



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

# SCHRIFTENREIHE REAKTORSICHERHEIT UND STRAHLENSCHUTZ

## ETHISCHE ASPEKTE BEI DER ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER STOFFE

BMU - 2003-619



WIR STEuern UM AUF ERNEUERBARE ENERGIEN.

**BMU – 2003-619**

**Ethische Aspekte bei der Endlagerung radioaktiver  
Abfälle**

**(Abschlussbericht)**

W. Boetsch

## **IMPRESSUM**

Dieser Band enthält einen Abschlussbericht über ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördertes Vorhaben. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BMU übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Eigentümer behält sich alle Rechte an der weiteren Nutzung oder Vervielfältigung des Berichts vor.

Der Bericht wurde durch die Gesellschaft für Anlagen- Reaktorsicherheit (GRS) mbH erstellt.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung der Auftragnehmer wieder und muss nicht mit der des BMU übereinstimmen.

### **Herausgeber:**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Arbeitsgruppe RS I 1  
Postfach 12 06 29  
53048 Bonn

Erscheinungsjahr: 2003

## Kurzfassung

Die Fortschritte der modernen Natur- und Technikwissenschaften und ihre weit in die Zukunft reichenden Folgen erfordern in zunehmenden Maße „praxisorientierte“ Ethikkonzepte. In den Diskussionen um verantwortbares Handeln nimmt die Frage nach der ethischen Vertretbarkeit der Kernenergie in der heutigen Zeit eine besondere Stellung ein. Vor allem die Problematik der Endlagerung radioaktiver Abfälle, deren Auswirkungen bis in die ferne Zukunft prognostiziert werden müssen, wird in der Gesellschaft kontrovers diskutiert.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) im Rahmen des Vorhabens „Endlagerung radioaktiver Abfälle im Blickfeld ethischer Zielsetzung“ beauftragt, den aktuellen Stand der ethischen Aspekte bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle im nationalen und internationalen Bereich zusammenzustellen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Kriterien abzuleiten, die Grundlage einer umfassenden Diskussion ethischer Aspekte bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle sind. Diese Kriterien sollen, so weit wie möglich, alle inhaltlichen Aspekte, die durch die Entsorgung radioaktiver Abfälle durch Endlagerung entstehen, beschreiben.

Die in diesem Bericht aus den vorgestellten Meinungen, Stellungnahmen und Veröffentlichungen sich ergebenden Fragestellungen sollen als Basis für ein Expertengespräch dienen, bei dem die wichtigen ethischen Gesichtspunkte zum verantwortbaren Umgang mit der Endlagerung radioaktiver Abfälle interdisziplinär mit allen Beteiligten diskutiert werden.

Die Ergebnisse dieses Berichtes beruhen auf einer Recherche, die die national und international vorliegenden Darlegungen, Grundsätze und Kriterien zu ethischen Aspekten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle und zur nachhaltigen Entwicklung im Rahmen der Technikfolgenabschätzung bis Anfang 2000 erfasst hat. Zwischenzeitlich hat die Diskussion in Deutschland - u.a. angeregt durch die Arbeiten des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) – und im Ergebnis der o. g.- zwischenzeitlich durchgeführten - Diskussionsrunde eine mehr „pragmatische Dimension“ erfahren.

## **Abstract**

The progress of modern natural and technological science and their far-reaching consequences affecting the distant future require increasingly practice-oriented ethical concepts. In the discussions about responsible acting, the question of the ethical tenability of nuclear energy nowadays takes a special position. Above all the problem of the disposal of radioactive wastes - the effects of which on the distant future have to be prognosticated - is controversially discussed in society.

The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) commissioned Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS) in the context of the project „Disposal of radioactive wastes in the context of ethical objectives“ to summarise the current national and international status of ethical aspects in connection with the disposal of radioactive wastes.

One aim of this report is to derive criteria to form the basis of a comprehensive discussion of the ethical aspects of the disposal of radioactive wastes. These criteria are to describe, as far as possible, all content-related aspects that result from radioactive waste disposal.

The issues in this report resulting from the opinions, comments and publications presented are to serve as a basis for an experts' meeting at which the important ethical criteria concerning the responsible management of radioactive waste disposal are to be discussed at an interdisciplinary level with all those involved.

The results of this report are based on an investigation which gathered the available national and international statements, principles, and criteria relating to the ethical aspects of the disposal of radioactive wastes and to sustainable development in the context of the technological impact assessment up to beginning of 2000. In the meantime, the debate in Germany has become somewhat more pragmatic, i. a. due to the work of the research group "Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd)" and as a result of the above-mentioned discussions that have been going on in the meantime.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung und Zielsetzung</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Begriffsdefinition „Ethik“</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Identifizierung von ethischen Fragestellungen bezüglich der Endlagerung radioaktiver Abfälle</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Internationale und nationale Entwicklungen</b> .....	<b>9</b>
5.1	Collective Opinions der OECD/NEA (1991 und 1995) .....	9
5.2	Safety Principles der IAEA (1995): .....	11
5.3	Schweiz .....	12
5.4	Schweden .....	16
5.5	Kanada .....	18
5.6	Europäische Union .....	19
5.7	Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit (IANUS) .....	20
5.8	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) .....	25
5.8.1	Das Leitbild in der gesellschaftlichen Diskussion .....	26
5.8.2	Das Leitbild in der FuT-Politik europäischer Länder .....	26
5.8.3	Kriterien für eine nachhaltige Entwicklung .....	27
5.8.4	Übertragbarkeit auf die deutsche FuT-Politik .....	28
5.9	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung - Globale Umweltveränderungen (WBGU) .....	29
5.10	IWE-Institut für Wissenschaft und Ethik e.V. ....	34
<b>6</b>	<b>Entwicklung ethischer Bewertungsmaßstäbe</b> .....	<b>35</b>
6.1	Ethische Krieriologie .....	35
6.2	Ethische Fragestellungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle .....	39
<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>42</b>

## **1 Einleitung**

Eine der zentralen ethischen Fragestellungen unseres Handelns und Entscheidens ist die der Verantwortbarkeit der resultierenden Konsequenzen für die Lebensgrundlage des einzelnen Individuums, der Gesellschaft und der Umwelt. Insbesondere die Entwicklung von Technologien und das Etablieren von Techniken sowie ihre Folgenabschätzungen stehen im Mittelpunkt öffentlicher und fachlicher Diskussionen. Dies gilt auch für die Einführung der Energieerzeugung durch Kernreaktoren. In den Diskussionen um verantwortbares Handeln nimmt die Frage nach der Verantwortbarkeit der Kernenergie in der heutigen Zeit eine herausragende Rolle ein. Dies betrifft nicht nur die Frage nach den Konsequenzen und Risiken dieser Technik, sondern auch insbesondere nach den Konsequenzen, die sich aufgrund der Langzeitigkeit der Gefährdungspotentiale der bei dieser Technologie anfallenden Abfälle ergeben. Diese Abfälle gilt es, sicher für Mensch und Umwelt zu isolieren. Daraus folgt der Anspruch, Entsorgungsstrategien zu entwickeln, die heutigen und zukünftigen Generationen einen ausreichenden Schutz vor den Gefahren der Abfallstoffe bieten.

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ hat 1998 in seinem Jahresgutachten „Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken“ /WBG 98/ betont, Technologien, deren Auswirkungen grenzüberschreitenden Charakter haben können, einer sachlichen, effektiven und effizienten Risikobewertung zuzuführen.

Aufgrund der im Atomgesetz verankerten Verpflichtungen nach § 9a Abs. 3 AtG für die Errichtung von Endlagern für radioaktive Abfälle stellt sich das BMU auch ethischen Fragen der Endlagerung. Die GRS unterstützt das BMU bei dieser Aufgabe, die zum Ziel hat, bezüglich der Beantwortung obiger Fragen einen Konsens in der Gesellschaft herbeizuführen.

## **2 Aufgabenstellung und Zielsetzung**

Die Betrachtung der ethischen Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist eine sehr komplexe Aufgabe. Hierbei gilt es, gleichermaßen Fragen wie z. B. die Zumutbarkeit eines Endlagerstandortes für die Bevölkerung bzw. die Zumutbarkeit des Sicherheitsrisikos, hervorgerufen durch ein Endlager, während des Betriebes und nach seiner Stilllegung zu berücksichtigen, wie aber auch vorgelagerte Prozesse bei der Energieerzeugung bzw. dem Abfallmanagement mit zu betrachten.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Fragestellungen zu identifizieren, die Grundlage einer umfassenden Diskussion ethischer Aspekte bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle sind. Diese Fragestellungen sollen, so weit wie möglich, alle inhaltlichen Aspekte, die durch die Entsorgung radioaktiver Abfälle durch Endlagerung entstehen, beschreiben.

Um diesen Fragenkatalog möglichst umfassend zu gestalten, werden Erfahrungen und Daten aus internationalen und nationalen Gremien und Gruppierungen zugrunde gelegt, die sich mit der Diskussion der Ethik im Umgang mit radioaktiven Stoffen und deren Beseitigung befasst haben. Diese Synopse der international publizierten Meinungen und Haltungen zu dieser Thematik stellt die Grundlage der eigentlichen Analyse dar. Alle aus diesen Diskussionen ableitbaren ethischen Aspekte werden zusammengeführt und auf die ihnen zugrunde liegenden Kriterien überprüft. Die so identifizierten endlagerspezifischen ethischen Kriterien werden in Kapitel 6 des vorliegenden Berichtes aufgelistet. Sie sollen als Erörterungsgrundlage eines einzuberufenden Expertenforums und als Basis für die Diskussion um die ethischen Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle dienen.

Die Bearbeitung der hier gestellten Aufgabe ist nur mit unterschiedlichem Tiefgang möglich, vor allem, wenn man alle ethischen Aspekte der Nutzung von Kernenergie und der damit verbundenen Vielfalt an möglichen Konsequenzen zu identifizieren und zu analysieren versucht. Zu betrachten sind dabei u. a. die ethischen Grundlagen und, an ihnen gemessen, die Belastungen und Auswirkungen der Entscheidung, Anteile der Energieversorgung mit Hilfe von Kernreaktoren zu erzeugen. Begrifflichkeiten wie „Technikfolgenabschätzung“, „Nachhaltigkeit“ oder „Rückholbarkeit“ lassen sich daher nur schwer inhaltlich von der Diskussion um die ethischen Aspekte der Endlagerung von radioaktiven Abfällen trennen. In der vorliegenden

Arbeit sollen diese Gesichtspunkte jedoch nur in dem Maße angesprochen werden, wie sie zur Aufstellung des angestrebten Kriterienkatalogs dienlich sind.

### **3            Begriffsdefinition „Ethik“**

Das Wort *Ethik* ist griechischen Ursprungs und bedeutet Gewohnheit, Herkommen oder Sitte. Ethik als Disziplin der Philosophie ist die wissenschaftliche Lehre von allem Sittlichen. Die Grundfragen der Ethik richten sich auf das Gute als Richtschnur rechten und vernünftigen Handelns.

Die Prinzipien, an denen die Ethik ihre Aussagen methodisch und inhaltlich ausrichtet, sollten demnach ihrer Maxime entsprechend allgemein gültig und vernünftig einsehbar sein, also ohne Berufung auf höhere Autoritäten und Konventionen auskommen. Die philosophische Ethik ist daher zu unterscheiden von der theologischen Ethik (Moraltheologie), die sich auf den Moralkodex des in der Kirche institutionalisierten Glaubens stützt.

Max Weber unterschied zwei Möglichkeiten des ethischen Denkens und Handelns, die *Gesinnungs-* und die *Verantwortungsethik*.

Für ein *gesinnungsethisches* Konzept steht die Frage nach dem handlungslenkenden Motiv im Vordergrund: Gilt der Beweggrund der Handlung als gut, so gilt das Gleiche für die Handlung.

