

# Soznat

**Materialien für den Unterricht 22**

**Armin Kremer  
Lutz Stäudel**



**RISIKO KERNKRAFT**

*Herst 01.89*

**Naturwissenschaften sozial**

Titelbild:

C O L L A G E

von

Ute Herbst  
(Januar 1989)

CIP-TITELAUFNAHME DER DEUTSCHEN BIBLIOTHEK

Risiko Kernkraft : Materialien zu einer Unterrichtsreihe /  
Armin Kremer ; Lutz Stäudel. Hrsg.: AG Naturwiss. - Sozial. -  
2., erw. u. aktualisierte Aufl. - Marburg : Red.-Gemeinschaft  
Soznat, 1989

(Soznat ; Bd. 22)

ISBN 3-922850-50-2

NE: Kremer, Armin (Mitverf.), Gesamthochschule (Kassel) /  
Arbeitsgruppe Naturwissenschaften Sozial; GT

2. erw. u. aktualisierte Auflage 1989

(c) Redaktionsgemeinschaft Soznat Marburg  
Postfach 2150 3550 Marburg

Druck: alp-Druck, Marburg

Alle Rechte vorbehalten - Kopien zu Unterrichtszwecken erlaubt

ISBN 3-922850-50-2

Armin K R E M E R / Lutz S T Ä U D E L

— Risiko Kernkraft —

Materialien zu einer Unterrichtsreihe

Marburg 1989

Redaktion: AG Naturwissenschaften sozial  
Graphik: A. Bender

Herausgeber: *AG Naturwissenschaften - sozial*

c/o Lutz Stäudel  
Gesamthochschule  
Kassel, FB 19  
Heinrich-Plett-Str. 40  
3500 Kassel

c/o Armin Kremer  
AG Soznat  
Universität Marburg, FB 21  
Ernst-Giller-Str. 5  
3550 Marburg

# I N H A L T

	Seite
Vorbemerkung zur 2. Auflage	1
1. Strahlenbelastung und Strahlenschutz als Unterrichtsthema - Hinweise zur Struktur der Unterrichtsmaterialien	3
2. Einbindung des Themas in die gültigen Lehrpläne - Strahlenbelastung und Strahlenschutz als Unterrichts- gegenstand	4
3. Sach-/Problemstrukturskizze Risiko Kernkraft	5
4. Hinweise zur Unterrichtsdurchführung	7
5. Materialien - Übersicht	8
A    Kernspaltung, Radioaktive Strahlung, Transport, Maßeinheiten, Wirkung radioaktiver Strahlung, Wege in den Körper, Grenzwerte, Nachweismethoden	9
B    Kernkraftwerke/Reaktortypen, "Störfälle": von Harrisburg über Tschernobyl bis Biblis ...	30
C    Ausstieg aus der Kernenergie - wie und wann? Ausstiegsszenario, Atomwirtschaft/Atomenergie/ Dritte Welt, Kernenergie am Ende?, Verfilzung, Ausstieg als übernationales Problem	59
D    Kernspaltung - Spaltung der Wissenschaft	71
E    Strahlenschutz und Gesundheitsrisiken	75
6. An Stelle eines Erfahrungsberichts: Nichts dazugelernt?	88
7. Literaturhinweise	89

### Vorbemerkung zur 2.Auflage (Januar 1989)

Ein Jahr nach Tschernobyl erinnerten noch Schlagzeilen an den folgenreichen Reaktor-Unfall in der Sowjetunion.

Inzwischen sind fast drei Jahre ins verstrahlte Land gegangen, und an Tschernobyl erinnern allenfalls die in einigen Tageszeitungen wöchentlich einmal veröffentlichten neuesten Strahlenschutzwerte über die radioaktive Belastung von Lebensmitteln. Die breite Öffentlichkeit hat "Tschernobyl" schon längst verdrängt und ist zur Tagesordnung übergegangen. Zu dieser Tagesordnung gehören aber auch nach wie vor Schlagzeilen wie "5000 Tonnen verseuchtes Molkepulver bringen Politiker in Verlegenheit", "Die Hanauer Plutoniumküche", "Atomexporte schrecken Bonn auf" oder "Schwerer Störfall in Biblis verschwiegen". Doch diese Vor- und Unfälle in unserer unmittelbaren Umgebung lösen nur bei wenigen politischen Protest aus, viele zeigen allenfalls (noch) Betroffenheit, das aber mit Schweigen verbunden ist, und andere ignorieren schlichtweg diese Vorkommnisse und damit, wie von staatlicher Seite über unseren Alltag verfügt wird.

Die genannten Schlagzeilen, die so schnell nichts an Aktualität verlieren werden, und die öffentlichen (Nicht-)Reaktionen sollten u.E. nach wie vor Anknüpfungspunkte sein, sich mit Schülern und Jugendlichen mit dem "Risiko Kernkraft" auseinanderzusetzen.

Dies hat uns veranlaßt, das im Juni 1986 erstmals erschienene und inzwischen vergriffene Themenheft "Risiko Kernkraft" zu überarbeiten und zu aktualisieren. An Aktualität nicht verloren hat die Vorbemerkung zur ersten Auflage. Die darin erhobene Forderung nach "Aufklärung ... und aktiver Auseinandersetzung ... mit allen Ebenen des Risikos Kernkraft" ist drängender denn je.

### Vorbemerkung zur 1.Auflage (Juni 1986)

Tschernobyl hat unsere Welt verändert; mehr noch als die Bilder vom durchgebrannten Reaktor oder von evakuierten Anwohnern hat die radioaktive Wolke die potentielle Bedrohung deutlich gemacht, der wir in Mitteleuropa mit der höchsten Kernreaktor-Dichte in der Welt ausgesetzt sind. Deutlich geworden ist aber auch etwas anderes: Die scheinbare Kopflosigkeit der Politiker, die einerseits abwiegelten, andererseits unterschiedliche Empfehlungen und Richtwerte an die Öffentlichkeit gaben **und** die ausgesprochene Ratlosigkeit, die große Teile der Wissenschaft zu erkennen gaben, zeigten, daß in der Vergangenheit das Hauptaugenmerk auf die Durchsetzung der Kernenergie als scheinbar zukunftssträchtige Technologie gerichtet gewesen ist. Insofern verwundert es nicht, daß die Öffentlichkeit in Sicherheitsstatistiken eingelullt wurde, in denen von 10.000 Jahren als Wahrscheinlichkeitszeitraum für einen GAU die Rede war, und sich von staatlicher Seite so gut wie niemand mit den konkreten Risiken beschäftigt hat.

Der Wunsch der Bürger nach umfassender Aufklärung und Information an Politik und Wissenschaft läßt ihr naives Vertrauen in eben diese Institutionen deutlich werden. Dieses Vertrauen gilt es durch **gezielte Aufklärung** über die herrschende staatliche, wirtschaftliche und wissenschaftliche Interessenallianz in Sachen ***friedlicher Nutzung der Kernenergie*** richtig zu stellen.

Ebenso muß in der Schule, speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht, darüber Aufklärung erfolgen, nicht zuletzt deshalb, weil sich der herkömmliche Physik-, Chemie- und Biologieunterricht allzu oft darauf beschränkt, lediglich die Grundlagen für die technische Nutzung der Kernenergie zu vermitteln. Die Förderung einer begründeten politischen Urteilsbildung findet nur in den seltensten Fällen statt.

Aufklärung in diesem Sinn bedeutet aktive Auseinandersetzung, und zwar mit allen Ebenen des ***Risikos Kernkraft***: mit den physikalischen Grundlagen, den ökonomisch-politischen Interessen verschiedener gesellschaftlicher Gruppen, mit physiologischen Fragestellungen und auch mit den Problemen des Energiemarktes in unserer Industrie- und Konsumgesellschaft. Eine Beschränkung auf ***positive Fakten*** einer einzigen Bezugswissenschaft bedeutet unweigerlich den Verzicht auf begründete Urteilsbildung und den Verzicht auf die Wahrnehmung herrschender gesellschaftlicher Interessen.

Der Kurs einer Wissenschaft, die sich gegenüber den Verwertungsinteressen der Industrie und staatlicher Ordnungspolitik prostituiert, die soziale und humane Interessen ignoriert, kann dazu führen, daß die Warnung Wirklichkeit wird:

***Euer Wissen wird Euch töten!***

## 1. Strahlenbelastung und Strahlenschutz als Unterrichtsthema - Hinweise zur Struktur der Unterrichtsmaterialien

Im Unterschied zu den bisher von der *AG-Naturwissenschaften sozial* herausgegebenen Themen- und Materialheften liegen diesem Heft keine einschlägigen Unterrichtserfahrungen zugrunde. Mit dem zusammengestellten Material soll einerseits eine notwendige Aufarbeitung immer wieder und weltweit auftretender - z.T. heruntergespielter oder zu vertuschen versuchter - Störfälle in Kernkraftwerken ermöglicht werden, die, wie der "Störfall" im Kernkraftwerk in Tschernobyl zu einer bis dahin nicht gekannten Katastrophe geführt hat. Andererseits, und das in stärkerem Maße, stellt das Material einen Versuch dar, Anregungen für Kurse im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Verfügung zu stellen, in denen die Auseinandersetzung mit dem Thema **Risiko Kernkraft** ein Haupt- oder Seitenthema darstellt.

Wie bisher wird deshalb exemplarisch auf die Spielräume verwiesen, die die z.Zt. gültigen Lehrpläne für die Thematisierung der *Kernkraft* bieten. Ebenso wurde wiederum auch eine Sach-/Problemstruktur-Skizze beigelegt, die Orientierung und Auswahlmöglichkeiten anbietet. Die Hinweise zur Unterrichtsdurchführung beruhen auf Erfahrungen, die von verschiedenen Lehrern im Zusammenhang mit der Kernkraft-Thematik vor Tschernobyl gemacht worden sind.

Die Materialien beziehen sowohl Grundlagen-Informationen ein - insbesondere zur Auffrischung des Kenntnisstandes im nicht-physikalischen Unterricht, wie auch Informationen über Reaktorunfälle von Harrisburg über Tschernobyl bis Biblis ... . Darüber hinaus sind zahlreiche Abstecher in die 90-jährige Geschichte der Kernphysik und ihrer Anwendung unternommen worden, die deutlich machen, daß dies ein Thema über die Aktualität des Tages hinaus darstellt. Weiterhin wird an mehreren Beispielen gezeigt, was es mit Meßwerten und ihrer Bewertung auf sich hat, wo *Radioaktivität* schließlich verbleibt und welche Wirkungen zu erwarten sind bzw. in der Vergangenheit festgestellt werden konnten.

Einen wichtigen Schwerpunkt bildet schließlich der Problembereich *Gesellschaftliche Interessen und Energiepolitik*, womit die **sozialen** Aspekte der **Naturwissenschaften** ins Blickfeld rücken.

Die ausführlichen Literaturhinweise sollen - wie bei der ersten Auflage - die Suche nach weiteren einschlägigen Quellen erleichtern. Natürlich war es uns auch bei der Aktualisierung des Heftes nicht möglich, alle neu erschienenen Bücher oder Unterlagen einzubeziehen.

## 2. Einbindung des Themas in die gültigen Lehrpläne - Strahlenbelastung und Strahlenschutz als Unterrichtsgegenstand

Radioaktivität gehört zu den traditionellen Unterrichtsthemen fast aller naturwissenschaftlicher Fächer. Daß damit keineswegs nur die Vermittlung von Grundlagenwissen intendiert ist - wie manche glauben oder befürchten, soll im folgenden anhand einiger Beispiele aus den hessischen Rahmenrichtlinien und Kursstrukturplänen aufgezeigt werden. Ganz ähnliche Vorgaben gelten auch für die meisten anderen Bundesländer.

Im Kursstrukturplan *Chemie* z.B. wird für die Jahrgangsstufe 13 ein Grundkurs "Kern- und Radiochemie" vorgeschlagen. Ausdrücklich wird festgestellt, daß *Fragen des Energieverbrauchs und der Energiegewinnung (...) seit der Ölkrise zunehmend an Interesse gewonnen* haben und daß daher insbesondere das Thema "Kernenergie" in den Brennpunkt der öffentlichen Diskussion gerückt sei. Das in diesem Kurs zu vermittelnde physikalisch-chemische Basiswissen soll die Schüler *in die Lage versetzen, zwischen Fakten und Vorurteilen in der Kernenergiefrage zu unterscheiden*. Explizit wird die Wirkung radioaktiver Strahlung auf den menschlichen Körper als zu behandelndes Thema genannt, und zwar mit gleicher Priorität, wie die Aspekte "Radioaktive Strahlung", "Kernreaktionen" und "Kernenergiegewinnung". (KSP Ch, S. 48)

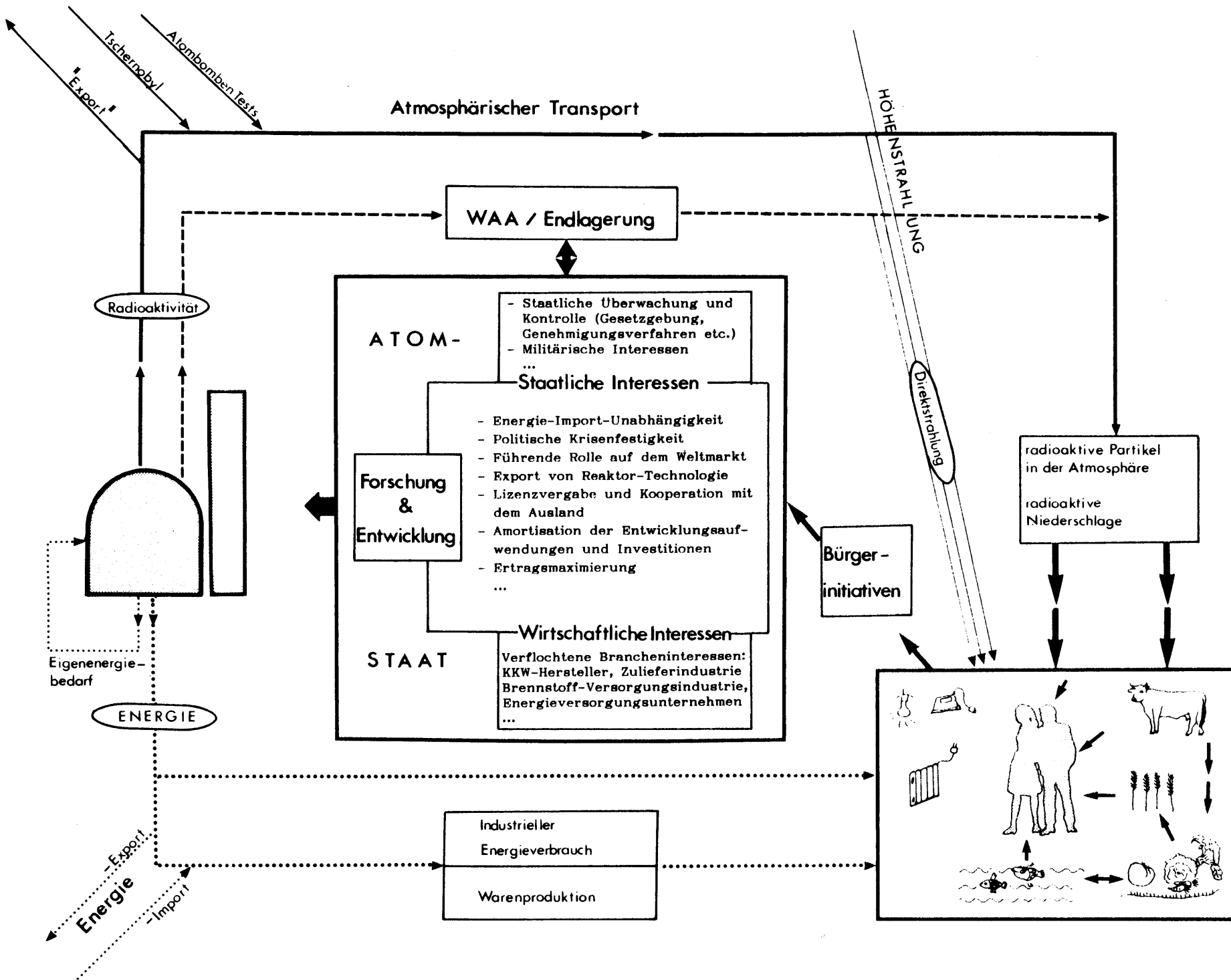
Will man dem Anspruch der in der allgemeinen Begründung des Kursstrukturplans genannten Unterrichtsziele gerecht werden, so ist auch bei den letztgenannten Teilthemen zu berücksichtigen, daß *Chemie als Unterrichtsfach an den tiefgreifenden Verflechtungen von chemischer Forschung, Technologie und ihren Erzeugnissen für die Lebensbedingungen der Menschen orientiert ist und eine kritische Auseinandersetzung mit den Auswirkungen der Chemie auf den Lebensbereich des einzelnen und auf die Allgemeinheit ermöglichen soll*. (S.1/2) Schließlich sollen die Schüler auch *die Gefahren und Folgen des Mißbrauchs naturwissenschaftlicher Erkenntnis erkennen lernen und qualifiziert werden, als Mitverantwortliche für die Gestaltung der Umwelt, überhaupt als politisch Handelnde agieren zu können*. (S.4)

Auch in den Rahmenrichtlinien für *Physik* in der Sekundarstufe I wird dem Thema "Strahlenschutz, -gefährdung und Schutzmaßnahmen" ein hoher Stellenwert eingeräumt. Im Rahmen des Oberthemas *Energie aus dem Atom* (S.74) wird die Behandlung der einschlägigen Inhalte noch vor Atombau und Kernspaltung gefordert.

Im *Biologieunterricht* schließlich findet man zum Stichwort "Eugenik" (UE W5) Strahlenschutz im Zusammenhang mit *Maßnahmen zur Vermeidung einer Erhöhung der Mutationsrate* (RRH SI-Bio, S.77).

Diese Aufzählung könnte noch fortgesetzt werden. Die Komplexität der Problematik macht es aber in jedem Fall nötig, die engen Fächergrenzen zu überschreiten, um das Risiko Kernkraft angemessen bearbeiten zu können. Dazu eignet sich sowohl ein epochales Vorgehen (wenn z.B. ein Naturwissenschaftslehrer mehrere Fächer parallel unterrichtet) wie auch eine Kooperation von mehrerer Kollegen, besonders aber Projekte.





### Hinweise zur Sach-/Problemstrukturskizze

Die vielseitigen Verflechtungen der Kernenergie-Problematik mit naturwissenschaftlichen, physiologischen, ökologischen, ökonomischen und politischen Aspekten machen es unmöglich, eine feste Abfolge in der Bearbeitung des Themas vorzugeben. Neben Vorkenntnissen, Jahrgangsstufe und konkreter Zusammensetzung einer Lerngruppe spielen für die Struktur eines Unterrichts über *Risiko Kernkraft* sicher auch aktuelle Ereignisse eine bedeutende Rolle. Die nebenstehende Sach-/Problemstrukturskizze kann dazu allenfalls als grobes Raster verstanden und benutzt werden, welches einige wichtige Zusammenhänge aufzeigt und Verbindungen erkennen läßt. Je nach den Rahmenbedingungen des Unterrichts kann es auch als Hilfsmittel dienen, relevante Teilthemen auszuwählen, ohne den Gesamtzusammenhang aus dem Blick zu verlieren.

Auf eine Zuordnung naturwissenschaftlicher Inhalte wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet; entsprechende Hinweise sind in den Materialteil integriert.

Es empfiehlt sich, eine ähnliche Skizze zusammen mit den Schülern zu entwickeln, die dann als gemeinsamer Leitfaden für die weitere Arbeit dienen kann. Besonders, wenn die Schüler in größerem Umfang eigenständig allgemein zugängliche Informationen auswerten und - in Form von Referaten etwa - in den Unterricht einbringen, ist es wichtig, die Zuordnung zur Gesamthematik stets vor Augen zu haben.

Ähnliche Skizzen können auch für Teilbereiche in detaillierter Weise ausgeführt werden, z.B. für die Wechselwirkung Luft-Boden-Wasser-Mensch, für das hier nur knapp abgehandelte Thema "Ausstieg aus der Kernenergie" oder hier nicht näher angesprochene Bereiche wie *Urangewinnung, -aufbereitung und -entsorgung* oder für die *Wiederaufarbeitungs-Problematik im Zusammenhang mit der Brüter-Technologie*.

#### 4. Hinweise zur Unterrichtsdurchführung

Die Materialsammlung ist keine geschlossene Lehreinheit. Deshalb ist auch kein Ablaufschema für den Unterricht vorgegeben. Da die Materialien für den Physik-, Chemie- und Biologieunterricht konzipiert worden sind, aber auch in Gesellschaftslehre eingesetzt werden können, sind die angegebenen Problemaspekte so angelegt, daß man sie voneinander unabhängig behandeln kann.

Unser Ziel war es, alle Teile der Materialsammlung so zu gestalten, daß sie sich zur selbständigen Bearbeitung durch die Schüler (individuell oder in Gruppen) eignen.

