“ [32] (man siehe aber auch [48, 49]).

In Erkenntnis dieser Gefahren wächst weltweit die Beunruhigung in der Bevölkerung vor möglichen Bedrohungen durch die Atomtechnologie. Selbst wenn man überzeugt wäre, daß diese Bedrohungen durch geeignete Maßnahmen völlig gegenstandslos gemacht werden könnten, so muß man doch den demoralisierenden terroristischen Erpressereffekt durch die besonderen, historisch bedingten, psychologischen Gegebenheiten der Atomenergie als hochgradig gefährlich einstufen. Dieser Erpressereffekt wird verstärkt durch raffiniertes Heraussuchen eines besonders empfindlichen Ziels, etwa Bedrohung eines großen Bevölkerungszentrums; er kann während politischer Krisenzeiten zusätzlich verstärkend wirken. Diese Überlegungen leiten über zur Betrachtung bürgerkriegähnlicher Zustände und — in Weiterführung dieser zunehmenden Gefährdungssituation — zur zusätzlichen Bedrohung durch atomtechnische Anlagen bei Krieg.

6.7.1.3 Die Aufgabe dieses vorliegenden Teilberichts ist, nur die **technischen Aspekte** dieser verschiedenen Gefahrenstufen anzusprechen. **Organisatorische und politische Schutzmaßnahmen** gegen menschliches Fehlverhalten sowie gegen Sabotage- und Kriegsgefährdung sollten von einer anderen Arbeitsgruppe behandelt werden (Bericht der Diskussionsgruppe 7).

## 6.7.2 Normalbetrieb

6.7.2.1 Zunächst sei der **Normalbetrieb** angesprochen, bei dem Gefährdungen auftreten können durch:

- unzureichenden Ausbildungsstand,
- Gewöhnung an die Gefahr mit der Folge des Nichtmehr-Ernstnehmens z. B. von Warnungssignalen (vor allem im Verbund mit wiederholten früheren Fehlalarmen),
- Ermüdungseffekte durch langweilige Routine, die die dauernde Aufmerksamkeit nicht genügend fordert,
- Betriebsblindheit (fehlerhafte Verhaltensweisen werden eingeschliffen; möglicherweise Mitursache der Unfälle in Grundremingen und in Browns Ferry),
- Überforderung (umfangreiche, anstrengende Schutzmaßnahmen [Schutzzänge] beim Arbeiten in stark verseuchten Räumen; der Stress, für eine Arbeit nur wenige Minuten aufwenden zu dürfen, da die lokale Strahlenbelastung zu hoch ist; erschwerte Arbeitspositionen, schwer zugängliche Räumlichkeiten).

---

\*) Anmerkung durch den Diskussionsleiter: Zu diesem Punkt gibt es widersprechende Aussagen in der Fachliteratur. Die Aufklärung dieser Diskrepanzen überstieg die Möglichkeiten der Diskussionsgruppe.

**6.7.2.2 Der Ausbildungsstand des gesamten Betriebspersonals** muß dauernd auf dem höchsten internationalen Niveau gehalten werden. Die Anforderungen dürfen nicht festgeschrieben werden, sondern sind durch die sich anhäufenden **nationalen und internationalen technischen Erfahrungen** laufend zu ergänzen. Diese Erfahrungen werden vor allem auch aus Betriebspannen und Unfällen gewonnen. Es ist daher dafür zu sorgen, daß die technischen Einzelheiten der Vorkommnisse und ihre Analyse auch gerade aus dem internationalen Bereich voll zur Verfügung stehen. **Ausbildung** und **Wiederholungsprüfungen**, besonders auch an **Simulatoren** sind durchzuführen.

**6.7.2.3 Wegen der Gefahr der radiologischen Überbelastung des Personals** ist rechtzeitig dafür zu sorgen, daß auch für unplanmäßige Wartungsarbeiten und Ereignisse genügend Beschäftigte mit Spezialausbildung zur Verfügung stehen, die auch mit Einzelheiten der Anlage vertraut sein müssen. Der Normalbetrieb darf die radiologisch zulässige Strahlenbelastung des Gesamtpersonals und des Personals in den einzelnen Spezialisierungsstufen auch nicht annähernd erreichen, damit für unvorhergesehene Pannen und Unfälle eine **ausreichende Ersatzmannschaft** höchstqualifizierten Personals zur Verfügung steht.

**6.7.2.4** Um Strahlenbelastungen des Personals dauerhaft zu registrieren und um Strahlenüberlastungen zu vermeiden, ist jedem Beschäftigten ein **Strahlenpaß** auszuhändigen, der ihn über sein **gesamtes Berufsleben** auch beim Wechsel der Arbeitsstelle zu begleiten hat. In Strahlenschutzverordnungen sind nämlich im allgemeinen vorübergehende kurzzeitige hohe Strahlenbelastungen erlaubt, falls eine längere Zeitperiode danach die Strahlenbelastung niedrig gehalten wird. Die bloße Auskunft an einen Beschäftigten, daß er keiner Strahlenbelastung oberhalb der gesetzlich zulässigen Höchstgrenze ausgesetzt war, muß also durch zusätzliche Auskünfte über die Zeitdauer und Höhe der Belastung ergänzt werden. Besonders bei einem Arbeitsplatzwechsel ist deswegen ein Strahlenpaß erforderlich. Auf die Problematik des Anwerbens von Arbeitslosen, etwa gar aus Obdachlosenasylen, z. B. für Reinigungsarbeiten strahlenverseuchter Anlagen, wie es aus der Bundesrepublik Deutschland berichtet wurde, sei hier nur am Rande verwiesen.

**6.7.2.5 Einzelheiten der augenblicklichen österreichischen Ausbildungs- und Einstellungspraxis** des Personals atomtechnischer Anlagen sind im Anhang gegeben [33].

**6.7.2.6 Den Gefahren, die durch Gewöhnung und Personal-Ermüdungseffekte entstehen,** könnte man zwar mit Hilfe von gelegentlichen Störfallsimulationen in der Anlage selbst entgegenwirken. Dies wird jedoch von der Diskussionsgruppe wegen der damit verbundenen Risikoerhöhung einhellig abgelehnt. Dagegen wird empfohlen, ein regelmäßiges Training am Simulator zur Erhaltung und Verbesserung des Ausbildungsstandes, eine regelmäßige Durchsprache von möglichen Störfällen und geeignete Gegenmaßnahmen sowie eine laufende Überarbeitung und Verbesserung des Störfallhandbuches entsprechend neuerer Erkenntnisse durchzuführen. Ähnliche Überlegungen empfehlen sich auch bei den zugeordneten atomtechnischen Anlagen einschließlich Zwischen- undendlagerung und für den Transport von nuklearem Material.

Nicht nur bei Reaktoren sind solche Übungs-Störfälle anzusetzen, auch bei den **zugeordneten atomtechnischen Anlagen und Operationen** sind Ausbildungs-

stand und Reaktionen des Bedienungspersonals durch Konzeption geeigneter Testfälle angemessen zu kontrollieren und zu verbessern. Z. B. ergibt sich für **Transporte** und **Zwischen- bzw.endlager** abgebrannter Brennstäbe die Forderung, das Personal stets auf dem höchstmöglichen technischen Ausbildungsstand zu halten.

### 6.7.3 Technische Unfälle

6.7.3.1 Das Verhalten der Bedienungsmannschaft atomarer Anlagen bei **technischen Pannen** und **Unfällen** hängt weitgehend vom Ausbildungsstand einer ausreichenden Anzahl von aufeinander eingespielten Personen vor Ort ab. Technische Einzelheiten wurden schon in dem vorangehenden Unterabschnitt „Normalbetrieb“ besprochen. Auch auf die Notwendigkeit einer zahlenmäßig ausreichenden, schnell verfügbaren **Ersatzmannschaft** mit gleichhohem Ausbildungsstand zum Eingreifen bei Unfällen wurde dort hingewiesen. Von den Reaktorerbauern wird immer wieder betont, daß die automatischen Sicherungen so angelegt seien, daß das Bedienungspersonal durch **zufällige Fehler** und **Irrtümer** natürlich Betriebsstörungen, aber keine Unfälle bei einem Reaktor auslösen könnte. Dieser Anspruch muß immer wieder überprüft und mit den **Erkenntnissen aus Unfall-Analysen** fortentwickelt werden. Festverdrahtete Schutzschaltungen übernehmen bei einem Unfall (Störfall) automatisch die Kontrolle und machen Eingriffe des Bedienungspersonals für eine geraume Zeit (etwa 30 Minuten) völlig unmöglich. Diese Schutzschaltungen müssen unter allen denkbaren Umständen ein sicheres Abfahren des Reaktors und eine ausreichende Kühlung der Nachwärme des Reaktorkernes garantieren.

6.7.3.2 In Konkurrenz zu diesen automatischen Schutzmaßnahmen müssen aber auch die Unfälle (Störfälle) betrachtet werden, bei denen durch **bewußten Eingriff** des Bedienungspersonals und **Außenkraftsetzen** von automatischen Steuerungsmechanismen auf unplanmäßige Weise ein größerer Schaden verhindert werden konnte. Dies geschah beispielhaft bei dem bekannten „Kerzenunfall“ des Kernkraftwerkes Browns Ferry im US-Bundesstaat Alabama am 22. 3. 1975. Bei diesem Unfall war es wesentlich, daß durch **menschliche Eingriffe** sinnvollere Maßnahmen ergriffen wurden, als vorher programmiert werden konnten. Diese notwendigen menschlichen Eingriffe, die möglich sein müssen, bringen aber sogleich Fragen nach den **menschlichen Irrtümern** in der **Stress-Situation** eines Unfalls und nach den Möglichkeiten **böswilliger menschlicher Sabotage-Handlungen** (vgl. den nächsten Unterabschnitt).

6.7.3.3 Besondere Aufmerksamkeit verdienen die atomaren Operationen, die sich nicht — oder nur sehr begrenzt — automatisieren lassen, z. B. **Brennelementewechsel, andere Wartungsarbeiten, Transporte usw.** Da bei diesen Arbeiten der menschlichen Initiative viel mehr Platz eingeräumt werden muß, als beim nahezu vollautomatischen Normalbetrieb eines Reaktors, muß hierbei eine besondere Absicherung gegen menschliche Irrtümer und Fehler getroffen werden. Ausgefielte Anweisungen und ein Netz von **Kontrollen und Gegenkontrollen** können sicherlich helfen. Auf die besondere Verwundbarkeit der technischen Systeme bei diesen Operationen sei hier jedoch noch einmal ausdrücklich hingewiesen.

## 6.7.4 Sabotage

6.7.4.1 Bei dieser Erörterung von böswilligen menschlichen **Sabotage-Handlungen** soll wieder der Schwerpunkt auf den technischen Aspekten liegen; dennoch sind Überschneidungen mit der Gruppe „Gesellschaftliche Auswirkungen und Kontrolle“ (Bericht Nr. 7) nicht zu vermeiden.

6.7.4.2 Im vorangehenden Unterabschnitt wurde erwähnt, daß durch Fehler des Betriebspersonals im Normalbetrieb eines Atomkraftwerkes zwar Betriebsstörungen, aber keine Unfälle ausgelöst werden könnten. In diesen Fällen übernehmen festverdrahtete Schutzschaltungen, die den rechnergesteuerten bzw. von Hand bedienten Schaltfunktionen des Reaktorbetriebes übergeordnet sind, die Kontrolle beim Abschalten des Reaktors. Diese Schutzschaltungen sollten möglichst mit verborgenen Stromquellen arbeiten. Zusätzliche Verriegelungen verhindern (böswillige) menschliche Eingriffe. Bereits im vorangehenden Unterabschnitt wurde jedoch darauf hingewiesen, daß bei einigen tatsächlichen Unfällen gerade die — in dem erwähnten Fall glücklich abgelaufenen — menschlichen Eingriffe den Schaden begrenzen konnten. Mögliche Widersprüche, die sich aus diesen **gleichzeitigen Erfordernissen der Möglichkeit und der Unmöglichkeit eines menschlichen Eingriffs** ergeben, müssen an anderer Stelle in Einzelheiten diskutiert werden; dies würde nicht nur den Rahmen dieses Berichtes sprengen, sondern es ist auch nicht angezeigt, in der öffentlichen Diskussion auf Details der Sabotagesicherung einzugehen, da diese Sicherungsmaßnahmen sonst teilweise umgangen werden könnten.

6.7.4.3 Zusammenfassend sei festgestellt, daß — neben anderen Schutzmaßnahmen — auch **weitreichende technische Vorkehrungen** gegen Sabotage erforderlich sind. Immerhin müssen diese Maßnahmen gegen technisch höchstausgebildete größere Terroristengruppen ausreichend sein, die sich von langer Hand (auch bei Wartungsmaßnahmen) vorbereiten könnten und vielleicht auch auf Hilfe von **eingeschleustem Personal** im Inneren der Anlage zählen können; diese Gruppen werden gleichzeitige Ausfälle wichtiger Schutzmaßnahmen („Commonmode-failures“) bewußt herbeiführen mit dem Ziel der Maximierung des Schadens für die Umwelt. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Vorkehrungen nicht auf einem veralteten Stand der Technik festgeschrieben werden dürfen. Eine in angemessenen Intervallen vorzunehmende **Erfüchtigung und technische Nachrüstung** muß den kaum vorhersehbaren politisch-sozialen Entwicklungen über die Lebensdauer atomarer Anlagen von mehreren Jahrzehnten durch technische Maßnahmen entgegenzuwirken versuchen. „Die Phantasie des Angreifers steht gegen die Phantasie der Erbauer und der Betreiber des Reaktors“ — dieser Satz von Prof. Striebel aus seinem Einleitungsreferat bei der Diskussion in Graz im Januar 1977 [34] verdeutlicht die Dauerhaftigkeit der fraglichen Problematik. Die Handhabe, die erpresserischen Terroristen zugänglich werden könnte, dürfte besonders in politischen Krisensituationen eine Bedrohung ohne Vergleich in anderen Bereichen der Technik und der Zivilisation darstellen.

6.7.4.4 Als „Redundanz“-Maßnahme neben einer ausgefeilten technischen Sicherung atomarer Anlagen gegen Sabotage bieten sich eine Anzahl von Schritten auf dem **Personalsektor** an. Dazu gehören vor allem eine **umfassende, dauernde Kontrolle** aller Beschäftigten dieser Anlagen. Die körperliche und vor allem die geistige Gesundheit aller Beschäftigten muß eingehend untersucht und überwacht werden;

darüberhinaus ist auch eine umfassende Kontrolle der Lebensgewohnheiten und der persönlichen Kontakte notwendig. „Geschulte Terroristen könnten sich mit der Absicht zu erpressen oder zu zerstören als Betriebspersonal anstellen lassen und nach sorgfältiger Planung und technischer Vorbereitung des Anschlags zur Tat schreiten. Nur eine an Bespitzelung grenzende Durchleuchtung und Überwachung des Personals könnte eine derartige Unterwanderung verhindern.“ (Striebel, Januar 1977, [34]). Die Ereignisse und die Fehleinschätzungen im Zusammenhang mit dem „Fall Dr. Traube“, der kürzlich (Februar 1977) in der Bundesrepublik Deutschland bekannt wurde, sind hierbei einer ausführlichen, kritischen Analyse zu unterziehen. Es muß betont werden, daß neben der Einbeziehung geheimdienstlicher und kriminalistischer Methoden auch eine höchst fachkundige dauernde **Beratung durch Atomtechnik-Experten** für die angemessene Behandlung der technischen Fachfragen zu erfolgen hat. Hier sei erwähnt, daß über technische Details des jeweiligen Betriebszustandes atomarer Anlagen eine möglichst **umfassende Dokumentation außerhalb der Anlagen** existieren sollte, denn bei einer Besitzergreifung einer Anlage durch Terroristen ist davon auszugehen, daß Schlüsselpersonen für den Betrieb der Anlage entweder in der Anlage anwesend waren und festgehalten werden, oder daß sie gleichzeitig entführt oder auf andere Art ausgeschaltet werden können, so daß eine Kontaktaufnahme mit ihnen unmöglich gemacht wird.

**6.7.4.5** Bei einer kurzen Diskussion über die Problematik der Personalüberwachung zeigten sich in der Arbeitsgruppe verschiedene Meinungen: Das Meinungsspektrum umfaßt sowohl die Ansicht, daß das Personal derartige Kontrollmaßnahmen freiwillig ohne weiteres auf sich nehmen würde, bis zu der Ansicht, daß schon allein wegen der mit dieser Überwachung unabdingbar einhergehenden Polizeistaatmaßnahmen auf die Anwendung der Atomenergie völlig verzichtet werden sollte\*).

## 6.7.5 Kriegszustände

In seinen „Zeit“-Aufsätzen vom Sommer 1975 schreibt C. F. von Weizsäcker: „Die . . . Reihenfolge: Normalbetrieb, technische Unfälle, Sabotage, Krieg dürfte eine Folge wachsender Gefährlichkeit auch für die friedliche Nutzung der Kernenergie darstellen“ [35].

**6.7.5.1** In dieser Abhandlung sei wiederum vor allem auf die **technischen Aspekte bei Kriegsbedrohung** hingewiesen [47]. Ohne hier eine genauere Abgrenzung des fließenden Übergangs zwischen Sabotage- und Terroristenanschlägen über bürgerkriegsähnliche Zuspitzungen bis hin zu sich ergänzenden Kriegshandlungen (bzw. Drohung) von außen im Zusammenwirken mit Bürgerkriegsparteien im Innern zu versuchen, muß hier doch festgehalten werden, daß bereits durch konventionelle Waffen — noch nicht einmal der modernsten Bauweise — ein oberirdisches Atomkraftwerk oder Zwischenlager abgebrannter Brennelemente so nachhaltig zerstört werden kann, daß eine radioaktive Verseuchung großen Ausmaßes nicht ausgeschlos-

---

\*) Anmerkung durch D. v. Ehrenstein: Diese letztgenannte Ansicht vertritt der Verfasser dieses Kapitels. Dies ist in mehreren anderen Veröffentlichungen ausdrücklich festgestellt worden [50]; man sehe auch [51, 52, 53].

sen werden kann\*). Auch beim Einsatz von (relativ wenigen) Atomwaffen kann die radioaktive Verseuchung verhundert- oder vertausendfacht werden.

**6.7.5.2** Für den Fall von politischen Spannungen und Krisen, die den **Ausbruch von Kriegshandlungen** befürchten lassen, ist vorgeschlagen worden, die Atomreaktoren abzuschalten. Es soll hier nicht untersucht werden, wie weit eine derartige Maßnahme die wirtschaftliche und die politische Krisenstimmung noch verstärkt. Rein technisch gesehen wird der Reaktor jedoch auf diese Weise weniger verwundbar, besonders, wenn etwas mehr Zeit (einige Wochen) zur Verfügung stehen, um die Nachzerfallswärme bei gesicherter Kühlung ausreichend abklingen zu lassen, so daß mit relativ anspruchslosen Notsystemen eine unmittelbare Gefährdung auszuschließen ist. Immerhin sind aber auch in diesem Zustand die hochradioaktiven Abfallstoffe und die Transurane (einschließlich des Plutoniums) noch im Reaktor anwesend und können durch eine größere Zerstörung des Reaktors freigesetzt werden. Um diese Gefahr zu beseitigen, müßten alle Brennelemente des Reaktors entladen und mit unverwundbarer Kühlung unterirdisch untergebracht werden. Für diese Operation benötigt man beim Vorhandensein eines von langer Hand vorbereiteten unterirdischen Lagers einen Zeitraum von Wochen. Nach dem eben gesagten müssen natürlich alle Zwischenlager, Wiederaufarbeitungsanlagen oder gar Endlager für abgebrannte Brennelemente, (hochradioaktive) Abfälle, Plutonium usw. unterirdisch gebaut werden. Auch der unterirdische Bau der Atomkraftwerke selbst wird seit langer Zeit vorgeschlagen und u. a. neuerdings wieder von Präsident Carter gefordert.

## 6.7.6 Schluß

In seinen oben bereits zitierten „Zeit“-Aufsätzen schreibt C. F. von Weizsäcker: „Aber das Radioaktivitätsproblem der Kernenergie wäre vermutlich zu meistern, wenn politisch-gesellschaftlich andere Zustände beständen als in der Menschheit, die wir bisher kennen. Dies ist ein Beispiel für die These, daß technischer Fortschritt politisch-soziale Veränderungen nicht nur ermöglicht, sondern, bei Strafe von Katastrophen, erzwingt. Für die Frage der Gesetze des Wachstums des Energiekonsums trägt diese Überlegung aber nur den Gesichtspunkt bei, daß andere noch radikalere Brüche mit unserer politisch-wirtschaftlichen Geschichte notwendig sein werden. Dieser Gesichtspunkt hat wenig Aussicht, die augenblicklichen Entscheidungen der Energiepolitik zu beeinflussen.“

---

\*) Anmerkung durch D. v. Ehrenstein: Der Bericht der Diskussionsgruppe 7 enthält in Kapitel 7.3, 2. Absatz (vorläufiger Bericht, April 1977; S. 19, 3. Z. v. u. bis S. 20, 9. Z. v. o.) die Aussage, daß das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld gegen Flugzeugabsturz und Kriegswaffen gesichert sei. Diese Aussage des Berichtes der Diskussionsgruppe 7 ist unrichtig. Man siehe dazu Kapitel 6.5.2.9 des vorliegenden Berichtes und den Bericht der Diskussionsgruppe 5, Kapitel 5.6 (vorläufiger Bericht, April 1977, S. 56 unten).

## 6.8 Literatur

- [1] Kernenergie — ein Problem unserer Zeit; Österreich Dokumentation; Bundespressedienst, Wien 1976.
- [2] Bundesgesetz vom 11. Juni 1969 über Maßnahmen zum Schutz des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzgesetz); BGBl. Nr. 227/1969. Verordnung des Bundesministers für Soziale Verwaltung, . . . vom 12. Jänner 1972 über Maßnahmen zum Schutz des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung); BGBl. Nr. 47/1972.
- [3] E. SEIDL: Strahlungseinflüsse und Korrosionsprobleme bei Reaktorwerkstoffen, Seminar über Reaktorsicherheit, Atominstutitut Wien (1973), S. 254—273.
- [4] K. WELLINGER et al.: Die Bruchgefahr bei Reaktordruckbehältern und Rohrleitungen, Nuclear Engineering and Design 20 (1972), S. 215—235.
- [5] K. KUSSMAUL et al.: Assessment of toughness and cracking in the heat-affected zone of light water reactor components, 3rd Internat. Conf. on Pressure Vessel Technology, Tokyo 1977.
- [6] G. HEHN et al.: Bedeutung des  $n$ -Spektrums bei der Bestimmung des Strahlenschadens, Fachtagung „Strahlenbelastung und -schädigung von Reaktorkomponenten außerhalb der Spaltzone“, Stuttgart, Sept. 1976.
- [7] G. HEHN et al.: Prediction of radiation damage in structural materials outside the reactor core, 1st ASTM-Euratom Symposium, Petten 1975.
- [8] G. NAGEL: Einflußgrößen bei der Bestrahlung von Reaktordruckbehälterstählen, Fachtagung, siehe [6].
- [9] Dr. GEISS: Zur Sprödbruchsicherheit von Werkstoffen für Reaktordruckbehälter, Fachtagung, siehe [6].
- [10] C. LEITZ: Berücksichtigung der Strahlenversprödung bei der Auslegung und Betriebsüberwachung der Druckbehälter, Fachtagung, siehe [6].
- [11] P. JAX: Schallemissionsmessungen bei der Druckprobe eines Kernreaktordruckbehälters . . ., Bericht Battelle-Institut, Frankfurt, April 1975.  
L. L. PARRY: Non-destructive examination using NDT-Acoustics, Exxon Nuclear Co., Inc. Bericht XN-201 (1974).
- [12] R. GOPAL et al.: Experience in acoustic monitoring of pressurized water reactors, 3rd Conf. on Periodic Inspection of Pressurized Components, London, Sept. 1976, S. 1—12.
- [13] A. C. E. SINCLAIR et al.: Acoustic emission analysis for the surveillance of pressurized components, siehe [10], S. 147—156.
- [14] American Physical Society: Nuclear Reactor Safety, Reviews of Modern Physics, Supplement No. 1, 47 (1975); Kurzfassung in Physics Today (July 1975), S. 38—43.
- [15] W. MARSHALL: An Assessment of the Integrity of PWR pressure vessels, UKAEA, 1. Oct. 1976.
- [16] H. SEIPEL, D. LUMMERZHEIM, H. SAMEITH: Ergebnisse der deutschen Reaktorsicherheitsforschung, Atomwirtschaft 21/6 (1976), S. 302.
- [17] Persönliche Mitteilung.
- [18] R. L. SCOTT et al.: Safety-related occurrences in nuclear facilities, ORNL-NSIC-69 (1967/68), 87 (1969), 91 (1970), 106 (1971), 109 (1972), 114 (1973) usw.

- [19] H. BÖCK: Sicherheitsbezogene Störfälle in amerikanischen Leichtwasserreaktoren im Zeitraum von 1967 bis 1974, Atomkernenergie 26 (1975), S. 242—248.
- [20] H. BÖCK: Schäden im fossilen und nuklearen Kraftwerk, Elektrotechnik und Maschinenbau 93 (1976), S. 342—345.
- [21] H. BÖCK: WASH-1400, eine Sicherheitsanalyse über kommerzielle Leichtwasserreaktoren in den USA, Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft 28 (1975), S. 1—14.
- [22] RSK (Reaktor-Sicherheitskommission)-Leitlinien für Druckwasserreaktoren, 1. Ausgabe, April 1974.
- [23] RSK-Leitlinien für Siedewasserreaktoren, März 1975, Entwurf.
- [24] KTA (Kerntechnischer Ausschuß)-Regel 3501: Reaktorschutzsystem und Überwachung von Sicherheitseinrichtungen, März 1977.
- [25] O. VOIGT, E. KOCH: Störfallursachen und Problemlösungen, Atomwirtschaft, Dezember 1973, S. 584—587.
- [26] H. RICHTER, O. SCHAD, H. WEISSHÄUPL: Optimierung des Öffnungsverhaltens der Entlastungs- und Sicherheitsventile, Atomwirtschaft, Dezember 1973, S. 587—590.
- [27] E. KOCH, H. SOBOTTKA, H. WEISSHÄUPL, G. WINDEL: Dynamische Belastungen des KWU-Druckabbausystems unter Berücksichtigung des Behälterverhaltens, Reaktortagung 1976, Düsseldorf, S. 155—158 und  
H. R. HUPE, K. D. WERNER: Kondensationsversuche im GKM zur Bestätigung der Lastannahme für die KWU-Druckabbausysteme der Baulinie 69, Reaktortagung 1977, Mannheim, S. 241—244.
- [28] E. F. HICKEN et al., M. MÜLLER, R. ULLRICH, K. J. LIESCH et al.: Beiträge über das LOFT-Versuchsvorhaben auf der Reaktortagung 1977, Mannheim, S. 269—285.
- [29] Projekt nukleare Sicherheit, PNS-Arbeitsbericht 47/75, HDR-Sicherheitsprogramm — EV 3000 Blowdown Untersuchungen.
- [30] Notkühlung in Kernkraftwerken, IRS Fachgespräch 1973. Siehe auch Proceedings of the CREST Specialist Meeting on Emergency Core Cooling for LWR, MRR 115, Vol. 1+2, December 1972.
- [31] S. NAZARE, H. SCHNEIDER, B. SCHULZ: Technologie und Eigenschaften von Corium, Reaktortagung 1976, Düsseldorf, S. 260—264.
- [32] MITRE Technical Report, MTR-7022, S. 94.
- [33] In Österreich hat die Ausbildung des Personals nach den Richtlinien der Dampfkesselverordnung zu erfolgen: „383. Verordnung des Bundesministers für Bauten und Technik und des Bundesministers für Finanzen vom 7. Mai 1974, mit der die Dampfkesselverordnung abgeändert wird“, BGBI. Nr. 383/1974 (siehe auch Anhang 6.A.2). Zusätzliche Angaben enthält der Erlaß Nr. 104/1975 des Bundesministeriums für Bauten und Technik, Wien, Zl. 43026/3/IV/3/1975 vom 6. Mai 1975 an die Landeshauptleute, betr.: Betriebswärter für Dampfkessel; Richtlinien für die Spezialausbildung von Dampfkesselwärtern der Stufen 2 und 3.
- [34] H. R. STRIEBEL: Über die Sicherheit des Betriebes von Kernkraftwerken; Unsere Umwelt 4/1 (1977), S. 10.
- [35] C. F. von WEIZSÄCKER: Wege in der Gefahr; Carl Hanser-Verlag, 1976.
- [36] Health Physics 29 (1975), Heft Nr. 4 ist vollumfänglich dem Problem Plutonium gewidmet.
- [37] Z. B. J. T. EDSALL: Toxicity of plutonium and some other actinides, Bulletin of the Atomic Scientists, Sept. 1976, S. 27.
- [38] E. RAMOS: Palomares two years after und J. KOCH: A preliminary report on the B-52 accident in Greenland on January 21, 1968, in Strahlenschutz der Bevölkerung bei einer Nuklearkatastrophe, Symposium Interlaken 1968.
- [39] W. H. LANGHAM: Health Physics 22, 943 (1972).
- [40] W. JACOBI: Strahlenschutzpraxis, Teil I, Thieme, München 1962 und  
R. GLOCKER & E. MACHERAUCH, Röntgen- und Kernphysik, Studienausgabe 1971, Thieme, München.
- [41] Appell der Subkommission für medizinische Fragen der eidgnössischen Kommission für Strahlenschutz, Schweiz. Ärztezeitung, No. 19—21 (1975).

- [42] Strahlenschutz und Umweltschutz, Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Helgoland 1974 (2 Bände).
- [43] Report No. WASH-1400, Reactor Safety Study; An Assessment of Accident Risks in U. S. Commercial Nuclear Power Plants, Washington 1975.
- [44] R. A. CONRAD et al.: Medical survey of people of Rongelap and Utirik Island 11 and 12 years after exposure to fallout radiation, Brookhaven National Lab. Report BNL 500, 29 (1967).
- [45] W. OLDEKOP: Einführung in die Kernreaktor- und Kernkraftwerkstechnik, Teil II, S. 165; Thiemic-Taschenbücher, Bd. 54, München 1975.
- [46] R. E. WEBB: The Accidents Hazards of Nuclear Power Plants, The University of Massachusetts Press, Amherst 1976.
- [47] K. GOTTSSTEIN: Das Parlament, 27. Jg., Nr. 16 (1977), S. 8.
- [48] V. GILINSKY: Commissioner, U. S. Nuclear Regulatory Commission, MIT, Nov. 1, 1976; No. S-14-76.
- [49] D. v. EHRENSTEIN: VDI-Nachrichten, Nr. 40, Okt. 1976, S. 28.  
K. SIMHAN, D. v. EHRENSTEIN: Das Parlament, 27. Jg., Nr. 16 (1977), S. 4.
- [50] D. v. EHRENSTEIN, K. SIMHAN, J. WICHERT: Metall, Zeitung der Industriegewerkschaft Metall für die Bundesrepublik Deutschland, Nr. 2 bis 6, Jänner bis März 1977, jeweils S. 14.
- [51] D. v. EHRENSTEIN: Unsere Umwelt 4/1 (1977), S. 17.
- [52] D. v. EHRENSTEIN: Der Bürger im Staat, 26. Jg., Nr. 1, März 1976, S. 34; herausgegeben von der Landeszentrale für politische Bildung, Baden-Württemberg, Stuttgart).
- [53] D. v. EHRENSTEIN: präsent, Österreichische Wochenzeitung, Nr. 2, 13. Jänner 1977.

## 6.A Anhang

### 6.A.1 Bemerkungen zur Reaktorsicherheit (unter dem Aspekt der Konsequenzen für den Strahlenschutz)

#### 6.A.1.1 Dimension des Problems

Wenn in der Reaktortechnik die Werkstoffqualität, die Steuerung und Regelung sowie die menschliche Zuverlässigkeit an sich schon schwierige Probleme aufwerfen, so wird die Frage des **Strahlenschutzes** zur eigentlichen Herausforderung, welche alle anderen Probleme des Baues und Betriebes von Kernreaktoren potenziert. Die gegenüber herkömmlichen Kraftwerken gesteigerte mechanische und thermische Widerstandsfähigkeit aller Bauteile, die mehrfache Redundanz der Steuer- und Regelorgane, die ungewöhnlich sorgfältige Auswahl, Schulung, Prüfung und Überwachung des Betriebspersonals und die einschneidenden Sicherheitsmaßnahmen sind Notwendigkeiten, welche durch die riesigen **Mengen radioaktiven Materials**, die sich in einem Reaktor akkumulieren, diktiert werden.

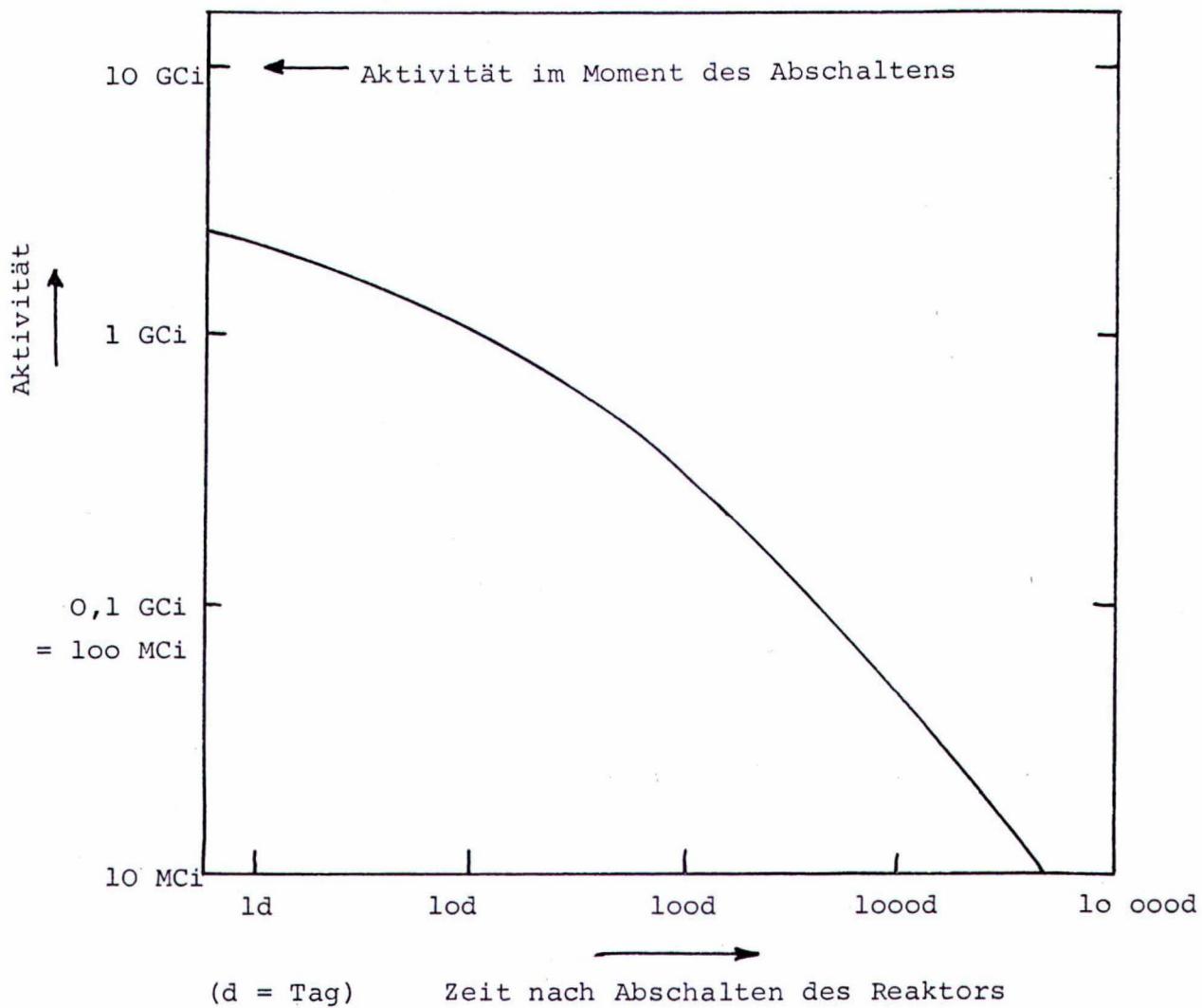
Einige Monate nach Betriebsaufnahme enthält ein Kernreaktor von der Leistung desjenigen in Zwentendorf ( $\approx 2500 \text{ MW}_{\text{th}}$ ) rund **10 GCi\***) **radioaktive Spaltprodukte**, also eine Menge, die momentan etwa gleich viel Strahlung aussendet wie 10.000 Tonnen Radium-226. Im Gegensatz zum Radium, dessen Halbwertszeit etwa 1600 Jahre beträgt, verlieren die Spaltfragmente des Urans allerdings ihre Aktivität sehr rasch (Abbildung 6.10), so daß der Vergleich mit dem Nuklid Radium-226 hinkt. Außer den Spaltfragmenten entstehen in einem Kernreaktor durch Neutroneneinfang **radioaktive Transurane** (Nuklide, die eine höhere Ordnungszahl als Uran besitzen), unter denen **Plutonium-239** das wichtigste ist. Plutonium hat, weil es selbst spaltbar ist und deshalb als Rohstoff für die Energieerzeugung in Reaktoren dient, eine positive Seite; anderseits zeigt es als langlebiges Nuklid (Halbwertszeit  $\approx 24.000$  Jahre) mit **relativ hoher Radio- und Chemotoxizität** eine gefürchtete negative Seite. Nach Ansicht der überwiegenden Mehrheit der Spezialisten [36] wird jedoch in den meisten öffentlichen Diskussionen die Plutoniumgefahr stark überbewertet. Es ist immerhin festzuhalten, daß anläßlich der Flugzeugabstürze bei Palomares (Spanien) und bei Thule (Grönland) viele Kilogramm Plutonium im Gelände zerstreut und ohne Gesundheitsschäden wieder entfernt wurden [38]. Außerdem liegen, durch Testexplosionen von Kernwaffen fein verteilt, etliche Tonnen Plutonium in unseren geographischen Breiten [39], ohne bisher einen nachweisbaren Schaden gestiftet zu haben. Anderseits haben viele Chemiker und Biologen darauf hingewiesen, daß über das Verhalten des Plutoniums in der Umwelt noch sehr wenig bekannt sei [37].

---

\*) 1 Curie = 1 Ci ist die Einheit, mit der die Menge radioaktiven Materials (Quellstärke) gemessen wird. Die Radioaktivität von 1 Ci entspricht der Aktivität von 1 g Radium-226.  $1 \text{ GCi} = 1.000.000.000 \text{ Ci}$ .

**Abbildung 6.10**

**Abklingkurve für die Radioaktivität eines Reaktors,  
der zwei Jahre lang eine Leistung von 2500 MW<sub>th</sub> erbrachte**  
(th ... thermisch)



In Anbetracht des großen radioaktiven Inventars eines Leistungsreaktors und der vergleichsweise fast verschwindenden Werte der Toleranzkonzentrationen für diese Stoffe in unserem Lebensmilieu ist der **möglichst vollständige Einschluß der Spaltfragmente** und der durch Neutronen **aktivierten Stoffe** bei weitem die wichtigste und die schwierigste Aufgabe der Reaktorsicherheit. Dieser Vergleich des radioaktiven Inventars mit den Toleranzwerten mag bei vielen Wissenschaftern, die zwar die Größenordnungen des Gefahrenpotentials abschätzen können, aber die technischen Mittel und Wege zur Beherrschung der Verstrahlungsprobleme nicht überblicken, Ursache sein für die letztlich nur gefühlsmäßige Ablehnung der Kernspaltung im großtechnischen Rahmen.

Als weiterer Schatten liegt auf der friedlichen Nutzung der Kernspaltung der Makel der Kernwaffen, die Hiroshima und Nagasaki zerstört, die wegen der Testexplosionen die Biosphäre zwar schwach, aber weltweit verstrahlt haben und die heute eine tödliche Bedrohung der ganzen Menschheit darstellen. Die gedankliche oder gefühlsmäßige **Verknüpfung von Kernwaffen und Kernreaktoren** liegt nahe, insofern beide Techniken den Energieumsatz bei der Spaltung schwerer Kerne heranziehen und zu großen Mengen radioaktiven Materials führen; in bezug auf die **Freisetzung**

**von Energie und Radioaktivität in die Umwelt** stehen sich aber Waffen und Reaktoren diametral gegenüber: Bei der Explosion einer Spaltbombe vom Hiroshima-Typ wird in einer Millionstel Sekunde etwa 1 kg Uran-235 gespalten, die Energie explosionsartig innerhalb von Sekunden durch eine Druckwelle sowie Wärme- und Kernstrahlung abgeführt und das Gemisch der Spaltprodukte beinahe vollständig — je nach Sprenghöhe nur lokal oder weltweit — verteilt. In einem Reaktor vom Zwentendorf-Typ dagegen dauert der Spaltprozeß für je 1 kg Uran-235 rund zwölf Stunden und vollzieht sich unter kontrollierter Nutzung der Energie und beinahe idealem Einschluß der Spaltfragmente.

Für den Laien erhält die Strahlengefährdung den Anschein des Unheimlichen, ja des Diabolischen, durch folgende Besonderheiten der Radioaktivität und ihrer **Wirkungen auf lebende Organismen**:

- Alle Sinnesorgane sind für ionisierende Strahlung unempfindlich, der Laie kann die Gefahr also nicht erkennen.
- Winzige Substanzmengen können lebensgefährliche Strahlendosen verursachen, d. h. viele radioaktive Stoffe sind im ursprünglichen Sinn des Wortes nicht zu begreifen.
- Der Zeitpunkt der Schadenmanifestation ist gegenüber dem Augenblick der Schädigung um Tage, Monate oder Jahre verzögert, weshalb beim Auftreten des Strahlenschadens alle Schutzmaßnahmen zu spät sind.
- Bei Inkorporation gewisser radioaktiver Stoffe tritt eine konzentrierte Einlagerung in bestimmten Organen und damit eine gezielte Schädigung von lebenswichtigen Teilen unseres Körpers auf.
- Die durch ionisierende Strahlung verursachten Gesundheitsschäden akkumulieren sich mindestens teilweise und äußern sich verstärkt, wenn sie in Kombination mit anderen Verletzungen einhergehen (Kombinationsschäden).
- Die Bestrahlung eines Individuums kann sich über nachfolgend gezeugte Kinder während Generationen schädlich auswirken (genetische Schäden).

Der Umgang mit ionisierender Strahlung ist deshalb zu Recht für Laien verboten und für Fachleute durch **strenge Gesetze und Verordnungen** reglementiert. Leider lässt die Ausbildung im Strahlenschutz für Ärzte, Physiker und verwandte Berufe noch vielerorts zu wünschen übrig.

### 6.A.1.2 Aufgaben des Strahlenschutzes

Unter **Strahlenschutz** wird der Schutz des Menschen und anderer lebender Organismen vor **unbeabsichtigter Einwirkung ionisierender Strahlung** verstanden. Die fachtechnischen Begriffe zu diesem Thema, die physikalischen Grundlagen der Erzeugung und Wechselwirkung ionisierender Strahlung sowie die strahlenbedingten biologischen Effekte sind ausführlich in der Literatur [40] dargestellt. Im nachfolgenden Teil dieses Abschnittes wird vorwiegend tabellarisch der Problemkreis des Strahlenschutzes abgesteckt.

Tabelle 6.6 gibt einen Überblick über die wichtigsten Arten ionisierender Strahlen, deren Ursprung, Wechselwirkung mit Materie und biologische Bedeutung. Den für den Strahlenschutz verantwortlichen Dienstleistungsbetrieben fallen die in Tabelle 6.7 aufgeführten Aufgaben zu. Die Arbeitsnormen und Definitionen des Strah-

	Bezeichnung	Partikel	Ursprung der Strahlung	Wechselwirkung mit Materie	biologische Bedeutung
Kernstrahlung	<u><math>\alpha</math>-Strahlung</u>	Heliumkerne	Zerfall s.schwerer natürlicher & künstlicher Kerne (Uran,Plutonium)	Kurze Reichweite, aber hohe Ionisationsdichte	nur durch interne Bestrahlung nach Aufnahme durch Atmung,Mund od. Wunden wichtig
	<u><math>\beta^-</math>-Strahlung</u>	Elektronen	Zerfall neutronenreicher natürlicher & künstlicher Kerne (Spaltfragmente)	Reichweite in Luft: einige Meter kleine Ionisationsdichte	nur auf der Haut oder nach Aufnahme in den Körper wichtig
	<u><math>\beta^+</math>-Strahlung</u>	Positronen	Zerfall neutronenarmer Kerne	wie $\beta^-$ -Strahlung	für Reaktor bedeutungslos
	<u>Neutronenstrahlung</u>	Neutronen	Emission kurz nach Spaltprozeß durch hochangeregte Kerne oder bei Kernreaktionen (z.B.Fusion)	sehr durchdringendsfähig, erzeugen stark ionisierende Rückstoßkerne,aktivieren Kerne	für Schutz des Betriebspersonals & wegen Aktivierung wichtig (Plutonium)
	<u><math>\gamma</math>-Strahlung</u>	Photonen	Emission durch angeregte Kerne nach Spaltung,radioaktivem Zerfall oder Einfang eines Neutrons	sehr durchdringungsfähig, erzeugen schwach ionisierende Elektronen durch Absorption oder Streuung	für externe Bestrahlung Hauptkomponente,wichtig für Schutz des Betriebspersonals
d. Elektr.-bedingt	<u>Röntgenstrahlung</u>	Photonen	Emission nach Anregung von Atomen und Molekülen oder bei Abbremsung schneller Elektronen (z.B. $\beta$ -Strahlung)	wie $\gamma$ -Strahlung	wie $\gamma$ -Strahlung
	Ultraviolettstrahlung	Photonen		chem.Reaktionen, sehr schwache Ionisation	nur Hautwirkung,Filtrierung leicht möglich
Strahlung and. Kernkraft	kosmische Strahlung	primär: schnelle Kerne; sekundär: Elektronen, Photonen, Myonen	ungeklärt, außerirdisch, Mesonen durch Kernstöße, Mesonenzerfall, Bremsung von Elektronen und Elektr.paarerzeugung	Absorption in äußerster Atmosphäre,Zerfall in mittlerer Atmosphäre dringt bis auf Erdoberfläche vor; kleine Ionisationsdichte	keine keine Teil der natürlichen Strahlenbelastung,bes. in großer Höhe
	mit Beschleunigern erzeugte Strahlung	Mesonen& schwere Elementarteilchen, Ionen	durch Beschleunigung & durch Kernreaktionen erzeugt	mittlere bis starke Ionisation	nur für Experimentatoren bedeutsam

**Tabelle 6.6 Übersicht über die wichtigsten Arten ionisierender Strahlung.**  
**Die für Kernreaktoren bedeutsame Strahlung ist unterstrichen**

**Tabelle 6.7**  
**Aufgaben des Strahlenschutzes**

Arbeitsbereich	Tätigkeit
Erarbeiten von Normen	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Definition von Begriffen und Dosiseinheiten</li> <li>● Festlegen von Toleranzwerten und Maßnahmen</li> <li>● Festlegen von Messvorschriften</li> <li>● Entwickeln von Normen im Umgang mit radioaktivem Material</li> </ul>
Forschung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Studium der Wirkungen ionisierender Strahlung auf lebende und tote Materie</li> </ul>
Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entwickeln messtechnischer Hilfsmittel</li> <li>● Eichung von Instrumenten etc.</li> <li>● Entwickeln von Geräten, Abschirmungen, Behältern etc. für die Handhabung von radioaktivem Material</li> </ul>
Messung und Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dosimetrie und Messung anderer Strahlungsgrößen</li> <li>● Kontaminationskontrolle</li> <li>● Überwachen der Abgabe von radioaktivem Material</li> <li>● Überprüfen von Vorhaben hinsichtlich Strahlenschutz</li> <li>● Berechnen und Überprüfen von Schutzeinrichtungen</li> <li>● Überwachen der Arbeit mit ionisierender Strahlung</li> <li>● Überprüfen und Überwachen von Quellen ionisierender Strahlung</li> </ul>
Umgang mit radioaktivem Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Handhabung, Lagerung, Beseitigung von radioaktivem Material</li> <li>● Dekontamination (Entstrahlung)</li> </ul>
Beratung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mitwirken beim Erarbeiten von Plänen für die Bewältigung von Notsituationen und bei der Durchführung entsprechender Aktionen</li> <li>● Beratung beim Planen von Arbeiten mit ionisierender Strahlung</li> </ul>
Ausbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ausbilden des Strahlenschutzpersonals</li> <li>● Ausbilden des übrigen Betriebspersonals</li> <li>● Aufklären der Bevölkerung</li> </ul>

lenschutzes wurden weitgehend durch **überationale Fachgremien**, wie die ICRP (= International Commission on Radiation Protection) und die IRPA (= International Radiation Protection Association), geschaffen und der Entwicklung der Erkenntnisse und der technischen Möglichkeiten laufend angepaßt.

Als Maß für die Menge, d. h. die **Dosis**, einer ionisierenden Strahlung dient entweder die pro kg Luft erzeugte Menge von Ionen und Elektronen (Ionen- oder Luftdosis, Einheit: **1 Röntgen** = 1 R) oder die pro kg der bestrahlten Materie absorbierte Energie (absorbierte oder Energie-Dosis, Einheiten: **1 Rad** = 1 rd und **1 Gray** = 1 Gy) oder die durch die Bestrahlung erzeugten biologischen Effekte im Vergleich mit den durch Röntgenstrahlen erzeugten Schäden (Äquivalent- oder Rem-Dosis, Rem = Röntgen äquivalent man Einheit: **1 Rem**\*). Für Abschätzungen darf  $1 \text{ rd} = 0,01 \text{ Gy} \approx 1 \text{ R}$  und, soweit es sich um sogenannte **Ganzkörperbestrahlungen** durch Röntgen-,  $\gamma$ - oder  $\beta$ -Strahlung handelt, auch  $1 \text{ Rem} \approx 1 \text{ rd}$  gesetzt werden.

Bei **Teilbestrahlungen** und besonders bei **Inkorporation** von radioaktiven Nukliden sind Umrechnungen von absorbierten auf biologisch wirksame Dosen von der Art des radioaktiven Nuklids, von der chemischen Verbindung, in der es allfällig vorliegt und vom Schadenkriterium abhängig. Großes Gewicht kommt dabei denjenigen Nukliden zu, die zu **physiologisch wichtigen Elementen** gehören oder diesen chemisch nahestehen. So werden Jod-Isotope (Iod-131) zu einem hohen Prozentsatz resorbiert und vorwiegend in der relativ kleinen Schilddrüse (Masse  $\approx 20 \text{ g}$ ) gespeichert, so daß dort auch bei kleinen absoluten Aktivitäten wegen der großen Konzentration hohe Dosen absorbiert werden.

Strontium als Element, das mit Kalzium chemisch nahe verwandt und im Reaktor durch Strontium-89 und Strontium-90 vertreten ist, wird bevorzugt in die Knochen eingebaut, weshalb die Strahlung dieser Nuklide mit relativ hoher absorbierte Dosis auf das **Knochenmark**, d. h. auf das blutbildende Organ einwirkt. Nuklide, die in wasserunlöslicher Form mit der **Atemluft in die Lunge** gelangen, wirken, besonders wenn sie stark ionisierende  $\alpha$ -Teilchen wie etwa Plutonium-239 aussenden, auf die betroffenen Lungenbläschen verheerend. Im Gegensatz dazu belasten wasserlösliche und physiologisch unspezifische radioaktive Nuklide vor allem den **Magen-Darm-Kanal**. Typische Vertreter dieser Nuklidklasse sind die seltenen Erden, deren Anteil am Spaltfragmentengemisch etwa ein Viertel beträgt. Alle diese komplizierten Eigenheiten der verschiedenen Nuklide und des menschlichen Organismus werden bei der Festlegung von Toleranzkonzentrationen berücksichtigt.

Nach **Ganzkörperbestrahlungen** ergeben sich die in Tabelle 6.8 angeführten **Symptome der Strahlenkrankheit**, welche sich aus der in Tabelle 6.9 dargestellten Ursachen-Wirkungs-Kette ergibt.

**Toleranzdosen** (Tabelle 6.10) werden als absolute obere Schranke der zulässigen Belastung durch technische Bestrahlungen betrachtet und deshalb im Einzelfall nur ausnahmsweise, im Durchschnitt aber bei weitem nicht erreicht. Die Richtlinien des Strahlenschutzes basieren nämlich auf der Erkenntnis, daß jede Strahlendosis grundsätzlich schädlich ist, weshalb jede unnötige Bestrahlung unterbleiben sollte, während bei unvermeidlichen Expositionen die Dosen so tief wie möglich zu halten sind. Die zulässigen Strahlenbelastungen werden also nicht nur durch die Toleranzdosen, sondern innerhalb dieser Grenzen durch das tiefste Maß bestimmt, welches sich bei vernünftigem Aufwand technisch erreichen läßt.

---

\*) Auch die Schreibweise rem ist gebräuchlich und wird ebenfalls in dieser Dokumentation benutzt.

**Tabelle 6.8****Akutsymptome nach kurzzeitiger Ganzkörperbestrahlung**

Dosis Zeit nach Bestr.	100-250 Rem	300-500 Rem	600-1000 Rem
erste Tage	Übelkeit, Erbrechen u. Durchfall möglich	Übelkeit, Erbrechen und Durchfall nach den ersten Stunden bis Tagen	
erste Woche	keine deutlichen Symptome (Latenzzeit)	keine deutlichen Symptome (Latenzzeit)	Unwohlsein, Durchfall
zweite Woche	keine deutlichen Symptome	Haarausfall, Appetitmangel, allgemeines Unwohlsein, Fieber	Durchfall, Rötungen, Blutungen, Entzündung von Mund und Rachen, Fieber, Schwäche
dritte Woche	Haarausfall, Appetitmangel, Unwohlsein, wunder Rachen, Blutungen und kleine Blutergüsse unter der Haut, Durchfall, mäßiger Kräfteverfall	Rötungen und Blutungen, kleine Bluterüsse unter der Haut, Nasenbluten, Entzündung von Mund und Rachen, Durchfall, Kräfteverfall	Rascher Kräfteverfall, Sterblichkeit hoch: gegen 100%
vierte Woche und folgende	Erholung in ca. drei Monaten. Tod nur bei Komplikationen wie Infektionen, zusätzlichen Verletzungen oder bei schwacher Konstitution	of Komplikationen, die in schweren Fällen zum Tod führen. Sterblichkeit von 50% bei etwa 450 Rem	

**Bis ca. 20 Rem:**

Keine klinisch feststellbaren akuten Veränderungen.

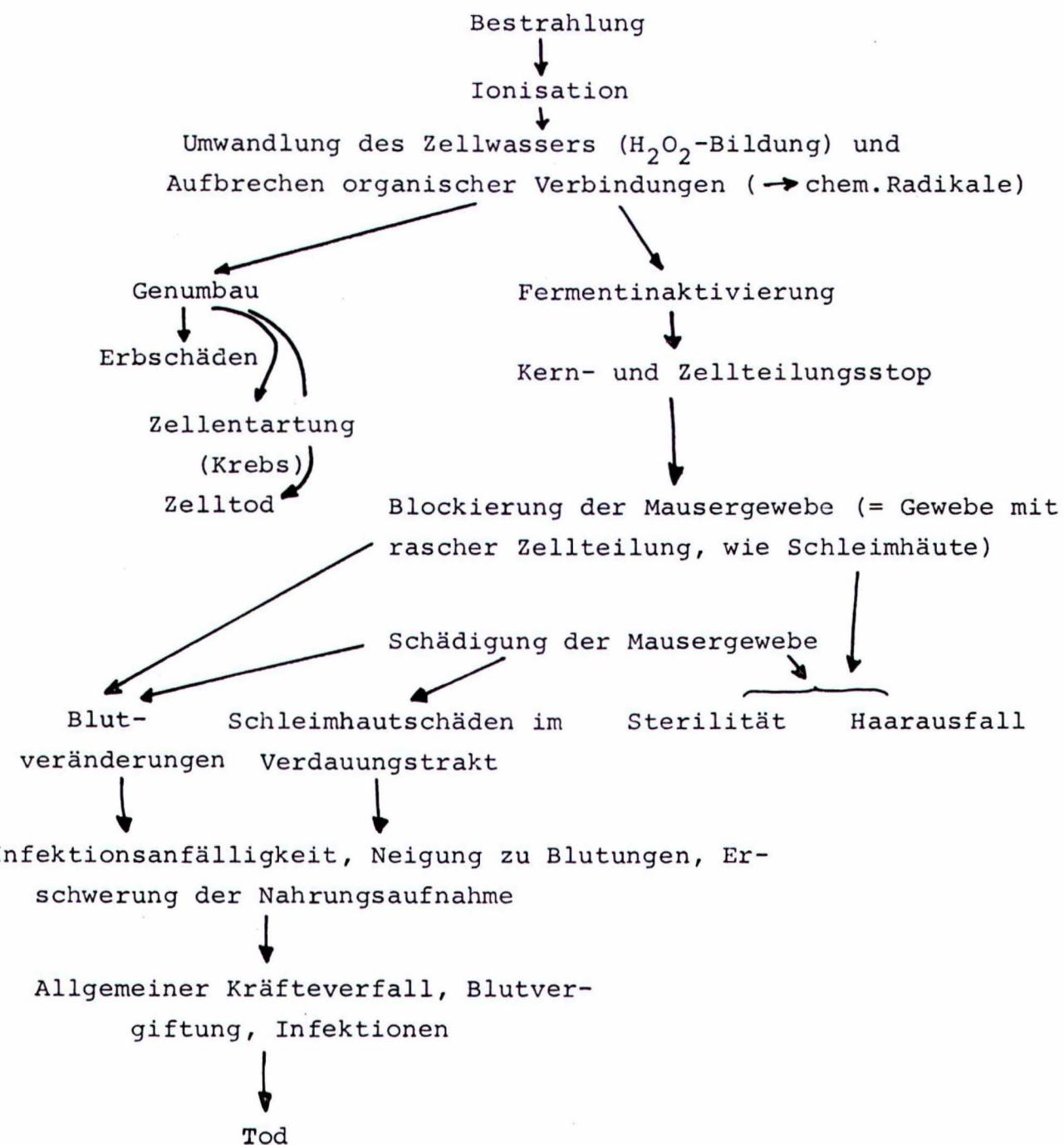
**25—75 Rem:**

Am Blutbild (Abnahme der weißen Blutkörperchen u. a. m.) erkennbar, aber keine Strahlenkrankheit.

**Typische Spätschäden:**

Verkürzung der Lebensdauer, vermehrtes Auftreten des grauen Stars, Leukämie, Krebs und anderer Wucherungen.

**Tabelle 6.9**  
**Ursachen-Wirkungs-Kette nach einer Belastung mit ionisierender Strahlung**



Je nach Maß und Art der Bestrahlung

- manifestiert sich die Bestrahlung gar nicht oder ist nur am Blutbild zu erkennen,
- treten nur genetische oder somatische Spätschäden auf,
- reißt die Kette bei einer Zwischenstufe ab, d. h. tritt nach einer akuten Strahlenkrankheit endgültig oder bis auf Spätschäden Heilung ein,
- tritt nach Stunden, Tagen, Wochen oder Jahren der Tod ein.

**Tabelle 6.10**  
**Einige höchstzulässige Dosen nach ICRP**

Personengruppe Organ	Dosisleistung in Rem pro Jahr
1. Beruflich strahlenexponierte Personen (Mindestalter 18 Jahre):	
Gesamtkörper, Keimdrüsen, blutbildende Organe, Augenlinse . . . . .	5
Haut . . . . .	30
Hände, Füße, Unterarme . . . . .	75
2. Gesamtbevölkerung	
Genetische Dosis . . . . .	0,15

**Tabelle 6.11**  
**Durchschnittliche Strahlenbelastung in alpinen Regionen**  
(Bispiel: Schweiz 1972)

• Natürliche terrestrische Bestrahlung . . . . .	0,12 Rem/Jahr
(Umwelt- und inkorporierte Quellen)	
• Natürliche kosmische Strahlung . . . . .	0,04 Rem/Jahr
• Medizinisch bedingte Bestrahlungen (Gonadendosis aller 0- bis 40jährigen) . . . . .	0,04 Rem/Jahr
(für Leukämie relevante Knochendosis [41]) . . . . .	0,20 Rem/Jahr
• Radioaktiver Ausfall von Kernwaffentests . . . . .	0,003 Rem/Jahr
• Technisch bedingte Bestrahlungen . . . . .	0,002 Rem/Jahr
Farb-TV, Flugreisen, Leuchtziffern, Reaktoren, beruflich Strahlenexponierte)	
Total (genetisch-relevant) . . . . .	0,20 Rem/Jahr
(Leukämie-relevant) . . . . .	0,36 Rem/Jahr

Die **Toleranzdosis für die Gesamtbevölkerung** ist von derselben Größenordnung wie die durchschnittliche **natürliche Strahlenbelastung** (vgl. Tabelle 6.11) und wird, wenn man von den medizinisch bedingten Bestrahlungen absieht, keineswegs ausgeschöpft. Die **Toleranzdosis für beruflich strahlenexponiertes Personal**, welches sich übrigens wegen seiner Tätigkeit einer permanenten Dosimetrierung und einer sorgfältigen medizinischen Überwachung zu unterziehen hat, entspricht etwa dem Maximalwert, der lokal als **natürlicher Strahlenpegel** auftritt.