Für eine *Verantwortungsethik* gelten hingegen die von dem Handeln bewirkten Folgen als Maßstab der Bewertung.

Methodisch und von ihrem leitenden Erkenntnisinteresse her lassen sich heute drei Grundformen der Ethik unterscheiden: *Empirische*, *normative* und die *Meta-Ethik*.

Die *empirische Ethik* beschreibt und erklärt die vielfältigen Ausprägungen von Moralität und Sittlichkeit (auch *deskriptive* Ethik genannt).

Die *normative Ethik* ist Ethik im eigentlichen Sinne und zielt auf allgemein verbindliche Aussagen. Innerhalb der normativen Ethik lässt sich eine weitere Unterscheidung machen – der *formalen Ethik* geht es um den Nachweis von Prinzipien, mit denen eine Handlung bewertet werden kann, die *materiale Werte-Ethik* orientiert sich an bestimmten Wertinhalten.

Die *Meta-Ethik* befasst sich mit der sprachlichen Form, der Methode und der Funktion der Ethik.

Unter dem Eindruck der in ihren Auswirkungen zunehmend deutlicher werdenden Folgen der modernen Wissenschaft und Technik hat in den letzten Jahrzehnten eine wachsende Zahl von Philosophen und anderen Fachleuten die verantwortliche Antizipation der Folgen unseres gesellschaftlich technisch-wissenschaftlichen Handelns in das Zentrum neuer ethischer Konzepte gestellt. Diesbezüglich wird das Sollen nicht durch das Aufweisen eines höchsten Guten bestimmt, sondern an der Kategorie des zu vermeidenden Übels ausgerichtet. Vor dem Hintergrund der Folgenproblematik vertritt Robert Spaemann ein teleologisches Konzept, dessen oberstes ethisches Prinzip die Ehrfurcht vor dem Leben, auch dem künftiger Generationen, ist.

## **4 Identifizierung von ethischen Fragestellungen bezüglich der Endlagerung radioaktiver Abfälle**

### **Die ethische Urteilsfindung**

Eine ethische Urteilsfindung basiert auf einer Reihe von Einzelschritten. Einem Vorschlag von Heinz-Eduard Tödt, einem Heidelberger Sozialethiker, zufolge, gilt es, „sechs Schritte beziehungsweise Sachmomente des ethischen Urteils“ zu befolgen, um eine ethische Bewertung vorzunehmen:

1. Problemfeststellung (Identifizierung der Fragestellung unter Berücksichtigung subjektiver ethischer Maßstäbe),
2. Situationsanalyse (Untersuchung des „realen“ Kontextes),

3. Verhaltensalternative (Kontrollfunktion des Gewissens: Was ist zu tun?),
4. Normenprüfung (Sichtung und Wahl ethisch relevanter Entscheidungskriterien),
5. Urteilsentscheid (Ergebnis) und
6. rückblickende Adäquanzkontrolle (rückblickendes Überdenken ethischer Entscheidung).

Dieser Vorgehensweise folgt auch Manfred Seitz in seinem Artikel zur „Ethik der Endlagerung – Methode – Argumente – Weg“ /SEI 94/. Er sieht die Ablehnung gegen die Energiegewinnung auf kerntechnischem Wege als Protest aus grundsätzlichen Überlegungen heraus. Während s. E. zu Beginn der Nutzung dieser Technologie die Freisetzung von Radioaktivität das herrschende Thema war, gefolgt von der Diskussion über die Aufheizung von Flüssen, steht heute das Entsorgungsproblem im Mittelpunkt der Diskussion. Seitz identifiziert in seinem Beitrag drei Fragenkreise, die zur Problembeschreibung herangezogen werden müssen, die sich mit naturwissenschaftlich-technischen und ökologisch/ökonomischen Aspekten der Endlagerung gleichermaßen befassen wie mit der Abwägung der moralisch/ethischen Verantwortbarkeit der Technologie als solcher.

Die Untersuchung der Ethik der Endlagerung radioaktiver Abfälle erfolgt nach Seitz über die Klärung des Verhältnisses der Bevölkerung eines Landes zur Nutzung der Kernenergie. Für einen ethisch verantwortbaren Umgang mit der Kernenergie und der Endlagerproblematik fasst er folgende Aspekte und ethischen Leitlinien zusammen:

- In der Bevölkerung wächst die Sorge vor falschen Entscheidungen und die Angst vor unübersehbaren Folgen.
- Sachinformationen bedeuten nicht alles; es muss auch die ethische Seite der Dinge aufgenommen und bedacht werden.
- Es gilt abzuwägen und zu entscheiden, welche Risiken noch übernommen werden können und welche nicht.
- Es muss berücksichtigt werden, dass im nuklearen Entsorgungsbereich Entscheidungen über riesige Zeiträume hinweg zu fällen sind.

- Es dient zur Versachlichung, wenn die Interessen und Motive sowie der Grad der fachlichen Zuständigkeit offen bekannt werden.
- Angesichts vieler verdeckter Interessen auf diesem Gebiet gilt es, das Gebot absoluter Wahrhaftigkeit in Erinnerung zu rufen.
- Es gilt, sich nicht in eigener Ermächtigung oder aus Gruppeninteressen von rechtsstaatlich legitimen Handlungen abbringen zu lassen.
- Die technischen Details und die sich aus ihnen zusammensetzende Entwicklung bedürfen der Einordnung in eine Gesamtschau der Technik, der Welt und des Menschen.
- Aus Sachwahrheiten und Personenwahrheiten, um die sich auf diesem Felde alles dreht, sollen keine Glaubenswahrheiten gemacht werden; eine solche Unterscheidung dient der Welt und dient dem Glauben.

Eine ähnliche Betrachtung aus theologischer Sicht gibt Hans Georg Weidinger in seinem Artikel „Gibt es ethische Lösungen und theologischen Rat?“ zur Problematik der Endlagerung radioaktiver Abfälle /WEI 94/. Für ihn sind die ethischen Leitlinien, die der Auseinandersetzung auf dem Weg zur Urteilsfindung zugrunde liegen, die folgenden:

- Offenheit für ein Miteinander - Leben (auch bei unterschiedlichem Wissensstand oder unterschiedlicher Betroffenheit).
- Bereitschaft zum verantwortungsvollen Mitwirken (in den Bereichen der Ethik, Technik, Wissenschaft und Politik).
- Vorausschaubarkeitsbedingungen müssen gegeben sein (zur Ermöglichung des künftigen Handelns).
- Grundsätzliche Einsicht in und Bereitschaft zu nicht vermeidbaren, weil lebensnotwendigen Risiken, muss gegeben sein.
- Die Option für das Leben muss angestrebt und gesucht werden.

Laut Weidinger lassen sich die Probleme im Zusammenhang mit der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle für ethische und theologische Betrachtungen auf drei Problembereiche zurückführen:

1. Eine grundsätzliche Rest-Unsicherheit im Hinblick auf das reale physikalische Risiko des Einzelnen, heute und in einer sehr fernen Zukunft.
2. Eine hohe psychisch-emotionale Belastung für Viele, hervorgerufen durch die extremen Unterschiede von sehr hohen Gefährdungspotentialen und sehr niedrigen tatsächlichen Risiken.
3. Eine hohe psychisch-rationale Belastung für Viele durch die Probleme der Nachvollziehbarkeit einer komplexen Technik mit komplexen Wirkungsverzweigungen in alle Bereiche des heutigen und des zukünftigen Lebens hinein.

Alle drei Probleme sind

- weder ausschließlich rational noch nur emotional lösbar,
- noch durch eine so genannte „ganze Wahrheit“ zu lösen, der sich andere bedingungslos anschließen haben,
- durch keine noch so ausführliche Erklärung aufzuheben, da nichts die persönliche Auseinandersetzung zu ersetzen vermag.

### **Kommentar**

*Die hier von Tödt, Seitz und Weidinger angeführten Grundlagen zur ethischen Betrachtung einer komplexen Fragestellung, wie die der ethischen Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle, erscheinen zielführend. Die von Tödt aufgezeigte Logik der prinzipiellen Vorgehensweise einer ethischen Bewertung ist als Werkzeug im Vorfeld bzw. zu Beginn einer Entscheidungsphase sinnvoll einsetzbar. Alle drei Autoren stellen die Notwendigkeit einer ethischen Betrachtung dieser Problematik heraus, die auf einer nicht selbstverständlich gegebenen Akzeptanz der Bevölkerung für politische Entscheidungen im Zusammenhang mit Radioaktivität beruht.*

Walther Ch. Zimmerli beschreibt in seinem Essay über die „ethischen Probleme der zivilen Nutzung der Kernenergie“ /ZIM 97/ den Wandel der ethischen Grundhaltung zu dieser Thematik im Verlaufe der Zeit seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahre 1986 bis ins Jahr 1997 hinein. Er führt an, dass 1986 die Sicherheits- und Risikobedenken überwogen, während seit Ende der achtziger Jahre die Sorge um die Entsorgung der entstehenden Abfälle überhand genommen hat. Die Protestaktionen der Kernenergiegegner verlagerten sich von den Bauzäunen in Brokdorf auf die Schiene und die Straße, um den Transport der radioaktiven Abfälle zu blockie-

ren. Die befürwortende Seite „entdeckte die Klimakatastrophe für sich“ und deklarierte die Kernenergie als „einzige ökologische Langzeitalternative zur CO<sub>2</sub>-Emission durch Verbrennung fossiler Brennstoffe“.

Die Argumente, die für die Ablehnung der Kernenergie ins Feld geführt wurden, waren Argumente einer Verantwortungsethik (Beurteilung der Moralität einer Handlung im Hinblick auf die daraus erwachsenden Folgen).

Nach Maßgabe dieser Definition können nach /ZIM 97/ nur Handlungen im strikten Sinne individuell verantwortet werden,

- deren absehbare Folgen die Lebenszeit des oder der sie auslösenden Menschen nicht übersteigen;
- deren absehbare Folgen nicht eine Größenordnung und Intensität erreichen, die es sinnlos machen, zu sagen, man trete für sie ein;
- deren absehbare Folgen nicht in dem Sinne irreversibel sind, dass sie das Recht künftiger Generationen gegenstandslos machen, ebenso über sich selbst zu bestimmen, wie wir auch;
- bei denen sichergestellt wurde, dass alle zur Zeit der Ausführung der Handlung möglichen Anstrengungen zur Abklärung noch unbekannter Nebenfolgen unternommen worden sind (Technikfolgenabschätzung);
- deren absehbare und aufgrund der Technikfolgenabschätzung als möglich erkannte Folgen stets nicht nur auf die nationale, sondern auch auf die internationale Population bezogen wurden.

Dies führt - unter Berücksichtigung der kontrovers geführten Diskussion - zu folgenden Konsequenzen für die verschiedenen Aspekte der zivilen Nutzung der Kernenergie und die Entsorgung radioaktiver Abfälle: „Dass das Entsorgungsproblem nach wie vor nicht gelöst ist, ist ein weiterer entscheidender Grund dafür, von einem weiteren Ausbau abzusehen. Außerdem wird man sich dringend um Alternativen zu den bisher eingeschlagenen Wegen bemühen müssen“ /ZIM 97/. Dies bedeutet, dass technologische Lösungen, die in der Bevölkerung keine Akzeptanz finden, politisch nicht mehr durchsetzbar sind.

Für Zimmerli ergibt sich aus der ethischen Analyse der zivilen Nutzung der Kernenergie zwingend, sich eher mit der Strategie eines Ausstieges als mit einem Um-

stieg auseinandersetzen zu müssen. Allerdings könne dies nur vollzogen werden, wenn man sich der weiteren moralischen Verpflichtung stellt, die dadurch entstehende Lücke in dem Maße, in dem die zivile Nutzung der Kernenergie abgebaut wird, durch die Nutzung regenerativer Energien zu schließen.