Als Einstieg bieten sich aktuelle Meldungen über "Störfälle" beim Betrieb von Kernkraftwerken an - so makaber es ist, sie gehören zum Alltag. Diese Meldungen kann man entweder über einen Zeitraum verfolgen und für den Unterricht aufarbeiten oder mit bereits vorgekommenen "Störfällen" vergleichend analysieren. Erfahrungsgemäß sind es oftmals aktuelle Ereignisse, an denen sich im Unterricht eine Diskussion entzündet, welche für Lernprozesse produktiv genutzt werden kann.

Ebenso empfiehlt sich als Einstieg die Thematisierung eines "Störfalles", wie er beispielsweise im Kernkraftwerk Harrisburg oder in Tschernobyl eingetreten ist.

Je nachdem, welcher Einstieg gewählt worden ist, wird es von der Strukturierung der Thematik abhängen - und das heißt auch von den Interessen der Schüler - in welchem Umfang die nachfolgenden Themen behandelt werden.

Wichtig ist beim Thema *Risiko Kernkraft* in jedem Fall die **Aufklärung** über staatliche und wirtschaftspolitische Überlegungen und Entscheidungen sowie über die Kontroversen innerhalb der Naturwissenschaften zur Nutzung der Kernenergie.

Deutlich werden muß, **daß naturwissenschaftliche Forschung und technische Entwicklung keine Sache kognitiver Prozesse allein ist, sondern zugleich eine soziale und politische Angelegenheit.** Denn naturwissenschaftliche Forschung unterliegt, wie jede Form gesellschaftlicher Arbeit, einer Politisierung und Ökonomisierung - und wie im Fall der Kernenergie auch einer Militarisierung. Das Zerstörungspotential der in Mitteleuropa links und rechts der deutsch-deutschen Grenze massenhaft gelagerten bzw. aufgestellten nuklearen Waffen und ihrer Trägersysteme bei der Kernkraft-Diskussion auszusparen, hieße, *"die ganze Atomkraftwerk-Diskussion (vor) einem vollkommen lächerlichen, idiotischen Hintergrund, einem Kasperltheaterhintergrund"* zu führen, denn *"Was sind Atomkraftwerke im Verhältnis zu dem, was an unseren Grenzen liegt, auf beiden Seiten!"* (J. Schröder in Transatlantik Nr.2/1980, S.72)

**5. Materialien - Übersicht**

	Seite
A 1 Kernspaltung	9
A 2 Radioaktive Strahlung	12
A 3 Transport radioaktiver Strahlung in der Atmosphäre	14
A 4 Becquerel, Curie, Rem ... was bedeuten die Maßeinheiten?	15
A 5 Wirkung radioaktiver Strahlung auf Lebewesen	17
A 6 Wie gelangt Radioaktivität in den Körper?	20
A 7 Die Sache mit den Grenzwerten	26
A 8 Nachweismethoden für Radioaktivität	28
B 1 Die 4 wichtigsten Reaktortypen	30
B 2 "Störfälle" in Kernkraftwerken (Beispiele): Von Harrisburg über Tschernobyl bis Biblis ...	34
a) Der Harrisburg-Reaktor-Unfall	35
b) "Radioaktiver Dampf trat im KKW Isar aus"	40
c) Unfall im japanischen KKW von Tsuruga	41
d) Beinahe-GAU in Frankreich	42
e) Der Reaktor-Unfall in Tschernobyl	43
f) Atomunfälle in Windscale/Sellafield	51
g) Radioaktivität im THTR Hamm freigesetzt	52
h) Schwerer Störfall in Biblis lange verschwiegen	53
i) Störfall in Brokdorf	57
j) Vorübergehende Stilllegung des Reaktors in Brunsbüttel	57
k) Störfall in Stade	58
C 1 Ausstiegsszenario - Öko- und RWI-Gutachten	59
C 2 Atomwirtschaft, Atomenergie und Dritte Welt	63
C 3 Ist die Kernenergie am Ende?	65
C 4 Die Verfilzung der etablierten Parteien mit der Atomindustrie	68
C 5 Sicherheit und Ausstieg als übernationales Problem - zur EG-Politik	69
C 6 Kernenergie - Warum wir sie auch künftig brauchen	70
D 1 Kernspaltung - Spaltung der Wissenschaft Meinungen von Fachleuten	71
D 2 Radikale Wissenschaftskritik	74
E 1 Radioaktivität aus Kernkraftwerken - (k)eine akute Gefahr?	75
E 2 Sicherheit und (Rest-)Risiko	78
E 3 Niedrigstrahlung und gesundheitliche Risiken	79
E 4 Schutzmaßnahmen und Verhaltensvorschriften	82

## 1. Kernspaltung

Wie in konventionellen Wärmekraftwerken wird auch in Kernkraftwerken Wasser erhitzt und der entstehende Dampf auf eine Turbine geleitet, die einen Generator antreibt.

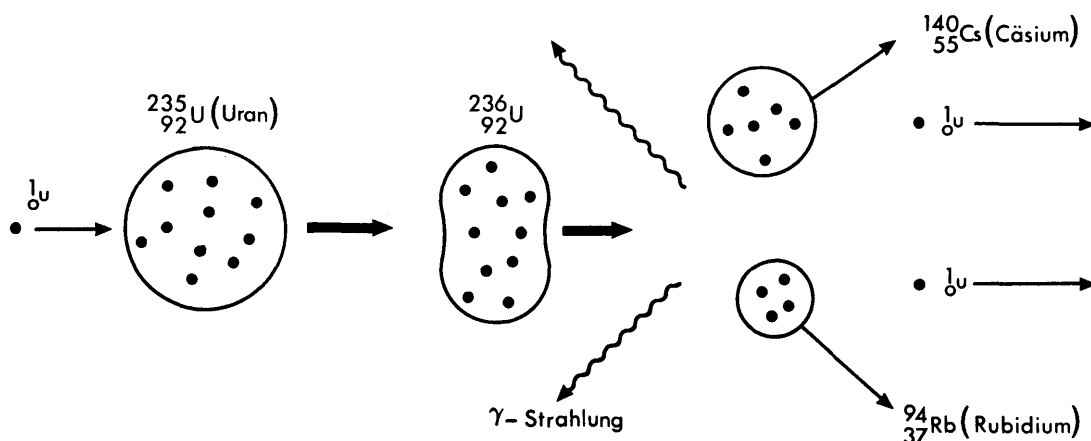
Der Unterschied zwischen konventionellen Kraftwerken und Kernkraftwerken besteht darin, daß zur Wärmeerzeugung nicht fossile Brennstoffe (wie Kohle, Erdgas oder Erdöl) verbrannt werden, sondern es werden Atomkerne der Elemente Uran oder Plutonium gespalten - unter Freisetzung sehr großer Energiemengen.

Uran kommt in der Natur in Erzlageren vor, Plutonium ist dagegen ein künstliches Element. In den heute betriebenen Kernkraftwerken wird fast ausschließlich Uran als Spaltstoff benutzt. Deshalb sollen die Vorgänge bei der Kernspaltung im folgenden am Beispiel des Uran-235 dargestellt werden.

Atome bestehen aus einem positiv geladenen Kern, der von negativ geladenen Elektronen umgeben ist. Der Kern selbst ist aus positiv geladenen Protonen und elektrisch neutralen Neutronen zusammengesetzt. Für jedes *Element* ist die *Zahl der Protonen* (bzw. der Elektronen) charakteristisch; die Anzahl der *Neutronen* im Kern kann aber variieren. Man spricht dann von verschiedenen Isotopen eines Elements.

Das in der Natur vorkommende Uran besteht zu 0,7% aus dem spaltbaren Isotop  $^{235}\text{U}$ , der Rest ist nicht spaltbares  $^{238}\text{U}$ . (Die voran- und hochgestellte Zahl gibt die Summe der Neutronen und Protonen im Atomkern an).

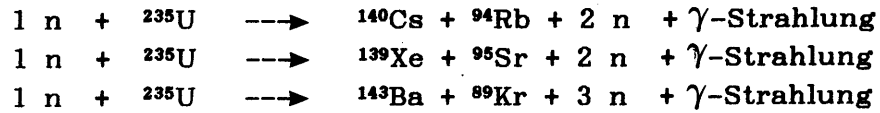
Wenn ein  $^{235}\text{U}$ -Kern von einem Neutron getroffen wird, zerfällt es sofort in zwei Bruchstücke (z.B. Cäsium und Rubidium) und zwei oder drei Neutronen. Die Bruchstücke sind nicht immer identisch, das eine hat aber immer eine Kernmassenzahl zwischen 90 und 100, das andere eine Kernmassenzahl zwischen 130 und 140.



Schema der Kernspaltung

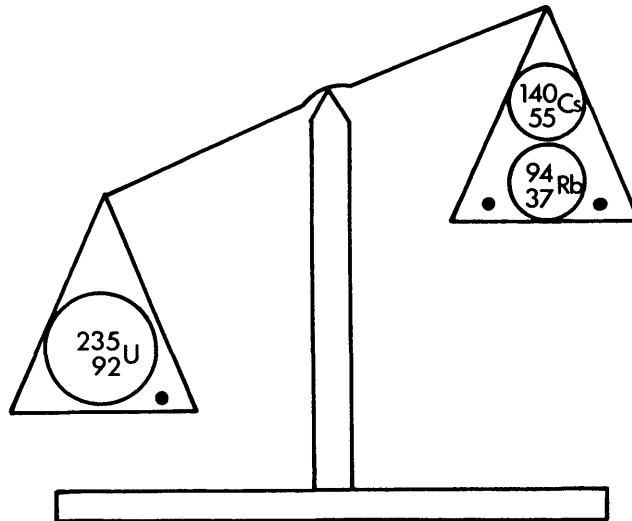
Die Zahl links oben vor der Elementbezeichnung gibt die Anzahl der Nukleonen im Kern an, die Zahl links unten die Anzahl der Protonen. Die Differenz beider Zahlen ergibt die Anzahl der Neutronen im Kern.

Weitere mögliche Spaltprozesse und ihre Spaltprodukte:



u.a.

Massenbilanz:



Ein Vergleich der Gesamtmasse der beteiligten Teilchen vor und nach der Spaltung ergibt, daß die Masse nach der Spaltung geringer geworden ist.

Es gilt:

Vor der Spaltung:		Nach der Spaltung:	
${}^{235}_{92}\text{U}$	235,044 u	${}^{140}_{55}\text{Cs}$	139,917 u
${}^1_0\text{n}$	1,008 u	${}^{94}_{37}\text{Rb}$	93,926 u
		$2 \text{ }^1_0\text{n}$	2,016 u
<b>Summe:</b>	<b>236,052 u</b>		<b>235,859 u</b>

Die Massendifferenz beträgt 0,193 u

Die atomare Masseneinheit u (unit) beträgt:  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

Zur Deutung der Massendifferenz muß man das "Einstein-Gesetz" über die Äquivalenz von Masse und Energie heranziehen.

$$W = m \cdot c^2 \quad \text{mit } c \text{ (Lichtgeschwindigkeit)} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Das Einstein-Gesetz besagt:

- Energie (W) und Masse (m) sind lediglich zwei verschiedene Erscheinungsformen ein und desselben "Etwas"; einmal zeigt sich dieses "Etwas" als Energie, ein anderes Mal als Masse.
- Energie und Masse sind grundsätzlich ineinander überführbar.

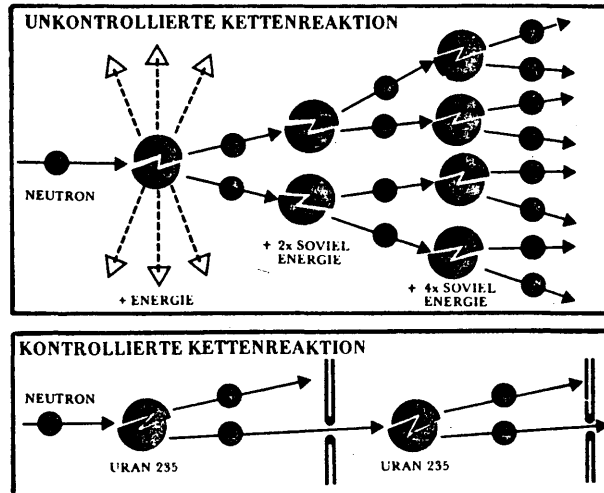
Die nach dem Spaltvorgang fehlende Masse von 0,193 u tritt zum größten Teil als Bewegungsenergie der Spaltprodukte sowie der beim Spaltvorgang herausgeschleuderten Neutronen in Erscheinung.

Diese Neutronen können dann weitere Spaltprozesse auslösen. Bei positiver Neutronenbilanz (nach der Spaltung mehr Neutronen als vorher) und im Fall, daß mehr als ein Neutron eine weitere Kernspaltung auslöst, kommt es zu einem lawinenartigen Anwachsen der Reaktion: man erhält eine unkontrollierte Kettenreaktion wie in einer Atombombe.

In Kernkraftwerken muß man dafür sorgen, daß immer nur genau ein Neutron zu einer Kernspaltung führt, so daß die Zahl der Spaltvorgänge konstant bleibt. Dies geschieht mit Hilfe der Steuerstäbe, die aus einem Material bestehen, das Neutronen abbremst und/oder absorbiert. Diese Steuerstäbe können beliebig in den Reaktor-Kern (Core) eingefahren werden.

Eine große Anzahl von Neutronen verläßt zudem, aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit, den Reaktorkern nach außen, ohne einen  $^{235}\text{U}$ -Kern zu treffen.

Durch die ständig stattfindenden Kettenreaktionen erhitzt sich der Spaltstoff; die entstehende Wärme wird auf das Kühlmittel (Wasser, Gas, flüssiges Natrium) übertragen und zur Dampferzeugung benutzt.



aus: Die Spaltung der Kerne im Dienst des Kapitals. Ökonomische und politische Hintergründe der Kernenergie-industrie. Erweiterte, verbesserte und aktualisierte Neuauflage, Haarlem 1977

Zusätzlich zu der Bewegungsenergie der Spaltprodukte und der herausgeschleuderten Neutronen wird beim Spaltvorgang auch Strahlungsenergie freigesetzt.

Die insgesamt bei der Spaltung von einem kg reinen  $^{235}\text{U}$  freiwerdende Energiemenge beträgt  $8,5 \cdot 10^{13} \text{ J}$  oder  $2,36 \cdot 10^7 \text{ kWh}$ .

Davon kann allerdings nur ein Bruchteil in elektrische Energie umgewandelt werden (abgesehen von den Energieaufwendungen für Uran-Förderung und Anreicherung, Betriebs des Kernkraftwerks, Entsorgung ect.). Die Turbinengeneratoren besitzen im günstigsten Fall einen Wirkungsgrad von ca. 40 %.

## 2. Radioaktive Strahlung

Bei der Spaltung von Uran in Kernkraftwerken entstehen mehr als 400 radioaktive Spaltprodukte. Diese radioaktiven Substanzen ( - es gibt auch in der Natur eine große Zahl von instabilen Atomen - ) können nicht vernichtet werden. Sie wandeln sich spontan in eine Atomart eines anderen chemischen Elementes um. Dieser Vorgang heißt **radioaktiver Zerfall**.

Die bei einem Zerfall entstehenden Spaltprodukte können selbst wieder radioaktiv sein (und weiter zerfallen).

Die beim radioaktiven Zerfall emittierte **radioaktive Strahlung** kann aus drei Komponenten bestehen:

### Alpha-Strahlen:

sind materielle Teilchen, die aus 2 Neutronen und 2 Protonen bestehen (Heliumkerne). Die Masse der Alpha-Teilchen ist ca. 8000 mal größer, als die Masse der Beta-Teilchen.

Beim Zusammenstoß mit Atomen und Molekülen geben sie ihre Bewegungsenergie sehr schnell ab. In Luft kommen sie (aufgrund ihrer relativen Größe) nach wenigen Millimetern, in Körpergewebe nach wenigen Zehntel Millimetern zum Stillstand.

Alpha-strahlende Stoffe sind dann besonders gefährlich, wenn sie mit Nahrung, Luft oder Wasser in den Körper aufgenommen werden. (Vgl. Abschnitt A5/A6)

Kommt ein Alpha-Teilchen, nachdem es seine Energie bei Zusammenstößen abgegeben hat, zur Ruhe, so "fängt" es zwei der überall vorhandenen Elektronen ein. Das dabei entstehende Heliumatom ist ungefährlich.

### Beta-Strahlen:

sind ebenfalls materielle Teilchen, und zwar elektrisch negativ geladene Elektronen mit sehr hoher Geschwindigkeit. Wie Alpha-Teilchen geben Beta-Teilchen ihre Energie bei Stößen ab. Infolge ihrer relativ geringen Masse durchdringen sie Materie viel weiter als Alpha-Teilchen, nämlich einige Zentimeter (in Gewebe) bis einige Meter (in Luft).

Die Gefährlichkeit der Beta-Strahlen resultiert aus ihrer Fähigkeit, auf den Körper sowohl von außen wie auch von innen einwirken zu können. Ein Beta-Teilchen, das seine Energie abgegeben hat, unterscheidet sich durch nichts von anderen Elektronen, d.h. es ist dann ungefährlich.

### Gamma-Strahlung:

ist eine materielose Strahlung. In der Physik spricht man von **elektromagnetischen Wellen** (wie Licht- oder Radiowellen) mit sehr hoher Energie. Gamma-Strahlen dringen tief in die Materie ein und können nur durch dicke Bleischichten oder meterstarke Betonwände abgeschirmt werden. Im Unterschied zu Alpha- und Betastrahlen, die ihre (Bewegungs-)Energie bei Stößen allmählich abgeben können und auf ihrem Weg mehr und mehr abgebremst werden, wird die Energie eines Gamma-Quants als Ganzes abgegeben. Eine Abschirmung verringert bildlich die Dichte einer Gammastrahlung; die Qualität der Strahlung bleibt bis zum Ende dieselbe. Mit anderen Worten: Harte (d.h. energiereiche) Gammastrahlung, die teilweise eine Betonschicht durchdringt, ist immer noch harte Gammastrahlung.



### Zur Natur des radioaktiven Zerfalls:

Bei einem einzelnen radioaktiven Atomkern ist es prinzipiell nicht möglich vorherzusagen, wann dieser zerfällt. Lediglich bei einer sehr großen Anzahl von radioaktiven Kernen kann man genau angeben, welcher Anteil innerhalb eines bestimmten Zeitraumes zerfallen wird. Diese Tatsache wird anschaulich durch die *Halbwertszeit* beschrieben.

*Die Halbwertszeit ist die Zeit, nach der die Hälfte einer vorhandenen Masse eines radioaktiven Elementes zerfallen ist.*

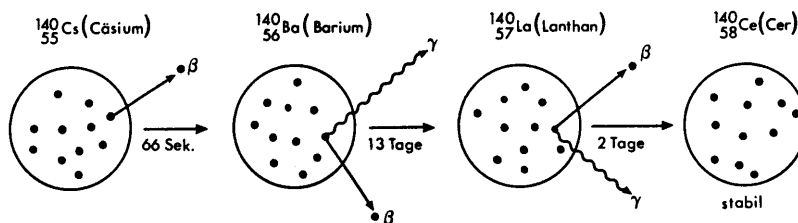
Mit anderen Worten: Nach einer Halbwertszeit ist die Hälfte, nach zwei Halbwertszeiten ein Viertel, nach drei Halbwertszeiten ein Achtel usw. der ursprünglichen Masse eines radioaktiven Elementes noch vorhanden.

In dem Maße, wie sich die Masse des vorhandenen radioaktiven Elements verringert, verringert sich auch die ausgesandte Strahlung.

### Die Halbwertszeiten verschiedener radioaktiver Elemente sind sehr unterschiedlich

Symbol	Element	Halbwertszeit
H	Tritium (radioaktiver Wasserstoff)	12,3 Jahre
C	radioaktiver Kohlenstoff	5736 Jahre
Kr	Krypton-85	10,76 Jahre
Sr	Strontium-89	50,5 Tage
Sr	Strontium-90	28,5 Jahre
Ru	Ruthenium-106	368 Tage
J	Jod-129	15.700.000 Jahre
J	Jod-131	8,04 Tage
Cs	Cäsium-137	30,1 Jahre
Pu	Plutonium	24.390 Jahre

### Beispiel: Radioaktiver Zerfall von Cäsium:



Wie die obige Abbildung zeigt, kann der radioaktive Zerfall über mehrere Stufen führen. Je nach Art der Zerfallsreihe wird bei jedem Schritt radioaktive Strahlung emittiert und kann zu Schädigungen führen.

Für andere Isotope kann die Zerfallskette anhand einer Isotopentafel nachvollzogen werden. (vgl. dazu einschlägige Physik-Lehrbücher)

### 3. Transport radioaktiver Strahlung in der Atmosphäre

Elektromagnetische Strahlung und auch Teilchenstrahlung breiten sich geradlinig aus. In der Atmosphäre kann daher radioaktive Strahlung im engeren Sinn nicht transportiert werden - wohl aber strahlungsfähige Materialien.

Beim Normalbetrieb eines Kernreaktors werden möglichst alle radioaktiven Materialien im Reaktor zurückgehalten und falls notwendig, konzentriert und entsorgt. Bei einem Unfall wie z.B. in Harrisburg (28.3.1979) oder in Tschernobyl (26.4.1986) gelangten solche Materialien in die Atmosphäre.