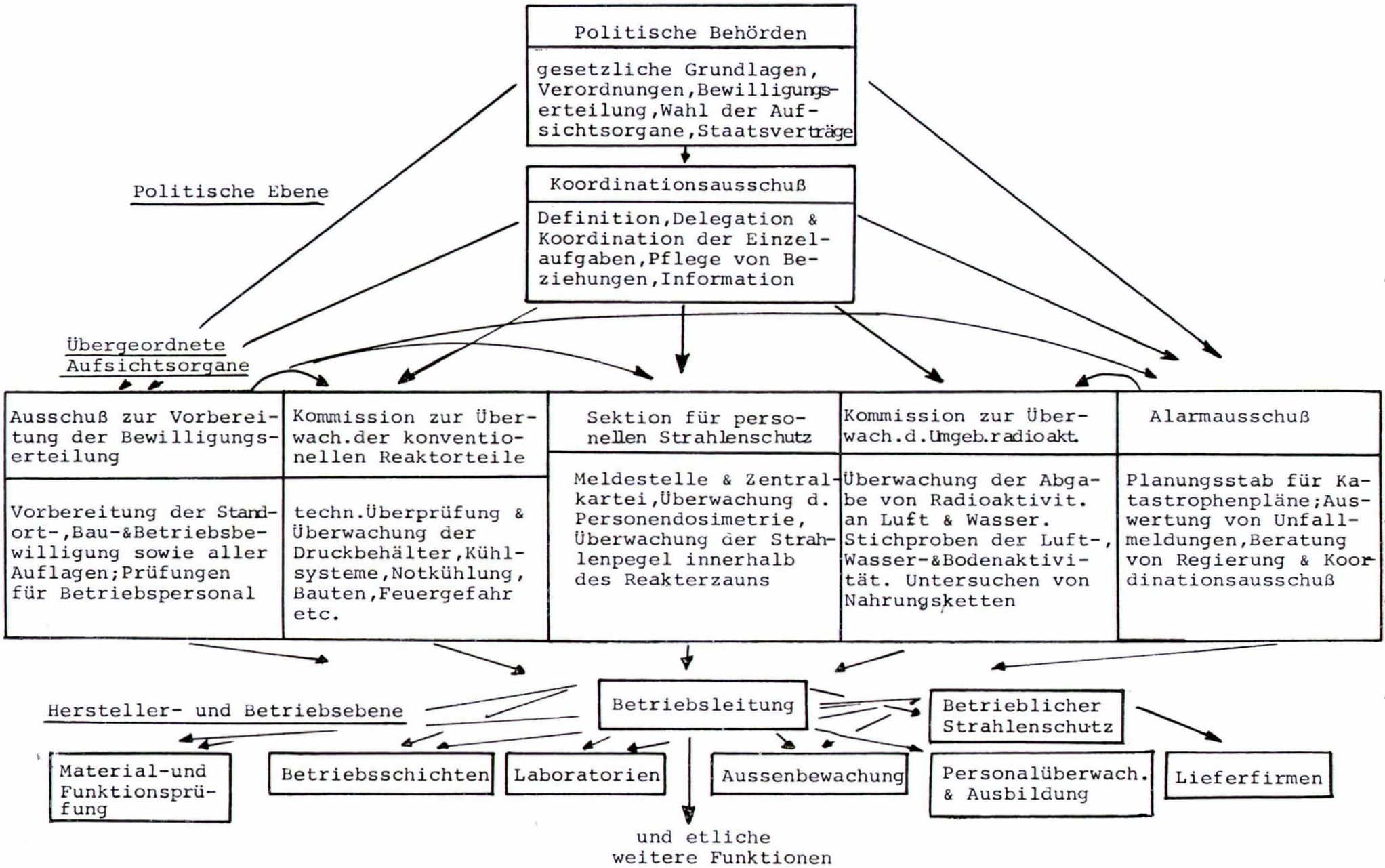
Die **meßtechnische Instrumentierung**, über die der Strahlenschutz heute verfügt, erfüllt hinsichtlich der Empfindlichkeit, der Flinkheit der Anzeige und der Selektivität für einzelne Nuklide alle Bedürfnisse, sind doch Strahlennachweisgeräte die empfindlichsten und spezifischsten Analysenhilfsmittel überhaupt.

Für die Wirksamkeit des Strahlenschutzes ist die **klare Gliederung seiner Organe** und die **eindeutige Zuordnung der Verantwortlichkeiten** von ausschlaggebender Bedeutung. Die hierarchische Struktur des Aufsichts-, Kontroll- und Strahlenschutzpersonals sowie die Aufgabenzuteilung kann etwa nach dem Schema der Tabelle 6.12 durchgeführt werden. Es ist dabei von größter Wichtigkeit, daß die Mitglieder der übergeordneten Aufsichtskommissionen von den **Betreibern** der Kernanlagen **völlig unabhängig**, aber trotzdem mit dem Aufbau und Betrieb dieser Einrichtungen gut vertraut sind. Die Pflichten und Rechte der Aufsichtsorgane sind durch **Gesetze** umrissen und durch **Verordnungen** spezifiziert. Das betriebs eigene **Strahlenschutzpersonal** benötigt gegenüber allen Stufen des Reaktorpersonals möglichst weitgehende, **schriftlich fixierte Kompetenzen**, um im Zweifelsfall der Sicherheit den Vorrang vor Wirtschaftlichkeit und Aufrechterhaltung des Betriebes geben zu können.

#### 6.A.1.3 Strahlenschutz bei Normalbetrieb

Während des Normalbetriebes eines Reaktors bleiben über 98% der **Spaltfragmente** und praktisch 100% der Transurane im Urandioxid der **Brennstofftabletten** eingebettet. Diese Tabletten sind ihrerseits in **gasdichten Hüllrohren** aus Zircaloy, einer korrosions- und temperaturbeständigen Zirkonlegierung, eingeschlossen. Rund 100 solcher Brennstäbe werden zu einem Brennelement gebündelt und wiederum 200—600 Brennelemente zusammen mit Steuerstäben und Meßsonden zum Reaktorkern vereinigt. Der Reaktorkern ist im Reaktordruckgefäß eingebaut und von Wasser umspült, welches durch die Reaktionswärme zum Sieden und damit zur Dampfabgabe gebracht wird. Das Druckgefäß ist so dimensioniert, daß es bei einem Auslegeunfall (vgl. Abschnitt 6.5) in Verbindung mit dem Notkühlsystem den Beanspruchungen zu widerstehen vermag. Seine Dichtigkeit und Materialfestigkeit wird dauernd überwacht.

Das Reaktordruckgefäß, eine Betonabschirmung, welche dieses umgibt, Steuerstab antriebe, Rohrleitungen und Abschlußventile sind in einer weiteren Sicherheitshülle eingebaut, womit die Spaltfragmente in den Brennstofftabletten durch drei Barrieren von der Außenwelt getrennt sind. Durch diese Maßnahmen ist unter Normalbedingungen die unkontrollierte Abgabe von Radioaktivität praktisch bedeutungslos und die Belastung des Personals durch inkorporierte radioaktive Stoffe gering. Die **Hauptbelastung** des Betriebspersonals röhrt im allgemeinen von der **Wartung** und **Reparatur** der Reaktoranlage her und läßt sich deshalb bei vorschriftsgemäßem Verhalten ohne weiteres innerhalb der Toleranzgrenzen halten.



**Tabelle 6.12 Hierarchische Struktur der Aufsichts- und Überwachungsorgane und Aufgabenzuteilung**

Die **bewußte Abgabe von Radioaktivität** über die Abluft und das Abwasser liegt bei den heutigen Leistungsreaktoren in der Größenordnung von 1000 Ci pro Jahr bzw. 10 Ci pro Jahr. Unter den **gasförmigen Radionukliden** nimmt das relativ harmlose, kurzlebige (Halbwertszeit  $\approx$  5,3 Tage) Xenon-133, bei der im **Abwasser abgeführten Aktivität** das Wasserstoffisotop Tritium (Halbwertszeit  $\approx$  12,3 Jahre) die erste Stelle ein. Angesichts der großen Verdünnung des Abwassers und der Abluft sind nach unseren Kenntnissen [42] die gegenwärtig zugebilligten Aktivitätskonzentrationen völlig unbedenklich, auch wenn die Zahl der Reaktoren stark vermehrt werden sollte.

Um sowohl die Abgabe von Radioaktivität als auch die Dosen des Betriebspersonals möglichst zuverlässig in den vorgeschriebenen Grenzen zu halten, sind ein kompetentes, verantwortungsbewußtes betriebseigenes Strahlenschutzpersonal mit ausgeprägtem Durchsetzungsvermögen sowie aktive, sachkundige Mitglieder der Aufsichtsorgane nötig. Insbesondere sind nicht nur die **externen Bestrahlungsdosen** und die **Emissionen** von Radioaktivität in die Atmosphäre und ins Wasser zu messen, sondern in regelmäßigen Abständen auch der **Gesundheitszustand** und eine allfällige **innere Kontamination** des Personals sowie die **Immissionen**, d. h. die Luft-, Wasser-, Boden- und Nahrungsmittelaktivitäten in der Umgebung zu überprüfen.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß es möglich ist, unter Normalbedingungen einen Kernreaktor ohne Gefährdung des Bedienungspersonals und der Umgebung zu betreiben. Voraussetzung dafür sind ein aufmerksamer Strahlenschutz und eine nicht erlahmende Aufsicht.

#### 6.A.1.4 Strahlenschutz bei Stör- und Schadensfällen

Im folgenden sollen unter **Störfällen** jene Unregelmäßigkeiten im Reaktorbetrieb verstanden werden, die durch das Reaktorschutzsystem (vgl. Abschnitt 6.4) registriert und durch rechtzeitige Gegenmaßnahmen behoben oder so beeinflußt werden, daß die Sicherheit der Anlage nicht tangiert wird. Störfälle wirken sich also vor allem durch — meist kurze — Betriebsunterbrechungen auf die **Verfügbarkeit** und damit auf die Wirtschaftlichkeit des Kernreaktors aus. Vom radiologischen Standpunkt aus bringt ein Störfall lediglich unter Umständen eine **kontrollierte Zusatzbelastung** des Betriebspersonals durch externe Bestrahlung bei der Behebung der Störung, aber definitionsgemäß keine zusätzliche Emission von Radioaktivität.

**Schadensfälle** berühren die Sicherheit der Reaktoranlage und gefährden damit das Betriebspersonal und/oder die Umgebung möglicherweise durch erhöhte Strahlungsintensitäten oder Abgabe von Radioaktivität. Nach einem Schadensfall sind nicht nur in der Regel zeitraubende Reparaturen, sondern auch **umfassende Analysen der Schadensursache und -auswirkung** sowie der **Funktionsfähigkeit** des Reaktorschutzsystems und der Einrichtungen des Strahlenschutzes notwendig. Jeder Schadensfall sollte zu einer Verbesserung der Sicherheit führen.

Die wohl **ernsthaftesten Schadensfälle** werden durch die Unterbrechung der Reaktorkühlung oder durch massive Gewaltanwendung eingeleitet. Der **Ausfall der Kühlung** und seine Folgen sind Gegenstand der nachfolgenden Betrachtung, während die Auswirkungen von **Sabotage** und **Kriegshandlungen** im Abschnitt 6.7 abgehandelt werden.

Sowohl in der viel diskutierten Rasmussen-Studie [43] als auch im Bericht der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft [14] über die Sicherheit von Kernreaktoren wird dem Ausfall der Kühlung des Reaktorkerns größte Aufmerksamkeit geschenkt. Und in der Tat scheint eine **katastrophale Freisetzung von Radioaktivität** nur möglich zu sein, wenn nach Ausfall der Kühlung und nach dem Versagen des ganzen Notkühlsystems der **Reaktorkern** schmilzt. Dementsprechend große Bedeutung wird denn auch dem Notkühlsystem aller Leistungsreaktoren zugemessen. Die Gründe für das Versagen der Reaktorkühlung und die Auslegung der Notkühlung werden in Abschnitt 6.5 diskutiert.

Nach dem Bruch einer **Hauptkühlleitung** wird der Druck im Reaktordruckgefäß abblasen, wobei große Mengen Kühlwasser ausgestoßen werden. Falls nun ein zwar durchaus denkbares, aber sehr unwahrscheinliches **Versagen des ganzen Notkühlsystems** unterstellt wird (siehe auch die entsprechenden Ausführungen im Bericht der Diskussionsgruppe 5), beginnt wegen der durch die Spaltprodukte freigesetzten **Zerfallsenergie** die Temperatur des Kerns zu steigen, so daß er innerhalb etwa einer halben Stunde geschmolzen sein und sich als See auf dem Grund des Druckgefäßes ansammeln könnte. Dabei würden die flüchtigen Elemente des Spaltproduktengemisches (vgl. Tabelle 6.13) aus der Schmelze und mindestens teilweise auch aus dem Druckbehälter austreten, besonders wenn der Drucktank und der Sicherheitsbehälter durchschmelzen sollten.

Für die Zusammensetzung der ausgestoßenen Radioaktivität ist die Flüchtigkeit der betreffenden Stoffe maßgebend. Tabelle 6.13 enthält die wichtigsten Spaltfragmente, gegliedert nach Flüchtigkeit, und Tabelle 6.14 gibt den bei geschmolzenem Kern mutmaßlich freigesetzten Anteil der betreffenden Fraktionen wieder. Für die Dosisleistung, welche ein sich dauernd im Freien aufhaltendes Individuum empfängt, sind die Dosiswerte von Tabelle 6.15 maßgebend. Aus der Häufigkeit im Reaktor, Flüchtigkeit und Wirksamkeit (Dosiswert) eines Nuklids ergibt sich dessen Bedeutung für die Gesundheit.

Aus einem Vergleich der einzelnen Spaltfragmente mit Hilfe der Tabellen 6.13 bis 6.15 ergibt sich die bemerkenswerte Feststellung, daß kurzfristig die Hauptgefahr von Jodisotopen, speziell vom Nuklid Iod-131, heraufbeschworen wird. Denn Jod ist im frischen Spaltproduktgemisch mit der größten Aktivität vertreten, zeigt sehr hohe Flüchtigkeit und ist wegen seiner energiereichen Strahlung sehr wirksam. Vor allem aber wird Jod, wenn es in den Körper gelangt, besonders bei Kindern mit hoher Konzentration in der Schilddrüse eingelagert, was zum Teil erst nach Jahren zur Bildung von Knötchen und Krebs in der Schilddrüse führen kann. Dieses Schadensbild entspricht den Beobachtungen [44], die an Einwohnern zweier Marshallinseln angestellt wurden, nachdem diese Menschen durch Testexplosionen von Nuklearwaffen mit Spaltprodukten in Kontakt kamen.

Bei jahrelanger Einwirkung von Spaltfragmenten, die im Gelände verteilt sind, dürfte schließlich die externe  $\gamma$ -Bestrahlung durch Cäsium-137 der ausschlaggebende Gefährdungsfaktor werden. Nach Einatmen aerosolartiger Partikel aus einem Reaktorunfall dürften nebst dem Jod die relativ leicht flüchtigen Isotope des Tellurs und der Erdalkalien Strontium und Barium die größte Strahlenbelastung verursachen. In biologischen Kreisläufen spielen die Strontium- und Caesium-Isotope voraussichtlich die Hauptrolle, weil sie einerseits als chemisch verwandte Elemente zu Kalzium und Kalium vom Körper zu einem relativ hohen Prozentsatz resorbiert werden und anderseits mit Halbwertszeiten von ca. 30 Jahren (Strontium-90 und

**Tabelle 6.13**

**Die wichtigsten Spaltfragmente im Zeitpunkt des Abschaltens des Reaktors, geordnet nach abnehmender Flüchtigkeit**

Isotope	Halbwertszeit Tage (Jahre = yr)	Inventar Millionen Curie
<b>Edelgase</b>		
<sup>85</sup> Kr . . . . . . . . . . . .	10,76 (yr)	0,6
<sup>85</sup> Kr . . . . . . . . . . . .	0,18	26
<sup>87</sup> Kr . . . . . . . . . . . .	0,053	52
<sup>88</sup> Kr . . . . . . . . . . . .	0,116	76
<sup>133</sup> Xe . . . . . . . . . . . .	5,3	170
<sup>135</sup> Xe . . . . . . . . . . . .	0,38	26
<b>Jod</b>		
<sup>131</sup> I . . . . . . . . . . . .	8,05	85
<sup>132</sup> I . . . . . . . . . . . .	0,1	120
<sup>133</sup> I . . . . . . . . . . . .	0,875	170
<sup>134</sup> I . . . . . . . . . . . .	0,036	200
<sup>135</sup> I . . . . . . . . . . . .	0,28	150
<b>Tellurium</b>		
<sup>129</sup> Te . . . . . . . . . . . .	0,048	28
<sup>129</sup> Te . . . . . . . . . . . .	34,1	10
<sup>131</sup> Te . . . . . . . . . . . .	1,25	15
<sup>132</sup> Te . . . . . . . . . . . .	3,25	120
<b>Cäsium</b>		
<sup>134</sup> Cs . . . . . . . . . . . .	2 (yr)	1,7
<sup>136</sup> Cs . . . . . . . . . . . .	12,9	6
<sup>137</sup> Cs . . . . . . . . . . . .	30 (yr)	5,8
<b>Flüchtige Oxide</b>		
<sup>99</sup> Mo . . . . . . . . . . . .	2,8	160
<sup>99</sup> Tc . . . . . . . . . . . .	0,25	140
<sup>103</sup> Ru . . . . . . . . . . . .	40	100
<sup>105</sup> Ru . . . . . . . . . . . .	0,18	58
<sup>106</sup> Ru . . . . . . . . . . . .	1 (yr)	19
<sup>105</sup> Rh . . . . . . . . . . . .	1,5	58

**Tabelle 6.13 (Fortsetzung)**

Isotope	Halbwertszeit Tage (Jahre = yr)	Inventar Millionen Curie
<b>Erdalkalien</b>		
<sup>140</sup> Ba . . . . . . . . . . . .	12,8	160
<sup>89</sup> Sr . . . . . . . . . . . .	50,6	110
<sup>90</sup> Sr . . . . . . . . . . . .	27,7 (yr)	5,2
<sup>91</sup> Sr . . . . . . . . . . . .	0,4	130
 <b>Nichtflüchtige Oxide</b>		
<sup>90</sup> Y . . . . . . . . . . . .	2,7	5,2
<sup>91</sup> Y . . . . . . . . . . . .	59	140
<sup>95</sup> Zr . . . . . . . . . . . .	65,5	160
<sup>97</sup> Zr . . . . . . . . . . . .	0,7	160
<sup>95</sup> Nb . . . . . . . . . . . .	3,5	160
<sup>140</sup> La . . . . . . . . . . . .	1,66	160
<sup>141</sup> Ce . . . . . . . . . . . .	32,8	160
<sup>143</sup> Ce . . . . . . . . . . . .	1,37	150
<sup>144</sup> Ce . . . . . . . . . . . .	285	110
<sup>143</sup> Pr . . . . . . . . . . . .	13,6	150
<sup>147</sup> Nb . . . . . . . . . . . .	11	60
<sup>147</sup> Pm . . . . . . . . . . . .	2,65 (yr)	17
<sup>149</sup> Pm . . . . . . . . . . . .	2,2	40
<sup>238</sup> Pm . . . . . . . . . . . .	86,4 (yr)	0,1
<sup>239</sup> Pm . . . . . . . . . . . .	24.390 (yr)	0,01

**Tabelle 6.14**  
**Mutmaßlich aus einer Kernschmelze freigesetzter Anteil der verschiedenen Fraktionen des Spaltfragmentgemisches**

Edelgase . . . . .	0,9
Jod . . . . .	0,7
Caesium . . . . .	0,5
Tellurium . . . . .	0,3
Erdalkalien . . . . .	0,06
Flüchtige Oxide . . . . .	0,02
Nichtflüchtige Oxide . . . . .	0,004

**Caesium-137) genügend langlebig sind, damit sie überhaupt durch längere Nahrungsketten weitergegeben werden können.**

Im ungünstigsten Fall könnte ein Reaktor vom Typ Zwentendorf Radioaktivität in der Größenordnung 0,5 GCi ausstoßen, wobei bereits die geringe Flüchtigkeit vieler Nuklide und die Aktivitätsabnahme in der Zeit zwischen Ausfall der Kühlung und Ausstoß der Aktivität berücksichtigt sind. Unter der Annahme, daß sich die Bevölkerung in Häusern aufhält, also einen gewissen Schutz genießt, könnte die Zone mit tödlich verlaufenden Akuterkrankungen sich über rund 10 km<sup>2</sup> und das Gebiet mit akuten Strahlenerkrankungen über etwa 30 km<sup>2</sup> erstrecken. Diese Zahlen sind sehr unsicher, weil die Verteilung der Radioaktivität in der Nahzone von sehr vielen Zufälligkeiten abhängig ist. Weder die Rasmussen-Studie [43] noch diejenige der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft [14] enthält diesbezügliche Zahlen. Es lassen sich aber aus den Erfahrungen bei Giftunfällen, Kernwaffentests und klassischen Explosionen grobe Größenordnungen für Akutschäden abschätzen, die allerdings mit entsprechender Vorsicht anzuwenden und mit entsprechendem Kommentar weiterzugeben sind.

Über Spät- und genetische Schäden äußern sich beide Studien [43] und [14] quantitativ, jedoch voneinander abweichend. Unter Annahme einer Bevölkerungsdichte von gegen 120 pro km<sup>2</sup> und eines Druckwasserreaktors der thermischen Leistung von 3300 MW ergaben sich die in Tabelle 6.16 festgehaltenen Zahlen von Krebstoten, Schilddrüsenerkrankungen und genetischen Defekten, wenn unterstellt wird, daß aus einem Reaktor die in Tabelle 6.13 verzeichneten Mengen radioaktiver Nuklide mit den in Tabelle 6.14 angegebenen Flüchtigkeiten entweichen. Diesen an sich sehr großen Zahlen von Toten und Verletzten sind die in der Diskussionsgruppe 5 diskutierten Wahrscheinlichkeiten für den Eintritt von Reaktorschadefällen zur Seite zu stellen.

**Tabelle 6.15**  
**Dosen, die durch deponierten radioaktiven Ausfall bzw. durch radioaktive Wolken verursacht werden**

Isotop	Halbwertszeit Tage (Jahre = yr)	Bodendosis Rem/h bei 1 Ci/m <sup>2</sup>	Wolkendosis Rem/h bei 1 Ci/m <sup>3</sup>
<sup>85</sup> Kr	10,760 (yr)	...	0
<sup>85</sup> Kr <sup>2</sup>	0,180	...	0,036
<sup>87</sup> Kr	0,053	...	0,36
<sup>88</sup> Kr	0,116	...	0,42
<sup>89</sup> Sr	50,6	0,0	0
<sup>90</sup> Sr	27,7 (yr)	0	0
<sup>91</sup> Sr	0,4	28,4	0,16
<sup>90</sup> Y	2,7	0,02	0,002
<sup>91</sup> Y	59	0,02	0,002

**Tabelle 6.15 (Fortsetzung)**

Isotop	Halbwertszeit Tage (Jahre = yr)	Bodendosis Rem/h bei 1 Ci/m <sup>2</sup>	Wolkendosis Rem/h bei 1 Ci/m <sup>3</sup>
<sup>95</sup> Zr	65,5	20,0	0,19
<sup>97</sup> Zr	0,7	23,8	0,06
<sup>95</sup> Nb	3,5	20,4	0,18
<sup>99</sup> Mo	2,8	7,2	0,06
<sup>99</sup> Tc	0,25	4,0	0,035
<sup>103</sup> Ru	40	14,4	0,11
<sup>105</sup> Ru	0,18	18,0	0,20
<sup>106</sup> Ru	1 (yr)	6,0	0,05
<sup>105</sup> Rh	1,5	2,8	0,005
<sup>129</sup> Te	0,048	3,0	0,018
<sup>129</sup> Te	34,1	3,0	0,025
<sup>131</sup> Te	1,25	33,6	0,375
<sup>132</sup> Te	3,25	6,8	0,05
<sup>131</sup> I	8,05	11,2	0,09
<sup>132</sup> I	0,1	68,0	0,55
<sup>133</sup> I	0,875	14,8	0,12
<sup>134</sup> I	0,036	64,0	0,60
<sup>135</sup> I	0,28	48,0	0,42
<sup>133</sup> Xe	5,3	...	0,007
<sup>135</sup> Xe	0,38	...	0,06
<sup>134</sup> Cs	2 (yr)	48,0	0,36
<sup>136</sup> Cs	12,9	60,0	0,46
<sup>137</sup> Cs	30 (yr)	16,8	0,13
<sup>140</sup> Ba	12,8	8,4	0,06
<sup>140</sup> La	1,66	60,0	0,52
<sup>141</sup> Ce	32,8	2,2	0,016
<sup>143</sup> Ce	1,37	8,8	0,085
<sup>144</sup> Ce	285	1,2	0,004
<sup>143</sup> Pr	13,6	0,0	0
<sup>147</sup> Nd	11	4,0	0,045
<sup>147</sup> Pm	2,65 (yr)	0,0	0
<sup>149</sup> Pm	2,2	0,1	0,012
<sup>238</sup> Pu	86,4 (yr)	0,004	0
<sup>239</sup> Pu	24.390 (yr)	0,004	0

**Tabelle 6.16**

**Spätschäden und genetische Schäden für den denkbar ungünstigsten Unfall eines 3300-MW<sub>th</sub>-Reaktors in einem Gebiet mit einer Bevölkerungsdichte von 120 pro km<sup>2</sup>**

	Rasmussen-Studie [43]	APS-Studie [14]
Krebstote innerhalb 40 Jahren nach Exposition	310	15.600
Schilddrüsenerkrankung (Knötchenbildung)	25.000	22.500—300.000
Genetische Schäden	310	3.000— 20.000

Zwischen dem eingangs gestreiften Störfall, der strahlenschutztechnisch ohne Folgen bleibt, und dem nachfolgend geschilderten Extremfall einer großräumigen Verstrahlung liegt eine fast unüberblickbare Vielfalt kleiner und mittlerer Schadensfälle mit entsprechend kleinen und mittleren Strahlenbelastungen der Umwelt. Im allgemeinen ist ein Schadensfall um so unwahrscheinlicher, je mehr verschiedene Sicherheitsvorrichtungen simultan versagen müßten, um es überhaupt zum Austritt von Radioaktivität kommen zu lassen. Weil für mittlere und großräumige Verstrahlungen nicht nur das Schmelzen des Reaktorkerns, sondern auch das Bersten des Reaktordruckgefäßes und des Sicherheitsbehälters nötig wäre, sind kleine Schadenfälle, die praktisch nur das Betriebspersonal betreffen, sehr viel wahrscheinlicher als mittlere und erst recht als große. Da bisher nur vereinzelte kleine Schadenfälle auftraten, lassen sich die abgeschätzten Wahrscheinlichkeiten in keinem Fall überprüfen. Es ist zu hoffen, daß dies auch in Zukunft so bleiben möge.

#### 6.A.1.5 Zusammenfassung der Strahlenschutzprobleme

Im Normalbetrieb und bei Störfällen stellt ein Kernreaktor vom Standpunkt des Strahlenschutzes keine Probleme, die nicht zu beherrschen wären. Die Risiken sind um so kleiner, je autonomer der betriebliche Strahlenschutz arbeiten und eingreifen kann und je kompetenter und initiativer die Mitglieder der Aufsichtsbehörden sind. Schadenfälle dürften in der Mehrzahl der Fälle nichtnuklearer Art sein, und auch bei Abgabe von Radioaktivität in den allermeisten Fällen nur das Bedienungspersonal betreffen [19]. Wenn auch bisher keine durch Reaktoren verursachte Verstrahlungen großer Gebiete aufgetreten sind, so wäre unter Annahme des gleichzeitigen Versagens etlicher Sicherheitseinrichtungen oder unter Anwendung ausgeklügelter Gewalt (siehe Abschnitt 6.7) dennoch ein weitreichender Schadenfall denkbar. Die gefährdeten Gebiete können sich im Maximum über mehrere hundert Kilometer erstrecken.

# BUNDESGESETZBLATT

## FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH

Jahrgang 1974

Ausgegeben am 11. Juli 1974

111. Stück

**383. Verordnung: Abänderung der Dampfkesselverordnung****384. Verordnung: Heimurlaubsverordnung**

**883. Verordnung des Bundesministers für Bauten und Technik und des Bundesministers für Finanzen vom 7. Mai 1974, mit der die Dampfkesselverordnung abgeändert wird**

Auf Grund des Art. 48 des Verwaltungsentlastungsgesetzes, BGBl. Nr. 277/1925, in der Fassung des § 2 des Bundesgesetzes BGBl. Nr. 55/1948 wird verordnet:

Die Dampfkesselverordnung, BGBl. Nr. 83/1948, in der Fassung der Verordnungen BGBl. Nr. 94/1957, 187/1967 und 396/1972 wird wie folgt geändert:

1. Dem § 58 Abs. 1 ist folgender Abs. 2 anzufügen:

„(2) Wenn es sich um die Wartung von Dampfkesseln und Kraftmaschinen in Kernkraftanlagen handelt, ist dem Prüfungskommissär (§ 62) die gesundheitliche Eignung des Bewerbers nach § 16 der Strahlenschutzverordnung, BGBl. Nr. 47/1972, durch ein Zeugnis von nach § 35 Abs. 1 des Strahlenschutzgesetzes, BGBl. Nr. 227/1969, ermächtigten Ärzten oder Krankenanstalten nachzuweisen.“

2. Die Bestimmungen der bisherigen Abs. 2 bis 6 erhalten die Bezeichnungen Abs. 3 bis 7.

3. Dem § 58 Abs. 7 ist folgender Abs. 8 anzufügen:

„(8) Die Betriebswartung von Dampfkesseln und Kraftmaschinen in Kernkraftanlagen durch geprüfte Wärter (§§ 59 und 60) hat unter der Leitung eines verantwortlichen Betriebsleiters oder eines seiner verantwortlichen Stellvertreter zu erfolgen. Der verantwortliche Betriebsleiter sowie seine verantwortlichen Stellvertreter müssen ein erfolgreich abgeschlossenes Hochschulstudium einschlägiger Fachrichtung, eine erfolgreich abgeschlossene Ausbildung als Dampfkesselwärter der Stufe 3 sowie eine hinreichende Verwendungspraxis nachweisen und vom Bundesminister für Bauten und Technik durch Bescheid als geeignet anerkannt sein. Sie haben den

Betrieb des Kernkraftwerkes zu überwachen, die Einhaltung der ‚Betriebsvorschrift‘ zu kontrollieren und die nach Eintritt von Störfällen oder Unfällen erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit dem Strahlenschutzbeauftragten (§ 2 lit. I des Strahlenschutzgesetzes, BGBl. Nr. 227/1969) oder dessen beauftragten Stellvertretern entsprechend den in der Betriebsvorschrift (bzw. Alarmplan) getroffenen Festlegungen zu veranlassen. Hierfür muß der diensthabende Betriebsleiter bzw. Stellvertreter stets kurzfristig und zuverlässig erreichbar sein.“

4. § 59 lit. a hat zu lauten:

„a) Dampfkesselwärter:

Stufe 1 für konventionell beheizte Dampfkessel,

Stufe 2 (Reaktorwärter) für nuklear beheizte Dampfkessel,

Stufe 3 (Reaktorschichtleiter) für nuklear beheizte Dampfkessel.“

5. Dem § 60 Abs. 1 ist folgende Bestimmung anzufügen:

„Jedoch müssen Bewerber für die Prüfung als Dampfkesselwärter der Stufen 2 oder 3 eine mindestens einjährige Verwendung im Reaktorbetrieb sowie eine erfolgreich abgeschlossene Spezialausbildung für den Betrieb von nuklear beheizten Dampfkesseln nachweisen. Die in Betracht kommenden Lehranstalten oder Sonderkurse des In- und Auslandes für diese Spezialausbildung werden vom Bundesminister für Bauten und Technik im Erlaßwege bestimmt. Bewerber für die Prüfung als Dampfkesselwärter der Stufe 2 müssen eine erfolgreich abgeschlossene Berufsausbildung einschlägiger Fachrichtung (wie Metallhandwerk, Elektriker, Meß- und Regelmechaniker) nachweisen. Bewerber für die Prüfung als Dampfkesselwärter der Stufe 3 müssen zumindest eine Höhere Technische Lehranstalt einschlägiger Fachrichtung absolviert und die Reifeprüfung bestanden haben oder eine vom Bundesminister für Bauten und Technik als

1830

111. Stück — Ausgegeben am 11. Juli 1974 — Nr. 383

gleichwertig anerkannte Ausbildung für die Wartung von Kernkraftwerken erfolgreich abgeschlossen haben.“

6. Dem § 60 Abs. 2 ist folgende Bestimmung anzufügen:

„Die praktische Verwendung im Reaktorbetrieb hat an einem nuklear beheizten Dampfkessel zu erfolgen, dessen Bauart im wesentlichen jener des zu wartenden Dampfkessels entspricht. Während dieser praktischen Verwendung muß ein Brennelementwechsel des bestrahlten Cores erfolgen.“

7. Dem § 61 Abs. 3 ist folgender Abs. 4 anzufügen:

,,(4) Die im § 60 Abs. 1 vorgeschriebene einjährige praktische Verwendung im Reaktorbetrieb kann verkürzt werden,

- a) wenn der Bewerber nachweist, daß er mindestens ein Jahr lang bei der Errichtung des Kernkraftwerkes mitgewirkt hat und hiebei eingehende Kenntnisse des Aufbaues des Reaktors und seiner Sicherheitssysteme erlangt hat, wobei diese Tätigkeit nicht länger als zwei Jahre zurückliegen darf, um drei Monate;
- b) wenn der Bewerber bei der Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes mitgearbeitet und einschlägige Tätigkeiten unter Aufsicht des verantwortlichen Betriebswärters nachweislich ausgeführt hat, um die volle Zeit dieser Tätigkeit;
- c) wenn der Bewerber im Rahmen der Spezialausbildung an einem mindestens einwöchigen Simulatortraining erfolgreich teilgenommen hat, um drei Monate.

Die gesamte unter lit. a bis c angeführte Verkürzung darf jedoch sechs Monate nicht übersteigen.“

8. Die Bestimmungen der bisherigen Abs. 4 und 5 erhalten die Bezeichnungen Abs. 5 und 6.

9. Im § 62 Abs. 1 hat der letzte Satz zu lauten:

„Die zur Überwachung von Dampfkesseln befugten Überwachungsorgane (§ 49) sind ohne besondere Bestellung zur Abnahme der Prüfung für Dampfkesselwärter der Stufe 1 berechtigt.“

10. Dem § 62 Abs. 2 ist folgender Abs. 3 anzufügen:

,,(3) Das Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz kann zu den Prüfungen und Ergänzungsprüfungen von Dampfkesselwärtern der Stufe 2 oder 3 einen Prüfungskommissär für den Bereich des Schutzes des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlen entsenden.“

11. § 64 hat zu lauten:

„Die Prüfung der Betriebswärter erfolgt mündlich; Dampfkesselwärter der Stufen 2 oder 3 haben die Prüfung auch schriftlich abzulegen. Die Prüfung erstreckt sich, je nachdem welche Betriebswärterprüfung abgelegt wird, auf Fragen über das Wesen, den Bau und den Betrieb von Dampfkesseln oder Wärmekraftmaschinen, über Art und Zweck der Sicherheitsvorrichtungen und sonstiger Bau- und Ausrüstungsteile und der Hilfsvorrichtungen, über die Grundsätze ihrer Handhabung und Bedienung, über die Vorschriften zur Hintanhaltung von Betriebsgefahren, über die Folgen, die eine Vernachlässigung des Dienstes nach sich ziehen könnten, über das Verhalten in besonderen Fällen, über die in Betracht kommenden grundlegenden theoretischen Begriffe und über die einschlägigen gesetzlichen Vorschriften. Die Prüfung der Dampfkesselwärter der Stufen 2 oder 3 hat zusätzlich Fragen des Strahlenschutzes zu umfassen. Bei der Prüfung der Dampfkesselwärter der Stufe 3 sind ferner Fragen über Bruchmechanik, Auswirkung von Thermoschocks, Spannungsrißkorrosion und der Einfluß von schnellen Neutronenstrahlen auf die Festigkeit von Metallen zu behandeln. Kenntnisse, die ein besonderes Dienstverhältnis voraussetzen, wie Signalisierungsvorschriften, Dienstunterweisungen usw. bilden nicht Gegenstand der Prüfung. Sie ist, wenn tunlich, durch eine praktische Verwendungsprobe zu ergänzen. Eine solche muß stattfinden bei der Prüfung von Bewerbern um die Berechtigung zur Wartung von Schiffss(Boots)maschinen sowie zur Führung von Lokomotiven. Die Verwendungsprobe ist ferner vorzunehmen bei der Prüfung von Dampfkesselwärtern der Stufen 2 oder 3, wobei bei der Verwendungsprobe der Dampfkesselwärter der Stufe 2 Kenntnisse über den Zweck und die Bedienung der Hilfseinrichtungen, der Meß-, Schalt-, Sicherheits- und Warneinrichtungen nachzuweisen und deren Aufgaben im normalen Betrieb sowie bei Störfällen zu erörtern sind. Bei der Verwendungsprobe der Dampfkesselwärter der Stufe 3 sind ferner mögliche Störfälle und Unfälle, beispielsweise Ausfall der Kesselspeisung oder der Hauptwärmesenke, Auftreten größerer Leckagen usw. eingehend zu diskutieren.“

12. Dem § 65 Abs. 2 ist folgender Abs. 3 anzufügen:

,,(3) Im Zeugnis für Dampfkesselwärter der Stufen 2 oder 3 ist die Wartungsbefugnis auf jene nukleare Dampfkesselbauart einzuschränken, an der die praktische Verwendung im Reaktorbetrieb nach § 60 Abs. 2 erfolgte. Die Geltungsdauer des Zeugnisses ist auf zwei Jahre ab dem Zeitpunkt der Ablegung der Prüfung bzw. Ergänzungsprüfung zu beschränken.“

111. Stück — Ausgegeben am 11. Juli 1974 — Nr. 333

1831

13. Dem § 66 Abs. 2 sind die folgenden Abs. 3 und 4 anzufügen:

„(3) Die nach Ablauf der zweijährigen Gelungsdauer des Befähigungszeugnisses (§ 65 Abs. 3) abzulegende Ergänzungsprüfung der Dampfkesselwärter der Stufe 2 ist eine mündliche Prüfung, ergänzt durch ein mindestens einwöchiges Simulatortraining. Bei dieser Prüfung sind insbesondere Störfälle zu behandeln.“

(4) Die Ergänzungsprüfung für Dampfkesselwärter der Stufe 3 umfaßt eine mündliche Prüfung, ergänzt durch ein mindestens einwöchiges Simulatortraining, und eine praktische Verwendungsprobe, wobei eingehend die erforderlichen Maßnahmen bei Störfällen und Unfällen zu diskutieren sind.“

14. Die Bestimmung des § 69 erhält die Absatzbezeichnung „(1)“.

15. Dem § 69 Abs. 1 ist folgender Abs. 2 anzufügen:

„(2) Für die Betriebswärter von Kernkraftanlagen sind im Einvernehmen mit dem zuständigen Dampfkesselüberwachungsorgan in einer ‚Betriebsvorschrift‘ schriftlich die Pflichten der einzelnen Betriebswärter im Detail festzulegen. Diese Betriebsvorschrift ist vom Überwachungsorgan sowie dem verantwortlichen Betriebsleiter zu unterfertigen, von jedem zur Verwendung gelangenden Betriebswärter nachweislich zur Kenntnis zu nehmen und in der Schaltwarte frei zugänglich aufzubewahren. Der Betrieb des Reaktordruckgefäßes ist sofort einzustellen, wenn bei einem Störfall eine unzulässig hohe Beanspruchung des Reaktordruckgefäßes oder einer seiner Komponenten oder wenn eine nicht beherrschbare Störung in einem Sicherheitssystem festgestellt wird. Die bei Eintritt eines Störfalles oder Unfalles zu ergreifenden Sicherheitsmaßnahmen sind im Rahmen der ‚Betriebsvorschrift‘ in einem ‚Alarmplan‘ im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz festzulegen.“

16. Dem § 70 Abs. 1 ist folgende Bestimmung anzufügen:

„Zur Bedienung und Wartung eines nuklear beheizten Dampfkessels müssen stets mindestens ein Dampfkesselwärter der Stufe 3 und zwei Dampfkesselwärter der Stufe 2 anwesend sein, denen hinreichend geschultes Hilfspersonal zur Verfügung zu stehen hat, deren Anzahl in der ‚Betriebsvorschrift‘ (§ 69 Abs. 2) festzulegen ist. Werden in einem Kernkraftwerk zwei nuklear beheizte Dampfkessel von einer gemeinsamen Schaltwarte aus betrieben, so müssen für beide Kesselblocks drei Dampfkesselwärter der Stufe 2 anwesend sein; hingegen darf der Dampfkessel-

wärter der Stufe 3 für die gleichzeitige Beaufsichtigung beider Kesselblocks eingesetzt werden.“

17. Dem § 70 Abs. 2 ist folgende Bestimmung anzufügen:

„Diese Erleichterungen gelten nicht für die Wartung von nuklear beheizten Dampfkesseln.“

## 6.A.3 Fragenkatalog der Informationskampagne Kernenergie

(Die Nummern hinter den Fragen beziehen sich auf die entsprechenden Abschnitte des Berichtes.)

Behandelt in Kapitel

- |     |  |                 |
|-----|--|-----------------|
| 6.1 | In welchem Ausmaß ist ein Kernschmelzen möglich?<br>Welche Vorkehrungen werden im Kernkraftwerk Zwentendorf für den Fall eines Kernschmelzens getroffen (z. B. Einbau eines Core-Catchers)? Wo und wann wurde die Wirksamkeit dieser Maßnahmen unter realitätsnahen Bedingungen geprüft und welche waren die Ergebnisse?   | 6.2, 6.5        |
| 6.2 | Mit welcher technischen Begründung wird beim GAU (größter annehmbarer Unfall) der Bruch des Reaktordruckgefäßes ausgeschlossen? Entspricht das Reaktordruckgefäß des Kernkraftwerkes Zwentendorf den Bestimmungen der österreichischen Dampfkesselverordnung (sind bisher Dampfkessel geborsten, die gemäß dieser Verordnung errichtet und betrieben wurden?)? In welchen Punkten sind diese Verordnung sowie die aufgrund dieser Verordnung von der Behörde vorgeschriebenen Auflagen und Bedingungen restriktiver als der ASME-Code (Vorschrift für Reaktordruckgefäße)? | 6.2             |
| 6.3 | Wie genau kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von ErmüdungsrisSEN im Druckgefäß des Kernkraftwerkes Zwentendorf abgeschätzt werden? Gibt es zuverlässige und ausgereifte Methoden für eine solche Abschätzung?   | 6.2             |
| 6.4 | Ist eine Materialprüfung zum Erkennen von Korrosionsschäden in adäquater Form möglich? Kann dabei der Zeitfaktor berücksichtigt werden? Sind solche Prüfungen beim Kernkraftwerk Zwentendorf vorgesehen?   | 6.2             |
| 6.5 | Gibt es abgeschlossene Langzeitversuche über die Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften durch Neutroneneinfluß?   | 6.2             |
| 6.6 | Ist die Methode der Bruchvoraussage durch akustische Überwachung des Reaktordruckgefäßes in Betrieb (Schallemissionsanalyse) genügend ausgereift, um einem eventuellen Brechen des Druckgefäßes der Anlage in Zwentendorf vorbeugen zu können?   | 6.2             |
| 6.7 | Bis zu welchem Ausmaß konnten beim Kernkraftwerk Zwentendorf die Konstruktionsfehler von deutschen Kernkraftwerken gleicher Grundtype (insbesondere Würgassen, wo zahlreiche Pannen und Unregelmäßigkeiten auftraten) vermieden werden?  | 6.5, bes. 6.5.2 |

- 6.8 Durch welche praxisnahen Tests wurde die Funktions-tüchtigkeit der deutschen Notkühlsysteme erwiesen? In welchen Punkten ist insbesondere das im Kraftwerk Zwentendorf eingebaute Notkühlsystem den amerika-nischen Systemen überlegen?  
In welcher Form wurden von den österreichischen Behörden die Hearings über das Notkühlsystem (Bethesda-ECCS Rule Making Hearings, 1972—1973) ausgewertet und berücksichtigt (USAEC Docket RM-50-1, etwa 60.000 Seiten)?
- 6.9 Wie weit kann durch Automatisierung eines Kernkraft-werkes der Einsatz qualifizierten Personals ersetzt werden?
- 6.10 Welche Maßnahmen werden von den zuständigen Be-hörden getroffen, um die sichere Bedienung des Kern-kraftwerkes durch das Betriebspersonal zu garantieren?
- 6.11 Wer trägt im Kernkraftwerk Zwentendorf die letzte Verantwortung für alle Sicherheitsmaßnahmen bei Störfällen?
- 6.12 Welche weiteren Untersuchungen auf den Gebieten von Reaktorsicherheit und Strahlenschutz sind in naher Zukunft erforderlich? Wird in diesem Zusammenhang kurzfristig eine Verlangsamung des Ausbaues der Kern-energienutzung erforderlich sein? In welcher Form ist es möglich, Erkenntnisse der Sicherheitsforschung nach-träglich bei bestehenden Anlagen zu berücksichtigen?
- 6.13 Bis zu welchem Ausmaß können beim Reaktorbetrieb Fehler der elektronischen Einrichtungen durch mensch-lichen Eingriff bzw. menschliches Fehlverhalten durch vorprogrammierte Selbstregulation kompensiert werden?

#### **6.A.4 Fragen aus der Bevölkerung\*):**

Behandelt in Kapitel \*\*)

- 2.1 Ist bei den geplanten bzw. gebauten Kernkraftwerken auch eine solch ähnliche (unleserlich) wie in Altenwörth möglich?  
(Haunold)

A

\*) Bei der Numerierung bezeichnet die erste Zahl die Veranstaltung, die zweite die laufende Nummer innerhalb dieser.

\*\*) Fragen, die in der gestellten Allgemeinheit bzw. Form im Bericht nicht beantwortet wurden bzw. werden können, sind mit A gekennzeichnet.

- 2.2 Lebensdauer des AKW 25—30 Jahre. In der Folge —  
Betriebsunsicherheit, wegen Materialversprödung.  
Was geschieht mit dem Werk?  
Wie ist es mit der Sicherheit der Bevölkerung?  
(Bernsteiner) 6.2
- 3.1 Was passiert in Zwentendorf, wenn alle 3 Notkühl-  
systeme, Hauptkühlkreisläufe und Abschaltsysteme ver-  
sagen bei einem großen Leck im Reaktorbehälter?  
(Johannes Schüssling) 6.5.3, 6.5.6
- 4.1 Man hat die Atomreaktoren geplant und in Betrieb  
gesetzt, ehe man deren wichtigste Schutzvorrichtungen,  
die Notkühlsysteme, praktisch getestet hatte.  
In welcher Technik kommt so eine Fahrlässigkeit noch vor?  
Kann man da noch Vertrauen in die sogenannten  
Verantwortlichen der Atomkraftwerke haben?  
(Maria Heinle) 6.5.3
- 4.2—4.7 und 6 fast gleichlautende Fragen.**  
(Heinze, Pircher, Mathis, Fleisch, Müller, unleserliche U.)
- 4.8 Wie wird die Bevölkerung im Falle von Natur-  
katastrophen, etwa Erdbeben oder Überschwemmung,  
wirkungsvoll geschützt? A (Christa Schedler)
- 4.9 Ist den Betreibern bekannt, daß auch die Notkühl-  
systeme der Atomkraftwerke sowohl durch Sabotage  
als auch durch die geläufigen technischen Mängel  
ausfallen können, und daß dann der GAU eintritt, mit  
tödlicher Wirkung bis 150 Kilometer Umkreis?  
(Martin Bilgeri) 6.5.3, 6.7, 6.A.1.4
- 4.10 Woher nehmen Sie die Gewißheit, daß das Notkühl-  
system funktioniert? Namhafte Physiker zweifeln daran.  
(Elisabeth Rapaic) 6.5
- 4.11 Menschliche Unzulänglichkeit läßt sich teilweise durch  
mechanische/elektronische Regeltechnik beherrschen.  
Menschlicher Zerstörungswille kann eine Elektronik  
oder Regelmechanik ausschalten oder zerstören. Diese  
menschlichen Fehlreaktionen, die eventuell einen GAU  
auslösen können, sind nie vollkommen ausschaltbar  
(oder sollen die im Werk arbeitenden täglich  
psychatriert und damit auf ihre Zuverlässigkeit geprüft  
werden??). Was kostet uns — der Allgemeinheit —,  
ein atomarer Unfall?? Wieviele Hausbesitzer des  
Landes Vorarlberg verlieren dann den Besitz?  
(Franz Wostry) 6.3, 6.4, 6.7

- 4.12 Immer wieder wird von bekannten Wissenschaftern angezweifelt (ich nehme z. B. Bezug auf eine Studie, die im Auftrag der American Physical Society (APS) unter dem Vorsitz von H. W. Lewis, University of California, gemacht wurde), daß das Notkühlsystem funktionieren wird.  
Wieso bauen wir in Zwentendorf ein AKW, wenn dieses wichtige technische Detail, von dem im Unglücksfall alles abhängt, noch nicht geklärt ist? (Mag. Ilse Boschetto)
- 4.13 Wer gibt die Garantie dafür, daß kein menschliches Versagen eintritt? Auch Arbeiter in einem Atomkraftwerk machen Fehler, wir haben diese verheerenden und tödlichen Folgen!!!! (Reinhard Rinderer)
- 4.14 Wieviele Menschen würden durch einen sehr großen Atomunfall im AKW Zwentendorf geschädigt werden? (Teilweise Diskussionsgruppe 5) (Werner Listmayer)
- 4.15 Ist das Notkühlsystem für das AKW Zwentendorf 100%ig sicher? (Karl Benzer)
- 4.16 Wer getraut sich, in einem Zug zu sitzen, dessen Notbremsen nicht funktionieren?  
Jeder, der mit einem Auto fährt, dessen Bremsen nicht hundertprozentig in Ordnung sind, wird unnachsichtig bestraft. Die entsprechende Sicherheitseinrichtung für Atomreaktoren ist das Notkühlsystem. Versagt im Ernstfalle die wichtigste Sicherheitsmaßnahme, so schmilzt der Reaktorkern durch und ein Unglück unvorstellbaren Ausmaßes geschieht.  
Die Überprüfung des Funktionierens der Notkühl-systeme erbrachte völliges Versagen.  
Welche Stellen und welche Persönlichkeiten getrauen sich zu „befehlen“, daß zwei Millionen Menschen in einen Zug einsteigen, bei dem nicht einmal das Funktionieren der Notbremsen gewährleistet ist?  
Bei einem nicht unmöglichen großen atomaren Unfall liegt nämlich auch Wien in der Todeszone.  
(Ines Petschovnik)
- 4.17 Wie verhält sich die Bundesregierung zur Forderung der Amerikanischen Atomenergiebehörde für den Bau von AKW (die sicher viel Erfahrung damit hat);  
38,8 Kilometer Radius im Umkreis des AKW dürfen nicht mehr als 25.000 Menschen wohnen.  
51,2 Kilometer im Radius darf keine größere Siedlung sein? Dazu: Wien ist von Zwentendorf 40 km entfernt, Hollabrunn, Stockerau, St. Pölten, Korneuburg, Krems

Berichte Nr. 5, 6

und Klosterneuburg sind weniger als 38,8 km von Zwentendorf entfernt. (Helmuth Reiter)

- 4.18 Wieso, glauben Sie, hat Edward Teller, der an sich Befürworter der Kernenergie ist, vorgeschlagen, Kernkraftwerke unterirdisch zu bauen? (G. Loacker) 6.7
- 4.19 Was sind die Schutzmaßnahmen im Falle eines Austretens von radioaktiven Strahlen aus dem Werk? (Dr. mag. Albert Matt) A, teilweise 6.A.1
- 4.20 Ist es möglich, daß bei Reaktordruckgefäß durch Neutronenbestrahlung Sprödbrüche entstehen können? (Siegfried Meiyer) 6.2.2.2
- 4.21 Würden Sie persönlich sich hier und heute schriftlich verpflichten, im Bedarfsfalle Dienst in einem AKW zu leisten? Wie hoch ist das Gehalt eines AKW-Direktors gegenüber einem Posten im herkömmlichen Kraftwerk? Nach welchem Tarif werden Arbeiter eines AKW bezahlt? Was geschieht mit den Menschen, die man im Falle eines GAU evakuieren muß? In Seveso sind sie arm dran und das ist noch harmlos gegenüber einem Unfall im AKW. (Christa Schedler) A
- 4.22 Können Sie uns bitte erklären, wie man die Atomkraft gewinnt, ohne daß die Arbeiter im Atomwerk dabei gefährdet werden? Bitte geben Sie uns eine exakte wissenschaftliche Erklärung, wie überhaupt diese Energie erzeugt wird. (Rita Mayer) A
- 5.1 Bei normalem Betrieb eines Atomkraftwerkes treten, mit Abwasser und Abluft, radioaktive Teilchen aus, die in ihrer Wirkung, da sie inkorporiert werden können, wesentlich verschieden von natürlicher Strahlung sind. Abgesehen vom GAU, mit dem immer argumentiert wird, liegt nun eine wesentliche Gefahr im Freiwerden solcher radioaktiver Teilchen bei kleineren Unfällen und Pannen. Kann bei irgendeiner und besonders bei dieser ein menschliches Versagen eines Angestellten, ein verhängnisvoller Irrtum ausgeschlossen werden, und wer kann und will die nicht immer unmittelbar auf so eine Panne folgenden Schäden an Umwelt und Bevölkerung verantworten? (Erhöhte Krebssterblichkeit, Kinder- und Säuglingssterblichkeit, genetische Schäden, Schäden an der empfindlichen Struktur der Gehirnzellen der Einwohner etc.) Besonders wenn man die Problematik der Meßbarkeit von Alphastrahlen bedenkt! (Béla Kowal) 6.6, 6.A.1

- 6.1 Wie ist die KKW-Sicherung bei Erdbeben?  
(Margot Hildebrandt) 6.5.2.9
- 6.2 Nach 40 Jahren ist ein AKW eine Leiche (lt. Prof. Büchler). Was ist bei einem vorzeitigen Ableben?  
(Roman Neubauer) A
- 6.3 Glauben die KKW-Befürworter, daß ein Atomkraftwerk, das (wie alle anderen Betriebe) vor allem unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte geführt wird, wirklich immer und überall mit optimalen Sicherheitsmitteln, die sicher auch die teuersten sind, versorgt wird? Ich nicht!  
(Ingrid Sabin) Gesamtbericht Nr. 6
- 6.4 Durch die Neutronenbestrahlung wird der Stahl spröder. Besteht die Gefahr von Sprödbrüchen? Wenn ja, wie versucht man diese Gefahren zu beseitigen?  
(Schaller) 6.2.2.2
- 6.5 Kann der Druckbehälter (Core) brechen? Welche Folgen hat das?  
(Karin Neumader) 6.2, bes. 6.2.4
- 6.6 Gegner der Kernenergie sprechen von ständigen Störungen bei Kernkraftwerken. Waren bei solchen Störungen schon Menschenleben zu beklagen?  
(Kristl) Ja, aber nicht durch kerntechnisches Versagen
- 6.7 Wie können die Risiken, die durch den Betrieb von AKW entstehen, gerechtfertigt werden, vor allem wenn für die Entwicklung anderer Energieformen noch zu wenig getan worden ist?  
Die Gefahren, die durch den Gebrauch von spaltbarem Material heraufbeschwört werden, sind vor allem im politischen Bereich nicht zu unterschätzen, da hochentwickelte Technologie wiederum von der Zuverlässigkeit der damit hantierenden Personen abhängig wird und Sicherheiten in diesem Bereich nicht berechnet werden können.  
(Anonym) teilweise 6.7, sonst A
- 6.8 Auf Seite 44 der Broschüre der Bundesregierung wird eine radioaktive Belastung der Bevölkerung von maximal 2 mrem/a (Milli-Radioaktivitätsfaktor je Person im Jahr) angegeben. Warum verbreitet man einen so geringen Wert, der tatsächlich aber bei allen AKW weit überschritten wird?  
(Marlies Wirtitsch) 6.6
- 6.9 Wie sieht das Notkühlssystem des 1. österreichischen KKW aus und wie wird die Funktionstüchtigkeit gewährleistet?  
(Nikolaus Koller) 6.5

- 6.10 Ist es möglich, Kernkraftwerke „atombombensicher“ in unterirdischen Kavernen so unterzubringen, daß auch die Umwelt bei einem GAU unbeeinflußt bliebe? 6.7  
 (anonym)
- 6.11 Wie groß ist die Gefahr, daß Kernschmelzen eintritt? 6.5, bes. 6.5.4.5  
 (Triebel)
- 6.12 Wäre es zu einem GAU gekommen, wenn am 22. März 1975 in USA-AKW Browns Ferry (Alabama) die Arbeiter des AKW in wagehalsigen Eigeninitiativen nicht mit dafür gar nicht vorgesehenen Pumpen die Notkühlung gerade eben beherrscht hätten? 6.7  
 (Walter Hammerl)
- 6.13 Wird durch einen GAU ein großer Landstrich und damit seine Bewohner verseucht? Nein; 6.1.3.4  
 (R. Achtschin)
- 6.14 Wie weit reicht die Zerstörung im Fall einer Katastrophe? 6.A.1.4  
 (Macher)
- 6.15 Was würde ein Großunfall in Zwettendorf bedeuten (unter ungünstigen Bedingungen)? Bericht Nr. 5;  
 (Dipl.-Ing. Elmar Heinze) 6.A.1.4
- 6.16 Kann menschliches Versagen zu einer Katastrophe in einem Kernkraftwerk führen? 6.4, 6.7  
 (Kump)
- 6.17 Wird durch einen GAU ein großer Landesteil und damit seine Bewohner verseucht?  
 Wie ist das Verhältnis zur bisherigen Atombombe? Nein; 6.1.3.4  
 (Ing. Alfred Wiedner)
- 6.18 Kann das Uran in einem Reaktor durch unsachgemäße Behandlung explodieren und damit seine Radioaktivität freisetzen? Nein  
 (Ing. Rössler)
- 6.19 An Herrn Prof. Jaschek: Was sagen Sie zum Thema „Sicherheit im Normalbetrieb“ in bezug auf den Unfall in Grundremmingen? A  
 An das Podium: Glaubt einer der Herren des Podiums, daß Atomstrom inklusive aller Entwicklungs-, Bau- und sonstiger Kosten (Aufbereitungsanlage, Entsorgung) billiger ist als die Überbrückung der angeblichen „Energielücke“ mit herkömmlichen Kraftwerken, bis entweder eine ungefährliche Alternative gefunden ist oder unser Energiebedarf nicht mehr so groß ist? (Wolfgang Platzer)

6.20	Stillegung von Kernkraftwerken: Besteht ein Konzept für die spätere Stillegung unter Einhaltung der Strahlenschutzbestimmungen? Besteht die Möglichkeit einer vorzeitigen Stillegung bei Auftreten eines größeren Störfalles? Welche Stillegungsvarianten sind in Österreich vorgesehen? a) gesicherter Einschluß, b) Teilbeseitigung mit gesichertem Resteinschluß, c) totale Beseitigung Technische Durchführung der Stillegung bei allen vorgesehenen Stillegungsvarianten? (Sametz)	A Ja A 6.2.6 (Sametz)
6.21	Warum hat keiner der Podium-Experten von der Stillegung der nach 20 Jahren technisch überholten aber weiter strahlenden Kernkraftwerke gesprochen? (Dipl.-Ing. Guide Schwarz-Bergkampf)	A
6.22	Ist es möglich, stillgelegte Kernkraftwerke restlos abzubauen und ist auch der Untergrund ohne Schaden wieder betretbar? (Tribaut)	6.2.6
6.23	Was geschieht mit den Kraftwerksfriedhöfen, wenn diese nicht mehr in Betrieb sind? (Ottilie Binder)	6.2.6
6.24	Wird gegen Erdbeben beim Bau von Kernkraftwerken genügend vorgesorgt? (Tafeit)	6.5.2.9
6.25	Wird durch Lagerung in Lagerbecken von Kernkraftwerken eine erhöhte radioaktive Strahlenabgabe an die Umgebung herbeigeführt? (Tiefenbacher)	6.6
6.26	Sind die Kernkraftwerke in den Ostblockstaaten sicherer als bei uns, denn dort gibt es keine Kernkraftwerksgegner. Wenn ja, warum holt man sich von dort keine Experten? (Schaller)	A
6.27	Warum wird uns hier eine Sicherheit von AKW vorgegaukelt, die es weder in der Theorie noch in der Praxis gibt? (Gräf)	A
6.28	Sind Sicherheitssysteme in Reaktoren der UdSSR gleich wie im Westen? Baut die UdSSR Kernkraftwerke? (Messerschmidt)	Nein Ja
6.29	Verlässlichkeit des Materials? Wieso war dann der Druckbehälter von Biblis II schon nach dem Probetrieb undicht? Und der von Biblis I nach wenigen Monaten Normalbetrieb? (Lorbeer)	6.2
6.30	Bei Kühlwasserleitungsbruch und festgefahrenen Brennelementen: Woher kommt das Notkühlwasser?	6.5

Wie lange kann so gearbeitet werden?	6.5
Ist die prinzipielle Funktion dieser Methode durch Versuche gesichert?	6.5
Durch welche Methoden kann der r. a. Ausstoß im Normalbetrieb vermindert werden?	6.6
Grundsatzfrage: Bei Deckung eines vielfachen Energiebedarfes in der Zukunft — Einfluß auf Ökosysteme usw.	A
Prof. Stickler soll Treibhauseffekt normaler KW erklären.	
Wie werden KKW selbst nach Stilllegung behandelt? (Druckbehälter)	6.2.6 (Raggam)
6.31 In den USA sind große Mängel bei den Notkühl-systemen bekannt geworden. Es konnte durch Versuche nicht bewiesen werden, daß Notkühlsysteme funktionieren. Wurden die deutschen Notkühlsysteme in entsprechendem Großmaßstab getestet? Was sind die Ergebnisse der Experimente?	6.5 (Dipl.-Ing. Elmar Heinze)
6.32 Was geschieht mit unbrauchbar gewordenen Reaktor-gefäßern? Z. B. durch natürlichen Alterungsprozeß?	6.2.6 (Karl Heinz Hary)
6.33 Ist in dieser erdbebengefährdeten Zeit der Bau eines Atomkraftwerkes überhaupt vertretbar?	A (Grete Weitzelsmeister)
6.34 Wie gefährdet ist das Personal in Kernkraftwerken?	6.6; Bericht Nr. 10 (Anonym)
6.35 Wie sicher ist ein Atomkraftwerk gegen Erdbeben oder Kriegseinwirkungen?	6.5.2.9, 6.7.5 (Alois Rauttl)
6.36 Ist es richtig, daß Zwentendorf im Tullnerfeld auf einer Erdbebenlinie liegt? Ich kenne nur eine Möglichkeit, das AKW Zwentendorf sicher zu machen: nicht in Betrieb nehmen. — Kennen Sie eine andere?	Nein (Dipl.-Ing. Herbert Fuchs)
6.37 Warum will man unseren Nachkommen, oder vielleicht schon uns das Risiko, wie die Beispiele aus den USA schon jetzt zeigen, mit den Atomkraftwerken aufbürden?  Erdbeben, Unzukömmlichkeiten und menschliches Versagen sind wesentliche Gefahrenmomente bei AKW. Warum verfolgt man nicht den Bau von Sonnen-kraftwerken?	A

Was ist mit dem sogenannten „Perpetuum mobile“ des schwedischen Erfinders, das 1976 großartig angekündigt wurde? (Johann Pendl)	A
6.38 Wie können mit absoluter Sicherheit menschliches Versagen, verborgene technische Mängel, Materialfehler und Sabotage verhindert werden? Wie können die katastrophalen nachhaltigen Wirkungen nach einem GAU vermieden werden? Wie sieht der Katastrophen-Alarmplan aus, um Seuchen zu vermeiden? Ich halte diese Art der „Information“ als reinste Manipulation. Sogar der kaltblütige Prof. E. Teller erklärte, man könnte das KKW Zwentendorf noch sicherer bauen unter der Erde, also nicht einmal da absolut sicher, nur „noch sicherer“? Ich bin auf die Antwort des Herrn Prof. Pucker sehr neugierig. (Hans Hillebrand)	Gesamte Berichte Nr. 5 und 6
6.39 Lohnt sich das Risiko? (Anonym)	A
6.40 Welche Firmen haben das Kraftwerk Zwentendorf gebaut, welche werden es weiterbauen? (Anonym)	A
6.41 Falls Österreich kein Kernkraftwerk betreibt, besteht Gefahr von einem ausländischen? (Anonym)	A
6.42 Ist es möglich, daß Zwentendorf nicht in Betrieb geht, weil diverse Auflagen nicht erfüllt wurden? (Anonym)	Liegt an der Genehmigungsbehörde
6.43 Endgültige Stilllegung von Atomkraftwerken. Sie können nicht abgerissen werden, da ihr Inneres total verseucht ist. Sie müssen daher, auch für Menschen unbegreiflich, lange Zeit unter strengster Bewachung stehen. Bewachung in allen Fällen: Diese erfolgt letzten Endes immer durch Menschen und diese sind keine Maschinen. Und auch letztere gehen oft an nicht vorhergesehenen Stellen zu Bruch. So ist der Mensch wohl auch nicht viel sicherer vor einem Versagen oder einem Fehler, obwohl er den Willen zur ordnungsgemäßen Durchführung seiner Aufgabe hat. Kosten: All die Kosten, die die Vorsorge in obigen Fällen verursacht, sind nicht abschätzbar und fallen in den unendlich langen Jahren an. Für diese Schäden gibt es überhaupt keine Gutmachung und wiegen diese daher um so schwerer, da sie nicht beseitigt werden können. (Insgesamt sind mehrere Themenkreise angesprochen.) (Erich Hantich)	6.2.6, 6.7

- 7.1 Was passiert, wenn die Kernkraftwerksbesatzung vollkommen ausfällt, z. B. für einen Monat?  
(Abschalten.) (Anonym) A
- 7.2 Warum wurde in Österreich in dichtbesiedeltem Gebiet ein Kernkraftwerk gebaut? Tulln, Stockerau, Klosterneuburg, Korneuburg, Krems und vor allem aber bei Wien. In Amerika dürfen diese Werke nur in schwachbesiedelten Gegenden errichtet werden?  
Ist die Bauaufsicht so genau und gründlich, daß nicht das zur Sicherheit verwendete Qualitätsbaumaterial (Zement usw.) heimlich verschwindet, wie es bei öffentlichen Bauten schon der Fall war? (Ich selbst konnte einmal bei einem Eigentumsheimbau so etwas beobachten und zur Anzeige bringen.) (Maria Greifeneder)
- 8.1 Auf wie lange wird die Betriebsdauer eines Reaktors geschätzt, und was geschieht mit einem ausgedienten Reaktor?  
Kann man einen solchen Reaktor wieder abbauen und zum Verschwinden bringen oder bleibt ein solcher Reaktor als Denkmal für ewig bestehen?  
(Bernhard Lechtaler) 6.2.6
- 8.2 Wie sollen Kernkraftwerke im Fall eines Krieges vor Kriegseinwirkungen entsprechend geschützt werden?  
(Johann Löw) 6.7.5
- 8.3 Inwieweit können Kernkraftwerke einem potentiellen Aggressor eine bequeme Möglichkeit bieten, durch die Zerstörung dieser kerntechnischen Anlagen die Wirksamkeit seiner allenfalls konventionellen Angriffswaffen zu vervielfachen?  
Inwieweit können Kernkraftwerke gegen Terrorangriffe politischer Extremisten geschützt werden?  
(W. Drechsler) Bericht Nr. 7; 6.7
- 9.1 Wurde durch das jüngste Erdbeben in Rumänien an der Grenze Bulgariens ein AKW in Mitleidenschaft gezogen? (Franz Plassnik) A
- 9.2 Was passiert bei einem Gau in einem Leichtwasserreaktor? Bitte um eine genaue Beantwortung!  
(Gerhard Stangl) 6.1.3.4, 6.5
- 9.3 Welche Folgen hat es, wenn ein Kernkraftwerk von außen (Terroristen) angegriffen wird?  
Wie stark muß eine Bombe sein, um ein KKW zu zerstören?  
(Gerald Krammer) 6.7

## Bericht der Diskussionsgruppe 7

# **Gesellschaftliche Auswirkungen und Kontrolle**

**Diskussionsteilnehmer und Autoren des Berichtes:**

**GUPTA, Dipak, Dr., Kernforschungszentrum Karlsruhe; Leiter der Entwicklungsgruppe Kernmaterial und Anlagensicherung, Berater der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) zu Fragen der Kernmaterialüberwachung**

**HINZ, Manfred, Univ.-Prof., Dr., Lehrstuhl für öffentliches Recht, politische Soziologie und Rechtssoziologie der Universität Bremen**

**KUSSBACH, Erich, Dr., ao. Gesandter und bev. Minister, Bundesministerium für Auswärtige Angelegenheiten, Wien**

**LINTNER, Karl, Univ.-Prof., Dr., II. Physikalisches Institut der Universität Wien, Diskussionsleiter**

**SIMMA, Bruno, Univ.-Prof., Dr., Institut für Völkerrecht, Rechts- und Staatsphilosophie der Universität München**

Weiters arbeitete mit:

**KOZIOL, Helmut, Univ.-Pof., Dr., Institut für Zivilrecht der Universität Wien**

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
7.0 Zusammenfassung .....	5
7.1 Bewilligung für die Errichtung und den Betrieb eines Kernkraftwerkes .....	7
7.1.1 Gesetzliche Grundlagen .....	7
7.1.2 Auflagen für das Kernkraftwerk Zwentendorf .....	9
7.2 Sicherheitskontrolle (Safeguard) .....	12
7.3 Sicherung der Kernanlagen (Physical Protection) .....	15
7.4 Völkerrechtliche Aspekte nuklearer Anlagen in Grenznähe .....	18
7.5 Transport von radioaktivem Material, Hilfeleistung bei Strahlenunfällen .....	22
7.6 Schadenersatz bei Schädigung durch Kernkraftwerke .....	23
7.7 Vorrang des Lebens. Rechtlich-politische Anmerkungen .....	26
7.8 Literatur .....	28
7.A Anhang .....	29
7.A.1 Fragenkatalog der Informationskampagne Kernenergie .....	29
7.A.2 Fragen aus der Bevölkerung .....	30



## 7.0 Zusammenfassung

In den vorangehenden Berichten wurden Fragen nach der Entwicklung des Energieverbrauchs in den Vordergrund gestellt (Berichte Nr. 1 und 2) und die Wirtschaftlichkeit von Kernkraftwerken erörtert (Berichte Nr. 3 und 4). Die Beantwortung der Frage nach der Notwendigkeit von Kernkraftwerken konnte nicht eindeutig gegeben werden, wie ja schon darüber, ob ein Zuwachs des Energieverbrauchs notwendig ist, kein Konsens erzielt wurde. Tatsache ist aber wohl, daß der Energieverbrauch in den vergangenen Jahren stets erheblich angewachsen ist, auch keine Anzeichen für eine Verringerung des Anstiegs vorhanden sind und ein solcher auch nicht von heute auf morgen zu erwarten ist; noch weniger ist mit einem Absinken zu rechnen. Daher sehen sich die verantwortlichen Stellen vor die Tatsache gestellt, für die Erhöhung des Energieverbrauchs Vorsorge zu treffen, auch wenn zur Energieeinsparung aufgerufen wird. Jede Art von Kraftwerksbau bringt aber eine lebhafte Diskussion des Für und Wider mit sich (denken wir nur an die Diskussionen um ein Donaukraftwerk in der Wachau, über ein Tauernkraftwerk oder über das geplante große Wärmekraftwerk in Niederösterreich u. v. a. m.). Stets müssen die einzelnen Fakten sorgsam gegeneinander abgewogen werden.