### **Kommentar**

*In dem o.g. Essay werden bezogen auf die Nutzung der Kernenergie eindeutige Anzeichen der Ablehnung in der Bevölkerung aufgezeigt und daher wird vom Ausbau der Kernenergie abgeraten, die Problematik der Entsorgung der bereits entstandenen Abfälle wird jedoch nicht weiter betrachtet. Die Argumentation, dass absehbare Folgen ethischer Entscheidungen die Lebenszeit des oder der sie auslösenden Menschen nicht übersteigen dürfen, sollte hinterfragt werden. Nach Stand von Wissenschaft und Technik besteht heute durchaus die Möglichkeit zur Abschätzung der Risiken und Folgen für folgende Generationen. Die in diesem Zusammenhang zu klärende Frage ist die nach der Bereitschaft zur Übernahme von Verantwortung für die heutige und die zukünftigen Generationen.*

## **5 Internationale und nationale Entwicklungen**

Im Folgenden werden die internationalen und nationalen Meinungen vorgestellt, die sich mit den ethischen Aspekten der Endlagerung befassen. Stellvertretend für die nationalen Entwicklungen werden die Entwicklungen in der Schweiz, Schweden und Kanada behandelt.

Die Darstellung der vorgestellten Arbeitsgruppen, Gremien oder anderen interdisziplinären Einrichtungen, die sich mit der Bearbeitung oder Diskussion der ethischen Vertretbarkeit des Einsatzes von Kernenergie und der Handhabung der daraus resultierenden Abfälle befassen, erfolgt wertfrei und orientiert sich in großen Zügen am publizierten Selbstverständnis der jeweiligen Einrichtungen.

### **5.1 Collective Opinions der OECD/NEA (1991 und 1995)**

Das international besetzte Radioactive Waste Management Committee (RWMC) der OECD hat in Übereinstimmung mit der IAEA und der EU in den Jahren 1991 und

1995 so genannte Collective Opinions zur Endlagerung radioaktiver Abfälle veröffentlicht /NEA 91, 95/. Der Collective Opinion von 1995 war ein international besetzter Workshop vorausgegangen, auf dem ethische Fragen der Endlagerung diskutiert wurden. Diese Veröffentlichung des RWMC fokussiert die Gesichtspunkte von Fairness und Gerechtigkeit:

- Between generations (*intergenerational equity*), concerning the responsibilities of current generations who might be leaving potential risks and burdens to future generations; and
- within contemporary generations (*intragenerational equity*), concerning the balance of resource allocation and the involvement of various sections of contemporary society in a fair and open decision-making process related to the waste management solutions to be implemented.

Einige Grundsätze, die als Leitfaden für eine ethisch orientierte Endlagerstrategie herangezogen werden sollen, sind:

- die Verpflichtung zur Abfallentsorgung soll bei der Aufnahme neuer Projekte berücksichtigt werden;
- diejenigen, die den Abfall produzieren, sollen dafür die Verantwortung übernehmen und die Mittel zur Verfügung stellen, um die Entsorgung in einer Weise vorzunehmen, bei der künftigen Generationen keine übermäßigen Lasten aufgebürdet werden;
- mit radioaktiven Abfällen soll so umgegangen werden, dass für die menschliche Gesundheit und die Umwelt ein annehmbares Schutzniveau sichergestellt wird, und für zukünftige Generationen mindestens ein Schutzniveau erreicht wird, das auch heutzutage akzeptiert wird; es gibt keine ethische Grundlage für die Diskontierung von Risiken für die zukünftige Gesundheit und Umweltschäden;
- eine Entsorgungsstrategie soll weder auf der Annahme einer stabilen Gesellschaftsstruktur bis in die ferne Zukunft, noch auf der Annahme weiteren technologischen Fortschritts beruhen; vielmehr soll angestrebt werden, einen passiven Sicherheitszustand zu hinterlassen, dessen Zuverlässigkeit nicht auf aktiven institutionellen Kontrollen beruht.

## **5.2 Safety Principles der IAEA (1995):**

Die IAEA hat in ihren Safety Principles ethische Prinzipien zur Entsorgung radioaktiver Abfälle formuliert. Diese lauten /IAE 95/:

### *1. Schutz der menschlichen Gesundheit*

Mit radioaktiven Abfällen soll so umgegangen werden, dass der Schutz der menschlichen Gesundheit gewährleistet ist.

### *2. Schutz der Umwelt*

Mit radioaktiven Abfällen soll so umgegangen werden, dass ein ausreichender Schutz für die Umwelt gewährleistet ist.

### *3. Schutz über die nationalen Grenzen hinaus*

Mit radioaktiven Abfällen soll so umgegangen werden, dass mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung und auf die Umwelt auch jenseits nationaler Grenzen in Betracht gezogen werden.

### *4. Schutz künftiger Generationen*

Mit radioaktiven Abfällen soll so umgegangen werden, dass vorhergesagte mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit künftiger Generationen nicht größer sind als wesentliche Schadensgrenzen, die heutzutage akzeptiert werden.

### *5. Übertragung von Lasten auf künftige Generationen*

Mit radioaktiven Abfällen soll so umgegangen werden, dass künftige Generationen keine übermäßigen Lasten zu übernehmen haben.

### *6. Nationales gesetzliches Regelwerk*

Der Umgang mit radioaktiven Abfällen soll in einem geeigneten nationalen Gesetzeswerk geregelt werden, das eine eindeutige Zuweisung von Verantwortlichkeiten und Vorkehrungen für unabhängige Regulatorien enthält.

### *7. Kontrolle der Erzeugung von radioaktiven Abfällen*

Die Erzeugung von radioaktiven Abfällen sollte so gering wie möglich gehalten werden.

### *8. Gegenseitige Abhängigkeiten zwischen der Erzeugung und der Entsorgung radioaktiver Abfälle*

Die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen allen Schritten der Erzeugung und Entsorgung radioaktiver Abfälle sollen in geeignetem Umfang berücksichtigt werden.

### *9. Anlagensicherheit*

Die Sicherheit der Einrichtungen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle sollte während ihrer Lebensdauer angemessen gewährleistet werden.

## **5.3 Schweiz**

In der Schweiz ist die Frage nach der ethischen Vertretbarkeit der Lagerung von radioaktiven Abfällen ein in der Öffentlichkeit heftig diskutiertes Thema. Seit einiger Zeit steht auch das so genannte „Hüte-Konzept“ in der Debatte, dessen Vor- und Nachteile gegenüber einer Endlagerung kontrovers diskutiert werden. Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) veröffentlichte im Januar 1998 einen Expertenbericht mit dem Titel „Hüte-Konzept versus Endlagerung radioaktiver Abfälle: Argumente, Diskurse und Ausblick“ /HSK 98/. Darin stellt der Autor Marcos Buser das Hüte-Konzept dar als Sammelbegriff für die sich mehrenden Gedankenströmungen in der Debatte um die nukleare Entsorgung, welche eine kontrollierte Lagerung radioaktiver Abfälle über hunderte, tausende und mehr Jahre hinweg verlangen. Hatte sich die Auseinandersetzung um die nukleare Entsorgung in der Schweiz bis weit in die achtziger Jahre vor allem an der Frage um die generelle Machbarkeit sowie um die technischen und geologischen Problemstellungen entzündet, so entwickelte sich die Diskussion in den darauf folgenden Jahren zusehends auch in Richtung einer ethischen Dimension.

Der Hüte-Idee liegt lt. Buser die Annahme zugrunde, eine geologisch sichere Endlagerung sei aufgrund mangelnder Fähigkeit zur Prognose der Langzeitsicherheit natürlicher Systeme nicht machbar. Dabei steht die Glaubwürdigkeit von Modellen und

Methoden der Zukunftsschau im Mittelpunkt der Auseinandersetzungen um die verfolgten Sicherheitskonzeptionen für die Entsorgung. Der Bericht der HSK kommt zu dem Schluss, dass die Diskussion um die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit des Hüte-Konzeptes im Endeffekt eine Scheindiskussion ist, die sich von selbst auflösen müsste, wenn die Konsequenzen bezüglich technischer Ausführung, Sicherheit und Finanzierung analysiert werden. Die Weigerung, alle diese wichtigen technischen und wirtschaftlichen Aspekte grundsätzlich zu durchdenken, ist Ausdruck starker ideologischer Fixierung.

Anlass zur ständigen öffentlichen Diskussion der ethischen Vertretbarkeit der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz geben auch die Genehmigungsverfahren für das atomare Zwischenlager „ZWILAG“ und für das geplante atomare Endlager „Wellenberg“ für schwach- und mittelradioaktive Abfälle.

Die ethischen Aspekte im Sinne einer Verantwortungsethik, die von Seiten der schweizerischen Regierung vertreten werden, finden sich unter anderem in den Schutzziele wieder, die für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz in der HSK-Richtlinie R-21 statuiert wurden /HSK 93/.

Die Bestimmungen dieser Richtlinie gelten für alle Methoden der geologischen Endlagerung in der Schweiz und für alle Kategorien von endzulagernden radioaktiven Abfällen. Sie beziehen sich allein auf die Langzeitsicherheit nach dem Verschluss eines Endlagers.

Das Ziel der Endlagerung ist, radioaktive Abfälle in einer solchen Art zu beseitigen, dass

- der Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung aus diesen Abfällen dauernd gewährleistet ist,
- künftigen Generationen keine unzumutbaren Lasten und Verpflichtungen auferlegt werden.

Zur Einhaltung dieser obersten Schutzziele werden in der HSK-Richtlinie R-21 praxisrelevante Prinzipien dargelegt, die auch wiederum die philosophische Grundhaltung der Endlagerung widerspiegeln:

### Prinzip 1:

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle darf nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung zur Folge haben.

Ein absoluter Einschluss aller radioaktiven Abfälle über unbegrenzte Zeiten ist nicht möglich. Ein Endlagersystem ist deshalb an einem geeigneten Standort so zu erstellen, dass die im Laufe der Zeit stattfindende Freisetzung von Radionukliden in die Biosphäre nur geringfügig und in sehr niedriger Konzentration erfolgen kann.

### Prinzip 2:

Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist der Schutz der Umwelt so zu gewährleisten, dass die Artenvielfalt nicht gefährdet und die Nutzung von Bodenschätzen nicht unnötig eingeschränkt wird.

Der Mensch ist einer der strahlenempfindlichsten Organismen. Wenn der Mensch als Individuum vor radioaktiver Strahlung geschützt ist, kann angenommen werden, dass auch andere Spezies in ihrer Art geschützt werden.

### Prinzip 3:

Die Risiken für Mensch und Umwelt aus der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz dürfen auch im Ausland und in Zukunft nicht höher sein, als sie in der Schweiz heute zulässig sind.

Aus der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz können radiologische Konsequenzen in ferner Zukunft und außerhalb der heutigen Landesgrenzen entstehen. Für solche Auswirkungen der Endlagerung gelten die gleichen Begrenzungen wie heute in der Schweiz.

### Prinzip 4:

Die Langzeitsicherheit eines Endlagers ist durch gestaffelte passive Sicherheitsbarrieren zu gewährleisten.

Die Begrenzung der Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager in die Biosphäre soll durch passive Sicherheitsbarrieren erreicht werden und darf nicht auf

nachträglicher Überwachung und Instandhaltung des Endlagersystems beruhen (Mehrbarrierenkonzept).

#### Prinzip 5:

Allfällige Vorkehrungen zur Erleichterung von Überwachung und Reparaturen eines Endlagers oder Rückholung der Abfälle dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen.

Die Rückholbarkeit endgelagerter Abfälle ist bei den heutigen Endlagerkonzepten im Prinzip gegeben, auch wenn die Rückholung mit einem erheblichen Aufwand verknüpft ist. Maßnahmen, die zur erleichterten Rückholung der Abfälle oder zur Überwachung und Reparatur des Endlagers dienen, dürfen nicht auf Kosten der passiven Sicherheit gehen.