Die mögliche Verseuchung durch einen Reaktorunfall macht der folgende Vergleich deutlich:

*Die Menge an Jod-131, die sich in einem beliebigen bundesrepublikanischen Leichtwasserreaktor befindet, reicht aus, um die Luft über der gesamten Bundesrepublik bis zu einer Höhe von 9 km mit dem Vierhundertfachen der nach internationalem Standard zulässigen Maximalkonzentration zu belasten.*

Flüchtige radioaktive Materialien wie Jod-131 mischen sich direkt als Gas in die Atmosphäre, andere, weniger flüchtige werden auf Staubpartikeln (Aerosole) transportiert.

In ruhiger Luft breitet sich das radioaktive Material "symmetrisch" am Ort des Entweichens aus. (Dieser Vorgang ist jedem z.B. von riechenden Gasen bekannt.) Allerdings ruht atmosphärische Luft praktisch nie; Luftströmungen (Winde) bestimmen in erster Linie das Ausmaß und die Richtung der Ausbreitung (vgl. das Bild von Rauchfahnen, den SO<sub>2</sub>-Transport aus dem Ruhrgebiet zum Harz oder zum Solling oder Geruchsbelästigungen durch weiter entfernte Fabriken o.ä.). Schon bei einer sehr geringen Windgeschwindigkeit von 20 km/h (5,5 m/s) legt die Luft pro Tag fast 500 km zurück. Für die ca. 2000 km von der Ukraine (Tschernobyl) zur Bundesrepublik benötigt sie also rund 4 Tage. Während dieser Zeit verringert sich die Konzentration der radioaktiven Materialien durch die Verteilung auf immer größere Luftvolumen und durch das natürliche Abklingen der Radioaktivität.

Neben dem stark wetterlagen-abhängigen Transport in den unteren Luftschichten muß auch der Ferntransport in höheren Luftschichten berücksichtigt werden. Innerhalb weniger Tage kann eine solche Wolke oberhalb des Wetterhorizontes einmal die Erde umrunden. Dieser Mechanismus war dafür verantwortlich, daß man auch in den USA - 12 Tage nach Tschernobyl - eine erhöhte Radioaktivität feststellen konnte. Andererseits verursachte der Ferntransport in den 50er und 60er Jahren eine weltweite Belastung mit Radioaktivität, die von den atmosphärischen Atombombentests herrührte (Radioaktiver Fall-Out).

#### 4. Becquerel, Curie, Rem ... was bedeuten die Maßeinheiten?

Nicht nur für den Laien, auch für den Naturwissenschaftler ist es schwierig, sich in dem Maßeinheiten-Dschungel zurechtzufinden. Dies liegt zum einen daran, daß die Maßeinheiten für unterschiedliche Größen verwendet werden, deren Zusammenhang nicht durch einfache Umrechnungen dargestellt werden kann, zum anderen daran, daß in den letzten Jahren der Versuch unternommen wurde, die alten, historisch entstandenen Maßeinheiten durch die neuen, international verbindlichen SI-Einheiten zu ersetzen. (Selbst in der Fachliteratur sind häufig Fehler oder Nachlässigkeiten beim Gebrauch zu finden; nicht selten werden alte und neue Einheiten undifferenziert neben- und durcheinander benutzt).

Die naheliegendste Frage ist die nach der Menge der ausgesandten Strahlung, genauer nach der Anzahl der radioaktiven Zerfälle in der Sekunde, also der Aktivität.

Die Aktivität wird in Becquerel (Bq) gemessen.

1 Bq bedeutet, daß in jeder Sekunde ein Zerfall stattfindet.

Sinnvolle Angaben sind:

- Aktivität (Anzahl der Zerfälle) pro 1 m<sup>3</sup> (Bq/m<sup>3</sup>)
- Aktivität (Anzahl der Zerfälle) pro 1 kg Nahrung (Bq/kg)
- Aktivität (Anzahl der Zerfälle) pro 1 m<sup>2</sup> Boden (Bq/m<sup>2</sup>)

(Früher wurde die Aktivität in Curie (Ci) angegeben. Die Bezugsgröße war 1 g reines Radium-226 und dessen Aktivität. Es gilt:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} )$$

Die Angabe der Aktivität alleine liefert allerdings keine Information über die Art der Strahlung oder über die Menge der freigesetzten Energie - und ebensowenig über die mögliche Gefährdung.

Die von 1 kg Körpergewebe aufgenommene Energie E wird durch die Größe

**Energie-Dosis D**

angegeben. Diese Dosis ist wie folgt definiert:

$$D = E / m$$

Die Maßeinheit der Energiedosis ist das Gray (Gy) .

Es gilt:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} / \text{kg}$$

also 1 Joule pro Kilogramm Gewebe.

(Früher wurde die Energiedosis in Rad (rd oder rad) angegeben.

Dabei stand rad für Radiation Absorbed Dose.

Für die Umrechnung gilt:

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}.$$

Zur Einordnung der Maßeinheit Gy für die Energiedosis:

- \* 7 Gy gelten als absolut tödlich;
- \* andererseits stellt die entsprechende Energiemenge in anderen Formen und Zusammenhängen nicht sehr viel dar:  
7 Gy entsprechen 7 J pro Kilogramm (z.B. Wasser). Damit erreicht man eine Temperaturerhöhung um weniger als 2 Tausendstel Grad.

Für die **biologische Wirkung** (s.u.) und für die Registrierung radioaktiver Strahlung ist die Ionisation von Bedeutung. Ionisation bedeutet, daß aus Atomen und Molekülen durch radioaktive Strahlung Elektronen herausgeschlagen werden können.

Mit der **Ionen-Dosis** gibt man die Menge der Ionen an, die in kg Materie erzeugt werden können.

Die heute gültige SI-Einheit ist 1 Coulomb pro 1 Kilogramm (1 C/kg).

(Die alte Maßeinheit ist das Röntgen (R). Es gilt:  
1 R =  $2,58 \cdot 10^{-4}$  C/kg. )

Röntgen = Rad ? - Die Ursache für die Verwirrung:

Für die 1.25 MeV-Strahlung von Kobalt-60 gilt:  
1 R entspricht in Luft 0,87 rd und in Wasser 0,96 rd. Diese Angaben mit fast gleichen Zahlenwerten wurden in vielen populärwissenschaftlichen Artikeln in der Vergangenheit oft auf lebende Organismen bezogen (die ja zum überwiegenden Teil aus Wasser bestehen); diese Vermischung von R und rd führte zu zahlreichen Verwirrungen, die auch in die Lehrbücher Eingang gefunden haben.

Alle diese Dosis-Angaben sagen nichts über die biologische Wirkung der radioaktiven Strahlung aus.

Insbesondere haben gleiche Energie-Dosen Alpha-Strahlung oder Beta-Strahlung sehr unterschiedliche biologische Wirkungen. Eine Schätzgröße (!) für die biologische Wirkung ist die **Äquivalenz-Dosis H**.

Um die Äquivalenz-Dosis zu ermitteln, multipliziert man die Energie-Dosis mit dem

**relativen biologischen Wirkungsfaktor q**

$$H = D \cdot q$$

- \* Für Beta- und Gamma-Strahlung wurde  $q = 1$  festgesetzt;
- \* für Alpha-Strahlen liegen die q-Werte zwischen 10 und 20;
- \* für Neutronen liegen die q-Werte - je nach Energie - zwischen 5 und 20 (!).

Energiedosis und Äquivalenzdosis werden zwar beide in J/kg angegeben. Zur Unterscheidung von der Maßeinheit Gray (der Energiedosis) heißt die Einheit der Äquivalenz-Dosis jedoch **Sievert (SV)**.

$$1 \text{ SV} = 1 \text{ J/kg}$$

(Viel stärker verbreitet als die Maßeinheit Sievert ist heute noch die alte Einheit *rem* (Rad Equivalent Men).

Die Äquivalenz-Dosis 1 rem ist also diejenige Energie-Dosis, die die gleiche Wirkung hervorruft, wie 1 rad Gamma-Strahlung. Aus den bereits genannten Zusammenhängen ergibt sich:

$$1 \text{ SV} = 100 \text{ rem.}$$

$$1 \text{ SV} = 100 \text{ rem.}$$

#### 5. Wirkung radioaktiver Strahlung auf Lebewesen.

Die Frage nach der Wirkung radioaktiver Strahlung auf Lebewesen ist schwer zu beantworten, und zwar deshalb, weil hierzu lediglich Untersuchungen aus "Labor-Experimenten" vorliegen. Untersuchungen bei "Real-Experimenten", z.B. nach Atombombentests, welche heute noch durchgeführt werden, unterliegen ebenso der (militärischen) Geheimhaltung, wie die von den Amerikanern unmittelbar nach der Bombardierung von Hiroshima und Nagasaki durchgeführten und bis heute andauernden Untersuchungen hinsichtlich der Kurz- und Langzeitwirkungen radioaktiver Strahlung auf die unbelebte und belebte Natur.

Physikalisch-chemisch erzeugt die durch radioaktive Strahlung auf den Körper eines Lebewesens übertragene Energie Ionen, beim Durchgang durch eine Zelle mit mehreren Wechselwirkungen Ionisierungsbahnen (vergleichbar dem Geschehen in einer Nebelkammer, die dieses Phänomen zum Sichtbarmachen von Strahlung ausnutzt). Ionisierte Moleküle können als Folge der aufgenommenen Energie zerbrechen oder durch weitere Reaktionen, die sich vom chemischen Verhalten nichtionisierter Moleküle drastisch unterscheiden, erhebliche Störungen im Organismus verursachen. Dies gilt für Strahlung von außen (Gamma- und Neutronenstrahlung) und Strahlung, die durch Aufnahme radioaktiver Substanzen in den Körper verursacht ist prinzipiell in gleicher Weise, jedoch in unterschiedlichem Umfang. (vgl. Kasten).

*Wassermoleküle z.B., aus denen der menschliche Körper zu 80% besteht, bilden Ionen und Radikale (hauptsächlich OH Radikale), die unter anderem Wasserstoffperoxid bilden können. Dieses ist ein starkes Zellgift.*

Akute Vergiftungen von innen durch äußere Strahleneinwirkung spielen aber bei den relativ geringen Strahlendosen, die beispielsweise in der BRD nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl gemessen wurden, keine Rolle.

## Wirkungen radioaktiver Strahlung in der Zelle

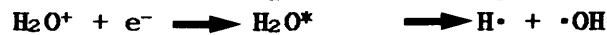
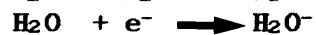
### A. Indirekte Wirkung: Radiolyse des Wassers

Wassermoleküle können Strahlungsenergie absorbieren und dabei in einen angeregten Zustand übergehen. Bei entsprechend hoher Energie kann ein angeregtes Molekül ( $\text{H}_2\text{O}^*$ ) seine Energie nicht schnell genug durch Zusammenstöße an die Umgebung abgeben, es zerfällt in Radikale:



Diese Radikale vereinigen sich zum Teil wieder zu einem weniger energiereichen Wassermolekül, das seine Energie durch Stöße an die Nachbarmoleküle abgibt.

Daneben kommt es u.a. zu folgenden Reaktionen:



Je höher die aufgenommene Strahlungsdosis ist, desto größer wird der Anteil von  $\text{H}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}_2$  an den Radiolyseprodukten. Als instabiles Molekül kann es, wie die anderen o.g. Radikale, andere Zellbestandteile angreifen und zu irreversiblen Veränderungen führen.

Die in der Zellflüssigkeit gelösten Salze begünstigen die Radikalbildung.

Gelöster Sauerstoff führt zu einer erhöhten  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Bildung.

Das Redox-Potential von radiolysiertem Wasser beträgt 0,9 V (!).

nach: H.Rink: Die Radiolyse des Wassers. In: Chemie in unserer Zeit 5 (1971), S. 90 ff.

### B. Direkte Wirkungen

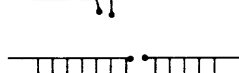
Beim Durchgang (oder bei Entstehung) und teilweiser oder vollständiger Absorption von radioaktiver Strahlung kommt es in einer Zelle zu Ionisierungsprozessen. Als Folge können chemische Reaktionen und Molekülbrüche auftreten. Je höher die Energiedichte (sehr groß z.B. bei inkorporierten Alphastrahlern), desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß effektive Schäden zurückbleiben, die durch die vorhandenen zelleigenen Reparaturmechanismen nicht mehr behoben werden können. Besonders empfindlich sind Zellen oder Zellverbände, die eine hohe Teilungsrate besitzen.

Bei der DNS (Desoxiribonukleinsäure), die als Doppelhelix den Informationsträger des genetischen Codes darstellt, können hauptsächlich die folgenden Schäden auftreten (und als Folge Störungen des Stoffwechsels bis hin zum Zelltod oder genetische Schäden):

- Einzelstrangbruch:



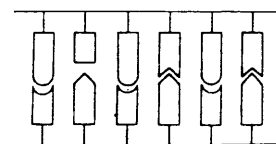
- Doppelstrangbruch:



- Basenveränderungen:

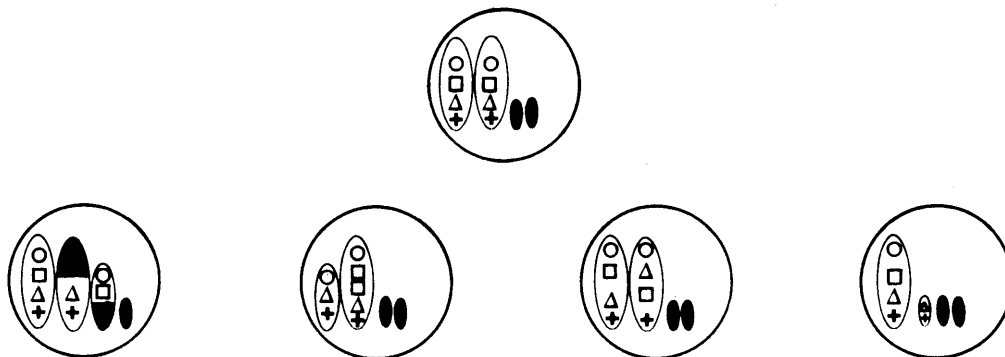


- und Vernetzungen



Bereits eine einzige Absorption von Strahlungsenergie kann zu bleibenden Funktionsstörungen (z.B. Krebs) führen. Die Zahl der Strangbrüche wächst mit der Zahl der radioaktiven Zerfälle bzw. der Strahlungsdichte.

Im weiteren können auf der Ebene der Chromosomen verschiedene Mutationen ausgelöst werden:



Translokation

Duplikation

Inversion

Deletion

Quellen: L. Mitzel-Landbek, U. Hagen: Strahlenwirkung auf Biopolymere. In: Chemie in unserer Zeit 10 (1976), S. 65 ff.  
 Kursus: Radiologie und Strahlenschutz, Berlin/Heidelberg 1981, S. 24 ff.  
 B. Ziegelmann, H. Krahn: Atom- und Kernphysik 4 (Kernenergie), Deutsches Institut für Fernstudien Tübingen, 1986, S.68 ff.

Bei Niedrigstrahlung bzw. beim Vorhandensein radioaktiven Materials in der Atmosphäre (und einem Fall- oder Wash-out durch Regen z.B.) hat man insbesondere mit Folge- oder Spätschäden zu rechnen.

- Werden z.B. die Eiweißstoffe der Chromosomen (DNS, RNS) einer normalen Körperzelle durch Strahlung geschädigt oder verändert, so kann die Zelle absterben oder den Schaden reparieren. Der Defekt kann jedoch auch von Tochterzelle zu Tochterzelle weitergegeben werden, die dann alle in ihrer normalen Funktion gestört sind.
- Sind z.B. Zellen betroffen, die für die Blutbildung von entscheidender Bedeutung sind (im Rückenmark), so kann Leukämie die Folge sein.
- Für alle anderen bestrahlten Zellen gilt, daß als Spätfolge andere Krebserkrankungen auftreten können. Die Latenzzeit, d.h. die Zeit zwischen Bestrahlung und dem Ausbruch einer Krankheit, kann 20 Jahre und mehr betragen, wie das Beispiel von Hiroshima und Nagasaki zeigt.
- Neben den verschiedenen Formen von Krebs sind der Graue Star und eine allgemeine Schwächung der körpereigenen Abwehrkräfte als Folge radioaktiver Bestrahlung bekannt, auch in Folge geringer Dosen.
- Werden Keimzellen, d.h. Ei- und/oder Samenzellen durch Strahlung verändert und geschädigt, so werden genetische Schäden und resultierend daraus Mißbildungen häufig erst in späteren Generationen sichtbar. (Die geschädigten Gene bleiben häufig als rezessive Merkmale in der ersten Generation ohne Auswirkung).
- Eine große Gefahr stellt radioaktive Strahlung für ungeborene Kinder dar. Mißbildungen, Funktionsstörungen und geistige Behinderung kann die Folge sein. Aus den 60er Jahren ist bekannt, daß bei erhöhter Radioaktivität in den Niederschlägen die Zahl der Fehlgeburten und Mißbildungen erheblich zunimmt (vgl. Sternglass-Studie).

Zur Frage des erhöhten Risikos von Krebs, Mißbildungen und Fehlgeburten in Gebieten mit besonders hoher natürlicher Strahlenbelastung gibt es z.T. widersprechende Untersuchungsergebnisse. Nach einigen Studien muß man aber davon ausgehen, daß bereits geringfügig erhöhte radioaktive Belastung zu einer Erhöhung des Risikos führt (z.B. auch in der Nähe von Kernkraftwerken im Normalbetrieb). Einigkeit besteht in der Ärzteschaft darüber, daß die Dosis-Wirkungs-Beziehung für radioaktive Belastung *linear* ist, d.h. jede Erhöhung der Strahlungsbelastung führt zu einem proportionalen Anstieg der Schädigung.

## 6. Wie gelangt Radioaktivität in den menschlichen Körper?

In den ersten Meldungen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl wurde über eine deutlich erhöhte radioaktive Strahlung aus der atmosphärischen Luft berichtet, die in erster Linie auf Jod-131 zurückzuführen war.

Die Strahlung, die aus der Luft von außen auf den Körper einwirkt, ist für sich genommen, jedoch kaum ein Anlaß zur Beunruhigung (vgl. Reichweite der Strahlung). Bedrohlich ist die Tatsache, daß bei der Atmung mit der Luft strahlende Materie in den Körper gelangt.

### **Inhalation**

*Die Atemrate eines erwachsenen Menschen beträgt ca. 14 l Luft pro Minute, entsprechend 20 m<sup>3</sup> pro Tag (Kinder: 3,5 l/min oder 5,2 m<sup>3</sup>/d).*

*Die gültige Strahlenschutzverordnung geht von einem Transferfaktor von 0,038 mrem/Bq (Erwachsene) und 0,32 mrem/Bq (Kinder)*

*für die resultierende Belastung der Schilddrüse durch <sup>131</sup>J aus.*

Rechenbeispiel: Am 1.1.86 wurde in Darmstadt zwischen 18 und 19 Uhr eine durch <sup>131</sup>J verursachte Radioaktivität von mehr als 150 Bq/m<sup>3</sup> Luft gemessen. Die daraus resultierende Schilddrüsenbelastung eines Erwachsenen beträgt

$150 \text{ Bq/m}^3 \cdot 0,014 \text{ m}^3/\text{min} \cdot 60 \text{ min} \cdot 0,038 \text{ mrem/Bq} = 4,78 \text{ mrem}$   
entsprechend für ein Kind:

$150 \text{ Bq/m}^3 \cdot 0,0035 \text{ m}^3/\text{min} \cdot 60 \text{ min} \cdot 0,32 \text{ mrem/Bq} = 10,08 \text{ mrem}$

Die berechneten Werten gelten für den Aufenthalt im Freien und für "normale" Aktivitäten. Sportler oder lebhaft spielende Kinder können bis zu 5 mal höher liegen.

Bei Aufenthalt in geschlossenen Räumen vermindert sich die Belastung um ca. 30 %.