Wenn man aber den Bau von Kraftwerken erwägt, dann muß auch das Kernkraftwerk in den Bereich der Überlegungen mit einbezogen werden.

Bei Kernkraftwerken kommt ein neuer Gesichtspunkt des Umweltschutzes hinzu, die Gefahr der radioaktiven Strahlung. Wenn auch die Meinung über die Gefahren dieser Strahlung nicht völlig einheitlich ist (siehe Bericht Nr. 10), so ist doch die Tatsache, daß die Strahlung Gefahren mit sich bringt, unumstritten, daher muß über Fragen der Sicherheit ausführlich diskutiert werden. Technische und betriebliche Sicherheitsfragen (Bericht Nr. 6), aber besonders Fragen nach der Beurteilung des Risikos stehen im Vordergrund (Bericht Nr. 5). Schon die Definition des Risikos als Produkt aus Häufigkeit und Schadensumfang ist sehr umstritten; über seine Größe stehen die Meinungen prominenter Wissenschaftler einander fast diametral gegenüber. So hält Edward Teller das Risiko, durch ein Kernkraftwerk zu Schaden zu kommen, für nicht größer als die Wahrscheinlichkeit, durch einen Meteoriten getroffen zu werden, während der Nobelpreisträger Watson unser Wissen über die Schädigung, insbesondere über die Langzeitschäden, noch als zu gering einschätzt, um den Bau von Kernkraftwerken zu verantworten. Auf alle Fälle muß bei einer Entscheidung die Frage nach den Risiken sehr ernst genommen werden. Nach Ansicht vieler, z. B. des Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft, Prof. Lust, scheint das Risiko aber vertretbar, wenn man es am Gesamtrisiko unserer Zivilisation mißt, und geringer als manche Risiken, die wegen geringerer Vorteile in Kauf genommen werden. Bei den technischen Sicherheitseinrichtungen wurden hauptsächlich Fragen nach der Verlässlichkeit der verwendeten Systeme besprochen. Prinzipiell müssen natürlich in allen Fällen beim Ausfall eines Systems andere die Funktion des ausgefallenen übernehmen können. Sehr kritisch muß aber auch die Frage nach menschlicher

Fahrlässigkeit und menschlichem Versagen diskutiert werden, da sich bei Katastrophen immer wieder herausstellt, daß menschliches Versagen zumindestens mit als Ursache anzusehen ist.

Die zuständige Behörde hat, falls die Entscheidung für ein Kernkraftwerk fällt, Bescheide zu erlassen, um das Risiko für den Menschen möglichst klein zu halten. Handhabe dazu gibt das Strahlenschutzgesetz (BGBI. 227/1969), das von Juristen in Zusammenarbeit mit Biologen, Ärzten und Technikern erstellt wurde. Es sichert dem Leben und der Gesundheit des Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft Priorität zu. Darin wird festgelegt, daß die Errichtung von Anlagen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen einer Bewilligung bedarf (siehe Kapitel 7.1). Es wird auch festgelegt, daß diese Bewilligung zu ändern ist, wenn neue wissenschaftliche Erkenntnisse dies nahelegen (z. B. Neufestsetzung der maximal zulässigen Dosis). Bei dieser Bewilligung ist natürlich auch ein höchst zulässiger Wert für die Emission radioaktiver Stoffe festzulegen. Ein Kernkraftwerk kann also nicht in Betrieb gehen, wenn die von der Behörde auferlegten Bedingungen nicht erfüllt werden, und muß sofort seinen Betrieb einstellen, wenn z. B. die Abluft oder die Abwässer mehr radioaktive Stoffe enthalten, als in den Bedingungen zugelassen wurde. In den Bedingungen wird aber auch festgelegt, wie die Prüfung der Emission erfolgen muß usw. Ebenso werden Auflagen für die technischen Einrichtungen erteilt. Weiters wird von Seiten der Regierung immer wieder betont, daß die Frage nach der Lagerung des Atommülls geklärt sein muß, bevor das Kernkraftwerk Zwentendorf die Benutzungsbewilligung erhält, sowie auch, daß ein Alarmplan ausgearbeitet werden muß, der in seinen groben Zügen der Öffentlichkeit bekanntgegeben werden wird.

Der Bau und der Betrieb von Kernkraftwerken werfen aber auch die Frage auf, welches Instrumentarium im zwischenstaatlichen Bereich zur Verfügung steht, um das mit der friedlichen Verwendung der Kernenergie sicherlich erhöhte Risiko auf ein möglichst geringes Maß zu bringen. Die wichtigsten Probleme sind hier die Entwendung von spaltbaren Material zwecks Herstellung von Atomwaffen, das Transportrisiko sowie die Frage nach einer Hilfe bei Nuklearunfällen (siehe 7.2). Fragen nach dem Schutz der Kernkraftwerke bei Kriegseinwirkung und im Falle von Terrorüberfällen (7.3) spielen genauso eine Rolle wie die Besprechungen mit Nachbarstaaten über den Standort und die Sicherheitsvorkehrungen beim Bau von grenznahen Kernkraftwerken (7.4).

Schließlich muß auch die Frage eines Schadenersatzes bei einer eventuell durch Kernkraftwerke eintretenden Schädigung erörtert werden. Dieser Schadenersatz ist durch das Atomhaftungsgesetz (BGBI. 117/1964) zum Teil geregelt, aber doch nicht ausreichend gedeckt. Auch hier werden Überlegungen angestellt (siehe 7.6).

Alle diese Punkte zeigen, daß hier der Gesetzgeber in mehrfacher Hinsicht eingreifen kann und muß. Hier ist eine eingehende Befragung von Experten auf den verschiedensten Gebieten nötig, hier wäre eine Weiterführung der Diskussion sehr bedeutungsvoll, auch zwischen den einzelnen Gruppen. Bei solchen Gesprächen können notwendig erscheinende Auflagen und Maßnahmen vorgeschlagen werden, die, wenn sie gerechtfertigt erscheinen, im Bewilligungsverfahren noch Berücksichtigung finden könnten.

## 7.1 Bewilligung für die Errichtung und den Betrieb eines Kernkraftwerkes

Bald nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität erkannte man, daß Bestrahlung des Organismus zu Schäden führen kann. Diese Schäden können somatischer als auch genetischer Natur sein.

Die Internationale Kommission für Strahlenschutz (ICRP), welche seit 1928 besteht, hat Empfehlungen ausgearbeitet, die sich mit den Grundlagen des Strahlenschutzes beschäftigen. Auch eine Reihe anderer internationaler Organisationen, wie die Internationale Atomenergieorganisation (IAEA), das Internationale Arbeitsamt (ILO), die Kernenergie-Agentur (NEA), die OECD und Euratom haben ebenfalls Richtlinien entworfen. Nach eingehender Beratung in verschiedenen Fachregimen wurde im Jahre 1969 das **Strahlenschutzgesetz** im Österreichischen Nationalrat beschlossen (BGBI. 227/1969, vgl. z. B. auch [1]).

### 7.1.1 Gesetzliche Grundlagen

Das Strahlenschutzgesetz legt Maßnahmen zum Schutze des Lebens oder der Gesundheit der Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlung fest. Im § 1 wird der Wirkungsbereich festgelegt; das Gesetz findet Anwendung auf „die Errichtung und den Betrieb von Anlagen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen ..... und den sonstigen Umgang mit radioaktiven Stoffen ..... und regelt die behördliche Überwachung der Umwelt auf radioaktive Verunreinigungen sowie die notwendigen Schutz- und Sicherungsmaßnahmen“. Im § 36 wird festgehalten, daß die Behörde unter Bedachtnahme auf den jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse durch Verordnungen nähere Vorschriften zu erlassen hat (**Strahlenschutzverordnung**, BGBI. 47/1972, vgl. z. B. auch [2]). Aufgrund des § 36 lit. e des Strahlenschutzgesetzes wird in der Strahlenschutzverordnung in den §§ 9—15 in Verbindung mit den Anlagen 4 und 5 eine sehr eingehende Regelung über die höchstzulässige Strahlenbelastung des menschlichen Körpers getroffen. Einerseits werden dabei die höchstzulässigen Dosis-, Aktivitäts- und Konzentrationswerte festgelegt, denen beruflich strahlenexponierte Personen ausgesetzt sein dürfen, und andererseits diese Werte für Personen außerhalb von Strahlenbereichen — also die Gesamtbevölkerung — bestimmt.

Vermerkt sei noch, daß das Strahlenschutzgesetz (im folgenden mit StrSchG abgekürzt) in § 4 ausdrücklich feststellt: „Jede Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper ist innerhalb der aufgrund dieses Gesetzes festgesetzten zulässigen Strahlungsbelastung so niedrig wie möglich zu halten.“

Im II. Teil des StrSchG (Bewilligung und Meldepflicht) wird in § 5 Abs. 1 festgehalten, daß die „.... Errichtung von Anlagen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen ... einer Bewilligung bedarf...“ Die Zuständigkeit ist in § 41 geregelt. Diese Be-

willigungen sind gemäß § 5 Abs. 4 zu erteilen, wenn „... a) für den Schutz des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlung, auch im Hinblick auf den in Aussicht genommenen Standort, in ausreichendem Maße Vorsorge getroffen wird und b) hinsichtlich der Verlässlichkeit des Antragstellers ... keine Bedenken bestehen ...“ Abs. 8 des selben Paragraphen verpflichtet die Behörde, „über das Vorliegen der geforderten Voraussetzungen Sachverständige oder staatlich autorisierte Anstalten ... zu hören“. Die oftmals geäußerten Bedenken, daß eine einmal gegebene Bewilligung für immer erteilt wurde, bestehen nicht zu Recht, weil im StrSchG festgelegt wird, daß zusätzliche Auflagen während der Errichtung (§ 5 Abs. 9) und nach § 11 auch noch während des schon bewilligten Betriebes erteilt werden können. („Ergibt sich nach rechtskräftiger Erteilung einer Bewilligung gemäß ..., daß trotz Erfüllung der Bedingungen und Einhaltung der Auflagen der Schutz des Lebens ... vor Schäden durch ionisierende Strahlen nicht ausreichend gewährleistet ist, so ist die Vorschreibung weiterer Vorschreibungen zulässig“.) Im § 18 wird bei unmittelbar drohender Gefahr die Behörde dagegen verpflichtet, alle geeigneten Maßnahmen zu ergreifen, um diese Gefahr abzuwenden. Hier besteht also eine Mußbestimmung, deren Nichtbeachtung die Behörde nach dem Amtshaftungsgesetz schadenersatzpflichtig macht. (Die schon im AVG 1950 in § 68 Abs. 3 vorgesehene Möglichkeit dazu, wenn es die Beseitigung der Gefährdung des Lebens oder der Gesundheit des Menschen verlangt, die eine Kannbestimmung ist, wird im StrSchG somit bewußt verschärft).

Im V. Teil des StrSchG wird im § 38 festgelegt, wer im Gefahrenfalle Entscheidungen zu treffen hat, wobei zwei Fälle unterschieden werden, nämlich Gefahrenfälle in der Anlage selbst (örtlicher Alarmplan) und Gefahren, die außerhalb der Anlage ihre Auswirkungen haben (allgemeiner Alarmplan). In diesem Abschnitt des Gesetzes wird auch im § 37 die behördliche Überwachung der Umwelt auf radioaktive Verunreinigungen verpflichtend dargestellt, während die Überwachung des Betriebs in § 17 geregelt wird.

Die gesetzlichen Bestimmungen sind hier etwas ausführlicher dargelegt worden, da sie die Grundlage für die Bewilligung der Errichtung und des Betriebes von Kernreaktoren bilden und dem Gesetzgeber jede Möglichkeit geben, die Entscheidung so zu treffen, daß das Leben und die Gesundheit der Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft geschützt wird. Hier treten nun bei den Juristen große Meinungsverschiedenheiten auf. Die Situation wurde z. B. von Prof. Simma so dargestellt: Die Tatsache, daß durchaus ernst zu nehmende Wissenschaftler keinen Konsens über die Gefährlichkeit oder Ungefährlichkeit der Kernkraftwerke finden, zwingt den Juristen, daran die Konsequenz zu knüpfen, daß die Gefahr nicht ausgeschlossen werden kann. Er hat sich, da das Recht die Funktion hat, die Menschen zu schützen, gegen diese Gefahren zu wenden.

Die Frage, wie ein Gemeinwesen seinen Energiebedarf deckt, ist heute eines der wichtigsten Probleme, die ein Staat zu diskutieren hat. Es müssen sehr genau alle Fakten gegeneinander abgewogen werden, also die Frage nach der Notwendigkeit der Erhöhung des Energieangebots, die verschiedenen Faktoren, die für die Sicherheit des Betriebes sorgen und die damit zusammenhängenden Fragen nach der Höhe des Risikos, unsere Kenntnis von den Schäden, die durch Bestrahlung auftreten können usw.

Zu bedenken ist, daß man ein Problem nicht allein betrachten kann; eine Gefährdung des Lebens und der Gesundheit des Menschen tritt in vielen Fällen auf, man muß die Risiken vergleichen und, wie die Lösung auch immer aussieht, ihre Summe so klein wie möglich halten. Dieses Prinzip, daß bei der Entwicklung der Kernenergie

von Beginn an eingehalten wurde, wurde in manchen anderen Bereichen nicht so streng beachtet.

## 7.1.2 Auflagen für das Kernkraftwerk Zwentendorf

Bei der Errichtung und beim Betrieb müssen natürlich alle Verwaltungsvorschriften eingehalten werden, die auch für konventionelle Kraftwerke gelten. Darüber hinaus kommt aber, wegen der Gefahren der radioaktiven Strahlung, noch das Strahlenschutzgesetz in Anwendung. Die Kompetenzen des Bewilligungsverfahrens liegen bei verschiedenen Stellen, die die einschlägigen Gesetze ohne gegenseitige Einflußnahme zu vollziehen haben, so z. B. beim Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz als Strahlenschutzbehörde, beim Bundesministerium für Bauten und Technik als zuständige Behörde für die Bewilligung im Zusammenhang mit der Dampfkesselverordnung und der Überprüfung der technischen Einrichtungen, beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft als Wasserrechtsbehörde, beim Bundeskanzleramt, beim Landeshauptmann usw. Beim Bewilligungsverfahren werden aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen die nötigen Auflagen erteilt, die vor dem Bau bzw. vor Betriebsbeginn erfüllt sein müssen.

Eine der wichtigsten Auflagen, die für die Bewilligung des Baues des Kernkraftwerks Zwentendorf der GKT (Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld Gesellschaft m. b. H.) auferlegt wurde, ist die Festlegung der höchstzulässigen Emissionswerte durch die Abluft über den Schornstein und durch das Abwasser, das in die Donau geleitet wird. Aufgrund des StrSchG bzw. der StrSchV wurden die Werte so festgelegt, daß am Zaun des Kraftwerksgeländes eine Jahresdosis auftreten kann, die weit unter dem zulässigen Maximalwert liegt.

Die Abluft, die aus dem 110 m hohen Schornstein abgegeben wird und radioaktive Gase und Aerosole enthält, die bei der Kernspaltung entstehen, muß durch entsprechende Filter und Verzögerungsstrecken geleitet werden. Sie darf nicht mehr als 10 Curie pro Stunde (10 Ci/h) enthalten; die Lieferfirma garantiert einen Wert, der unter 3 Ci/h liegt. Die abgegebenen Aerosole dürfen nur eine maximale Aktivität von 3 mCi/h aufweisen, dabei darf das Strontium-90, ein bei der Spaltung von Uran-235 häufig entstehendes Nuklid, das dem Kalzium ähnlich sich in den Knochen ablagert und dadurch besonders gefährlich ist, nur weniger als 0,5% davon betragen. Auch für Jod-131, ebenfalls ein häufiges Spaltprodukt, das von der Schilddrüse aufgenommen wird, wird ein eigener höchstzulässiger Aktivitätswert, nämlich 0,1 mCi/h vorgeschrieben. Auch hier liegt der Wert, den die Lieferfirma garantiert, niedriger, nämlich bei 0,05 mCi/h. Kurzzeitig dürfen zwar diese Werte überschritten werden, nicht aber das Monatsmittel. Die abgegebenen Mengen werden beim Schornsteinaustritt automatisch überwacht.

Alle radioaktiven Flüssigkeiten werden in einer Abwasseranlage (Filtration und Endampfung) aufbereitet und dann stark verdünnt mit dem Kühlwasser in die Donau abgeleitet, wobei die Erwärmung nach Vermischung unter 1°C liegt. Die Auflage für die Aktivität der Abwässer legt für ein Gemisch aus verschiedenen Isotopen weniger als  $1 \cdot 10^{-3}$  Ci/m<sup>3</sup> bzw. weniger als 2 Ci/Monat, im Jahr aber maximal 10 Ci, fest. Von Seiten der Lieferfirma wird weniger als 5 Ci/a garantiert. Ein besonders wichtiges Nuklid wird gesondert angegeben, das Abwasser darf höchstens  $10^{-7}$  Ci/m<sup>3</sup> oder 500 Ci/Jahr des Wasserstoffisotopes Tritium enthalten.

Schon im vorangegangenen Kapitel wurde betont, daß der Betreiber der Anlage verpflichtet ist, die Auflagen strikt einzuhalten. Er muß daher die Werte der Aktivität ständig verfolgen. Mit der Wahrnehmung dieser Überprüfung, wie überhaupt der Durchführung aller Strahlenschutzmaßnahmen, ist vom Gesetz her der „Strahlenschutz“ mit dem Strahlenschutzbeauftragten als Leiter betraut. Die Anforderungen und Aufgaben der Personen, die für die Wahrnehmung des Strahlenschutzes verantwortlich sind, legt der 6. Abschnitt der StrSchV in den §§ 28 bis 31 fest. Dem Strahlenschutzbeauftragten obliegt u. a. die Pflicht, alle im Reaktor beschäftigten Personen über die möglichen Gefahren des Betriebs zu belehren, eine Belehrung, die vor der Aufnahme der Beschäftigten und dann in regelmäßigen Abständen zu erfolgen hat.

Laut Gesetz müssen diese Meßwerte auch der Behörde zur Einsichtnahme vorgelegt werden (Beweis-Sicherung; § 118 der StrSchV sieht eine solche für eine Zeit von mindestens 30 Jahren vor). Entsprechend § 37 des StrSchG obliegt dem Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz (früher dem Bundesministerium für soziale Verwaltung) die großräumige Überwachung der Luft, der Niederschläge, der Gewässer und des Bodens sowie die Überprüfung der Lebensmittel und der landwirtschaftlichen Produkte auf radioaktive Verunreinigungen. Aufgrund dieser Verpflichtung wird zur Zeit ein vollautomatisches Meß- und Warnsystem über ganz Österreich aufgebaut, von dem auch drei Stationen in der Nähe von Zwentendorf liegen. Daher kann auch von der Behörde, unabhängig von der Messung des Betreibers, jederzeit die Einhaltung der Bewilligungsbedingungen überprüft werden.

Bedingungen für die Betriebsbewilligung sind auch technische Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. das Abschaltsystem, das Kühlsystem usw., die durchwegs auf dem Prinzip der Mehrfachsicherung beruhen. So sind z. B. in Zwentendorf drei Notkühlsysteme vorgesehen, während bei den meisten Kernkraftwerken nur zwei vorhanden sind. Neben diesem System der Mehrfachsicherung wird auch gefordert, daß für wichtige Sicherheitsaufgaben für die gleiche Funktion verschiedenartige Einrichtungen verwendet werden, so z. B. neben den Abschaltstäben eine Abschaltung durch Boreinspritzung, die es außerdem im Falle eines Terrorüberfalles unmöglich macht, den Reaktor wieder einzuschalten.

Auf die technischen Sicherheitseinrichtungen, die vorgeschrieben werden, bevor die Betriebsbewilligung erteilt wird, soll hier nicht näher eingegangen werden, da sie im Bericht Nr. 6 ausführlich beschrieben werden. Jedenfalls sind die technischen Sicherheitsauflagen bei Genehmigungsverfahren von Kernkraftwerken in Österreich äußerst streng. Von vielen Teilnehmern an der Informationskampagne wurde dies immer wieder besonders betont.

Eine Auflagebedingung, über die bisher noch keine endgültige Entscheidung getroffen wurde, ist die „Endlagerung“. Hier werden entsprechende Untersuchungen über verschiedene Möglichkeiten und über den Standort einer Lagerstätte durchgeführt; es steht auch hier fest, wie von zuständiger Seite (Bundeskanzler, Landeshauptmann von Niederösterreich, zuständige Ressortminister) versichert wird, daß eine Betriebsbewilligung erst erteilt wird, wenn diese Frage in zufriedenstellender Weise geklärt worden ist.

Ebenfalls noch nicht endgültig gelöst ist die Ausarbeitung eines „Alarmplanes“. Vom Bundesminister für Gesundheit und Umweltschutz, Frau Dr. Leodolter ist aber erklärt worden, daß dieser Alarmplan ausgearbeitet sein muß, bevor die Bewilligung für den Kernkraftwerksbetrieb erteilt wird. Für den „örtlichen Alarmplan“ (wenn die Höchstwerte nur innerhalb der Anlage überschritten werden, außerhalb des Reaktorgeländes die Werte aber noch innerhalb der durch die Bewilligung aufer-

legten liegen) ist der „Strahlenschutz“ des Kernkraftwerks zuständig. Entsprechend § 116 der StrSchV sind Betriebs- und Verhaltensvorschriften zu erlassen, die auch die Vorgangsweise bei Betriebsstörungen, bei Zwischenfällen oder Strahlenunfällen zu enthalten haben. Sie müssen den im Betrieb Tätigen nachweislich zur Kenntnis gebracht werden. Für besondere Arbeiten sind besondere Vorschriften zu erstellen. Im § 117 Abs. 3 werden die Grundsätze für diesen örtlichen Alarmplan festgelegt, der einer Genehmigung durch die zuständige Behörde bedarf. Auch dieser Alarmplan muß allen Beschäftigten nachweislich zur Kenntnis gebracht werden. In von der Behörde festgelegten Zeitabständen müssen Alarmübungen stattfinden, über deren Verlauf und Erfolg Aufzeichnungen zu führen sind. Vermerkt sei hier noch, daß zwar als „Strahlenschutzbehörde“ das Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz fungiert, daß aber alle sich auf den Dienstnehmerschutz beziehenden Agenden nach wie vor durch das Bundesministerium für soziale Verwaltung wahrgenommen werden.

Ein „überörtlicher oder allgemeiner Alarmplan“ wird zum Tragen kommen, wenn entsprechend § 38 des StrSchG „die Strahlenintensität aufgrund der radioaktiven Verunreinigung ein Ausmaß übersteigt, bei dem nach dem jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse die Möglichkeit einer Beeinträchtigung des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft besteht, so sind der Landeshauptmann und der Militärkommandant zu benachrichtigen; der Landeshauptmann hat, ausgenommen die in den §§ 17 und 18 vorgesehenen Maßnahmen (örtliche Maßnahmen), die sonst vorgesehenen erforderlichen Schutz- und Sicherungsmaßnahmen zu treffen...“ Im Abs. 2 von § 38 wird aufgezählt, worin die Schutz- und Sicherungsmaßnahmen bestehen, z. B. Verkehrsbeschränkungen Verbot des Verlassens von Häusern, Verbot des Betretens oder Evakuierung bestimmter Gebiete, Beschränkung der Wasserbenützung, um nur die wichtigsten aufzuzählen. Abs. 3 spricht über die Notwendigkeit einer raschen umfassenden Verbreitung der Anordnungen durch Anschlag auf öffentlichen Plätzen, durch Kundmachung im Rundfunk und im Fernsehen. Abs. 4 legt fest, wer zur Durchführung dieser Maßnahmen herangezogen werden kann. Der Abs. 5, der festlegt, daß „Schutz- und Sicherungsmaßnahmen bei Gefahr im Verzug auch gegen den Willen des Betroffenen durch unmittelbaren Zwang vollzogen werden“ können, entspricht nur den Maßnahmen, die auch bei Seuchen anzuwenden sind und einer Verringerung der Gefahr dienen. Wenn dieser Alarmplan fertiggestellt ist — er wird zur Zeit von den beiden zuständigen Stellen, dem Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz und der niederösterreichischen Landesregierung, ausgearbeitet — so wird er, nach dem Wunsche des zuständigen Ressortministers, der Öffentlichkeit bekanntgegeben. Welche Maßnahmen darin im einzelnen vorgesehen werden, kann zur Zeit noch nicht gesagt werden. Inwieweit der Zivilschutz bei gewissen Maßnahmen dieses Alarmplans eingeschaltet werden wird, ist noch offen; neben der Mithilfe des Militärs und der Gendarmerie wird auch die Tullner Feuerwehr herangezogen. Überlegungen über Verträge zur gegenseitigen Hilfsleistung mit anderen Staaten werden angestellt; weiter unten soll darauf noch kurz eingegangen werden.

## 7.2 Sicherheitskontrolle (Safeguard)

Zur Verhinderung der mißbräuchlichen Verwendung von friedlichen Zwecken gewidmetem spaltbarem Material wurde ein strenges internationales Sicherheitssystem eingerichtet. Vor allem soll die Verwendung zur Herstellung von Atomwaffen verhindert werden.

Die Grundlagen für ein derartiges Sicherheitssystem wurden bereits in den Statuten der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA) festgelegt [3]. In Artikel II, betreffend die Ziele der IAEA, wurde dieser Behörde aufgetragen, soweit als möglich sicherzustellen, „daß die von ihr oder über ihr Ersuchen oder unter ihrer Überwachung oder Kontrolle geleistete Hilfe nicht zur Förderung militärischer Zwecke verwendet wird“.

Um eine größtmögliche Sicherheit zu gewährleisten, wurden der IAEA weitreichende Befugnisse eingeräumt:

- a) Werden besonderes spaltbares Material und sonstige Materialien, Dienstleistungen, Ausrüstungen, Einrichtungen und Informationen von der IAEA auf Ersuchen oder unter ihrer Aufsicht oder Kontrolle verfügbar gemacht, so ist sie berechtigt, Sicherheitskontrollen vorzusehen und durchzuführen (Art. III A 5 erster Halbsatz).
- b) Darüber hinaus ist die IAEA über Ersuchen der vertragschließenden Parteien befugt, Sicherheitskontrollen auf jede bilaterale oder multilaterale Vereinbarung anzuwenden. Desgleichen kann sie über Ersuchen eines Staates auf jede Tätigkeit dieses Staates auf dem Gebiet der Atomenergie Sicherheitskontrollen in Anwendung bringen (Art. III A 5 zweiter Halbsatz).
- c) Die IAEA kann weiter nach Beratung und gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den zuständigen Organen der Vereinten Nationen und den in Frage kommenden Spezialorganisationen Normen zum Schutz der Gesundheit und zur Verminderung der Gefahren für Leben und Eigentum auf ein Mindestmaß aufstellen oder beschließen und für die Anwendung dieser Norm bei ihrer eigenen Tätigkeit wie auch bei den Tätigkeiten gemäß den Buchstaben a und b sorgen (Art. III A 6).

Gemäß Art. XI F 4 sind die Mitgliedstaaten, die ein Projekt für die Erforschung, Entwicklung oder praktische Anwendung der Atomenergie für friedliche Zwecke zur Genehmigung vorlegen, verpflichtet, die zu leistende Hilfe nicht zur Förderung militärischer Zwecke zu verwenden und das Projekt der Sicherheitskontrolle der IAEA zu unterwerfen.

Einen weiteren wichtigen Schritt stellt der Vertrag über die Nichtverbreitung von Atomwaffen dar [4]. In dem Vertrag verpflichten sich die Atomwaffenstaaten, solche Waffen oder die Kontrolle über diese an keinen wie immer gearteten Empfänger zu übertragen und Nichtatomwaffenstaaten keine Unterstützung bei der Herstellung solcher Waffen zu gewähren (Art. I). Die Nichtatomwaffenstaaten haben sich bei der friedlichen Verwendung von Kernmaterial den Sicherheitskontrollen der IAEA gemäß deren Statuten und Kontrollsystmen zu unterwerfen und dies in einem Vertrag mit der IAEA zu vereinbaren (Art. III). Aufgrund dieser Verpflichtung hat Öster-

reich am 21. September 1971 mit der IAEA das Abkommen über die Anwendung von Sicherheitskontrollen gemäß dem Vertrag über die Nichtverbreitung von Atomwaffen abgeschlossen [5].

An dieser Stelle sei aber daran erinnert, daß die friedliche Nutzung der Atomenergie in Österreich nicht erst seit diesem Abkommen mit der IAEA einer internationalen Kontrolle unterstellt ist. In den Kooperationsabkommen mit den USA gab es von allem Anfang an Kontrollbestimmungen, die USA nahmen als Lieferant von spaltbarem Material selbst die nötige Kontrolle in Anspruch (vgl. z. B. [6]). Seit Ende 1965 übte sodann die IAEA aufgrund des Abkommens zwischen der IAEA, der österreichischen Bundesregierung und der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika die Kontrollrechte aus (beachte jedoch Abschnitt 5 dieses Abkommens) [7]. Nachdem Österreich den Vertrag über die Nichtverbreitung von Atomwaffen und das auf diesem Vertrag beruhende Vertragskontrollabkommen ratifiziert hatte, wurde der Kontrollvertrag vom 20. 8. 1969 durch das BGBl. 240/1972 suspendiert. Das bedeutet, daß der Kontrollvertrag wieder in Kraft tritt, wenn das Vertragsabkommen außer Kraft gesetzt würde.

Die in den erwähnten Abkommen vorgesehenen Kontrollen dienen ausschließlich dem Zweck, nachzuprüfen, daß das für friedliche Zwecke zur Verfügung gestellte spaltbare Material nicht für Kernwaffen oder andere nukleare Sprengvorrichtungen abgezweigt wird. Das Abkommen findet in bezug auf sämtliche Ausgangs- und besondere spaltbare Material im Rahmen aller friedlichen nuklearen Tätigkeiten Anwendung, die innerhalb des Staatsgebietes der Republik Österreich in ihrem Zuständigkeitsbereich oder sonstwo unter ihrer Kontrolle ausgeübt werden (Art. 1 und 2, [5]).

Im Hinblick auf den beschränkten Zweck der Kontrolle darf diese weder die wirtschaftliche und technologische Entwicklung Österreichs oder die internationale Zusammenarbeit behindern noch zu einer ungebührlichen Einmengung in Österreichs friedliche nukleare Tätigkeit führen. Die Sicherheitskontrolle muß überdies mit der für die wirtschaftliche und betriebssichere Ausübung nuklearer Tätigkeit erforderlichen umsichtigen Betriebsführung vereinbar sein (Art. 4). Die IAEA ist weiters verpflichtet, jede Vorsichtsmaßnahme zu treffen, um Geschäfts- und Industrieheimnisse sowie andere vertrauliche Informationen, die ihr bei Durchführung des Abkommens zur Kenntnis kommen, zu schützen (Art. 5).

Die wichtigste Voraussetzung für eine wirksame Kontrolle durch die IAEA besteht in der Verpflichtung Österreichs, ein System für die buchmäßige Erfassung und Kontrolle sämtlicher in Frage kommenden Kernmaterialien zu errichten und aufrechtzuerhalten (Art. 7a). Außerdem hat Österreich der IAEA alle für die Kontrolle erforderlichen Informationen zur Verfügung zu stellen (Art. 8a). Die IAEA ist befugt, ad hoc und routinemäßig Inspektionen durchzuführen (Art. 71—72), wobei jedoch die Inspektoren mit Zustimmung Österreichs bestellt werden müssen (Art. 9). Für Österreich gibt es zur Zeit sieben Inspektoren. Das bei der Sicherheitskontrolle anzuwendende Verfahren ist in Teil II des Abkommens näher beschrieben. In Artikel 11 wird über die Beendung der Sicherheitskontrolle eine Feststellung gemacht.

Im Zusammenhang mit dem erörterten internationalen Sicherheitssystem mag sich mancher die Frage stellen, ob Österreich mit Rücksicht auf seine immerwährende Neutralität und auf einzelne Bestimmungen des Staatsvertrags nicht eine über die geschilderte vertragliche Verpflichtung hinausgehende zusätzliche Pflicht trifft, die Ausfuhr von radioaktivem Material aus seinem Staatsgebiet zu verhindern. Diese Frage ist aus praktischer Sicht aber von untergeordneter Bedeutung, weil eine Ausfuhr nur in Betracht kommt, um entweder abgebrannte Brennelemente im Ausland wieder

**aufzuarbeiten ungebrauchtes Material an den Lieferanten zurückzustellen oder unbrauchbar gewordenes Material derendlagerung zuzuführen.**

Gemäß dem inzwischen Völker gewohnheitsrecht gewordenen Artikel 6 des XIII. Haager Abkommens aus dem Jahre 1907 ist die „von einer neutralen Macht an eine kriegführende Macht aus irgendwelchem Grunde unmittelbar oder mittelbar bewirkte Abgabe“ von Munition oder sonstigem Kriegsmaterial untersagt. Für unsere Fragestellung ist daher entscheidend, ob Kernmaterial, das zur Verwendung für friedliche Zwecke bestimmt ist, als Kriegsmaterial angesehen werden kann oder nicht. In den diversen Waffenstillstands- und Friedensverträgen sind meist Definitionen und Listen von Kriegsmaterial enthalten. Ebenso findet sich im Annex I des Österreichischen Staatsvertrages eine Definition und eine Liste von Kriegsmaterial. Tatsächlich wird spaltbares Material in diesen Listen meist nicht ausdrücklich erwähnt (beachte jedoch Art. 13 Abs. 1 Buchstabe a des Staatsvertrags). Ob Kernmaterial, das für friedliche Zwecke verwendet wird, unter den Begriff des Kriegsmaterials subsumiert werden kann, mußte von Anfang an bezweifelt werden. Endgültige Klarheit schaffte aber der Vertrag über die Nichtverbreitung von Atomwaffen [4]. Dort wird eine klare Trennungslinie zwischen dem Material, das zur Herstellung von Kernwaffen oder anderen nuklearen Sprengvorrichtungen bestimmt ist, und jenem, das ausschließlich friedlichen Zwecken dienen soll, gezogen. Das Verbot der Weitergabe bezieht sich nur auf ersteres. Dieses Verbot ist ein absolutes, gilt sowohl in Friedenszeiten als auch im Falle eines bewaffneten Konflikts und geht weit über die Bestimmungen im Haager Abkommen hinaus. Dadurch soll aber die friedliche Nutzung der Kernenergie in keiner Weise eingeschränkt werden; daraus folgt *e contrario*, daß spaltbares Material, welches ausschließlich der friedlichen Verwendung dient, grundsätzlich nicht als Kriegsmaterial angesehen werden kann. Das oben dargestellte internationale Kontrollsysteem ist ja gerade zu dem Zweck eingeführt worden, um eine widmungswidrige Verwendung dieses Materials zu verhindern. Bleibt die internationale Kontrolle im Falle eines bewaffneten Konfliktes voll wirksam, so bleibt auch das friedlichen Zwecken dienende Material aus dem Begriff des Kriegsmaterials ausgeklammert, was bedeutet, daß ein neutraler Staat befugt ist, radioaktives Material zur Wiederaufarbeitung oder auch zur Endlagerung in ein kriegführendes Land auszuführen.

Auch die Bedenken, daß eine allfällige Ausfuhr von abgebrannten Kernbrennelementen zur Wiederaufarbeitung in die Bundesrepublik Deutschland einen Verstoß gegen Artikel 15 des Staatsvertrags (Verhinderung der deutschen Wiederaufrüstung) darstellen könnte, sind unbegründet. Die Bundesrepublik Deutschland ist durch entsprechende Kontrollabkommen ebenso wie Österreich in das internationale Kontrollsysteem einbezogen. Die Signatarmächte des Staatsvertrags waren an der Errichtung des Kontrollsystems maßgeblich beteiligt und haben sich, soweit sie Atomwaffenstaaten sind, im Vertrag über die Nichtverbreitung von Atomwaffen selbst verpflichtet, die friedliche Nutzung der Atomenergie auch durch Nichtatomwaffenstaaten zu fördern.

## 7.3 Sicherung der Kernanlagen (Physical Protection)

Für die Sicherung von Kernkraftwerken ist neben einem gut geschulten, mit den örtlichen Gegebenheiten wohl vertrauten Werkschutz sicherlich auch der Einsatz von Gendarmerie unentbehrlich. Dieser Schutz hat der Sicherung vor Zugriffen bzw. Eingriffen unbefugter Dritter zu gelten, d. h. Diebstahl zu verhindern, vor allem aber dafür zu sorgen, daß keine Sabotage- oder Terroranschläge ausgeführt werden. Dies sucht man durch möglichst strenge Kontrolle der Personen, die in das Reaktorgebäude kommen, zu erreichen, eine Kontrolle, die an mehreren Stellen, unabhängig voneinander, stattfinden soll. Auch durch technische Einrichtungen soll ein Sabotageeinschiff möglichst erschwert werden. Eine radioaktive Kontamination infolge eines durch einen Terroranschlag bewußt erzeugten Reaktorunfalls (z. B. durch Überhitzung) wird durch die oben erwähnte Boreinspritzung als Abschaltmechanismus neben der Versenkung der Abschaltstäbe unmöglich, wenn diese rechtzeitig erfolgt, weil der Reaktor dann nicht mehr in Betrieb genommen werden kann. Angriffe von außen können nur durch eine mit den örtlichen Gegebenheiten vertraute Polizeitruppe verhindert werden. Es ist verständlich, daß über die Pläne zur Bekämpfung von Gewaltanwendung nichts Näheres gesagt werden kann und soll; es wird aber versichert, daß dieses Problem sehr ernsthaft und sorgfältig behandelt wird.

Neben den Überwachungsmaßnahmen, die für die Erfüllung der Verpflichtungen nach dem Vertrag über die Nichtverbreitung von Atomwaffen [4] vorzusehen sind, existieren zusätzliche Sicherungsmaßnahmen für kerntechnische Einrichtungen, die die Einrichtungen und das Kernmaterial gegen vorsätzliche Einwirkung Dritter wie Sabotage und Diebstahl schützen. Im allgemeinen besteht ein solches Schutzsystem aus mehreren Komponenten. Dazu gehören u. a.

- Eingrenzung aller empfindlichen Bereiche, die Ziel eines Sabotageaktes sein können,
- verstärkte Zugangskontrolle zu den empfindlichen Bereichen,
- Alarm- und Wachsysteme, um einen illegalen Angriff frühzeitig erkennen und die erforderlichen Schritte einleiten zu können.

Ein Schutzsystem dieser Art ist für viele Anlagen aus den konventionellen Bereichen einer Industriegesellschaft üblich und nicht kernanlagenspezifisch. Kerntechnische Einrichtungen und insbesondere Kernreaktoren eignen sich jedoch besonders gut für solche Schutzsysteme, da aus betriebstechnischen und Betriebssicherheitsgründen die eingesetzten Kernmaterialien und die empfindlichen Anlagenteile besonders geschützt sind.

Verfolgt man die einzelnen Schritte in einem Reaktor vom Typ Zwentendorf, so stellt man fest, daß das Kernmaterial bzw. die Anlagenteile (wenn überhaupt; siehe unten) erst dann aus der Sicht der Sabotage- bzw. Diebstahlmöglichkeit an Bedeutung gewinnen können, wenn das Plutonium im Reaktor erzeugt worden ist. Das schwachangereicherte Uran, das den Eingangsbrennstoff für diesen Reaktortyp darstellt, ist für Sabotage und Diebstahl uninteressant.

Die plutoniumhaltigen radioaktiven Brennelemente können entweder im Reaktorkern oder in besonders geschützten, speziell angefertigten Betonlagern vorkommen. Der Reaktorkern, der wie ein geschlossener Behälter aus Stahl gebaut ist, ist selbst in einer 1 m starken Betonzelle eingemauert. Aus Strahlenschutzgründen enthält die Betonmasse mehr als 500 kg Stahl/m<sup>3</sup>, was eine sehr hohe Festigkeit bedeutet. Die Betonzelle ihrerseits ist von einer doppelwandigen Stahlumhüllung umgeben. Ein Zugang zu dieser äußeren Umhüllung ist nur nach einer sehr strengen Personal- und Materialkontrolle möglich.

Die dicke Betonummantelung würde den Reaktor schützen, auch wenn ein Flugzeug auf das Reaktorgebäude stürzen würde. Diese Konstruktion ist auch nötig, um den Reaktor vor Erdbeben zu schützen (die Auslegung ist so getroffen, daß das stärkste in diesem Gebiet registrierte Beben — Neulengbach 1590 — keinen Schaden anrichten würde). Es sei nur noch bemerkt, daß Zwentendorf natürlich nicht auf einer Erdbebenlinie liegt.

Die abgenutzten radioaktiven Brennelemente werden über längere Zeit in wasser gefüllten Betonlagern tiefgelagert. Wegen des hohen Radioaktivitätspegels können diese Brennelemente nur durch Fernbedienung bewegt bzw. gehandhabt und in mit Blei abgeschirmten schweren Behältern transportiert werden. Ein Zugang zu diesen Lagern ist nur nach einer strengen Kontrolle möglich.

Im Gegensatz zu technischen Sicherheitssystemen, die ein unbeabsichtigtes Versagen technischer Teile und Systeme in einem Reaktor verhindern sollen, sind die hier angesprochenen Schutzsysteme dafür bestimmt, den Kernreaktor gegen Diebstahl und Sabotage, d. h. gegen vorsätzliche gesetzwidrige Handlungen von Menschen zu schützen. In anderen Worten sind die Maßnahmen eines Schutzsystems in einem Reaktor in erster Linie dazu gedacht, **Menschen** bei der Durchführung solcher gesetzwidriger Handlungen zu hindern, die zum Schaden einzelner Personen bzw. der Gesamtbevölkerung führen können. Es wäre deshalb interessant, nach der Eignung eines Kernreaktors als Ziel für Sabotage bzw. Diebstahl zu fragen.

Theoretisch könnte ein Objekt als Sabotageziel dienen, wenn eine Einwirkung auf das Objekt durch konzentrierte Aktionen einer begrenzten Anzahl von Personen mit Sicherheit eine große Auswirkung auf die Umgebung ermöglicht, so daß die Aufmerksamkeit eines großen Teils der Bevölkerung auf diese Aktion gelenkt wird. In einem Kernreaktor könnte eine große Auswirkung nur durch bewußte Freisetzung radioaktiver Substanzen erzielt werden. Da jedoch die Lagerorte dieser Stoffe, wie schon erwähnt, aus betrieblichen Gründen ungewöhnlich sicher ausgelegt werden müssen und da sie mit schwer zu überwindenden Hindernissen versehen sind, ist es fast unmöglich, unkontrolliert und illegal an eine Stelle zu gelangen, von der aus ein Sabotageakt nennenswerte Mengen radioaktiver Stoffe freisetzen könnte. Wegen der Bauweise des Reaktorkerns bzw. Lagerbeckens für abgenutzte radioaktive Brennelemente ist außerdem die Möglichkeit äußerst gering, daß durch Sabotageakte mit konventionellen Mitteln radioaktive Substanzen überhaupt freigesetzt werden können.

Die Möglichkeit eines Diebstahls von radioaktiven Brennelementen kann man ausschließen, da man unkontrolliert und ohne komplizierte Maßnahmen ein Brenn element nicht erreichen kann. Wegen der großen Schwierigkeiten, die mit der Durchführung eines Sabotageaktes gegen einen Reaktor verbunden sind, gekoppelt mit der Tatsache, daß auch nach einem erfolgten Sabotageakt die erhoffte Auswirkung vollkommen ausbleiben kann, könnte man die Frage stellen, ob Kernreaktoren überhaupt Ziel einer Sabotagetätigkeit sein können. Diese Frage gewinnt zunehmend

an Bedeutung, da die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß zu diesem Zwecke völlig andere Ziele, die wesentlich leichter und sicherer verfolgt werden können, auch verfolgt werden.

Eine Zusammenfassung des aufgeführten Sachverhaltes zeigt, daß ein Reaktorsystem des Zwentendorf-Typs besonders geeignet ist, ein Schutzsystem einzubauen, das einen maximalen Schutz für die empfindlichen Anlagenteile und für das Kernmaterial gegen Diebstahl und Sabotage bietet. Die Bau- und Betriebsweise des Reaktorkerns und des Brennelementlagers, wo sich die radioaktiven Pu-haltigen Brennelemente befinden, machen einen unkontrollierten Zugang zu den Brennelementen fast unmöglich.

Zu den Gefahren durch einen bewaffneten Überfall sollen noch einige Bemerkungen aus völkerrechtlicher Sicht gegeben werden.

Die Genfer Diplomatische Konferenz über die Neubestätigung und die Weiterentwicklung des in bewaffneten Konflikten anzuwendenden internationalen humanitären Rechts hat zwei Zusatzprotokolle zum Genfer Abkommen zum Schutze der Kriegsopfer ausgearbeitet (BGBl. 155/1953). Das erste Zusatzprotokoll bezieht sich auf internationale bewaffnete, das zweite auf interne Konflikte. Bei diesen Zusatzprotokollen ist je ein Artikel über den besonderen Schutz für „Einrichtungen und Bauten, die gefährliche Energien enthalten“ vorgesehen (Art. 49 des I. und Art. 28 des II. Protokolles). Kernkraftwerke sind in diesen Bestimmungen ausdrücklich erwähnt. Solche Bauten und Einrichtungen dürfen keine Angriffsziele sein, selbst dann nicht, wenn sie militärische Objekte darstellen, sofern durch den Angriff gefährliche Energien freigesetzt werden können, die schwere Verluste in der Zivilbevölkerung verursachen würden. Die Konfliktparteien dürfen in der näheren Umgebung solcher Bauten nur Verteidigungskräfte zum Schutze der Installationen stationieren. Gegen derartige Einrichtungen dürfen auch keine Repressalien ergriffen werden. Der Schutz ist jedoch hinfällig, wenn Kernkraftwerke mißbraucht werden, um militärischen Operationen durch die Lieferung von Strom eine regelmäßige, entscheidende und direkte Unterstützung zu gewähren. Die Bauten können durch entsprechende sichtbare Schutzzeichen markiert werden. Schließlich werden die Konfliktparteien dringend eingeladen, den vorgesehenen Schutz durch bilaterale Zusatzvereinbarungen zu erweitern.

Es sei hier angemerkt, daß die IAEA Empfehlungen an alle Mitglieder ausgearbeitet hat, die sich mit der Sicherung von Kernmaterial befassen [8]. Diese Empfehlungen wurden auch in ein österreichisches Gesetz zur Sicherung von Kernmaterial als Richtlinien aufgenommen; sie betreffen den Schutz von Kernmaterial bei der Verwendung, beim Transport und bei der Lagerung. Abschließend sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß sich durch die Notwendigkeit einer gewissen Überwachung und Kontrolle der in Kernenergieanlagen Beschäftigten Probleme der Einschränkung der persönlichen Freiheiten ergeben können; die Gruppe gelangte jedoch zu der Auffassung, daß sich die Problematik hier nicht prinzipiell von der unterscheidet, die etwa bei verschiedenen anderen großen Industrieanlagen, aber auch bei Banken oder manchen Dienstzweigen der Behörden (z. B. diplomatischer Dienst) auftritt. Insbesondere kann festgestellt werden, daß in anderen Bereichen der Industrie diesem Aspekt bedeutend weniger Aufmerksamkeit geschenkt wurde als im Zusammenhang mit der Kernenergienutzung. Von einem aktuellen Entwicklungstrend in Richtung auf polizeistaatliche Maßnahmen kann in diesem Zusammenhang jedenfalls nicht gesprochen werden.

## 7.4 Völkerrechtliche Aspekte nuklearer Anlagen in Grenznähe

Wenn es im Lande lebhafte Diskussionen über die Vor- und Nachteile von Kernkraftwerken gibt, ist es nur verständlich, daß man sich auch die Frage stellt, was Österreich unternehmen kann, um an der Planung von kerntechnischen Einrichtungen in Grenznähe mitzuwirken bzw. dagegen Einspruch geltend zu machen. Konkrete Fälle sind z. B. Rüthi an der schweizerisch-österreichischen Grenze, Marienberg und Pleinting an der österreichisch-deutschen Grenze und Dukovany nahe der Grenze Österreich-ČSSR. Die Kontakte finden auf diplomatischer Ebene statt; sie betreffen neben der Standortfrage auch den komplexen Problemkreis des Umweltschutzes und der erforderlichen Sicherheitsfragen [9].

Im folgenden soll dieses Problem, das für Österreich doch sehr wichtig ist, ausführlicher besprochen werden. Mit Kernanlagen sind dabei nicht nur Kernkraftwerke, sondern auch (Zwischen- oder End-) Lagerstätten sowie Wiederaufarbeitungsanlagen gemeint.

Eine völkerrechtliche Aussage über grenznahe Kernanlagen setzt die Erfüllung zweier Bedingungen voraus. Zum ersten darf die Schädlichkeit bzw. Gefährlichkeit dieser Anlagen durch die Naturwissenschaft zum mindesten nicht ausgeschlossen sein. Nun stößt man hier, wie schon eingangs erwähnt, auf unversöhnliche Gegensätze; aus beiden Lagern kommen wissenschaftliche Stimmen, die durchaus ernst zu nehmen sind. Somit kann die erste Bedingung als erfüllt angesehen werden. Die zweite Bedingung ist völkerrechtsimmanent. Das Völkerrecht ist auch heute noch grundsätzlich ein Recht zwischen souveränen Staaten. Die Gefährlichkeit von Kernanlagen kann nur dann völkerrechtlich relevant werden, wenn ein benachbarter Staat gegen die Errichtung in Grenznähe Widerstand geltend macht. Findet sich ein Staat mit derartigen Aktivitäten ab, so tritt keine völkerrechtliche Frage auf (Geltung des Grundsatzes „volenti non fit iniuria“).

In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, daß zwischenstaatliche Kontroversen um Kernanlagen in Grenznähe bereits vorliegen, wodurch diese Diskussion auch aktuelle Bedeutung hat. Nach Meinung von Prof. Simma wird sie in Zukunft zunehmen und an Brisanz gewinnen. Prof. Simma erarbeitete im Jahr 1973/74 im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung zwei Studien zu dieser Frage, die im Zusammenhang mit dem Bau des Kernkraftwerks Rüthi nur etwa 300 m von der Rheingrenze Österreichs standen. Der Großteil dieser Studie ist in [10] veröffentlicht. Es wird auch hier gelegentlich auf dieses Werk verwiesen.

Die Staatengemeinschaft beruht auf dem Grundsatz der souveränen Gleichheit ihrer Mitglieder (Art. 2 Ziffer 1 der UN-Charta). Dies bedeutet, daß die Staaten auf ihrem Territorium und im Luftraum darüber grundsätzlich die ausschließliche Gebietshoheit ausüben, innerhalb ihrer Staatsgrenzen in ihren Handlungen also frei sind. Zum anderen koexistieren die Staaten aber miteinander, mit der notwendigen Folge, daß die freie „Verwendbarkeit“ ihres Territoriums dort eine Grenze findet, wo ihre Aktivitäten die territoriale Integrität des oder der Nachbarstaaten beeinträchtigen, diese Beeinträchtigungen können in dem zu betrachtenden Fall bedeutend sein.

Die Gesamtheit der völkerrechtlichen Normen, welche die Verhinderung solcher schädlicher Einwirkungen zum Gegenstand haben, wird internationales Nachbarrecht genannt. Seine Existenz wird in der Völkerrechtslehre übereinstimmend anerkannt [11]. In einem in der DDR durch ein Autorenkollektiv verfaßten Lehrbuch [12] wird z. B. ausgeführt: „Für das friedliche Zusammenleben benachbarter Staaten ist es bedeutsam, daß jeder von ihnen auf seinem eigenen Territorium alle Handlungen unterläßt, die eine Beeinträchtigung des Nachbarstaates zur Folge haben könnten . . . So ist es z. B. durch das Völkerrecht untersagt, auf dem eigenen Territorium Atom-bombenexplosionen durchzuführen, die auf das Gebiet anderer Staaten hinüberwirken. Ähnliches gilt für eine übermäßige, die Gesundheit der Menschen oder die Volkswirtschaft des Nachbarstaates schädigende Verunreinigung der Luft, z. B. durch giftige chemische oder radioaktive Substanzen.“ Das Internationale Nachbarrecht ist auch in von Rechtsüberzeugung begleiteter Staatenpraxis verankert [13], so daß ohne Zweifel von einem Völkergewohnheitsrecht gesprochen werden kann, es also keiner eigenen Verträge bedarf, um entsprechende Unterlassungs- bzw. Verhindungspflichten der Staaten zu begründen.

Von den Entscheidungen internationaler Gerichte und Schiedsgerichte zum völkerrechtlichen Nachbarrecht wird als bekanntester ein Fall angeführt, bei dem ein amerikanisches Schiedsgericht die grenzüberschreitende SO<sub>2</sub>-Emission einer Zink- und Bleiverhüttungsanlage verurteilte (vgl. [14]).