#### Prinzip 6:

Die Vorsorge für die Endlagerung der radioaktiven Abfälle ist eine Aufgabe, die der heutigen nutznießenden Gesellschaft zukommt und die nicht auf künftige Generationen abgewälzt werden darf.

Grundsätzlich sind Zivilisationsprobleme durch die Gesellschaft zu lösen, welche sie geschaffen hat. Damit besteht die Verpflichtung, die Abklärungen für die Endlagerung der heute anfallenden radioaktiven Abfälle auch heute durchzuführen. Die effektive Realisierung kann sich aus sicherheitstechnischen oder anderen Gründen verzögern, soll aber zum frühesten geeigneten Zeitpunkt erfolgen.

Im Juni 1999 wurde vom Vorsteher des Eidgenössischen Departments für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation die „Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA)“ eingesetzt. Im Rahmen ihres Mandats soll die EKRA neben technisch wissenschaftlichen Fragen der sicheren Entsorgung – unter Berücksichtigung des Gebots einer nachhaltigen Entwicklung – auch gesellschaftliche Aspekte bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle untersuchen, insbesondere:

- Sicherheit von Mensch und Umwelt (höchste Priorität)
- Handlungsspielraum für alle betroffenen Generationen und Gerechtigkeit zwischen Bevölkerungsschichten, -gruppen und Generationen

- Einhaltung des Verursacherprinzips
- Akzeptanz

Auf der Basis dieser Beurteilungskriterien sollen die Bedingungen für eine sichere Lagerung der radioaktiven Abfälle formuliert werden.

Es zeichnet sich ab, dass sich die gesellschaftlichen Forderungen an die Endlagerung radioaktiver Abfälle am Prinzip der Reversibilität orientieren. Die EKRA hat daher ein Konzept der kontrollierten geologischen Langzeitlagerung entwickelt, das Endlagerung und Reversibilität verbinden soll.

Der Schlussbericht der EKRA steht kurz vor der Veröffentlichung.

### **Kommentar**

*Die in der Schweiz vertretene Meinung in Bezug auf die Vorgehensweise bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle deckt sich in weiten Teilen mit den Vorgaben der Collective Opinion der NEA/OECD, die unter Beteiligung Schweizer Experten formuliert und verabschiedet wurde. Die Ergebnisse der EKRA werden der Diskussion um die Endlagerung radioaktiver Abfälle neue Impulse geben.*

## **5.4 Schweden**

In Schweden werden grundsätzlich die gleichen Schutzziele verfolgt, wie sie bereits für die Schweiz angeführt wurden, wenn es um die ethische Betrachtung der Endlagerung radioaktiver Abfälle geht. Experten aus Schweden sind, ebenso wie Experten aus der Schweiz, Mitgestalter der „collective opinion“ der OECD/NEA /NEA 95/ gewesen.

In Schweden hat sich das National Waste Council for Nuclear (KASAM) mit der ethischen Verantwortung bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle befasst und 1988 u. a. die beiden folgenden Prinzipien – die so genannten KASAM Prinzipien - formuliert /SKN 88/:

„Unsere Generation, die den Nutzen aus der Atomenergie gehabt hat, muss auch die volle Verantwortung für die radioaktiven Abfälle (Nuklearabfall und abgebrannte

Brennelemente) übernehmen, und darf zukünftigen Generationen keine unzumutbaren Lasten aufbürden. Das bedeutet auch, dass ein Endlager im Hinblick auf die Langzeitsicherheit nicht von der Überwachung oder Wartung durch zukünftige Generationen, abhängig sein darf.“

„In einer Welt, in der das Wissen mit der Zeit zunimmt, und wo Werturteile sich ändern, sollten zukünftige Generationen die Freiheit haben, eigene Entscheidungen hinsichtlich der Anwendung von Mitteln zur Sicherheit und zum langfristigen Schutz zu treffen. Außerdem sollte ein Endlager nicht so gestaltet werden, dass es unmöglich ist, den Abfall zurück zu gewinnen, das Endlager zu überwachen oder zu Nachbesserungen durchzuführen.“

Das schwedische System stellt die Entsorgung des gesamten radioaktiven Abfalls für lange Zeit sicher. Es gibt ein Transportsystem, ein Endlager für kurzlebigen Betriebsabfall und ein Zwischenlager für abgebrannte Kernbrennstoffe /SKB 99/.

Für den Ort, der schließlich als Standort für das noch zu errichtende Tieflager für abgebrannte Kernbrennstoffe gewählt wird, muss nachgewiesen werden, dass alle relevanten Umwelt- und Sicherheitsbestimmungen erfüllt sind. Des Weiteren sind vergleichende Untersuchungen erforderlich, aus denen unter anderem hervorgehen muss, dass es offenbar keinen besseren Ort in einer anderen Landesregion gibt. Eine dritte Bedingung ist, dass lokal Interesse und Akzeptanz für das Tieflager vorhanden sein müssen, d. h. die Tieflagerung darf nicht gegen den Willen einer Gemeinde durchgeführt werden. Darüber hinaus wird die Bevölkerung in die Entscheidungsfindung für den Endlagerstandort explizit eingebunden.

### **Kommentar:**

*Aus diesen Ausführungen lässt sich ableiten, dass in Schweden die praktische Handhabung der Probleme, die sich durch den Nutzen von Kernenergie und den daraus resultierenden Abfall ergeben, auf einer pragmatischen Mischung aus Verantwortungsethik und Moralethik basiert. In der offiziellen Darstellung wird eher der sicherheitstechnische Aspekt betont.*

*In Schweden wird die Akzeptanz der Bevölkerung für die durchzuführende Maßnahme durch eine sicherheitstechnisch basierte Argumentation geschaffen, die durch den Nachweis untermauert wird, dass alle relevanten Umwelt- und Sicher-*

*heitsbestimmungen erfüllt sind. Der Ansatz der Öffentlichkeitsbeteiligung erscheint Erfolg versprechend.*

## **5.5 Kanada**

In seinem Beitrag zum Workshop der OECD Nuclear Energy Agency (NEA) von September 1994 in Paris, auf dem umweltbezogene und ethische Aspekte der Endlagerung von langlebigem radioaktivem Abfall diskutiert wurden, stellt Fred Roots - Vertreter des kanadischen Department of Environment - die kanadische Sichtweise zu dieser Thematik dar /ROO 94/.

Die für Kanada typische und lt. Roots einzigartige umweltbezogene Ethik führt er zurück auf das Zusammenspiel von Geographie, Klima, Geschichte, rassischer und kultureller Heterogenität, Bodenschätze und die wirtschaftliche und politische Struktur Kanadas. Hierin seien drei eindeutige Wertesysteme entwickelt, die allesamt politische Rechtfertigung und Glaubwürdigkeit in der Bevölkerung erführen:

- Wirtschaft/ Energie (economy /energy),
- Gleichberechtigung/ Natur (egalitarian/nature),
- Ökologie/ Ureinwohner (ecology//aboriginality).

Die offene und transparente Informationspolitik und Entscheidungsfindung in Kanada ist ursächlich für die breite öffentliche Unterstützung anzusehen. Die ethischen und sozialen Aspekte eines Konzeptes für die Endlagerung radioaktiver Abfälle wurden in der Öffentlichkeit in vergleichbarer Tiefe diskutiert wie die sicherheitsbezogenen oder technischen Aspekte, wobei die Bedürfnisse und Belange der eingeborenen Bevölkerung besondere Berücksichtigung fanden.

Diese Art der Entscheidungsfindung, wie sie in Kanada in Einklang mit den natürlichen Gegebenheiten stattfindet, wird von Roots als vielfach breiter und komplexer angesehen als die sonst in der Welt praktizierte Diskussion um Pro und Kontra.

### **Kommentar:**

*Einer Entscheidungsfindung, die im Einklang mit den Besonderheiten (ethnisch, wirtschaftlich und/oder geographisch) eines Landes steht, ist grundsätzlich zuzu-*

*stimmen. Allerdings hat sich gezeigt, dass auch eine frühe Beteiligung der Öffentlichkeit am Meinungsbildungsprozess und allen folgenden Prozessschritten die Verwirklichung eines Endlagerprojektes nicht garantiert.*

## **5.6 Europäische Union**

Mit Beschluss der Kommission vom 16. Dezember 1997 wurde eine Europäische Beratergruppe für Ethik der Naturwissenschaften und neuen Technologien (EGE) gebildet. Diese trat an die Stelle der Beratergruppe für ethische Fragen in der Biotechnologie (1991-1997). Der Tätigkeitsbereich der neuen Gruppe umfasst nicht allein die Biotechnologie, sondern sämtliche neuen Technologien. Einige dieser Technologien - z.B. die Informationstechnologien - wirken sich immer stärker auf das tägliche Leben der Bürger aus und werfen neue ethische Fragen auf. Die Beratergruppe setzt sich aus 12 unabhängigen Mitgliedern mit unterschiedlichen Kompetenzen zusammen (Recht, Genetik, Philosophie, Theologie, Soziologie, Medizin und Biologie). Sie prüft auf eigene Initiative alle Fragen, die sie für sinnvoll hält, und kann außerdem nicht nur von der Kommission, sondern neuerdings auch vom Rat und vom Europäischen Parlament zur Stellungnahme aufgefordert werden /KEU 99/.

Den ethischen Aspekten der Forschung wurde bei der Verabschiedung des 5. Rahmenprogramms der Europäischen Union (EU) 1998 große Aufmerksamkeit zuteil, insbesondere von Seiten des Europäischen Parlaments. Gemäß Artikel 7 des Rahmenprogramms ist die Gemeinschaftsforschung grundlegenden ethischen Prinzipien ausdrücklich verpflichtet. Innerhalb des Rahmenprogramms werden im Übrigen Studien zur Ethik in Medizin und Biomedizin finanziert; die humangenetische Forschung ist streng geregelt, ebenso Tierversuche.

### **Kommentar**

*Ausführungen zur Endlagerung liegen den Autoren nicht vor.*

## **5.7 Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit (IANUS)**

Im Jahre 1987 hat sich an der Technischen Universität Darmstadt (TUD) eine Gruppe von Hochschulmitgliedern zusammengefunden, die ihre Lehrtätigkeit zu Fragen der Friedensforschung bündeln und eine gemeinsame Forschungstätigkeit initiieren wollte. Diese Bemühungen mündeten in der Gründung der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit (IANUS), die mit der Bewilligung von Forschungsmitteln zum 1.4.1988 ihre Arbeit aufnahm.

IANUS behandelt aktuelle Probleme im Zusammenhang von Technologiefolgen und Sicherheitsbelangen, z. B. in gesellschaftlichen Risiko- und Konfliktsituationen. IANUS will mit seinen derzeitigen Projekten einen Beitrag zur Problemwahrnehmung und -lösung auf folgenden Gebieten leisten:

- Rüstungskontrolle, Nichtverbreitung, Abrüstung und Rüstungskonversion mit Schwerpunkt bei atomaren und biologischen Waffen sowie deren Trägersystemen,
- Konzeptionen für eine kernwaffenfreie Welt,
- Zivil-militärische Ambivalenz von Naturwissenschaft und Technik sowie Rüstungstechnikfolgenforschung, auch im Hinblick auf ein Konzept vorbeugender Rüstungskontrolle,
- Mathematische Modelle im Sicherheits- und Umweltbereich,
- Verantwortbare Energieversorgung für die Zukunft, bearbeitet vor allem an Fallbeispielen neuer nuklearer Technologien und internationaler Kooperation in der Klimapolitik,
- Verantwortung und Ethik in der Wissenschaft,
- Entwicklung eines Konzepts prospektiver Ethik und prospektiver Technikfolgenabschätzung sowie dessen Erprobung an exemplarischen Fällen.