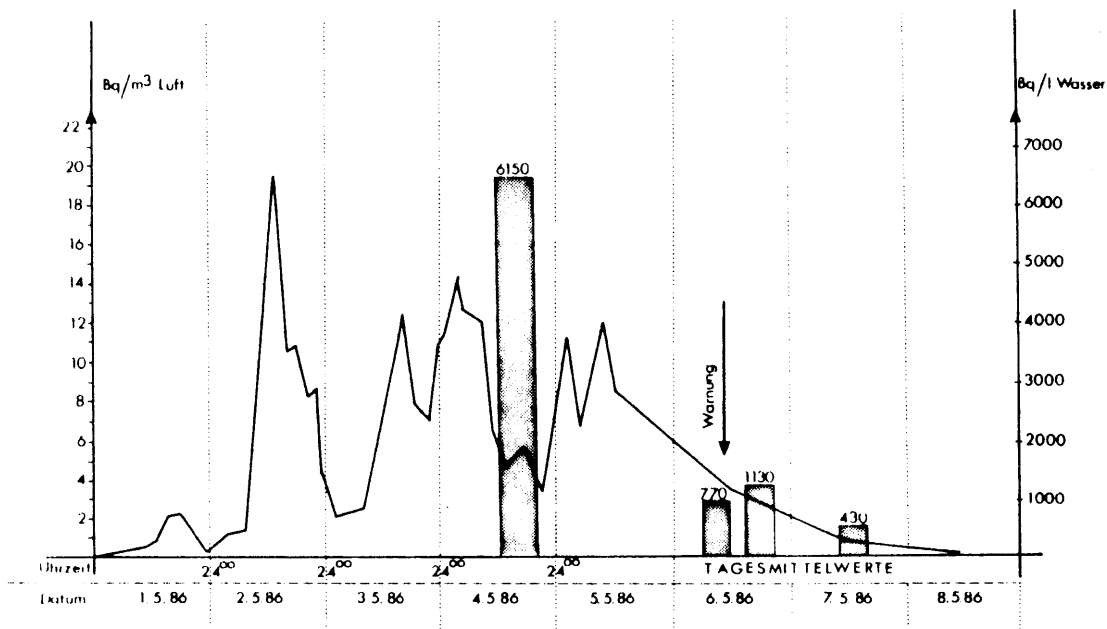
*Die Berechnungen gehen von dem Erfahrungswert aus, daß <sup>131</sup>J zu 60–90% bei der Atmung aus der Luft in den Körper übergeht; 90% davon wird in der Schilddrüse angereichert.*

Werden diese Substanzmengen in den Körper aufgenommen und zerfallen dann, so erreichen die Strahlen ihren Wirkort in den Zellen ohne "schützende" Luftschicht. (Dies unterscheidet die künstlich verursachte Radioaktivität auch von der natürlichen: letztere kommt zu mehr als 30 % durch Höhenstrahlung und zu mehr als 50% durch Erdstrahlung zustande, die nicht inkorporiert werden kann und daher relativ ungefährlich ist. Auch zeigen die in der Natur vorkommenden (mobilen) radioaktiven Isotope – wie Radon oder Kalium-40 – keine besondere Affinität zu bestimmten Organen des menschlichen Körpers.)



Mit Niederschlägen (Regen, Schnee, Tau), z.T. aber auch infolge des Gewichtes der transportierten Partikel, gelangen die radioaktiven Materialien auf die Erdoberfläche. Dieses Ausfallen und Auswaschen der radioaktiven Materialien ist der Hauptgrund für die schnelle Verringerung der gemessenen Aktivitätswerte in der Luft (!).

Durch das Ausfallen und/oder Auswaschen erfolgt am Boden zunächst eine relative Anreicherung der radioaktiven Substanzen: Aus einem großen Luftvolumen werden die Substanzen in eine eng begrenzte Schicht auf der Erdoberfläche gebracht.



### Radioaktive Belastung der Luft und des Regenwassers in Kassel durch $^{131}\text{J}$

(nach Angaben der Hess. Landesanstalt für Umwelt)

(Man beachte die unterschiedlich gespreizten Skalen für Luft- und Wasserbelastung!)

Kontakt mit radioaktiv belasteten Pflanzen, mit Wasser oder Boden (Sand) überträgt die radioaktiven Materialien auf die Hautoberfläche. Damit gelangt die Strahlung in unmittelbare Nähe des Körpers (oder bei im Sand spielenden Kindern über den Mund in den Körper).

Derartige "Verunreinigungen" von Pflanzen können auch durch gründliches Waschen - wie von offizieller Stelle geraten wurde - nur zu einem geringen Teil entfernt werden.

Bei den diesbezüglichen Empfehlungen (keine Kinder im Sandkasten; Gemüse waschen) darf jedoch nicht übersehen werden, daß die radioaktiven Materialien nicht auf der Oberfläche von Pflanzen oder der Erde verbleiben. Sie dringen, beschleunigt durch Niederschläge, in das Erdreich ein bzw. werden durch Blattoberflächen in das Innere der Pflanzen aufgenommen.

Umgekehrt gelangen auch radioaktive Stoffe aus dem Erdreich mit nicht-radioaktiven Nährstoffen in die Pflanzen (und in die weiteren Nahrungsketten).

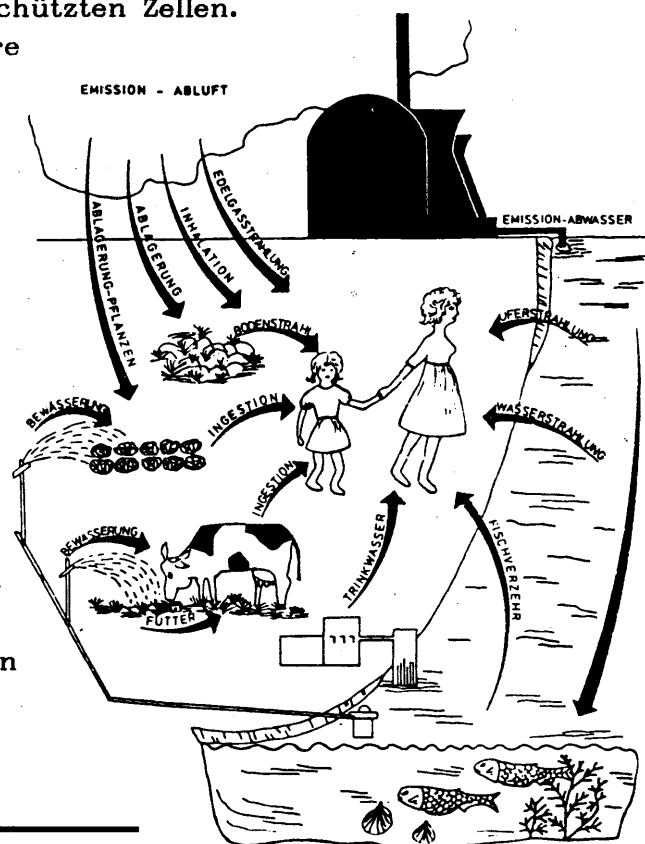
Durch den Verzehr derartig "verunreinigter" Nahrungsmittel gelangen die radioaktiven Substanzen völlig unbemerkt (!) in den Körper, reichern sich unter Umständen in bestimmten Organen oder Körperteilen an und schädigen durch den radioaktiven Zerfall die ungeschützten Zellen.

Eine wichtige Nahrungskette (insbesondere für Jod-131) geht über die Stufen:

**Luft - Gras - Kuh - Milch - Mensch**

Viele Schritte in Nahrungsketten führen zu Anreicherungen von radioaktivem Material, d.h. die Konzentration nimmt von Stufe zu Stufe zu. (Z.B. wurden in Fischen eine Anreicherung von Strontium-90 um einen Faktor von mehr als 20.000 festgestellt.)

Wie im Kasten "Radioaktivität in der Nahrungskette" ausführlich dargestellt ist, verhalten sich unterschiedliche radioaktive Isotope chemisch und physiologisch völlig verschieden. Eine bloße Angabe der Belastung in Becquerel-Werten kann daher keine Auskunft über die tatsächliche Gefährdung geben.



### Radioaktivität in der Nahrungskette

Zur direkten Belastung des Menschen durch Strahleneinwirkung von außen und Aufnahme von radioaktiven Nukliden durch die Atmung oder durch Trinkwasser kommt die bzgl. der Langzeitwirkungen mindestens ebenso bedeutsame Aufnahme mit der Nahrung (*Ingestion*) hinzu. Die Wege radioaktiver Substanzen durch verschiedene Nahrungsketten sind wenig erforscht; für bekannte Übergänge (z.B. Pflanze-Tier) sind in der Strahlenschutzverordnung Transferfaktoren angegeben, die jedoch - wie bei der Abschätzung der Belastung des Menschen - von Norm-Bedingungen ausgehen und nur einen sehr groben Anhalt geben können.

Von den zahlreichen radioaktiven Substanzen, die bei einem Reaktor-Unfall auftreten, werden im folgenden nur die häufigsten und bekanntesten näher betrachtet:  $^{131}\text{J}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{90}\text{Sr}$

#### $^{131}\text{J}$ (und andere Jod-Isotope)

1. Wegen der kurzen Halbwertszeit von 8 Tagen spielt beim  $^{131}\text{J}$  der Weg Boden-Pflanze... keine nennenswerte Rolle. Nach einer radioaktiven Belastung der Luft und anschließenden Niederschlägen kann man davon ausgehen, daß die Belastung von Pflanzen mit großer Oberfläche (Salat, Spinat) ähnlich hoch ist, wie die des Bodens. Die Bodenbelastung wird meist in  $\text{Bq}/\text{m}^2$  angegeben, die für Pflanzen in  $\text{Bq}/\text{kg}$ . Geht man davon aus, daß bei Kulturpflanzen etwa  $1 \text{ kg}$  pro  $\text{m}^2$  wächst, so kommt man zu Werten, die in der gleichen Größenordnung liegen:

Bsp.: Nordhessen Boden 4000 - 10000 Bq/m<sup>2</sup> (für <sup>131</sup>J)  
 (Anfang Mai 86) Salat 1000 - 5000 Bq/kg (für <sup>131</sup>J)

Für wesentlich höhere Bodenbelastungen und anderes Gemüse ergeben sich Belastungen für die Lebensmittel, die um den Faktor 10 bis 100 niedriger liegen:

Bsp.: Baden-Württemberg Boden bis 120.000 Bq/m<sup>2</sup> (für <sup>131</sup>J)  
 (Anfang Mai 86) Radieschen ca. 700 Bq/kg (für <sup>131</sup>J)

2. Oberflächlich anhaftendes <sup>131</sup>J wird aber mit dem Gras und anderen Futterpflanzen von weidenden Tieren aufgenommen. Damit gelangt es in Milch und Fleisch. Für Milchkühe gibt es die folgende Abschätzung: Der Jod-spezifische Bq-Wert (bezogen auf 1kg Grünfutter) wird mit der Futtermenge pro Tag (ca. 65 kg) und dem Transferfaktor 0,01 multipliziert. Daraus erhält man die Größenordnung der zu erwartenden Belastung der Milch:

Bsp.: Westen der BRD Gras 1000 - 10000 Bq/kg (für <sup>131</sup>J)  
 5000 Bq/kg · 65 kg/Tag · 0,01 Tag/l = 3200 Bq/l (für <sup>131</sup>J)

Daß die tatsächlich festgestellten Werte für Milch "nur" 400 Bq/l erreichten (für <sup>131</sup>J), hängt damit zusammen, daß die Rechnungen für reine Freilandhaltung gelten und für ein eingestelltes Gleichgewicht im Körper der Kuh. Glücklicherweise wurde von der Freilandhaltung rechtzeitig abgeraten und auch Grenzwerte für die Milch festgesetzt.

Für den Übergang ins Fleisch gibt es beim Rind den Transferfaktor 0,003 (für <sup>131</sup>J).

3. Da die menschliche Schilddrüse Jod benötigt, wird <sup>131</sup>J hauptsächlich in der Schilddrüse abgelagert, wo es zu erheblichen Belastungen kommen kann. Eine verstärkte Anreicherung tritt in Gebieten auf, in denen Jod in der Umwelt (Böden, Wasser, Nahrung) knapp ist. Als Jodmangelgebiete gelten Süddeutschland und Teile der Mittelgebirge. Neben der Inhalation wird <sup>131</sup>J hauptsächlich über die Milch aufgenommen.

Da Kleinkinder und Kinder im Vergleich zu Erwachsenen und bezogen auf ihr Körpergewicht viel mehr Milch trinken, sind sie - bei sehr geringer Schilddrüsen-Masse weitaus stärker gefährdet.

Die Strahlenschutzverordnung gibt für die Schilddrüsen-Dosis die folgenden Transferfaktoren an:

Erwachsene : 0,05 mrem/Bq Kleinkinder : 0,4 mrem/Bq

Andere Untersuchungen haben aber für Kleinkinder Faktoren bis zu 2 mrem/Bq ergeben!

Die Berechnung geht wie folgt:

Bq/kg Milch · Literzahl · Transferfaktor mrem/Bq = mrem/kg Schilddrüse  
 (Die Schilddrüse eines Neugeborenen wiegt ca. 1 g, die eines Erwachsenen 15 - 20 g).

Unter Berücksichtigung des von Strahlenschutzkommission und Bundesinnenministerium festgelegten Grenzwertes für die <sup>131</sup>J-Aktivität in der Milch mit 500 Bq ergibt sich, daß

\* bei einem durchschnittlichen Milchgenuß von 0,8 l Milch pro Tag beim Kleinkind eine Dosis von 160 mrem/kg aufgenommen wurde.

Wie unsinnig bei organspezifischer Anreicherung die Angabe als Ganzkörperdosis ist, macht die folgende Überlegung deutlich:

Ein Erwachsener wiegt im Mittel 70 kg, seine Schilddrüse 20 g. Das aufgenommene <sup>131</sup>J sammelt sich zu über 90% in der Schilddrüse. Der Quotient Schilddrüsen-gewicht/Körpergewicht ist zugleich (etwa) der Anreicherungsfaktor bezogen auf die Schilddrüse:

$$0.020 : 70 = 1 : 3500 (!)$$

4.  $^{131}\text{J}$  unterliegt wie nichtradioaktives Jod den Stoffwechselprozessen im Körper. Für dieses gilt eine biologische Halbwertszeit von ca. 4 Tagen; d.h. nach 4 Tagen hat die Hälfte der zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgenommenen Jod-Menge den Körper wieder verlassen. Dadurch wird im Fall des  $^{131}\text{J}$  die Wirkdauer im Körper verkürzt.

Allgemein gilt für den Zusammenhang von physikalischer und biologischer Halbwertszeit ( $t_{\text{phy}}$ ;  $t_{\text{bio}}$ ):

$$\frac{t_{\text{phy}} \cdot t_{\text{bio}}}{t_{\text{phy}} + t_{\text{bio}}} = t_{\text{eff}}$$

Für  $^{131}\text{J}$  ergibt sich damit eine effektive Halbwertszeit im Körper von  $(4 \cdot 8) : (4 + 8) \approx 2,7$  Tagen

Wiederum wird bei dieser Rechnung abstrahiert von allem, was nicht der Norm entspricht. Auch geht in diesen einfachen Ansatz die wiederholte Aufnahme von  $^{131}\text{J}$  mit belasteten Nahrungsmitteln oder durch die Atmung nicht ein.

5. Wegen seiner Halbwertszeit von 8 Tagen ist  $^{131}\text{J}$  bereits nach 8 Wochen (7 Halbwertszeiten) bis auf einen Rest von 1 % aus der Umwelt verschwunden. Längerlebige Jod-Isotope belasten unsere Nahrung aber weiter. Jedoch gilt auch für diese das oben ausgeführte zur Verweildauer im Körper.

#### $^{137}\text{Cs}$ (und andere Cäsium-Isotope)

1.  $^{137}\text{Cs}$  verhält sich - physikalisch wie biologisch - völlig anders als Jod. Wegen der Halbwertszeit von 30 Jahren haben wir auf Generationen mit diesem Belastungsfaktor für unsere Nahrung und unsere Gesundheit zu rechnen. Stellt  $^{131}\text{J}$  die Leitsubstanz für die kurzfristige radioaktive Belastung dar, so benutzt man  $^{137}\text{Cs}$  als Leitnuklid für die Langzeitbelastung.

Wegen seiner chemischen Ähnlichkeit mit Kalium und Natrium wird  $^{137}\text{Cs}$  (wie auch  $^{134}\text{Cs}$ ) von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen und reichert sich anschließend im Muskelfleisch von Nutztieren an.

Durch Fleischverzehr kommt es in den menschlichen Organismus.

Für den Übergang Boden-Pflanze-tierisches Fleisch gibt es folgende Transferfaktoren:

Boden-Pflanze: 0,05 bezogen auf Bq/kg Boden und Bq/kg Pflanzen

D.h., bei gemessenen Bodenbelastungen durch  $^{137}\text{Cs}$  von 3000 - 5000 Bq/m<sup>2</sup> (in Bayern) und einer, für die oberen 10 cm entsprechend zu erwartenden Belastung von 30 - 50 Bq/kg hat man in Pflanzen mit einer Aktivität von

$$(30 - 50) \cdot 0,05 = 1,5 \text{ bis } 2,5 \text{ Bq/kg}$$

zu rechnen. Für bestimmte Pflanzen liegen jedoch Ergebnisse vor, nach denen man von wesentlich höheren Transfer-Werten auszugehen hat:

Klee: 0,3 bis 33; Gräser: 0,2 bis 14; höhere Werte auch für Senf und Rüben. Wie Meldungen im Juni 1986 zeigten, ist der weitere Weg ins Fleisch (und in den Fisch) nicht nur vorprogrammiert sondern bereits im Gang. Bezogen auf die Belastung des Futtermittels findet hier eine effektive Anreicherung um den Faktor 2 und mehr statt.

Pflanze-Tier: 0,03 bezogen auf die  $^{137}\text{Cs}$ -Aktivität pro kg Futter, multipliziert mit der Futtermenge pro Tag (65 kg für das Rind)

### **Lammfleisch strahlenbelastet**

London (dpa). Radioaktiv belastetes Lammfleisch ist in Großbritannien rund vier Wochen lang verkauft worden, bevor die Regierung am Wochenende Einschränkungen bei der Vermarktung angeordnet hat. Wie britische Sonntagszeitungen übereinstimmend berichten, wurden bereits am 16. Mai, knapp drei Wochen nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl, Cäsiumwerte von über 1 000 Becquerel pro Kilogramm Lammfleisch gemessen, ohne daß der Verkauf eingeschränkt wurde.

Das britische Landwirtschaftsministerium wies die Vorwürfe zurück, bereits frühzeitig über die starke Belastung informiert gewesen zu sein. Für Teile von Nordwales und Nordwestengland wurde nach neuen Messungen zum Wochenende ein Verbot für Transport und Schlachtung von Schafen für drei Wochen angeordnet.

Aus obigem Zahlenbeispiel folgt für eine Aktivität von 2 Bq (für  $^{137}\text{Cs}$ ) im Futter:

$2 \text{ Bq/kg Futter} \cdot 65 \text{ kg Futter/Tag} \cdot 0,03 \text{ (Tag/kg)} = 3,9 \text{ Bq/kg Fleisch}$   
Dieser undifferenzierte Transferfaktor gilt jedoch praktisch für die wenigsten Nutztiere. Das IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung) hat z.B. die folgenden Werte ermittelt:

Rind:	0,02 - 0,09	Schaf, Ziege:	0,1	Schwein:	0,2 - 0,6
Kalb:	0,2 - 0,6	Geflügel:	0,4 - 4,5 (!)		

- Im menschlichen Körper wird  $^{137}\text{Cs}$  nahezu gleichmäßig verteilt. Das liegt an der oben erwähnten chemischen Ähnlichkeit mit dem Kalium, das in allen Zellen vorhanden ist und u.a. eine wichtige Funktion bei der Reizleitung der Nerven spielt. Die kritische Ganzkörperdosis von 30 mrem/Jahr würde bereits durch eine Aufnahme von  $^{137}\text{Cs}$  mit einer Gesamtaktivität von 14.000 Bq und  $^{134}\text{Cs}$  mit 8000 Bq erreicht. Für Kinder müssen diese Werte durch 4 geteilt werden. - Als kritisches Organ gilt die Leber. Wegen der Einlagerung ins Muskelfleisch beim Menschen hat Cäsium eine wesentlich höhere biologische Halbwertszeit, als Jod: 70 - 80 Tage. Nach einer radioaktiven Verseuchung tritt das Maximum der Belastung von Tieren und Menschen also erst mit zeitlicher Verzögerung auf.
- $^{137}\text{Cs}$  ist zwar gut wasserlöslich, verbleibt aber unter den meisten Bodenverhältnissen lange Zeit in den oberen, pflanzenverfügbaren Schichten. Saure (bzw. versauerte) Böden erhöhen die Aufnahme durch Pflanzen. Gleiches gilt für nährstoffarme Böden (vgl. Jodmangelgebiete). Sinkt  $^{137}\text{Cs}$  in den genutzten Trinkwasser-Horizont ab, so kommt es über unsere Wasserversorgung wieder in die Nahrung(skette). Auswaschung und Abfluß führt zu einer Belastung der Meere und der darin lebenden Organismen. Bereits bei vielen Chemikalien und Schwermetallen hat sich die Anreicherungsproblematik in diesem Bereich drastisch gezeigt.

#### $^{90}\text{Sr}$ (und andere Strontium-Isotope)

- Im Unterschied zu  $^{131}\text{I}$  und  $^{137}\text{Cs}$ , die als hoch radiotoxisch gelten, zählt  $^{90}\text{Sr}$  zu den äußerst toxischen Radionukliden. Das hängt einerseits mit seiner Halbwertszeit von knapp 30 Jahren zusammen, andererseits damit, daß es mehr als 10 mal so gut von Pflanzen aufgenommen und nach dem raschen Einbau (an Stelle von Ca - Kalzium) nicht mehr ausgeschieden wird. Eine biologische Halbwertszeit kann beim Menschen nicht angegeben werden. Praktisch alles aufgenommene  $^{90}\text{Sr}$  verbleibt im Körper. Wegen der Verwandtschaft zum Ca, das den (kationischen) Hauptbestandteil von Knochen, Knorpeln und Zähnen bildet, und nahezu gleichem chemischen Verhalten ergeben sich auch - gegenüber dem radioaktiven Cäsium - wesentlich höhere Transfer-Faktoren (wegen der Berechnungsvorschriften vgl.o.):
 

<u>Boden - Pflanze:</u>	0,4	(statt 0,05 beim $^{137}\text{Cs}$ )
	bis 9,8	beim Gras (IFEU)
<u>Pflanze - Tier:</u>	0,0006	
	bis 0,008	beim Schwein (IFEU)
<u>Futter - Milch:</u>	0,002	
- $^{90}\text{Sr}$  reichert sich naturgemäß in den Knochen an und kann mit dem Knochenmark ein wichtiges blutbildendes Organ schädigen. Als Folge kann Leukämie auftreten - bei Uranbergarbeitern und Kraftwerksbeschäftigten bereits überdurchschnittlich festgestellt. Besonders in Phasen erhöhten Ca-Bedarfs wird  $^{90}\text{Sr}$  vermehrt aufgenommen: z.B. in der Wachstumsphase von Kindern und Jugendlichen.