Die Umweltkonferenz der Vereinten Nationen nahm im Juni 1972 in Stockholm in ihrer Schlußdeklaration folgenden Grundsatz Nr. 21 auf: „Die Staaten haben nach Maßgabe der Charta der Vereinten Nationen und der Grundsätze des Völkerrechts das souveräne Recht zur Ausbeutung ihrer eigenen Hilfsquellen nach Maßgabe ihrer eigenen Umweltpolitik sowie die Pflicht dafür zu sorgen, daß durch Tätigkeiten innerhalb ihres Hoheits- oder Kontrollbereiches der Umwelt in anderen Staaten oder in Gebieten außerhalb ihres nationalen Hoheitsbereichs kein Schaden zugefügt wird.“

Der Inhalt des **internationalen Nachbarrechts** läßt sich nach eingehendem Quellenstudium folgendermaßen zusammenfassen:

„Kein Staat darf auf seinem Staatsgebiet Aktivitäten vornehmen, fördern oder dulden, die auf dem Gebiet eines Nachbarstaates nicht unerhebliche, nicht übliche Schäden verursachen.“

Von besonderer Bedeutung ist dabei, daß das Nachbarrecht darauf abzielt, solche schädliche Aktivitäten zu unterbinden.

Eine weitere Konkretisierung erfährt das völkerrechtliche Nachbarrecht in bezug auf „besonders gefährliche Unternehmungen“ (ultra hazardous activities). Darunter versteht man nicht allgemein übliche Tätigkeiten, die notwendigerweise die Gefahr schwerwiegenden Schadens für das Leben, die Gesundheit oder das Eigentum anderer in sich bergen, wobei diese Gefahr auch durch größte Sorgfalt nicht ausgeschlossen werden kann. Nach weitgehend übereinstimmendem, auf gewissen Gebieten auch vertraglich vereinheitlichtem innerstaatlichem Recht wird für solche Schäden ohne Verschulden, zum Teil ohne Nachweis einer Rechtswidrigkeit, gehaftet. Das Nachbarrecht begnügt sich aber nicht mit der Feststellung, was post festum zu geschehen hat. Solche besonders gefährlichen Unternehmungen, bei denen im Störfall ein eventuell katastrophales Ausmaß annehmender Schaden zu gleichem oder vielleicht sogar überwiegendem Teil auf dem Gebiete des Nachbarstaates auftreten würde, müssen heute als völkerrechtlich verboten gelten. Entscheidend ist dabei auch der Grad der

Wahrscheinlichkeit, mit der das schädigende Ereignis eintreten kann. Der Grad der Wahrscheinlichkeit des Schadens, der ausreicht, um solche gefährliche Unternehmungen im Grenzbereich als verboten erscheinen zu lassen, liegt dabei nicht starr fest, sondern ist umgekehrt proportional zum Ausmaß des möglichen Schadens. Je größer dieser sein kann, desto geringer sollte der Grad der Wahrscheinlichkeit seines Eintrettes sein; bei Schäden größten Ausmaßes, insbesondere bei der Gefahr der Zerstörung von Leben und/oder der Beeinträchtigung der Gesundheit sollte die nicht ausschließbare Möglichkeit des Eintritts genügen, um diese Unternehmungen in Grenznähe zu verbieten. Auch hier gibt es bereits Belege in der Staatenpraxis (vgl. [15]).

In diesen Überlegungen manifestiert sich die Einschätzung von Prof. Simma, die noch extremer von Prof. Hinz vertreten wird, daß der Jurist die Meinung der Naturwissenschaftler über die Gefahren des Kernreaktors, über deren Existenz wohl Konsens herrscht, deren Höhe aber sehr unterschiedlich beurteilt wird, dahingehend zu interpretieren habe, daß eine Gefahr auch im Normalbetrieb vorliege, da sie nicht zweifelsfrei auszuschließen sei. In noch viel stärkerem Maße trifft diese Argumentation auf den Störfall zu, den kein Naturwissenschaftler vollkommen ausschließt, dessen Eintrittswahrscheinlichkeit aber von einigen als äußerst gering angesehen wird (vgl. dazu den Bericht Nr. 5). Wenn man aber nun die oben gemachten Aussagen über das völkerrechtliche Nachbarrecht konsequent anwendet, dann kommt man zu dem Ergebnis, daß eine Kernanlage in Grenznähe gegen den Willen des Nachbarstaates nicht errichtet werden darf. Mit anderen Worten: Jeder Staat hat diesbezüglich einen völkerrechtlichen Unterlassungs- oder Verhinderungsanspruch gegenüber seinem Grenznachbarn. Ob und wie er diesen Anspruch geltend macht, liegt — natürlich im Rahmen der völkerrechtlichen Grundpflicht zur friedlichen Beilegung aller zwischenstaatlichen Streitigkeiten — in seinem Ermessen. Ob hier eine verfassungsrechtliche Prüfung eine Verpflichtung nachweisen kann oder nicht, ist eine andere Frage.

Wie verhält es sich, wenn der gegen die Pläne von Kernanlagen seines Nachbarn opponierende Staat selbst Kernanlagen plant, baut oder in Betrieb hat? Verliert er dadurch die Möglichkeit, den oben beschriebenen Anspruch geltend zu machen (*tu quoque*-Gedanke)? Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden:

Errichtet oder betreibt der Opponent selbst grenznahe Kernanlagen, so wäre sein Widerstand gegen analoge Absichten des Nachbarstaats ein klarer Selbstwiderspruch, der nach dem allgemeinen Rechtsgrundsatz „*venire contra factum proprium non valet*“ rechtserheblich ist, d. h. er kann seinen Anspruch nicht erfolgreich geltend machen, freilich wäre noch zu prüfen, ob dies gegenüber allen Nachbarn eintritt oder nur gegenüber dem durch die eigene Kernanlage unmittelbar betroffenen.

Dagegen besteht der Anspruch auf Widerstand gegen die Errichtung von Kernanlagen sehr wohl, wenn der Staat in seinem Landesinneren Kernanlagen unterhält. Es ist Sache jedes Staates und seiner Rechtsordnung zu entscheiden, welches Risiko für Leben und Gesundheit der Bürger als Kehrseite einer ausreichenden — oder möglichst bequem zu erreichenden Energieversorgung noch tragbar erscheint. Dabei kann das Interesse der Gesamtheit der Bevölkerung unter Umständen den Interessen einzelner auf eine möglichst ungestörte Umwelt vorgehen. Durch eine Kernanlage in Grenznähe im Nachbarstaat sind aber nur die Nachteile gegeben. Die Berechtigung des Gedankens, daß die Mitglieder eines Gemeinwesens einen gewissen Schaden und ein gewisses Risiko auf sich nehmen, um dafür die Annehmlichkeiten, die Daseinsvorsorge dieser Gemeinschaft genießen zu können, endet sozusagen an der Staatsgrenze.

Das Phänomen, daß ein Staat seinen eigenen Angehörigen eine Reihe von Belastungen und Risken zumuten kann, ohne sie jedoch ebensolchen Belastungen und Gefährdungen durch einen anderen Staat aussetzen zu müssen, ist dem Völkerrechtler wohl vertraut [16].

Zusätzliche Probleme entstehen in dem Fall, daß zwei Staaten sich auf beiderseits nicht zu überschreitende Höchstwerte für die radioaktive und sonstige Belastung der Umwelt durch Kernanlagen einigen. Wenn auch zur Zeit derartige Abkommen nicht vorliegen, wird die künftige Völkerrechtsentwicklung auch in dieser Richtung gehen. In diesem Fall darf aber der Staat, der zuerst eine Kernanlage baut, den einvernehmlich festgesetzten Grenzwert ohne Zustimmung des Nachbarn nicht voll ausschöpfen, denn es würde zur Folge haben, daß der andere Staat dann keine eigene Kernanlage bauen kann, da ja durch die Festlegung des Grenzwerts keine zusätzliche radioaktive Belastung mehr möglich ist. Das oben erwähnte Übereinkommen müßte zu einer Aufteilung der Belastungskapazität führen.

Zu den im Kapitel 7.3 angeführten völkerrechtlichen Überlegungen zur Sicherung von Kernkraftwerken im Kriegsfalle kommen bei grenznahen Kernanlagen neue Probleme, da dadurch bei Nichteinhaltung des Abkommens ein Staat betroffen wäre, der gar nicht in den Konflikt verwickelt ist. Hält sich z. B. der in den Konflikt verwickelte Staat nicht an das Verbot der Plazierung militärischer Objekte in der Nähe von Kernanlagen, dann ist ja der völkerrechtliche Schutz auch nicht mehr gegeben; die Folgen würden dann aber auch den Nachbarstaat treffen, der nicht an dem Konflikt beteiligt ist.

Folgende Schlußfolgerungen werden von Prof. Simma vorgeschlagen: Bisher ist die Argumentationslinie beschrieben worden, die aus dem Völkerrecht gewonnen werden kann, um die grundsätzliche Ablehnung der Errichtung grenznaher Kernanlagen zu untermauern. Ob sich dieser Rechtsstandpunkt gegenüber einem anderen Staat durchsetzen läßt, ist eine andere Frage. Das Völkerrecht in seiner gegenwärtigen Entwicklung stellt auf universeller Ebene keine zentrale Instanz zur obligatorischen Rechtsfindung und Rechtsdurchsetzung zur Verfügung [17]. So hängt alles von der konkreten Situation, dem Standpunkt der politischen und wirtschaftlichen Beziehungen zwischen den betroffenen Staaten, dem Vorhandensein bilateraler Streiterledigungsmechanismen usw. ab. In den Fällen, in denen sich ein Nachbarstaat auch durch noch so dringliche Hinweise auf die Völkerrechtswidrigkeit seiner Absichten von seinen Plänen nicht abbringen läßt, wäre demnach eine Art völkerrechtliche Auffanglinie zu errichten und auf das vertraglich zu fixierende Zugeständnis von Maßnahmen zu drängen, durch welche die eigene Bevölkerung vor Schäden durch die Kernanlagen so weit wie möglich geschützt wird. Ein diesbezüglicher Maßnahmenkatalog scheint durch die vom Rat der OECD im November 1974 empfohlenen „Grundsätze für grenzüberschreitende Umweltbelastungen“ [18] vorprogrammiert (vgl. auch [19]). Diese OECD-Grundsätze enthalten keine materiellen Verbotsnormen, sondern betonen bestimmte Verfahren und Verfahrensgrundsätze zur gegenseitigen Interessenabstimmung und Rücksichtnahme, wie die rechtzeitige Information und Konsultation, den Aufbau gemeinsamer Überwachungssysteme, den Austausch von Meßergebnissen, die Gleichbehandlung der Betroffenen auf beiden Seiten der Staatsgrenzen in der Frage des Zugangs zu innerstaatlichen Rechtsbehelfen, die Nicht-diskriminierung in der Höhe der Umweltbelastung usw. Der sogenannte „Salzburger Flughafenvertrag“, der zwischen Österreich und der Bundesrepublik Deutschland geschlossen wurde, könnte hier Modellcharakter haben.

## 7.5 Transport von radioaktivem Material, Hilfeleistung bei Strahlenunfällen

Die Sicherung des Transportes von Kernmaterial wurde bereits kurz besprochen. Empfehlungen sind in dem Dokument der IAEA (Physical Protection of Nuclear Material), das im Kapitel 7.3 angeführt wurde [8], enthalten. Es sei hier aber auch noch kurz über die Vorkehrungen berichtet, die zum Schutze gegenüber der radioaktiven Strahlung getroffen werden müssen. Für die grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher radioaktiver Stoffe sind in den Anlagen zum Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) [20] und zum Internationalen Übereinkommen über den Eisenbahnfrachtverkehr (CIM) [21] besondere Vorschriften bezüglich der Beförderungsgenehmigung, der Verpackung, der Lagerung, der Verladung und teilweise auch der Beschaffenheit der Transportmittel vorgesehen.

Die Transportgefäße, mit denen ausgebrannte Brannelemente transportiert werden, wurden eigens zu diesem Zweck konstruiert und müssen sorgfältig geprüft werden. Die Tests beinhalten Fallversuche aus 100 m Höhe sowie mehrstündige Erhitzung durch Feuer, denen die Behälter standhalten müssen.

Die IAEA hat zuletzt in Zusammenarbeit mit der Weltgesundheitsorganisation, der Ernährungs- und Landwirtschafts-Organisation und der Internationalen Arbeitsorganisation ein Dokument über die gegenseitige Hilfeleistung bei Strahlenunfällen veröffentlicht [22], aus dem ersichtlich ist, welche personelle und technische Hilfe einzelne Staaten anderen Ländern bei Nuklearunfällen zur Verfügung stellen können. Überdies wurden von der IAEA bilaterale und multilaterale Musterverträge über solche Hilfsleistungen ausgearbeitet [23].

Österreich hat zwar bisher keine derartigen Verträge abgeschlossen, doch werden Schritte geprüft, um die Ausarbeitung eines multilateralen Vertrages in die Wege zu leiten. Ein solcher wäre einem Netz bilateraler Verträge jedenfalls vorzuziehen, nicht zuletzt deshalb, weil im multilateralen Rahmen mit besserer Koordination und effizienterer Hilfe gerechnet werden kann.

Bis zum Abschluß eines Abkommens besteht die Möglichkeit, im Bedarfsfall durch Vermittlung der IAEA oder auch im direkten Wege aus den Nachbarstaaten innerhalb kürzester Zeit Hilfe zu erhalten. In beschränktem Maße wäre auch die IAEA selbst imstande, Hilfe anzubieten, insbesondere durch die Zurverfügungstellung von Experten.

## 7.6 Schadenersatz bei Schädigung durch Kernkraftwerke

Dieses Kapitel verfaßte Prof. Koziol, der der Arbeitsgruppe nicht angehörte, diesen Beitrag jedoch in dankenswerter Weise zur Verfügung stellte, handelt es sich doch um ein Problem, das von allgemeinem Interesse ist und immer wieder Anlaß zur Diskussion gibt (siehe dazu auch den Bericht Nr. 4, Kapitel 4.8, wo vor allem die wirtschaftlichen Aspekte der Versicherungsfragen behandelt werden).

Die schadenersatzrechtlichen Bestimmungen des Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuches (ABGB) aus dem Jahr 1811 gewähren dem Geschädigten in aller Regel nur dann Ersatzansprüche gegen den Schädiger, wenn diesen ein Verschulden trifft. Es ist somit vorausgesetzt, daß der Schädiger rechtswidrig gehandelt hat und ihm der Vorwurf eines subjektiv mangelhaften Verhaltens gemacht werden kann. In neuester Zeit hat der Gesetzgeber jedoch erkannt, daß damit nicht das Auslangen zu finden ist. Die neuen Errungenschaften der Technik ließen eine weitgehend vom Verschulden losgelöste Haftung sachgerecht erscheinen. Diese beruht auf dem Gedanken, daß jedem, der im eigenen Interesse eine besonders gefährliche Sache oder Anlage benutzt, grundsätzlich auch die Wiedergutmachung der durch diese Gefahrenquelle verursachten Schäden auferlegt werden müsse. Dafür spricht auch noch der Umstand, daß er wenigstens in gewissem Maße die drohende Gefahr durch besonders sorgfältiges Verhalten abwenden kann. Dementsprechend wurde z. B. eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung für Kraftfahrzeuge, Eisenbahnen und Luftfahrzeuge eingeführt; im Jahre 1964 folgte das Bundesgesetz über die Haftung für nukleare Schäden, kurz Atomhaftungsgesetz (AtHG) [24].

Das AtHG regelt die Haftung für Schäden durch Kernumwandlungsvorgänge, die bei der Errichtung, dem Bestand oder dem Betrieb von Kernanlagen oder bei der Herstellung, Beförderung oder sonstiger Innehabung von Kernmaterialien verursacht werden (§ 1 Abs. 1). Für die hier zu erörternden Fragen ist von Bedeutung, daß zu den Kernanlagen u. a. die Reaktoren und zu den Kernmaterialien die Kernbrennstoffe und die aus diesen hervorgegangenen Abfälle gehören. Die Schadenersatzpflichten treffen gemäß § 3 den Betriebsunternehmer der Kernanlage, in der sich die Kernmaterialien, die den Schaden verursacht haben, zur Zeit der Schädigung befanden, oder aus der sie zu dieser Zeit unmittelbar hergestammt haben. Aus dieser letzten Klausel ergibt sich, daß etwa bei Beförderungen von Kernbrennstoffen oder deren Diebstahl die strenge Gefährdungshaftung den Betriebsunternehmer der Kernanlage trifft. Werden Kernbrennstoffe aus dem Ausland nach Österreich versendet, so haftet der Betriebsunternehmer jener Anlage, für die sie bestimmt sind. Nur ausnahmsweise trifft den Beförderer allein die Haftung.

Die Ersatzpflicht des Betriebsunternehmers ist allerdings dann ausgeschlossen, wenn das nukleare Ereignis durch Krieg usw. verursacht ist (§ 9). Der Haftungsausschluß beruht auf dem Gedanken, daß der Betriebsunternehmer hier die Gefahr nur schwer abwenden kann; dennoch ist er auch hier problematisch, da der Schaden bzw. dessen besondere Höhe gerade auf das Vorliegen einer Kernanlage bzw. von Kernmaterialien zurückzuführen sind.

Bei Verletzung von Personen sind — so wie nach ABGB — die Heilungskosten, der Verdienstentgang und die Kosten aus einer Vermehrung der Bedürfnisse zu ersetzen, bei Tötung auch die Bestattungskosten und den unterhaltsberechtigten Hinterbliebenen die entgangenen Unterhaltsleistungen. Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings beim Schmerzensgeld. Dieses kann nur im Falle längeren Siechtums begehrt werden (§§ 12 und 13). Es ist heute nicht mehr gerechtfertigt, daß nur in diesen eng umgrenzten Fällen Schmerzensgeld gewährt wird, da nun auch im Bereich anderer Gefährdungs-haftungen, etwa für Eisenbahnen und Kraftfahrzeuge, für alle Arten von Schmerzen Ersatz gebührt. Die Regelung des AtHG müßte daher an die neuere Entwicklung angepaßt werden, da für eine unterschiedliche Behandlung keine Rechtfertigung zu finden ist.

So wie die anderen Gesetze, die eine Gefährdungshaftung anordnen, begrenzt auch das AtHG die verschuldensunabhängige Haftung durch Höchstbeträge (§ 15). Nach der letzten Erhöhung im Jahre 1976 ist bei der Tötung oder Verletzung eines Menschen höchstens 1,2 Mio. Schilling zu ersetzen, bei Verletzung mehrerer Menschen jedoch insgesamt nicht mehr als 375 Mio. Schilling. Der letztgenannte Betrag wurde trotz fortschreitender Inflation bedauerlicherweise nicht hinaufgesetzt, was um so schwerwiegender ist, als bei Unfällen häufig ein größerer Personenkreis verletzt werden kann. Das hätte zur Folge, daß für den einzelnen Geschädigten kaum mehr ausreichende Ersatzbeträge zur Verfügung stehen. Bei Sachschäden wird bis zu einem Betrag von 125 Mio. Schilling gehaftet.

Der Betriebsunternehmer muß — sofern er nicht der Bund ist — eine Sicherstellung zur Deckung der Haftpflicht erbringen (§ 17). Diese Sicherstellung, die vor allem in einer Haftpflichtversicherung bestehen kann, muß jedoch keineswegs den gesamten Haftungshöchstbetrag abdecken. Bei Personenschäden muß sie etwa nur den Betrag von 97,5 Mio. Schilling erreichen. Soweit keine Sicherstellung besteht, haftet jedoch der Bund bis zu einem Betrag von insgesamt 500 Mio. Schilling, so daß die Befriedigung der Geschädigten innerhalb der Haftungshöchstbeträge gesichert ist.

Für den Geschädigten bringt das AtHG gegenüber dem ABGB den Vorteil, daß die Haftung auch ohne Verschulden eintritt, anderseits hat es den Nachteil, daß es im Gegensatz zum ABGB Höchstbeträge festsetzt und Schmerzensgeld nur sehr eingeschränkt gewährt. Für den Verletzten ist daher die Frage bedeutsam, ob er nicht daneben gemäß den allgemeinen Vorschriften des ABGB weitergehende Ansprüche geltend machen kann, wenn den Schädiger ein Verschulden trifft! Nach § 35 des AtHG wird nun angeordnet, daß grundsätzlich die Bestimmungen des ABGB unberührt bleiben, doch werden im folgenden auch die Ansprüche nach ABGB starken Einschränkungen unterworfen. So wird festgelegt, daß die Haftung nur bei grobem Verschulden eintritt, obwohl nach ABGB sonst stets auch für leichtes Verschulden zu haften ist. Diese Haftungseinschränkung ist um so unverständlicher, da in allen Regeln die Haftung um so schärfer wird, je größer die Gefahrenquelle ist. In den erläuternden Bemerkungen zur Regierungsvorlage wird diese Haftungseinschränkung u. a. mit der Förderung der Atomwirtschaft begründet. Dieser Aspekt darf aber nicht dazu führen, daß gerade der einzelne Geschädigte die Lasten dieser Förderung tragen muß. Ferner wird im § 35 auch im Bereich der Verschuldenshaftung eine dort sonst unbekannte Haftungshöchstgrenze von 500 Mio. Schilling eingeführt. Dies wurde damit begründet, daß über diesen Betrag hinaus eine Haftung nicht mehr zumutbar sei; es bleibt allerdings die Frage offen, ob es tatsächlich gerechtfertigt ist, bei großen Schadensereignissen das Tragen der Nachteile teilweise den Geschädigten aufzu-erlegen. Um, wie in den erläuternden Bemerkungen angeführt, den Staat im Rahmen

des öffentlichen Rechts bei den großen Schäden zum Einspringen zu verpflichten, müßte eine eigene gesetzliche Grundlage geschaffen werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei Schädigung durch Kernkraftwerke der schadenersatzrechtliche Schutz insoweit gewährleistet ist, als das AtHG eine verschuldensunabhängige, strenge Gefährdungshaftung anordnet. Problematisch bleiben die verhältnismäßig engen Haftungshöchstgrenzen, die unzureichende Gewährung von Schmerzensgeld und die Einschränkung der Verschuldenshaftung.

## 7.7 Vorrang des Lebens. Rechtlich-politische Anmerkungen\*)

1. Im Atomgesetz der Bundesrepublik Deutschland wird in § 1 der Zweck des Gesetzes umschrieben. § 1 Nr. 1 nennt den Ausbau der friedlichen Nutzung der Kernenergie; Nr. 2 nennt den Schutz des Lebens und der Gesundheit. Im sogenannten Würgassen-Urteil hat das Bundesverwaltungsgericht (Urteil vom 16. 3. 1972, S. 18) klargestellt, daß ungeachtet der Reihenfolge im Gesetz, dem Schutzzweck nach Nr. 2 der Vorrang vor dem Förderungszweck Nr. 1 zukomme.
2. Art. 2 Abs. 2 S. 1 des Grundgesetzes der BRD gewährleistet das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Einschränkungen in dieses Recht erfordern eine gesetzliche Regelung (Art. 2 Abs. 2 S. 2). Diese Systematik ist eine Systematik von Regel (der Gewährung) und Ausnahme (der Einschränkung).
3. Die Systematik von Regel und Ausnahme gewinnt ihre besondere Bedeutung im Falle des Streits. Die Tatsache, daß der Gesetzgeber sich **grundsätzlich** auf die friedliche Nutzung der Atomenergie eingelassen hat, sagt nichts dagegen, daß im konkreten Fall (im Fall der gegenwärtig praktizierten Nutzung der Atomenergie), in dem Ausmaß und Reichweite der Gefahr der atomaren Energieproduktion mehr als umstritten sind, der **Zweifel** gegen die Möglichkeit der Ausnahme wirkt.
4. Im Verwaltungsrecht ist längst akzeptiert, daß bei Vorgängen, die ein hohes Schadenspotential in sich schließen, das Maß der Vorsorge auf den möglichen Schaden und nicht auf die Wahrscheinlichkeit seines Eintritts auszurichten ist. Das Bundesverwaltungsgericht hat dies in der sogenannten Heizölentscheidung (drohende Grundwasserbeeinträchtigung durch auslaufendes Öl; Urteil vom 26. 6. 1970) ausgeführt. Zurecht wird in dieser Rechtsüberlegung darauf abgestellt, daß die naturwissenschaftlich-technische Argumentation, mit der von einer geringen Schadenseintrittswahrscheinlichkeit auf die Tragbarkeit des Risikos geschlossen wird, für eine rechtliche Bewertung nichts (oder nur wenig) hergibt, weil auch hohe Unwahrscheinlichkeit keine Gewähr bietet, daß das fragliche Ereignis nicht jederzeit eintreten kann.

Ist aber das Maß des Schadens rechtlich letztlich entscheidend, dann läßt sich für das Problem der atomaren Energieproduktion nach gegenwärtig entwickelter Technologie festhalten, daß zwischen für und wider unbestritten auch bei konservativer Auslegung Schäden nicht bekannter Größenordnung nicht ausgeschlossen werden können: Dies genügt, um den Vorrang des Lebensschutzes vor der atomaren Energieproduktion zu postulieren.

---

\*) Dieses Kapitel gibt die Einschätzung von Prof. Hinz wieder.

5. Die rechtlichen Überlegungen unter 1. bis 4. leiten zu einer politischen über:  
Seit Beginn der industriellen Entwicklung sind durchwegs die Entscheidungen zugunsten eines technischen Fortschritts gefallen, ohne daß man jeweils bemüht gewesen wäre, die gesellschaftlichen Konsequenzen in die Entscheidung mit einzubeziehen. Die gegenwärtige Umweltmisere ist das Ergebnis dieser Praxis. Dies sollte allen zu denken geben: Es scheint an der Zeit, die Fronten zu verkehren und im Zweifel für Leben und Gesundheit zu votieren. Und sicher dürfte es mittlerweile keinen mehr geben, der gegenüber der atomaren Energieproduktion nicht seine Zweifel hätte.

## 7.8 Literatur

- [1] B. MOSER: „Das Strahlenschutzgesetz“, Manzsche Gesetzausgabe, Sonderausgabe 27, Wien 1976.
- [2] B. MOSER: „Die Strahlenschutzverordnung“, Manzsche Gesetzausgabe, Sonderausgabe 27 a, Wien 1972.
- [3] BGBI. 216/1957 (in der revidierten Fassung gemäß BGBI. 126/1963 und 163/1974) und BGBI. 408/1972.
- [4] Vertrag über die Nichtverbreitung der Atomwaffen; BGBI. 258/1970.
- [5] Vertrag zwischen der IAEA und der Republik Österreich über die Anwendung von Sicherheitskontrollen gemäß BGBI. 258/1970 und BGBI. 239/1972.
- [6] Abkommen zwischen der Republik Österreich und der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika; BGBI. 57/1960 und BGBI. 15/1967.
- [7] BGBI. 2/1966.
- [8] „The Physical Protection of Nuclear Material“, INF CIRC/225 (corrected), IAEA, Wien 1976.
- [9] K. KAISER und B. LINDEMANN: „Kernenergie und internationale Politik“, München—Wien 1975.
- [10] A. RANDELZHOFER und B. SIMMA: „Das Kernkraftwerk an der Grenze. Eine „ultra hazardous activity“ im Schnittpunkt von internationalem Nachbarschaftsrecht und Umweltschutz“, Festschrift für Friedrich Berber zum 75. Geburtstag, München 1973, S. 389—432.
- [11] Siehe [10], S. 396.
- [12] Lehrbuch des Völkerrechts, Berlin 1973.
- [13] Siehe [10], S. 400.
- [14] Siehe [10], S. 404.
- [15] Siehe [10], S. 414.
- [16] A. VERDROSS und B. SIMMA: „Universelles Völkerrecht, Theorie und Praxis“, Berlin 1976, S. 586.
- [17] Siehe [16], S. 53.
- [18] Europa-Archiv, Folge 3/1975, S. D 86.
- [19] B. RÜSTER und B. SIMMA: „International Protection of the Environment. Treaties and Related Documents“, Band I, S. 70.
- [20] BGBI. 522/1973, vgl. auch B. MOSER: Anhang zum Strahlenschutzgesetz, Manz, Wien 1976.
- [21] BGBI. 266/1966 und BGBI. 137/1967, vgl. auch B. MOSER: Anhang zum Strahlenschutzgesetz, Manz, Wien 1976.
- [22] „Mutual Emergency Assistance for Radiation Accidents“, IAEA, Doc. WP/35/Rev. 3.
- [23] „The Provision of Emergency Assistance in the Event of Nuclear Radiation Accidents“, IAEA, Doc. GOV/COM. 16/3, 1966.
- [24] Atomhaftpflichtgesetz, BGBI. 117/1964.

## 7.A Anhang

### 7.A.1 Fragenkatalog der Informationskampagne Kernenergie

7.1 Bei welcher Emission werden im Falle des Kraftwerks Zwentendorf welche betrieblichen, behördlichen, informationstaktischen (Bevölkerungsberuhigung gegen Gesundheitssicherung) und sicherheitsorganisatorischen (Exekutive, Bundesheer, Krankenversorgung usw.) Maßnahmen ergriffen?

- Wann wird der Reaktor abgeschaltet, laufen Katastrophenmaßnahmen, wie Evakuierung an?
- Wer gibt nach welchen Kriterien den Auftrag zum Abschalten?
- Werden die Emissionen von den Betreibern, der Behörde oder einer von beiden unabhängigen Stelle überwacht?
- In welchem Zeitraum und wie rasch werden Gegenmaßnahmen getroffen?
- Wer wird Zugang zu den Meßwerten haben, wie werden sie vor Fälschung gesichert?

Antwort auf diese Fragen in Kapitel 7.1

7.2 Welche bilateralen Abkommen bestehen zwischen Österreich und Nachbarstaaten für den Fall eines nuklearen Unfalles im Ausland mit Rückwirkungen auf Österreich und umgekehrt (insbesondere bezüglich Verständigung über den Störfallumfang, Evakuierungsmaßnahmen, grenzüberschreitende Hilfeleistungen und Entsorgungsmaßnahmen, Kompensation von Agrarverlusten, wirtschaftlichen Einbußen, Gesundheitskosten usw.)? Steht der deutsche „Kerntechnische Hilfszug“ („nukleare Feuerwehr“) auch bei Unfällen in Österreich zur Verfügung (gibt es diesbezügliche Abmachungen)? Wenn ja: Wie rasch kann er am Einsatzort in Österreich sein (Ober- und Untergrenze)?

Wenn nein: Welche Alternativmaßnahmen sind von den österreichischen Behörden vorgesehen?

Antworten auf diese Fragen, soweit bereits möglich, in Kapitel 7.2 und 7.5

7.3 Welche Sicherheitsmaßnahmen und -einrichtungen gegen Sabotage an kerntechnischen Anlagen, bei Transporten spaltbaren Materials sowie Aufbereitung der Brennelemente sind erforderlich? Wer trägt für solche Maßnahmen die Verantwortung?

Antworten auf diese Fragen in Kapitel 7.3 (die Verantwortung betreffend in 7.1)

- 7.4** Nach welchen gesellschaftlichen Zielvorstellungen soll bei der Optimierung zwischen Sabotagesicherung und Sicherung vor persönlichen Restriktionen (unter Berücksichtigung der Langzeitaspekte) vorgegangen werden? In welchem Ausmaß werden Kompromisse erforderlich sein?  
 Antworten, soweit schon möglich, in Kapitel 7.1 (Es fehlt noch die Lösung des Problems der Lagerung und die des Alarmplans.)
- 7.5** Gibt es vergleichende Analysen der Verkehrssicherheit auf verschiedenen Wegen (Wasser, Schiene, Straße) bezüglich des Transports spaltbaren Materials, verbrauchter Brennelemente und sonstiger Abfälle? Sind die vorhandenen Transportbehälter sicher genug? Welche Schlüsse können daraus für Österreich gezogen werden?  
 Antworten in Kapitel 7.5
- 7.6** Welche internationale Abkommen bestehen im Falle kriegerischer Auseinandersetzungen mit konventionellen Waffen, Kernkraftwerke nicht zu zerstören? Welche Schutzmaßnahmen sind im Kriegsfall möglich?  
 Antworten in Kapitel 7.2
- 7.7** In welcher Form kann die ausreichende Information des strahlenbelasteten Personals über mögliche Strahlengefahren garantiert werden (Einschulungskurse für im Strahlenschutz mangelhaft Vorgebildete: Kontrollen usw.)?  
 Antwort in Kapitel 7.1
- 7.8** Inwieweit ist Planabstimmung mit Nachbarländern bei der Errichtung von Kernkraftwerken, insbesondere im grenznahen Bereich, existent bzw. vorgesehen? Welche Initiativen für eine internationale Vereinheitlichung (vor allem der Sicherheitsvorschriften) existieren bzw. sind vorgesehen?  
 Antworten in Kapitel 7.4 aber auch 7.2
- 7.9** Wie sind grundsätzlich die Gefahren einzuschätzen, die bei der Politik der freien Ausbreitung der friedlichen Nutzung der Kernenergie in bezug auf die Herstellung von Kernwaffen bestehen (vgl. CANDU-Reaktor in Indien)?  
 Antwort, soweit möglich, in Kapitel 7.2

### **7.A.2 Fragen aus der Bevölkerung\*)**

Behandelt in Kapitel\*\*)

- 
- |  |                   |
|--|-------------------|
| <b>1.1</b> Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Atomindustrie und Rüstung bzw. Atombombenverbreitung, z. B. Plutoniumökonomie. | A<br>(Hartl)      |
| <b>1.2</b> Gibt es einen Zusammenhang zwischen friedlicher und militärischer Atomkraft? Wenn ja, welchen?                        | 7.1<br>(Meissner) |

\*) Bei der Numerierung der Fragen bezeichnet die erste Zahl die Veranstaltung, die zweite die Ifde. Nummer innerhalb dieser.

\*\*) Fragen, die in der gestellten Allgemeinheit bzw. Form im Rahmen dieser Berichte nicht beantwortet wurden bzw. werden können, sind mit A bezeichnet.

- 2.1 AKW in den Ländern rund um uns: Gerade deshalb ist es so wichtig, dem AKW-Bau Einhalt zu gebieten. Wenn Österreich auch nur ein kleines Land ist; die psychologische Rückwirkung kann auch vom kleinen Land ausgehen! 7.4
- Biolog. Energie: Biologisches und ökologisches Verantwortungsbewußtsein wecken, steigern, in breite Bevölkerungskreise bringen! Verhaltensänderung im Volk a) für möglich halten b) durch entsprechend biologisch und ökologisch verantwortungsbewußte Prognosen beeinflussen!
- 2.2 Warum baut auch Ägypten bei dem ungeheuer großen Energieangebot des Assuan-Damms ein KKW? Ägypten ist wenig industrialisiert! A (Ing. Vockenhuber)
- 2.3 Bei uns rentiert sich Sonnenenergie kaum. Warum werden dann in den Nahen Osten (Sonne und Wüsten) AKW ausgeführt? Versucht man die Atomkriegswaffenproduktion so zu legalisieren, wenn man „friedlich“ Atomenergie produziert? A (Gustav Brandl)
- 3.1 Welche Folgen haben KKW für unsere Neutralität und wieviel kostet die Verteidigung dieser zweifellos zentral militärischen Ziele und sind sie in der Kosten-Nutzen-Rechnung enthalten? 7.2 (Mittler)
- 3.2 Besteht ein Evakuierungsplan für Zwentendorf und wann wird er veröffentlicht? 7.1 (Josef Scheier)
- 3.3 Laut Dr. Leodolter gibt es einen Katastrophenplan. Warum wurde er noch nicht in der breiten Öffentlichkeit bekannt und wie lautet er? Welche Maßnahmen sind vorgesehen? 7.1 (Thomas Bochdansky)
- 3.4 Kostenfrage: Wieviel kostet die Evakuierung der Bevölkerung bis zu 500 km Tiefe in der Abwindrichtung eines 500 MW<sub>e</sub>-AKW, wenn laut Bundeskriminalamt Wiesbaden (BRD) nur die Hälfte der Radioaktivität frei wird? 7.1 (Otto Müller)
- 3.5 Frage: Ist der Mensch — abgesehen von der technischen Entwicklung — politisch reif, mit den gestellten Problemen fertigzuwerden? Denn Unfälle durch Sabotage und Krieg (Plutonium als Ausgangssubstanz der Atombombe) scheinen mir nicht in der Rasmussen-Sicherheitsstudie berücksichtigt. Wie weit kann dieses Risiko überhaupt vorhergesehen werden? 7.2 A 7.1 (Michael Feurstein)
- 3.6 Welche Maßnahmen hat der Zivilschutz im Fall eines GAU vor? 7.1 (Müllmann)

- 3.7 Frage an die Atomkraftgegner: Warum richten Sie Ihre Aktivitäten nicht primär gegen die ungleich gefährlichere atomare Richtung? (Bombenherstellung, Atomversuche — Atomkrieg). (D. G. Milborn) A
- 4.1 Wie stellt man sich den Schutz des AKW vor Terroristen vor? Was kostet dieser Schutz? Wer zahlt ihn? (Herbert Endres) 7.3
- 4.2 Auf der ganzen Welt entstehen immer wieder neue Kriegsheide. Auch wir haben keine sichere Garantie des Friedens. Wie werden Atomkraftwerke gegen Kriegseinwirkung wie z. B. Bomben oder gegen Sabotage geschützt?  
Wie erdbebensicher ist ein Atomkraftwerk?  
Wie steht es mit dem Katastrophenplan beim Kernkraftwerk Zwentendorf? Wird dieser Evakuierungsplan veröffentlicht?  
(Blanka Sandholzer) 7.1  
7.3
- 4.3—4.10 und 8 fast gleichlautende Fragen.  
(Kräutler, Fleisch, Gieringer, Kopf, Fleisch, Walenta, Walser, Häusle)
- 4.11 Ist für Zwentendorf ein Katastrophenplan ausgearbeitet? Wenn ja, warum wird er nicht veröffentlicht? (Berta Mohr) 7.1
- 4.12 Die Möglichkeit eines Reaktorunfalles wird nach dem Giftgasunglück in Seveso und dem Reichbrückeneinsturz in Wien von keinem Wissenschafter mehr ausgeschlossen.  
Welche Garantien hat die Bevölkerung, daß sie rechtzeitig über das Freiwerden von Radioaktivität informiert wird?  
Was geschieht mit jenen Leuten, die bei einem Atomkraftwerksunfall verständlicherweise versuchen, aus der sogenannten Todeszone zu fliehen? (Josef Ellensohn) 7.1
- 4.13 Das erste österreichische Atomkraftwerk ist in naher Zukunft gebaut. Jedoch für die Sicherheit der Bevölkerung wird nichts getan. Wann werden die notwendigen Schutzräume von der Regierung gebaut bzw. bezahlt? Oder zahlen diese Schutzräume die Betreiber der Kernenergie? Wie steht es mit dem Katastrophen- und Evakuierungsplan für Zwentendorf? Wann wird dieser veröffentlicht? (G. Schneider) 7.1
- 4.14—4.24 und 11 fast gleichlautende Fragen.  
(Liepert, Müller, Mathis, Leuprecht, Rebenklauber, Felder, Majer, Häusle, Breuss, Heinze, unl. U.)
- 4.25 Ist es im Ernstfall nicht die Selbstvernichtung, in so einem kleinen Land wie Österreich Atomreaktoren zu bauen? (Josef Marte) A
- 4.26 Wer kann dafür garantieren, daß weder ein Erdbeben noch eine kriegerische Auseinandersetzung uns jemals irgendwelchen Schaden zufügen wird? (Isolde Unterhofer) 7.1  
7.3

- 4.27 Warum Evakuierungspläne für die gefahrlosen KKW? (KKW-Länder?) 7.1  
 Warum wird sich die derzeitige Bundesregierung trotzdem über die Angst und Furcht der Bevölkerung vor den unabwendbaren Schäden, die sicher auf uns zukommen, hinwegsetzen?  
 (Wenn Österreich schon nicht verhindern kann, daß in Nachbarstaaten derartige Gefahrenzentren im Entstehen begriffen sind, sollten wir umso mehr bestrebt sein, eine halbwegssaubere Insel und Zufluchtsstätte — einmal mit für unsere Nachbarn — zu bleiben. Sicher ist einmal ein Liter noch trinkbares Wasser gefragter als eine Kilowattstunde.) (Anonym)
- 4.28 Werden für den Umkreis des jeweiligen Atomreaktors Katastrophenpläne — auch für „den größtmöglichen atomaren Unfall“ (GAU) — ausgearbeitet? Wenn ja, warum werden diese Pläne nicht der Bevölkerung zur Kenntnis gebracht? 7.1  
 (Heinz Kopf)
- 4.29 Wieviele Prozent der Bevölkerung haben einen Strahlenschutzraum? 7.1  
 In welche Gebiete und mit welchen Verkehrsmitteln wird die Bevölkerung im Falle einer Strahlenkatastrophe evakuiert? (Horst Braza)
- 4.30 Welche konkreten Maßnahmen sind nach dem derzeitigen Stand der Gesetze von den verantwortlichen Behörden getroffen worden, um nach Austritt von Strahlen die gesamte betroffene Bevölkerung wirkungsvoll zu schützen? 7.1  
 (Werner Dogscha)
- 4.31 Ist den Betreibern bekannt, daß die Bundesrepublik schon heute wegen der Kernkraftwerke nach Aussage von NATO-Offizieren nicht mehr verteidigt werden kann, weil Atomkraftwerke im Beschußfalle wie unermeßlich große Atombomben wirken? 7.2  
 Wozu dann noch Landesverteidigung? (Martin Bilgeri)
- 4.32 Wie sehen die konkreten Evakuierungspläne aus und ist die Bevölkerung darüber informiert? 7.1  
 7.3  
 Wer trägt die enormen Kosten bei nötigen Evakuierungen und wohin werden die verseuchten Menschen gebracht?  
 Welche Maßnahmen hat die Regierung im Fall von kriegerischen Auseinandersetzungen geplant?  
 Wie wird die Bevölkerung im Fall eines Terroranschlags geschützt? (Christa Schedler)
- 4.33 Wie wird die Bevölkerung im Falle einer kriegerischen Auseinandersetzung gesichert? Welche Katastrophenpläne liegen vor? 7.1  
 7.3  
 (Helmut Schedler)

- 4.34 Welche konkreten Vorsorgen werden in Österreich im Falle eines atomaren Unfalles größeren Ausmaßes (Zwentendorf) getroffen? Mit welcher sachlichen Begründung können Sie für Zwentendorf ja und für Rüthi nein stimmen? 7.1  
7.4  
(A. Beller)
- 4.35 Katastrophenpläne sind nutzlos, wenn sie von der Bevölkerung vorher nicht geübt wurden. Warum werden AKW-Katastrophenpläne gehemmt gehalten? 7.1  
(Traudy Rinderer)
- 4.36 Wie lauten die Evakuierungspläne bei Katastrophenfällen? 7.1  
(Karl Vogel)
- 4.37 In Kernkraftwerken entsteht als Abfallprodukt das gefährliche Plutonium. Dieser gefährliche Stoff wird zur Herstellung der Atombombe benötigt. Es ist für uns alle erschütternd, wenn so viel vom Frieden geredet wird und im Widerspruch dagegen Kernkraftwerke gebaut werden und im geheimen dieses Plutonium exportiert wird! 7.2  
(Max Fink)
- 4.38 Es ist eigentlich bekannt, daß das anfallende Plutonium von Kernkraftwerken zur Herstellung der Atombombe verwendet wird. Sind das nicht Heuchler, wenn sie vom Frieden reden und Kernkraftwerke planen und erbauen? 7.2  
(Judith Fiesinger)
- 4.39 Sind die Sicherheitsvorkehrungen in Österreich, was die Kernreaktoren betrifft, gleichgestellt denen, die in der BRD oder in der Schweiz zu treffen? 7.1  
7.2  
(Georg Schwendinger)
- 4.40 Ein Mörder, ja sogar ein Mensch, der einen anderen Menschen gefährlich bedroht, wird nach unseren Gesetzen bestraft. 7.1  
  
Gibt es nun auch Gesetze, nach welchen jene Personen bestraft werden können, welche die Weichen für atomare Unfälle stellen? Werden nach solchen Unfällen die Politiker oder die Sachverständigen belangt, die wider besseres Wissen Atomkraftwerke auf die Bevölkerung loslassen? Oder werden bei atomaren Unfällen nur die Betriebsleiter und Angestellten des Atomkraftwerkes strafbar, da für menschliches und technisches Versagen der Betrieb schuldig wird, nicht aber jene Wissenschaftler und Politiker, welche ein nicht 100%ig ausgereiftes System empfehlen und propagieren? (Ing. Kurt David)
- 4.41 In welcher Form und zu welcher Zeit wird die Bevölkerung in der Umgebung von AKWen mit den Alarm- und Evakuierungsplänen vertraut gemacht? 7.1  
  
Welche Personen übernehmen im Falle einer Atomkatastrophe die volle Verantwortung (Ingenieure, Geschäftsleitung oder gar die Politiker)?  
(Franz Eder)

- 4.42 Geht das mit der Evakuierung von ca. 100.000 Einwohnern des Rheintales so schnell vonstatten, daß vor dem Empfang einer lebensgefährlichen Dosis blitzartig diese Menge Leute verfrachtet wird? 7.1  
 (Fanni Scheffknecht)
- 4.43 Bei einer kriegerischen Auseinandersetzung genügen nur ein paar Raketen und wir haben die Auswirkungen einiger Atombomben im Land. Wie will uns die Regierung gegen solche Katastrophen schützen, und zwar wirkungsvoll? Wie sehen die erforderlichen Katastrophenpläne aus? 7.2  
 7.3  
 (Herbert Schedler)
- 4.44 Welcher Minister ist allein verantwortlich und haftet beim AKW Zwentendorf? 7.1  
 Warum ist das Ministerium für Gesundheit und Umweltschutz nicht gegen Atomkraftwerke? (Franz Wöhr)
- 4.45 Welche Persönlichkeiten werden bei einem Unfall in Zwentendorf als Verantwortliche herangezogen? 7.1  
 Wie können sie sich rechtfertigen, sie wurden ja vielfach über die unabsehbar große Gefahr aufgeklärt? (Werner Amann)
- 4.46 Wer ist für das AKW Zwentendorf der allein verantwortliche und haftende Bundesminister? Wer haftet für gesundheitliche Schäden, wie werden diese abgegolten? 7.1  
 Wie steht das Ministerium für Gesundheit und Umweltschutz zu den Atomkraftwerken? (Frieda Fesoler)
- 4.47 Welche Sicherheiten gibt es gegen Naturkatastrophen, Sabotage oder Gewalteinwirkungen? 7.1  
 7.3  
 Mit welchen Konsequenzen hat die Bevölkerung zu rechnen bei einem größeren Störanfall (Katastrophe)? (Josef Scheier)
- 5.1 Da es die Möglichkeit eines GAU unumstritten gibt: Welche Maßnahmen sind für Zwentendorf und Umgebung getroffen worden, um bei starker radioaktiver Verseuchung die Bevölkerung vor Schaden zu bewahren? Gibt es Evakuierungspläne? Wenn ja, werden die Evakuierungen (damit sie im Ernstfall reibungslos vor sich gehen) mit der Bevölkerung geübt? 7.1  
 Wenn nein, wie sieht der Katastrophenplan dann aus? (Wolf)
- 5.2 Wie will man sich gegen Fernbeschuß durch Raketen, wenn sie auf Reaktoren zielsicher gerichtet sind, schützen? Durch teure Abwehrsysteme, welche wir vom Ausland zu kaufen haben? Geschäft und Abhängigkeit ohne Grenzen! 7.3  
 (Kriechbaumer)

- 5.3 Wenn die Unfallwahrscheinlichkeit so gering ist, warum werden dann Katastrophenpläne erstellt? 7.1  
(Karl Manzano)
- 5.4 Der Katastrophenplan von Karlsruhe in der BRD sieht den Waffen-gebrauch gegen die aus dem Katastrophengebiet ausbrechende Menschenmenge vor. Der Katastrophenplan für den Raum Hamburg in der BRD sieht darüber hinaus auch den Einsatz von Panzern gegen die aus-brechende Menschenmenge vor.  
Wie lautet der Katastrophenplan für die Umgebung des zur Zeit noch im Bau befindlichen AKW Zwentendorf? Wie wird Wien evakuiert?  
Wann wird das rechtzeitig geprobt? 7.1  
(Margund Muschka)
- 5.5 Wann wird der Katastrophenplan und Evakuierungsplan für die Todes-zone von Zwentendorf veröffentlicht? 7.1  
(Boxberger)
- 5.6 Wie lautet der Katastrophenplan für das AKW Zwentendorf? 7.1  
(Walter Jerk)
- 5.7 Wenn der Risikofaktor bei AKWen angeblich wirklich unbedeutend sein soll, warum gibt es dann in der BRD äußerst rigorose Alarmpläne, und warum gibt es dergleichen in Österreich nicht? 7.1  
(Rudolf Öller)
- 5.8 Statement zu den Katastrophenplänen, Fragen zum Verfahren der Meinungsbildung. 7.1  
(Dr. Tisserand)
- 5.9 Besteht nicht im Fall eines Krieges die Wahrscheinlichkeit, daß jeder der Gegner versuchen wird, durch Sprengung der Atomkraftwerke dem Gegner ein vernichtetes Europa zu hinterlassen? 7.2  
(H. Kohlschütter)
- 5.10 Wer haftet dafür, daß das bei Atomkraftwerken anfallende Plutonium nicht in die Hände der stetig zunehmenden Zahl von Erpressern und Terroristen fällt, auch nicht in Prozentsätzen bei Transport und Lage-rung? 7.2  
(Wilma Godefroy)
- 5.11 Wie beurteilen Sie das Risiko im Falle eines Krieges? 7.1  
(Heinrich Immerhofer)
- 5.12 Warum wird der Katastrophenplan, der z. B. für Seibersdorf zweifellos ausgearbeitet ist, nicht veröffentlicht? 7.1  
(Dipl.-Chem. Holl)
- 5.13 Nachdem in diesem Jhd. bereits zwei Weltkriege über uns verhängt worden sind, die nur den Interessen einiger weniger dienten, dafür aber wider Willen des kleinen Mannes, wer garantiert uns also, daß der nächste sicherlich wieder stattfindende Krieg keine Angriffe auf KKW bringen wird? Im Gegenteil, werden nicht gerade KKW im An- 7.2

griffsfeld von Kriegseinsätzen stehen, um die Industrie des „Feindes“ zu schädigen und die „Gegneranzahl“ zu dezimieren? (Johann Strauss)

- 5.14 Wie wird radioaktives Material vor Sabotage geschützt (Polizeistaat?)?!? 7.3  
 (Robert Ameshofer)
- 6.1 Hat man sich überlegt, wie die AKW und ihre hochgiftigen Abfallprodukte vor dem Zugriff von Terroristen geschützt werden können? Und hat man sich überlegt, was eine immerwährende Polizeimacht, die dafür nötig scheint, kosten und damit den Strompreis zusätzlich belasten würde? 7.3  
 (Traute Ecker)
- 6.2 Was geschieht bei einem GAU bei einem Kernkraftwerk von der Größe von Zwentendorf, der durch technisches Versagen oder durch Sabotage von Erpressern, Geisteskranken usw. entsteht? Was geschieht, wenn im Kriegsfall das Kernkraftwerk gesprengt wird? In welchem Umkreis ist das Land unbewohnbar und wie lange? Wie groß ist die Intensität der Strahlen und wie lange ist deren Halbwertszeit? 7.3  
 (Primarius Dr. K. Stampel)
- 6.3 Wer und was kann für die Zwecknutzung der bis nun erzeugten Kern- u. a. -waffen, wie, wo, wann und weshalb verantwortlich sein, die zwecks Doppelwirkung auf die Kern-Energiezentralen zuerst fallen werden? 7.2  
 Wer kann den Zustand der momentanen „So-Gewordenheit“ von heute auf morgen ändern? (Seiler)
- 6.4 Die Atomkraftwerke mögen so errichtet werden, um der internationalen Welt betont friedlich zu dienen. A  
 (Augustin Terbutz)
- 6.5 Technische Gebrechen gibt es — trotz strengster Abnahmebestimmungen — täglich in der Welt, auch bei uns. Hinzu kommt noch ein viel größerer Unsicherheitsfaktor durch die Verpolitisierung unserer Arbeitswelt. Wie katastrophal wären die Auswirkungen z. B. im Atomkraftwerk Zwentendorf, würden die leitenden Funktionen ähnlich wie wie im Wiener Bauring besetzt werden? 7.1  
 (Rudolf Kristen)
- 6.6 Muß die Bevölkerung so Wahnsinnsideen ausgesetzt werden? Nein, überall gibt es Mittelsmänner! Was geschieht, wenn ganze Länder, unzählige Menschen sterben müssen wegen eines Wahnsinnigen oder einer gewissenlosen Kreatur? (Gefahr ist größer als die Menschen denken.) A  
 (Agnes Schimmel)
- 6.7 Existiert ein Katastrophenplan für Zwentendorf? Wann wird mit der Bevölkerung geübt? 7.1  
 (Dipl.-Ing. Elmar Heinze)
- 6.8 Bitte Bekanntgabe an alle Haushalte über vollen Wortlaut des KKW-Katastrophenplanes!!!!!! 7.1  
 (Margot Hildebrandt)

- 6.9 Sicherheit: Ergeben sich Konsequenzen für das österreichische Bundesheer bzw. die österreichische Exekutive bzw. für die bewaffnete Neutralität Österreichs an sich? 7.2  
 (Anonym)
- 6.10 Unsicherheitsfaktor Mensch — Gesellschaft — Staat: 7.3
1. Da für den Normalbetrieb permanenter Polizeischutz und Überwachung notwendig ist; da für außerordentliche Fälle militärische Disziplin, Verteidigungsfähigkeit, etwa gutgeschulte Polizei- und Militärgruppen erforderlich sind; da für Krisen- und Konfliktfall Energieträger kontrolliert werden müssen (absolut):  
 Welche Staatsform halten Sie für eine von der Atomenergie abhängige Gesellschaft für am a) besten geeignet, b) wahrscheinlichsten?
2. In Anbetracht der Überkapazitäten der KKW-Bauer, Verkaufsdruck und multinationale Struktur der KKW — Radioaktivität kennt keine Grenzen — und Verkauf an Entwicklungsländer in teils sehr unstabilen Regionen.
- Welche Kontrollmöglichkeiten haben Staaten oder Unternehmen über gelieferte Reaktoren?
- Ist es nicht unverantwortlich — wenn auch aus kommerziellen Gründen notwendig — an solche Länder — z. B. Persien, Bangla Desh — zu liefern? (Dr. W. Worsch)
- 6.11 Welche Vorschriften werden Österreich durch den Atomsperervertrag für den Betrieb von Kernkraftwerken auferlegt? Sind internationale Richtlinien nicht auch für uns ausreichend? 7.2  
 (Dipl.-Ing. Roth Dieter Heinz)
- 6.12 Wodurch ist garantiert, daß erhöhte Abgaben von Radionukliden öffentlich bekannt werden? Wer ist für eine eventuelle Abschaltung zuständig? 7.1  
 (Dipl.-Ing. Elmar Heinze)
- 6.13 Wie lautet der Katastrophenplan von Zwentendorf? 7.1  
 (Ilse Schöffmann)
- 6.14 Wie wird überwacht, ob und in welchem Maße die Bevölkerung durch Radioaktivität aus Atomkraftwerken, insbesondere in deren Nähe belastet und geschädigt wird? 7.1  
 (Volkmar Baurecker)
- 6.15 Krisenfall. 7.3
- Wieviel Zeit wird für eine Räumung eines Reaktors + Verlagerung benötigt + woher erhält man dann Besatzungen?
- Was kann im Fall eines Überraschungsangriffes getan werden?  
 (Univ.-Prof. Dr. W. Worsch)

- 6.16 Gibt es Maßnahmen zur wirksamen Abwehr von Sabotagetrupps? 7.3  
 (Prünner)
- 7.1 7.1  
 7.1 Rechte der Anrainer: Werden diese in Zwentendorf und Umgebung gewahrt? (Walter Haberl)
- 7.2 A  
 7.2 Es ist nicht verboten, Geld so arbeiten zu lassen, daß noch mehr Geld für seinen Besitzer daraus wird.  
 Die Grenze des erlaubten Eigennutzes sollte jedoch dort gezogen werden, wo die Lebensinteressen der Bevölkerungsmehrheit gefährdet werden. Dazu müßte man gesetzliche Bestimmungen schaffen, denn die Menschenrechte stehen auf Seiten der Mehrheit, die üblichen Gesetzesbestimmungen schützen jedoch das Eigentum und das Verfügungsrrecht ihrer Besitzer darüber. Dieser Interessengegensatz wäre zu klären.  
 (Anonym)
- 7.3 7.2  
 7.3 An Herrn Hinz: Die entscheidende Frage beim Sicherheitsproblem der Kernenergie ist, daß unvermeidlich in jedem Kraftwerk Plutonium entsteht, das zum Bau von Atombomben durch immer mehr und mehr Staaten benutzt werden kann und wird. (Broda)
- 7.4 7.1  
 7.4 Wie ist es rechtlich möglich, zukünftige Generationen in den Entscheidungsprozeß mit einzubauen? Diese zukünftigen Generationen sind ja durch die Abfallendlagerung und die Erbschäden stark betroffen.  
 (Dr. Hans Aubauer)
- 9.1 7.3  
 9.1 Ist es denkbar, AKW vor Terroristen „ABSOLUT“ zu schützen?  
 (Franz Plassnik)
- 9.2 7.4  
 9.2 Welche außenpolitischen Aktivitäten setzt die Bundesregierung, um AKW an Österreichs Grenzen zu verhindern?  
 (Mag. Dr. Helmut Stockhammer)
- 9.3 7.1  
 9.3 Welche staatlichen Stellen, die völlig unabhängig von den Betreibern des KKW Zwentendorf sind, würden in Österreich garantieren, daß Meßwerte von Radioaktivität nicht gefälscht werden, wie angeblich in Obriheim, BRD?  
 (Gertrude Burian)

## Bericht der Diskussionsgruppe 8

# **Belastungen aus Reaktorbetrieb und Brennstoffzyklus**

**Diskussionsteilnehmer der Diskussionsgruppe 8:**

BARTHELMESS, Alfred, Prof. Dr., Botanisches Institut der Universität München, BRD

BUCHTELA, Karl, Prof. Dr. (Diskussionsleiter), Atominstitut der Österreichischen Universitäten, Technische Universität Wien

GRASS, Friedrich, Doz. Dr., Atominstitut der Österreichischen Universitäten, Technische Universität Wien

GILLBERG, Björn, Dr., Miljöcentrum Uppsala, Schweden

KECK, Gertrud, Prof. Dr., Veterinärmedizinische Universität Wien

KREUZER, Konradin, Ing. Chem., Forum für verantwortbare Anwendung der Wissenschaft, Basel, Schweiz

SCHÖNFELD, Thomas, Prof. Dr., Institut für Anorganische Chemie der Universität Wien

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>8.0 Zusammenfassung .....</b>	<b>7</b>
<b>8.1 Radioaktive Belastung von Mensch und Umwelt .....</b>	<b>12</b>
<b>8.1.1 Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken .....</b>	<b>12</b>
<b>8.1.1.1 Emissionen radioaktiver Stoffe aus dem Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld .....</b>	<b>12</b>
<b>8.1.1.1.1 Abgabe radioaktiver Gase und Aerosole über den Schornstein .....</b>	<b>12</b>
<b>8.1.1.1.1.1 Abgaberate für Edelgase .....</b>	<b>12</b>
<b>8.1.1.1.1.2 Abgaberate für Aerosole .....</b>	<b>12</b>
<b>8.1.1.1.1.3 Abgaberate für Jod-131 .....</b>	<b>13</b>
<b>8.1.1.1.1.4 Zulässigkeit von höheren Abgaberaten ..</b>	<b>13</b>
<b>8.1.1.1.2 Abgabe radioaktiver Nuklide an den Vorfluter .....</b>	<b>13</b>
<b>8.1.1.1.2.1 Abgaberate für Nuklidgemische ohne Radiumisotope und ohne Tritium .....</b>	<b>13</b>
<b>8.1.1.1.2.2 Abgaberate für Tritium .....</b>	<b>13</b>
<b>8.1.1.2 Zur Frage radiologischer Lastpläne .....</b>	<b>13</b>
<b>8.1.1.3 Höhe der Strahlungsbelastung .....</b>	<b>14</b>
<b>8.1.1.3.1 Ausbreitung radioaktiver Emissionen von Kernkraftwerken...</b>	<b>14</b>
<b>8.1.1.3.2 Gemessene Strahlungsbelastung in der Umgebung von Kernkraftwerken .....</b>	<b>15</b>
<b>8.1.1.3.3 Natürliche und künstliche Strahlungsbelastung .....</b>	<b>16</b>
<b>8.1.1.4 Umgebungsüberwachung um das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld .....</b>	<b>18</b>
<b>8.1.1.4.1 Durch die GKT .....</b>	<b>18</b>
<b>8.1.1.4.2 Durch das österreichische Meßnetz .....</b>	<b>18</b>
<b>8.1.1.5 Das „dose commitment“ .....</b>	<b>19</b>
<b>8.1.1.5.1 Der globale Gesamteffekt einer Strahlendosis .....</b>	<b>19</b>
<b>8.2 Belastungen aus dem Brennstoffzyklus .....</b>	<b>21</b>
<b>8.2.1 Strahlenbelastung .....</b>	<b>21</b>

8.2.1.1 Kollektive Dosen beruflich exponierter Personen .....	21
8.2.1.1.1 Bergarbeiter in den Uranminen .....	21
8.2.1.1.2 Uranextraktion und Brennelementfabrikation .....	21
8.2.1.1.3 Betrieb von Leichtwasserreaktoren .....	22
8.2.1.1.4 Wiederaufarbeitungsanlagen .....	22
8.2.1.1.5 Transport .....	22
8.2.1.1.6 Forschungsstätten .....	22
8.2.1.1.7 Kollektive Lungendosen durch Radon-222 .....	22
8.2.1.2 Belastung der Weltbevölkerung .....	22
8.2.1.3 Lokale und regionale Beiträge .....	23
8.2.1.3.1 Abbau und Extraktion von Uranerz; Brennelementfertigung .....	23
8.2.1.3.2 Betrieb von Reaktoren .....	23
8.2.1.3.3 Wiederaufarbeitungsanlagen .....	23
8.2.1.3.4 Lagerung von radioaktivem Abfall .....	23
8.2.1.3.5 Unfälle von Leichtwasserreaktoren .....	24
8.2.2 Kritik am Begriff des „dose commitment“ .....	24
8.2.3 Schadensvergleich mit fossilen Brennstoffzyklen .....	24
8.2.3.1 Umweltbeeinträchtigung .....	27
8.2.3.2 Berufliches Gesundheits- und Sicherheitsrisiko .....	27
8.2.3.3 Öffentliches Gesundheits- und Sicherheitsrisiko .....	27
8.2.4 Einige kritische Betrachtungen zur Gesamtbelastung durch den Brennstoffkreislauf .....	28
8.3 Probleme beim Transport radioaktiven Materials .....	37
8.4 Die Lagerung radioaktiver Abfälle .....	38
8.4.1 Verfahren zur Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle .....	38
8.4.2 Sicherheit der Abfalllagerung .....	39
8.4.2.1 Naturereignisse .....	39
8.4.2.2 Natürliche geologische Prozesse .....	40
8.4.2.3 Geologische Prozesse, die durch die Deponie hervorgerufen werden .....	40
8.4.2.4 Menschliche Aktivitäten .....	40
8.4.3 Die Konsequenzen aus dem Versagen der Abfalldeponie .....	40
8.4.3.1 Der „Radiotoxische Hazard Index“ (RHI) .....	40
8.4.3.2 Realistische Modellbetrachtungen für den Transport von radioaktivem Material aus der Deponie in die Biosphäre .....	42

8.4.4 Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle in Österreich .....	43
8.4.4.1 Schwach- und mittelaktive Abfälle .....	43
8.4.4.2 Abgebrannte Brennelemente, hochaktive Abfälle .....	44
8.4.4.3 Gesamtkosten der Entsorgung .....	45
8.4.5 Kritische Betrachtungen zur Frage der sicheren Lagerung des radioaktiven Abfalls .....	46
8.4.6 Kritische Stellungnahme zum Bericht des Arbeitskreises „Kernbrennstoff und radioaktiver Abfall“ .....	48
8.4.6.1 Terminplan .....	48
8.4.6.1.1 Schwach- und mittelaktive Abfälle .....	49
8.4.6.1.2 Lagerung und Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente .....	49
8.4.6.1.3 Hochaktive Abfälle .....	50
8.4.6.1.4endlagerung .....	51
8.4.6.1.5 Gesamtkosten der Entsorgung .....	52
8.5 Radioaktive Belastung von Mensch und Umwelt durch den Abbau von Kernbrennstoffen .....	56
8.6 Zukünftige Belastung von Mensch und Umwelt durch die Akkumulierung von Krypton-85, Jod-129 und Kohlenstoff-14 .....	57
8.6.1 Studien zur Frage der zukünftigen Strahlungsbelastung .....	57
8.6.2 Genetisch signifikante Strahlenbelastung .....	57
8.6.3 Somatische Schädigungen .....	58
8.6.4 Spezielle Überlegungen für Radiokohlenstoff und Tritium .....	59
8.6.5 Bedeutung von Verfahren zur Verringerung der Radionuklidabgabe ..	59
8.6.6 Globales „dose commitment“ durch die Akkumulierung von Krypton-85, Jod-129 und Kohlenstoff-14 und der Biosphäre .....	60
8.7 Literatur .....	63
8.A Anhang .....	66
8.A.1 Fragenkatalog der Informationskampagne Kernenergie .....	66
8.A.2 Fragen aus der Bevölkerung .....	66



## 7.1 Bewilligung für die Errichtung und den Betrieb eines Kernkraftwerkes

Bald nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität erkannte man, daß Bestrahlung des Organismus zu Schäden führen kann. Diese Schäden können somatischer als auch genetischer Natur sein.