Während sich die Arbeiten von IANUS in der Gründungsphase fast ausschließlich auf naturwissenschaftlich begründete Beiträge zu friedens- und sicherheitspolitisch bedeutsamen Themenstellungen konzentrierten, werden heute Einflussfaktoren aus Naturwissenschaft und Technik, die allgemeiner definierte Konfliktkonstellationen in

den Bereichen von Sicherheitsrisiken, internationaler Sicherheit und Nachhaltigkeit mitbestimmen, anhand von Einzelfragestellungen untersucht.

Der Arbeit von IANUS liegt laut der Selbstdarstellung dieser Gruppe die Überzeugung zugrunde, dass traditionelle disziplinäre Forschungsansätze nicht mehr ausreichen, angemessen auf die neuen Herausforderungen zu reagieren, mit denen die Wissenschaft angesichts aktueller Probleme konfrontiert ist. Gleichzeitig möchte IANUS zum Verständnis angemessener Disziplinarität und zu einer Weiterentwicklung der Praxis von Interdisziplinarität und Transdisziplinarität beitragen. In der Art der Problemwahrnehmung und bei der Diskussion von Handlungsoptionen werden notwendigerweise wichtige ethische Aspekte berührt.

IANUS füllt seit der Gründung des Zentrums für Interdisziplinäre Technikforschung (ZIT) der TUD den Arbeitsbereich "Rüstungskontrolle" aus, arbeitet im Bereich "Technik und Umwelt" mit und wird im Rahmen der Projektförderung vom ZIT unterstützt.

Die Arbeit von IANUS ist in vielfältige Kooperationen mit in- und ausländischen wissenschaftlichen Institutionen eingebunden. Die Expertise von IANUS wird von einer Reihe von Technikfolgenabschätzungs-Institutionen, parlamentarischen Gremien, internationalen Organisationen und Medien nachgefragt.

In engem Zusammenhang mit der Arbeit von IANUS stehen auch die Arbeiten von Martin Kalinowski, Katrin Borchering und Wolfgang Bender, die eine Untersuchung des Titels „Die Langfristlagerung hochradioaktiver Abfälle als Aufgabe ethischer Urteilsbildung“ durchgeführt haben /KAL 99/. Diese ist in 4 Teilen in der Zeitschrift ETHICA erschienen, wobei in den Teilen I und II verschiedene Lagerkonzepte beschrieben und die Unzulänglichkeiten bei der bisherigen Entscheidungsfindung offen gelegt werden. Demnach stellen die bisher in der Öffentlichkeit diskutierten Abfallentsorgungsmöglichkeiten, wie z. B. die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen, die rückholbare Lagerung oder die Transmutation, nur unzulängliche Lösungen dar.

Die tiefengeologische Endlagerung erscheine wenig vertrauenswürdig aufgrund des „andauernden Dissens der Experten über die Langzeitsicherheit“. Trotz der angelegten Diskussion bliebe die Angst, dass zum „Selbstschutz zukünftiger Generatio-

nen ein späteres Eingreifen zur Reparatur von Behältern oder zur Sanierung von kontaminierten Bereichen notwendig“ werden könne.

Gegner dieser dauerhaften Endlagerung von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen Formationen favorisieren daher die dauerhaft zugängliche und aktiv bewachte Lagerung. „Diese Lagerung soll auf den jeweils technologisch neuesten Stand gebracht werden, was daher als Aufgabe vieler Generationen angesehen wird“.

Durch technologische Fortschritte ist die Transmutation, laut Kalinowski, für die Behandlung von radioaktiven Abfällen ernsthaft in die Diskussion gekommen. Er beschreibt die Transmutation als Methode zur Vermeidung von Langzeitsicherheitsbetrachtungen für ein Abfalllager, da mit dieser Technik langlebige Isotope durch gezielten Beschuss in kurzlebige oder stabile Isotope überführt werden können. Aufgrund der dazu notwendigen chemischen Separation und den damit verknüpften technologischen Schwierigkeiten stelle diese Methode derzeit keine Alternative zur Endlagerung dar.

Martin Kalinowski, Katrin Borchering und Wolfgang Bender leiten aus ihrer Darstellung folgende Kritikpunkte an der Sicherheit eines tiefengeologischen Endlagers ab:

- Hohe Prognoseunsicherheiten von Modellrechnungen in Bezug auf die Langzeitsicherheit eines Endlagers
- Geologische Instabilitäten durch ggf. Eintritt in neue Eiszeiten, Wirkung von Erdbeben oder Klimaveränderungen, Meeresspiegelanstieg aufgrund des Treibhauseffektes, etc.
- Unzulänglichkeit natürlicher Barrieren durch Beeinträchtigung der Integrität und Dichtigkeit einer geologischen Formation durch die Errichtung eines Endlagers
- Unzulänglichkeit künstlicher Barrieren aufgrund unvorhersehbarer Effekte
- Störfaktoren aus den Abfällen selbst durch Gasbildung und Radiolyse u. ä.
- Menschliches Eindringen

Der dritte in der Zeitschrift ETHICA veröffentlichte Teil setzt sich mit der ethischen Meinungsbildung in der Kernenergie-Agentur der OECD auseinander und stellt anschließend ein eigenes Modell ethischer Urteilsbildung vor; der im Anschluss daran entwickelte Globalwertbaum benutzt das Wertbaumverfahren, um ethische Prinzipien und ethische Beurteilungskriterien für eine Urteilsbildung im konkreten Fall der Langfristlagerung zu operationalisieren. Nach Darstellung der Autoren verfolgen sie mit ihren Ausführungen das Ziel, eine „umfassendere und vertiefte öffentliche Diskussion anzuregen, in der die zur Zeit fast ausschließlich verfolgte Lösung der umgehenden Endlagerung in tiefen geologischen Formationen überprüft und Alternativen in die Urteilsbildung einbezogen werden“.

**Kommentar:**

*Entgegen der Darstellung von Kalinowski, Borcharding und Bender ist es nach Stand von Wissenschaft und Technik sehr wohl möglich, die Langzeitsicherheit eines Endlagers unter Berücksichtigung der oben genannten Unsicherheiten nachzuweisen. Die in der Natur der langfristigen Vorhersage liegenden Ungenauigkeiten der Prognosen lassen sich ggf. durch den Umfang der analysierten Parameter und Systeme eines Endlagerstandortes absichern. Aufgrund der aufgeführten Kritikpunkte ist das Verwerfen der tiefeingeologischen Endlagerung radioaktiver Abfälle nicht gerechtfertigt. Auch die Option der Transmutation stellt keine Lösung des Problems dar, da die Transmutation eine erhebliche Ausweitung kerntechnischer Anlagen mit einem großen Mittelbedarf nach sich zieht. Darüber hinaus macht sie die Endlagerung von radioaktiven Abfällen nicht überflüssig. Das Ziel der Autoren, die öffentliche Diskussion zur Lösungsfindung der Endlagerproblematik zu vertiefen und zu erweitern, ist zu begrüßen.*

Wolfgang Liebert (Technische Universität Darmstadt, Institut für Nuklearphysik ), ein Mitglied von IANUS, präsentiert in seiner Arbeit - analog zu den Veröffentlichungen von Martin Kalinowski - die Ansichten und Meinungen von IANUS in der Öffentlichkeit. Sie behandelt unter dem Titel „Nukleare Risiken zu hoch - Verantwortung der Wissenschaft angesichts gegenwärtiger Nuklearprogramme“ /LIE 96/ die vermeintlich zu hohe Risikobereitschaft der Verantwortlichen in Deutschland, die zivile Bevölkerung den Gefahren der Kernenergie auszusetzen.

Aus seiner Sicht stellen sich daher die Konsequenzen für die Zukunft der Kernenergie in Deutschland derart dar, dass die gegenwärtigen Nuklearprogramme ein er-

hebliches Gefahrenpotential beinhalten und ein Weitermachen wie bis zur Reaktor-katastrophe in Tschernobyl unverantwortlich scheint. „Gleichwohl kann von der staatlich alimentierten Wissenschaft und den Betreibern erwartet werden, dass sie die Probleme, die aus der bisherigen und gegenwärtigen Nutzung der Nukleartechnologie erwachsen, minimieren und tendenziell lösen. Wenn zukünftige Nuklearenergiekonzepte verfolgt werden, sollte die drastische Minimierung der bislang erkannten Auswirkungen der Problemliste der Spaltenergie das Ziel sein. Wenn Wissenschaft noch den Anspruch eines Problemlösers aufrechterhalten will, muss sie den Ruch der Problemverursacherin, der ihre Problemlösungskompetenz längst in den Schatten gestellt hat, bewusst abstreifen.“

Für eine verantwortbare Verfolgung von Zukunftsoptionen im Bereich nuklearer Technologieoptionen würde dies im Sinne Lieberts u.a. bedeuten, dass Kriterien gefunden werden müssten, die die mögliche Entwicklung selbst mit beeinflussen und die Konkurrenz zu den noch immer stiefmütterlich behandelten regenerativen Energieträgern aufzeigen. Zu diesen Kriterien, spezifisch bezogen auf die Endlagerung, sollte seiner Meinung nach gehören:

- Nachweis der Machbarkeit von Katastrophenfreiheit für Nuklearanlagen
- Verwirklichung von Proliferationsresistenz
- minimale Langzeitfolgen

Als weiteres Kriterium ist hinzuzusetzen, dass die Entwicklungsreife eines Endlagers in etwa 30 Jahren garantiert sein müsste, da der Zeitpunkt für den Start des Einsatzes notwendigerweise rechtzeitig für das Erreichen des Klimaschutzzieles liegen muss.

**Kommentar:**

*Die Behauptung Lieberts über die vermeintliche Leichtfertigkeit der Verantwortlichen in Deutschland, die Zivilbevölkerung den Gefahren der Kernenergie auszusetzen, ist nicht haltbar. Sein Verweis auf den vernachlässigten Einsatz regenerativer Energien als Alternative zur Kernenergie zielt auf die Energiepolitik als Ganzes ab. Zur Lösung der von ihm angesprochenen Probleme im Hinblick auf die Nutzung der Kernenergie und der ethischen Entscheidungsfindung im Hinblick auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle werden keine Ausführungen gemacht.*

## **5.8 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)**

Das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) führt wissenschaftliche Arbeiten in den Gebieten "Technikfolgenabschätzung" und "Stoffströme und nachhaltige Entwicklung" durch. Kennzeichnend für die Arbeiten des ITAS sind der systemanalytische und problemorientierte Forschungsansatz sowie die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.

Im Arbeitsbereich "Technikfolgenabschätzung" (Technology Assessment) werden Untersuchungen über

- die Potentiale neuer wissenschaftlich-technischer Entwicklungen und die damit verbundenen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Chancen,
- die rechtlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen der Realisierung und Umsetzung wissenschaftlich-technischer Entwicklungen und
- die potentiellen positiven und negativen Auswirkungen der zukünftigen Nutzung neuer wissenschaftlich-technischer Entwicklungen

durchgeführt mit dem Ziel, Möglichkeiten für eine verstärkte Wahrnehmung der Chancen des Technikeinsatzes und die Vermeidung oder Abmilderung seiner Risiken aufzuzeigen. Einen weiteren Schwerpunkt bilden konzeptionelle Arbeiten zur Technikfolgenabschätzung und zu verwandten Analyseansätzen.

Das ITAS betreibt weiterhin als besondere organisatorische Einheit das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Das TAB ist eine selbständige wissenschaftliche Einrichtung, die den Deutschen Bundestag und seine Ausschüsse berät. Zum Arbeitsprogramm des TAB gehören die Durchführung von Projekten der Technikfolgen - Abschätzung sowie - im Rahmen von Monitoring-Aktivitäten - die Beobachtung wichtiger wissenschaftlich-technischer Trends und damit zusammenhängender gesellschaftlicher Entwicklungen. Das TAB ist Mitglied im Netzwerk europäischer parlamentarischer TA-Einrichtungen (EPTA-network).