## 7. Die Sache mit den Grenzwerten

Ist von Grenzwerten oder Toleranzwerten für radioaktive Belastungen die Rede, so werden diese meist so mißverstanden, daß Dosiswerte unterhalb der genannten Grenzwerte unschädlich seien - zumal die Grenzwerte, wie vom Gesetzgeber be-  
teuert wird, ja schon außerordentlich niedrig sind.

Diese Annahme ist völlig falsch:

**Jede noch so geringe (Erhöhung der) Strahlenbelastung  
ist schädlich!**

Ein Grenzwert war und ist stets eine Angabe, die besagt, welches Risiko -  
welche Schädigungsquote also - der Gesetzgeber bereit ist zu tolerieren, um ein  
bestimmtes Ziel zu erreichen (z.B. den Betrieb von Kernkraftwerken).

Die Entscheidung über Grenzwerte wird zwar mit naturwissenschaftlicher  
Assistenz getroffen (oder revidiert), ist aber dennoch eine politische  
Entscheidung. Wenn unterschiedliche Behörden oder Ministerien - wie bei-  
spielsweise nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl - unterschiedliche  
Grenzwerte nennen oder festsetzen, so drückt dies nichts anderes aus, als  
"unterschiedliche Risikobereitschaft".

Welche Fehleinschätzungen bei der radioaktiven Gefährdung getroffen wurden,  
dokumentieren folgende Beispiele:

- Kurz nach 1900 galten noch 2500 Röntgen pro Jahr als unschädlich,
- 1930 glaubte man, 50 Röntgen pro Jahr tolerieren zu können,
- 1948 setzte der Gesetzgeber den Wert auf 15 Röntgen pro Jahr herab.
- Heute ist der Grenzwert gespalten:
  - \* 5 rem pro Jahr für beruflich Strahlenexponierte (z.B. Beschäftigte  
in einem Kernkraftwerk),
  - \* für alle anderen Menschen 0,03 rem pro Jahr (bei Bestrahlung des  
ganzen Körpers).

Zu berücksichtigen ist bei der Grenzwert-Diskussion, daß die meisten Überle-  
gungen und Risikoabschätzungen von einem erwachsenen, gesunden, normalge-  
wichtigen Mann (!) ausgehen. Säuglinge, Kinder, Schwangere und Menschen mit  
labiler Gesundheit sind deutlich stärker gefährdet.

Nach dem bisher gesagten sollte deutlich geworden sein, daß die Aktivitäts-  
angabe in Becquerel nichts über die (Un-)Gefährlichkeit radioaktiver Strahlung  
aussagt und es einen einfachen Umrechnungsfaktor von Aktivitätsangaben in Bq  
auf Angaben der Belastung in rem (bzw. SV) nicht gibt.

Zur Umrechnung sind tabellierte Erfahrungswerte erforderlich, die z.T. recht  
vage sind, da sie in komplexer Weise von der Größe und dem Zustand eines  
Organismus oder eines betrachteten Organs (z.B. der Schilddrüse oder der  
Keimdrüse), von der Art des (durch Nahrung, Wasser oder Luft) aufgenommenen  
radioaktiven Materials, aber auch von den Reaktionen des Körpers (Anreicherung  
oder zeitlich anhängige Ausscheidung) abhängen.

### 10 - 9 = 1 ? Was die Zahlen verschweigen

"Radioaktivität deutlich zurückgegangen - Entwarnung", so hörte man es Anfang Juni 1986 in den Medien. Minister und andere Politiker beriefen sich auf niedriger werdende Bq-Meßwerte in Nahrung, Wasser und am Boden - zurecht?

Zunächst ist eine Angabe von Bq, also Zerfälle pro Sekunde bezogen auf ein Volumen, eine Masse oder eine Fläche ein scheinbar objektives Maß, aber auch ein wertloses, wenn es nicht nach den verschiedenen radioaktiven Isotopen spezifiziert ist:

*1000 Bq bedeutet, daß pro Sekunde 1000 Atome einen Schritt in der radioaktiven Zerfallsreihe gegangen sind, und daß dabei irgendwelche Strahlung (!) emittiert worden ist. Über die Menge an radioaktiven Substanzen und deren "Qualität" sagt diese Angabe nichts!*

1000 Bq - verursacht durch  $^{131}\text{J}$  mit einer Halbwertszeit von 8 Tagen bedeutet:

- nach 8 Tagen ist nur noch die Hälfte des radioaktiven  $^{131}\text{J}$  vorhanden,
- nach 8 Tagen ist die Aktivität auf einen Wert von 500 Bq zurückgegangen,
- während dieser 8 Tage fanden in jeder Sekunde im Mittel ca. 700 Zerfälle statt.
- Daraus läßt sich auf die Ausgangsmenge des  $^{131}\text{J}$  schließen:  
8 Tage =  $8 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60$  Sekunden = 691.200 Sekunden. Bei im Mittel 700 Zerfällen pro Sekunde ergibt dies  $\approx 484$  Mio Zerfälle.
- Da dies der Hälfte des vorhandenen radioaktiven Atome entspricht, waren zu Beginn  $2 \cdot 484 \cdot 10^6 \approx 10^9$  Atome  $^{131}\text{J}$  vorhanden.

1000 Bq - verursacht durch  $^{137}\text{Cs}$  mit einer Halbwertszeit von 30 Jahren bedeutet hingegen:

- im Mittel ebenfalls 700 Bq - aber über die ersten 30 Jahre,
- insgesamt also  $(30 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) \cdot 700$  Zerfälle  $\approx 6,6 \cdot 10^{11}$
- oder, multipliziert mit 2, für den Zerfallsbeginn  $1,3 \cdot 10^{12}$  Atome  $^{137}\text{Cs}$ .
- Entsprechendes gilt für  $^{90}\text{Sr}$ .

Ganz abgesehen von den verschiedenen Anreicherungs-faktoren für bestimmte Organe und von den effektiven Halbwertszeiten im Körper ( $\text{Sr} \gg \text{Cs} > \text{J}$ ) und dem ebenfalls unterschiedlichen Verhalten und Verbleib in der Umwelt ergibt sich für die radioaktive Belastung:

$\Sigma$ Bq	für $^{131}\text{J}$	für $^{137}\text{Cs}$
in der ersten Woche	ca. $5 \cdot 10^8$	ca. $6 \cdot 10^8$
in der ersten Woche des folgenden Jahres	$\approx 0$	ca. $6 \cdot 10^8$

Berücksichtigt man, daß Schäden auf Zellebene von der Gesamtzahl der radioaktiven Strahlungsereignisse abhängen, so wird klar, daß bloße Bq-Angaben (z.B. für die Verseuchung von Lebensmitteln nichts über die mögliche Gefährdung aussagen.

Noch krasser sind die Verhältnisse beim langlebigen  $^{239}\text{Pu}$ . Wegen dessen Halbwertszeit von 24.400 Jahren entspricht 1 Bq - verursacht durch Plutonium  
( $24.400 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60$ )  $\cdot 0,7 \cdot 2 \approx 10^{12}$  Atomen  $^{239}\text{Pu}$ .

D.h. erst die  $10^6$ -fache Anzahl  $^{239}\text{Pu}$  Atome bewirkt die gleiche Anfangsstrahlung, wie eine bestimmte Anzahl  $^{131}\text{J}$ -Atome! Dafür hält die Plutonium-Strahlung für jeden von Menschen überschaubaren Zeitraum an, und Plutonium ist zudem das stärkste bekannte Zellgift, aggressiver als jedes bekannte Schwermetall, besonders, wenn es aus Aerosolen mit der Atmung aufgenommen wird.

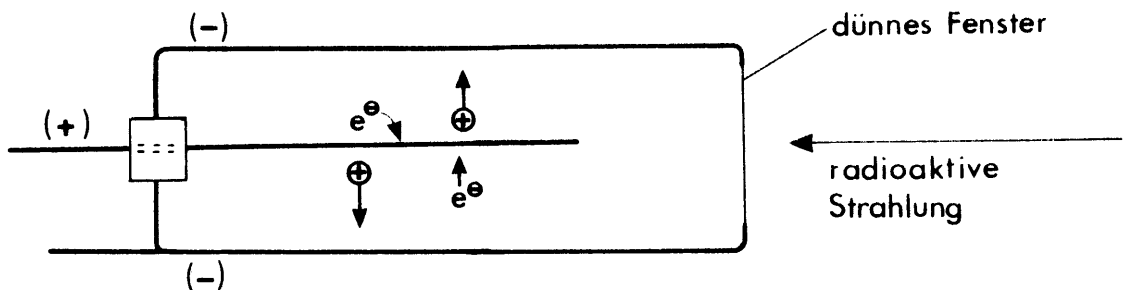
## 8. Nachweismethoden für Radioaktivität

**Hinweis:** Ausführliche Darstellungen von Nachweismethoden finden sich in vielen Physik-Lehrbüchern und u.a. im Themenheft "Radioaktivität" der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie, 33. Jahrgang (1985), Heft 9

Aussagekräftige Messungen von Radioaktivität in der Umwelt können in der Regel mit schulisch vorhandenen Meßgeräten nicht vorgenommen werden. Die zur Verfügung stehenden Geigerzähler messen die Gesamt-Gamma-Aktivität und einen Teil der Beta-Aktivität, lassen aber keinen Rückschluß auf die vorhandenen Isotope und deren Konzentration zu.

Funktionsprinzip des Zählrohrs:

In einem dünnwandigen Metallrohr befindet sich ein Edelgas unter vermindertem Druck, zusammen mit Anteilen Halogengas (als Löschsubstanz). Auf der einen Seite ist das Rohr mit einem strahlendurchlässigen Fenster verschlossen (z.B. aus Glimmer), von dem anderen Ende reicht ein zentrierter Metalldraht, isoliert gegen das Metallrohr, in den Gasraum.



Schnitt durch ein einfaches Zählrohr

Tritt durch das Fenster Strahlung ein, so kommt es zur Ionisation des Füllgases. Bei einer angelegten Spannung (Metallhülse als Kathode) von einigen Hundert Volt erfolgt dann ein kurzer Stromstoß (Entladung). Widerstände im äußerem Stromkreis unterbrechen die Gasentladung wieder. Verstärker wandeln die Impulse entweder in zählbare Signale um oder in Knack-Töne, die über einen Lautsprecher hörbar gemacht werden.

Technisch werden neben verschiedenen Varianten des Geiger-Zählers folgende Meßvorrichtungen benutzt:

Ionisationskammern, Szintillationszähler, Festkörperdetektoren und hochauflösende Frequenzanalytoren.



Bei allen radioaktiven Zerfällen, bei denen Gamma-Strahlung emittiert wird, kann diese zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der vorhandenen Isotope benutzt werden. Da (elektromagnetische) Strahlung gequantelt ist, besitzt jeder radioaktive Gamma-Strahler ein charakteristisches Gamma-Spektrum. Mit dem Nachweis bestimmter Frequenzen können so Isotope bestimmt werden. Die Strahlungsdichte ist wiederum direkt der vorhandenen Atommenge proportional.

Beta- und Alpha-Strahlung tritt nicht isotonen-charakteristisch auf. Bei fehlender Gamma-Strahlung müssen erst die Folgeprodukte chemisch isoliert und gesondert untersucht werden. Dies trifft u.a. auf das wichtige  $^{90}\text{Sr}$  zu, das ohne Emission von Gammastrahlung (und dazu noch langsam) zu Yttrium-90 zerfällt. Letzteres ist jedoch schwer chemisch zu isolieren und zu messen. Aus diesem Grund kamen nach dem GAU in Tschernobyl auch erst recht spät die ersten Werte für die  $^{90}\text{Sr}$ -Aktivität an die Öffentlichkeit.

**Radioaktivität sichtbar machen -  
ein hoffentlich nicht wiederholbarer Versuch**

aus Info-Nr.5 der Abteilung Chemie des Hessischen Instituts für Lehrerfortbildung, Frankfurt  
vom 6. Juni 1986; Redaktion: Wolfgang Münzinger

Sich der von Henri Becquerel (1852 - 1908) nachgewiesenen "Uranstrahlen" mit Photoplatten erinnernd, wurde am Freitag, 16.5.86, 11 Uhr bis Montag, 19.5.86, 9 Uhr ein 27-Din-Schwarz-Weiß-Film in der Dunkelkammer mit einem Salatblatt belegt. Das Salatblatt stammt aus der Gegend Raunheim/Flörsheim. Die lichtempfindliche Schicht des Films wurde mit einer Glasplatte dicht an das Salatblatt gedrückt. Nach der angegebenen Zeit wurde der Film zum Fotohändler gegeben und wie jeder andere Film dieser Empfindlichkeit und Marke (Ilford) entwickelt. Heraus kam dieses Ergebnis.



Das Salatblatt war trocken. Da es vorher geregnet hatte, können die schwarzen Punkte eine aus den Regentropfen herrührende Aufkonzentrierung der radioaktiven Stoffe sein. Die Grauschleier können durch die Oberfläche aufgenommenes Jod sein, das feinverteilt stahlte. Eine andere Auffassung, nämlich daß die Grauschleier von der "Chemie" der Pflanze herrühren, konnte nicht bestätigt werden, nachdem der Versuch vom 23.5. bis 26.5.86<sup>6</sup> nochmal wiederholt wurde: Sowohl Grauschleier wie auch andere Strahlenspurten fehlten.

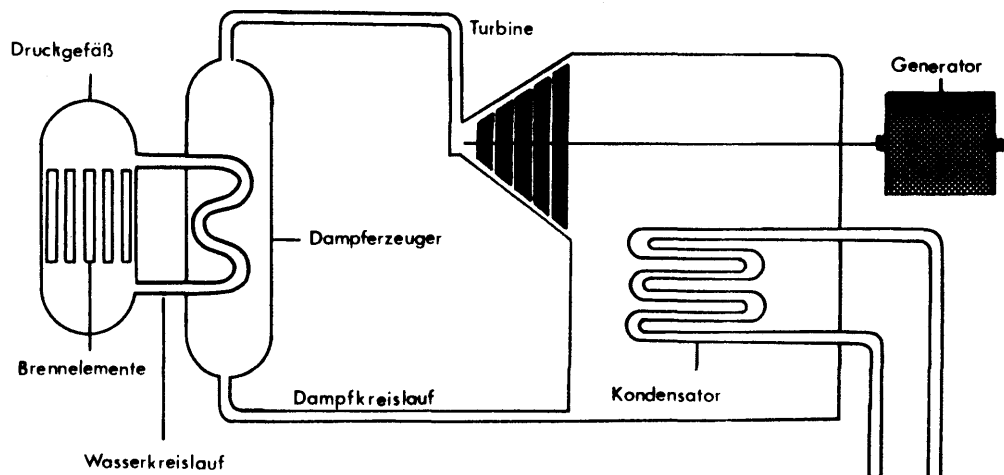
Untersucht wurden auch Flieder, Gras, Spinat und Sand. Alles zeigte deutliche Spuren von Radioaktivität.

## B. Kernkraftwerke

### 1. Die vier wichtigsten Reaktortypen:

#### 1.1. Druckwasser-Reaktor:

Brennstoff: leicht angereichertes Uran  
 Kühlung : Wasser  
 Moderator : Wasser  
 189 Anlagen weltweit in Betrieb



Der Druckwasserreaktor ist der derzeit mit Abstand am weitesten verbreitete Reaktortyp in Ost und West.

Seine Bauweise ist sehr kompakt, weil einfaches Leitungswasser eine Doppelaufgabe übernimmt:

- einerseits die Kühlung der Brennstäbe (und den Transport der entwickelten Wärme),
- andererseits die Abbremsung (Moderation) der Neutronen auf eine Geschwindigkeit, die zur Spaltung der Uran-Atome notwendig ist.

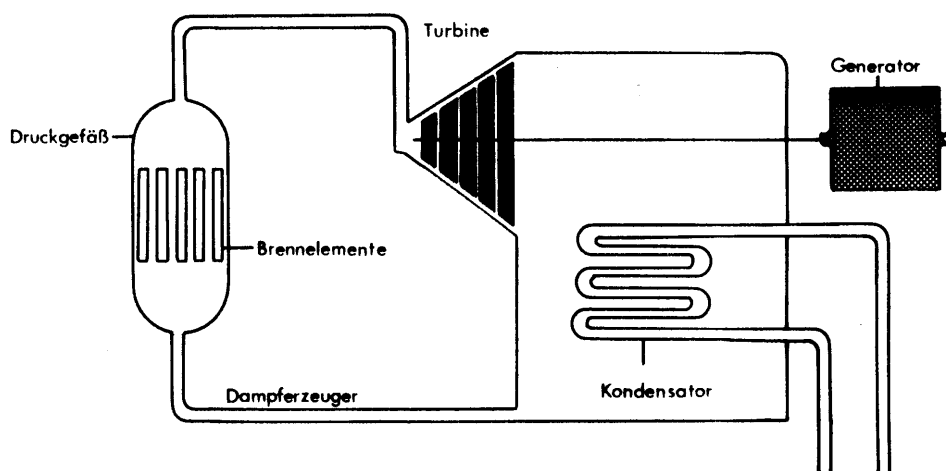
Der Nachteil dieses Reaktortyps liegt darin, daß er lediglich mit  $^{235}\text{U}$  betrieben werden kann. Dieses ist im Natururan aber nur zu 0,7% enthalten und muß auf einen Gehalt von rund 3% angereichert werden. Die hierzu notwendige, (auch finanziell) sehr aufwendige Technik wurde bereits im Zusammenhang mit dem Bau der ersten Atombomben entwickelt und wird von den Atomwaffenstaaten heute noch dazu genutzt.

Gefahr besteht beim Druckwasserreaktor dann, wenn die Kühlung ausfällt. Sofortiges Abschalten alleine hilft nicht, weil die Brennstäbe durch ihre starke Radioaktivität nachglühen. Eine Notkühlung ist erforderlich, da sonst ein Kernschmelzunfall droht.

Ein großes Risiko stellt auch der hohe Druck (ca. 170 bar) dar, mit dem das Kühlwasser zirkuliert. Für das Druckgefäß selbst ist keinerlei Berstschutz vorgesehen, seine Wände müssen (!) halten.

### 1.2. Siedewasser-Reaktor:

Brennstoff: leicht angereichertes Uran  
 Kühlung : Wasser  
 Moderator : Wasser  
 79 Anlagen weltweit in Betrieb



Dieser Reaktor-Typ kommt ohne Dampferzeuger aus und ist deshalb einfacher gebaut, als der Druckwasser-Reaktor. Der Dampf wird bereits im Druckgefäß produziert und fließt direkt zur Turbine.

Für die Elektrizitätsfirmen ist diese Tatsache finanziell interessant, denn Dampferzeuger - im Fall von Biblis: vier 20 m hohe Stahlbehälter - sind relativ teuer.

Diesem ökonomischen Vorteil steht jedoch der Nachteil gegenüber, daß mit dem Dampf, der im Druckbehälter entsteht, auch Radioaktivität bis in die Turbine gelangt. Möglicherweise aus einem Leck entweichender Dampf ist demnach *radioaktiv*. Aus diesem Grund ist dieser Reaktor-Typ gegenüber dem Druckwasser-Reaktor ins Hintertreffen geraten.

Der Siedewasser-Reaktor ist ebenso empfindlich gegen einen Ausfall der Kühlung wie der Druckwasser-Reaktor. Eine zusätzliche Gefahr droht von radioaktiven Lecks im Turbinenbereich. Dafür ist die *Brenngefahr* relativ geringer, da der Siedewasser-Reaktor mit einem Kühlwasserdruck um 80 bar betrieben wird.