Die Internationale Kommission für Strahlenschutz (ICRP), welche seit 1928 besteht, hat Empfehlungen ausgearbeitet, die sich mit den Grundlagen des Strahlenschutzes beschäftigen. Auch eine Reihe anderer internationaler Organisationen, wie die Internationale Atomenergieorganisation (IAEA), das Internationale Arbeitsamt (ILO), die Kernenergie-Agentur (NEA), die OECD und Euratom haben ebenfalls Richtlinien entworfen. Nach eingehender Beratung in verschiedenen Fachregimen wurde im Jahre 1969 das **Strahlenschutzgesetz** im Österreichischen Nationalrat beschlossen (BGBI. 227/1969, vgl. z. B. auch [1]).

### 7.1.1 Gesetzliche Grundlagen

Das Strahlenschutzgesetz legt Maßnahmen zum Schutze des Lebens oder der Gesundheit der Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlung fest. Im § 1 wird der Wirkungsbereich festgelegt; das Gesetz findet Anwendung auf „die Errichtung und den Betrieb von Anlagen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen ..... und den sonstigen Umgang mit radioaktiven Stoffen ..... und regelt die behördliche Überwachung der Umwelt auf radioaktive Verunreinigungen sowie die notwendigen Schutz- und Sicherungsmaßnahmen“. Im § 36 wird festgehalten, daß die Behörde unter Bedachtnahme auf den jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse durch Verordnungen nähere Vorschriften zu erlassen hat (**Strahlenschutzverordnung**, BGBI. 47/1972, vgl. z. B. auch [2]). Aufgrund des § 36 lit. e des Strahlenschutzgesetzes wird in der Strahlenschutzverordnung in den §§ 9—15 in Verbindung mit den Anlagen 4 und 5 eine sehr eingehende Regelung über die höchstzulässige Strahlenbelastung des menschlichen Körpers getroffen. Einerseits werden dabei die höchstzulässigen Dosis-, Aktivitäts- und Konzentrationswerte festgelegt, denen beruflich strahlenexponierte Personen ausgesetzt sein dürfen, und andererseits diese Werte für Personen außerhalb von Strahlenbereichen — also die Gesamtbevölkerung — bestimmt.

Vermerkt sei noch, daß das Strahlenschutzgesetz (im folgenden mit StrSchG abgekürzt) in § 4 ausdrücklich feststellt: „Jede Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper ist innerhalb der aufgrund dieses Gesetzes festgesetzten zulässigen Strahlungsbelastung so niedrig wie möglich zu halten.“

Im II. Teil des StrSchG (Bewilligung und Meldepflicht) wird in § 5 Abs. 1 festgehalten, daß die „.... Errichtung von Anlagen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen ... einer Bewilligung bedarf...“ Die Zuständigkeit ist in § 41 geregelt. Diese Be-

willigungen sind gemäß § 5 Abs. 4 zu erteilen, wenn „... a) für den Schutz des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlung, auch im Hinblick auf den in Aussicht genommenen Standort, in ausreichendem Maße Vorsorge getroffen wird und b) hinsichtlich der Verlässlichkeit des Antragstellers ... keine Bedenken bestehen ...“ Abs. 8 des selben Paragraphen verpflichtet die Behörde, „über das Vorliegen der geforderten Voraussetzungen Sachverständige oder staatlich autorisierte Anstalten ... zu hören“. Die oftmals geäußerten Bedenken, daß eine einmal gegebene Bewilligung für immer erteilt wurde, bestehen nicht zu Recht, weil im StrSchG festgelegt wird, daß zusätzliche Auflagen während der Errichtung (§ 5 Abs. 9) und nach § 11 auch noch während des schon bewilligten Betriebes erteilt werden können. („Ergibt sich nach rechtskräftiger Erteilung einer Bewilligung gemäß ..., daß trotz Erfüllung der Bedingungen und Einhaltung der Auflagen der Schutz des Lebens ... vor Schäden durch ionisierende Strahlen nicht ausreichend gewährleistet ist, so ist die Vorschreibung weiterer Vorschreibungen zulässig“.) Im § 18 wird bei unmittelbar drohender Gefahr die Behörde dagegen verpflichtet, alle geeigneten Maßnahmen zu ergreifen, um diese Gefahr abzuwenden. Hier besteht also eine Mußbestimmung, deren Nichtbeachtung die Behörde nach dem Amtshaftungsgesetz schadenersatzpflichtig macht. (Die schon im AVG 1950 in § 68 Abs. 3 vorgesehene Möglichkeit dazu, wenn es die Beseitigung der Gefährdung des Lebens oder der Gesundheit des Menschen verlangt, die eine Kannbestimmung ist, wird im StrSchG somit bewußt verschärft).

Im V. Teil des StrSchG wird im § 38 festgelegt, wer im Gefahrenfalle Entscheidungen zu treffen hat, wobei zwei Fälle unterschieden werden, nämlich Gefahrenfälle in der Anlage selbst (örtlicher Alarmplan) und Gefahren, die außerhalb der Anlage ihre Auswirkungen haben (allgemeiner Alarmplan). In diesem Abschnitt des Gesetzes wird auch im § 37 die behördliche Überwachung der Umwelt auf radioaktive Verunreinigungen verpflichtend dargestellt, während die Überwachung des Betriebs in § 17 geregelt wird.

Die gesetzlichen Bestimmungen sind hier etwas ausführlicher dargelegt worden, da sie die Grundlage für die Bewilligung der Errichtung und des Betriebes von Kernreaktoren bilden und dem Gesetzgeber jede Möglichkeit geben, die Entscheidung so zu treffen, daß das Leben und die Gesundheit der Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft geschützt wird. Hier treten nun bei den Juristen große Meinungsverschiedenheiten auf. Die Situation wurde z. B. von Prof. Simma so dargestellt: Die Tatsache, daß durchaus ernst zu nehmende Wissenschaftler keinen Konsens über die Gefährlichkeit oder Ungefährlichkeit der Kernkraftwerke finden, zwingt den Juristen, daran die Konsequenz zu knüpfen, daß die Gefahr nicht ausgeschlossen werden kann. Er hat sich, da das Recht die Funktion hat, die Menschen zu schützen, gegen diese Gefahren zu wenden.

Die Frage, wie ein Gemeinwesen seinen Energiebedarf deckt, ist heute eines der wichtigsten Probleme, die ein Staat zu diskutieren hat. Es müssen sehr genau alle Fakten gegeneinander abgewogen werden, also die Frage nach der Notwendigkeit der Erhöhung des Energieangebots, die verschiedenen Faktoren, die für die Sicherheit des Betriebes sorgen und die damit zusammenhängenden Fragen nach der Höhe des Risikos, unsere Kenntnis von den Schäden, die durch Bestrahlung auftreten können usw.

Zu bedenken ist, daß man ein Problem nicht allein betrachten kann; eine Gefährdung des Lebens und der Gesundheit des Menschen tritt in vielen Fällen auf, man muß die Risiken vergleichen und, wie die Lösung auch immer aussieht, ihre Summe so klein wie möglich halten. Dieses Prinzip, daß bei der Entwicklung der Kernenergie

welche nun am Zaun des Kernkraftwerkes zusätzlich auftritt, soll höchstens 2 mrem pro Jahr ausmachen.

Der sachliche Vergleich der natürlichen Strahlenbelastung und der Schwankung derselben mit der Strahlenbelastung, die durch ein Kernkraftwerk im Normalbetrieb verursacht wird, läßt erkennen, daß ein Kernkraftwerk im Normalbetrieb keine Gefährdung der Bevölkerung in der Umgebung mit sich bringen kann. Über diesen Punkt waren sich alle Teilnehmer der Diskussionsgruppe 8 einig. Für Betrachtungen über das Unfallrisiko sei auf den Bericht der Diskussionsgruppe 5 verwiesen.

Für die Versorgung und die Entsorgung eines Kernkraftwerkes sind Transporte von radioaktivem Material erforderlich. Brennelemente und radioaktive Abfälle müssen transportiert werden, wobei das Transportpersonal und die Bevölkerung einer ionisierenden Strahlung ausgesetzt wird. Die für den Transport verwendeten Sicherheitsmaßnahmen bewirken aber, daß im Routinebetrieb die Strahlendosen für das Transportpersonal gering und unbedeutend sind, verglichen mit den Strahlendosen, denen Personal von Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen ausgesetzt ist. Die Mitglieder der Diskussionsgruppe 8 waren sich einig, daß die durch den Transport von radioaktivem Material bewirkten Strahlendosen für Personal und Bevölkerung unbedeutend sind. Verwiesen sei allerdings auf die Gefahr von Unfall und Sabotage. Diese Problematik wird im Bericht der Diskussionsgruppe 7 kurz behandelt.

Einige Studien, die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden, befassen sich mit der Belastung der Umwelt durch den Brennstoffkreislauf bei Kernenergiengewinnung und vergleichen diese Belastung mit den Auswirkungen der Nutzung fossiler Brennstoffe. Es wird vor allem die Emission von giftigen Schwefel- und Stickstoffoxiden, toxischen Spurenmetallen, der hohe Landverbrauch des Kohlebergbaus, bedingt durch die Auswirkungen des Kohleabbaus und der Schlackenhalden, der geringeren Umweltbeeinträchtigung durch Kernkraftwerke gegenübergestellt. Die Schädigungen der Kohlearbeiter durch Staublungen und die hohen Unfallzahlen der Bergarbeiter werden den Risiken der Arbeit in den Uranminen, Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen gegenübergestellt. Diese Art der Argumentation sollte aber besser nicht zur Verteidigung der Kernenergie dienen, sondern eher ein Anreiz sein, den Stand der Technik bei der Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen bezüglich Sicherheit und Umweltschonung in Hinkunft anzuheben.

Um die Strahlenbelastung des nuklearen Brennstoffkreislaufes auch für zukünftige Generationen zu ermitteln, wird die Einführung eines „dose commitment“ diskutiert. Dies ist die gesamte Bevölkerungsdosis (gemessen in der Einheit manrem), die von einer Maßnahme, wie zum Beispiel der Emission radioaktiver Stoffe während eines Jahres, von dem Augenblick der Emission an bis zu dem Zeitpunkt, da die Radioaktivität des emittierten Materials völlig abgeklungen ist, verursacht wird. (Der Begriff „dose commitment“ wird in 8.1.5 näher erläutert.) Auf diese Weise könnte man die Wirkung langlebiger Nuklide auf noch ungeborene Generationen berechnen. Diese Ansicht wurde auch von einigen Mitgliedern der Diskussionsgruppe 8 vertreten, wobei ihnen allerdings entgegengehalten wurde, daß die Verwendung eines „dose commitment“ bei sehr langlebigen natürlichen Radionukliden, deren Strahlung die ganze Menschheit auf sehr lange Zeit ausgesetzt ist, zu sinnlosen Ergebnissen führt.

Im Jahre 1966 veröffentlichte die ICRP die Empfehlung, „daß alle Strahlendosen so niedrig gehalten werden sollen, wie es mit Rücksicht auf wirtschaftliche und gesellschaftliche Überlegungen angemessen ist“. Aus einem gesellschaftlichen Risikogesichtspunkt heraus kann man höhere Dosen für wenige Personen eher akzeptieren

als für viele Personen. Dies darf aber keineswegs dazu führen, daß das Personal für Reaktorbetrieb, Wartung und Reparatur unzulässig hohen Dosen ausgesetzt wird. Dies ist ein Problem, das bei Engpässen von Spezialpersonal akut werden kann; erst recht bei einer Expansion der Kernenergienutzung. Über die Höhe der dem Reaktorpersonal zumutbaren Strahlenbelastung herrschte in der Diskussionsgruppe 8 keine Einigkeit — es sei aber auf die Zuständigkeit der Diskussionsgruppe 10 verwiesen. Einig waren sich jedoch die Teilnehmer der Diskussionsgruppe 8, daß beim Abbau und bei der Produktion des Brennstoffes für Kernreaktoren die Bestrahlungsdo sen, mit Ausnahme der durch Radon-222 bewirkten Strahlenbelastung, minimal sind. Dieses Radon-222 wird als Folgeprodukt des Uran-238 beim Uranabbau freigesetzt und bewirkt eine beträchtliche Strahlenbelastung der Grubenarbeiter. Es ist bekannt, daß unter diesen Arbeitern eine erhöhte Lungenkrebssterblichkeit besteht.

Im Mittelpunkt der Diskussionen über Fragen der Kernenergienutzung steht das Problem der Entsorgung, das Problem des radioaktiven Abfalls. Dieser radioaktive Abfall entsteht bei nahezu allen Schritten des Brennstoffkreislaufes. Die Behandlung der schwach- und mittelaktiven Abfälle bereitet kein besonderes Problem. In Österreich werden diese Abfälle von der Österreichischen Studiengesellschaft für Atomenergie in Seibersdorf konditioniert und bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers aufbewahrt.

Hochaktiver Abfall entsteht bei der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. Diese Wiederaufarbeitung müßte außerhalb Österreichs durchgeführt werden, da eine derartige Anlage in Österreich weder vorhanden noch geplant ist. Gegenwärtig herrscht weltweit ein fühlbarer Mangel an Wiederaufarbeitungsmöglichkeiten für Kernbrennstoffe.

Wenn keine Vereinbarungen auf internationaler Basis zustande kommen, muß der hochradioaktive Abfall des Kernkraftwerkes Zwentendorf nach der Wiederaufarbeitung zurückgenommen und in Österreich gelagert werden. In den ausgebrannten Reaktorbrennelementen liegt sicher die höchste Konzentration an gesundheitsgefährdenden Stoffen vor, die wir bisher kennen. Das damit verbundene Risiko setzt sich aus Gefährdungspotential und Freisetzungswahrscheinlichkeit zusammen. Um dieses Risiko so gering wie möglich zu halten, müssen geeignete technische und organisatorische Maßnahmen gesetzt werden, um eine Freisetzung des radioaktiven Abfalls in die Biosphäre auszuschließen. Die Notwendigkeit einer Lagerzeit von einigen hundert bis tausend Jahren hat zu der Überlegung geführt, radioaktiven Abfall unterirdisch in geologisch stabilen und wasserfreien Schichten zu lagern, die ihre Dauerhaftigkeit schon seit Jahrtausenden unter Beweis gestellt haben.

Für diese Einlagerung sind geologische Voruntersuchungen über geeignete Standorte erforderlich. In Österreich kommen für die Endlagerstätten kristalline Formationen wie Gneis oder Granit in Frage.

Bei der gegenwärtigen Situation der Wiederaufarbeitungsanlagen ist möglicherweise nicht einmal eine Aufarbeitung abgebrannter Brennelemente des Reaktors Zwentendorf durchführbar, so daß für eine längere und im allerungünstigsten Fall auch für eine dauernde Lagerung der abgebrannten Brennelemente in Österreich Sorge getragen werden muß. Aus diesem Grund wird ein externes Brennelementlagerbecken geplant, das alle während der kaufmännisch vorgesehenen Betriebszeit des Kernkraftwerkes Zwentendorf verbrauchten Brennelemente aufnehmen kann. Dieses Lagerbecken muß ebenso sicher wie ein Reaktorgebäude errichtet werden. Es muß bei einer Errichtung an einem kraftwerksexternen Standort hinsichtlich der Versorgung mit Energie, Kühlwasser usw. redundant ausgelegt sein und den ent-

sprechenden Anforderungen hinsichtlich der Sicherheit gegen äußere Einwirkungen, wie Erdbeben, Hochwasser, Flugzeugabsturz usw., genügen. Die Strahlungs- und Hitzeentwicklung der Brennelemente klingt in den ersten Jahren der Lagerung rasch ab, und sie können dann in ein Trockenlager übergeführt werden, um letztlich auch ohne Aufarbeitung in ein Endlager eingebracht zu werden. Der „Österreichische Arbeitskreis Brennstoff und radioaktiver Abfall“ hat eine Studie über die Entsorgung des Gemeinschaftskraftwerkes Tullnerfeld durchgeführt, welche eine Reihe denkbarer Varianten berücksichtigt. So wurde auch der Fall angenommen, daß es nicht möglich sein wird, die Brennelemente einer Wiederaufarbeitung zuzuführen. Es wurden auch die entsprechenden Kostenberechnungen vorgelegt. Diese Studie wurde von einem Teilnehmer der Diskussionsrunde 8 heftig kritisiert. Es wird auch jener Vorwurf erhoben, der von Kernenergiegegnern in diesem Zusammenhang immer wieder gemacht wird: man besitzt über die Langzeitlagerung keinerlei Erfahrung. Auf diesem Gebiet ist eine eigenartige Situation geschaffen worden: jene Leute, die vor den Gefahren der Kernkraft am meisten warnen, wollen gleichzeitig Aktionen setzen, die eine sachgemäße Suche nach Lagerstätten und schließlich eine sicherheitstechnisch optimale Lagerung verhindern sollen. Die Suche nach einer Lagerstätte und ihre Einrichtung ist daher heute kein technisches, sondern ein psychologisches und politisches Problem geworden. Über das technische Problem der Langzeitlagerung liegen eine Reihe von sorgsam durchgeföhrten Studien vor, die auch im Bericht der Diskussionsgruppe 8 berücksichtigt wurden; technisch stellt die Langzeitlagerung keine Probleme. Die Erteilung der Betriebsbewilligung für ein Kernkraftwerk wird nach dem gegenwärtigen Stand der Dinge nur dann erteilt werden, wenn die Frage der Endlagerung geklärt ist. Es handelt sich also um ein Problem, dessen Lösung auf gesellschaftlicher und politischer Ebene zu suchen ist.

Die von der Diskussionsgruppe 8 behandelten Fragen des ursprünglichen Kataloges sind im Anhang des Berichtes (8.A.1) zusammengestellt. Im Laufe der Diskussion stellte sich heraus, daß ein Teil der Diskussionsteilnehmer die Nutzung der Kernenergie für vertretbar hält (F. GRASS, G. KECK, T. SCHÖNFELD), andere Teilnehmer wenden sich gegen eine weitere Ausbreitung der Kernenergie (A. BARTHELMES, B. GILLBERG), und ein Teilnehmer stand der Kernenergie völlig ablehnend gegenüber (K. KREUZER). Die Teilnehmer haben entsprechend ihrer fachlichen Schwerpunkte an der Abfassung des Berichts mitgewirkt bzw. persönliche Beiträge (K. KREUZER) geliefert. Die im Katalog (8.A.1) enthaltenen Fragen wurden in einer Reihe von internen Diskussionsveranstaltungen und in der öffentlichen Diskussion in Leoben (17. 2. 1977) behandelt. An den internen Diskussionsveranstaltungen nahmen auch folgende Vertreter aus Technik und Wissenschaft teil: H. BÖCK (TU Wien), P. DIERKES (GKT), C. HELD (KKWP), F. OSZUSKY (Österr. Verbundges.), P. KREJSA (SGAE), J. SCHEDLING (Univ. Wien, er lieferte auch den Beitrag 8.1.2 des Berichtes), E. TSCHIRF (TU WIEN), E. WANDERER (GKT).

Allen Teilnehmern sei an dieser Stelle für ihre sachliche und wertvolle Mitarbeit der Dank ausgesprochen.

## 8.1 Radioaktive Belastung von Mensch und Umwelt

### 8.1.1 Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken

Im Bericht der Generaldirektion V („Soziale Angelegenheiten“) der Kommission der Europäischen Gemeinschaften (EG) werden Aktivitätswerte für Abgaben radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken in der EG veröffentlicht [1]. Es werden auch die jeweils zulässigen Abgaben radioaktiver Stoffe angeführt (jährliche Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft, jährliche Abgabe radioaktiver Aerosole, jährliche Abgabe von Jod-131, jährliche Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser).

Der Bericht kommt zusammenfassend zu dem Ergebnis, daß in dem behandelten Zeitraum (1970 bis 1974) die Abgaben bei allen Kernkraftwerken in der EG unterhalb der von den Behörden jeweils festgesetzten Grenzwerte lagen.

Die vom Österreichischen Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz für das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld bewilligten Abgaberaten entsprechen den in der EG von den zuständigen Behörden bewilligten Werten.

#### 8.1.1.1 Emissionen radioaktiver Stoffe aus dem Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld

Für das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld G.m.b.H. wurden vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz folgende Abgaberaten radioaktiver Stoffe für den Routinebetrieb bewilligt (unter Routinebetrieb sind auch jene unvermeidlichen und damit zwangsläufig zu erwartenden Betriebsphasen zu verstehen, in denen überdurchschnittlich hohe Abgaberaten anfallen. Solche Betriebsphasen werden z. B. gegen Ende eines Brennstoffzyklus oder vor und während Revisionsarbeiten auftreten).

##### 8.1.1.1.1 Abgabe radioaktiver Gase und Aerosole über den Schornstein

###### 8.1.1.1.1.1 Abgaberate für Edelgase

Die maximale Gesamt-Abgaberate für Edelgase — das ist die Summe der Abgaberaten der während des Reaktorbetriebes anfallenden, einzelnen, radioaktiven Edelgase — wird mit 10 Ci/h festgelegt.

###### 8.1.1.1.1.2 Abgaberate für Aerosole

Die maximale Gesamt-Abgaberate für Aerosole — das ist die Summe der Abgaberaten der während des Reaktorbetriebes anfallenden, einzelnen, radioaktiven Aerosole — wird mit 3 mCi/h festgelegt.

Dies gilt mit dem Vorbehalt, daß die Aktivität von Sr-90 den Wert von 0,5% der Gesamtaktivität im Aerosolgemisch nicht überschreitet.

### **8.1.1.1.3 Abgaberate für J-131**

Die maximale Abgaberate für J-131 — wobei jede Art und chemische Verbindung, in der dieses Isotop auftritt, in Rechnung zu setzen ist — wird mit 0,1 mCi/h festgelegt.

### **8.1.1.1.4 Zulässigkeit von höheren Abgaberaten**

Die in den Punkten 8.1.1.1.1, 2 und 3 festgelegten maximalen Abgaberaten (d. h. die dort genannten Ci/h bzw. mCi/h) dürfen, wenn dies aus betrieblichen Gründen erforderlich ist, kurzzeitig bis zum Zehnfachen überschritten werden. Der über 30 aufeinanderfolgende Tage gemittelte Wert muß jedoch stets kleiner oder gleich der jeweiligen maximalen Abgaberate sein.

### **8.1.1.2 Abgabe radioaktiver Nuklide an den Vorfluter**

#### **8.1.1.2.1 Abgaberate für Nuklidgemische ohne Radiumisotope und ohne Tritium**

Der Mittelwert der Abgaberaten der an den Vorfluter abgegebenen Nuklidgemische darf in 30 aufeinanderfolgenden Tagen nicht 2 Ci und in einem Kalenderjahr nicht 10 Ci überschreiten. Kurzzeitige Überschreitungen dieser Mittelwerte sind zulässig, jedoch mit der Einschränkung, daß die Einleitkonzentration stets kleiner oder gleich  $1 \cdot 10^{-7}$  Ci/m<sup>3</sup> ist.

Bei Überschreitung von 5 Ci/a ist der Behörde eine begründete Mitteilung zu machen.

#### **8.1.1.2.2 Abgaberate für Tritium**

Der Mittelwert der Abgaberaten des an den Vorfluter abgegebenen Tritiums darf in einem Kalenderjahr nicht 500 Ci überschreiten. Kurzzeitige Überschreitungen dieses Mittelwertes sind zulässig, jedoch mit der Einschränkung, daß die Einleitkonzentration stets kleiner oder gleich  $1 \cdot 10^{-3}$  Ci/m<sup>3</sup> ist.

## **8.1.2 Zur Frage radiologischer Lastpläne**

Bezogen auf Österreich sind nebst Zwentendorf zwei weitere Kernkraftwerke zur Errichtung in Aussicht genommen; der Standort des einen ist im Raum St. Pantaleon vorgesehen, jener des zweiten ist noch nicht näher fixiert, wird jedoch mutmaßlich in der Steiermark liegen. Hinsichtlich der oben angeführten Frage steht somit die Donau samt ihren derzeitigen Zubringern zur Diskussion (eine Änderung der Situation ergibt sich nach Fertigstellung der Flußverbindung Rhein—Main—Donau, Donau—Oder—Elbe, Donau—Morava—Vardar—Ägäisches Meer).

Die Donau ist der zweitlängste Strom in Europa. Ihr Einzugsgebiet umfaßt 817.000 km<sup>2</sup>; dies ist ungefähr ein Zwölftel des Europäischen Kontinents. Sie durchfließt acht Anrainerstaaten und nimmt Zuflüsse aus insgesamt zwölf Staaten auf. Nahezu 70 Millionen Menschen leben im direkten Einzugsgebiet.

Die Verwendungsgebiete des Donauwassers umfassen: Trinkwasserversorgung, städtische Nutzwasserwerke, Bewässerung, Fischerei, Nutzung für industrielle und sportliche Zwecke. Die Donau ist ferner der hauptsächliche Empfänger für Abwasserableitungen innerhalb ihres Einzugsgebietes.

Als neuer Faktor bezüglich der Wasserqualität ist die Entwicklung der nuklearen Industrie innerhalb des Einzugsgebietes in Betracht zu ziehen. Über geplante kerntechnische Anlagen, wie Kernbrennstoffverarbeitungs- und Wiederaufarbeitungs-

anlagen, gibt es widersprüchliche Unterlagen. Nicht vergessen werden dürfen in diesem Zusammenhang Kernforschungsinstitute und jene Institutionen, die durch Verwendung radioaktiver Substanzen (Industrie, Krankenhäuser etc.) einen Beitrag zur radiologischen Belastung bewirken können.

Entsprechend der Bedeutung des Stromes haben sich bereits viele internationale Organisationen (WHO, UNECE, UNEP, FAO, CMEA, Donaukommission), weiters aber auch nichtstaatliche Organisationen (ISO, SIL usw.) mit den Problemen in und an der Donau von den verschiedenen Aspekten her befaßt. Die spezifischen Probleme, die sich durch die radioaktive Verunreinigung der Donau ergeben, wurden jedoch bisher auf zwischenstaatlicher Ebene nicht eingehend genug behandelt.

Wie aus den Ergebnissen eines Beratergruppentreffens, organisiert von der IAEA (Belgrad, 3.—7. 11. 1975) zu entnehmen ist:

- a) werden in den meisten Anrainerstaaten mehr oder weniger umfangreiche Messungen der Radioaktivität sowohl des Wassers wie auch in der biologischen Substanz vorgenommen,
- b) ist eine Einheitlichkeit in den Meßverfahren und Meßzielen noch nicht erreicht,
- c) fehlen wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse in gewissen Gebieten oder sind nur in unzulänglichem Ausmaß vorhanden,
- d) **existiert kein radiologischer Lastplan für die Donau und ihre Zubringer.**

Wie weitere Erhebungen gezeigt haben, gibt es auch auf nationaler Ebene, zumindest in Österreich mit Sicherheit, derzeit keine fertiggestellten Lastpläne. Wohl aber zeigen sich Ansätze zu ihrer Erstellung. In dieser Richtung sind zu erwähnen:

- a) Die Bildung einer Österreichischen Studiengruppe für Radioaktivitätsmessungen im Donauraum.  
Diese Gruppe (sie ist dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz angegeschlossen) bemüht sich um eine Erarbeitung von Kriterien für die Meßziele und Meßverfahren.
- b) Die Vorschläge der Beratergruppe, die anlässlich des Treffens 1975 in Belgrad abschließend zusammengestellt wurden. Sie können dem IAEA-Dokument AG-41, 1976, entnommen werden.

Eine Querverbindung zwischen der Österreichischen Studiengruppe und der IAEA-Beratergruppe wird in Zukunft bestehen. Es ist zu erwarten, daß ein Angehöriger der Studiengruppe anlässlich des für Frühjahr 1977 vorgesehenen, neuerlichen Treffens der Beratergruppe an diesem teilnehmen wird.

## 8.1.3 Höhe der Strahlenbelastung

### 8.1.3.1 Ausbreitung radioaktiver Emissionen von Kernkraftwerken

Die Strahlenbelastung wird durch Abgabe fester, flüssiger und gasförmiger radioaktiver Stoffe herbeigeführt. Die radioaktiven Abgase gelangen, vermischt mit der Gebäudeabluft, über den Schornstein in die Atmosphäre. Die Berechnung der Strahlenbelastung

lastung in der Umgebung des Kernkraftwerkes erfordert Kenntnisse über den Weg, den diese Wolke nimmt und über die Konzentrationsverminderung durch Diffusion. In der Literatur sind Modelle für Ausbreitungsrechnungen gegeben [2, 3]. Das Ergebnis dieser Rechnung ist eine Angabe über Konzentrationen der einzelnen Radioisotope. Daraus kann die durch die Wolke und die Ablagerungen auf der Erdoberfläche verursachte Strahlendosis bzw. die jährliche Dosisleistung berechnet werden.

Bei der Ausbreitungsrechnung sind folgende Spezialfälle zu beachten:

A) Normale Ausbreitungsbedingungen

B) Wetterlagen, die eine Störung der freien Diffusion zur Folge haben, wie z. B. Sperrsichtbildung, Inversion; sie haben Konzentrationserhöhungen in bestimmten Bereichen zur Folge. Konzentrationserhöhungen bis zum 20fachen werden angegeben. Da diese Wettersituationen am Standort des Reaktors des Gemeinschaftskernkraftwerkes Tullnerfeld im allgemeinen nur kurzzeitig auftreten, wird sich im Mittel keine wesentliche Konzentrationserhöhung einstellen.

C) Erhöhte Abgaben bei bestimmten Betriebszuständen. Dagegen ist nur dann nichts einzuwenden, wenn die über einen bestimmten Zeitraum gemittelten Abgaberaten die zugelassenen nicht überschreiten.

#### 8.1.3.2 Gemessene Strahlenbelastung in der Umgebung von Kernkraftwerken

In Tabelle 8.1 sind Zahlenwerte für die Strahlenexposition im Jahre 1974 in der Umgebung von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland durch Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft angeführt; Tabelle 8.2 enthält Werte für die Strahlenexposition durch Abgabe radioaktiver Stoffe in Gewässer [1].

**Tabelle 8.1**

**Strahlenexposition im Jahre 1974 in der Umgebung von Kernkraftwerken in der BRD durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft [1]**

	Maximale Strahlenexposition (mrem/a) durch				Mittlere Keimdrüsensexposition (mrem/a) der Bevölkerung im Umkreis von	
	$\gamma$ -Submersion (Ganzkörperdosis)	$\beta$ -Submersion (Hautdosis)	Jod-Inhalation (Schilddrüse — Kleinkind)	Jod-Ingestion	0 bis 3 km	0 bis 20 km
Kahl	0,2	0,09	0,001	0,3	0,004	< 0,001
Gundremmingen	0,7	0,2	0,02	7	0,02	0,004
Lingen	0,7	0,09	< 0,001	0,03	0,03	0,003
Obrigheim	0,6	2,6	0,001	2,7	0,02	0,003
Stade	0,01	0,01	0,001	0,4	< 0,001	< 0,001
Würgassen	0,02	0,02	0,001	0,3	< 0,001	< 0,001
Biblis	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,002	< 0,001	< 0,001

**Tabelle 8.2**

## Strahlenexposition durch Abgaben radioaktiver Stoffe in Gewässer in der BRD im Jahre 1974 [1]

Name, Standort der Anlage (Vorfluter)	Berechnete Ganzkörperdosis (mrem) 1974					
	Bevölkerung im Einwirkungsbereich			Maximale Exposition von Einzelpersonen		
	Trinkwasser	Fisch	Gesamt	Trinkwasser	Fisch	Gesamt
<b>A) Kernkraftwerke</b>						
Kahl (Main)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,02
Gundremmingen (Donau)	0,01	0,01	0,02	0,01	0,2	0,2
Lingen (Ems)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01
Obrigheim (Neckar)	0,02	0,04	0,06	0,02	0,9	0,9
Stade (Elbe)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,02
Würgassen (Weser)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1	0,1
Biblis A (Rhein)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>B) Kernforschungszentren und Forschungsreaktoren</b>						
KFA Jülich (Rur)	keine Nutzung			keine Nutzung		
GfK Karlsruhe (Altrhein/Rhein)	< 0,01	0,25	0,3	< 0,01	2	2
andere Forschungsreaktoren	< 0,01	< 0,03	< 0,03	< 0,01	< 0,1	< 0,1

### 8.1.3.3 Natürliche und künstliche Strahlungsbelastung

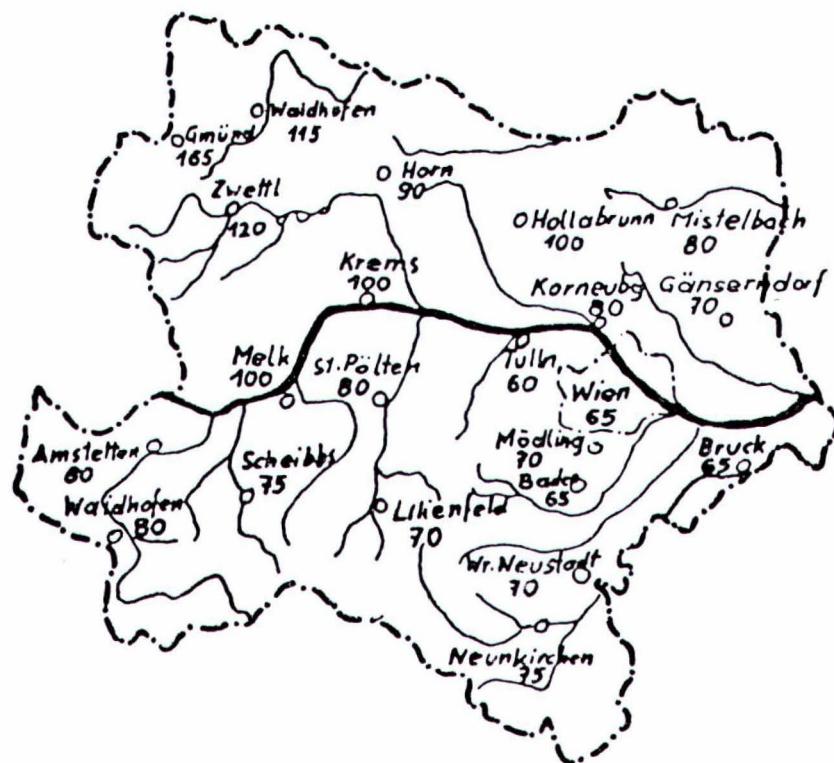
Alle Angaben über Strahlenbelastungen müssen in Relation zu unvermeidlichen oder akzeptierten Strahlenbelastungen gebracht werden:

**Die natürliche Strahlenbelastung.** Sie wird in Österreich weitgehend gemessen. Für äußere Strahlendosen wurde vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz die Strahlenkarte Österreichs erstellt [4]. Als Mittelwert für das gesamte Bundesgebiet wird 78 mR/a angegeben \*) (43 mR/a terrestrisch und 35 mR/a kosmisch). Die äußere Strahlendosis schwankt in Abhängigkeit vom Meßort sehr stark, so daß sich aus einem Ortswechsel bereits ein Vielfaches der in der Umgebung eines Kernkraftwerkes herrschenden Strahlenbelastung ergeben kann. (Ein Beispiel: Die äußere Strahlendosis in Oberwart ist 51 mR/a, in Rohrbach in Oberösterreich 135 mR/a. Verbringt ein Oberwarter 10 Tage in Rohrbach, so erhält er eine wesentlich höhere Dosis als lebte er am „Zaun“ eines Kernkraftwerkes.) Verschiedene Bevölkerungsgruppen sind demnach seit jeher weit größeren und unterschiedlicheren Strahlendosen ausgesetzt, als es Belastungen durch Kernkraftwerken entspricht.

\*) mR steht für Milliröntgen; in dem hier betrachteten Zusammenhang (was aber keinesfalls verallgemeinert werden darf) gilt in grober Näherung, daß mR und mrem etwa äquivalent sind.

Die unterschiedlichen Werte sind auch der Karte von Niederösterreich zu entnehmen:

**Abbildung 8.1**  
**Durchschnittliche Strahlenbelastung der Bevölkerung [4]**



(Mittelwerte für die politischen Bezirke in mR/Jahr im Raum Wien und Niederösterreich durch natürliche, durchdringende Strahlung [terrestrischer und kosmischer Anteil])

Forschungsarbeit für das Bundesministerium für soziale Verwaltung 1970/71

Ausgesetzt sind wir **Strahlenbelastungen bei Röntgendiagnostik und Strahlentherapie**:

**Tabelle 8.3**  
**Strahlenbelastung bei Röntgenuntersuchungen**

Mittlere Strahlenbelastung:

BRD . . . . .	25 mrem/a
USA . . . . .	55 mrem/a

Dosis bei Röntgenuntersuchungen:

Lunge . . . . .	100 mrem
Magen, Galle, Niere . . . . .	1500 . . . 3000 mrem

Dosis bei Therapie:

Lokale Bestrahlung (scharfbegrenzte Gewebeteile) . . . . .	bis zu $10^6$ mrem
--	--------------------

## Aufgezwungen wurden uns **Strahlenbelastungen durch Kernwaffenversuche:**

Für die österreichische Bevölkerung ergab sich aus den Kernwaffenversuchen folgende Strahlenbelastung (zusammengestellt aus [5]):

**Tabelle 8.4**  
**Ganzkörperbelastung durch:**

	Einatmen		äußere Einwirkung von Atmosphäre und Boden
1964	17 mrem	.	kein Wert
1965	3,6 mrem	.	kein Wert
1966	1 mrem	.	10 mrem
1967 }	0,2 mrem bis 1,8 mrem	.	6 mrem
1968	2 mrem	.	6 mrem
1969	2,8 mrem	.	5 mrem
1970 }	0,1 mrem bis 1974 }	.	5 mrem
	bis 3 mrem	.	

Der sachliche Vergleich der Werte der natürlichen Strahlenbelastung und ihrer Schwankungen mit den Strahlenbelastungen verursacht durch ein Kernkraftwerk im Normalbetrieb läßt eindeutig erkennen: das Kernkraftwerk kann im Routinebetrieb keine Gefährdung der umliegenden Bevölkerung mit sich bringen.

Voraussetzung für diese Aussage ist allerdings, daß die zur Diskussion stehenden Werte stimmen. Das heißt jedoch, der Umgebungsüberwachung kommt die zentrale Bedeutung zu.

### **8.1.4 Umgebungsüberwachung um das Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld**

Die Umgebungsüberwachung um den Reaktor Zwentendorf wird erfolgen:

#### **8.1.4.1 Durch die GKT**

Die GKT betreibt 6 Gamma-Stationen sowie Aerosolmeßgeräte. Das Meßnetz der GKT ist in das nationale Meßnetz eingegliedert.

#### **8.1.4.2 Durch das österreichische Meßnetz**

Dieses umfaßt Beobachtungsstationen gemäß § 37 des Strahlenschutzgesetzes mit einer Maschenweite von 15 km. Die Nachweisgrenze der Gammadosisleistungsmessung liegt bei  $0,1 \mu\text{R}/\text{h}$ .

Darüber hinaus umfaßt das österreichische Überwachungsnetz eine Anzahl von Stationen, die seit Jahren mit Umgebungsüberwachung befaßt sind und auch Spezialprobleme bearbeiten.

## **8.1.5 Das „dose commitment“**

Von jenen Teilnehmern der Diskussionsrunde 8, die der Kernkraft kritisch gegenüberstehen, insbesondere von B. Gillberg, wird eingewendet, daß das „dose commitment“ auch in Österreich als Grundlage für die Beurteilung der Strahlungsbelastung herangezogen werden muß: es muß der „globale Gesamteffekt einer Dosis“ berücksichtigt werden.

### **8.1.5.1 Der globale Gesamteffekt einer Strahlendosis**

Bei Normalbetrieb werden die radioaktiven Emissionen von Atomreaktoren und Wiederaufarbeitungsanlagen in die Luft oder ins Wasser emittiert. Diese Emissionen verursachen nicht nur lokale Strahlendosen, sondern auch globale Dosen. Bei einer seriösen Beurteilung der Risiken der Atomkraft muß selbstverständlich die globale Dosis für die Menschheit beachtet werden.

Nehmen wir z. B. an, daß der ausgebrannte Brennstoff aus Österreich in den Wiederaufarbeitungsanlagen, die in der Bundesrepublik Deutschland geplant sind, wieder aufgearbeitet wird. In diesem Fall werden die Angestellten dieser Anlage von den Strahlendosen bei der Hantierung des österreichischen Brennstoffes betroffen. Kohlenstoff-14, Krypton-85 und Tritium, produziert in Österreich, werden relativ ungehemmt gasförmig von den hohen Schornsteinen [6, 7] der Anlage emittiert. Aus einer Untersuchung, die von den Firmen, die die deutsche Wiederaufarbeitungsanlage zu bauen beabsichtigen, durchgeführt wurde, geht u. a. hervor, daß man betreffs Krypton-85 zwei Emissionsalternativen hat. Entweder emittiert man es vollständig durch einen 400 m hohen Schornstein oder man vermindert die Emission um einen Faktor 10 und senkt gleichzeitig die Schornsteinhöhe auf 200 m [6].

In Schweden und in anderen skandinavischen Ländern wird man binnen kurzem eine Strahlenschutzgesetzgebung einführen, nicht nur um die nationalen, sondern auch um die globalen Wirkungen des nationalen Atomkraftprogrammes zu kontrollieren und zu begrenzen. Im Zusammenhang damit wird man auch die Strahlendosen für zukünftige Generationen aufgrund heutiger Emissionen kontrollieren und begrenzen. Zu diesem Zweck wird das „dose commitment“-Konzept (Integrale Bevölkerungsdosis) eingeführt. Das ist die gesamte Bevölkerungsdosis in manrem\*), die von einer Maßnahme, wie z. B. der Emission radioaktiver Stoffe während eines Jahres, von dem Augenblick der Emission an bis zu dem Zeitpunkt, da die Radioaktivität völlig abgeklungen ist, verursacht wird [8]. Auf diese Weise kann man also die Wirkung langlebiger Radionuklide auf noch ungeborene Generationen berechnen.

### **Ein Megawattjahr ( $MW_a$ ) Atomstrom verursacht 1 manrem Integrale Bevölkerungsdosis.**

In den skandinavischen Ländern wird man maximal eine Integrale Bevölkerungsdosis von 1 manrem pro  $MW_a$  elektrische Energie aus den Emissionen des gesamten Brennstoffzyklus (exklusive Dosis für die Angestellten) zulassen. Die Emissionen des Reaktors dürfen dabei höchstens 0,5 manrem pro  $MW_a$  verursachen. Das restliche dose commitment von 0,5 manrem pro  $MW_a$  ist für die Wiederaufarbeitung sowie andere Abschnitte des Brennstoffzyklus reserviert [8].

---

\* ) 1 manrem (aus dem Englischen) entspricht der Belastung einer Person durch eine Dosis von 1 rem.

Rechnet man mit der Risikenbeurteilung der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP), dann bedeuten die jährlichen 500 manrem eines 1000-MW<sub>(e)</sub>)-Reaktors 0,05 Krebsfälle und 0,05 schwere genetische Schäden. Vieles deutet jedoch darauf hin, daß die ICRP das Risiko mit einem Faktor 10 unterbewertet hat [9].

1966 veröffentlichte die ICRP die Empfehlung, „daß alle Strahlendosen so niedrig gehalten werden sollen, wie es mit Rücksicht auf wirtschaftliche und gesellschaftliche Überlegungen angemessen ist [10]“. Diese Empfehlung gilt auch für Österreich.

Gemäß der ICRP darf keine einzelne Person in der Nähe eines Atomreaktors einer höheren Dosis als 500 Millirem pro Jahr ausgesetzt werden. Die Erfahrungen deuten jedoch auf niedrigere Strahlendosen für Individuen in der Nähe von Atomkraftwerken hin. Die Dosis, die man für die exponierteste Gruppe in der Nähe eines Reaktors zulassen kann, ist bedingt durch die Größe der Gruppe. Aus einem gesellschaftlichen Risikogesichtspunkt heraus kann man höhere Dosen für wenige Personen eher akzeptieren als für viele Personen. Mit Rücksicht darauf ist es schwierig, sich generell hinsichtlich der Dosis für die Umwohner auszusprechen. Eine Dosis von 500 Millirem pro Jahr für, nehmen wir an, 100000 Personen, ist unter keinen Umständen akzeptabel. Die Bevölkerungsdosis von 5000 manrem pro Jahr entspricht maximal 5 Krebsfällen und 5 genetischen Schäden [9].

Es ist unmöglich, ein allgemeingültiges totales globales dose commitment anzugeben. So sind ja z. B. keine Anlagen für dieendlagerung von hochaktivem Abfall in Betrieb und das bedeutet, daß wir auch nicht das dose commitment aus einer solchen Tätigkeit berechnen können. Es ist jedoch möglich, die Wirkung von radioaktiven Emissionen von Reaktoren und Wiederaufarbeitungsanlagen zu berechnen. Das dose commitment für Reaktoremissionen hält sich bei heutiger Technik unter 0,5 manrem pro Megawatt (elektrisch) und Jahr [9]. Emissionen von Wiederaufarbeitungsanlagen jedoch dürften sich auf 4 manrem pro Megawatt (elektrisch) und Jahr belaufen [7]. Als Dosis für das Reaktor- und Wiederaufarbeitungspersonal muß man mit weiteren 2 manrem pro Megawatt und Jahr rechnen [9, 11]. Für einen 1000-MW-Reaktor bedeutet das ein dose commitment von 6500 manrem pro Jahresbetrieb. Vom Risikogesichtspunkt aus bedeutet das nach der Beurteilung der ICRP, daß durch jedes Betriebsjahr maximal 0,65 Krebsfälle und 0,65 schwere genetische Schäden verursacht werden. Hinzu kommt, daß, wie schon vorher angedeutet, daß ICRP wahrscheinlich das Risiko um einen Faktor 10 unterschätzt hat [9]. In diesem Falle würde man nach einem Jahr Betrieb maximal 6,5 Krebsfälle und 6,5 schwere genetische Schäden verursachen.

In diese Risikobeurteilung sind die schädlichen Einflüsse durch Abfalllagerung, nicht normalen Betrieb (Unfälle, Sabotage), Uranbergbau und Abfallerze sowie Transporte nicht einbezogen. Das dose commitment als Folge einer Emission von langlebigen Spaltungsprodukten, wie Jod-129, ist auch nicht berücksichtigt. Jod 129 ist Millionen Jahre aktiv und wird daher bei sehr geringen jährlichen Strahlungsdosen hohe integrale Bevölkerungsdosen verursachen.

Zur Kritik am Begriff des „dose commitment“ in der heute angewendeten Form siehe Kapitel 8.2.2.

---

\*) (e) steht für elektrisch (im Gegensatz zur thermischen Leistung, die mit t gekennzeichnet wird). Der Kürze halber wird gelegentlich auch die Schreibweise MW<sub>e</sub> benutzt.

## 8.2 Belastungen aus dem Brennstoffzyklus

### 8.2.1 Strahlenbelastung

Über die Belastung aus dem Brennstoffzyklus wurde auf der Salzburger Tagung (Mai 1977) über Kernenergie und Brennstoffkreislauf zusammenfassend von BENINSON et al. [12] berichtet. Diese Zusammenfassung enthält alle wesentlichen Arbeiten und hat im Hinblick auf die erwartete Steigerungsrate der Kernenergie — 1976 waren weltweit 80 GW (e) in Form von 187 Kernkraftwerken installiert, für das Jahr 2000 wird bei ungebremster Entwicklung eine Steigerung auf 2000 GW (e) erwartet — große Bedeutung.

Die Gesamtdosis, mit der die Weltbevölkerung durch den Brennstoffzyklus belastet wird, läßt sich in drei Anteile aufspalten, nämlich die Dosis für:

Beruflich exponierte Personen

Weltbevölkerung

Personen, die am Ort oder in der Nähe von Anlagen der Kernindustrie leben.

Die letzten beiden Gruppen erhalten kleine Dosen durch Abgabe radioaktiver Materialien aus dem Brennstoffzyklus an die Umgebung, wobei die meisten Radionuklide nur von lokaler Bedeutung sind, obwohl auch drei längerlebige Nuklide Kr-85, H-3 und C-14 weltweit verteilt werden und längere Zeit wirksam sind.

#### 8.2.1.1 Kollektive Dosen beruflich exponierter Personen

Der UNSCEAR-Report 1972 [13] zeigt, daß der Hauptteil der Gesamtdosis von beruflich exponierten Personen (weltweit ca. 1 Million) erhalten wird. Dabei werden für die Erzeugung elektrischer Energie 2—3 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch) als Gesamtdosis angegeben\*).

Die neueren Daten für beruflich exponierte Personen nach [12] schließen Dosen, die im Rahmen eines Kernenergieprogrammes für Forschung und Entwicklung erhalten werden, ein und betragen 3—4 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch).

Die Ganzkörperdosen spalten sich dabei in folgende Teile des Brennstoffzyklus auf:

##### 8.2.1.1.1 Bergarbeiter in den Uranminen

Durch die externe  $\gamma$ -Strahlung erhalten diese im Mittel etwa 0,05 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch).

##### 8.2.1.1.2 Uranextraktion und Brennelementfabrikation

Bei der **Uranextraktion und der Brennelementfabrikation** wurden in den Vereinigten Staaten 1973 und 1974 0,25 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch) erhalten.

---

\*) In dem hier betrachteten Zusammenhang (was aber keinesfalls verallgemeinert werden darf) gilt in grober Näherung, daß rad und rem etwa äquivalent sind.

### 8.2.1.1.3 Betrieb von Leichtwasserreaktoren

**Beim Betrieb von Leichtwasserreaktoren** in den Vereinigten Staaten in der Zeit von 1969 bis 1973 erhielt das Personal 1,3 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch). Dabei war auffällig, daß das Personal einiger weniger Druckwasserreaktoren bei Wartungsarbeiten deutlich über dem Mittelwert belastet wurde. Ähnliche Gesamtdosen wie bei Leichtwasserreaktoren wurden auch bei Schwerwasserreaktoren, 1 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch), bei den gasgekühlten Reaktoren, Großbritannien 1972—1974 0,73 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch) und in Japan 1,2 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch) erhalten.

### 8.2.1.1.4 Wiederaufarbeitungsanlagen

**Wiederaufarbeitungsanlagen** haben zur Gesamtdosis in den Vereinigten Staaten die größten Beiträge geliefert; UNSCEAR [13] gibt 1,6 manrad pro MW<sub>a</sub> (elektrisch) an.

In Windscale haben die Arbeiter der British Nuclear Service-Anlage 1971—1975 ungefähr Dosen von 1,2 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) erhalten.

### 8.2.1.1.5 Transport

Beim **Transport** zwischen den einzelnen Anlagen wurden kollektive Dosen von etwa 10<sup>-3</sup> manrad pro MW<sub>a</sub> (e) erhalten.

### 8.2.1.1.6 Forschungsstätten

Nach Angaben, die aus amerikanischen und britischen **Forschungsstätten** stammen, kann als obere Grenze für die Sparte Forschung und Entwicklung eine kollektiv Dosis von 1,4 manrad pro MW<sub>c</sub> (e) angenommen werden.

### 8.2.1.1.7 Kollektive Lungendosen durch Radon-222

Zu den Ganzkörperbelastungen kommen noch die kollektiven Lungendosen, die vom Uran bzw. vom Radon stammen, hinzu. Sie betragen 0,14 manrad/MW<sub>a</sub> (e) und sind als  $\alpha$ -Dosen mit dem Qualitätsfaktor 10 zu multiplizieren. Für Bergarbeiter in den Uranminen sind das die wichtigsten Belastungen. Wegen des großen Energieinhaltes von Uran sind jedoch die Belastungen, auf das MW<sub>a</sub> (e) bezogen, im Vergleich zu anderen Energieträgern klein (siehe 8.2.3.2).

Der BEIR-Report [14] kommt zu einem individuellen Risiko von 2 · 10<sup>-4</sup>, an Lungenkrebs zu erkranken, wenn die Person jährlich einem „working level month“ ausgesetzt ist.

## 8.2.1.2 Belastung der Weltbevölkerung

Nun zu den **Belastungen der Weltbevölkerung** durch langlebige Nuklide aus dem Brennstoffzyklus, wobei Kr-85, H-3 und C-14 von besonderem Interesse sind. Diese Nuklide werden hauptsächlich bei der **Wiederaufarbeitung** in die Umgebung entlassen, doch ist es z. B. in den in Planung befindlichen großen deutschen und französischen Wiederaufarbeitungsanlagen vorgesehen, diese Radionuklide aus dem Abgas bzw. Abwasser weitgehend zu entfernen und zurückzuhalten [15, 16, 17, 18, 19, 20].

**Ohne Rückhaltung beträgt das dose commitment für Kr-85 0,16 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) und für H-3 0,06 manrad pro MW<sub>a</sub> (e).**

Nach der gegenwärtigen Berechnungsmethode würde das globale dose commitment für C-14 9 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) betragen, doch setzt sie das Erreichen stationärer Bedingungen voraus, wie BENINSON et al. [12] ausgeführt haben, so daß in dieser Arbeit ein inkompletter dose commitment von nur 2 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) angenommen wird.

Berücksichtigt man die gegenwärtige Energieerzeugung aus fossilen Brennstoffen und deren zukünftige Entwicklung, so wird die spezifische Aktivität von C-14 in der Biosphäre in den nächsten Jahren abnehmen und erst nach der Jahrtausendwende den Wert von 1970 wieder erreichen. C-14 kann daher zunächst keine Umgebungsbelastung darstellen.

### 8.2.1.3 Lokale und regionale Beiträge

#### 8.2.1.3.1 Abbau und Extraktion von Uranerz; Brennelementfertigung

Auch bei den **lokalen und regionalen Beiträgen** zum dose commitment nehmen BENINSON et al. [12] ein inkomplettes dose commitment für die Ganzkörperdosen an, die durch das langlebige U-238 hervorgerufen werden. Uran und die damit verbundene Radonentwicklung würde die lokale und regionale Umgebung der Uranmine allein nur beim **Abbau und der Extraktion** aus dem Erz mit 100 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) belasten und der Beitrag der **Brennelementfertigung** wäre dreimal so hoch. Diese Dosen akkumulieren jedoch so langsam, daß für eine Dosis von nur 0,1 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) etwa 1 Million Jahre vergehen würden. BENINSON et al. [12] vernachlässigen daher diesen Beitrag.

#### 8.2.1.3.2 Betrieb von Reaktoren

Dazu kommen noch Beiträge zum dose commitment aus dem **Betrieb von verschiedenen Reaktoren** über die Atmosphäre. Über verschiedene Reaktortypen gemittelt, kann man 0,2 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) annehmen. Weiters ist noch ein Beitrag zur Umgebungsbelastung über den Wasserweg anzuführen, wobei das collective dose commitment 0,06 mandrad pro MW<sub>a</sub> (e) beträgt.

#### 8.2.1.3.3 Wiederaufarbeitungsanlagen

Die Beiträge zu lokalen und regionalen Belastungen aus den **Wiederaufarbeitungsanlagen** beschränken sich auf den Wasserweg und betragen 0,02 manrad pro MW<sub>a</sub> (e). Die atmosphärische Belastung ist eine Größenordnung geringer. Das gleiche gilt für die kollektive Publikumsbelastung durch den Transport, die nur 0,001 manrad pro MW<sub>a</sub> (e) ausmacht.

#### 8.2.1.3.4 Lagerung radioaktiver Abfälle

Für die **Strahlenbelastung durch Lagerung von radioaktiver Abfälle** kann man für die umgebende Bevölkerung aus den bisherigen Erfahrungen extrem kleine Werte abschätzen. Ein Versagen einer Abfalldeponie ist in 8.4.3.2 näher behandelt.

### 8.2.1.3.5 Unfälle von Leichtwasserreaktoren

Selbst das Einbeziehen von **Unfällen von Leichtwasserreaktoren** würde die Belastungen aus dem Brennstoffzyklus nicht signifikant ändern, da die Eintrittswahrscheinlichkeit so klein angenommen werden muß, daß sich, über die lange Zeit zwischen zwei Unfällen gemittelt, kein wesentlicher Beitrag ergibt. Nähere Betrachtungen zum Unfallrisiko siehe Bericht der Diskussionsgruppe 5.

Vergleicht man das Gesamt-dose-commitment der 1976 installierten nuklearen Kapazität mit der mittleren Untergrundstrahlung, so entspricht es einer Mehrbelastung von einem halben Tag/a, während eine für das Jahr 2000 projektierte Atomwirtschaft von 2000 GW (elektrisch) einer Belastung von zusätzlich 13 Tagen/a durch die Untergrundstrahlung entsprechen würde, sollte keiner der zahlreichen Fortschritte der Kerntechnologie angewandt werden.

### 8.2.2 Kritik am Begriff des „dose commitment“

In der gegenwärtigen Form, ohne Berücksichtigung der Akkumulierungsgeschwindigkeit, führt die Verwendung des dose commitment bei den langlebigen Nukliden zu sinnlosen Ergebnissen, wie GJØRUP [21] am Beispiel der Radon-Emission aus Uran-238 gezeigt hat. Unter der Annahme einer stationären Weltbevölkerung von 10 Milliarden Menschen und eines jährlichen pro-Kopf-Verbrauches von 10 kW (e) würden die Radondosen der zugehörigen  $10^5 \text{ GW}_a (\text{e})$  Elektrizitätswirtschaft über die Lebensdauer des Mutternuklids Uran-238 (Halbwertszeit  $4 \cdot 9 \times 10^9 \text{ a}$ ) akkumuliert  $10^{11}$  Lungenkrebstote bewirken. Dabei werden die Dosen für das komplette dose commitment über 50 Milliarden Jahre aufsummiert.

Nehmen wir zwei Fälle an:

**Im ersten Fall** soll das dose commitment in wenigen Generationen akkumuliert werden. Das würde das Aussterben der Menschheit bedeuten.

#### Fall 2:

In der tatsächlichen Akkumulierungsgeschwindigkeit würden jährlich 900 Lungenkrebstote auf die Erzeugung von  $10^5 \text{ GW} (\text{e})$  aus Kernenergie zurückzuführen sein, während 30 Millionen aus 10 Milliarden Menschen an Krebs sterben würden.

Im ersten Fall würde die Menschheit aufhören zu bestehen, im zweiten Fall wäre der Effekt überhaupt nicht nachweisbar.

Wie diese Extremfälle zeigen, ist es daher für die Beurteilung des gesamt-dose-commits unbedingt notwendig, die Akkumulierungsgeschwindigkeit einzuführen, bevor eine sinnvolle Anwendung auf langlebige Nuklide möglich ist. In der Praxis bedeutet das, daß nur die Auswirkungen von Radionukliden nicht zu unterschiedlicher Halbwertzeiten, wie z. B. H-3 und Kr-85, sinnvoll untereinander verglichen werden können.