Externe Adressaten bzw. Auftraggeber der Arbeiten des ITAS sind unter anderem das Bundesministerium für Bildung und Forschung, das Bundesministerium für Um-

welt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, das Umweltbundesamt, das Statistische Bundesamt, der Deutsche Bundestag und die EU-Kommission.

Wissenschaft und Technik wird vielfach eine Schlüsselrolle für die Konkretisierung und Umsetzung des derzeit die nationale wie auch die internationale Diskussion um die Perspektiven einer umweltverträglichen Wirtschafts- und Produktionsweise beherrschenden Leitbildes der "nachhaltigen Entwicklung" zuerkannt /TAB 98/. Mit den Herausforderungen, die sich aus dem Leitbild für die Forschungs- und Technologiepolitik (FuT) ergeben, beschäftigte sich das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) seit Ende 1995. Ziel der Arbeiten des TAB ist nicht die Frühwarnung vor technikbedingten Risiken, vielmehr geht es bei den Untersuchungen des TAB um das vorausschauende Abwägen von Chancen und Risiken und um die Möglichkeiten der Gestaltung neuer technischer Entwicklungen und ihrer Rahmenbedingungen.

#### **5.8.1 Das Leitbild in der gesellschaftlichen Diskussion**

Bei der Konkretisierung von Zielen und Maßnahmen einer Gestaltung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Dimensionen von nachhaltiger Entwicklung schlagen die unterschiedlichen Perspektiven und Interessen der gesellschaftlichen Akteure zu Buche /TAB 98/. Eine "nachhaltige" FuT-Politik kann und sollte im Sinne des TAB anknüpfen an die verschiedenen differenzierten Versuche einer Bestimmung von Nachhaltigkeitszielen und -indikatoren. Nach wie vor aber wird es eine wesentliche Aufgabe der Wissenschaft sein, durch eine integrierte Untersuchung ökologischer, sozialer und ökonomischer Wirkungszusammenhänge zur Konkretisierung der Problembeschreibung, der Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren und der Entwicklung erfolgreicher Nachhaltigkeitsstrategien beizutragen.

#### **5.8.2 Das Leitbild in der FuT-Politik europäischer Länder**

Dem Leitbild „nachhaltige Entwicklung“ kommt eine wachsende Bedeutung in der internationalen Diskussion um die politische Gestaltung des technischen Wandels zu; es findet auch in einzelnen europäischen Ländern einen praktischen Niederschlag in der FuT-Politik in Form neu aufgelegter - an Nachhaltigkeit orientierter - Forschungsprogramme. Neben spezifischen Programmen zu Themen der Umweltforschung und Umwelttechnik werden technologiefeldübergreifende Programme

aufgelegt, die sich der Erforschung von nachhaltigen Problemlösungen für bestimmte Regionen, wirtschaftliche Sektoren oder Bedürfnisfelder widmen.

Dabei zeigt sich:

- Das Bemühen um eine integrierte Erfassung von ökonomischen, sozialen und technischen Zusammenhängen bei der Entstehung ökologischer Probleme sowie um integrierte Problemlösungen wird deutlich.
- Die Einbeziehung gesellschaftlicher Akteure bei den problemorientierten Programmen spielt eine wichtige Rolle.
- Programme, die sich der wissenschaftlichen Entwicklung von Modellen nachhaltigen Wirtschaftens sowie nachhaltiger Konsummuster- und Lebensstile widmen sind stark repräsentiert, wie überhaupt die wissenschaftliche Konkretisierung des Leitbildes (z.B. die Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren) als Aufgabe einer auf Nachhaltigkeit abstellenden Forschung und Entwicklung angesehen wird.
- Aspekte wie Interdisziplinarität und Problemorientierung und die Einbeziehung von gesellschaftlichen Akteuren scheinen, zumindest auf der Ebene der Programmatik, wichtige Eckpfeiler einer nachhaltigen FuT-Politik zu bilden. Daneben werden aber vielfach auch eher disziplinär ausgerichtete, in der Tradition der klassischen Umweltforschung stehende Programme aufgelegt.

### **5.8.3 Kriterien für eine nachhaltige Entwicklung**

Der im Rahmen eines Monitoring international durchgeführte Vergleich über Ansätze einer Integration des Leitbildes nachhaltige Entwicklung in die FuT-Politik (TAB-Arbeitsbericht Nr. 50) hatte im Überblick ergeben, dass insbesondere das niederländische Programm "Duurzame Technologische Ontwikkeling" (DTO, "nachhaltige Technikentwicklung") einen Ansatz darstellt, der den von TAB erarbeiteten Kriterien einer "nachhaltigen FuT-Politik" Rechnung trägt.

Im niederländischen DTO-Programm werden die – analog zu den vom TAB - entwickelten Kriterien für eine nachhaltige Forschungspolitik in vielerlei Hinsicht umgesetzt. So erfolgt die Definition von Aufgaben der Forschung und der Technikentwicklung nicht ausgehend von bestehenden Techniklinien. Vielmehr werden - ausge-

hend von den im niederländischen nationalen Umweltplan definierten Umweltzielen - im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung zu lösende Probleme in unterschiedlichen Bedürfnisfeldern bestimmt. Hieran orientiert werden dann geeignete Techniklinien und Forschungsaufgaben definiert. Es scheint im Rahmen des Programms auch gelungen zu sein, grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung durch den Aufbau oder Anstoß neuer Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zu verbinden. Das Programm eröffnet über die im einzelnen geförderten Projekte hinaus einen Erfolg versprechenden Weg zur Stimulierung von Innovationsprozessen für eine nachhaltige Entwicklung, die trotz der notwendig langfristigen und unsicheren Entwicklungsperspektive anschlussfähig an Strategien und Interessen der Akteure des Innovationssystems sind. So werden einige durch das Programm angeregte Ideen derzeit in anderen niederländischen Forschungsprogrammen aufgegriffen und weitergeführt.

#### **5.8.4 Übertragbarkeit auf die deutsche FuT-Politik**

Ein Aufgreifen des niederländischen Ansatzes, mit den im Hinblick auf einige (auch in der niederländischen Diskussion thematisierte) Defizite und auf die deutsche Situation nötigen Modifikationen, erscheint nach Ansicht des TAB auch für die deutsche FuT-Politik geeignet. Auch in der deutschen Diskussion wird die Initiierung von Suchprozessen nach Inhalten und Aufgaben einer nachhaltigen Forschung und Technikentwicklung gefordert (Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt", Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU), Umweltbundesamt (UBA), Wissenschaftsrat). Bei einer möglichen Adaptation des Ansatzes für die deutsche FuT-Politik können Schwächen des Programms - wie beispielsweise die Orientierung an einem rein technischen auf Effizienzsteigerung zielenden Innovationsbegriff und eine mangelnde Integration von Umwelt- und Verbrauchergruppen in die Phase der Definition von Entwicklungslinien - berücksichtigt und verbessert werden. Zu berücksichtigen sind auch die unterschiedlichen institutionellen Voraussetzungen einer an Nachhaltigkeit orientierten FuT-Politik in den Niederlanden und in Deutschland. So ist in den Niederlanden eine Ressort übergreifende, interministeriell koordinierte Organisation der FuT-Politik seit langem gängige Praxis. Für das Zustandekommen und den Erfolg des Programms in den Niederlanden kann die Anbindung des Programms an die im niederländischen nationalen Umweltplan vorgegebenen Ziele als wesentlich gelten. Insgesamt aber bieten die differenzierte und rege deutsche Diskussion um nachhaltige Entwicklung, die eine Reihe ambitionier-

ter Versuche der Operationalisierung von Nachhaltigkeit hervorgebracht hat, wie auch die Tatsache, dass das Leitbild zumindest in der Umweltpolitik und auch in einer Reihe von Einzelprogrammen des BMBF politisch verankert ist, gute Voraussetzungen für die Initiierung eines langfristig angelegten - an definierten Zielen nachhaltiger Entwicklung ausgerichteten - Programms zur Konkretisierung "nachhaltiger" FuT-Projekte in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Akteuren des Innovationssystems.

### **Kommentar:**

*Die hier beschriebenen Ergebnisse der niederländischen Studie zum Leitbild der Nachhaltigkeit erscheinen in ihren Prinzipien übertragbar auf die Belange der Endlagerung radioaktiver Abfälle. In den Untersuchungen des TAB war eines der erklärten Ziele die Bestimmung von Nachhaltigkeitsindikatoren (analog zu den angestrebten Ergebnissen des hier erstellten Berichtes zur Betrachtung der ethischen Aspekte der Endlagerung). Die Ansicht des TAB, eine wesentliche Aufgabe der Wissenschaft darin zu sehen, durch integrierte Untersuchungen ökologischer, sozialer und ökonomischer Wirkungszusammenhänge zur Konkretisierung der Problembeschreibung beizutragen und somit die Handhabung von ethischen Fragestellungen, wie z. B. den Verantwortlichkeiten bei der Entscheidungsfindung geeigneter Entsorgungswege oder der Steigerung der Akzeptanz der Bevölkerung bei der Standortwahl zu erleichtern, ist zu unterstützen.*

## **5.9            Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung - Globale Umweltveränderungen (WBGU)**

Der „Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung - Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) wurde im Frühjahr 1992 als unabhängiges Beratungsgremium der Bundesregierung eingerichtet.

Der Beirat ist direkt der Bundesregierung zugeordnet und wird im 2-Jahres-Rhythmus abwechselnd vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) federführend betreut. Außerdem begleitet ein Interministerieller Ausschuss (IMA) der sich aus Vertretern von weiteren 13 Ministerien und dem Bundeskanzleramt zusammensetzt, die Arbeit des Beirats.

Die Hauptaufgabe des interdisziplinär besetzten Beirats ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse aus allen Bereichen des „Globalen Wandels“ auszuwerten und daraus politische Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Entwicklung abzuleiten. Ihm gehören 12 Wissenschaftler aus je zur Hälfte gesellschafts- und naturwissenschaftlichen Disziplinen an, die dem Bundeskabinett jährlich ein Gutachten mit Handlungs- und Forschungsempfehlungen zur Bewältigung globaler Umwelt- und Entwicklungsprobleme übergeben.

Die Aufgabe des Beirats ist es,

- globale Umwelt- und Entwicklungsprobleme zu analysieren und darüber zu berichten,
- nationale und internationale Forschungen auf dem Gebiet des „Globalen Wandels“ auszuwerten, auf neue Problemfelder frühzeitig hinzuweisen,
- Forschungsdefizite aufzuzeigen,
- Impulse zur interdisziplinären und anwendungsorientierten Forschung des „Globalen Wandels“ zu geben,
- nationale und internationale Politik zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung zu beobachten,
- Handlungs- und Forschungsempfehlungen für Politik und Öffentlichkeit zu erarbeiten und zu verbreiten.

In seinem Jahresgutachten des Jahres 1998 /WBG 98/ will der wissenschaftliche Beirat unter der Überschrift “Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken” einen konstruktiven Beitrag zu einem effektiven, effizienten und sachlichen Umgang mit Risiken des „Globalen Wandels“ leisten, indem

- global relevante *Risiken* typisiert und dabei die besonders gravierenden Risikotypen herausgestellt werden,

- diesen Typen sowohl bewährte als auch innovative Strategien zur Risikobewertung sowie entsprechende Instrumente für das Risikomanagement zugeordnet werden, so dass daraus *Managementprioritäten* festgelegt werden können.

Der Beirat sieht in einer global vernetzten Welt, in der Katastrophen schneller globale Ausmaße annehmen können als je zuvor, in dem Motto „Abwarten und die eventuell auftretenden Schäden bekämpfen“, keine ethisch verantwortbare Handlungsmaxime.

Je weitreichender die möglichen Folgen sind, und je weniger Kompensationsmöglichkeiten bestehen, desto wichtiger ist eine an Vorsorgemaßnahmen orientierte Risikopolitik, um globale Katastrophen so weit wie möglich zu vermeiden.