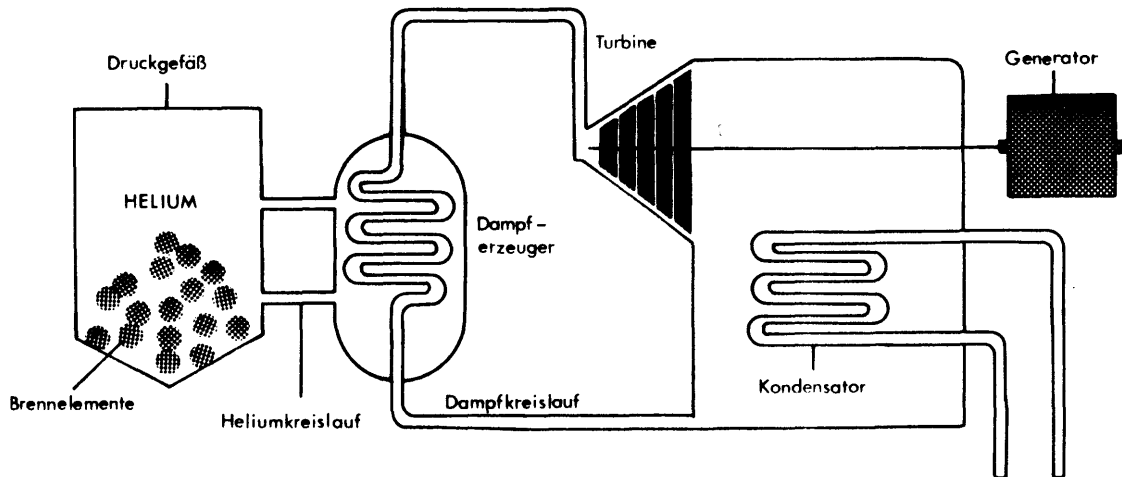
### 1.3. Gasgekühlter Reaktor:

Brennstoff: Natururan oder angereichertes Uran

Kühlung : Kohlendioxid oder Helium

Moderator : Graphit

29 Anlagen weltweit in Betrieb



Der gasgekühlte Reaktor stammt als Typ aus der Pionierzeit der *friedlichen* Nutzung der Kernenergie, wurde überwiegend in Frankreich und England betrieben und in den 70er Jahren von amerikanischen Wasser-Reaktoren verdrängt.

*Aus dem gasgekühlten Reaktor wurde der Hochtemperatur-Reaktor weiterentwickelt. Seine Brennelemente bestehen nicht aus urangefüllten Metallstangen, sondern aus Graphitkugeln, die kleine Uran-Teilchen enthalten. Die etwa faustgroßen Kugeln, die sich im Druckgefäß befinden, heizen das Edelgas auf 750 - 900 °C auf, wenn die Kettenreaktion in Gang gekommen ist.*

*Über einen Dampferzeuger wird dann eine Turbine betrieben.*

In der Bundesrepublik ist der erste Reaktor dieses Typs (300 Megawatt) in Hamm/Uentrop ans Netz gegangen.

Der Hochtemperatur-Reaktor gilt zur Zeit (!) als einziger Reaktor-Typ, der gegen Kernschmelze gefeit ist: hitzeempfindliches Metall ist nicht vorhanden, der Graphitmantel hält Temperaturen bis fast 4000 °C aus, solange er nicht mit Sauerstoff in Kontakt kommt. Außerdem bleiben die Uranteilchen bis 2300 °C im festen Zustand. *Sicherheit* gegen Kernschmelze, so die Betreiber, gäbe es nur für kleinere Anlagen bis 300 Megawatt (vgl. B2 i, S.52).

Optimal arbeitet der Hochtemperatur-Reaktor aber nur mit hochangereichertem Uran, also jenem Material, aus dem Atombomben hergestellt werden.

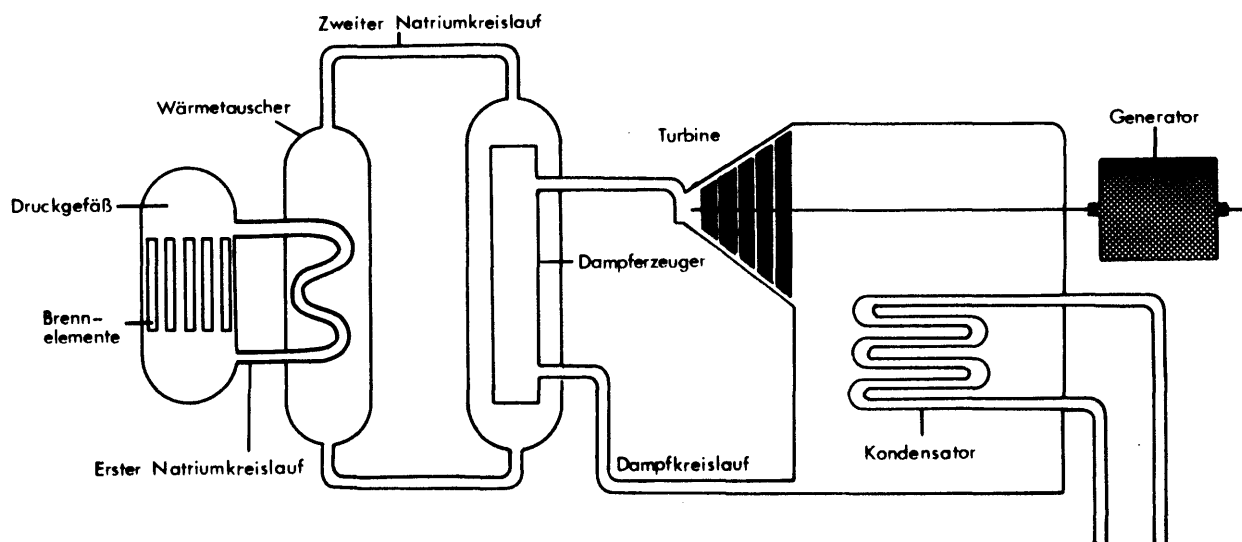
#### 1.4. Brut-Reaktor:

Brennstoff: Natururan, Abfalluran

Kühlung : Natrium

Moderator : Keiner

6 Anlagen weltweit in Betrieb



Die Brutreaktor-Technologie (Brüter) wurde als Alternative zu den o.g. Reaktortypen entwickelt, da angesichts des stürmischen Ausbaus der Wasser-Reaktoren die baldige Erschöpfung der Uran-Weltvorräte prophezeit wurde. Der *Brüter* zeichnet sich dadurch aus, daß er aus der Abfallsorte Uran-238, welches in den anderen Reaktor-Typen nicht verwertet werden kann, Plutonium *brütet* und aus diesem Energie und Strom erzeugt. Da hunderttausende Tonnen des  $^{238}\text{U}$ -Abfalls auf Lager liegen, gibt es kein Rohstoffproblem. Der Brüter arbeitet im Gegensatz zum Druckwasserreaktor mit *schnellen* Neutronen und benötigt keinen Moderator zum Bremsen der Neutronen. Die Schwierigkeit liegt in der Steuerung: Wenn das Kühlmittel durch ein Leck versickert, bleibt der Reaktor nicht mangels Moderator stehen, sondern überhitzt sofort. Zudem ist das Kühlmittel Natrium leicht brennbar. In Kalkar, wo der erste deutsche *Großbrüter* gebaut wurde, kam es schon vor Inbetriebnahme zu mehreren Natrium-Bränden.

nach: Stern-Serie: Atom-Angst. Stern Nr. 22 vom 22.5.1986, S. 18/19

**Anmerkung:** Brüter-Technologie und Wiederaufarbeitung sind notwendig miteinander gekoppelt. Auf die Gefahren dieser Technologie hat bereits R. Jungk vor mehreren Jahren aufmerksam gemacht, und seine Argumentation mit schwerwiegenden Berichten aus der französischen WAA Le Hague und der englischen WAA Sellafield (vormals Windscale, vormals Calder Hall) belegt. Die aktuelle Auseinandersetzung um die WAA Wackersdorf kann - wahrscheinlich auf Jahre hinaus - in den Medien verfolgt werden.

## 2. "Störfälle" in Kernkraftwerken (Beispiele): \*)

### Von Harrisburg über Tschernobyl bis Biblis ...

#### 2.1. Welche Gefahren drohen beim Betrieb eines Kernkraftwerkes?

Hierbei muß man zwischen der regulären radioaktiven Emission im Normalbetrieb und den verstärkten Emissionen unterscheiden, die bei Unfällen auftreten können.

Normale Emissionen erfolgen teils mit den Abgasen über den Schornstein (z.B. radioaktives Jod u.a.), teils über das Abwasser (insbesondere Tritium). In der Regel liegt die dabei auftretende Radioaktivität deutlich unter dem Wert der natürlichen Radioaktivität. Wie in A.5 und A.6 bereits ausgeführt, liegt die Hauptgefahr jedoch nicht in der momentanen Strahlung (von außen) der radioaktiven Substanzen, sondern in ihrer Aufnahme in den Körper (Inkorporation). Außerdem reichern sich viele radioaktive Stoffe über die Nahrungsketten an, so daß es im Organismus zu erheblich höheren Strahlenbelastungen kommen kann. Deshalb sind die "regulären", d.h. gesetzlich zugelassenen radioaktiven Emissionen keineswegs zu vernachlässigen.

Dramatisch kann die Situation bei einem Unfall werden.

Als **größter anzunehmender Unfall** (GAU) wird von seiten der Kraftwerksbetreiber ein Rohrbruch im Primärkreislauf angesehen. In diesem Fall würde radioaktiv verseuchtes Wasser in das Reaktorgebäude strömen und durch den Druckabfall schlagartig verdampfen. Der Reaktor würde bei einem solchen Unfall automatisch abgeschaltet, doch müßten nun die vorhandenen Notkühleinrichtungen einsetzen, um die durch radioaktiven Zerfall weiterhin produzierte Nach-Wärme abzuführen.

Beim Ausfall aller Notkühlsysteme - in diesem Fall spricht man von einem **Super-GAU** - würde der Reaktorkern unweigerlich schmelzen; die glühende Masse würde den Druckbehälter durchdringen, sich möglicherweise durch den Boden der Betonkuppel hindurch ins Erdreich hineinfressen und die Umgebung radioaktiv verseuchen.

Darüber, wie ein solcher Unfall ablaufen kann, gibt es nur vage Vermutungen. Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines solchen Katastrophenfalles wird von dem, im Auftrag der amerikanischen Regierung durchgeführten **RASMUSSEN-Bericht** als *"wesentlich unter den anderen Risiken unserer Zivilisation"* angesehen.

Die Ergebnisse des Rasmussen-Berichts sind allerdings sehr umstritten, da z.B. eine Studie der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft ein größeres Risiko und dementsprechend höhere Folgeschäden im Fall eines Super-GAU vorhersagt.

Schwer abschätzbar ist auch die Gefahr, daß ein Unfall durch Flugzeugabsturz, Sabotage oder durch eine Nuklear-Rakete herbeigeführt wird. Anfang der 80er Jahre haben amerikanische Wissenschaftler den letztgenannten Fall für den *"künftigen Kriegsschauplatz Westeuropa"* *"vorsichtig durchgerechnet"*. Sie kamen zu dem Schluß:

*"Die Attacke auf einen einzigen Reaktor mit einer einzigen Atomwaffe würde einen bedeutenden Teil von Europa verwüsten."*

Die beiden Atomphysiker Steven A. Fetter und Costa Tsipis vom Massachusetts Institute of Technology haben *"diesen Fall der Fälle am Beispiel des Kernreaktors Neckarwestheim bei Heidelberg durchgespielt: Ein Angriff auf einen Reaktor im Rhein-Main-Gebiet würde ein Drittel des Gebietes der Bundesrepublik unbewohnbar machen."*

---

\*) Dokumentiert nach Presse-Agentur-Meldungen

Die Radioaktivität eines Reaktors von einem Gigawatt, kombiniert mit einer thermonuklearen Bombe von einer Megatonne, würde viel verheerender sein als die Explosion der Bombe allein. Die Todeszone unmittelbar nach dieser kombinierten Explosion wäre um mindestens ein Drittel größer, als wenn nur die Bombe explodiert wäre: Die Autoren schätzen das Gebiet, in dem alles Leben sofort ausgelöscht wird, auf etwa 750 bis 800 km<sup>2</sup>. Die Langzeitwirkungen seien noch gravierender, weil die Strahlung des völlig geschmolzenen Reaktorkerns viel langlebiger ist als die Radioaktivität einer Bombe: Noch nach einem Jahr wäre ein Viertel des Gebietes der Bundesrepublik einer Strahlendosis ausgesetzt, die zehnmal so hoch ist wie der Maximum-Wert, den die US-Behörden für bewohnte Gebiete für zulässig erklären. Und noch ein Jahrhundert lang wäre ein Gebiet von etwa 250 km<sup>2</sup> verseucht.

Nicht nur das Gebiet der Bundesrepublik wäre betroffen, wenn am Neckar eine Bombe auf den Reaktor niedergeht: Je nach den Windverhältnissen könnte sich die gefährliche Strahlenzone nach einem Monat bis Großbritannien ausgeweitet haben.

Die Autoren im Wortlaut: *"Beim Nachdenken über solche Verheerungen sollte man sich daran erinnern, daß in Mitteleuropa, wo die Bevölkerungsdichte sehr groß ist, Atomreaktoren nicht sehr weit von militärischen Einrichtungen entfernt liegen. Die Möglichkeit, daß eine Nuklearwaffe, die auf ein militärisches Ziel gerichtet war, auch einen nahe gelegenen Reaktor zerstört, ist deshalb nicht von der Hand zu weisen."* Außerdem sollte man bedenken, daß der von den Reaktoren erzeugte Atommüll zunächst in Lagern aufbewahrt wird, die beim Reaktor liegen. Dadurch könnte Radioaktivität freigesetzt werden, die zweimal stärker ist, als des Reaktorkerns. Und weiter: Da die Reaktoren oft paarweise konstruiert werden und nahe beieinander stehen, vervielfache sich die Gefahr. *"Alle Umstände zusammengenommen, so die Wissenschaftler, könnten die angenommenen Verheerungen und die langfristig verseuchten Gebiete etwa zweimal bis sechsmal so groß sein, wie die im Fall Neckarwestheim kalkulierten Folgen"*.

(nach: M. Buchholz: Ein Drittel der BRD unbewohnbar ... . Die Neue vom 5.5.1981, S.1)

## 2.2. "Störfälle" in Kernkraftwerken - der Umgang mit dem Risiko

Einige Beispiele:

### a) Der Harrisburg-Reaktor-Unfall

Am 28. März 1979 ereignete sich im Druckwasserreaktor **Three Mile Island 2** in Harrisburg der bis dahin schwerste Reaktorunfall. Er entstand nicht durch einen spektakulären Fehler, sondern durch ein zufälliges (!) Zusammentreffen mehrerer kleiner, für sich genommen harmloser technischer Pannen, verbunden mit *falschen menschlichen Reaktionen*.

Es kam zu einer kurzzeitigen Überhitzung des Kerns, die genügte, um im Druckbehälter eine größere Wasserstoffblase zu erzeugen. Diese Wasserstoffblase drohte tagelang, den Kern trocken zu legen. Daß es nicht dazu kam, war ein ebensolcher Zufall, wie der Eintritt des Ereignisses (ausführlicher siehe R. Del Tredici 1982).

Die Bewertungen des Reaktorunfalls von Harrisburg waren sehr unterschiedlich und wurden nicht selten zum Musterfall beschönigend gedrehter Erklärungen. Für die Atom-Lobby in den USA war der Reaktorunfall kein "Unfall" sondern nur eine *"normale Aberration"* (Abweichung) bzw. eine *"anormale Evolution"*, und sie ließ in einer *"Goodwill-Kampagne ... , die Amerika vom Weißen Haus bis in die Provinz wieder auf Kernenergie einschwören"* sollte, verbreiten, daß der Störfall (!) in Harrisburg jederzeit beherrscht wurde und ohne ernsthaften Schaden für die Menschen und Umwelt blieb (vgl. Deckel drauf. Spiegel Nr.13 vom 24.3.80, S. 260 ff.).

Ähnlich beschwichtigend beurteilten die bundesrepublikanischen Kernkraftwerksbetreiber und ihre Interessenorganisationen den "Störfall" in Harrisburg. Für sie stand schon wenige Tage danach fest, *"daß manches undramatischer war, als ursprünglich geschildert"* und es vor allem *"Kommunikationsprobleme zwischen den für die Bewältigung des Störfalls zuständigen Ingenieuren"* gewesen seien, die *"zur Verunsicherung bei Regierungsstellen und Bevölkerung"* geführt hatten (vgl. Der Informationskreis Kernenergie stellt zur Diskussion: "Mit dem Risiko leben?" Eine Zusammenstellung von Berichten, Kommentaren und Analysen zum Harrisburg-Reaktor-Unfall, Bonn, April 1979).

Während die Atom-Lobby den Grund für die zunehmende Verunsicherung der Bürger bzgl. der Kernenergie in der "Kommunikations-Konfusion" sah, erklärte die Regierungsseite, daß sie in der Vergangenheit versäumt habe, *"dem Bürger die Kernenergie, vor allem aber die friedliche Nutzung der Kernenergie, in einer Form nahezubringen, die zu einer öffentlichen Akzeptanz geführt hätte,"* und sie versicherte, daß man nunmehr verstärkt daran ginge, *"dem Bürger offen und völlig wahrheitsgemäß (zu) sagen, wie die Technik funktioniert, warum sie funktionieren kann und mit welchem Risiko zu rechnen ist"*. (Dr. Günter Hartkopf, Staatssekretär im Bundesinnenministerium im Interview mit "Bild der Wissenschaft", Nr.6/1979, S. IV).

Daß das Risiko (das man der Bevölkerung zumutet,) sehr klein ist, wurde damit begründet, daß ein Unfall wie in Harrisburg *"so nicht"* passieren könnte, weil die bundesrepublikanische *"Sicherheitsauslegung ganz anders strukturiert"* sei (Dr. Hartkopf, a.a.O., S. VIII). Und darüber hinaus, so der Leiter der Abteilung "Reaktorsicherheit, Sicherheit sonstiger kerntechnischer Anlagen, Strahlenschutz" im Bundesinnenministerium, Wilhelm Sahl, *"wäre das Kernkraftwerk Harrisburg bei uns nicht genehmigt worden"* (vgl. das o.g. Interview, S. IX).

Bedeutet die *"Tatsache, daß bundesdeutsche Kernkraftwerke höheren Sicherheitsanforderungen genügen müssen als amerikanische Reaktoren"*, daß die bundesdeutschen Kernkraftwerke sicherer sind (vgl. den "Störfall" in Biblis, siehe B2 h)? In "Bild der Wissenschaft" (Nr. 6/1979) führte der ehemalige Atommanager Traube dazu aus:

Es gibt keine Sicherheit in einem absoluten Sinn; man kann nie völlig ausschließen, daß etwas Unvorhergesehenes passiert. Wenn man Sicherheit überhaupt definieren wollte, müßte man ihr eine Art Wahrscheinlichkeit zuweisen. (...)

In der Regel stellt man bestimmte Sicherheitskriterien für eine Anlage auf, und die müssen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erfüllt werden. Der Fachmann nennt diese Methode deterministisch.

Wenn man diesem Vorgehen zustimmt, fragt man nicht mehr danach, wie groß denn nun eigentlich die Wahrscheinlichkeit ist, daß trotz dieser Sicherheitsbegutachtung Anlagen irgendwelche Unfälle verursachen, die nicht vorgesehen waren.

*bild der wissenschaft:* Die meisten Vorkommnisse und Störfälle in unseren Kernkraftwerken sind letztlich erklärbar. Sie haben einen Platz im naturwissenschaftlich-technischen Erklärsystem. Insofern können sie eigentlich nicht unvorhergesehen sein.

*Traube:* Doch, es ist ein Unterschied, ob Sie im nachhinein analysieren, wie etwas abgelaufen ist und das erklären können, oder ob Sie von vornherein analysiert haben und damit die Folgen begrenzen. Wenn Sie den Fall Harrisburg nehmen, so wurde die gesamte Unfallfolge auf eine vielfache Weise nicht vorhergesehen und nicht analysiert. (...)



Man muß zwei Ebenen unterscheiden: Die eine bezieht sich auf das, was in dem Genehmigungsverfahren für ein Kernkraftwerk abläuft, was dort analysiert wird und wogegen Vorsorge im Falle der Gefahr getroffen wird.

Die andere Ebene ist, daß irgendwann im Bereich der gesamten Kernenergie-Entwicklung an irgendeiner Stelle eine grundsätzliche Untersuchung gemacht wird und daß man dort dann auf Dinge stoßen kann, die nicht mehr im Genehmigungsverfahren vorgesehen sind.

Ein Beispiel dafür ist der Rasmussen-Bericht. Hier wurde versucht, wesentlich andere Unfallabläufe als die, die in unseren Genehmigungsverfahren unterstellt werden, zu analysieren und zu fragen: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, daß Unfälle auftreten, die nach den Genehmigungsprozeduren ausgeschlossen werden, die also gleichsam amtlich nicht ablaufen können? Das Wesentliche daran ist, daß solche Unfälle, wie sie in diesem Report analysiert wurden, in einem konkreten Genehmigungsverfahren erst gar nicht analysiert werden.

*bild der wissenschaft:* Unser Sicherheitssystem hat aber doch eine innere Logik. Wir haben bestimmte Kühlsysteme, Notkühlsysteme, die die Brennstäbe ständig kühlhalten. Unser Genehmigungsverfahren basiert darauf, daß diese Systeme funktionieren. Man geht weiter davon aus, daß sich die Bedienungsmannschaft, sofern sie einen Fehler entdeckt, nach den Vorschriften verhält, so daß normalerweise keine Katastrophe passieren kann.