### 8.2.3 Schadensvergleich mit fossilen Brennstoffzyklen

Dieser Fragenkomplex wurde vor einigen Jahren sehr ausführlich in einer Untersuchung der USAEC (Wash 1224 vom Dez. 1974) „Kosten-Nutzen-Vergleich alternativer Quellen elektrischer Energie“ behandelt [22], so daß hier umfangreiches Material vorliegt. In diesem Bericht werden die jährlichen Auswirkungen eines

**1000 MW (e) Kraftwerkes, fossil- (Gas, Öl, Kohle) oder nuklear-beheizt (Siedewasser- oder Druckwasserreaktor) einander gegenübergestellt.** Der Übersichtlichkeit halber wird dies auch in diesem Bericht in tabellarischer Form erfolgen, wobei Erläuterungen durch Fußnoten bzw. im Text erfolgen sollen (Tabelle 8.5).

Teile der Originalarbeit werden dazu in gekürzter Form und nach Umrechnung in die in Österreich gebräuchlichen Maßsysteme wiedergegeben.

**Tabelle 8.5**

**Vergleich von Kosten und Schaden alternativer Energiewandlungssysteme**

Kraftwerk + Wirkungsgrad	Kohle	Öl	Gas	LWR
Erzeugte elektrische Energie $10^9 \text{ kWh}_e/a$ . . . . .	6,57	6,57	6,57	6,57
Thermodynamischer Wirkungsgrad $\text{kW}_e/\text{kWt} \%$ . . . . .	38	39	38	32
Energiesystemausbeute Verbraucher $\text{kW}_e/\text{kWt} \%$ . . . . .	35	35	34	28
Verbrauch nicht ersetzbarer Reserven (jährl. amer.) . . . . .	$2,3 \times 10^6 \text{ t}$	$1,2 \times 10^6 \text{ m}^3$	$1,81 \times 10^9 \text{ m}^3$	$130 \text{ tU}^*$
konsumierter Bruchteil der Reserven (jährl.) . . . . .	0,000006	0,0001	0,0004	0,0002
Konventionelle Kosten mills/ $\text{kWh}_e^{**}$ )				
Kraftwerk . . . . .	7,8	7,2	6,4	11,7
Operation + Wartung . . . . .	0,8	0,6	0,6	0,8
Brennstoff . . . . .	9,8	27,4	36,0	6,0
Zusammen . . . . .	18,4	35,2	43,0	18,5
Ausgewählte Kosten der Schadstoff-reduzierung mills/ $\text{kWh}_e^{**}$ ) . . . . .	4,7	2,0	0,6	0,6
Berufliches Gesundheitsrisiko verlorene Mann-Tage . . . . .	600	U	U	480
Berufliches Sicherheitsrisiko, Tote/Jahr . . . . .	1,1	0,17	0,08	0,1
Verletzte Fälle/Jahr . . . . .	46,8	13,1	5,3	6,0—7,0
Verlorene Mann-Tage, gesamt . . . . .	9.250	1.725	780	900—1.000
Öffentliches Gesundheitsrisiko				
Routineverschmutzung verlorene Mann-Tage . . . . .	U	U	U	180—210
Öffentliches Sicherheitsrisiko, Transportunfälle				
Tote/Jahr . . . . .	0,55	U	U	0,009
Verletzte/Jahr . . . . .	1,2	U	U	0,08
Verlorene Mann-Tage, gesamt . . . . .	3.500	U	U	60

Kraftwerk + Wirkungsgrad		Kohle	Öl	Gas	LWR
<b>Umweltsbeeinträchtigung</b>					
Land	{ Landgebrauch Bestand, ha . . . . . Landgebrauch Verbrauch, ha	9.064 299	647 klein	1.457 klein	404 4,85
Luft	{ SO <sub>2</sub> -Abgabe ohne Schadstoffreduzierung t/a . . . . . mit Schadstoffreduzierung t/a.	120.000 24.600	38.600 21.000	20 0	3.600 720
	{ NO <sub>x</sub> -Abgaben ohne Schadstoffreduzierung t/a . . . . .	27.000	26.000	13.400	810
	{ Aerosole ohne Schadstoffreduzierung . . . . . mit Schadstoffreduzierung t/a.	270.000 2.000	26.000 150	518 4	8.000 60
	Abgabe von Spurenmetallen t/a . . . . .	0,5 Hg	1.500 V	U	klein
	Abgabe von Radioaktivitäten Ci/a . . . . .	0,02	0,0005	klein	250.000***) 500.000 (50.000)
<b>Thermische Abgabe der Kraftwerke</b>					
	(über die Abluft) 10 <sup>9</sup> kWh/a . . . . .	1,64	1,71	2,2	0
<b>Wasser</b>					
	Kühlwasser verwendet 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /a . . . . .	1,16	1,16	1,16	1,87
	Prozeßwasser verwendet 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a . . . . .	6,43	7,53	6,25	0,42
	Radioaktivität-Abgabe Ci/a . . . . .	0	0	0	500—1.000
	Andere Eingaben 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a . . . . .	74	35	0	klein
<b>Thermische Abgaben des Kraftwerkes (über das Abwasser)</b>					
	10 <sup>9</sup> kWh/a . . . . .	9	9	9	14

## **Zeichenerklärung:**

**U** = unbewertet

\*) = 99% ist nicht unwiderbringlich konsumiert, sondern kann in Brutreaktoren verwendet werden

\*\*) = 1 mill =  $10^{-3}$  US-Dollar (1980)

\*\*\* = geklammert mit modernen Gasverzögerungsstrecken und Werten der EG-Statistik  
(= Anmerkung des Referenten)

Unter der Spalte „Kraftwerk und Wirkungsgrad“ zeigen Kernkraftwerke der heutigen Bauart einen niedrigeren Wirkungsgrad, der einerseits durch die niedrigere Arbeits-temperatur und anderseits durch die 3—5% der Energieerzeugung, die für die Anreicherung aufgewendet werden, bedingt ist.

In der Spalte „Konventionelle Kosten“ werden alle direkten Kosten, die der Konsument bezahlt und die für die angenommene Steigerungsrate bis 1980 korrigiert wurden, einbezogen, damit eine grobe Abschätzung der Marktlage möglich ist. Davon getrennt werden die Kosten für die Schadstoffreduzierung ausgewiesen. Diese Kosten beinhalten die SO<sub>2</sub>-Entfernung aus den Abgasen bei Kohle, die Entschwefelung des

verwendeten Heizöls, Kühltürme mit Naturumlauf für alle Anlagen, nahe Null-Aktivitätsabgabe-Systeme bei Kernkraftwerken und das Regenerieren der Tagbauflächen. Die höchsten Kosten laufen hier für die SO<sub>2</sub>-Entfernung aus den Abgasen der Kohlekraftwerke auf.

### 8.2.3.1 Umweltbeeinträchtigung

Die Aufnahmebereiche der Umweltbelastungen sind Land, Luft und Wasser. Die Verwendung des Landes wird dabei nach zwei Aspekten aufgeteilt — einerseits in den Teil, der für das Kraftwerk und den speziellen Brennstoffkreislauf benötigt wird, und den Teil, der jährlich „konsumiert“ wird.

Der Kohlezyklus hat hier die größten Auswirkungen, hauptsächlich durch den Kohleabbau und die Schlackenhalden. Der Landbedarf des Kernbrennstoffkreislaufes hat hier einen größeren Wert, weil die Ausschlußzone einberechnet wurde, ist aber immer noch eine Größenordnung kleiner als beim Kohlezyklus.

Die jährlichen Emmissionen an SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Aerosolen, Radioaktivität, Wärme, Quecksilber und Vanadium in die Atmosphäre werden gleichfalls angegeben. Dabei wurde für die Kernkraft willkürlich angenommen, daß die äquivalente Energiemenge für Anreicherung durch Strom aus Kohle gedeckt wird, obwohl jede Art der Stromerzeugung für diese Zwecke herangezogen werden kann.

Leichtwasserreaktoren benötigen etwas mehr Kühlwasser, doch ist der Prozeßwasserverbrauch erheblich niedriger. Unter „andere Eingaben“ werden die sauren Minenabwässer der Kohlefelder, die Schwarzwässer der Kohlereinigung, Ölabfälle sowie Betriebswässer beim Bohren und Raffinerieren von Öl angeführt. Da man die Schäden, die diese Abgaben an die Umwelt bewirken, nicht exakt bewerten kann, muß die normalisierte jährliche Schadstoffemission als vorläufiger Maßstab für grobe Schätzungen herangezogen werden.

### 8.2.3.2 Berufliches Gesundheits- und Sicherheitsrisiko

Hier werden die Effekte auf der Basis „Verlorene Mann-Tage“ miteinander verglichen.

Die dominanten Gesundheitseffekte der Kohlearbeiter sind die Staublungen (Pneumoconiosis), die in der Folge in progressive massive Fibrosis übergehen können. Pro Betriebsjahr für ein 1000-MW<sub>e</sub>-Werk rechnet man mit einem Fall. Öl-, Gas- und nuklearbeheizte Anlagen zeigen in etwa ähnliche Risiken.

Wegen des hohen Energiegehaltes im Kernbrennstoff liegen die Todesfälle der Uranminenarbeiter erheblich unter denen der Kohlearbeiter, wenn die Brennstofferzeugung für 1000 MW<sub>e</sub>-Kraftwerke miteinander verglichen wird.

### 8.2.3.3 Öffentliches Gesundheits- und Sicherheitsrisiko

Auswirkungen der Elektrizitätsproduktion auf die allgemeine Gesundheit sind schwierig zu bewerten. Der schwächste Punkt ist dabei die Dosis-Wirkungsbeziehung, die man von epidemiologischen Untersuchungen statistisch ausgewählter Teile der Gesamtbevölkerung bzw. durch Laborversuchen an Tieren abzuleiten versucht.

In der Spalte „Öffentliches Gesundheitsrisiko“ sind große Abschätzungen der Gesundheitseffekte, die durch den nuklearen Brennstoffzyklus hervorgerufen werden, in

„Verlorenen Mann-Tagen“ angegeben. Ein Todesfall wird dabei mit 6000 verlorenen Mann-Tagen angenommen. Die angegebenen Zahlen basieren auf sehr konservativen Annahmen. Leider können die Gesundheitsgefährdungen aus den Verschmutzungen fossil-beheizter Werke nicht mit der Sicherheit angegeben werden, wie das bei der Strahlung möglich ist. Toxikologische Studien an Tieren haben ergeben, daß SO<sub>2</sub> gesundheitliche Schäden hervorruft, wobei auch chronische Exposition (bei niedrigen Dosen) wirksam ist. Korrelationen zwischen verschiedenen starken Schäden des menschlichen Atmungstraktes (auch Todesfälle) sind im Anschluß an starke Luftverschmutzungen beobachtet worden, wurden aber nicht in die Statistik aufgenommen. Während exakte Werte für die Dosis-Wirkungsbeziehung noch nicht bekannt sind, kann man die Wirkung medizinisch erkennbarer Dosen von SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> und Ganzkörperbestrahlung miteinander vergleichen. Diese Effekte sind in der Abbildung 8.2 einander gegenübergestellt [23].

Stellt man die erlaubten Maximalwerte dem natürlichen Untergrund gegenüber, so liegen diese bei

- SO<sub>2</sub> ..... um einen Faktor 100 über dem natürlichen Untergrund, bei
- NO<sub>2</sub> ..... um einen Faktor 4 über dem natürlichen Untergrund, bei
- Strahlung nach [10],
- Kapitel 10 CFR 20,
- einen Faktor 2 über dem natürlichen Untergrund und nach der Empfehlung [10],
- Kapitel 10 CFR 50,
- Appendix I, um 1,01 über dem natürlichen Untergrund.

Wie erwartet, liegen die medizinisch erkennbaren Werte bei jedem der Agentien über dem normalen Untergrund. Mit Ausnahme von SO<sub>2</sub> liegen die erlaubten Maximalwerte stark unter dem Bereich medizinisch erkennbarer Effekte. Die jährlich zusätzliche Ganzkörperbestrahlung der Bevölkerung lag 1970 um Größenordnungen unter dem Wert, bei dem medizinisch erkennbare Wirkungen auftreten, aber auch unter dem natürlichen Pegel wie auch unter den zulässigen Werten.

Neben dem oben zitierten Bericht ist auch noch ein weiterer [24], im September 1975 erschienen, der im wesentlichen zum gleichen Ergebnis kommt.

Unterschiedliche Verhältnisse liegen in Österreich bezüglich Kohle als Brennstoff vor. Während die Kohlereserven der Vereinigten Staaten nach HÄFELE [25]  $1328 \cdot 10^9$  t Steinkohleeinheiten betragen, stehen in Westeuropa nur  $127 \cdot 10^9$  t Steinkohleeinheiten zur Verfügung. In diesem Licht ist auch die Erklärung des US-Präsidenten Jimmy CARTER vom 20. April 1977 zu verstehen, der die Verwendung heimischer Kohle anstelle von importiertem Öl forcieren will.

## **8.2.4 Einige kritische Betrachtungen zur Gesamtbelastung durch den Brennstoffkreislauf**

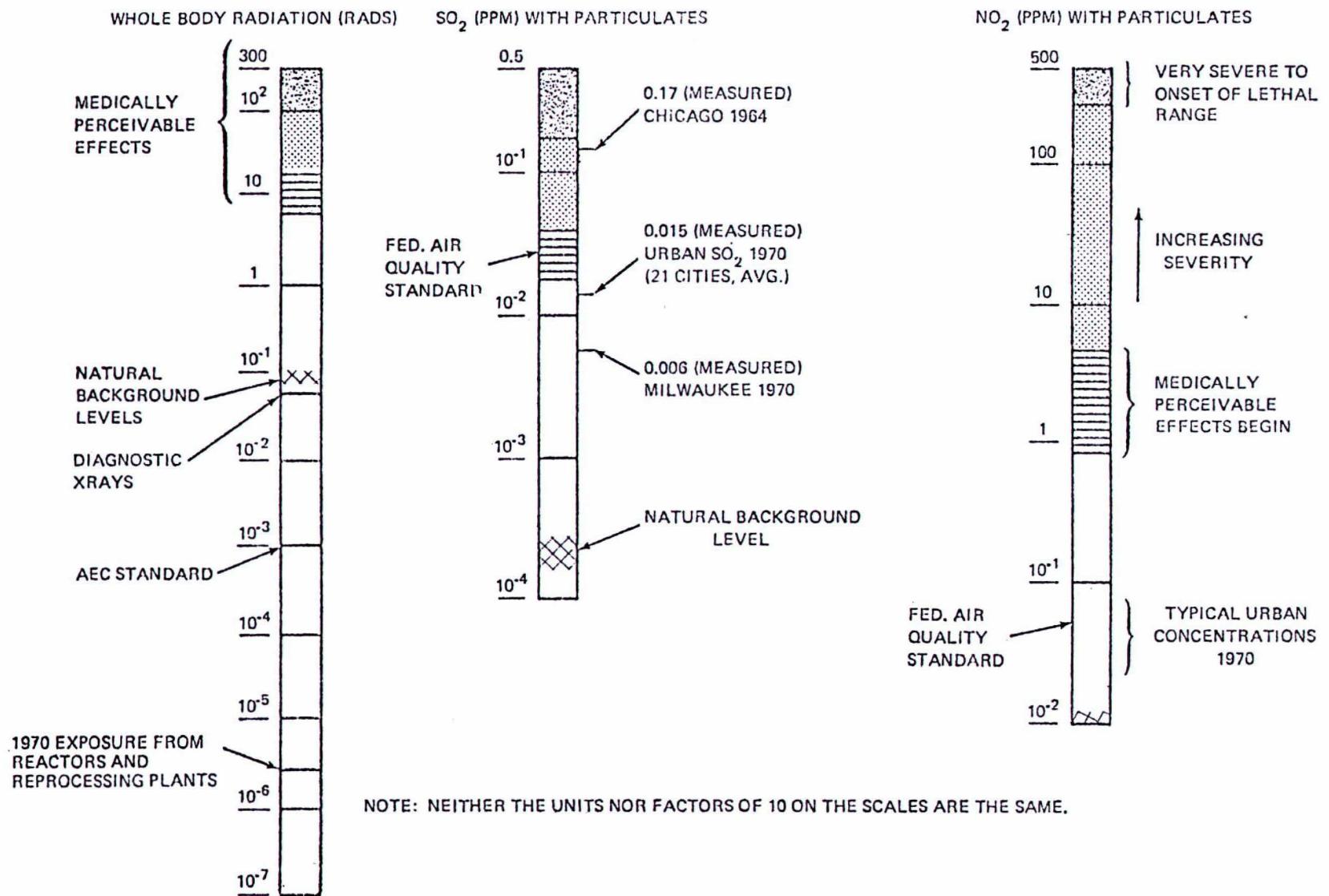
Zum Kapitel „Gesamtbelastung durch den Brennstoffkreislauf“ liefert K. KREUZER (Forum für verantwortbare Anwendung der Wissenschaft, Schweiz) folgenden kritischen Beitrag:

Die Frage „Wie groß ist die Gesamtbelastung durch den Brennstoffkreislauf“ möchte ich aufteilen:

- Wie groß ist die Belastung des Personals?
- Wie groß ist die Belastung der Bevölkerung?

Abbildung 8.2

**Vergleich von Umweltbelastung, natürlichem Vorkommen und gesundheitsschädlichen Konzentrationen [23], Strahlung, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>**



Ich konzentriere mich auf die Belastung des beruflich strahlenexponierten Personals. Die beiden Betroffenen-Gruppen sind nicht mehr deutlich voneinander trennbar, weil immer mehr Branchenfremde kurzfristig zu Aushilfsarbeiten in Strahlbereichen zugezogen werden. Zudem ist die Strahlenbelastung nach innen mit der Strahlenbelastung nach außen eng gekoppelt:

„Die Personaldosen müssen zunehmen, falls die Bevölkerungsdosis durch schärfere Abgaberichtwerte reduziert wird, da höhere Aktivitäten bei höheren Pegeln in der Anlage gehandhabt werden müßten“ [26].

(H. H. BRUNNER, stellv. Leiter der Abt. Strahlenüberwachung am Eidg. Institut für Reaktorforschung)

„Zero tritium release means that there is an accumulation inside the plant, and a consequent health hazard for the personnel. Continuous release seems preferable, since the potential hazard is small. Ultimate disposal of tritiated water also constitutes an unsolved problem, with an inherent risk that cannot be ignored“ [27].

(T. J. E. SAMUEL, heute Sicherheitsbeauftragter KKW Beznau)

Es ist wie bei einer Kinder-Gigampfi: Drückt man auf der einen Seite nach unten, so hebt man das Niveau auf der andern Seite an. In der Schweiz sind inzwischen die Abgabe-Richtwerte für die Gesamtbevölkerung erheblich reduziert worden (neue Strahlenschutzverordnung seit 1. August 1976), womit das Einhalten der Limits beim Betriebspersonal schwieriger geworden ist.

5 rem im Jahr (oder 5000 Millirem) ist sozusagen die Grundtaxe, die jedem, der mit der Nuklearindustrie zu tun hat (fest oder gelegentlich) zugestanden wird. Das ist 30mal mehr, als in Österreich für die Bevölkerung zugelassen wird. Es ist 250- oder 170mal mehr, als neuerdings in der Schweiz (Richtwert am ungünstigsten Ort außerhalb des Werksgeländes: 20 mrem/Jahr) oder in der Bundesrepublik (Richtwert: 30 mrem/Jahr) oder 1000mal mehr, als in den Vereinigten Staaten (Richtlinie: 5 mrem/Jahr) der Bevölkerung zugemutet wird. Es gibt in den verschiedenen Strahlenschutzverordnungen dazu gewisse Einschränkungen nach unten, andererseits Dehnbarkeiten nach oben, z. B. eine Art Auffüll-Klausel, die es einem altersmäßig noch nicht maximal belasteten Arbeiter erlaubt, sein „Plansoll“ mit mehr als 5 rem pro Jahr (bis 12 r/a) schließlich doch noch zu erreichen (gültig in Österreich und in der Schweiz, nicht mehr aber neuerdings in der BRD). Weshalb dürfen einige Menschen mehr Strahlung erhalten als andere?

„Damit Personen überhaupt beruflich mit Strahlenquellen umgehen können, hält man es für nötig, ihnen eine höhere Toleranzdosis zugestehen als allen übrigen Personen.“

„In welche Kategorie gehört ein noch ungeborenes Kind einer schwangeren Frau, welche in der Kernindustrie arbeitet? Ist das bereits ‚beruflich strahlenexponiert‘ — oder nicht? Eine recht heikle Knacknuß! Aber der Bundesrat verordnet einfach: 1000 mrem darf das Kind bis zur Geburt erhalten — also mehr als für normale Erwachsene erlaubt ist. Und dabei weiß man (wenn man den Wissenschaftern glauben darf), daß Föten gegenüber radioaktiver Strahlung empfindlicher sind als Erwachsene. Aber was tut's, Recht ist Recht, in Art. 32 der Strahlenschutzverordnung ist alles festgelegt. Daran hat man sich zu halten.“

## **Über die Verordnung entscheidet keine Bevölkerung und kein Parlament!“ [28].**

(André MASSON)

Das ist nur ein kleiner Ausschnitt aus einer höchst lesenswerten Betrachtung, betitelt DER (FAUST-) RECHTSSTAAT [28].

„An ihrer Sitzung im Jahre 1969 habe die Kommission ICRP beschlossen gehabt, die Richtigkeit ihres Systems von Dosengrenzwerten einer Neu-überprüfung zu unterziehen. Alle ihre seither durchgeföhrten Studien hätten ergeben, daß kein Grund zu einer Reduktion der Dosenlimiten der Ganzkörperbestrahlung oder derjenigen einzelner Organe bestehe, und zwar sowohl für die beruflich Strahlenexponierten als auch für die Bevölkerung im allgemeinen . . .“ [29].

(Schweiz. Vereinigung für Atomenergie)

„Die wichtigste Grundnorm des Strahlenschutzes, nämlich die höchstzulässigen Strahlendosen für beruflich strahlenexponierte Personen, wurde unverändert gelassen“ [30].

(Schweiz. Vereinigung für Atomenergie)

„Abschließend sei festgestellt, daß bestimmte somatische Störungen selbst durch kleine Strahlenmengen induziert werden. Zumindest für die Tumorinduktion nach Bestrahlung des Kindes in utero und in den ersten Lebensjahren scheint keine Dosis minima, d. h. eine ungefährliche Dosis zu bestehen. Strahlenmengen im Bereich von 1000 mrem erhöhen signifikant das Krebsrisiko. Ebenso stellen sich nach Bestrahlung der empfindlichen Phase der Organogenese mit geringen Dosen, die unter 5 rem liegen, Anomalien ein, wobei die Frage nach einer ungefährlichen Dosis noch ungeklärt ist. Der Adulte ist in bezug auf Krebsinduktion etwas weniger empfindlich. Immerhin mahnen die neuesten Feststellungen einer Zunahme des allgemeinen Krebsrisikos durch Strahlenmengen, die in der Größenordnung durchaus von diagnostischen Untersuchungen resultieren könnten, zur vermehrten Vorsicht auch in der medizinischen Strahlenapplikation. Nicht allein auf signifikante Gonadendosen, sondern auch auf somatische Dosen sollte Rücksicht genommen werden. Dies umso mehr als (vermutlich ohne Schwellendosis) somatische Mutationen induziert werden, deren Tragweite allerdings noch nicht bekannt ist.“

Für den Adulten dürfte das Krebsrisiko etwas geringer sein, aber immerhin läßt sich bei einer zulässigen Dosis für beruflich Exponierte mit 5000 mrem im Jahr eine Zunahme des relativen Risikos der Krebsinduktion von 1 auf 1,5 errechnen. Wir sehen, daß wir umdenken müssen. Nicht nur Gonadendosen, sondern auch Fötaldosen, Knochenmarkdosen und Hautdosen sind zu berücksichtigen, wie die Analysen der Induktion von Mammakarzinomen zeigen. Die sog. maximal zulässigen Strahlendosen und Mengen von Radionukliden dürfen uns nicht mehr zu einem gewissen Leichtsinn verführen. Sie stellen lediglich maximale Richtwerte, gleichsam höchste Alarmstufen dar, bei denen das Individuum nur bedingt einbezogen ist“ [31].

(Prof. Dr. Hedi FRITZ-NIGGLI)

Es ist wichtig, diesen etwas lang geratenen Zitattext genau (am besten zweimal) zu lesen. Frau FRITZ-NIGGLI war Kronzeugin für die Harmlosigkeit der Atomenergie. Ist sie es noch? Im obigen Vortrag sprach sie zu Ärzten, die sie vor übermäßigem Strahlengebrauch warnte.

Man wird nun einwenden, daß auch bei den Berufsleuten die gesetzliche Höchstgrenze nie ausgeschöpft wird, getreu der grundlegenden Bestimmung in den Strahlenschutzverordnungen:

§ 9. Jede Einwirkung ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper ist innerhalb der nachstehend festgesetzten höchstzulässigen Strahlenbelastung so niedrig wie möglich zu halten; jede unnötige Einwirkung ist zu vermeiden.

(Österreichische Strahlenschutzverordnung 1972)

Das trifft aber nicht zu. Im Bereich des Brennstoffzyklus ist in der Praxis tiefes Unterbieten längst nicht mehr möglich, ja, eine Minimalisierung ist weitgehend gar nicht mehr beabsichtigt. Schon 1971 hatte das der Direktor des Kernkraftwerks Beznau in der Schweiz deutlich formuliert:

„A drastic improvement of the analytical technic has also been mandatory to fully use the legal possibilities for discharge“ [32].

(Kurt KÜFFER)

In jenem ersten Betriebsjahr betrug der Ausschöpfgrad für die Beznau-Belegschaft rund 42%. Er ist seither wahrscheinlich angestiegen, doch ist es sehr mühsam, genaue Auskünfte darüber zu erhalten. Im genannten Bericht waren die Belastungen in einem Verteildiagramm aufgeschlüsselt präsentiert worden. Seither gibt man nur noch Gesamt-Mann-Rem-Zahlen pro Werk heraus, die in der Schweiz erst seit zwei Jahren wenigstens im Jahresbericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, KUeR, publiziert werden. Auf Anfrage teilte man uns mit, gültig für die Werke Beznau und Mühleberg:

„1. Die Frage der Publikation der Strahlenbelastung von Angehörigen der Kernkraftwerke und Forschungszentren wird gegenwärtig von der Eidg. Strahlenschutzkommission geprüft. Es ist damit zu rechnen, daß in Bälde eine entsprechende Vorschrift erlassen wird.

2. Bevor diese Vorschrift Rechtsgültigkeit hat, sind wir nicht bereit, innerbetriebliche Daten zur Verfügung zu stellen. Im Sinne der Rechtsgleichheit müßte im übrigen verlangt werden, daß auch andere Industriezweige (z. B. Chemie) Daten über Berufsrisiken an Arbeitsplätzen zu publizieren hätten.

3. Weder in den Kernkraftwerken Beznau noch in Mühleberg sind je Strahlenbelastungen aufgetreten, die höher als die gesetzlich vorgeschriebenen Limit gewesen wären. Im Mittel sind sie bis jetzt kleiner als 50% der zulässigen Dosiswerte“ [33].

(Brief der Bernischen Kraftwerke AG)

„Kleiner als 50%“ ist schon ein bedeutsames Eingeständnis. Die Unlust der Betreiber, in die Wirklichkeit Einblick zu gewähren, hat sie zu einem grotesken Unfug verleitet: Im Jahresbericht der KUeR für 1974 wurden die Mann-Rem pro Werk durch 6,5 Mio., die Einwohnerzahl der Schweiz, dividiert, „was pro Kopf der Schweizer

Bevölkerung eine mittlere Belastung von 0,03 mrem/Jahr ergibt“ (für Mühleberg) „von 0,07 mrem/Jahr“ (für Beznau) „von 0,01 mrem/Jahr“ (für das EIR, Eidg. Institut für Reaktorforschung). Sie sind dann kritisiert worden und haben im KUeR-Jahresbericht 1975 auf dieses Verharmlosungsmätzchen verzichtet. Über die summarischen Zahlen der KUeR hinaus sind auch bei schweizerischen Amtsstellen keine detaillierten Angaben erhältlich.

Seit 1977 veröffentlicht die SUVA (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) Kollektivbelastungszahlen für werkfremdes Personal von Atomkraftwerken und Eidgenössischen Instituten für Reaktorforschung. Nicht minder mühsam scheint es, wie unsere Anfragen gezeigt haben, von Behörden der Bundesrepublik Aufschlüsse über die Personalbelastung zu erhalten.

Erst 1975 hat sich die US NRC entschlossen, die nuklearen Lizenzträger zu verpflichten, die jährlichen Belastungen statistisch aufgeschlüsselt (Zahl der Personen in jedem der vorgeschriebenen 18 Strahlungsgrößenbereiche) zu melden. Für Österreich, das noch vor der kommerziellen nuklearen Eröffnung steht, wäre anzuregen, diese Meldungen von Anfang an als minimal obligatorisch zu erklären (bzw. für Seibersdorf nachträglich jetzt einzuführen). Das allerdings führt in Schwierigkeiten neuer Dimensionen, sobald auch entlassenes und interimisweise engagiertes Personal miterfaßt und mitüberwacht werden muß. Es bedingt die totale Datenerfassung eines heute schon beträchtlichen und schnell wachsenden Teils der Bevölkerung. Und die dürfte praktisch nur durchführbar sein über eine Datenerfassung der gesamten Bevölkerung. Das Jahr „1984“ rückt bedrohlich nahe.

Pro Werk und Jahr ist die Zahl werkfremder Personen, die kurzfristig für strahlenexponierte Arbeiten eingesetzt werden, meist größer (oft um ein Mehrfaches) als die Zahl der werkseigenen Personen. Es ist sehr einfach, einen Angehörigen der „übrigen Bevölkerung“ zu einem Angehörigen der „beruflich strahlenexponierten Personen“ umzuklassieren. Es genügt dazu ein ärztlicher Kontrollstempel.

„Bei größeren Reparaturen in Atomanlagen ist es durchaus üblich, auswärtiges Personal unter den Bedingungen für beruflich strahlenexponierte Personen arbeiten zu lassen.“ (Dr. W. HUNZINGER, Chef Sektion Strahlenschutz im Eidg. Gesundheitsamt.)

„Der Vorsitzende (Dr. G. WAGNER) erklärt sich von den Ausführungen der Vorredner als befriedigt und stellt fest, daß die NOK (Nordostschweizerische Kraftwerke, die Beznau betreibt) nach den Vorschriften der SSVO (Strahlenschutzverordnung) gehandelt hat“ [34].

„Die Sache vom Bezug von werkfremdem Personal im Zusammenhang mit der Behebung der Pannen in Beznau ist, wie aus Punkt 4.3 des Protokolls hervorgeht, formell in Ordnung. Trotzdem ist es natürlich unerfreulich, daß diese Maßnahme notwendig wurde“ [35].

(G. WAGNER)

Es handelt sich nicht um die Maßnahme zur Behebung der Pannen in Beznau, sondern um eine weltweit fest eingebürgerte, sich schnell ausdehnende Praxis, die von der Arbeitgeberschaft längst als Selbstverständlichkeit (unter Berufung auf die Einhaltung der gesetzlichen Höchstgrenzen) empfunden wird.

Die immer härter begründete und nachhaltiger erhobene Forderung nach Senkung der zulässigen Höchstdosen um eine Größenordnung steht mit der nuklearindustriellen Erfahrung in unlösbarem Konflikt. Da das Eigenpersonal bis hart an die heute gülti-

gen Grenzen aufgeladen ist und die Atomanlagen mit wachsendem Betriebsalter immer stärker kontaminiert werden, wären die Werke gar nicht imstande, herabgesetzte Limiten einzuhalten. Auch technische Neuerungen zur Entlastung des Personals könnten dies nicht kompensieren, vermutlich auch nicht bei Neuanlagen. Um das Ausmaß der Schwierigkeiten erfassen zu können, muß man sich von der statistischen, der „gepoolten“ Betrachtungsweise (umgerechnet 0,03 mrem/a pro Kopf der Bevölkerung, siehe oben) wegwenden und versuchen, die Abläufe am Arbeitsplatz und das Einzelschicksal (als Beispiel von Tausenden von Betroffenen) zu sehen. Sich wegwenden von „Mutationen im Gen-Pool der Allgemeinbevölkerung“ (EGA) und einsehen, daß es nur ganze Mutationen gibt, keine Hundertstel oder ähnliche Mutationen. Die Fachliteratur ist schon sehr reich an Beschreibungen. Einige Kostproben:

„Vor allem in der kontrollierten Zone eines Kernkraftwerkes müssen Unterhaltsarbeiten und Reparaturen meistens rasch, aber trotzdem sicher und sehr sorgfältig durchgeführt werden. Um diese Forderung zu erfüllen, sind gute Werkzeuge und Hilfseinrichtungen bereitzustellen. Auch muß die Arbeit detailliert vorbereitet werden, um den Aufenthalt an strahlenexponierten Orten auf ein Minimum zu reduzieren. Ferner ist während der Arbeit oft sehr viel Disziplin notwendig, wenn die gestellte Aufgabe mit einem Minimum an Strahlenbelastung und Kontamination gelöst werden soll . . .“

Die Hauptschwierigkeiten bei den Wirbelstrommessungen an unseren Dampferzeugerrohren bestanden in der schlechten örtlichen Zugänglichkeit zum Prüfobjekt. Die Untersuchungen konnten nur von den primärseitigen Wasserkammern aus durchgeführt werden, welche erstens nur durch ein enges Mannloch von 40 cm Durchmesser erreichbar sind und welche zweitens ein Strahlenfeld von 10 bis 30 R/Stunde aufwiesen. Diese letztgenannte Tatsache beschränkte die Verweilzeit für das arbeitende Personal in der unmittelbaren Nähe der Rohrbündel auf einige wenige Minuten . . .

(Im dänischen Film „Mehr Atomkraftwerke“ und im Film der französischen Gewerkschaft „condamné à réussir“ werden derartige Arbeitseinsätze gezeigt).

Der menschliche Orientierungssinn versagte weitgehend beim Anblick der 2600 gleichmäßig angeordneten Rohrenden. Die Überwachung der Arbeiten in den Wasserkammern erfolgte anfangs mit Fernsehen, später wurden jedoch gezielte Polaroid-Photoaufnahmen gemacht . . .

Die Bedienungsmannschaften hatten mit Atemschutz, teilweise sogar mit Fremdbelüftung und in Schutzkleidern zu arbeiten.

Die Untersuchungen wurden in mehreren Schichten im 24-Stundenbetrieb durchgeführt. Die kontinuierliche Weitergabe der Erfahrungen sowie die Vorbereitung und Ausbildung des Personals bei zufolge Strahlenbelastung laufend wechselnden Mannschaften waren nicht immer einfach.

Nicht zuletzt gab es auch einige sprachliche Verständigungsschwierigkeiten mit den Spezialisten des Herstellers“ [36].

(H. BASCHEK et al.)

„Every change in power is accompanied with a marked increase in long lived activity specially in I-131. This pumping effect is very inconvenient when the plant has to be shut down for repair. A Xe-133 increase by a factor of 2 and a I-131 increase by a factor of 10 have been observed“ [32].

(K. KÜFFER)

„It is fairly obvious that combinations of high radiation fields, limited stay times, the clumsiness of protective clothing, and cramped working conditions can all contribute to very low efficiencies of maintenance workers. Not quite so obvious is the degree to which the use of protective clothing can hamper productivity.

... the time lost in dressing and undressing could result in as much as a 50 percent loss in productivity ...

Protective clothing also presents problems when high ambient temperatures prevail“ [37].

(Bernard J. VERNA)

Zur Behinderung durch Hitze, Engnisse, Eile und Schutzanzüge addiert sich die psychische Belastung, Angst auch bei vermeintlich abgebrühten Berufsleuten im Wissen um die radioaktive Gefährdung, sodann, einmal kontaminiert, die nagende Ungewißheit darüber, ob der Betroffene den Keim zu einem Schaden an sich selber oder für seine Nachkommen mit sich trägt. Der Fall Martin, ein Einzelschicksal dieser Art, ist beschrieben in [38]. Er hatte in seiner Not nach erfülltem Auftrag die Gesichtsmaske zu früh vom Kopf gerissen und Plutonium inhaliert. Daß dies im berüchtigten West Valley, in einer Wiederaufarbeitungsanlage geschah, macht die Sache für ein Land, das aus der Brennstoffkette nur Kernreaktoren betreibt, nicht minder aktuell. Dem Verursacherprinzip entsprechend läge die Verantwortlichkeit für die Belastung von Personal und Umgebung einer Aufarbeitungsanlage auch beim Kernkraftwerk-betreiber, der die hochradioaktiven Produkte anliefert. Erschreckend ist jedoch der Zynismus, der in Fachkreisen oft vorherrscht, etwa in einem Inserat einer Zulieferfirma:

„In fact, a radiation overdose can mean a lot more than worries. It can mean heavy fines. Your problem as a manager: How can you get maximum performance out of your high-risk people, and still keep them within acceptable radiation limits?“ [39].

(TELEDYNE ISOTOPES)

Auch aus Kernkraftwerken sind zahlreiche Fälle von Überbelastungen beschrieben worden. Noch viel mehr aber bleiben unbeschrieben und verschwinden im Reich der Dunkelziffern. Bei einer Reparatur an der Transportanlage für Brennelemente aus dem Reaktorkern ins Zwischenlager mußten die Leute bei 46°C arbeiten, mit Vollbeatmungsgerät, eingepackt im vollen Schutzanzug und darüber einem zusätzlichen Plastikanzug, während vier mal 30 Minuten im Tag [37]. Im 700-MW-Druckwasserreaktor Palisades (vergleichbar mit RKT) verweigerten vier Angestellte die Arbeit aus Angst vor Strahlenschäden:

,,.... The employees, two welders and two machinists, objected to the nuclear plant assignments because they said they feared the effects of radiation. Palisades has been shut down since last December for refueling and repairs, requiring the temporary services of some 125 employees from other plants in the utility's system. Consumer (Consumers Power Co) president J. B. Selby said the policy of assigning employees to temporary work in plants undergoing major maintenance or repairs has been a normal company policy and provides long-term employment stability and economical operation of the system . . .“ [40].

Die Schwierigkeiten und Gefahren sprechen sich in der Öffentlichkeit herum, und die Rekrutierung von Fachkräften wird zusehends schwieriger. Schließlich darf das Ende des Abenteuers nicht vergessen werden:

„All diese Anlagen müssen nach 30 bis 40 Betriebsjahren abgebaut oder gründlich verändert bzw. modernisiert werden. Dies wird in der ersten Hälfte des nächsten Jahrhunderts eins der wesentlichen Probleme werden. So wurde z. B. abgeschätzt [41], daß bei einer völligen Dekontamination und Demontage der Wiederaufarbeitungsanlage in Mol allein 5000 m<sup>3</sup> fester Abfall anfallen würden. Abschätzungen für die Strahlenbelastung der mit diesen Arbeiten Beschäftigten und für die entstehenden Kosten liegen noch nicht vor“ [42].

(J. MEHL)

„The risk that we shall have to pay a heavy price depends, not on the best performance of the most carefully shielded reactors under ideal conditions, but on the average performance of this prospective vast array of reactors, managed by fallible and sometimes careless operators, and subject to the hazards of sabotage and war“ [43].

(John. T. EDSALL)

## 8.3 Probleme beim Transport radioaktiven Materials

Der Transport radioaktiver Abfälle und radioaktiven Materials fällt aufgrund des Strahlenschutzgesetzes unter den Begriff „Umgang mit radioaktiven Stoffen“. Gemäß § 84 der SSV kommen im Straßenverkehr die diesbezüglichen Bestimmungen der internationalen Ordnung für die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn (RID), BGBI. Nr. 137/1967, sinngemäß zur Anwendung. Die geltenden Transportvorschriften basieren auf den Transportvorschriften der IAEA (Safety Series Nr. 6, 1973 rev. edition).

Die Sicherheitsüberlegungen der gesetzlichen Vorschriften gehen von folgenden Überlegungen aus:

- Schutz des Transportpersonals und der Öffentlichkeit vor äußerer Bestrahlung unter den Betriebsbedingungen des Transportes: Diese Forderung wird durch die Begrenzung der Dosisleistung an der Behälteroberfläche bzw. der Außenseite des Transportmittels erzielt. Sie darf (im allgemeinen) 200 mrem/h sein.
- Sicherstellung, daß die Verpackung so ausgelegt ist, daß sowohl unter normalen Transportbedingungen als auch unter Unfallsituationen keine unzulässig hohen Aktivitätsmengen freigesetzt werden können: Dieser Forderung sucht man durch Aktivitätsbeschränkungen des zulässigen Inventars durch Aufteilung in Typ-A-Behälter gerecht zu werden. Typ-A-Behälter sind so ausgelegt, daß sie normalen Transportbedingungen entsprechen, d. h. transportbedingten Stößen und Drücken widerstehen können.

Weiters gibt es Typ-B-Behälter, ebenfalls mit definierten Vorschriften.

KREJSA [44] gibt an, daß praktisch alle Routinetransporte, auch ein Großteil der Abfälle aus Kernkraftwerken, wenn man 250 m<sup>3</sup>/a als lose Abfallmenge ansetzt, mit Typ-A-Behältern ausgeführt werden können. Für einen verpreßten Faßinhalt kann man ein Aktivitätsinventar von 60 mCi bei 200 mrem/h Dosisleistung an der Oberfläche schätzen, bzw. für den losen Inhalt etwa 12 mCi mit 40 mrem/h Oberflächendosisleistung.

Zu betrachten ist weiters das Risiko der Strahlenbelastung durch unfallbedingte Freisetzung von Radionukliden beim Transport radioaktiver Abfälle. KREJSA zeigt in einer Studie, daß das Risiko des Transportes radioaktiver Abfälle von Kernkraftwerken in Österreich bis 1990 unter dem anderer externen Abfallproduzenten (Spitäler, Forschung und Industrie) liegen würde.

Die durch Unfälle bedingte individuelle Dosisbelastung ist verschwindend gering.

Der Transport radioaktiven Materials führt somit weder für das Transportpersonal noch für die Gesamtbevölkerung zu einer Strahlenbelastung. Die Probleme liegen hier daher ausschließlich bei der Unfallgefahr und der Sabotage. Diese Fragen werden im Bericht der Diskussionsgruppe 7 behandelt.

## 8.4 Die Lagerung radioaktiver Abfälle

### 8.4.1 Verfahren zur Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle

Radioaktive Abfälle entstehen bei allen Operationen des Brennstoffzyklus in allen Aggregatformen, also gasförmig, flüssig, fest, in sehr unterschiedlichen Mengen und Aktivitäten. Gasförmige Aktivitäten werden unter 8.6 behandelt und können hier unberücksichtigt bleiben. Die flüssigen Abfälle, vor allem aus dem Betrieb von Kernkraftwerken, werden schon kurz nach ihrem Entstehen verfestigt. Sie sind außerdem nur schwach- bis mittelaktiv. Sind langlebige Nuklide vorhanden, so müssen sie konditioniert werden; Aschen brennbarer Materialien und Eindampfrückstände, die Radionuklide enthalten, werden dazu in flüssiges Bitumen eingebracht oder können auch mit Wasser, Zement und Zuschlägen in Beton fixiert werden. Diese Konditionierung bewirkt, daß die Abfälle in schlecht auslaugbare Formen übergeführt werden.

Mittelaktive Abfälle werden dazu grundsätzlich in ein größeres Faß mit einer Betonabschirmung eingebracht, um die nachfolgende Handhabung zu erleichtern. Abfälle dieser Typen sind in den USA in Erdgräben eingebracht worden, die durch Probelöcher rund um den „Begräbnisort“ überwacht werden. Diese Art der zeitweiligen Lagerung hat aber in einigen Fällen zu einem Aktivitätsaustritt in die Umgebung geführt. In der BRD wurde diese Art der Lagerung für mittel- und niedrigaktive Abfälle nicht zugelassen und so wurde der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH. München die stillgelegte Salzmine in Asse für die Lagerung zur Verfügung gestellt. In der Zwischenzeit sind bis April 1976 64.000 Abfalltonnen in diesem aufgelassenen Salzbergwerk eingelagert worden. Dieser Salzstock ist so groß, daß die gesamten Abfälle bis zum Jahre 2000 in ihm aufbewahrt werden können.

Niedrigaktive Abfalltonnen können gestapelt werden, mittelaktive werden durch eine Öffnung in der Decke eingebracht. Nachdem eine Kammer gefüllt wurde, werden die Zugangsmöglichkeiten abgemauert und die Einlagerung in neuen Kammern begonnen. Salzstücke sind schon seit langem als günstigste Art derendlagerung bekannt, wegen der geringen Kosten für das Herauslösen einer Kammer aus dem Salz, vor allem aber wegen der sicheren Lagerung. Der wahrscheinlichste Weg, auf dem das gelagerte radioaktive Material wieder in Kontakt mit der Biosphäre kommen kann, ist durch Auslaugen der Abfälle durch einen Wassereinbruch. Nun sind trockene Salzstücke der Ort, bei dem über geologische Zeitalter sichergestellt ist, daß kein Wasser eingedrungen ist, weil sonst Sole vorhanden sein müßte — man kann daher mit einer an Gewißheit grenzenden Wahrscheinlichkeit sagen, daß das auch die nächsten tausend Jahre nicht der Fall sein wird.

In Österreich werden radioaktive Abfälle im niedrigen und mittleren Aktivitätsbereich in Seibersdorf bei SGAE in Lagerhallen zwischengelagert, bis eine Endlager-

stätte aufgeschlossen ist. Da die Aktivitäten klein sind, können diese Abfälle leicht überwacht und in den Lagerhallen inspiziert werden.

Flüssige Abfälle, die von Wiederaufarbeitungsanlagen stammen, stellen ein wesentlich größeres Gefährdungspotential dar, da sie praktisch die gesamte Aktivität der Spaltprodukte enthalten. Nach amerikanischen Vorschriften müssen diese hochaktiven Abfallösungen innerhalb von 5 Jahren nach ihrer Entstehung verfestigt werden. Dagegen werden diese Lösungen in Großbritannien über längere Zeiten in doppelwandigen Edelstahlbehältern aufbewahrt und in der Sowjetunion sind Abfälle dieser Art in tiefe wasserführende Horizonte eingepumpt worden, nachdem feststand, daß diese keinen Kontakt zur Biosphäre besitzen.

In den westlichen Ländern ist man der Ansicht, daß eine Lagerung der Spaltprodukte in Form von Glaszylinern, die in Edelstahlbehälter eingeschlossen wurden, in geologisch alten Formationen den sichersten Weg zur Abfallbeseitigung darstellen, wenn sich auch bisher kein einzelnes Verfahren als eindeutig bestes durchsetzen konnte. Hier wird erst der praktische Versuch entscheiden können.

## 8.4.2 Sicherheit der Abfalllagerung

Kürzlich ist eine umfangreiche amerikanische Studie „Environmental Survey of the Reprocessing and Waste management portions of the LWR-fuel cycle“ der US Nuclear Regulatory Commission [45] erschienen, die sich auch mit den Langzeitrisiken fester radioaktiver Abfälle befaßt. Desgleichen wurde im Dezember 1976 von H. O. HAUG ein GFK-Bericht [46] veröffentlicht, der sich mit der relativen Toxizität von Spaltprodukten und Aktiniden in festen Abfällen als Funktion der Zeit befaßt. Diese beiden Arbeiten ermöglichen es, die Größe der Probleme abzuschätzen.

Obwohl eine exakte Methode, Langzeitrisiken abzuschätzen, nicht existiert, kann man dies auf indirektem Wege tun: Man untersucht alle jene Vorgänge und Wege, die zu einem Versagen der Deponie führen können, und versucht anschließend, die Wahrscheinlichkeiten und Konsequenzen des Versagens zu berechnen.

Mögliche Ereignisse, die zu einem Versagen der Deponie führen können, sollen im folgenden diskutiert werden. Dazu muß aber vorangestellt werden, daß geologische Deponien an ausgewählten Orten errichtet werden und besonders nach dem Gesichtspunkt minimaler Langzeitverluste konstruiert, betrieben und überwacht werden, sodaß nur sehr wenige Ereignisse überhaupt betrachtet werden müssen. Eine allgemeine Klassifizierung dieser Ereignisse kann in vier Gruppen erfolgen:

### 8.4.2.1 Naturereignisse

Darunter fallen Ereignisse, die vom Menschen nicht beeinflußt werden können, wie z. B. ein Meteoritenfall auf die Deponie, wodurch der Abschluß zur Biosphäre aufgebrochen wird. CLAIBORNE & GERA [47] haben diesen Fall für eine Deponie in 600 m Tiefe untersucht. Der Meteorit müßte mindestens einen Durchmesser von 2 km haben, um das Überliegende aufzubrechen (in diesem Fall würde die Aktivität über Aerosole bzw. Staub verteilt werden, doch würde der direkte Aufprall so große Effekte bewirken, daß man die Folgeeffekte vernachlässigen kann.)

Aus den analysierten Meteoriteinschlägen auf der Erdoberfläche ergibt sich, daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Meteorit mit 2 km Durchmesser einen gegebenen Quadratkilometer der Erdoberfläche trifft, nur etwa  $2 \cdot 10^{-14}$  pro Jahr beträgt. (zum Vergleich: das Erdalter beträgt  $4 \cdot 10^9$  Jahre.)

## 8.4.2.2 Natürliche geologische Prozesse

Dies sind Prozesse, die von der Existenz der Deponie unabhängig sind, wie z. B. Auffaltung und Erosion: Ein Beispiel dafür ist die Berechnung einer Verwerfungs-wahrscheinlichkeit durch das DELAWAREBECKEN, in dem die US-Deponie errichtet werden soll. Die Wahrscheinlichkeit, daß eine Verwerfung in diesem Becken eine  $8 \text{ km}^2$  große Deponie schneidet, beträgt  $4 \cdot 10^{-11}$  pro Jahr.

## 8.4.2.3 Geologische Prozesse, die durch die Deponie hervorgerufen werden

Dies kann z. B. durch Hitze bzw. Strahlung geschehen. SCHNEIDER und PLATT [48] diskutierten diese Fälle, haben jedoch bisher keine Wahrscheinlichkeiten angenommen, sondern nur die möglichen Auswirkungen dieser Mechanismen diskutiert. In „Radio-activ Waste Repository Project“ [49] werden keine wesentlichen Beeinträchtigungen durch die Energiespeicherung bei Strahlenprozessen erwartet.

## 8.4.2.4 Menschliche Aktivitäten

Hier werden menschliche Interventionen zusammengefaßt, die direkt oder indirekt auf die Deponie einwirken, wie z. B. Kriegsereignisse, Sabotage, Suche nach Mineralquellen, Suche nach Öl, Konstruktion von Reservoirn. Von diesen Fällen wurde das Detonieren einer 50 Mt Kernwaffe an der Oberfläche der Deponie behandelt. Dabei würde diese Bombe die Deponie nicht aufbrechen. Unter der Voraussetzung, daß jede Information über die Lage der Deponie verlorengeinge, und daß Probebohrungen im heutigen Ausmaß vorgenommen werden, kann ein Anbohren der Deponie einmal in 2500 Jahren erwartet werden. Je nach dem Ort kann sich die Wahrscheinlichkeit stark vermindern, z. B. wenn der Zugang kontrolliert wird bzw. die Deponie gut markiert ist, oder stark erhöhen, wenn Bodenschätzungen zu vermuten wären (das Anbohren der Deponie ist wohl eine sehr pessimistische Variante, die vorerst einen Atomkrieg impliziert).

## 8.4.3 Die Konsequenzen aus dem Versagen der Abfalldeponie

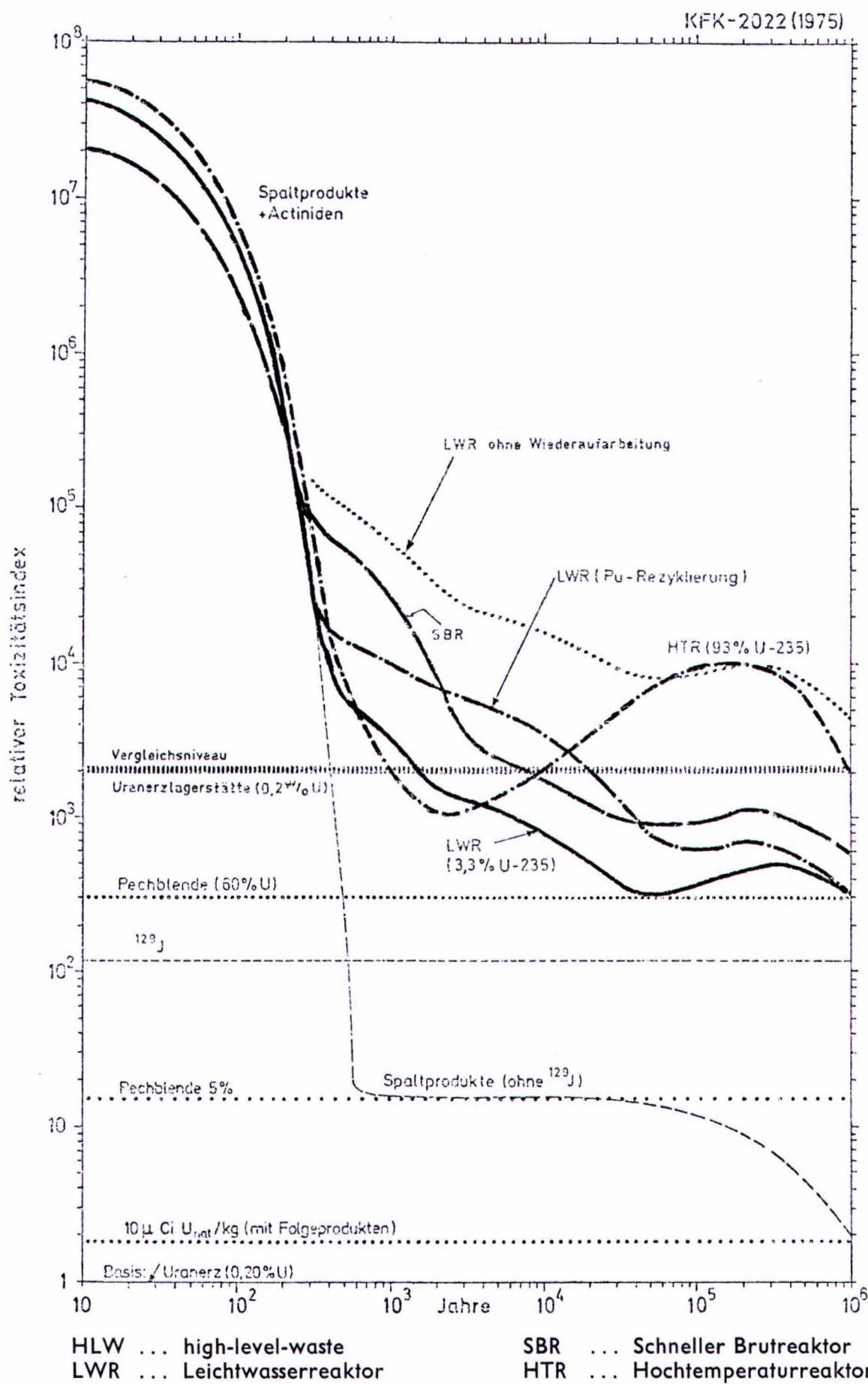
Die Konsequenzen sind unterschiedlich, je nach dem Weg, auf dem die Aktivität mit der Biosphäre in Kontakt gebracht wird. Der Kontakt kann einerseits durch Suspension feiner Partikel (z. B. vom Anbohren stammend) in Luft und Inhalation dieser Partikel zustande kommen oder durch den Transport von aktivem Material in das Grundwasser, das dann direkt konsumiert oder auch durch die externe Strahlung auf die unmittelbare Nachbarschaft wirkt. Bei bestimmten Radionukliden kann schließlich auch eine Konzentration in Wasserökosystemen erfolgen, was schließlich etwa über Fische in die Nahrungsmittelkette des Menschen führen könnte. Bis-her sind zwei Methoden entwickelt worden, die es gestatten, festzustellen, welche Auswirkungen der Verlust von Abfällen aus der Deponie haben würde:

### 8.4.3.1 Der Radiotoxische Hazard Index

Für hochaktive Abfälle ist der gefährlichste Weg der über das Trinkwasser. Als RHI für das Radionuklid  $i$  wird das Verhältnis Gesamtaktivität des Radionuklids zur

**Figur 8.3**

**Relative Toxizität des HWL von LWR, SBR und HTR-Brennstoff und Vergleich des HLW-Lagerfeldes (Abfallzylinder in 10 m Abstand plus umgebendes Salzgestein) mit einer gleichgroßen Uranerzlagerstätte (mit 0,2% Urangehalt) [46]**



## Zeit $t$ zur maximal zulässigen Konzentration im Trinkwasser für das gleiche Radionuklid definiert.

Der RHI ist daher ein Maß für die Wassermenge, die notwendig ist, um die Aktivität  $Q_i$  auf Trinkwasserqualität zu verdünnen. HAUG [46] hat durch Vergleich des RHI eines bestimmten Radionuklids mit dem RHI einer gleich großen Uranerzmenge, die 0,2% U enthält, den **Relativen Toxizitäts Index** abgeleitet. Er ist unabhängig von der Abfallmenge und man kann sehr gut das Risiko verschiedener Kerntechnologien miteinander und mit dem des gebrochenen Erzes vergleichen. Aus diesen Kurven geht hervor, daß der Relative Toxizitäts Index stark zeitabhängig ist. 10 Jahre nach der Aufarbeitung sind Sr-90 und Cs-137 die Elemente mit dem größten Risikoindex, gefolgt von den Aktiniden Pa-239 und Am-241.

Für LWR-Abfälle, die in 10-m-Abständen eingelagert werden, wird nach etwa 2000 a der Wert einer gleichgroßen Erzlagerstätte (0,2% U) erreicht bzw. unterschritten, wenn man beim Größenvergleich das die Abfälle umgebende Gestein einbezieht (siehe Abbildung 8.3).

Da auch Erzlagerstätten nicht bewacht werden, was bisher akzeptiert wurde, kann man dasselbe dann auch für die hochaktiven Abfälle postulieren. Aus den Kurven kann ferner abgelesen werden, daß das Gefährdungspotential von Leicht-Wasser-Reaktor-Abfällen ohne Wiederaufarbeitung um einen Faktor 30 höher liegt als bei Wiederaufarbeitung. Das Gefährdungspotential von J-129 ist klein und bleibt wegen der langen Halbwertzeit  $1.6 \cdot 10^7$  a im betrachteten Zeitraum praktisch konstant.

### 8.4.3.2 Realistische Modellbetrachtungen für den Transport von radioaktivem Material aus der Deponie in die Biosphäre

Es sind natürlich zahlreiche Modelle für den Transport aus der Deponie in die Biosphäre denkbar. In einem dieser Modelle [50] wird angenommen, daß die Deponie alle hochaktiven Abfälle der US-Kernindustrie von 400 1000-MW-Reaktoren bis zum Jahre 2000 enthält. Nach einer bestimmten Zeit soll ein Grundwasserstrom direkt durch die gesamte Deponie gehen, der die Aktivitäten mit einer bestimmten Geschwindigkeit auslaugt, und durch den Boden zu einem Oberflächenwasser führen. Dabei werden alle Radionuklide als löslich angesehen, sollen in derselben chemischen Form verbleiben sowie an allen Punkten mit dem Boden im Sorptionsgleichgewicht stehen. Es wird dabei eine konstante Auslaugrate von 0,3%/a zugrundegelegt, die Bodensäule beträgt 10 Meilen und dieser Vorfall soll im Jahre 2100 — also 100 Jahre nach dem Schließen der Deponie — erfolgen. In der folgenden Tabelle werden die maximalen Individualdosen für den Fall berechnet, daß die Radionuklide von einem Individuum am Ort der Deponie 50 Jahre lang aufgenommen werden. Diese Dosen werden als Funktion der Zeit wiedergegeben, wobei die Nuklide, die zur Dosis beitragen, angeführt werden (siehe Tabelle 8.6). In der Zusammenfassung oben erwähnter Studie wird ausgeführt:

„Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, daß für annehmbare Lagerungsbedingungen die potentielle Zunahme der Strahlendosis in der gleichen Größenordnung liegt oder weniger ausmacht als Dosen natürlicher Quellen.“

Die Studie fand, daß durchführbare Bedingungen für eine geologische Lagerung angegeben werden können, bei der die berechnete zusätzliche Dosis nur ein Zehntel des Untergrundes beträgt . . .“

**Tabelle 8.6 [45]****Summary of 50-Year Accumulated Dose to Maximum Individual**

Time of Initial Release After Yr-2000: 100 Yr  
 Leach Rate: 0,3%/Yr Path Length: 10 Mile

Years Since Burial in Year 2000*)	Nuclides Contributing to Dose	Whole Body**) Dose, mrem	GI-LLI	Bone
2.50E2	<sup>99</sup> Tc, <sup>129</sup> I	2.3E2***)	2.6E4	5.4E2
1.55E2	<sup>14</sup> C	6.3E4	3.8E4	3.1E5
3.73E3	<sup>93</sup> Mo	3.5E-1	2.1E0	2.5E-7
1.46E4	<sup>41</sup> Ca, <sup>79</sup> Se, <sup>237</sup> Np	1.3E3	2.0E3	1.2E4
4.85E4	<sup>59</sup> Ni	4.5E1	2.0E1	2.7E2
7.26E4	<sup>87</sup> Rb, <sup>225</sup> Ra, <sup>229</sup> Th <sup>233</sup> U, <sup>237</sup> Np	9.1E-2	7.1E-2	5.7E-1
1.45E5	<sup>135</sup> Cs	3.5E2	2.0E1	9.4E2
1.67E5	<sup>107</sup> Pd, <sup>126</sup> Sn	8.2E2	2.4E3	4.6E3
3.6E5	<sup>225</sup> Ra, <sup>229</sup> Th, <sup>233</sup> U	2.1E-2	2.7E-2	2.3E-1
4.82E5	<sup>225</sup> Ra, <sup>229</sup> Th, <sup>233</sup> U, <sup>247</sup> Cm	1.3E-2	1.7E-2	1.4E-1
1.45E6	<sup>93m</sup> Nb, <sup>210</sup> Pb, <sup>210</sup> Po, <sup>226</sup> Ra, <sup>242</sup> Pu	7.5E-1	6.5E2	7.5E0
2.07E6	<sup>210</sup> Pb, <sup>210</sup> Po, <sup>226</sup> Ra, <sup>236</sup> U	1.1E3	2.9E1	2.4E3
2.41E6	<sup>210</sup> Pb, <sup>210</sup> Po, <sup>226</sup> Ra	3.4E1	7.3E-1	6.8E1
7.23E6	<sup>224</sup> Ra, <sup>228</sup> Th, <sup>232</sup> Th	6.3E-3	3.7E-2	9.6E-2

\*) Elapsed time between burial and the time at which the concentration in water emerging from the soil column reaches its maximum.