Aus diesem Grund sieht der Beirat dieses Gutachten auch als einen Versuch, durch eine kluge Verbindung von Genehmigungen, staatlichen Regulierungen und Haftungsregeln sowie die Anwendung staatlicher Vorsorgeprinzipien bzw. institutioneller Vorkehrungen ein höheres Maß an Zuversicht in die Managementkapazität moderner Gesellschaften zu geben und damit zu einer Versachlichung der internationalen Risikodebatte beizutragen.

Der Beirat versteht den Begriff Versachlichung in diesem Zusammenhang als Aufforderung

“den realen Gefahren mit allen damit verbundenen Unsicherheiten und Mehrdeutigkeiten zielführend, rational und effizient zu begegnen, und gleichzeitig die mit dem Eingehen von Risiken verbundenen Chancen zu nutzen”.

Der Beirat verleiht in seinem Jahresgutachten der Ansicht Ausdruck, dass es keine Rezepte gibt, Risiken pauschal zu bewerten. Das vom Beirat empfohlene Verfahren zum Umgang mit Risiken lässt sich in einem einfachen *Entscheidungsbaum* darstellen. “Stehen ein Betreiber, eine Regulierungsbehörde oder eine andere an einer riskanten Aktivität oder Technik interessierte Gruppe vor der Frage der Risikobewertung, dann sollten die Fragen beantwortet werden, die im Entscheidungsbaum aufgeführt sind. An der Spitze des Baumes steht die Frage, ob die Risiken einer neuen Aktivität oder Technologie soweit bekannt sind, dass man einen begründeten Verdacht für eine kausale Beziehung zwischen dem Risikoauslöser und möglichen Schadenswirkungen feststellen, die potentiellen Schäden zumindest identifizieren

und die Wahrscheinlichkeiten grob schätzen kann. Sind die Risiken nahezu oder völlig unbekannt, sind die klassischen Vorsorgestrategien - wie folgt - anzuwenden:

- Eine vorsichtige, auf Eindämmung der Risiken ausgerichtete Weiterentwicklung der risikoerzeugenden Aktivitäten,
- eine Intensivierung der Forschungsanstrengungen, um in Zukunft eine eindeutige Einordnung in die verschiedenen Risikotypen zu ermöglichen und mögliche Nebenwirkungen frühzeitig zu erfassen,
- die Institutionalisierung eines Frühwarnsystems zur Erkennung und Erforschung von Risiken.

Insgesamt hat der Beirat 6 verschiedene Risikotypen identifiziert:

Risikotyp	Charakterisierung	Beispiele
Damokles	<i>W</i> gering (gegen Null), Abschätzungssicherheit von <i>W</i> hoch, <i>A</i> hoch (gegen unendlich), Abschätzungssicherheit von <i>A</i> hoch	Kernenergie, großchemische Anlagen, Staudämme, Meteoriteneinschläge
Zyklop	<i>W</i> ungewiss, Abschätzungssicherheit von <i>W</i> ungewiss, <i>A</i> hoch, Abschätzungssicherheit von <i>A</i> eher hoch	Überschwemmungen, Erdbeben, Vulkaneruptionen, AIDS-Infektionen, Massenentwicklungen anthropogen beeinflusster Arten, Frühwarnsysteme von Nuklear- und ABC-Waffen, Zusammenbruch der thermohalinen Zirkulation
Pythia	<i>W</i> ungewiss, Abschätzungssicherheit von <i>W</i> ungewiss, <i>A</i> ungewiss (potentiell hoch) Abschätzungssicherheit von <i>A</i> ungewiss	sich aufschaukelnder Treibhauseffekt, Freisetzung und Inverkehrbringung transgener Pflanzen, BSE/nv-CJD-Infektion, bestimmte Anwendungen der Gentechnologie, Instabilitäten der westantarktischen Eisschilde
Pandora	<i>W</i> ungewiss, Abschätzungssicherheit von <i>W</i> ungewiss, <i>A</i> ungewiss (nur Vermutungen), Abschätzungssicherheit von <i>A</i> ungewiss, Persistenz hoch (mehrere Generationen)	persistente organische Schadstoffe (POP), endokrin wirksame Stoffe
Kassandra	<i>W</i> eher hoch, Abschätzungssicherheit von <i>W</i> eher gering, <i>A</i> eher hoch, Abschätzungssicherheit von <i>A</i> eher hoch, Verzögerungswirkung hoch	anthropogener schleichender Klimawechsel, Destabilisierung terrestrischer Ökosysteme

Risikotyp	Charakterisierung	Beispiele
Medusa	<i>W</i> eher gering, Abschätzungssicherheit von <i>W</i> eher gering, <i>A</i> eher gering (Exposition hoch), Abschätzungssicherheit von <i>A</i> eher hoch, Mobilisierungspotential hoch	elektromagnetische Felder
<i>W</i> = Eintrittswahrscheinlichkeit, <i>A</i> = Schadensausmaß		

### Strategien für den Risikotyp Damokles

Im Falle der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist primär vom Risikotyp Damokles auszugehen. Für Risiken vom Typ Damokles werden vom Beirat 3 zentrale Strategien empfohlen:

1. Das Katastrophenpotential durch Forschung und technische Maßnahmen reduzieren,
2. die Resilienz, d. h. die Robustheit des Systems gegen Überraschungen stärken,
3. ein effektives Katastrophenmanagement sicherstellen.

Im Rahmen der 1. Strategie, das Schadenspotential zu senken und dem Schadenseintritt vorzubeugen, geht es um die Verbesserung technischer Maßnahmen zur Reduzierung des Katastrophenpotentials und um die Erforschung und Durchführung von Maßnahmen zur Verringerung der Schadensausbreitung. Beispielsweise war die bei der Kernenergie in der Vergangenheit vorrangig angewandte Strategie, die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kernschmelze durch technische Maßnahmen weiter zu reduzieren, zu wenig zielführend, um dieses Risiko aus dem Grenzbereich in den Normalbereich zu überführen. Sinnvoller wäre dagegen, nach Meinung des Beirates, eine konstruktive Veränderung in Richtung auf Reduzierung des Katastrophenpotentials gewesen. Ebenfalls empfiehlt der Beirat die Einführung bzw. Stärkung von Haftungsregeln, die sich in Richtung einer Risikoverminderung auswirken könnten. Zugleich ist es notwendig, sichere Alternativen für Technologien mit hohem Katastrophenpotential zu erforschen und zu entwickeln. Dafür können unter bestimmten Umständen in der Einführungs- und Erprobungsphase Subventionen erforderlich sein.

Die 2. Strategie zielt darauf ab, die Resilienz gegenüber den Risikopotentialen zu erhöhen. Dafür müssen "übergeordnete institutionelle und organisatorische Strukturen, die Einfluss auf Genehmigungsverfahren, Überwachung, Ausbildung usw. nehmen, gestärkt werden". Daneben müssen technische Verfahren zur Erhöhung der Resilienz eingeführt oder durch redundante Auslegung von Technik und sicherheitsrelevanten Organisationseinheiten, durch Vorsehen von Spielräumen, Puffern und Elastizität (fehlerfreundliche Systeme) und durch Diversifizierung, d. h. Streuung von Risikopotentialen bzw. -quellen, verbessert werden.

Die als resilient betrachteten Organisationsformen und bewährte Genehmigungsverfahren sollten in Form von Technologie- und Wissenstransfers als Vorlage bzw. Vorbild für andere Staaten zur Verfügung gestellt werden. Außerdem sollten die internationale Kontrolle und Überwachung gestärkt sowie ein „internationaler TÜV“ eingeführt werden.

Die letzte Priorität bei den Handlungsstrategien nimmt das Katastrophenmanagement ein, wobei diese Strategie zwar nicht als unbedeutend eingeschätzt wird, aber als nachsorgende Strategie zur Schadensbegrenzung hinter den Risiko reduzierenden Strategien zurückstehen sollte. Hier gilt es auch wieder, persönliche und institutionelle Kapazitäten weiter zu stärken, indem nationale Notfallschutzprogramme entwickelt und gefördert werden. Die in vielen Industrieländern bewährten Notfallschutzmaßnahmen und -techniken in Form von Ausbildung, Bildung und Empowerment können durch Technologie- und Wissenstransfers an die lokal wirkenden Risikomanager weitergegeben werden.

### **Kommentar:**

*Die hier dargestellte Klassifizierung von Schadens- und Risikotypen stellt prinzipiell eine auf die Belange der Endlagerung radioaktiver Abfälle übertragbare Vorgehensweise dar. Die hier vorgenommene Rasterung der Risikoordnung reicht aber für die Bewertung ethischer Aspekte der Endlagerung nicht aus.*

## **5.10 IWE-Institut für Wissenschaft und Ethik e.V.**

Noch nie hat die Entwicklung der modernen Wissenschaften und ihre Anwendung auf den Menschen die Diskussion in der Gesellschaft so sehr beschäftigt wie heute. Gentechnik, Reproduktionsmedizin, Rationierung im Gesundheitswesen, Fragen der

Energiegewinnung – alle mit diesen Stichworten verbundenen Entwicklungen wecken auf der einen Seite Hoffnung und rufen auf der anderen Seite Ängste hervor. Extremhaltungen stehen einander gegenüber: Entweder alles zu machen, was möglich ist, oder die neuen Entwicklungen in Bausch und Bogen abzulehnen. Nichts ist daher so notwendig wie eine qualifizierte ethische Urteilsbildung, die naturwissenschaftlichen und medizinischen Sachverstand voraussetzt und sich dem Prinzip der Humanität verpflichtet weiß.

Die Universitäten Bonn und Essen sowie zwei benachbarte Forschungsinstitutionen, das Forschungszentrum Jülich und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, haben im Jahre 1993 das Institut für Wissenschaft und Ethik e.V. (IWE) gegründet. Vornehmliche Aufgabe dieses Instituts ist die Durchführung konkreter wissenschaftlicher Forschungsvorhaben zum Verhältnis von Wissenschaft und Ethik. Neben der Erarbeitung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und deren Veröffentlichung soll das Institut die wissenschaftliche und gesellschaftliche Diskussion auch durch Veranstaltung von Kolloquien und Vortragsreihen fördern.

Das Institut für Wissenschaft und Ethik e.V. hat seit seiner Gründung Forschungsprojekte zu Problemen der biomedizinischen Ethik und zu den ethischen Problemen bei der Anwendung von Naturwissenschaft und Technik durchgeführt. Schwerpunktthemen dabei waren die ethischen Probleme der Humangenetik, die Frage nach den Zielen und Grenzen ärztlichen Handelns, die Frage des Klonens beim Menschen und bei Tieren, die Reflexion der Ansätze und Methoden der Bioethik, die Frage der Prioritätensetzung bei der Allokation im Gesundheitswesen sowie Probleme der ökologischen Ethik.

## **6 Entwicklung ethischer Bewertungsmaßstäbe**

### **6.1 Ethische Krieriologie**

Wilhelm Korff führt in seiner ethischen Krieriologie /KOR 92/ sämtliche einzelnen Kriterien in zwei Klassen zusammen. Hierbei handelt es sich um die Sozialverträglichkeit und die Umweltverträglichkeit.

Sozialverträglichkeit bedeutet in diesem Zusammenhang die Verträglichkeit einer Technologie in ihren direkten Auswirkungen auf den Menschen. Unter Sozialverträglichkeit werden sämtliche soziale, gesellschaftlichen und ökonomischen Aspekte sowie das Kriterium „Verantwortung für künftige Generationen“ subsumiert.

Umweltverträglichkeit dagegen beschreibt die Verträglichkeit der unmittelbaren Auswirkungen einer Technologie auf die außermenschliche Natur. In diesem Sinne bezeichnet Umweltverträglichkeit die Sicherung der Natur an sich und die Verträglichkeit der Rückwirkungen, die eine Veränderung der Natur auf den Menschen hat (indirekte Auswirkungen auf den Menschen). Unter Sozialverträglichkeit werden sämtliche sozialen, gesellschaftlichen und ökonomischen Aspekte sowie das Kriterium „Verantwortung für künftige Generationen“ subsumiert.