*Traube:* Systeme, die in Harrisburg die ihnen zugewiesene Aufgabe nicht erfüllt haben. Man muß eben unterscheiden zwischen einem auf hypothetischen Grundannahmen aufbauenden Bild, wie es die als Genehmigungsgrundlage durchgeführte Sicherheitsanalyse von Unfällen entwirft, und der Praxis.

(Diese Grundannahmen) sind Axiome, die keine theoretische Fundierung haben, sondern lediglich plausibel erscheinen. (...)

Ich will das an zwei Beispielen erläutern: Ein Beispiel ist die Analyse des Größten Anzunehmenden Unfalls, des GAU. Dabei dreht es sich, was in Harrisburg überhaupt nicht aufgetreten ist, um das Platzen einer Rohrleitung im Primär-System.

Die Grundannahme ist nun, daß ein Reaktordruckgefäß nicht katastrophal aufplatzen kann, sondern nur Rohrleitungen. Das ist eine der Grundannahmen, die letzten Endes zu einer Zeit festgelegt wurden, zu der Kernenergie überhaupt noch nicht im Brennpunkt der Öffentlichkeit stand. (...)

(...) ausgehandelt worden ist sie zwischen den Beteiligten, dem Reaktorhersteller, das waren damals die Firmen Westinghouse und General Electric, und den Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die sich mit der Nutzung der Kernenergie identifiziert haben. Und natürlich auch mit den Behörden und deren Gutachter-Organisationen, die damals geschaffen worden waren, um Kernkraftwerke zu genehmigen.

Diese Grundannahmen mußten in dieser Form einfach deswegen getroffen werden, weil sonst praktisch keine Möglichkeit bestanden hätte, Leichtwasser-Reaktoren überhaupt zu bauen.

Das ist ein Grundverständnis, das als Basis fungiert, und dazu ist natürlich später viel getan worden in der Praxis, um die Sicherheit gerade des Reaktor-Druckgefäßes zu verstärken. Aber ich betone: Das ist alles erst im nachhinein geschehen. Da waren die ersten Reaktoren schon in Betrieb. (...)

(Das zweite Beispiel ist) das sogenannte Einzelfehler-Kriterium. Jetzt komme ich zurück auf das, was Sie vorhin sagten: Man setzt nicht etwa voraus, daß alle Operateure und alle Menschen in dieser Anlage alles richtig machen. Sondern man setzt nur voraus, daß - gleich aus welchen Gründen, ob der Fehler nun von einem Operateur verursacht wurde oder von einem Materialfehler - in einem Unfallablauf immer nur zwei grundlegende, voneinander unabhängige Fehler passieren können.

Nun muß das Sicherungssystem so ausgelegt werden, daß es auch diesen Fehler mitberücksichtigt, wobei es belanglos ist, ob nun etwas durch das Eingreifen eines Menschen falsch gemacht worden ist oder nicht.

Harrisburg hat uns gezeigt, daß mehr als zwei unabhängige Fehler auftreten können. Dort waren es mindestens vier, die zu der Kette von Ereignissen geführt haben.

*bild der wissenschaft:* Und was ist nun die Alternative zu der deterministischen Analyse, die Ihrer Meinung nach auf willkürlichen Postulaten beruht?

*Traube:* Die anderen Ansätze nennt man probabilistisch. Nach dieser Art müßte man alle erdenkbaren Unfallabläufe durchanalysieren - man darf nichts ausschließen -, und man müßte allen Unfallabläufen eine Wahrscheinlichkeit zumessen.

In der Praxis werden heute schon gewisse Elemente in der Sicherheitsbegutachtung probabilistisch untersucht, aber nicht das ganze System. Das ist eigentlich das grundsätzliche Manko. (...) (Zudem) könnte eine probabilistische Analyse in aller Strenge gar nicht durchgeführt werden, (...) weil entscheidende Daten über Fehlerwahrscheinlichkeiten nicht oder nur ungenügend quantifizierbar sind. Darin offenbart sich die Unsicherheit, die durch die probabilistische Analyse verdeckt wird. (...)

*bild der wissenschaft:* Fachleute sagen, daß die Ereignisse von Harrisburg bei uns gar nicht hätten passieren können. (Und Herr Dr. Hartkopf vom Bundesinnenministerium hat gesagt,) "so" hätte es bei uns nicht passieren können, "so nicht".

*Traube:* "So nicht", (...) das kann man sozusagen aus dem Stand sagen: "So nicht". Ganz einfach deshalb, weil ein Unfallablauf, der eine lange Kette nach sich zieht und in dem Dutzende von Komponenten eine Rolle spielen, gar nicht so ablaufen kann, wenn man ein anderes Kernkraftwerk hat, bei dem diese Komponenten und Systeme teilweise unterschiedlich sind. (...)

*bild der wissenschaft:* Sicherheit ist ja bekanntlich sehr teuer. Sie haben ja selbst Kernkraftwerke gebaut und wissen, welche Kosten für die Sicherheit anfallen. Hat das Geld damals eine große Rolle gespielt?

*Traube:* Selbstverständlich spielt das Geld eine große Rolle. Es ist einfach unsinnig zu behaupten, daß man also absolute Sicherheit vor Kostenfragen setzt.

*bild der wissenschaft:* Ist also das von allen Politikern - und im Augenblick fühlen sich ja sehr viele bemüßigt, ein Urteil abzugeben - immer wieder gesagte "Die Sicherheit des Menschen ist das Wichtigste" eine politische Phrase?

*Traube:* Das ist eine hochgradige Ungenauigkeit. Wenn man nämlich die Sicherheit der Menschen als absoluten Wert setzen würde, dann könnte man tatsächlich Kernkraftwerke, übrigens auch viele andere technischen Anlagen, nicht bauen. Wer das Gegenteil behauptet, ist entweder ein Ignorant oder ein Heuchler. (...)

Meiner Ansicht nach liegt das Problem auf einer anderen Ebene: (...) Die langjährige Arbeit in den Kernenergieorganisationen - also Reaktorhersteller, Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen, Gutachter und Behörden - führt zur Identifikation. Alle Verantwortlichen haben ein verinnerlichtes Vor-Verständnis, nach dem man letzten Endes nichts fordern darf, was die Machbarkeit von Kernkraftwerken grundsätzlich infrage stellt. Das gibt es überall in der Industrie, und nicht nur im Kernkraftwerksbau. (...)

*bild der wissenschaft:* Herr Traube, nun gehörten Sie ja auch einmal zum Kreis der Macher, waren selbst für den Bau von Kernreaktoren verantwortlich und haben selbst welche gebaut. War für sie früher eher der Mensch oder der Markt interessant?

*Traube:* Ich war als der leitende Ingenieur, der tagtäglich eine Organisations-Maschinerie in Gang zu halten hatte, genauso wie alle anderen eingebaut in dieses Selbstverständnis: Diese Dinge müssen gebaut werden.

Man rationalisiert da sehr gern, greift schnell zu Thesen wie der, daß die Menschheit Kernenergie braucht, daß sie offenbar die Gefahren des technischen Fortschritts zu akzeptieren bereit ist - weil sie ja auch ihre Autos behalten will, obwohl Autos in der Bundesrepublik Deutschland jährlich 15.000 Tote verursachen.

*bild der wissenschaft:* Sie haben damals sogar gestöhnt unter den Sicherheitsauflagen und unter den hohen Kosten, die Ihnen dadurch entstanden.

*Traube:* Ja, das war das typische Denken des Ingenieurs und Managers, der sich mit der Aufgabe zu realisieren, praktisch vorbehaltlos identifiziert. Für mich war das damals immer eine Abwägung zwischen erhöhtem Risiko und erhöhten Kosten. Das ist einfach die Grundform der Sicherheitsbegutachtung. (...)

Ein Jahr nach dem "Störfall" im Kernkraftwerk TMI-2 in Harrisburg erschien der folgende Bericht:

### **Kernkraftwerk in Harrisburg darf radioaktive Gase ablassen**

Washington, 3. Juni 1980 (Reuter). Die US-Atomkontrollbehörde NCR hat den Betreibern des Kernkraftwerkes Three Mile Island bei Harrisburg jetzt gestattet, das in dem Druckgefäß des havarierten Kraftwerk-Reaktors I aufgestaute radioaktive Edelgas in die Atmosphäre abzulassen. In einer mit Spannung erwarteten Studie der NCR hieß es, Untersuchungen hätten ergeben, daß die Folgen der Freisetzung des radioaktiven Krypton-85 auf die Gesundheit der in der Nähe des Kernkraftwerks lebenden Menschen "vernachlässigbar" seien. Schätzungen zufolge enthält das Druckgefäß des Reaktors neben vielen Millionen Litern radioaktiven Wassers rund 57.000 Curie Krypton-85. Das Gas soll innerhalb von zwei Monaten abgelassen werden. Die NCR begründete ihre Erlaubnis mit der Notwendigkeit, das Druckgefäß von den radioaktiven Rückständen zu säubern. Fachleute befürchten, daß stark korrosive Gase und Dämpfe im nach wie vor rund 200 Grad Celsius heißen Inneren des Reaktors zu einem weiteren Versagen von Ventilen und Armaturen und einer katastrophalen Freisetzung von Radioaktivität führen können.

Die britische Fachzeitschrift "Nature" meldete, daß am 20. Mai ein Versuch, in das Reaktor-Druckgefäß einzudringen, fehlschlug. Zwei Ingenieure des Betreibers Metropolitan Edison konnten die 7,5 Zentimeter dicke Stahltür einer Luftschleuse zum Reaktorinneren nicht öffnen. Experten äußerten die Auffassung, daß die Tür festgerostet sei. (...)

zitiert nach: Kreß, Mikelskis, Müller-Arnke, Reichenbacher: Energie. Regenerierbare Energiequellen und alternative Energietechnologien. Frankfurt/M. 1984, S. 32

### **b) "Radioaktiver Dampf trat im Kernkraftwerk Isar aus"**

Der Reaktor des Kernkraftwerks Isar bei Ohu mußte am Donnerstag abgeschaltet werden, weil radioaktiver Dampf in das Maschinenhaus des Kernkraftwerkes ausströmte. Der Störfall wurde durch das Kernreaktor-Fernüberwachungssystem im Landesamt für Umweltschutz angezeigt, wo anhand der Meßwerte eine erhöhte Aerosol- und Edelgasaktivität festgestellt wurde. Eine sofortige Rückfrage beim Kernkraftwerk, die nach Angaben eines Sprechers des Umweltministeriums der Meldung des Betreibers zuvorkam, ergab, daß gleichzeitig eine Dampffreisetzung im Maschinenhaus stattfand.

Rund 40 Minuten nach der automatischen Meldung durch das Fernüberwachungssystem wurde der Reaktor abgeschaltet und die Dampfzufuhr aus dem Sicherheitsbehälter zur Turbine gesperrt. Dadurch sei die Leckage gestoppt und ein weiterer erhöhter Aktivitätsaustritt unterbunden worden. Bis zum Abend seien die Aktivitätswerte wieder auf die Normalwerte abgesunken. Die ausgeströmten Aktivitätsmengen liegen nach Angaben des Ministeriums unter 10 Prozent der pro Tag genehmigten Werte.

Als Ursache ermittelten Mitarbeiter des Landesamtes für Umweltschutz und des Umweltministeriums sowie des Kernkraftwerkunternehmens eine undichte Dichtung in einem Kondensat-Sammelbehälter.

Nach den notwendigen Entseuchungsarbeiten wurde die beschädigte Dichtung erneuert. Eine Gefährdung der Umgebung der Kernkraftwerksanlage ist nach Angabe des Umweltministeriums zu keinem Zeitpunkt gegeben gewesen. Das Reaktorgebäude selbst war vorsorglich geräumt worden.

Diese Abschaltung war die elfte seit der Aufnahme des kommerziellen Betriebs dieses Kraftwerks im Februar 1979 und die 37. Abschaltung seit Aufnahme des Probetriebes.

nach: Frankfurter Rundschau vom 29.3.1980, S. 4

### c) Unfall im japanischen Kernkraftwerk von Tsuruga

Am 8. März 1981 traten durch ein Leck im Kernkraftwerk TSURUGA der "Japan Atomic Power C." ca. 40 Kubikmeter radioaktives Wasser aus, "was der doppelten Menge des Unfalls von **Three Mile Island** bei Harrisburg (USA) entspricht. Die Intensität der Radioaktivität des Wassers soll nach ersten Messungen die zulässige Toleranzschwelle um ein Millionenfaches überschritten haben.

Da das Kühlwasser in die Bucht von Tsuruga ausgetreten war, haben die Fischmärkte von Saka, Kobe und Nagoya als die Hauptabnehmer der Fischfänge der Präfektur Fukui den Verkauf von Fischen aus diesen Gewässern untersagt. (...)

Mindestens 56 Beschäftigte des Kernkraftwerkes wurden am 8. März bei dem Versuch, das austretende Kühlwasser zu bergen, gesundheitsgefährdenden Strahlungen ausgesetzt, teilte (...) ein Sprecher der Kraftwerksgesellschaft mit. Der Sprecher gab an, daß die Strahlungs-dosis, der die Arbeiter ausgesetzt gewesen seien, ihre Gesundheit nicht gefährdet habe. Eine Untersuchung des Handelsministeriums dagegen ergab in der Umgebung des Lecks eine Strahlung, die mit 3600 Millirem pro Stunde höher liegt als die zulässige Belastung von 3000 Millirem, der die Arbeiter innerhalb eines Zeitraumes von drei Monaten ausgesetzt werden dürfen."

nach: Frankfurter Rundschau vom 22.4.1981, S.1

Auf Anfrage der *Frankfurter Rundschau* erklärte der KKW-Gegner Professor Kinzaburo Tagaka vom Plutonium-Forschungsinstitut in Tokio zu dem Unfall:

"Das Besondere an dem Fall Tsuruga ist, daß es sich hier nicht um einen auf menschliches Versagen zurückführbaren Unglücksfall handelt, sondern um Absicht." Zwar sei das Überlaufen der Tanks vom 8. März primär auf das Versäumnis, ein Ventil rechtzeitig zu schließen, zurückzuführen. Aber die Firma Japan Atomic Power C. habe zur Vertuschung dieses Ereignisses das übergelaufene Kühlwasser absichtlich in das mit dem nahe gelegenen Meer verbundene normale Abwassersystem geleitet, das im Gegensatz zu den für radioaktive Abwässer vorgesehene Auffang- und Entsorgungsanlagen weniger strengen Kontrollen unterworfen sei. - Diese Vermutungen waren in abgeschwächterer Form auch schon anderweitig vorgebracht worden.

Wie der Kernenergietechniker Takeshi Murota von der Hitostubashi-Universität in Tokio der *FR* erklärte, ist das Tsuruga-Unglück insofern schwerwiegender als der Fall von Three Miles Island, als das verseuchte Wasser direkt ins Meer ausgetreten ist und damit zu einer direkten Umweltverseuchung führte, wogegen das ausgetretene Kühlwasser in Harrisburg im Reaktorgebäude verblieb, wo es nur langsam versickern konnte. Aus diesem Grund seien direkte Quantitätsvergleiche ebenfalls schwierig. Den immer noch nicht amtlich bestätigten Schätzung zufolge sind in Tsuruga vierzig Tonnen Kühlwasser ausgetreten, also doppelt so viel wie zu Beginn des Unglücks in Harrisburg. Das Problem von Harrisburg liege jedoch darin, daß sich das Leck nicht habe schließen lassen, so daß in der Folgezeit weiteres Kühlwasser ausgetreten sei, dessen Menge inzwischen auf insgesamt zweitausend Tonnen geschätzt werde. Nach Ansicht Tagakas ist die radioaktive Intensität des in Tsuruga ausgelaufenen Kühlwassers nicht so stark wie in Three Miles Island, wo die vorherrschenden Elemente radioaktive Gase wie Xenon-133, Jod-133 und Krypton-85 gewesen seien. In Tsuruga habe es sich dagegen um Kobalt-60 und Mangan-64 gehandelt. Das Problem sei, daß die letztgenannten Substanzen eine längere Zerfallszeit haben und damit die betroffenen Umweltgebiete nachhaltiger beeinträchtigen. Zu vermuten sei, daß zusätzlich auch Strontium-90 und - wie amtlich inzwischen bestätigt - Cäsium-137 ausgetreten sei, das eine Zerfallszeit von dreißig Jahren habe. Die Auswirkungen auf den Fischfang der Region seien daher unübersehbar.

P. Crome: Die Öffentlichkeit wartet vergeblich auf Antwort.  
Frankfurter Rundschau vom 24.4.1981, S.3

Der Grund, daß die direkt von einem Unfall betroffene lokale Bevölkerung sich relativ wenig gegen die KKW-Lobby wehrt, "liegt in den großzügigen Subventionen, mit denen ihnen der Mund gestopft wird". (ebenda)

#### **d) Beinahe-GAU in Frankreich**

In der Nacht zum 14. April 1984 ereignete sich eine Störung der Stromversorgung im französischen Atomkraftwerk BUGEY, die beinahe zum Ausfall der Kühlanlage geführt hätte. Dieser Störfall, in dessen Verlauf ein "größter anzunehmender Unfall" nur knapp verhindert werden konnte, wurde erst am 21. Mai 1986 durch die Pariser Wochenzeitung "Le Canard enchaîné" bekannt.

Der 500-Megawatt-Reaktor wäre "um ein Haar unkontrollierbar" geworden, schrieb das Blatt. Es beruft sich dabei auf einen vertraulichen Bericht des dem französischen Atomenergiekommissariat unterstehenden Instituts für Strahlenschutz IPSN und veröffentlichte Auszüge und Faksimiles. Der Darstellung zufolge wurde in dem nahezu mit voller Kapazität arbeitenden Reaktor ein Stromabfall festgestellt. Als die Spannung nach 3 Stunden und 15 Minuten immer schwächer wurde und die Pumpanlage des Kühlsystems auszufallen drohte, gab man Notalarm. Die Techniker versuchten, auf Versorgung durch Notstromaggregate umzuschalten, von denen jedoch zwei nicht funktionierten. Erst das dritte dieselbetriebene Aggregat sprang an. Der damalige IPSN-Direktor Pierre Tanguy, heute Sicherheitsinspektor des staatlichen Elektrizitätskonzerns EDF, gab am Mittwoch auf Anfragen zu, der Zwischenfall "hätte sehr ernst werden können". Jedoch seien aus ihm "alle Lehren gezogen worden".

nach: Frankfurter Rundschau vom 22.5.2986, S.1

e) Der Reaktorunfall in Tschernobyl

# Tschernobyl – eine Rückschau

## Der Reaktorunfall von Tschernobyl und die daraus resultierende Kontamination in der Bundesrepublik

Von W. Weiss, A. Sittkus, H. Sartorius und H. Stockburger, Freiburg i. Br. \*)

### Einleitung

Am 26. April 1986 um 1.23 Uhr (Ortszeit) ereignete sich im Block 4 des sowjetischen Kernkraftwerks Tschernobyl ein schwerer Unfall, der die Zerstörung des Reaktors und eine erhebliche Radioaktivitätsfreisetzung zur Folge hatte. In den Tagen und Wochen danach waren nur wenige Fakten über Ursache, Art, Ablauf und Stärke des Unfalls verfügbar. Die Informationslage verbesserte sich wesentlich durch das IAEA-Expertentreffen Ende August 1986 in Wien, wo Vertreter der UdSSR eine umfangreiche Dokumentation des damaligen Kenntnisstands vorlegten [1]. ■ ■ ■

### Die Anlage in Tschernobyl

In der UdSSR wurden 1985 insgesamt 14 Reaktoren des Typs RBMK-1000 mit einer Gesamtleistung von 14 GW<sub>el</sub> betrieben. Die Verfügbarkeit dieser Reaktoren liegt im Mittel bei 80 %. Am Standort Tschernobyl befanden sich zur Zeit des Unfalls vier Reaktorblöcke dieses Typs im Vollastbetrieb. Die Reaktoren des Typs RBMK-1000 sind Siedewasser-Druckröhrenreaktoren. Als Moderator wird Graphit, als Kühlmittel (leichtes) Wasser verwendet. Der Moderator von insgesamt 1700 t Gewicht, der im Leistungsbetrieb eine Temperatur zwischen 550 und 700 °C besitzt, ist bei Luftzufuhr und bei Temperaturen oberhalb 800 °C brennbar. Die große räumliche Ausdehnung des Reaktorkerns macht eine umfangreiche Regelung des Neutronenflusses notwendig. Der Einsatz eines Graphitmoderators und Wassers als Kühlmittel kann zu einem Störfallverhalten führen, das unter bestimmten Voraussetzungen

eine sich selbst verstärkende Leistungserhöhung prinzipiell nicht ausschließt. Es besteht deshalb die Vorschrift, den Reaktor aus Sicherheitsgründen bei weniger als 20 % der Nennlast grundsätzlich nicht zu betreiben. ■ ■ ■

### Die Chronologie des Unfallablaufs

Der Block 4 des Reaktors in Tschernobyl sollte am 25. April 1986 wegen der jährlich notwendigen Revision heruntergefahren werden. Im Verlauf dieser Maßnahme war ein Experiment an einer der beiden Turbinen vorgesehen, das die Frage beantworten sollte, ob die Rotationsenergie der auslaufenden Turbine bei einem Kühlmittelverlust-Störfall mit gleichzeitigem Ausfall der Netzversorgung kurzzeitig zur Energieversorgung der Speisepumpen verwendet werden kann. Ein früherer Versuch dieser Art hatte einige Modifikationen elektrotechnischer Art nahegelegt, die nun getestet werden sollten. Das im einzelnen schriftlich festgelegte Experiment war als rein „konventionell“ eingestuft, eine Rückwirkung auf den Reaktor selbst nicht erwogen worden.