\*\*) The 50-year accumulated total body dose to an individual due to natural background is about 5000 mrem.

\*\*\*)  $2.3E2 = 2,3 \times 10^2$ .

#### 8.4.4 Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle in Österreich

Anfang 1975 wurde von der Österreichischen Elektrizitätswirtschaft der Arbeitskreis „Kernbrennstoff und radioaktiver Abfall“ gegründet. In diesem Arbeitskreis sind folgende Gesellschaften vertreten:

- ÖSGAE (Österreichische Studiengesellschaft für Atomenergie Ges. m. b. H.)
- GKT (Gemeinschaftskernkraftwerk Tullnerfeld Ges. m. b. H.)
- GKS (Gemeinschaftskernkraftwerk Stein Ges. m. b. H.)
- KKWP (Kernkraftwerk Planungsgesellschaft m. b. H.)

Dieser Arbeitskreis hatte die Aufgabe, einen Bericht über die Entsorgung der österreichischen Kernkraftwerke zu erstellen. Diesem Bericht sind die nachfolgenden Angaben entnommen [51].

##### 8.4.4.1 Schwach- und mittelaktive Abfälle

Die bisherige Praxis beim Kernkraftwerksbau sieht für die Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen kraftwerksinterne Lager mit mehrjähriger Lagerkapazität

vor. GKT hat für schwach- und mittelaktive Abfälle eine Lagerkapazität für 5 Jahre (Faßlager). Für mittelaktive Komponenten (Steuerstäbe, Brennelementkästen usw.) ist für etwa 15 Jahre Lagerkapazität im Kraftwerk vorhanden. Nach diesem Zeitpunkt werden diese Komponenten in das Erdlager gebracht. Ähnliche Maßnahmen sind auch für das zweite und dritte Kernkraftwerk vorgesehen.

Ein bestehendes Zwischenlager für schwachaktive Abfälle ist bei der ÖSGAE im Ausbau begriffen. Die ÖSGAE kann von den geplanten Kernkraftwerken **schwach-aktive** Abfälle zur Überführung in ein endlagerfähiges Produkt (Konditionierung) übernehmen.

Zur Konditionierung und Lagerung von schwachaktiven Abfällen sind bei der ÖSGAE eine Verbrennungsanlage mit Sortier- und Konditioniereinrichtungen und Lagergebäude in Planung, deren Baubeginn zum Teil 1976 erfolgt ist. Die aktive Inbetriebnahme der Verbrennungsanlage ist für 1980 vorgesehen. Die Anlage reicht aus, um alle in Österreich bis 1990 jährlich anfallenden schwachaktiven Abfälle zu verarbeiten. Danach wird die Kapazität der Anlage dem kommenden Bedarf angepaßt. Weiters können nach der Errichtung einer Konditionieranlage und eines Lagers von der ÖSGAE auch jene **mittelaktiven** Abfälle übernommen werden, die nicht bis zur Verbringung in ein Endlager im Kraftwerk verbleiben sollen.

Ein in Ausarbeitung befindlicher Vertrag zwischen GKT und ÖSGAE wird sicherstellen, daß die zur Lagerung bei der ÖSGAE in Seibersdorf geeigneten Abfälle spätestens bei Vollbelegung der kraftwerksinternen Lagerkapazität dorthin ausgelagert werden können.

Die Lagerkapazität des ÖSGAE in Seibersdorf wird so lange erweitert, bis die Abfälle in das Endlager verbracht werden können. Die Betriebsaufnahme des Endlagers erfolgt zu Beginn der neunziger Jahre. Bis zu diesem Zeitpunkt sind für die Zwischenlagerung dieser Abfälle 15 Lagergebäude erforderlich.

#### 8.4.4.2 Abgebrannte Brennelemente, hochaktive Abfälle

In jedem Kraftwerk wird ein Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente (Naßlager) errichtet, in welchem die Brennelemente nach dem Einsatz im Reaktor bis zum Abtransport zur Wiederaufarbeitungsanlage gelagert werden. Darüber hinaus soll aus betrieblichen Gründen der Lagerraum für eine gesamte Kernladung zur Verfügung stehen, sodaß nur ein Teil der Kapazität des Lagerbeckens für die jährlichen Entlademengen nutzbar ist.

GKT hat ein Brennelement-Lagerbecken mit einer nutzbaren Lagerkapazität für rund 160 Brennelemente. Diese Anzahl entspricht einer Menge von rund 30 t abgebrannten Brennstoffs (Resturan, Spaltprodukte, Plutonium und weitere Transurane).

Diese Lagerkapazität reicht bei einer Inbetriebnahme 1977/78 bis zum Jahre 1980. Durch Einbau weiterer Lagergestelle („Konventionelle Lagerung“) kann die nutzbare Lagerkapazität auf rund 400 Brennelemente erweitert werden. Diese Anzahl entspricht einer Menge von rund 75 t abgebrannten Brennstoffs. Damit kann der Betrieb von GKT bis zum Jahre 1982 gewährleistet werden.

Da anzunehmen ist, daß bis zu diesem Zeitpunkt ein Abtransport der abgebrannten Brennelemente zu Wiederaufarbeitungsanlagen noch nicht möglich sein wird, muß vorsorglich die nutzbare Lagerkapazität des Brennelement-Lagerbeckens durch andere Maßnahmen („Kompaktlagerung“) auf rund 950 Brennelemente erweitert werden. Diese Anzahl entspricht einer Menge von rund 175 t abgebrannten Brennstoffs. Damit kann der Betrieb von GKT bis zum Jahre 1987 gewährleistet werden.

Bei GKT muß auch die pessimistische Variante untersucht werden, daß abgebrannte Brennelemente während der kaufmännischen Lebensdauer überhaupt nicht zu einer Wiederaufarbeitungsanlage abtransportiert werden können. In diesem Fall müssen Lagerkapazitäten außerhalb des Kernkraftwerkes für eine langfristige Lagerung geschaffen werden. Diese Lagerung abgebrannter Brennelemente erfolgt im Externen Brennelement-Lagerbecken, in dem die Brennelemente auf ähnliche Weise gelagert werden (Naßlagerung) wie kraftwerksintern. Unterstellt man, daß ein derartiges Langzeitlager für die gesamte kaufmännische Lebensdauer des Kernkraftwerkes von 20 Jahren geschaffen werden muß, so ergibt dies, einschließlich der Kernbeladung, eine notwendige Lagerkapazität für rund 2800 Brennelemente. Dies entspricht einer Menge von rund 530 t abgebrannten Brennstoffs.

Für GKS wurde vorsorglich eine Lagerkapazität im Kernkraftwerk für etwa 10 Betriebsjahre vorgesehen.

Geht man von der Annahme aus, daß die eben dargelegte pessimistische Variante bei GKT nicht zum Tragen kommt, sondern die abgebrannten Brennelemente direkt vom Kernkraftwerk Tullnerfeld zur Wiederaufarbeitung abtransportiert werden können, so wird der daraus resultierende hochaktive Abfall, wenn überhaupt, nicht vor Beginn der neunziger Jahre nach Österreich zurückkommen. D. h., daß auch hinsichtlich des hochaktiven Abfalles ein Lager ebenfalls erst zu Beginn der neunziger Jahre zur Verfügung stehen muß.

Für den hypothetischen Fall, daß mit einer Wiederaufarbeitung nicht gerechnet werden kann, ist eine Lagerung abgebrannter Brennelemente über beliebig lange Zeiträume unter entsprechenden Bedingungen und Maßnahmen möglich. Die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Biosphäre wird dabei weit unter den zulässigen Werten liegen. Die Brennelemente sind so gelagert, daß jederzeit der Zugriff zur Nachkontrolle oder zur Umschließung bzw. zur Entnahme für den Abtransport möglich ist.

#### 8.4.4.3 Gesamtkosten der Entsorgung (Preisbasis 1976)

Bei der Berechnung der Gesamtkosten der Entsorgung wurden wegen der Unsicherheiten auf dem Wiederaufarbeitungssektor grundsätzlich zwei Fälle unterschieden:

##### **Fall 1:**

Es wird angenommen, daß die Übernahme bzw. die Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente aus den österreichischen Kernkraftwerken im Ausland möglich ist.

##### **Fall 1 a:**

Es wird angenommen, daß der Abtransport der Brennelemente von GKT zur Wiederaufarbeitung **vor Mitte der achtziger Jahre** möglich ist. Damit erübrigts sich bei Realisierung der Kompaktlagerung die Errichtung eines externen Brennelement-Lagerbeckens. Für die Entsorgung von GKT, GKS und GKX entstehen dann gesamte Investitionskosten in Höhe von . . . . . ca. 2 Mrd. öS

Der jährliche Betriebsaufwand für die erforderlichen Konditioniereinrichtungen und Lagerstätten beträgt in diesem Fall . . . . . ca. 60 Mio. öS

##### **Fall 1 b:**

Es wird angenommen, daß der Abtransport der Brennelemente von GKT zur Wiederaufarbeitung **ab Mitte der achtziger Jahre** nicht möglich ist. Daher ist in diesem Fall zusätzlich zur Kompaktlagerung ein Externes Brennelement-Lagerbecken zu

errichten. Für die Entsorgung von GKT, GKS und GKX entstehen gesamte Investitionskosten in Höhe von . . . . . ca. 3 Mrd. öS

Der jährliche Betriebsaufwand für die erforderlichen Konditioniereinrichtungen und Lagerstätten beträgt in diesem Fall . . . . . ca. 100 Mio. öS

## Fall 2:

Es wird hypothetisch unterstellt, daß die Übernahme bzw. die Wiederaufarbeitung der Brennelemente aus den österreichischen Kernkraftwerken im Ausland **nicht** möglich ist. In diesem Fall ist nur GKT allein zu betrachten, da damit ein weiterer Ausbau der Kernenergie in Österreich in Frage gestellt ist. Diesfalls muß ein Externes Brenn element-Lagerbecken für die Langzeitlagerung der GKT-Brennelemente errichtet werden, das Endlager ist nur für schwach- und mittelaktive Abfälle auszulegen.

Für die Entsorgung von GKT entstehen damit gesamte Investitionskosten in der Höhe von . . . . . ca. 2,2 Mrd. öS

Der jährliche Betriebsaufwand für die erforderlichen Konditioniereinrichtungen und Lagerstätten beträgt in diesem Fall . . . . . ca. 100 Mio. öS

Durch Umlage dieser Gesamtkosten (Preisbasis 1976) auf die jeweils in den Kernkraftwerken erzeugte Gesamtenergie entsteht durch die Entsorgung eine Stromkostenbelastung für

Fall 1 a in der Höhe von . . . . . ca. 1,2 g/kWh

Fall 1 b in der Höhe von . . . . . ca. 2,2 g/kWh

den hypothetischen Fall 2 (für GKT allein) in der Höhe von . . . . . ca. 5,9 g/kWh.

### 8.4.5 Kritische Betrachtungen zur Frage der sicheren Lagerung radioaktiven Abfalls

Zu den Fragen:

Wie sicher ist die Lagerung des radioaktiven Abfalls?

Können Wahrscheinlichkeiten für die Freisetzung von Schadstoffen angegeben werden?

Welche Nuklide können vor allem freigesetzt werden?

liefert K. KREUZER (Forum für verantwortbare Anwendung der Wissenschaften, Schweiz) folgenden Beitrag:

„Treffend formuliert der Bundespressedienst „Österreich Informationen — Kernenergie“ in Fettdruck (Seite 22):

Derzeit nicht erfaßbare Faktoren: . . . Atommüll . . .“

Man produziert ihn, weil man nicht weiß, wie damit fertig werden, weil man diese zentrale Frage verdrängt und vernachlässigt hat und noch immer vernachlässigt.

Ob sich Salzbettformationen in den Vereinigten Staaten, ob sich Salzlinsen in der Bundesrepublik, Salzdome in den Niederlanden, Anhydrit in der Schweiz (Unikum), Kristallin in Schweden oder Österreich, Kaligruben in Frankreich, Tonschiefer anderswo dafür eignen, schwach- und mittelradioaktive Abfälle über Jahrtausende, hochradioaktive Abfälle über Jahrhunderttausende zu umschließen und von der Biosphäre sicher fernzuhalten, das werden erst die Ergebnisse sehr umfangreicher und zeit-

raubender Vorstudien, Sondierungen und Probeneinlagerungen zeigen können, nicht aber die heute allein vorliegenden und laut verkündeten Vorschuß-Prophezeiungen. Gewiß: „Ungelöst“ muß nicht „unlösbar“ bedeuten (Slogan der nuklearen Propaganda ebenso wie der nuklearen Chefbeamten der Schweiz). Aber auch: „Ungelöst“ kann „unlösbar“ bedeuten (unsere notwendige Ergänzung zum Slogan). Die Argumentierung darf nicht, wie das bisher geschah, verkehrt aufgezogen werden:

- |         |  |
|---------|--|
| nicht   | 1. Wir brauchen Atomstrom,<br>2. er muß also auch sicher sein,   |
| sondern | 1. Zuerst ist zu prüfen, ob er „sicher“ ist (bis zum bitteren Ende der Endlagerung), ob die mit ihm verbundenen Risiken erträglich, ob sie nach demokratisch geäußertem Willen annehmbar sind; wenn ja, und nur dann, hat<br>2. der Atomstrom in energiewirtschaftlichen Rechnungen und Planungen einen Platz. |

Für dieses, vom Standpunkt des Wissenschafters allein vertretbare Procedere ist es zu spät. Der Atomstrom ist bereits im Netz (in Österreich beinahe). Hinterher hat sich nun, der brutalen Wirklichkeit bzw. den Sachzwängen angepaßt, die Forderung erhoben: sofortiges Moratorium. In der Schweiz heißt das im Detail: Keine Sondierbohrungen für Abfall-Lager, solange weitere Bewilligungen für Atomstromproduktion (Teilbewilligungen für Standort, Bau oder Betrieb von Anlagen) erteilt werden. Wenn der Bewilligungsstop endlich in Kraft ist, dann nur dort Sondierbewilligungen, wo die vorbereitenden Studien seriös erfolgt sind und Sondierungen als sinnvoll erscheinen lassen; insbesondere keine Betriebsbewilligung für das Werk Gösgen, welches im Bau mit GKT phasengleich ist. Implicite ist die Forderung betreffend radioaktive Abfälle auch mitenthalten in der von den 7 Hauptträgergruppen der Schweiz für Umweltschutz soeben (25. April 1977) verabschiedeten

### Resolution

Angesichts der Sachzwänge, die durch den Atomkraftwerkbau und seine Folgeinstallationen geschaffen werden und angesichts der vielen ungelösten Fragen, die sich beim Bau und Betrieb von Atomanlagen stellen, richten die unterzeichneten Organisationen den dringenden Appell an die Bundesbehörden, mit der Erteilung weiterer Bewilligungen oder Teilbewilligungen für Atomanlagen zuzuwarten, bis die Revision des Atomgesetzes abgeschlossen ist und die heute noch ungelösten Fragenkomplexe um die Atomenergie darin geregelt worden sind.

### Unterzeichner:

Initiativkomitee zur Wahrung der Volksrechte und der Sicherheit beim Bau und Betrieb von Atomanlagen  
 Schweizerischer Bund für Naturschutz  
 Schweizerische Energie-Stiftung  
 Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz  
 Schweizerischer Verein für Volksgesundheit  
 WWF — Schweiz  
 Rheinaubund  
 (umfassen insgesamt rund 300.000 Mitglieder)

Wie groß die Lücken, die Unterlassungen, wie konfus die Wunschvorstellungen (die „ideenreichen Vorschläge“) zur Bewältigung der radioaktiven Abfälle, wie verwirrend die Unschlüssigkeit und Widersprüchlichkeit sowohl auf internationalem Boden wie im Spezialfall Schweiz sind, das ist dokumentiert in [52]:

### **Radioaktive Abfälle — Hokus-Pokus-Verschwindibus**

Eine Dokumentation über die Problematik der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz.

Forum für verantwortbare Anwendung der Wissenschaft  
Basel, November 1976, Verfasser: Konradin KREUZER

Ich beantrage, daß diese Dokumentation als integrierender Bestandteil meines Beitrages zum Themenkreis 8 miteinbezogen werde.“

(Aus technischen Gründen — die genannte Publikation umfaßt 100 Seiten — konnte diesem Antrag nicht stattgegeben werden.)

#### **8.4.6 Kritische Stellungnahme zum Bericht des Arbeitskreises „Kernbrennstoff und radioaktiver Abfall“**

Zum Bericht:

„Die Entsorgung der österreichischen Kernkraftwerke, Teil 1: Der Entsorgungsplan für GKT, GKS und GKX, Bericht des Arbeitskreises Kernbrennstoff und radioaktiver Abfall, Wien, im Oktober 1976“\*) [51].

liefert K. KREUZER (Forum für verantwortbare Anwendungen der Wissenschaft, Schweiz) folgenden kritischen Beitrag:

##### **8.4.6.1 Terminplan**

„Aus den Kommentaren im vorhergehenden Kapitel und der Beurteilung der Situation in der Schweiz geht hervor, daß der Terminplan für ein geologisches Endlager (unterster Teil im Diagramm ö. Bericht, Seite 6) wirklichkeitsfremden Optimismus ausdrückt. Die Maßnahmen-Reihe Projektierung — Standortplanung — Sondierungsbohrungen — Bewilligungsverfahren — Kavernenausbau — Demonstrationseinlagerung mit einer endlichen Einlagerung schon ab 1991 abrunden zu wollen, heißt: wichtige hemmende bzw. zeitraubende Faktoren außer Acht lassen. Man wird aus noch so intensiven Studien und Sondierungen bis zum Jahr 1990 sicher noch nicht sagen können, daß eine sichere Abschirmung von Abfällen in Kavernen über 1000 Jahre gewährleistet sei, m. a. W. ob auch nur schwach-radioaktive Abfälle dort endgültig verbleiben können. Vollends aber unterschätzt man den Zeitbedarf für die erforderlichen Vorarbeiten in bezug auf hoch-radioaktive Abfälle, für die „vorerhand eine sichere Aufenthaltszeit von 1 Million Jahren vorgesehen“ werden muß [53].

Aus dem Vorwort von „High-Level Radioactive Waste Management Alternatives“ [54]:

„The evaluations of feasibility are not restricted to currently available technology. Rather, the study attempts to take into account technology

\*) Hierach mit „ö. Bericht“ oder „ö. B.“ bezeichnet.

which can be developed or is expected to be available at least within the next four decades. Indeed, most of the concepts studied are estimated to require 15 to 30 years for full implementation.“

#### 8.4.6.1.1 Schwach- und mittelaktive Abfälle\*)

„Die technischen Fragen der Konditionierung (Weiterverarbeitung in einen lagerfähigen Zustand) und Lagerung sind gelöst. Für Konditionierung und Lagerung liegen realisierbare Projekte der ÖSGAE vor, die zum Teil bereits in Ausführung begriffen sind. Die entsprechenden Anlagen werden zeitgerecht zur Übernahme der Abfälle von GKT und auch der beiden folgenden Kernkraftwerke bereitstehen.“

(ö. Bericht)

Solche Zuversicht in der Zusammenfassung im ö. Bericht mag für den Bereich Konditionierung teilweise berechtigt sein, keineswegs aber im Bereich Lagerung. In der Schweiz hat die NAGRA ernüchternde Erfahrungen machen müssen: Ihr war vom Bund aufgetragen, „in 5—10 Jahren ein Endlager zur Verfügung“ zu stellen, und sie hat das auch in Aussicht gestellt. Vor unbequeme Fragen gestellt, mußte sie bald einsehen, daß der Auftrag nicht einmal für schwach- und mittelaktive Abfälle ausführbar ist [52, S. 54]. Heute stellt die NAGRA nur noch Zwischenlager in Aussicht, die während 20—30 oder mehr Jahren beschickt werden sollen. Später werde man die Kammern verschließen oder, je nach Ergebnissen, den Inhalt wieder ausbauen und an einem andern Ort einlagern.

Diese von der NAGRA (der Bund ist Bestandteil der Genossenschaft, vertreten durch das Eidgenössische Amt für Energiewirtschaft) leichthin vollzogene Umwandlung des Auftrags „Endlager“ in eine Ausführung „Zwischenlager auf Zusehen“ ist gleichbedeutend mit dem Abwälzen von Auftrag und Verantwortung von der NAGRA (= von den Bundesbehörden, die für die Sicherheit der Atomanlagen zuständig sind) an kommende Generationen.

#### 8.4.6.1.2 Lagerung und Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente

„Die laufenden Verhandlungen zum Abschluß von Verträgen zur Lagerung und Wiederaufarbeitung werden mit Nachdruck fortgeführt...“

(ö. Bericht, Zusammenfassung)

Selbst wenn wir optimistisch annehmen, Österreich gelinge der Abschluß der dazu erforderlichen Verträge, ist zu bedenken, daß Verträge wenig Verlässlichkeit bieten, wenn sie nicht eingehalten werden können,

- sei es, weil sich hoffnungsvolle Vorausbeteuerungen, die Probleme seien „lösbar“, nicht erfüllen,
- sei es, daß marktpolitische Wandlungen zu Schwierigkeiten führen (Beispiel: die Westinghouse-Prozesse über das Uran),
- sei es, daß Proliferations-Bedenken oder das neue CARTER-Konzept zum Plutonium einen Strich durch die Rechnung machen,
- sei es, daß die Angst, die begründete Kritik, und der Widerstand der Bevölkerung die Realisierung verhindern.

---

\*) Die letzten beiden Ziffern der Kapitelnumerierung entsprechen der Numerierung der Abschnitte des ö. Berichtes.

Die österreichische Arbeitsgruppe tat denn auch gut daran, eine Brennelement-Lagerung während der sogenannten kaufmännischen Lebensdauer für GKT ins Auge zu fassen. Das allerdings bringt schwerwiegende neue Probleme und Schwierigkeiten, denen unseres Wissens bisher wenig Beachtung geschenkt worden ist. Die Aufmerksamkeit konzentrierte sich auf eine geometrische Korrektur der unzureichenden Lagerkapazität: auf die Verdichtung von konventionellen Lagern (ö. Bericht Abb. 13) durch Umbau in Kompaktlager (ö. B. Abb. 14), dazu den Bau externer Zusatzdepots (ö. B. Abb. 15), auf die technische Machbarkeit also, nicht aber auf die damit verbundenen Auswirkungen oder Risiken, nicht auf ein Technological Assessment.

Es ist ein erheblicher Unterschied, ob an einem KKW-Standort außer der Kernladung, die im Betrieb steht, noch 1, noch 2 oder 4 oder gar 10 weitere Kernladungen abgebrannter Brennelemente lagern und das radioaktive Inventar der Anlage bilden. Durch Kompaktlagerung erhöhen sich Wärmedurchtritt, Kühlmittelzufuhr, Gefahr bei Kühlmittelverlust, Gefahr der Kritikalität. Externe Lagerung bedingt einen zusätzlichen Zwischentransport.

#### 8.4.6.1.3 Hochaktive Abfälle

„Hochaktive Abfälle entstehen nur bei der Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente, welche im Ausland erfolgt (ebenso bei 3.2. ö. B.) . . .“  
(ö. Bericht)

Soll das eine Frage nur der Nomenklatur sein, oder soll diese Aussage bewußt die Tatsache verdecken, daß hochaktive Abfälle im Reaktor entstehen, dort Brennelemente genannt, und weit höhere Radioaktivität aufweisen als die erst nach Abklingen und Wiederaufarbeiten anfallenden und erst dann so benannten „hochaktiven Abfälle“?

„Die Rücknahme von hochaktiven Abfällen nach Österreich ist, falls überhaupt, frühestens zu Beginn der neunziger Jahre zu erwarten. Für diesen Fall sind zeitgerecht die nötigen Vorkehrungen zu treffen.“  
(ö. Bericht, analog dort auch unter 4.2.)

„Da die ausländischen Anlagen, welche Brennstoffe aus Leichtwasserreaktoren . . . aufarbeiten, erst allmählich in Betrieb gelangen, werden wir in der Schweiz, falls überhaupt, kaum vor Ablauf von zehn Jahren in die Lage kommen, die verfestigten, hoch-radioaktiven Abfälle zurückzunehmen“ [55, 52].

In der österreichischen Arbeitsgruppe herrscht die gleiche Sorglosigkeit vor, wie sie die schweizerische verantwortliche Behörde an den Tag legt, ungerechtfertigt in beiden Ländern, angesichts der Tatsache, daß „zeitgerecht die nötigen Vorkehrungen zu treffen“ eine Aufgabe von wenigstens Jahrzehnten ist.

Die Einschränkung „falls überhaupt“ sollte wohl heute vergessen werden: Das USA-Veto gegen die Wiederaufarbeitung, der Widerstand gegen die Wiederaufarbeitung in der Bundesrepublik, die Unreife der einzigen halbwegs funktionierenden Anlage zur Aufbereitung von oxidischem Abbrand, La Hague F, das alles deutet darauf hin, daß Österreich die hochradioaktiven Abfälle zurücknehmen, bzw. jetzt schon wird behalten müssen. Keine Wiederaufarbeitungsgesellschaft wird Brennelemente zum Lagern allein übernehmen wollen.

#### 8.4.6.1.4 Endlagerung

„Für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen gibt es technisch realisierbare Lösungen. Weltweit wird die geologische Endlagerung als das sicherste Konzept angesehen. Voruntersuchungen zeigen, daß es in Österreich geeignete geologische Formationen gibt. Vordringliche Aufgabe ist die Auswahl und Genehmigung des Standortes eines geologischen Endlagers.“

Für den Fall, daß das geologische Endlager nicht rechtzeitig zur Verfügung steht, werden vorsorglich Obertaglager baureif projektiert und gegebenenfalls errichtet.“

(ö. Bericht Zusammenfassung)

Einlagerungstechnik (Hubstaplerei sozusagen) dürfte — wenn auch in Österreich für radioaktive Abfälle noch nicht erprobt — kein allzuschwieriges Unterfangen sein. Ihr Gelingen sagt aber nichts aus über die sichere Abschirmung der Abfälle von der Biosphäre über Jahrtausende. Im niedersächsischen Endlager bzw. Versuchs-Endlager ASSE ist dies ganz eindeutig festgehalten worden:

##### betr. **Endlagerung schwachaktiver Abfälle:**

„Vom April 1967 bis Ende April 1976 sind insgesamt 64.000 Behälter mit schwachaktiven Abfällen eingelagert worden. Davon waren 60.000 200-l- und 400-l-Fässer und 4000 sogenannte ‚verlorene Betonabschirmbehälter‘ ... Mit diesen Mengen sind insgesamt sieben ehemalige Abbaukammern auf der 750-m-Sohle gefüllt worden. Die Eingangsstrecken zu vier von ihnen sind inzwischen verfüllt und versiegelt worden, so daß hier ein **erstes Ziel** der Endlagerung erreicht wurde. **Auf eine Rückholbarkeit** dieser Abfälle ist also von vornherein **bewußt verzichtet** worden ...“ [56].

##### betr. **Versuchseinlagerung mittelaktiver Abfälle**

„Die Versuchseinlagerung mittelaktiver Abfälle wurde im August 1972 mit einer speziell dafür entwickelten Technologie in einer kleinen Kammer auf der 511-m-Sohle begonnen. Bis Ende April 1976 wurden insgesamt 890 200-l-Fässer dieser Abfallkategorie eingelagert. Auch dabei ist nicht an eine Rückholung der Abfälle gedacht. **Die Bezeichnung ‚Versuchseinlagerung‘ bezieht sich also nicht auf die langfristige Sicherheit der Endlagerung, sondern auf die Erprobung der neuen Technologien**“ [56].

(Unterstreichungen und Sperrung durch KK)

##### betr. **hochradioaktive Abfälle:**

„Die heute entwickelten Endlagerungskonzepte, etwa die Verbringung in geologische Formationen wie Salz, Granit, Ton, Basalt usw. **bedürfen in den nächsten Jahrzehnten noch der ausführlichen Erprobung und Absicherung durch Versuchslagerprogramme.** In der BRD werden diese Versuchslagerungen ab 1978 in dem hierfür hergerichteten Salzbergwerk ASSE II bei Wolfenbüttel stattfinden. Es muß aber an dieser Stelle deutlich gesagt werden, daß ASSE immer ein Versuchsfeld sein wird und nie für routinemäßige Einlagerungen der Abfälle aus großen Wiederaufarbeitungsanlagen zur Verfügung stehen wird“ [57].

Zurückkommend auf die Aussage 1.4. im ö. Bericht: Was weltweit als sicherst angesehen wird, ist irrelevant, es müßte schon als das sicherste Konzept erwiesen worden sein. Ob geologische Formationen in Österreich geeignet seien, können nicht Voruntersuchungen, sondern kann erst ein voll durchgearbeitetes Versuchsprogramm zeigen. Nicht die Genehmigung des Standortes eines geologischen Endlagers kann vordringliche Aufgabe sein, sondern allenfalls die gründliche Abklärung der Eignung.

„Für den Fall, daß . . .“ bereitet auch die österreichische Arbeitsgruppe — sie scheint ihrer Sache durchaus nicht sicher zu sein — einen Fluchtweg vor, gleich wie die NAGRA in der Schweiz, nämlich den Auftrag Endlager aus eigener Verantwortlichkeit in einen Auftrag Obertaglager (vorsorglich) in die Verantwortlichkeit kommender Generationen abzuwälzen.

#### 8.4.6.1.5 Gesamtkosten der Entsorgung

**Fall 1:** Es wird angenommen, daß die Übernahme, bzw. die Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente aus den österreichischen Kernkraftwerken im Ausland möglich ist.

**Fall 1a:** Es wird angenommen, daß der Abtransport der Brennelemente von GKT zur Wiederaufarbeitung **vor Mitte der 80er Jahre** möglich ist. Damit erübrigts sich bei Realisierung der Kompaktierung die Errichtung eines Externen Brennelement-Lagerbeckens . . .

**Fall 1b:** Es wird angenommen, daß der Abtransport der Brennelemente von GKT zur Wiederaufarbeitung **ab Mitte der 80er Jahre nicht** möglich ist. Daher ist in diesem Fall zusätzlich zur Kompaktlagerung ein Externes Brennelement-Lagerbecken zu errichten.

(ö. Bericht)

Fall 1 ist sozusagen ausgeschlossen. La Hague, die einzige, zurzeit im probeweisen Anlaufen begriffene Anlage dürfte (sollte sie in absehbarer Zeit voll betriebsfähig werden) mit Aufträgen bereits auf lange Zeit überlastet sein. Aus Gründen mangelnder Kapazität ist auch Fall 1a als wenig wahrscheinlich zu betrachten. Die Variante 1b ist meines Erachtens nicht zu empfehlen: Sollte die Hoffnung auf eine spätere Wiederaufarbeitung schließlich doch enttäuscht werden, so werden, weil dann Ungewißheit über die Endlagerung herrschen wird, die Kompaktlager und Extern-Lager aus drei Kernkraftwerken innert weniger Jahre angefüllt sein.

**Fall 2:** Es wird hypothetisch unterstellt, daß die Übernahme bzw. die Wiederaufarbeitung der Brennelemente aus den österreichischen Kernkraftwerken im Ausland **nicht** möglich ist. In diesem Fall ist nur GKT (Tullnerfeld) allein zu betrachten, da damit ein weiterer Ausbau der Kernenergie in Österreich in Frage gestellt ist. Diesfalls muß ein Externes Brennelement-Lagerbecken für die Langzeitlagerung der GKT-Brenn elemente errichtet werden, das Endlager ist nur für schwach- und mittelaktive Abfälle auszulegen . . .

(ö. Bericht)

Diese hypothetische Unterstellung kommt der Wirklichkeit schon etwas näher. Allerdings ist in ihr auch ein verhängnisvoller Fehlschluß enthalten: Auf ein Endlager in Österreich für die hochaktiven Abfälle (Brennelemente und andere) soll verzichtet

werden. In Abbildung 3 des ö. Berichts ist ein Terminal „Endlagerung“ angegeben, doch fehlt die Ortsbezeichnung. Wo denn sollen die hochaktiven Abfälle endgelagert werden? In Abbildung 4 für die schwach- und mittelaktiven Abfälle wird gesagt, daß diese nach 1990 in das Endlager verbracht werden. Ein solches Endlager dürfte, wie früher begründet, dann noch nicht bereitstehen.

Da die Fallstudie mit Fall 2 abschließt, steht die Kostenschätzung bei Berücksichtigung unserer Einwände auf wackeligen Füßen. Als wirklichkeitsnähere Alternative, die wissenschaftlichem Vorgehen eher entspricht, möchte ich einen Fall 3 vorschlagen:

### Fall 3 (Vorschlag)

Zunächst sei das unter 8.4.6.1.4 hievor begründete volle Versuchsprogramm für die Endlagerung aller Aktivitätsklassen (schwach-, mittel- und hochradioaktive Abfälle) zu planen und konsequent durchzuführen. Dies wird in erster Phase ein umfassendes Auswerten bisher verfügbarer geologischer, hydrologischer, seismologischer usw. Befunde bedingen.

„Die Untertag-Lagerung von radioaktiven Abfällen wird in Österreich, so wie in Schweden, in kristallinen Formationen erfolgen. Aufgrund von Untersuchungen im Ausland sowie ersten in Österreich eingeholten Informationen ist zu erwarten, daß die kristallinen Formationen in Österreich die erforderlichen Voraussetzungen in geologischer, petrographischer, seismischer und hydrogeologischer Hinsicht erfüllen. Diese Erwartungen sind noch durch Gutachten zu belegen.“

(ö. Bericht 5.3.2)

Dazu Kurzbeschreibung und Skizzen (Abbildung 11, ö. Bericht) über Kavernen und verschiedene Lager-Ebenen.

Diese im österreichischen Bericht geäußerten Erwartungen und Hoffnungen auf Grund völlig unzureichender Voraussetzungen sind nicht geeignet, ein umfassendes Versuchsprogramm zu ersetzen. Unter anderem müßte ein umsichtiges Suchen nach Standorten, an denen Sondierungen sinnvoll erscheinen, ein intensives Befragen von Ortskundigen miteinschließen. Es hat sich an den fünf von der NAGRA auserwählten Standorten in der Schweiz gezeigt, daß es verfehlt ist, die Vorbereitungen im geheimen zu treffen, und eine auserkorene Standortgemeinde überfallsartig vor vollendete Tatsachen zu stellen. Hätten die NAGRA-Beauftragten Einheimische früh zu Rat gezogen, so hätten sie sich falsche Sachhoffnungen wie auch großen Ärger ersparen können. Beispielsweise hatte die NAGRA versprochen, auf keinen Fall Wasser zu tangieren, **nachdem** sie einzelne Standorte im Einzugsgebiet der Trinkwasserversorgung betroffener Gemeinden bereits gewählt hatte. Diesen Sachverhalt hätte sie schon auf der Gemeindekanzlei im voraus erfahren können. Jetzt scheint die NAGRA aus Prestigegründen an den Standorten erster Wahl festhalten zu wollen. Weitere Phasen würden Sondierbohrungen umfassen, und aus den Resultaten daraus könnte eine vorläufige Beurteilung von Einlagerungsmöglichkeiten und der geologischen Stabilität erfolgen. Probekavernen, Probeeinlagerungen (bzw. Abwarten von Langzeit-Ergebnissen der Probeinlagerung hochradioaktiver Abfälle anderswo) würden die Beurteilung erweitern und ergänzen.

Falls das abgewickelte Versuchsprogramm ein im ganzen positives Ergebnis zeitigt und Gewähr bietet für eine sichere Lagerung über Jahrtausende, dann wird die Situation um GKT, GKS und GKX unter Berücksichtigung der bis dahin neuen Erkenntnisse im Reaktorbetrieb und Brennstoffzyklus neu zu überprüfen sein. Bei

positivem Ausfall auch hier könnte sodann ein neues Genehmigungsverfahren abgewickelt werden.

Die Kosten für die Abwicklung des Versuchsprogramms und für die Endlagerung sind bei einem Projekt mit derart vielen Unbekannten heute schwer abschätzbar. Sollte der Aufwand für die erforderlichen Vorbereitungen und Garantien zu hoch erscheinen, so wäre als

#### **Fall 4 vorzuschlagen: Verzicht auf GKT, GKS und GKX.**

Für diesen Fall könnten die Kosten recht bald ermittelt werden: die bisher in die Kernspalt-Energie-Forschung und die Objekte GKT und GKS (und GKX) investierten Summen, wozu selbstverständlich gewisse Folgekosten aus dem Aufgeben der gigantischen Projekte (Arbeitsplatzverschiebungen, Umschulungen, soziale Lasten) mitzurechnen wären.

Neue Investitionen sind im Fall 4 (mit voraussichtlich besserem Ertrag) in Arbeiten zur besseren Energie-Nutzung, zum Abbau der Energie-Verschleuderung, zur Entwicklung alternativer Energiequellen, zur Förderung subtiler statt brutaler Technologie zu legen. Das jedoch gehört in die Themenkreise 1, 2 und 3, wohin ich hiemit verweise.

#### **Abgebrannte Brennelemente, hochaktive Abfälle**

... „Für den hypothetischen Fall, daß mit einer Wiederaufarbeitung nicht gerechnet werden kann, ist eine Lagerung abgebrannter Brennelemente über beliebig lange Zeiträume unter entsprechenden Bedingungen und Maßnahmen möglich. Die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Biosphäre wird dabei weit unter den zulässigen Werten liegen. Die Brennelemente sind so gelagert, daß jederzeit der Zugriff zur Nachkontrolle oder zur Umschließung bzw. zur Entnahme für den Abtransport möglich ist.“

(ö. Bericht)

Das sind Behauptungen ins Leere. Die von mir unterstrichenen Teile bedürfen der Begründung. Wohin soll ein Abtransport möglich sein, wenn vorderhand nirgends auf der Welt erprobte Endlagerplätze bereit stehen?

Weitere Einzelfragen im ö. Bericht erscheinen diskussionsbedürftig, seien aber aus Platzgründen jetzt weggelassen.

Abschließend zum Thema 8.4.4 sei die Frage aufgeworfen, ob der Stand der für Österreich vorgesehenen Entsorgung die bisher erteilten und noch zu erteilenden Bewilligungen/Genehmigungen für die Kernkraftwerke GKT, GKS und GKX rechtfertige, mit anderen Worten, ob die Bewilligungen mit dem **österreichischen Strahlenschutzgesetz** vereinbar sind.

#### **Art. 5, Abs. 4**

„Eine Bewilligung nach Absatz 1 oder eine Genehmigung, soweit diese gemäß Abs. 2 oder 3 auch als Bewilligung gilt, ist zu erteilen, wenn

- a) für den Schutz des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlen, auch im Hinblick auf den in Aussicht genommenen Standort, in ausreichendem Maße Vorsorge getroffen wird und
- b) ...“

Da das Abfallproblem sowohl international wie auch spezifisch für Österreich nicht bewältigt ist, halte ich die erteilten Bewilligungen/Genehmigungen für unvereinbar mit dem Gesetz. Solange der Nachweis für solche Vorsorge nicht erbracht ist, muß meines Erachtens der ausreichende Schutz als „nicht möglich“ bezeichnet werden, und dafür dürfte Absatz 6 zur Anwendung kommen müssen:

### **Art. 5, Abs. 6**

„Ist auch durch Bedingungen und Auflagen die Vorsorge eines ausreichenden Schutzes des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlen nicht möglich, so ist die Bewilligung nach Abs. 1 oder die Genehmigung, soweit diese gemäß Abs. 2 oder 3 auch als Bewilligung gilt, zu versagen.“

Entsprechendes müßte für den Betrieb von Anlagen gelten, der im Artikel 6 des Gesetzes geregelt wird. Als Nicht-Jurist kann ich mich darauf nicht einlassen, doch bezweifle ich, daß nachträglich mit Bedingungen und Auflagen der Sachverhalt korrigiert werden kann.

Weltweit beginnt man, das von kritischer Seite längst genannte Postulat zu akzeptieren: ein Kernkraftwerk nicht mehr als ein isolierendes Unterfangen zu betrachten und isoliert zu bewilligen, sondern als Teil eines sehr komplizierten Prozesses, des Brennstoffkreislaufs. Inzwischen hat sich der Prozeß weiter kompliziert, indem sich dem Brennstoffkreislauf der Proliferations-„Kreislauf“ überlagert. Damit ist aus der überstürzten Atomenergie-Produktion eine globale Krise entstanden.

## 8.5 Radioaktive Belastung von Mensch und Umwelt durch den Abbau von Kernbrennstoffen

Die Strahlungsdosen beim Abbau und bei der Produktion des Brennstoffs sind minimal, mit Ausnahme der Dosen durch Radon-222, das beim Uranabbau in die Atmosphäre frei wird. Im Zusammenhang mit dem Uranabbau werden auch die Grubenarbeiter hohen Radon-Dosen ausgesetzt. Es ist allgemein bekannt, daß unter diesen Arbeitern eine stark erhöhte Lungenkrebssterblichkeit besteht. In den USA hat man u. a. die Mortalität bei 3400 weißen und 780 farbigen Urangrubenarbeitern von 1950 an studiert. Bis 1971 sind 67 weiße Grubenarbeiter an Krebs gestorben (über die normale Krebshäufigkeit hinaus gerechnet), zufolge der Bestrahlung in der Grube [58]. Sie wurden hauptsächlich von Lungenkrebs befallen. Unter den ungefähr 6000 Uranbergleuten in den USA kann man wegen der Radonexposition 600—1100 Extra-Krebsfälle erwarten [59]. Neulich abgeschlossene Untersuchungen in den USA, die ungefähr 4000 Atomarbeiter umfaßten, zeigen übrigens, daß man die Wirkung der geringen Strahlendosen erheblich unterbewertet hat [60]. Ein gleiches geht aus einer tschechischen Untersuchung hervor, die vor kurzem veröffentlicht wurde [61]. Prof. POHL, USA, hat umfassende Vergleiche angestellt. Seiner Meinung nach wird das Radon-222, ein Edelgas, das beim Abbau von Uran in die Atmosphäre emittiert wird, ungefähr 4000 Todesfälle pro 10 Millionen Megawattstunden verursachen [62]. Mit anderen Worten: der Uranabbau während eines Jahres, der einen 1000-MW-Reaktor mit Brennstoff versorgen soll, verursacht ungefähr 400 Todesfälle.

Das Radon-222 wird beim Zerfall von Thorium-230 via Radium-226 gebildet. Das Thorium wiederum entsteht beim Zerfall von Uran-238. Das Radon-222 wird nicht nur beim Uranabbau selbst, sondern auch von den nach der Uranextraktion verbleibenden Abfallerzen (den tailings), die Thorium enthalten, in die Atmosphäre emittiert.

Thorium-230 und Radium-226 haben Halbwertszeiten von 80.000 bzw. 1630 Jahren. Das bedeutet, daß das Radon-222 noch Jahrtausende nach dem Uranabbau in die Atmosphäre emittiert wird. Schädliche Wirkungen werden also über Zeiträume von Jahrtausenden entstehen. Nach POHLS Meinung entsprechen allein die von Radon-222 verursachten Schäden denjenigen, die bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen [62].

## **8.6 Zukünftige Belastung von Mensch und Umwelt durch die Akkumulierung von Krypton-85, Jod-129 und Kohlenstoff-14**

### **8.6.1 Studien zur Frage der zukünftigen Strahlungsbelastung**

Mit dieser Frage bzw. mit ihren vielfältigen Teilaспектen haben sich in den letzten Jahren verschiedene Studien befaßt. Der im September 1975 veröffentlichte Bericht der Mitarbeiter des National Radiological Protection Boards (Großbritannien) KELLY, JONES, BRYANT und MORLEY [63] behandelt den Fragenkomplex sehr gründlich und ausgewogen. Er dient auch als wichtige Grundlage für die Aussagen der entsprechenden Abschnitte des „Flowers-Report“ [64].

Die im Bericht behandelten Radionuklide haben eine verhältnismäßig lange Halbwertszeit und breiten sich in der Umwelt verhältnismäßig leicht und schnell aus. Sie können daher eine langfristig wirkende Strahlenbelastung sowohl für die Bevölkerung in den Regionen, in denen sich Kernenergieanlagen befinden, wie für die gesamte Weltbevölkerung bewirken. Im Bericht wird auf jedes der genannten Radionuklide gesondert eingegangen. Die zu erwartende Strahlenbelastung durch die Radionuklide wird mit den von der ICRP (International Commission on Radiological Protection) empfohlenen Grenzwerten, mit der natürlichen Strahlenbelastung und mit Belastungen aus anderen Quellen verglichen. Bei den Abschätzungen wurde von der Annahme ausgegangen, daß die gegenwärtig benutzten Methoden der Behandlung radioaktiver Abfälle auch weiterhin Anwendung finden werden, doch werden im Bericht auch mögliche Verbesserungen bei der Behandlung der Abfälle, d. h. Verringerungen der Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umwelt, erörtert.

### **8.6.2 Genetisch signifikante Strahlenbelastung**

Die Ergebnisse über die genetisch signifikante Strahlenbelastung (Gonadendosis) sind in Tabelle 10 der Studie zusammengefaßt, die hier als Tabelle 8.7 gekürzt wiedergegeben wird.

Die genetische Strahlenbelastung der Bevölkerung wird also auch im Jahr 2000, für das eine Kapazität der Kernkraftwerke (KKW) von  $3 \cdot 10^3$  GW(e) angenommen wird, nur Bruchteile eines Prozentes der natürlichen Strahlenbelastung betragen (Dosis aus dem ersten Aktivitätsdurchgang: etwa 0,1%; Dosis aus der global verteilten Aktivität: etwa 0,04%).

**Tabelle 8.7****Gonadendosis aus Radionuklidabgaben**

Dosis aus Abgaben bei der Kernenergienutzung auf der ganzen Welt (Kr-85, H-3, C-14, J-129)	Durchschnittliche Gonadendosis mrad/Jahr
A) Durchschnittliche Belastung der regionalen Bevölkerung in den EG-Ländern durch den ersten Aktivitätsdurchgang .....	(1985) 0,019 (2000) 0,077
B) Durchschnittliche Belastung der Bevölkerung in den EG-Ländern durch weltweit verteilte Aktivität .....	(1985) 0,005 (2000) 0,036
Natürliche Strahlenbelastung .....	87
Medizinische Anwendung .....	14
Berufliche Strahlenbelastung .....	0,6
Verschiedene Quellen .....	0,7

**8.6.3 Somatische Schädigungen**

Während für die genetisch signifikanten Dosen die durchschnittliche Strahlenbelastung einer großen Bevölkerungsgruppe zu betrachten ist, sind hinsichtlich somatischer Schädigungen die individuellen Dosen entscheidend. Diese werden in der Nähe einer Wiederaufarbeitungsanlage (WAA) am größten sein. Aus dem im Bericht von KELLY et al. [63] angeführten Datenmaterial werden in der nachstehenden Tabelle 8.8 somatische Dosen in Entferungen von 1 km und 10 km von einer typischen Wiederaufarbeitungsanlage genannt. Da solche Anlagen in abgelegenen, ziemlich wenig bewohnten Gebieten errichtet werden, werden die hier angeführten Dosen nur auf kleine Gruppen von Individuen einwirken.

**Tabelle 8.8**  
**Somatische Dosen in der Umgebung von typischen Wiederaufarbeitungsanlagen**

Radionuklid	kritisches Organ	Dosis (mrad/Jahr)			
		1 km (1985)	1 km (2000)	10 km (1985)	10 km (2000)
Kr-85	Haut	30	120	6	18
H-3	Ganzkörper	0,75	3	0,25	1,2
J-129	Schilddrüse	2	7,5	0,4	1,3
C-14	Fett	0,04	0,9	0,03	0,7

Für eine typische WAA wurde ein Brennelementdurchsatz angenommen, der einer KKW-Kapazität von etwa 240 GW(e) im Jahr 2000 entspricht. Es dürfte dann im EG-Raum drei derartige WAA geben. Die Errichtung einer WAA in Österreich ist nicht vorgesehen.

## **8.6.4 Spezielle Überlegungen für Radiokohlenstoff und Tritium**

In dem genannten Bericht wird darauf hingewiesen, daß H-3 und C-14 in der Umwelt auch bei Ausbleiben der Kernenergienutzung in KKW in merklichen Aktivitäten vorliegen, und zwar einerseits aus ihrer natürlichen Entstehung durch die Einwirkung der kosmischen Strahlung auf die Atmosphäre und anderseits aus Kernwaffenversuchen. Die aus der Kernenergiegewinnung stammende Tritiumaktivität in der Umwelt dürfte um 1990 die natürliche Aktivität erreichen. Für die C-14-Aktivität aus der Kernenergiegewinnung ergeben die Berechnungen, daß sie im Jahr 2000 erst einige Prozent der natürlichen C-14-Aktivität betragen wird.

Eine zunehmende Freisetzung inaktiven Kohlenstoffs in die Atmosphäre durch Verbrennen fossiler Brennstoffe wird überdies eine Verringerung der spezifischen Aktivität des C-14 in der Atmosphäre und Biosphäre bewirken, wodurch die Strahlenbelastung der Bevölkerung im Jahr 2000 sogar geringer als die gegenwärtige Belastung sein könnte.

Die Unsicherheiten bei den Dosisabschätzungen sind nach Meinung der Autoren für C-14 am größten, weil sowohl hinsichtlich Bildung wie Freisetzung von C-14 für manche Reaktortypen vorläufig ungenügende Daten vorliegen. Daher wird die Ausweitung von C-14-Messungen bei KKW und WAA empfohlen.

Hinsichtlich der Strahlenbelastung der Bevölkerung, die sich aus Abgaben in Gewässer (Flüsse, Meere, Ozeane) ergibt, betonen die Verfasser, daß die Natur des Gewässers und die weitere Verwendung des Wassers eine sehr wesentliche Rolle spielen können. Die Abgabe von H-3 und J-129 in Meere und Ozeane wird jedenfalls nur zu einer sehr geringen Strahlenbelastung der Bevölkerung führen. Die Auswirkungen von H-3-Abgaben wurden insbesondere für den Rhein abgeschätzt. Bei Verwendung als Trinkwasser in den Niederlanden würde das Rheinwasser im Jahre 2000 eine Gonadendosis von etwa 0,14 mrad/Jahr verursachen. Hierbei wurden nur Abgaben aus KKW und nicht aus WAA berücksichtigt. Eine Abgabe aus einer WAA würde die H-3-Konzentration im Rheinwasser um mehr als eine Größenordnung steigern, doch wird von den Verfassern die Meinung vertreten, daß WAA in einer Weise angelegt werden können, die nicht zu einer radiologischen Belastung von Flüssen führt.

## **8.6.5 Bedeutung von Verfahren zur Verringerung der Radionuklidabgabe**

In mehreren Ländern wird an der Entwicklung von Verfahren gearbeitet, durch die eine Verringerung der Radionuklidabgaben erreicht werden kann. Der praktische Einsatz solcher Verfahren kann dazu führen, daß die tatsächlichen Strahlenbelastungen geringer sein werden als die in der Studie von KELLY et al. angeführten. Allerdings sind nennenswerte Reduktionen der Strahlenbelastung nur durch Verringerung der Abgaben der drei Radionuklide Kr-85, H-3 und C-14 und durch weltweite Anwendung der verbesserten Verfahren erzielbar. Da für H-3 und C-14 die Abgabe in etwa gleich großem Ausmaß aus KKW und WAA erfolgt, müßten neue, verbesserte Verfahren bei beiden Arten von Anlagen eingesetzt werden, um eine bedeutende Verringerung der Strahlenbelastungen der Bevölkerung zu erreichen.

Die Verfasser folgern aus den von ihnen berechneten sehr niedrigen Strahlenbelastungen, daß es kaum sinnvoll wäre, teure Verfahren zur Reduzierung der Abgabe der Radionuklide vor dem Jahr 2000 einzusetzen. Aufgrund eines Vergleiches der zu erwartenden Strahlenbelastungen beruflich strahlenexponierter Personen

und der Belastungen der Bevölkerung durch Radionuklidabgaben aus KKW und WAA weisen sie darauf hin, daß eine Verringerung der genetischen Strahlenbelastung der Bevölkerung wahrscheinlich besser durch Verringerung der Belastungen der beruflich exponierten Personen als durch Verringerung der Radionuklidabgaben zu erreichen sein wird.

### **8.6.6 Globales „dose commitment“ durch die Akkumulierung von Krypton-85, Jod-129 und Kohlenstoff-14 in der Biosphäre**

Bei langlebigen radioaktiven Stoffen wird die integrale Bevölkerungsdosis hoch, obwohl die jährliche Strahlendosis einer gegebenen Emission klein ist. Aus diesem Grunde genügt es nach der Meinung von B. GILLBERG keineswegs, die jährliche Strahlendosis, der die Bevölkerung infolge einer Emission ausgesetzt wird, zu begrenzen (siehe 8.1.4.1). B. GILLBERG widmet diesem Problem folgenden Beitrag: „Es muß die Gesamtstrahlendosis, der die Bevölkerung vom Augenblick der Emission an bis zum Zeitpunkt des Abklingens ausgesetzt wird, d. h. das dose commitment begrenzt werden. Es ist eine schwierige Frage, sowohl politischer wie ethischer Art, einen Schaden in 1000 Jahren — oder in einer Million Jahren — im Verhältnis zu einem solchen innerhalb der nächsten Jahrzehnte zu bewerten.“

Als Maß für die Lebensdauer von radioaktiven Stoffen verwendet man den Begriff „Halbwertszeit“, d. h. den Zeitraum, der verstreichen muß, bis die Hälfte der ursprünglichen Anzahl Atomkerne unter Abgabe energiereicher Strahlung zerfallen ist. Die Halbwertszeit des Krypton-85, des Kohlenstoff-14 und des Jod-129 betragen 0,7 Jahre, 5730 Jahre bzw. 15,9 Millionen Jahre. Das bedeutet, daß freigesetztes Krypton Strahlendosen für die Menschheit hauptsächlich während der auf die Emission folgenden Generation verursachen wird. Für eine Kohlenstoff-14-Emission dauert es dagegen Jahrtausende und für eine Jod-129-Emission Jahrmillionen, bis die gesamte Dosis auf die Menschheit gewirkt hat.

Als ein Beispiel dafür sei hier die relative Bedeutung von Tritium, Kohlenstoff-14 und Krypton-85 als dose commitment angegeben [65].

Stoff	Typische Produktion in Curie/Gigawatt und Jahr	Globales dose commitment im Verhältnis zum Kr-85
Tritium <sup>1)</sup>	$2 \cdot 10^4$	1,2
Kohlenstoff-14	$3 \cdot 10^1$	$20^2)$ $400^3)$
Krypton-85	$3 \cdot 10^5$	1

<sup>1)</sup> Emission zu 90% ins Wasser, zu 10% in die Luft.

<sup>2)</sup> Globales dose commitment für 30 Jahre.

<sup>3)</sup> Globales dose commitment, bis die gesamte Emission abgeklungen ist.

Die Halbwertszeit von Tritium beträgt 12,33 Jahre.

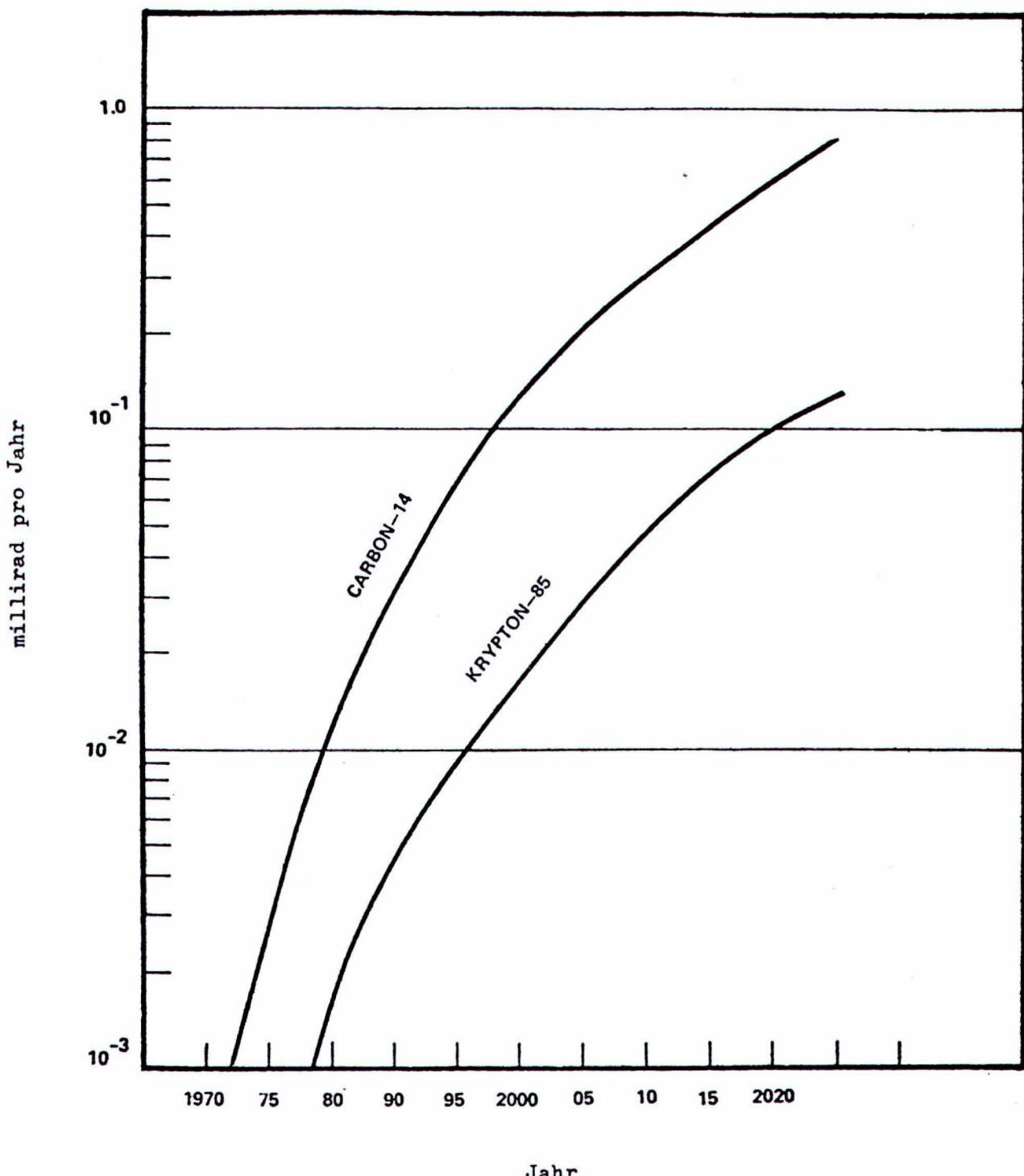
Wie aus dem Obigen hervorgeht, wird das dose commitment für Kohlenstoff-14 pro Megawatt und Jahr 20 mal höher sein als das für Krypton-85 bzw. Tritium,

wenn man nur die kommenden 30 Jahre in Betracht zieht. Das Gesamt-dose-commitment des Kohlenstoff-14 wird dagegen 400 mal höher werden als das des Tritiums und des Krypton-85.

Die jährlichen Strahlendosen, denen die Menschheit auf Grund von Emissionen langlebiger radioaktiver Stoffe ausgesetzt sein wird, werden sich somit von Jahr zu Jahr erhöhen, solange Emissionen vorkommen. Die Strahlendosen werden, auch

**Abbildung 8.4**

**Vergleich zwischen der berechneten individuellen Ganzkörperdosis (pro Jahr), verursacht von Kohlenstoff-14 und der von Krypton-85-Emissionen der Atomindustrie der Welt [66]**



nachdem die Emissionen aufgehört haben, fast unverändert bleiben, wenn die Tätigkeit, die die Emissionen verursacht hat, im Verhältnis zur Lebensdauer und Zugänglichkeit der radioaktiven Stoffe kurz ist.

Ein Beispiel dafür, wie die Akkumulation der langlebigen Stoffe zu erhöhten Strahlendosen führt, wird in der Fig. 8.4 gegeben. Dort sieht man die zu erwartenden individuellen Ganzkörperdosen für Kohlenstoff-14 und Krypton-85 zufolge der Emissionen der Atomindustrie der Welt in den Jahren 1970—2020. Wie aus der Figur hervorgeht, werden die jährlichen Strahlendosen aufgrund der akkumulierenden Emissionen in einem halben Jahrhundert erheblich erhöht werden [66].

Mit Rücksicht auf das, was ich oben ausgeführt habe, liegt es auf der Hand, daß man auf lange Sicht auch die Emissionen langlebiger Stoffe wirksam begrenzen muß, auch wenn die jährliche Strahlendosis einer Jahresemission gering ist.

Zur Kritik am Begriff des „dose commitment“ in der heute angewendeten Form siehe Kapitel 8.2.2.

Über die Freisetzung von inaktivem Kohlenstoff, welcher die spezifische Aktivität des Kohlenstoffs in der Atmosphäre beeinflußt, siehe Kapitel 8.6.5.