In Anlehnung an die grundsätzliche Einteilung von Korff wird der Vorschlag für Kriterien, die für die Analyse und den Vergleich unterschiedlicher Entsorgungsstrategien angewandt werden sollen, in zwei große Klassen unterteilt /THO 99/:

Kriterien der Sozialverträglichkeit und Kriterien der Umweltverträglichkeit.

Die Kriterien der Sozialverträglichkeit können nur deskriptiv sein, bis auf die Daten zum Ressourcenverbrauch, eventuell unter Einsatz von Punktbewertungen gefasst werden und in die Bewertung einbezogen werden.

Die Kriterien zur Umweltverträglichkeit hingegen können zumeist in quantitativer Weise für die einzelnen Strategien im Vergleich berücksichtigt werden. Dabei spielt der Umstand eine wesentliche Rolle, dass die Wirkungen radioaktiver Stoffe auf den Menschen durch den Begriff der Dosis (Individual- und Kollektivdosis) zusammengefasst und mit den Gesundheitsrisiken korreliert werden können.

### **Kriterien der Sozialverträglichkeit**

1. Verbrauch materieller Ressourcen
  - Kernbrennstoffe (Uran, Thorium)
  - Land
  - Wasser
  - Energie

- Sonstige Rohstoffe
2. Versorgungssicherheit
- Herkunft, Verteilung, Transport der benötigten Ressourcen
  - Reichweite der Kernbrennstoffe (Verfügbarkeit, sonstiger Einsatzzweck)
  - Internationale wirtschaftliche und politische Abhängigkeit
3. Wirtschaftlichkeit
- Kapitaleinsatz
  - Einflüsse auf Arbeitsverfügbarkeit, Kosten und Lebensdauer von Anlagen
  - Einflüsse auf Stromerzeugungskosten
4. Beschäftigung, Innovation
- Personaleinsatz, Beschäftigungsaspekte
  - Fachkunde, Wissenspotential, Kompetenz
  - Gestaltungsfähigkeit, Innovationspotential, Spin-off
5. Technologische Struktur
- Großtechnologie, strukturelle Flexibilität
  - Erforderliche Infrastruktur, Zusammenhang mit anderen technischen Bereichen
  - Internationale Verflechtung
6. Gesellschaftliche Akzeptanz
- Polarisierende Elemente - Konsens fördernde Elemente
  - Zentralisierung- dezentrale Struktur
  - Zwänge, Notwendigkeiten - Chanceneröffnung, Offenheit, (Transparenz)
  - Innere Sicherheit
  - Anlagen- und Transportsicherung

- Überwachungsbedürfnisse, Safeguards

#### 7. Friedenssicherung

- Verwundbarkeit gegen kriegerische Handlungen
- Militärisches Potential, Proliferation

### **Kriterien der Umweltverträglichkeit**

#### 1. Anfall an Rückständen und Abfällen

- Größe der Stoffströme
- Rückstände bei der Uran/Thoriumgewinnung
- Anfall an Betriebsabfällen und abgebrannten Brennelementen
- Stilllegung von Anlagen, Sanierung belasteter Flächen

#### 2. Radiologische Auswirkungen

- Strahlenexposition der Beschäftigten (Individualdosis, Dosisverteilung, Kollektivdosis)
- Ableitungen radioaktiver Stoffe (Abluft, Abwasser)
- Strahlenexposition der Bevölkerung (Individualdosis, Kollektivdosis)
- Auswirkungen auf Umwelt, Bio-Akkumulation

#### 3. Konventionelle Auswirkungen

- Ableitung chemotoxischer Stoffe
- Auswirkungen auf Klima, Atmosphäre

#### 4. Stör- und Unfallrisiko

- Radiologische Risiken in Anlagen, beim Transport
- Potentielle Langzeitauswirkungen
- Konventionelle Risiken

## 6.2 Ethische Fragestellungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle

Im folgenden sollen die Fragestellungen dargestellt werden, die sich aus den in diesem Bericht gesammelten Meinungen, Stellungnahmen und Veröffentlichungen zu dieser Thematik ableiten lassen.

Die hier identifizierten Fragestellungen sollen als Grundlage dienen für ein Expertengespräch bzw. Diskussionsforum, bei dem die kritischen Fragen des ethisch verantwortbaren Umgangs mit Abfall aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie interdisziplinär diskutiert werden sollen.

Aus der Vielzahl der im Zusammenhang mit Endlagerung in Diskussionen aufgeworfenen Fragen werden nur einige wesentliche aufgeführt:

- Welche sind die ethischen Prinzipien, die bei der Behandlung der Frage nach Endlagerung radioaktiver Abfälle unabdingbar Beachtung finden müssen? Beispielsweise:
  - die Erhaltung und Entfaltung der Menschheit
  - niemanden zu schädigen, sondern so weit wie möglich helfen
  - jede Person als sich selbst bestimmend, zu achten; sie niemals nur als Mittel zu gebrauchen, d.h. sie nicht zu funktionalisieren, zu instrumentalisieren, zu entfremden
  - die Bereitschaft zu verantwortungsvollem Mitwirken
  - die grundsätzliche Einsicht in und Bereitschaft zu nicht vermeidbaren, weil lebensnotwendigen Risiken
  - der Grundsatz der Gerechtigkeit und der Wahrhaftigkeit auch gegenüber den kommenden Generationen
  - Vermeidung technischer Handlungen, die irreversible und unerwünschte Folgen haben können
  - Gewährleistung uneingeschränkter Entscheidungsfreiheit und Selbstbestimmung zukünftiger Generationen

- Lässt sich für die Endlagerung radioaktiver Abfälle eine ethische Krieriologie entwickeln? Wie müssen die Kriterien der IAEA (Safety Fundamentals) unter diesem Gesichtspunkt eingeordnet werden?
- Gelten Handlungsmaxime wie:
  - Ein Tun nur dann ethisch zu rechtfertigen, wenn die mit ihm verknüpften negativen Nebenwirkungen minimiert sind.
  - Oder
  - Ein Tun nur dann ethisch zu rechtfertigen, wenn die als Nebenfolgen eintretenden Übel geringer sind als die Übel, die aus einem Handlungsverzicht erwachsen?
- Wie weit reicht die Verantwortung für die Endlagerung in die Zukunft?
- Ist es akzeptabel, die Entscheidung um Abfallentsorgungsstrategien trotz ggf. grenzüberschreitender Auswirkungen zur nationalen Sache zu erklären?
- Ist es ethisch vertretbar, folgende Generationen und damit deren Lebensqualität mit den Konsequenzen einer heute eingesetzten Technologie zu belasten?
- In welchem Maße können Pflichten und Verantwortungen in die Zukunft übertragen und festgeschrieben werden?
- Dient es der Versachlichung der Problematik, wenn die Interessen, Motive und der Grad der fachlichen Zuständigkeit derer, die entscheidend mit der Endlagerung befasst sind, offen bekannt werden?
- In welchem Maße und in welchem Umfang ist es zielführend, die Öffentlichkeit an der Entscheidungsfindung einer Strategie zur Behandlung radioaktiver Abfälle zu beteiligen?
- Gibt es eine grundsätzliche Bereitschaft zu nicht vermeidbaren, weil lebensnotwendigen Risiken in der Bevölkerung?
- Muss bei der Standortsuche für ein Endlager der Nachweis erbracht werden, dass es keinen geeigneteren Standort gibt oder ist es ausreichend, einen geeigneten Standort auszuwählen?

- Ist es verantwortbar, auch gegen den Willen einer Standortgemeinde/Region im Interesse der Gesellschaft insgesamt ein Endlager für radioaktive Abfälle einzurichten?
- Welche Rolle dürfen wirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Auswahl von Endlagerstandorten spielen?
- Rückholbare Langzeitlagerung versus Endlagerung:  
Handelt es sich bei der Entscheidung um Rückholbarkeit um die Frage nach Delegation von Verantwortung auf nachfolgende Generationen?

## 7 Literatur

- /HSK 93/ Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA)  
Richtlinie für schweizerische Kernanlagen  
Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle  
HSK-R-21/d, November 1993  
<http://hskib8.hsk.psi.ch/entsorg.html>, Stand Oktober 1999
- /HSK 98/ Marcos Buser für die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)  
Expertenbericht:  
Hüte-Konzept versus Endlagerung radioaktiver Abfälle: Argumente, Diskurse und Ausblick“, Januar 1998
- /KAL 99/ Kalinowski, Martin, Borchering, Katrin, Bender, Wolfgang:  
Die Langfristlagerung hochradioaktiver Abfälle als Aufgabe ethischer Urteilsbildung, ETHICA; 7 (1999) 1, 7 - 28; 2, 115 - 142
- /KEU 99/ Kommission der Europäischen Gemeinschaften  
Tätigkeiten der Europäischen Union im Bereich der Forschung und technologischen Entwicklung, Jahresbericht 1999 (Vorlage der Kommission)  
Brüssel, 16.06.1999, KOM(99) 284
- /KOR 92/ W. Korff  
Die Energiefrage, Entdeckung ihrer ethischen Dimension, Paulinus-Verlag, 1992, ISBN 3-7902-0151-0
- /LIE 96/ <http://www.th-darmstadt.de/ze/ianus/Publikationen/Liebert/Muench/muench.html>,  
Stand Februar 2000
- /NEA 91/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA)  
Disposal of High-Level Radioactive Wastes  
Radiation Protection and Safety Criteria  
Proceedings of an NEA Workshop, Paris, 5 - 7 November 1991

- /NEA 95/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA)  
The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal – A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency, 1995
- /ROO 94/ Fred Roots  
Radioactive Waste Disposal – Ethical and Environmental Considerations – A Canadian Perspective, Beitrag auf OECD-Workshop on Environmental and Ethical Aspects of Long-Lived Radioactive Waste Disposal, Paris, 01.-02.09.1994
- /SEI 94/ Manfred Seitz,  
Entsorgung radioaktiver Stoffe: Fakten, Probleme und verantwortungsbewusstes Handeln; Ethische und theologische Aspekte, Beitrag: Ethik der Endlagerung; Methode – Argumente – Weg, Erlanger Forschungen: Reihe B, Naturwissenschaften und Medizin, Bd. 24, ISBN 3-922135-97-8, 1994, S. 217 ff.
- /SKB 99/ <http://www.skb.se>, Stand Oktober 1999
- /SKN 88/ Ethical aspects of nuclear waste. Some salient points discussed at a seminar on ethical action in the face of uncertainty in Stockholm, Sweden; September 8-9, 1987, SKN Report 29.
- /TAB 98/ <http://www.tab.fzk.de/deut/projekte/Zusa/Textab58.htm>, Stand Oktober 1998
- /THO 99/ Thomas, W. et al.:  
Fachliche Grundlagen für eine umweltgerechte, nachhaltige Entwicklung bei Kernbrennstoffeinsatz und Entsorgung  
GRS-A-2743, September 1999
- /WBG 98/ Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung, Globale Umweltveränderungen  
Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken“, ISBN 3-540- 65605-7 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, Stand 1998

- /WEI 94/ Hans Georg Weidinger,  
Entsorgung radioaktiver Stoffe: Fakten, Probleme und verantwortungsbewusstes Handeln, Ethische und theologische Aspekte; Beitrag „Gibt es ethische Lösungen und theologischen Rat?“, Erlanger Forschungen: Reihe B, Naturwissenschaften und Medizin, Bd. 24, ISBN 3-922135-97-8, 1994, S. 243 ff.
- /ZIM 97/ Walther Ch. Zimmerli  
Ethische Probleme der zivilen Nutzung der Kernenergie, Essay gedruckt in Spektrum der Wissenschaft, Dossier: Radioaktivität, Januar 1997, S. 110 ff.