## 8.7 Literaturverzeichnis

- [1] Abgabe radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken in der EG, 1970—1974. Atomwirtschaft **21**, 593 (1976).
- [2] P. WOBRAUSCHEK: Umgebungsbelastung durch Kernkraftwerke. E und M **91**: 324 (1974).
- [3] J. F. HOGERTON: Atomic Power Safety U. S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, Library of Congress Catalog Number 64-62700, 1964.
- [4] Strahlenkarte Österreichs. Herausgegeben vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien 1975.
- [5] Radioaktivitätsmessungen in Österreich, 11.—15. Jahresberichte 1961—1974, Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien 1975.
- [6] Konzept für eine industrielle Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungsanlage. Erstellt im Auftrage von Bayer AG, Geisenberg AG, Hoechst AG, Nukem GmbH., Juli 1975.
- [7] B. O. GILLBERG: Emission und Auswirkung von Radioaktivität bei Wiederaufarbeitungsanlagen im Normalbetrieb. Internationaler Kongreß über Risiko der Wiederaufbereitung und Lagerung von Atommüll, Hannover, September 17—19, 2—4, 1976.
- [8] Radiation Protection, Recommendations in the Nordic Countries, 295—317, 1976.
- [9] A. R. TAMPLIN and B. O. GILLBERG: A Critical Critique Revisited of "Basic Principles for the limitation of releases of Radioactive Substances from nuclear power stations". 1—16, 1975.
- [10] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Adopted September 17, 1965), ICRP Publication 9, 1966.
- [11] T. D. MURPHY: A Compilation of Occupational Exposure from light Water Cooled Nuclear Power Plants, 1969—1973, Wash 1311, US AEC, May 1974.
- [12] D. BENINSON, B. BENNET and C. WEBB: IAEA — CN — 36/9 (1977). United Nations Report of the UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly.
- [13] Ionizing radiation: Levels & effects. UN publ. sales No. E/72/IX/17 and 18. New York (1972).
- [14] The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation. Report of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, Nat. Acad. Sci., Nat. Research Council, Nov. 1972.
- [15] M. FISCHER, C. H. LEICHSENRING, G. W. HERRMANN, W. SCHÜLLER, W. HAGENBERG und W. STOLL: IAEA — CN — 38/80.
- [16] W. SCHÜLLER, K. L. HUPPERT, R. KROEBEL, G. BAUMGÄRTEL und F. BAUMGÄRTNER: IAEA — CN — 36/571.
- [17] C. BUCK, J. COUTURE, W. ISSEL und J. MANIELLE: TANS **20**, 634 (1975).
- [18] C. JOUANNAUD, J. LECLERC, D. MÉCHALI, F. NIEZBOTALA und P. REGNAUT: IAEA — CN — 37/248.
- [19] H. D. BRENK, H. BONKA, G. SCHWARZ und K. J. VOGT: Reaktortagung, Düsseldorf 1976, p. 743.
- [20] F. NIEHAUS: IIASA — RM — 76-35, 1976, p. 43.
- [21] H. L. GJØRUP: IAEA — CN — 36/205.
- [22] WASH-1224. Comparative risk-cost-benefit study of alternative sources of electrical energy, U. S. AEC, Dec. 1974.

- [23] N. HAUSKNECHT: UCLA-ENG-7242, Mai 1972.
- [24] Power Plant cumulative environmental impact report PPSP-CEIR-1. Sept. 1975.
- [25] W. HÄFELE: Chem. Ing. Techn. 47, 41 (1975).
- [26] H. H. BRUNNER: NZZ, 14. 4. 1974.
- [27] T. J. E. SAMUEL: NOK, Baden, IAEA-SM-137/61, 180 (1970).
- [28] A. MASSON: BLABLA 120, 15. 4. 1977 (CH-2900 Porrentruy).
- [29] Schweiz. Vereinigung für Atomenergie, Schweiz. Ärztezeitung, 14. 3. 1973.
- [30] NZZ, 1. Juli 1976. Kommentar zum Erlaß der neuen Schweizer Strahlenschutzverordnung.
- [31] Vortrag: Prof. Dr. Hedi FRITZ-NIGGELI, 12. 2. 1974.
- [32] K. KÜFFER: A/Conf. 49/P/673, Juli 1971.
- [33] Brief der Bernischen Kraftwerke AG vom 22. Sept. 1975 an das Forum f. verantwortbare Anw. d. Wissenschaft.
- [34] Protokollauszug aus der Plenarsitzung vom 27. 4. 1972 der Eig. Strahlenschutzkommission, Präsident Dr. G. WAGNER.
- [35] G. WAGNER in einem Brief an K. KREUZER, 22. 7. 1972.
- [36] H. BASCHEK et al.: NOK/KKW, Beznau, Nuclex 72, Fachtg. 1/1.
- [37] B. J. VERNA: Nuclear News, March 1976, p. 57.
- [38] Science 185, 20. 9. 1974.
- [39] Teledyne Isotopes, in Nuclear News, Jan. 1975, p. 62.
- [40] Nuclear News, April 1976, 143.
- [41] OECD/NEA: Radioactive Waste Management Practices in Western Europe, ENEA, Paris 1971.
- [42] J. MEHL: Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, Bonn, SVA-Tagung Zürich-Oerlikon 1974.
- [43] J. T. EDSALL: Envir. Conservation 1, Nr. 1, 1974.
- [44] P. KREJSA: Abschätzung des unfallbedingten Risikos für den Transport radioaktiver Abfälle zur zentralen Verarbeitungs- und Lagerstelle im Forschungszentrum Seibersdorf (Entwurf). Österr. Studiengesellschaft für Atomenergie Ges. m. b. H.
- [45] W. P. BISHOP and F. J. MIRAGLIA: NUREG-0116 (Suppl. 1 to WASH-1248). Environmental survey of the reprocessing and waste management portions of the LWR fuel cycle. U. S. NRC, Oct. 1976.
- [46] H. O. HAUG, KFK-2022 (1975).
- [47] H. C. CLAIBORNE and F. GERA: Potential containment failure mechanisms and their consequence at a radioactive waste repository in bedded salt in New Mexico. Oak Ridge Nat. Lab., Oct. 1974, p. 84.
- [48] K. J. SCHNEIDER and A. M. PLATT (eds.): High level radioactive waste management alternatives. Batelle Pacific Northwest Laboratories, May 1974, BNWL 1900.
- [49] Radioactive Waste Repository Project: Technical Status Report for Period ending Sept. 1971. ORNL 4751, Dec. 1971.
- [50] Radioactive Waste Repository Project ORNL 4824, 1972.
- [51] Die Entsorgung der österr. Kernkraftwerke. Bericht des Arbeitskreises Kernbrennstoff und radioaktiver Abfall, Wien, im Okt. 1976.
- [52] K. KREUZER: Hokus pokus verschwindibus. Forum für verantwortbare Anwendung der Wissenschaft, Basel, November 1976.
- [53] NAGRA/Nationale Genossenschaft für die Lagerung von radioaktiven Abfällen, CH, Techn. Bericht, 30. 4. 1976.
- [54] WASH-1297, Mai 1974.
- [55] Radioaktive Abfälle aus der Kernenergiegewinnung, Bericht des Eidg. Amtes für Energiewirtschaft, Bern, 4. 12. 1975.

[56] K. KÜHN: Atomwirtschaft, Juli 1976.

- [57] W. J. SCHMIDT-KÖSTER: Zur Sache 2/75, Das Risiko Kernenergie, öffentl. Anhörung des Innenausschusses des Deutschen Bundestages, 2. und 3. Dez. 1974, S. 80; Presse und Informationszentrum des Deutschen Bundestages.
- [58] D. FORD et al.: The Nuclear Fuel Cycle. 117, Union of Concerned Scientists, 1974.
- [59] C. C. JOHNSON, of the U.S.P.H.S.: Speach at a conference of the National Tuberculosis and Respiratory Disease Association, 1969.
- [60] A. STEWART et al.: Radiation Exposures of Hanford Workers Dying from Various Causes. Presented at The Tenth Midyear Symposium of the Health Physics Society, Saratoga Springs, New York, October 11—13, 1976.
- [61] J. SEVC et al.: Lung Cancer in Uranium Miners and Long-Term Exposure to Radon Daughter Products. Health Physics, Vol. 30, 433—437, 1976.
- [62] W. BARNABY: Scandinavian Diary. Nature, Vol. 256, 692, 1965.
- [63] G. N. KELLY, J. A. JONES, P. M. BRYANT and F. MORLEY: The predicted radiation exposure of the population of the European Community resulting from discharges of Krypton-85, Tritium, Carbon-14 and Iodine-129 from the nuclear power industry to the year 2000; Commission of the European Communities, Doc. V/2676/75, Sept. 1975.
- [64] Royal Commission on Environmental Pollution (Chairman: Sir Brian Flowers); Sixth Report: Nuclear Power and the Environment, London 1976 (HMSO Cmnd. 6618) (siehe Kap. VIII).
- [65] A. MARTIN and H. SIMON: Population Exposure and the Interpretation of its significance. IAEA-SM-184/9, 16—26.
- [66] P. J. MAGNO: A Concideration of the Significance of Carbon-14 Discharges from the Nuclear Power Industry, 13th AEC Air Cleaning Conference, 1047—1055.

## 8.A Anhang

### 8.A.1 Fragenkatalog der Informationskampagne Kernenergie

- 8.1 Wie hoch sind derzeit die gasförmigen und flüssigen Emissionen eines Kernkraftwerkes im Normalbetrieb? Wie hoch sind die in Österreich festgelegten Grenzen im Vergleich zu Normen in der BRD und in den USA? Sind für entsprechende Flüsse radiologische Lastpläne vorgesehen?
- 8.2 Mit welcher Strahlenbelastung ist in der Nähe eines Kernkraftwerkes zu rechnen? Wie hoch sind die in Österreich gültigen Grenzen im Vergleich zu Normen in der BRD und in den USA?
- 8.3 Wie groß ist die Gesamtbelastung durch den Brennstoffzyklus? Was ergibt ein Schadensvergleich mit fossilen Brennstoffzyklen?
- 8.4 Welcher Belastung ist das Personal beim Transport radioaktiven Materials ausgesetzt? Sind die vorhandenen Behälter für den Strahlenschutz adäquat? Welche Kontrollen des Transportweges und -personals sind vorgesehen?
- 8.5 Wie sicher ist die Lagerung des radioaktiven Abfalls? Können Wahrscheinlichkeiten für die Freiwerdung von Schadstoffen angegeben werden? Welche Nuklide können vor allem freigesetzt werden?
- 8.6 Welche Methoden der Abfallbetreuung (-aufbereitung, -lagerung) kommen für Österreich in Frage?  
Welche Erfahrungen gibt es damit bereits?  
Welche Probleme, welche Kosten sind damit (auch langfristig) verbunden?
- 8.7 Mit welcher Strahlenbelastung ist in der Nähe von Lagerstätten und beim Abbau von Kernbrennstoffen zu rechnen?
- 8.8 Welche zukünftige radiologische Belastung der Bevölkerung ist durch die Akkumulierung von Krypton-85, Jod-129 und Kohlenstoff-14 in der Biosphäre zu erwarten?

### 8.A.2 Fragen aus der Bevölkerung\*)

#### Zu Punkt 8.1:

- 2.6 Warum lässt sich das AKW Zwentendorf dazu ermächtigen, pro Stunde 10 Curie radioaktive Gase ausblasen zu dürfen?  
(Franz Maier)

---

\*) Bei der Numerierung der Fragen bezeichnet die erste Zahl die Veranstaltung, die zweite die Ifde. Nummer innerhalb dieser.

### 3.3 Welche Gase und wieviel Curie gehen stündlich durch den Kamin? (Mayr)

3.5 Wer garantiert uns, daß die verlautbarten Emissionswerte stimmen? — Ein Beispiel dazu:

KKW SHIPPINGPORT (USA); 1971 offiziell Nullemission ausgegeben. Nachfolgende Messungen zum Bau eines 2. KKW.

Resultat: Wesentlich erhöhte Umgebungsradioaktivität für 1971.

Erklärung: Unter Umgehung der Registriereinrichtungen wurden bedeutende Mengen RA abgegeben. Wir sind sehr mißtrauisch gegenüber allen offiziellen Beteuerungen! (Herbert Maier-Schulz)

4.6 Wieviel Radioaktivität und welche radioaktiven Stoffe entweichen im ersten Jahr der Inbetriebnahme eines AKW bzw. im 20. Jahr nach Inbetriebnahme des AKW. (Marianne Fleisch)

4.14 Ist den Atomkraftwerks-Betreibern bekannt, daß Atomkraftwerke im ganzen 234 radioaktive Schadstoffe abgeben? (Martin Bilgeri)

4.18 Ist es nötig, wenn Atomkraftwerke in dicht besiedelte Gebiete gebaut werden, die im Normalbetrieb ständig gesundheitsgefährdende Strahlen an die Bevölkerung abgeben, obwohl der Kernreaktor mit einigen Schutzmänteln umgeben ist?

Kann man den Menschen zumuten, daß sie zu dem ungelösten Problem des Atommülls zustimmen müssen, der zwanzig bis dreißigtausend Jahre braucht, bis er von seiner Gefährlichkeit verliert? (Josef Marte)

4.23 Wie groß ist die radioaktive und klimatische Belastung der Umwelt durch ein AKW der geplanten Art in unserem dichtbesiedelten Land? (R. Lobgesang)

4.28 Warum erwähnen Sie nie, daß jedes AKW schon beim Normalbetrieb Radioaktivität abgibt, die Ökologie der Flüsse verändert und das ganze Debakel bereits beim Uranabbau beginnt und beim Atommüll seinen verheerenden Fortgang nimmt? (Karoline Lipinski)

4.29 Wie lange kann ein Atomkraftwerk betrieben, und wie lange muß der Atommüll gewartet werden? (Traudy Rinderer)

4.34 Wann werden die frei werdenden Stoffe (radioaktive) detailliert bekanntgegeben und auch mengenmäßig veröffentlicht?

Wieviel radioaktiver Wasserstoff gelangt in Zwentendorf in die Luft?

Wieviel Jod 131 gelangt jährlich in die Atmosphäre?

Solche radioaktive Substanzen gibt es ca. 200. Wann wird dies detailliert bekanntgegeben, und wieviel jeder radioaktiven Substanz gelangt in die Umwelt?

(Maria Thöringer)

4.44 Wie wirkt sich die Radioaktivität, die über Luft und Wasser in die Nahrungskette gelangt, auf den menschlichen Organismus aus?

a) Belastung bei Normalbetrieb.

b) Bei einem Unfall eines AKWs.

(Marlies Küer)

**4.48 Wie werden sich die Abgase eines Atomkraftwerkes im Rheintal, wo bekanntlich ein ziemlich rauhes Klima mit viel Niederschlägen und Nebel herrscht, auswirken?**

Kann man es als Katastrophe bezeichnen, wenn durch eine Panne im Kühl-system eines Atomkraftwerkes atomarisch verseuchtes Wasser in den Rhein und anschließend in das Grundwasser gelangt? (Armin Scheier)

**4.49 Beryllium, bekannt als das giftigste aller nichtradioaktiven Metalle, wird auch beim Betrieb von Atomreaktoren verwendet. Welche Rolle spielt dieses cancerogene Metall dabei und in welcher Menge bzw. Konzentration findet es Anwendung?**

Im Snowy-Mountain-Gebiet — hauptsächlich entlang des Tumut-Rivers (Australien) — wurden schon vor 20 Jahren fast ausschließlich unterirdische Wasserkraftwerke gebaut. Wieso baut man nicht schon längst Atomanlagen auf diese Weise? (Gerhard Koller)

**4.51 Radioaktivität verursacht Blutkrebs (Leukämie), Tot- und Mißgeburen.**

Die Atomenergiebefürworter sagen, daß man ein Atomkraftwerk nicht mit einer Atombombe vergleichen kann.

Welcher Unterschied besteht zwischen der Radioaktivität, die bei einer Atombombenexplosion frei wird und der Radioaktivität, die aus Atomkraftwerken kommt (im Normalbetrieb und bei einem Störfall)? (Grete Rünzler)

**4.57 Wie wirkt sich ein Atomkraftwerk auf die biologische Gesundheit aus, Erbschäden und sonstige Schäden. Was für Schäden sind zu erwarten? Ist ein Atomwerk in so engem Raum überhaupt zu verantworten, wo so vieles auf dem Spiele steht. Wo wird der Atommüll gelagert?** (Frieda Mathis)

**6.1 Ist das Kühlwasser radioaktiv? Wie stark?** (Otmar Auer)

**6.4 Wieviel radioaktives Jod-131 wird Zwentendorf täglich abgegeben?** (Karin Pahlke)

**6.6 Wie groß sind die Mengen in einem 1000-MW-Kraftwerk fester radioaktiver Stoffe gewichtsmäßig, von denen immer wieder gesprochen wird, daß sie sich kumulieren können? Stimmt es, daß nur etwa  $\frac{1}{10}$  Gramm radioaktiver Substanzen pro Jahr freigesetzt werden?** (Franz Hiden)

**6.8 Wie groß ist die Radioaktivität, die im sogenannten „Normalfall“ an die Umgebung eines KKW abgegeben wird?** (Schenner)

**6.10 Aufgetretene Fehler? Sicherheitsmängel? Bisher abgestellter Kernkraftwerke (dezidiert genau).** (Löscher)

**6.17 Warum haben Atomkraftwerke einen hohen Schornstein? Was kommt alles aus diesem Schornstein an Abgasen heraus?** (Werner Fuchs)

**8.1 Welche Schäden können durch ein KKW der umliegenden Landwirtschaft entstehen — besonders bei einem GAU? — Standort.**

Kann der Geigerzähler uns genau über die Radioaktivität informieren. Was kostet ein Geigerzähler und wo kann ich diesen kaufen?

(Franz Feldinger)

- 8.2 Bei wieviel Millirem wird eine Zelle zerstört, bei wieviel Millirem wird sie carcinogen oder mutagen? Warum bekommt man durch das Anschauen von Leuchtziffern keinen Krebs, beim Abschlecken der Leuchtfarbe aber schon?** (Irmgard Wunderer)

- 9.2 Bei dem Thema „Abwärme“ sind gerade nicht die wichtigsten Probleme. Meines Erachtens sind die Gefahren viel größerer Natur durch die Abgabe von Radioaktivität und anderer Sachen. Welche Probleme es noch gibt, darüber möchte ich einiges sagen und diese als Frage stellen.** (Richard Hölbling)

- 9.3 KKW geben nur wenig Radioaktivität an die Umwelt ab. (Wenn sie störungsfrei laufen!) Aber es gibt die Anreicherung von radioaktiven Stoffen (Jod, Strontium) über die Nahrungskette.  
Frage: Wie gefährlich ist die Anreicherung?  
Wird radioaktives Tritium an die Umwelt abgegeben? (In großen Mengen.)** (Hans Haider)

- 9.5 Kühlwasser: Welche Spaltprodukte?  
Wie geraten sie hinein?  
Wie wirken sie?** (Lorbeer)

- 9.6 Ist das abgeleitete Kühlwasser radioaktiv?** (Gert Hecher)

- 9.8 Der wievielte Teil der Verschmutzung eines Atomkraftwerkes, zu dem der Flugzeuge und Autos, die uns täglich hunderttausende Tonnen Kerosin oder Benzin verbrennen, die wir in Form von Auspuffgasen mit unserer Luft einatmen können?** (Hermann Ogris)

## Zu Punkt 8.2:

- 2.9 Sie gaben zu bedenken, daß die konventionellen Energieträger auch an der Störung des ökologischen Gleichgewichts beteiligt sind. Meine Fragen:**
- 1. Warum unternimmt man dagegen kaum etwas (eine Verminderung des SO<sub>2</sub>-Gehaltes bei Kohlekraftwerken usw. möglich!)?**
  - 2. Wissen Sie, daß es bei Kernkraftwerken gefährliche Stoffe gibt, die auch mit den aufwendigsten Mitteln nicht im Kernkraftwerk zurückgehalten werden können. Z. B. Tritium.** (Christian Vols)

- 4.68 Diesen Beitrag fand ich in „Natur und Mensch“ vom August/Oktober 1976 (Schweiz), und denke, daß er für Ihre lobenswerten Bemühungen interessant ist. Das wäre dann auch meine Frage: Woher das Uran? (Abhängigkeit.) Wohin mit dem Müll?**

Ganz abgesehen von allen anderen und noch offenen Fragen, die stets so schön umgangen werden. (Krieg-Bradbeck)

- 6.5 Kann man die Umweltbelastung eines ölbetriebenen Kraftwerkes mit der Umweltbelastung eines kernkraftbetriebenen vergleichen?** (Krisper)

- 6.9 Sowohl beim LWR als auch bei Brütern gibt es einen „Brennstoffkreislauf“. Selbst wenn die Sicherheit im Reaktor durch „Kugel“ gewährleistet wäre, erstreckt sie sich auch über den ganzen Kreislauf:  
Reaktor—Wiederaufbereitung—Reaktor zuzüglich Abfall—Müll.  
(Dr. Walter Kohoutek)
- 8.3 Können Sie konkrete Zahlen über den Vergleich der Gesundheitsauswirkungen von Kohle, Öl, Gas und Kernkraftwerke geben?  
Z. B. wieviel Tote oder Erkrankungen sind durch jeweils 100 MW<sub>e</sub> zu erwarten?  
(H. Böck)
- 8.5 Dr. Gillberg sagte, daß durch Strahlenbelastung aus einem Kernkraftwerk 0,5 Krebsfälle und 0,5 Erbschädenfälle ausgelöst werden. Wieviel solcher Fälle schätzt man aus chemischen Industrieabgaben oder Abgase und andere Abgaben aus kalorischen Kraftwerken?  
(Zach)
- 9.9 Stimmt es, daß zur Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus Atomkraftwerken die Kenntnisse und Techniken genügen, über die ein mittelmäßiger Chemiestudent der unteren Semester verfügt? (Siehe: Business Wave of the Future.)  
(Joseph Baier)

### **Zu Punkt 8.3:**

- 4.19 Wie stellen sich die Erbauer von AKW die gefahrlose Beförderung und Lagerung von strahlenden Reaktorrückständen (sprich Atommüll) vor?  
(Helmuth Reiter)
- 6.13 Wie sicher kann Atommüll transportiert und gelagert werden? Wie lange muß so gelagert werden?  
(Gabi Sexl)
- 7.1 Wer garantiert, daß bei Abtransport des Atommülls nicht ein Unfall stattfindet, wie jetzt häufig bei Öltankwagen?  
(Maria Greifeneder)

### **Zu Punkt 8.4**

- 2.1 Wo kommt der Atommüll hin? Wie lange braucht der Atommüll, bis er unschädlich ist. Warum fängt man so etwas an, was für künftige Generationen schädlich ist (Erbschäden): AKW brauchen mehr Energie als WKW, Sonnen-KW und Wind-KW und Geotherm-KW oder andere KW. Warum läßt man die Menschen so im unklaren über die Gefährlichkeit der AKWs? In USA treten die Wissenschaftler zurück von AKW-Projekten, weil sie die Gefahr erkannt haben? Warum ist man bei uns erst später dran, diese Gefahr zu erkennen? Leider gibt es auch eine Strahlung in der Umgebung von AKW. Was kann hier dagegen getan werden? Wer soll die Kosten zahlen für den Bau des AKW und für die Gesundheitsfürsorge bei Atomstrahlungen?  
(Wilhelm Roiss)

**2.7 Plutonium 239 muß gelagert werden, bleibt zehntausende Jahre aktiv, können wir unseren Nachkommen solche untragbaren Lasten auferlegen? Weil wir unseren Wohlstand wollen, müssen tausende Generationen büßen. Dürfen wir das?** (K. Wild)

**2.8 Wer kann dem Volk auf tausende Jahre hinaus die 100% sichere Lagerung des Atommülls garantieren?** (Johannes Muhr)

**3.1 Wenn schon bei den wenigen AKW, die jetzt in Betrieb sind, so viel Müll produziert wird, dessen „Beseitigung“ ungeklärt ist, wieviel Müll entsteht dann bei 20-, 40- oder 100%iger Abhängigkeit von der Atomenergie?** (Rudolf Müller)

**3.2 Wo wird der schwach-, mittel- und hochaktive Atommüll gelagert?** (Manfred Rünzler)

**3.6 Ist in den Kostenberechnungen auch die Lagerung von Atommüll einbezogen? Wie stellt man sich die gefahrlose Beseitigung des A-Mülls vor und warum wurde dieses Thema in keinem einzigen Referat behandelt?** (Geretsegger)

**3.7 Wie sicher kann Atommüll verwahrt werden und wie lange werden die Aufbewahrungsstätten für den jahrelang anfallenden Abfall reichen?** (Dietmar Spitzer)

**3.8 Wie läßt sich mit Sicherheit vermeiden, daß in Schächten beliebigen Standorts und beliebiger Tiefe gelagerter Atommüll durch aufsteigendes Wasser (z. B. artesisches Wasser oder nach Erdbeben neu auftretende warme Quellen) wieder an die Erdoberfläche kommt? Die Frage richtet sich an die Geologen.** (Dipl.-Ing. Erwin Fillunger)

**3.9 Zur Atommüllablagerung (mit der Bitte um zwei Minuten am Rednerpult).** (Harald Pfarrmaier)

**4.1 Atommüll: Welche Lagerung denkt man sich und was geschieht im Falle einer Lagerung in Kavernen im Gebirge bei Naturkatastrophen wie z. B. Erdbeben?** (Ing. W. Wegensteiner)

**4.2 Warum wird für 30 Jahre Übergangszeit soviel aufs Spiel gesetzt? Wohin mit dem Atommüll?** (Steinchen, Blümchen)

**4.3 Warum werden Kernkraftwerke gebaut, bevor die wichtigsten Probleme, z. B. Atommülllagerung gelöst sind?** (Erich Fleisch)

**4.4 Wohin der Atommüll? Kosten der Deponien? Überwachungsmöglichkeit auf Jahrtausende? Erkanntes Risiko bei schnellen Brütern?** (Walter Heuer)

**4.7 Wenn kein Uran da ist, was dann? Wohin mit dem Atommüll?** (Armin Kühne)

- 4.8 Verbrauchtes Brennmaterial: Wie tief muß strahlendes, radioaktives Material gelagert werden, um sicher Gefährdungen zu vermeiden? Bei 1000 MW durchschnittlich, wieviel Abfall im Jahr?
- ist bei Kostenrechnung Beseitigung des strahlenden Abfalls enthalten? (im Strompreis)
  - wenn ja, wie hoch Anteil am Strompreis?
  - sind Kosten für alle notwendigen Sicherheitsmaßnahmen ebenfalls enthalten? (Ruppert)
- 4.10 Wo wird der kurz- und langlebige Atommüll im Fall einer Inbetriebnahme von Zwentendorf gelagert?  
Welche Aufbereitungsanlage wird in Anspruch genommen?  
Wie werden die Transporte der Brennstäbe gesichert? (Herbert Schedler)
- 4.11 Mich würde vor allem interessieren, wohin, im Falle eines Kernreaktors in Vorarlberg, die gesamten Abfallprodukte, seines Zeichens der berühmte Atommüll, „verstaut“ werden soll. (Georg Schwendinger)
- 4.12 Welche konkreten Lagerplätze sind für den kurzlebigen und langlebigen Atommüll beim AKW Zwentendorf vorgesehen? (Helmut Schedler)
- 4.13 Welche konkreten Lagerplätze sind für den kurz- und langlebigen Atommüll im Falle einer Inbetriebnahme von Zwentendorf geplant? Warum schweigen Sie darüber, daß die Gefahren bereits beim Uranabbau beginnen, sich beim Betrieb eines AKW fortsetzen und beim Atommüll noch ungelöst sind? (Christa Schedler)
- 4.15 An welchen Orten in Österreich kann nach den neuesten Untersuchungen Atommüll gefahrlos gelagert werden, und welche Garantie hat die Bevölkerung, daß nicht doch eines Tages aus diesen Ablagerungsstätten Strahlenenergie freigesetzt wird? (Werner Dogscha)
- 4.16 Was ist konkret mit dem anfallenden Atommüll geplant? (Horst Braza)
- 4.17 Wo wird der anfallende Atommüll in Österreich — oder überhaupt gelagert? (Heinz Kopf)
- 4.20 Wo wird in Österreich der anfallende radioaktive Atommüll gelagert, der über tausende von Jahren sicher aufbewahrt werden muß? (Karl Benzer)
- 4.21 Wie und wo werden die radioaktiven Abfälle von Zwentendorf gelagert? (Elisabeth Rapaic)
- 4.22 Es gibt noch keine sichere Methode zur Lagerung des Atommülls! Warum wird aber trotzdem an die Inbetriebnahme von Reaktoren gedacht? (Gerhard Netzer)
- 4.24 Ist die Lagerung des Abfalles endgültig gelöst? Wie? Kosten? (Norbert Bell)

**4.26 Wer kann dafür garantieren, daß der Atommüll auch noch in einigen hundert Jahren entsprechend bewacht und gehütet wird?** (Andreas Schedler)

**4.27 Warum sollten wir unserer Nachwelt ein derart gefährliches, unseliges Erbe hinterlassen, ich denke da insbesondere an den Atommüll?** (Chr. Weissen)

**4.30 Was geschieht mit dem Atommüll?** (Gerda Rainer)

**4.31 Ist das Atommüll-Problem schon gelöst?** (Sebastian Netzer)

**4.32 Schwach radioaktive Abfälle werden zur Zeit in 200-l-Fässern eingelagert. Der Einlagerer des Mülls haftet jedoch nach der „Benutzerordnung ASSE“ von der Gesellschaft Strahlenschutz und Umweltforschung mbH München nur fünf Jahre für Inhalt und Verpackung. Finden Sie nicht, daß diese Zeit etwas kurz ist, wenn man bedenkt, daß speziell niedrig radioaktive Stoffe Halbwertszeiten von Tausenden von Jahren haben und die Mengen dieses Abfalles sehr groß sind? Wie ist die Lagerung von niedrig aktivem Abfall in Zwentendorf geregelt? Wie wird er verpackt und wie wird die Haftung dafür sein?**

(Mag. Elisabeth Wolber)

**4.33 Wo werden die radioaktiven Abfälle von Zwentendorf gelagert, wie hoch sind die Kosten der Lagerung und wer trägt sie? Ist es ausgeschlossen, daß beim AKW Zwentendorf Strontium 90 frei wird? Kann sich Strontium 90 im menschlichen Körper anreichern und was sind die Folgen einer solchen Anreicherung?**

(Hedy Mayer)

**4.35 Mit welcher Sicherheit kann die Einlagerung des Atommülls in stillgelegte Salzbergwerke oder ins Meer vertreten werden, da niemand vorhersehen kann, was für Umwälzungen durch die Bewegungen der Erdkruste eintreten können?**

Für Plutonium sind zehn Halbwertszeiten nötig, bis es ungefährlich geworden ist, also 240.000 Jahre. Auch stillgelegte und eingemauerte Atomkraftwerke werden für die nächsten Generationen eine große Gefahr sein. Wen wird man dafür verantwortlich machen?

Warum sind die Bundesregierung und Atomexperten nicht ehrlich genug, die bisherigen Fehlinvestitionen in den Atomstrom einzustehen und zukünftig die Milliarden in die Erforschung der Kernfusion oder der Sonnenenergie zu stecken? Warum können wir nicht aus den Erfahrungen der USA lernen? Muß unsere Regierung die gleichen Fehler machen auf Kosten der Bevölkerung?

**4.36 Wo werden die radioaktiven Abfälle von Zwentendorf gelagert?**

(Ludwig Häusle)

**4.37 Was geschieht mit dem Atommüll? (Die tödlich strahlenden Abfälle müssen jahrelang bewacht werden.)** (Christine Brändle)

**4.39 Kann der radioaktive Atommüll über Tausende von Jahren von der Umwelt absolut sicher isoliert aufbewahrt werden? Wo? Als Mutter von fünf Kindern liegt mir diese Frage ganz besonders am Herzen.** (Stefanie Maurer)

**4.40 Sollen in Österreich Lagerstätten für radioaktiven Abfall eingerichtet werden?  
Wenn ja, wo und wie?** (Wolfgang Schach)

**4.41 Hat man nicht Angst um die Nahrungsreserven im Meer, wenn man den Atommüll ins Meer kippt?** (Elmar Häammerle)

**4.42 Gibt es in Österreich einen geeigneten Platz zur vollkommen sicheren Lagerung des anfallenden Atommülls?** (Ing. Karl Schweizer)

**4.43 Wo wird der Atommüll gelagert, daß wirklich niemand gefährdet ist?** (Luise Lampert)

**4.52 Wer haftet in 40, 50 oder noch mehr Jahren für die Schäden, die durch die bei einer Naturkatastrophe freigesetzte Radioaktivität des Atommülls entstehen und wer bezahlt die Bewachung des Plutoniums die nächsten 100.000 Jahre?** (Kurt Scheffknecht)

**4.53 Stimmt es, daß Plutonium 1/4 Million Jahre für den Menschen gefährlich bleibt?** (Norbert Loacker)

**4.54 Was passiert, wenn durch die radioaktive Zerstörung des Erbgutes bedingt, künftige Generationen so degeneriert sind, daß sie die anspruchsvolle, hochkomplizierte Wartung des Atommülls nicht beherrschen?** (Regina Hoffmann)

**4.55 Wieviel Plutonium wird pro Jahr in Zwentendorf entstehen? Wie und wo werden die radioaktiven Abfälle gelagert?** (Lisl Loacker)

**4.56 Die Forschung über die Lagerung von radioaktivem Abfall und deren Kosten sind noch unzureichend.**

Wieso kann man jetzt schon von „billigem“ Atomstrom sprechen?

(Maria Walenta)

**4.58 Wo werden die radioaktiven Abfälle von Zwentendorf gelagert?**

(Olga Loacker)

**4.59 Wo wird in Österreich der niedrig-, mittel- und hochaktive Atommüll gelagert? Wieviel tausend Jahre muß dieser bewacht werden, um Großunfälle zu verhüten? Wo haben wir eine 100%ige Garantie für Erdbeben?**

(Gerda Reischmann)

**4.61 Wer kann uns beweisen, daß der anfallende radioaktive Atommüll über Tausende von Jahren von der Umwelt sicher aufbewahrt werden kann? Auch sicher vor Erdbeben? Wo wird der niedrig-, mittel- und hochaktive Abfall gelagert in Österreich?** (Müller)

**4.65 Wo wird der Atommüll gelagert in Österreich? Wer übernimmt die Kosten und die Verantwortung hiefür? (Diese Personen müßten mit ihrem persönlichen Vermögen dafür haften, ebenso ihre Kinder und ihre Ehepartner.)**

(Maria Weber)

**4.67 Wenn schon das Problem Müll eine kaum lösbare Frage darstellt, wohin denn noch mit dem Atommüll?**

Ist es nicht eine große Gefahr durch Drohung und Anschläge der Terroristen auch gegen Atomkraftwerke?

Im Falle eines Krieges — wie verhindert man Ausstrahlungen durch Bombardierung eines Atomkraftwerkes? (Joh. Böhler)

**4.68 Wieviel Atommüll fällt im Jahr in Zwentendorf an und wo wird er gelagert?** (Irmgard Jäger)

**4.69 Wieviel Plutonium wird pro Jahr in Zwentendorf erzeugt werden?** (Christine Bachmann)

**5.2 Wie gedenkt man den Atommüll sicherzustellen?** (Olga Müller)

**5.3 Wer garantiert die Wiederaufbereitung und die Beseitigung des langlebigen Atommülls für Österreich?** (Dipl.-Ing. Witzany)

**5.4 Welche Erfahrung gibt es bei der Lagerung des Atommülls im Granit, so wie es für Österreich vorgesehen ist?** (Rosina Schmesser)

**5.5 Wie hoch sind die Kosten für die Lagerung des Atommülls? Wieviele Generationen müssen für unsere Tat bezahlen, wofür sie keinen Nutzen mehr haben?** (Martin Ganitzer)

**5.6 Wo und welche Art der Lagerung des Atommülls stellen Sie sich vor?** (Cerny)

**5.8 Wie teuer kommt die Lagerung der Brennstoffabfälle in Tiefbohrungen im Granit?** (Johann Hansel)

**5.9 Wo und wie soll in Österreich langzeitig strahlender Atomabfall gelagert werden?** (Prof. Schwab)

**5.10 Wie wird dieendlagerung von radioaktivem Abfall in den USA oder in der BRD durchgeführt?**

Warum werden Atomkraftwerke befürwortet, wenn das Problem des radioaktiven Abfalls ebensowenig gelöst ist, wie die Bewachung ausgedienter Reaktoren? (Diethard Giese)

**5.12 Wie kann man verantworten, daß wir für unsere Kinder und Kindeskinder Atommüll hinterlassen, der erst nach Jahrtausenden seine Gefährlichkeit abbaut? Was werden unsere Nachkommen nach einigen hundert Jahren von uns denken, wenn sie große todbringende Gebiete nicht einmal bereisen dürfen? Auf der Landkarte werden wieder große weiße Flecken entstehen.**

Bis jetzt war es so, daß man für die Nachkommen einen Baum pflanzte, der erst für die nächste Generation Früchte brachte. Wir pflanzen ihnen Gebiete, die sie nicht betreten dürfen. (Adolf Sampl)

**5.13 Atommüll: Welche Art der Endlagerung ist für den Müll des AKW Zwentendorf vorgesehen und wo sollte diese sein? Wer soll die Kosten für die sich über Tausende Jahre erstreckende Wartung des Mülls tragen?** (Gudrun Schentz)

**5.14 Wo gedenkt man künftig in Österreich Atommüll zu deponieren?** (Herta Fichtler)

**5.15 Endlagerung wo?** (Gretsch)

**5.16 Wie stellt man sich die Ablagerung des sogenannten Atommülls auf Österreich bezogen vor? Unterirdisch? Überirdisch? Raum? Wo wurden (Kernkraftwerkerraum) bei österreichischen Kraftwerken Messungen der Radioaktivität vorgenommen — Risiko?**

Welche Werte hat man dabei erhalten? Wo werden diese Werte veröffentlicht? Warum versucht man das Hauptproblem Atommüll mit statistischen Aufstellungen usw. (damit man dieses Problem „vergessen machen könnte“) in den Hintergrund zu schieben?

Inwieweit haben wir eine Chance, wenn angenommen an der österreichischen Grenze Kraftwerke gebaut werden (aber nicht auf österreichischem Gebiet), Einfluß auf Atomkraftwerksbau auszuüben? (Berta Hochbrugger)

**5.17 In welchen Gebieten Österreichs stellt man sich die Atommülllagerung vor?** (Erika Scharfetter)

**5.18 Wenn das Problem des Atommülls so groß ist: Bitte geben Sie an, wieviel m<sup>3</sup> Müll (Plutoniumoxid usw.) ein Kraftwerk mit 1000 MW im Jahr abgibt. Warum kann dieser Atommüll nicht in „NIFE“ Behältern gelagert werden? (Die SN zitieren einen schwedischen Professor, der Goldbehälter fordert). Die Bewachung wird dann wieder der Verbraucher tragen müssen. Was werden uns dann diese toten Areale kosten?** (Ing. Franz Sanisch)

**5.20 Werden in der für österreichischen Atommüll vorgesehenen Aufbereitungsanlage Krypton 85 und Tritium gefiltert und gelagert, wie das nach deutschen und amerikanischen Gutachten unbedingt erforderlich ist?** (Gerhart Schwab)

**5.21 1. Bundeskanzler Kreisky sagte, daß in Österreich keine Atomkraftwerke gebaut werden, bevor nicht das Problem der Atommülllagerung gelöst ist. Zwentendorf wird aber in Betrieb gehen, weil hierfür das Problem gelöst ist. — Wilhelm Erbacher, Vorstand der österreichischen Elektrizitätswirtschaft erklärte in einem Brief, daß der hochaktive Müll frühestens in 15 Jahren in Österreich zum Umweltproblem wird. „Wenn der hochaktive Abfall nicht im Ausland einer endgültigen Lagerung zugeführt wird, muß nach Österreich zurückgeführt werden, was in der derzeitigen Lage erst für die neunziger Jahre zu erwarten ist.“**

**2. Atomwissenschaftler — Befürworter der Atomkraftwerke behaupten, daß ein Atomkraftwerk nur 15 Jahre wirtschaftlich in Betrieb sein kann!** (Marianne Raspotnig)

**5.22 Atommüll — Folgen — Kosten.**

(H. Schrammel)

**5.23 Was wird wirklich in der Atommülllagerung gemacht? Z. B. Plutonium mit Halbwertszeit von 10.000 Jahren. Wie soll das unschädlich gemacht werden?**

(Dipl.-Ing. Dorna Eckl)

**5.24 Wie sicher ist die Lagerung von Atommüll im Hinblick auf die große Langlebigkeit und hohe Giftigkeit der Spaltprodukte (Plutonium 239) auf lange Zeit?**

Ist es moralisch vertretbar, künftige Generationen schicksalhaft auf sehr lange Zeit (Halbwertszeit für Plutonium 24.000 Jahre) mit den Problemen konzentrierter Radioaktivität, und der damit verbundenen Gefährdung der Gesundheit und Lebensaussicht, zu belasten?

Wo und wie soll der Atommüll gelagert werden? Ist die dort ansässige Bevölkerung damit einstimmig einverstanden? (Dipl.-Ing. Weinmeister)

**5.25 Was passiert, wenn in einer Atommülllagerstätte infolge von Erdbeben und/oder durch Wassereinbruch Radioaktivität frei wird (z. B. ins Grundwasser kommt)?**

(Anonym)

**5.26 1. Wo wird der Müll verläßlich gesichert eingelagert? Man kann noch keine Erfahrungen haben. In Salzstöcken ist er nicht sicher gelagert. Wie nahe war die Gefahr in Niedersachsen?**

**2. Wie werden die Kosten der Bewachung und Endablagerung des Mülls der nicht mehr arbeitenden Kernkraftwerke, die sehr hoch sind, berechnet und wer bezahlt sie? Man kann sie nicht Menschen aufladen, die von dem alten Kernkraftwerk keinen Nutzen zogen und noch weniger jenen, gegen deren Willen die Kernkraftwerke gebaut wurden.** (Frau Crammer)

**5.27 1. Ist es möglich, das ungelöste Problem der Lagerung des für alles Leben auf der Erde so ungeheuer gefährlichen Nebenproduktes „Plutonium“ international dadurch zu lösen, daß man dieses Material mittels eines möglichst wenig aufwendigen Raumfahrzeuges auf einen sogenannten toten Planeten (Mond, Mars, Planetoiden) oder direkt auf die Sonne befördert?**

**2. Welche Hindernisse stehen einer solchen Maßnahme zum Schutz des Lebens auf der Erde entgegen?:**

- a) nach dem Stande der heutigen Technik
- b) in ethischer Hinsicht
- c) in der Kostenfrage.

(Schober)

**6.2 Wohin wird das radioaktive Kühlwasser geleitet?**

Wohin soll der Atommüll gebracht werden?

(Marten)

6.7 Wenn durch ein AKW auch nur ein Giftstoff erzeugt wird, so frage ich, wieviel Energie erfordert dies, um ihn, den gefährlichen Giftstoff wieder ungefährlich zu machen in kurzer Zeit, kann man das überhaupt? Ist eine menschengemachte Radioaktivität überhaupt vernichtbar?

Ich erhoffe mir eine klare Antwort!

(Werner Fuchs)

6.11 Wo gibt es in Österreich die Möglichkeit, „Atommüll“ zu lagern? (Plank)

6.12 Wie und wo werden in Österreich die hochaktiven Abfälle gelagert werden? Durch welche Langzeitversuche ist die sichere Lagerung garantiert? Wer übernimmt die Überwachung? Wie genau sind die Berechnungen für die dabei entstehenden Kosten? (Dipl.-Ing. Elmar Heinze)

6.14 Atommülllager: In den unterirdischen Lagern werden ferngesteuerte Maschinen über Fernsehschirme zum Transport verwendet. Tritt an ihnen ein Gebrechen auf, muß es behoben werden. Die Maschinen sind total verseucht und können daher nicht an die Oberfläche zur Reparatur gebracht werden, bzw. kann ein Mensch sie nicht instand setzen wegen der tödlichen Strahlung.

Transport des Atommülls: Dieser kann zu den unterirdischen Lagern nur unter strengster Bewachung befördert werden. Selbst schwer gesicherte Geldtransporte werden überfallen und beraubt. (Erich Hantich)

6.15 Ist die sichere Lagerung der ausgebrannten Brennstäbe sichergestellt?

(Dipl.-Ing. B. Daubletz)

6.18 Welche Versuche wurden unternommen, um die Strahlungsenergie des Atommülls anders zu nutzen, allenfalls medizinisch. Was wurde bisher unternommen, um den Atommüll chemisch-physikalisch zu neutralisieren bzw. aufzulösen?

(Alois Grasmuck)

6.19 Hinsichtlich ihrer technischen Konstruktion (Betriebssicherheit)?

Ist Atommüll absolut gefahrlos zu lagern?

Bei Erdbeben oder Bombenvolltreffer?

(Hofrat Dr. Joh. Kraker)

6.20 Ist es möglich, Atommüll einfach in den Weltraum zu schießen? (Anonym)

6.21 Ist es möglich, den bei Kernkraftwerken anfallenden Atommüll so zu beseitigen, daß dies der Umwelt nicht schädlich ist? Man hat noch nicht vernommen, daß das Kernkraftwerk Zwentendorf schon in Betrieb genommen wurde; ist vielleicht die Beseitigung des Atommülls dabei noch nicht gelöst?

(Toed Mauerhofer)

6.22 Soll das bald fertige erste Kernkraftwerk Österreichs in Betrieb genommen werden, wenn ja, wo wäre in Österreich der sicherste Ort für den Atommüll und wie kann ein solches Atomdepot für immer vor unerwünschten Zutritten abgesichert werden? (Anonym)

6.23 Es würde mich interessieren, wie man mit dem Atommüll fertig wird und warum darüber zur Zeit soviel verschiedene Ansichten selbst unter Fachleuten bestehen!? (Bauernfeind)

- 6.24 Wie gefährlich ist Plutonium? Kann sich ein Atomkraftwerk in eine Atombombe verwandeln? Könnte man Atomkraftwerke nicht vollautomatisch im Erdinneren betreiben?** (Anonym)
- 6.25 Wie kann man den Strom aus den Kernkraftwerken als den billigsten bezeichnen, wenn die hohen Kosten zur Beseitigung des Atommülls (das ist noch gar nicht geklärt), der Staat übernehmen darf? Ebenso die Kosten der Katastrophen— und Betriebsausfallversicherung wie in der BRD! Kein anderes Kraftwerkssystem kann sich solche Kostenrechnung erlauben! Das ist bewußter Volksbetrug!** (Dipl.-Ing. G. Sternbach)
- 6.26 Auswirkung auf Wasserökologie? Rentabilität im Verhältnis der Bau-, Betriebskosten, Betriebsdauer und Gefährlichkeit des Abfalls und stillgelegten Werkes zu Ausbeute an Energie?**
- Warum nicht Ausnützung der großen Energie der Winterstürme auf den Bergen? Der Gezeiten? Warum Forcierung trotz Flaute in der Industrie? Luxus wichtiger als Leben? Warum nicht Kernfusion statt Kernspaltung? Schafft gleiche Abhängigkeit wie Öl vom Ausland wegen des Urans. (Franz Wiesler)
- 6.27 Wieviel Kilogramm Atommüll wirft ein Atomkraftwerk pro Jahr ab? Alle europäischen Länder sollen unter gemeinsamer Beteiligung, an sicherer Stelle, nur ein bis zwei große Atomkraftwerke bauen. In einer Demokratie sind Atomkraftwerke zu gefährlich und abzulehnen. Es ist schon genug Müll, der die Menschheit bedroht!** (Josef Kiendl)
- 6.30 Wie sicher sind Atomkraftwerke?**
- Meine Fragen: a) Was geschieht mit „unserem“ Atommüll und wo wird er gelagert werden?  
 b) Wieviel Strahlungskraft besitzt er noch?  
 c) Was geschieht der Umwelt (in welchem Umkreis), wenn ein Atomkraftwerk etwa durch Erdbeben, Bombardierung usw. Zerstörungen erleidet?
- Als „ausgewanderte“ und berufstätige Grazerin ist es mir leider unmöglich, die Informationsabende zu besuchen. Die für mich „heißesten“ Fragen hoffe ich sehr in der „Kleinen“ beantwortet zu finden. (Elfriede Wedenig)
- 6.31 Welches Kernspaltmaterial wird beim Reaktor verwendet und ca. Kilopreis? (Genügend Vorkommen von Uran. — Einfuhrabhängigkeit vom Ausland.)**
- Wie arbeitet ein Reaktor (Inbetriebnahme, Regelung und Gefahr)?  
 Wie geht der Neutronenbeschuß vor sich und was sind Regelstäbe?  
 Welche Abfallprodukte entstehen, Gefahren, und ist eine sichere Lagerung möglich?  
 Kosten eines Reaktors und Amortisation (für die geplante Stromerzeugung)?
- (Anonym)
- 8.6 Kann einer der Herren — vielleicht der Herr aus Schweden — über ASEA-Erfindung der Einbettung der Abfälle in halbedelsteinähnliche Materialien genaues berichten?**
- Kann ASEA seinen Ruf auf das Spiel setzen, indem falsche Hoffnungen erweckt werden? (Dipl.-Ing. Weber)

**8.8 Gibt es eine Möglichkeit Atommüll wirklich sicher zu beseitigen?**

Wenn ja, warum mußte man dann mit dieser Frage in die BRD gehen?

(Blüthgen)

**8.9 Wie sieht die Technik der „Vielfachbarrieren“ aus?**

Welche Erfahrungen hat „das Ausland“ bei der Endlagerung des hochaktiven Mülls?

Welche Erfahrungen wird man im Ausland bis 1990 haben?

Was macht man, wenn diese Erfahrungen mit hochaktivem Müll schlecht sind, und wir den hochaktiven Müll schon haben? (Roland Leicht)

**8.10 Wieso gibt es noch keine detaillierten Berechnungen der Wartung und Betreuung von endgelagertem Abfall während der üblich angenommenen Lebenszeit von 10 Halbwertszeiten oder 240.000 Jahren?**

Wieso soll trotz dieser Tatsache der Atomstrom billiger sein als der fossiler Wärmekraftanlagen?

Wieviele Krebstote und Erbschäden werden durch die laufende Abgabe von Krypton-85 und Tritium im Normalbetrieb produziert?

Zu der kürzlich dem Handelsministerium und dem Gesundheitsministerium übergebenen Entsorgungsstudie der GKT, GKS und ÖSGAE:

Wenn eine Wiederaufbereitung nach dem Fall 2 (dieser Studie) im Ausland nicht möglich ist, wie kommt man dazu, diesen Fall 2 als „Entsorgung“ zu bezeichnen? Und wie ist es, ohne Zahlenmanipulation, möglich, aus diesem ungelösten Fall eine Stromkostenbelastung von „etwa 5,9 g/kWh“ zu berechnen?

Wie kommt man zu Gesamtkosten der „Langzeitüberwachung“ des Endlagers von 300 Mio. öS? Bei Wartungskosten von 40 Mio. öS p. a. beträgt die Zeit der Wartung  $300/40 = 7,5$  Jahre. Will man die Wartung über 7,5 Jahre als „sichere Langzeitüberwachung“ bezeichnen, wobei die Radioaktivität der Radionuklide erst nach 240.000 Jahren auf einen vernachlässigbaren Wert abgeklungen ist?

Setzt diese Studie die Umwandlung aller langlebiger Radioisotope mit ihrer Lebenszeit von 240.000 Jahren in kurzlebige Radioisotope mit einer Lebenszeit unter 7,5 Jahre voraus (der Bevölkerung als „Verbrennung“ verkauft), obwohl dieser Prozeß nicht einmal im Laboratoriumsversuch geglückt ist, und wahrscheinlich nie glücken wird?

Warum werden diese Entsorgungsvorstellungen der Kernindustrie nicht von Fachleuten überprüft, die von der Kernindustrie unabhängig sind, und die Studie mit der Überprüfung der Bevölkerung zugänglich gemacht?

Wieso gibt es keine Studie über die Wahrscheinlichkeit, daß Radionuklide während der praktisch unendlichen Lagerzeit von 240.000 Jahren aus Rollreifenfässern oder gebrauchten Brennelementen frei werden?

Wieso verschweigt die Studie das Freiwerden untolerierbarer Mengen an Radioaktivität während der bei sehr hohen Temperaturen durchgeföhrten Kalzinierung oder Verglasung? (Dr. H. Aubauer)

**9.1 Stimmt es, daß namhafte Wissenschaftler überzeugt sind, daß die „Atommülllagerung“ als Problem noch nicht gelöst ist?** (Franz Plassnik)

**9.7 Wie lange dauert es, bis sich das Atom abbaut? Wie lange ist die Strahlung (Plutonium)?** (Heidi Gailer)

**Zu Punkt 8.5:**

- 3.4 Wie hoch ist die Gefahr des Lungenkrebs etc. bei der Gewinnung und Aufbereitung des Urans?  
 (Gertrude Pammer)

**Zu Punkt 8.6:**

- 4.47 Wie kann oder wie wird sichergestellt, daß die bei der Kernspaltung von Uran gebildeten Edelgas-Spaltprodukte Krypton und Xenon nicht in die Atmosphäre gelangen?  
 (Hubert Gstach)
- 6.3 Wie sollen Spaltstoffe von der Umwelt freigehalten werden, wenn z. B. 15-0 erst außerhalb des Reaktors entsteht, oder wenn 85-Kr überhaupt nicht gefiltert werden kann?  
 (Ferdinand Schnabl)
- 9.4 Warum wird der große Ausstoß von Tritium über den Schornstein jedes KKWs noch immer nicht in die Schadensberechnung einbezogen, obwohl Strahlenbiologen unwiderlegt behaupten, Tritium würde in alle Lebewesen eingebaut und könne dort ständig schädigend strahlen?  
 (Gertrude Burian)

**Fragen, die in der gestellten Allgemeinheit bzw. Form im Rahmen dieses Berichtes nicht beantwortet wurden bzw. werden können:**

- 2.2 Wer übernimmt die Verantwortung für die Tausende Jahre Auswirkung? Können wir es vor unseren Nachkommen verantworten? Wieviel Wert hat das Leben gegenüber Profitgier?  
 (Platzole)
- 2.3 Wollen Sie Österreich durch Ihre Energiepolitik radioaktiv vergiften?  
 (Michael S. Blumrich)
- 2.4 Gibt es etwas Gefährlicheres als die Chemie AG. mit Schwefelgaswolke, Luftverschmutzung und die VÖEST mit ihrem Kugelgasometer? Wurde da die Bevölkerung befragt? Was täte man heute in den Krankenhäusern und in der Medizin ohne Strom?  
 (H. Entmayr)
- 2.5 Kein Kernkraftwerk in Zwentendorf und St. Pantaleon wegen radioaktiven Abfalls und Unsicherheit der Gesundheit, des Wassers, der Nahrung usw. Wenn Kernkraftwerke in Kraft treten, dann ist es Mord am Volk: „Mörder“.  
 (Martha Zahorka)
- 2.10 Warum hat keiner der Herren auf die versteckten Kosten des angeblich billigen Atomstromes hingewiesen, wie z. B. notwendige stetig steigende Bewachung der Atomanlagen und des Mülls gegen Mißbrauch Sabotage. Hat niemand darüber nachgedacht, was in Kriegszeiten im Falle eines, wenn auch nur versehentlichen Bombentreffers durch Notabwurf auf ein AKW geschieht, wer soll die Kosten aufbringen für die zu erwartenden zusätzlich benötigten Kranken-

anstalten, Pflegeanstalten für geschädigte Kinder, für Opfer im Krankenstand befindliche Erwachsene infolge Inkorporation radioaktiver Artikel aus den Emissionen bei normalem Betrieb der Atomwerke? Sollen die Beiträge zu den Krankenkassen erhöht werden? Wie sollen diese sozialen Belastungen gemeistert werden, die bei Verwendung von Sonnenenergie nicht entstehen würden?  
 (Ursula Berger)

4.5 Können wir verantworten, Atommüll zu produzieren, der für die nachkommende Menschheit das gefährlichste Gift — mit unseren Sinnen nicht wahrnehmbar — darstellt?  
 (Ernst Jenny)

4.25 Welche Garantien können die Regierung und die Hauptverdiener an den Atomkraftwerken geben, um eine Atommüllkatastrophe, wie sie im Blagowetschlask passierte, auszuschließen? (Sicher überhaupt keine!)  
 (Klaus Kurtze)

4.35 Sie könnten das Vertrauen der Bevölkerung eher erhalten mit einer sauberen Energiepolitik als mit falschen Informationen, Verharmlosung, Geheimpolitik. Wird die Bundesregierung den Anrainern eines Atomkraftwerks die Möglichkeit geben, sich in einem anderen Gebiet niederzulassen und eine gleichwertige Wohnung für die Betroffenen zur Verfügung stellen?  
 (Elisabeth Bitsche)

4.38 In Ihrer Zeitung konnte ich vor einiger Zeit lesen, daß schwedische Wissenschafter davon sprechen, den hochradioaktiven Abfall in goldenen Fässern im Meer zu versenken.  
 Jetzt kommt dann unser Wohlstandsopfer „Gold gab ich für Eisen“. Herr Minister Staribacher, ist das der billige Atomstrom?  
 (Müller)

4.45 Wie kann man auf der Erde zwischen künstlicher und natürlicher radioaktiver Strahlung sprechen sowie unterscheiden?  
 Hat man die natürliche radioaktive Strahlung schon gemessen, bevor die Kernspaltung erfunden war?  
 So etwas Unlogisches will man uns glaubhaft machen! Kann man da noch Vertrauen in die Verantwortlichen der Atomkraftwerke haben?  
 (Gisa Gächter)

4.46 Durch den Bau von Atomkraftwerken entsteht in Österreich immer mehr radioaktive Bestrahlung. Auch bei einem kleineren Unfall entweicht eine gefährliche Menge Radioaktivität. Nur mit unseren Sinnen können wir leider diese Radioaktivität nicht wahrnehmen, so sauber ist diese! Müssen wir uns in naher Zukunft Geigerzähler kaufen, um am Leben zu bleiben?  
 (Oskar Ede)

4.50 Durch weitere Atomkraftwerke entsteht in Österreich immer mehr radioaktive Bestrahlung. Auch bei einem Unfall in einem AKW wird die Bevölkerung nicht genug informiert. Wir können diese Strahlen mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen. Werden in Österreich in den größeren Orten entsprechende Anstalten eingerichtet, die unparteiisch die Strahlungsintensität veröffentlichen, oder werden alle Bürger mit Geigerzählern von der Regierung ausgestattet?  
 (Heinzle)

**4.60** Wir sollten immer noch mehr Strom verbrauchen, weitgehend unnütz und verschwenderisch, nur daß die Elektroindustrie steigt. Es werden unnütze, fast lächerlich wirkende Haushaltsgeräte erzeugt. Dazu brauchen wir Atomstrom. Aber die Stromrechnungen lassen wir unseren Nachkommen bezahlen. Wir versklaven sie mit dem tödlichen Atommüll auf Jahrtausende. Können wir das unseren Kindern und Enkeln zumuten? (Reithmeyer)

**4.62** Wir wollen noch mehr Strom verbrauchen, weitgehend unnütz und verschwenderisch. Dazu brauchen wir Atomkraftwerke. Die Stromrechnungen lassen wir unseren Nachkommen bezahlen, wir machen sie zu Sklaven des tödlichen Atommülls.

Können unsere Kinder vor uns, da wir sie zu solchem Schicksal verdammten, noch Achtung haben? (Elfriede Kremmel)

**4.63** Warum müssen unsere Nachkommen, selbst noch in fernen Generationen, den strahlenden Mist, den wir ihnen zurücklassen, unter großem finanziellen Aufwand und ständiger Gefährdung zum Schutze ihres Lebens sorgfältig bewachen und unter Kontrolle halten? Ist dies nicht ein asoziales Verhalten ohne jedes Beispiel? (Juliane Lampert)

**4.64** Wir wollen noch mehr Strom verbrauchen, weitgehend unnütz und verschwenderisch. Dazu brauchen wir Atomkraftwerke. Die Stromrechnungen lassen wir unseren Nachkommen bezahlen, wir machen sie zu Sklaven des tödlichen Atommülls.

Können unsere Kinder vor uns, da wir sie zu solchem Schicksal verdammten, noch Achtung haben? (Robert Heinze)

**4.66** Hat es jemals eine amoralischere Generation gegeben als die unsere, die bereit ist, Gesundheit und Leben von hunderttausenden, ja Millionen Menschen aufs Spiel zu setzen, um materieller Vorteile einiger weniger willen?

Hat es je einmal etwas Asozialeres gegeben als diese Generation, die ihre Stromrechnungen von ihren Kindern und Kindeskindern bezahlen läßt, die sie zu ewigen Sklaven des hunderttausende von Jahren strahlenden Atommülls verurteilt?

Hat es jemals etwas Undemokratischeres gegeben als diese Generation, die diktatorisch über das Schicksal jener verfügt, die ihre Zustimmung zur Selbstzerstörung ja gar nicht geben können; die Kinder und die noch nicht Geborenen? Diese werden durch den Fortschrittwahn und die Profitgier einiger weniger dazu verurteilt, mit irreparabel zerstörtem Erbgut als Sieche, Mißgestaltete und Degenerierte in einem für alle Zeit strahlenverseuchten Lebensraum ihr trauriges Leben zu fristen. (Luise Müller)

**5.1** Die Arbeitsgemeinschaft „Alp“ (gegründet 6. 11. 1976) soll, laut ORF-Mitteilung desselben Tages, die Lagerung von Atommüll aus ganz Europa in Österreich (Tirol) anstreben. Inwieweit stimmt das? Landeshauptmann Dr. Lechner als Vertreter Salzburgs ist anwesend. (Kriechbaumer)

**5.7** Das Wettrüsten der Großmächte ergibt eines Tages keine Möglichkeit mehr, die Atomsprengköpfe zu lagern. Wohin damit? (Ing. Hübner)

5.19 Den Folgegenerationen wird das Diktat der Atommüllverwahrung um den Preis des Weiterlebens aufgezwungen. Ist das mit Grundgesetz und Demokratie vereinbar und wie?  
(Gerhart Schwab)

6.16 Laut Morgenjournal letzte Dezemberwoche sind in England in einem Atomkraftwerk täglich rund 400 l Flüssigkeit ausgeronnen. Wer bürgt für Anschläge in dieser so unsicheren Zeit? Kohle und Wasser mehr ausschöpfen!  
(Gustav Halwa)

6.28 Was, wenn der Uri Geller die verschweißten Atommüllbehälter wieder auseinanderbiegt?  
Inwieweit lassen sich Erdbeben kontrollieren etc.?  
(Ingo Klem)

6.29 Hat sich schon irgendein Bundesland um die unausnutzbare radioaktive Substanz beworben?  
(Heribert Gaspar)

8.4 Sie sprechen von Alternativen, nennen aber keine brauchbaren. Mit „wenn“ und „wäre“ und „hätte“ können Sie den wachsenden Energiebedarf nicht decken!  
(Dipl.-Ing. Brunner)

8.7 Haben Sie schon einmal ein in Betrieb befindliches Kernkraftwerk besichtigt?  
(Dipl.-Ing. H.-J. Hütter)