Der zeitliche Ablauf des Unfalls wurde von sowjetischer Seite im Detail rekonstruiert und beschrieben: Der Block 4 wurde am 25. 4. 1986, 1.00 Uhr (Ortszeit), planmäßig heruntergefahren. Um 14.00 Uhr war ein Teillastbetrieb von 50 % erreicht, der auf Anforderung des Lastverteilers in Kiew – außerplanmäßig – für ca. 9 Stunden aufrecht erhalten werden mußte. Der zeitliche Ablauf des Experiments mußte geändert werden. Eine in Übereinstimmung mit der Planung bereits durchgeführte Freischaltung des Notkühlsystems wurde entgegen den Betriebsvorschriften jedoch nicht rückgängig gemacht. Um 23.10 Uhr erfolgte eine weitere Leistungsreduktion mit dem Ziel eines Teillastbetriebs von ca. 20–30 %, d. h. knapp oberhalb des zulässigen Minimums. Aufgrund eines Bedienungsfehlers der Betriebsmannschaft am 26. 4. 1986, 0.28 Uhr, fiel die Reaktorleistung auf unter 1 % der Nennleistung ab, was eine

sofortige Reaktorabschaltung zur Folge hätte haben müssen. Stattdessen wurde versucht, die Reaktorleistung wieder zu erhöhen. Dabei traten u. a. aufgrund des komplexen Regelverhaltens des Reaktors weitere Schwierigkeiten auf. Trotz schwerwiegender Verstöße gegen die Betriebsvorschriften konnte bis 1.00 Uhr eine Leistungserhöhung auf nur 7 % der Nennleistung erreicht werden. Die Anlage selbst befand sich bereits zu diesem Zeitpunkt in einem instabilen Zustand, der eine sofortige Abschaltung erforderlich gemacht hätte. Trotzdem wurde unter Umgehung bzw. gezielter Ausschaltung weiterer Sicherheitseinrichtungen schließlich um 1.23 Uhr das geplante Experiment eingeleitet. Die versuchsbedingte Verringerung des Kühlmitteldurchsatzes im Reaktorkern führte zunächst innerhalb von 30 Sekunden zu einem Leistungsanstieg auf ca. 10 % Nennleistung. Die eingeleitete Reaktornotabschaltung zeigte keine Wirkung. Es kam vielmehr innerhalb weniger Sekunden zu einer Leistungsexkursion auf etwa das 100fache der Nennleistung. Zwei bis drei Sekunden danach wurde eine „Explosion“ registriert, deren Natur noch nicht geklärt ist. Aufgrund der lokalen Aufheizung der Brennelemente auf über 2000 °C kam es nach sowjetischen Computersimulationen des Unfallablaufs und Schätzungen zu einem Überdruckversagen und zu einer starken Fragmentierung von etwa 30 % der Brennstäbe. Der Kontakt des aufgeheizten Materials mit dem umgebenden Wasser führte schließlich zu einer Dampfexplosion, die die Zerstörung des Reaktors und des Reaktorgebäudes zur Folge hatte. Die nach der Zerstörung des Gebäudes mögliche Konvektion von Luft führte zum Brand des Graphitmoderators. Nach sowjetischen Angaben wurden in dieser Phase etwa 1 % des Inventars der nicht-edelgasförmigen Radionuklide des Reaktorkerns in Form von Brennstofffragmenten freigesetzt und – infolge des thermischen Auftriebs – bis in Höhen über 1000 Meter verfrachtet. Die Freisetzung am 26. April betrug etwa 25 % der Gesamt-Freisetzung. ■ ■ ■

\* Dr. Wolfgang Weiss, Leiter des Instituts für Atmosphärische Radioaktivität des Bundesamtes für Zivilschutz (Rosastr. 9, 7800 Freiburg i. Br.); Dr. Albert Sittkus, bis 1981 Leiter dieses Instituts; Dipl.-Phys. Hartmut Sartorius und Dr. Helmut Stockburger, wissenschaftliche Mitarbeiter.

... daß im Verlauf der zehn Tage lang andauernden Emission mehr als  $2 \times 10^{18}$  Bq in die Umwelt freigesetzt wurden. Das sind 3–4 % des Reaktorkerninventars. Die Angaben schließen nicht die im Reaktor enthaltenen Edelgase ein (ca. 4 % des Aktivitätsinventars), von denen man annehmen muß, daß sie zu 100 % freigesetzt wurden. Von sowjetischer Seite wurde aus Messungen abgeschätzt, daß etwa 0,3 bis 0,5 % des Kerninventars innerhalb des Anlagengeländes auf dem Boden deponiert wurden, 1,5 bis 2 % in einem Radius bis zu 20 km und weitere 1 bis 1,5 % in Entfernungen über 20 km. ■■■

In der Phase vom 27. April bis 1. Mai wurden Maßnahmen ergriffen, um den Brand des Graphitmoderators einzudämmen, einer Restkritikalität des zerstörten Kerns vorzubeugen, die Temperatur im Reaktor zu senken und die Freisetzung von Radionukliden sowie die Direktstrahlung zu mindern. ■■■

hatten diese Maßnahmen eine merkliche Reduktion der Radionuklidfreisetzung zur Folge. Aufgrund der Verringerung der Temperatur im Reaktor wurde auch der thermische Auftrieb geringer. Der Vertikaltransport der freigesetzten Radionuklide war nun auf maximal 200 Meter begrenzt. Es wird angenommen, daß in diesem Zeitraum praktisch alle Edelgase aus der Anlage freigesetzt wurden. Aufgrund einer Temperaturerhöhung im Reaktor stieg die Freisetzungsrates im Zeitraum 2. bis 5. Mai erneut an und erreichte am zehnten Tag des Unfallablaufs wieder ca. 30 % der Rate des ersten Tages. Am 6. Mai endlich zeigten die Gegenmaßnahmen dauerhafte Wirkung: Die Freisetzungsrates sank um ca. zwei Zehnerpotenzen ab. Nach dem 7. Mai wurden nur noch vergleichsweise geringe Freisetzungen beobachtet.

Die Zusammensetzung der in die Umwelt freigesetzten Radionuklide änderte sich im Verlauf der zehntägigen Freisetzungsdauer. Am 26. April wurden nach sowjetischen Angaben neben den Edelgasen Krypton und Xenon bevorzugt Radionuklide der leicht flüchtigen Elemente, insbesondere Jod und Cäsium emittiert. Außerdem erfolgte die Freisetzung von fragmentiertem Kernbrennstoff, der z. T. aus groben Aerosolteilchen mit Durchmessern größer 10 µm bestand. Im Zeitraum 27. April bis 1. Mai entsprach die Nuklidzusammensetzung der freigesetzten Aerosolteilchen im wesentlichen der Zusammensetzung im Brennstoff. Ab dem 2. Mai waren im Nuklidspektrum wieder größere Anteile der leicht flüchtigen Nuklide Jod, Cäsium und Tellur enthalten.

Die Größenverteilung der freigesetzten Aerosolteilchen war breit gestreut und

reichte von Durchmessern unter 1 µm bis hin zu Partikeln von über 10 µm. Über die chemische Form der freigesetzten Nuklide ist wenig bekannt. Unsere eigenen Untersuchungen an Probenmaterial aus dem Raum Kiev zeigen, daß die Kontamination überwiegend auf einzelne Aerosole hoher spezifischer Aktivität zurückzuführen war (sog. heiße Teilchen). Der Untergrund war praktisch aktivitätsfrei. ■■■

### Die großräumige Verfrachtung der Kontamination

Infolge des Graphitbrands im Reaktor erreichte die zehn Tage andauernde Radioaktivitätsfreisetzung alle Luftschichten bis zu Höhen oberhalb 1000 Meter. Da sich im gleichen Zeitraum die Großwetterlage änderte, wurde die Kontamination in weite Teile Europas transportiert. ■■■

daß die unmittelbar nach dem Unfall freigesetzte Radioaktivität bereits am 27./28. April 1986 den skandinavischen Raum erreicht. Aufgrund einer Drehung des Windes am Unfallort im Verlauf des 27. April von nördlicher auf westliche Richtung gelangt dann etwa ab dem 29. April eine „radioaktive Wolke“ nach Österreich und ab dem 30. April in die Nordschweiz und nach Süddeutschland, von wo sie sich innerhalb weniger Tage in nördlicher und nordwestlicher Richtung über Deutschland und Frankreich hinweg ausbreitet. Im weiteren Verlauf wird dann am 2. Mai Großbritannien erreicht. Eine weitere Winddrehung am Unfallort um etwa 180 °C führt am 28. April zu einem Abtransport der freigesetzten Radionuklide in östlich von Tschernobyl gelegene sowjetischen Landesteile. Ab dem 29. April (vormittags) herrscht eine über mehrere Tage andauernde südliche Strömung vor, die ab dem 2. bzw. 3. Mai die Türkei bzw. Griechenland erreicht. ■■■

### Die Immissionssituation in der Bundesrepublik Deutschland

Während der Anstieg der Aktivitätskonzentration der Luft in Bodennähe in den östlichen Teilen der Bundesrepublik und in Westberlin erstmals am 29. April beobachtet wurde ■■■ wurde die radioaktive Wolke auf der ca. 3000 m hohen Zugspitze aufgrund der in diesen Höhen größeren Transportgeschwindigkeiten bereits am 28. April beobachtet.

Die im Bayerischen Wald gelegene Station Brotjackriegel zeigt am 30. April die absolut höchsten Tagesmittelwerte von nahezu 20 Bq/m<sup>3</sup> für I-131 bzw. 9 Bq/m<sup>3</sup> für Cs-137. An den weiter westlich und nördlich gelegenen Stationen liegen die Absolutwerte deutlich niedriger. Sie treten auch erst etwa ein bis zwei Tage später auf. Generell ist eine stetige Abnahme der Absolutwerte nach Westen und Nordwesten hin zu beobachten. Die niedrigsten Werte wurden in Westerland auf Sylt registriert. Eine Ausnahme von diesem generellen Verhalten bildet z. B. die ca. 1200 m hoch gelegene Station auf dem Schauinsland, die aufgrund der Vertikalverteilung der Kontamination am 1. Mai deutlich höhere Werte zeigt als benachbarte Talstationen, z. B. Freiburg. ■■■

### Diskussion der Immissionsmessungen

Ende April/Anfang Mai 1986 waren nur wenig verlässliche Informationen über die oben beschriebenen innerbetrieblichen Abläufe und die Emissionscharakteristik des Reaktors in Tschernobyl verfügbar. Vieles mußte indirekt erschlossen werden. Wichtige Hinweise ließen sich jedoch aus der aus den Messungen bekannten Nuklidzusammensetzung der Luft ableiten: So folgte aus der Beobachtung, daß das Aktivierungsprodukt Cs-134 im Nuklidgemisch enthalten war und daß das Cs-134/Cs-137-Verhältnis bei etwa 0,5 lag unmittelbar, daß die beobachtete Kontamination nicht durch einen Kernwaffentest verursacht worden sein konnte, sondern daß es sich um einen Unfall in einem Kernreaktor mit einer Betriebsdauer von mehr als einem Jahr gehandelt haben mußte. Aus dem gemessenen I-131/I-133-Verhältnis konnte man abschätzen, daß dieser Reaktor am späten Nachmittag des 26. April heruntergefahren worden war. Der z. B. in Finnland [13] am 28. April beobachtete zeitliche Verlauf der Verhältnisse der Aktivitätskonzentration von Radionukliden leicht und schwer flüchtiger chemischer Elemente (z. B. Jod und Zirkon) ließ sich nur unter der Annahme verstehen, daß sich die Freisetzungsrates dieser Radionuklide aufgrund von Temperaturänderungen im Reaktor änderte. Aus der Existenz von Radionukliden bestimmter schwerflüchtiger Elemente, der isotopischen Zusammensetzung und der Form „heißer“ Teilchen mußte man schließlich auf Temperaturen im Reaktor von über 2000 °C schließen [14]. Das Auftreten heißer Teilchen, die nur Radionuklide der Elemente Cäsium, Barium, Ruthen und Zirkon/Cer enthielten [9], konn-



te nur unter der Annahme erklärt werden, daß im Verlaufe des Unfallgeschehens im Reaktor Prozesse abgelaufen sein müssen, die zur Elementseparation geführt haben. Diese aus den Meßdaten bereits früh abgeleiteten Informationen stehen im Einklang mit den im Nachhinein bekanntgewordenen Fakten.

\*\*\*

#### Literatur

[ 1 ] USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy: The Accident at the Chernobyl Nuclear Po-

wer Plant and its Consequences. Working Document for the IAEA Post-Accident Review Meeting. Vienna, August 1986 (Draft).

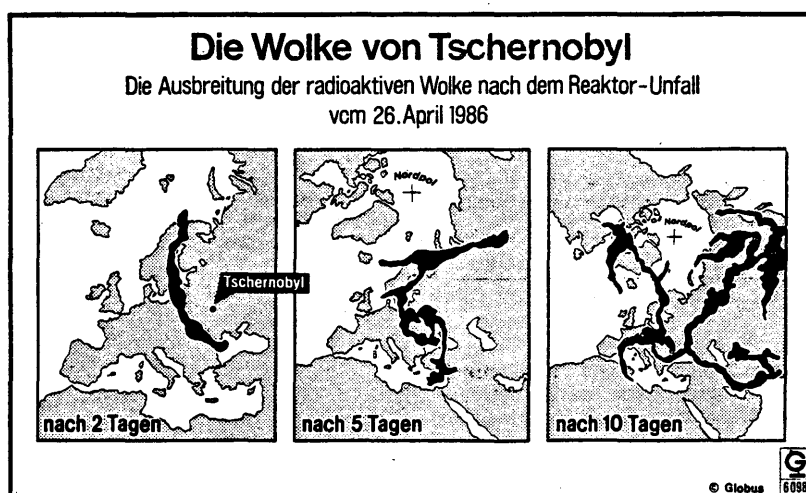
[ 9 ] W. Weiss, H. Stockburger, H. Sartorius, A. Sittkus, H. K. Rath, H. Loosli, H. Völckle und K. Rozansky: Der Einfluß von Transport, Mischungs- und Depositionsvorgängen auf die Aktivitätskonzentration gas- und aerosolförmiger Radionuklide der bodennahen Luft in Europa. Radioaktivitätsmessungen in der

Schweiz und ihre wissenschaftliche Interpretation. Band I, S. 32-53. Bern 1987.

[13] STUK-B-VALO 44. Interim Report on Fallout Situation in Finland from April 26 to May 4 1986. Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, ISSN 0781-2868. 39p. May 1986.

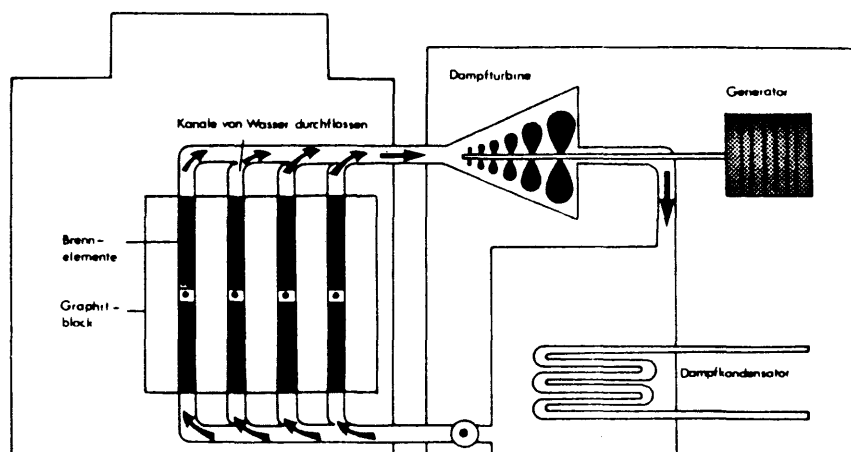
[14] L. Devell et al.: Initial observations of fallout from the reactor accident at Chernobyl. Nature, Vol. 321 May 15, 1986.

Nach: Physikalische Blätter Nr. 5/1987, S. 125-130



Der Unfall von Tschernobyl hat deutlich gemacht, daß Reaktorsicherheit und damit die Frage, ob die Atomtechnik zu verantworten ist, ein internationales Problem darstellen. Zehn Tage nach dem Unglück war fast auf der gesamten Nordhalbkugel erhöhte radioaktive Strahlung nachweisbar. Da die radioaktive Wolke zunächst nach Norden und Süden getrieben wurde, erreichte sie - bereits stark verdünnt - die Bundesrepublik erst nach einer Woche. - Statistische Angaben der Globus-Grafik: Atomforschungszentrum Lawrence Livermore Laboratory, US-Luftwaffe.

#### Schemazeichnung des Reaktors von Tschernobyl



Mittwoch, 30. April 1986  
**Stellungnahme der  
 Bundesregierung:**

„Die Bundesregierung stellt fest, daß eine Gefahr für die Bundesrepublik Deutschland nicht besteht und auch nicht eintreten wird. Eine gesundheitliche Gefährdung für die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ist nach allen vorliegenden Erkenntnissen ausgeschlossen.“

(Norbert Schäfer, stellvertretender Sprecher der Bundesregierung, zit. nach: Klaus Traube u. a., Nach dem Super-GAU. Reinbek 1986, S. 83)

\* \* \*

Freitag, 2. Mai 1986

**Erich Oberhausen,  
 Vorsitzender der  
 Strahlenschutzkommission:**

„Wir sind im Bereich geringer Strahlendosen. Die Wissenschaft hat keine einheitliche Meinung, ob durch diese kleinen Strahlendosen ein Krebsrisiko verursacht wird oder nicht.“

(Zit. nach: Klaus Traube u. a., Nach dem Super-GAU, a. a. O., S. 85)

\* \* \*

Hessen:  
**Grasflächen werden  
 gesperrt**

„Die Informationskette ist geschlossen, alle Platzwarte sind verständigt.“ Professor Rhein, (...) Sport- und Gesundheitsdezernent im (Frankfurter) Magistrat, meldete gestern abend (6. 5.) um 18.30 Uhr Vollzug: die Grassportflächen der Stadt sind auf „Empfehlung“ des hessischen Sozialministers für mindestens 14 Tage für den Spielbetrieb gesperrt. Die Frankfurter werden zudem heute an allen öffentlichen Park- und Grünflächen Schilder finden, deren Text sie auffordert, die Grasflächen nicht zu betreten. Die städtischen Schwimmbäder werden frühestens am 20. Mai und nicht wie üblich am 15. die ersten Besucher einlassen.

(Frankfurter Rundschau v. 7. 5. 1986, S. 13)

Zusammengestellt nach: "Atomkraft-Diskussion".  
 WOCHENSCHAU Nr.6 (Ausgabe Sek.I), Nov./Dez. 1986, S.224 ff

## Mit Schirmen gegen radioaktiven Regen

Der Hamburger Schulsenator Grolle stellte es den Eltern frei, ihre Kinder nicht zur Schule zu schicken. Empfohlen wurde in Hamburg und Kiel, Regen zu meiden und sich gegen radioak-

tiv verseuchten Niederschlag mit Schirmen zu schützen. Kinder sollten nach dem Spielen in Sandkästen die Hände waschen.

(Süddeutsche Zeitung v. 6. 5. 1986, S. 2)

\* \* \*

**Empfehlung der  
 Strahlenschutzkommission:  
 Verschärfte  
 Lebensmittel-Kontrolle**

Durch die erhöhte Strahlenbelastung seit dem sowjetischen Reaktorunglück sieht sich die Bundesregierung auf Empfehlung der Strahlenschutzkommission zu zusätzlichem Gesundheitsschutz und zu einer verschärften Lebensmittel-Kontrolle gezwungen. Die Einfuhr von Gemüse, Obst, Geflügel und Fleisch aus der Sowjetunion, Polen, Rumänien, Bulgarien, Ungarn und der Tschechoslowakei soll nur dann gestattet werden, wenn diese Frischprodukte frei von Radioaktivität sind. Für Frischmilch empfiehlt die Kommission, daß

Milch nur ausgeliefert werden soll, wenn die Aktivität von Jod 131 den Wert von 500 Becquerel je Liter nicht übersteigt. (...)

Das Innenministerium und das Gesundheitsministerium sprechen von einer notwendigen Vorsorge. Es handele sich keinesfalls um Maßnahmen gegen eine akute Gefahr, die weiterhin nicht bestehe. (...) Innenminister Zimmermann begründet die zusätzlichen Maßnahmen damit, daß es besser sei, mehr als weniger zu tun.

(K. B. in: Frankfurter Allgemeine Zeitung v. 3.5.1986, S. 1)

\* \* \*

**Beurteilung der  
 Strahlenschutzkommission:  
 Keine gesundheitliche  
 Gefährdung**

Die Folgen der sowjetischen Reaktorkatastrophe für die Bundesrepublik beurteilt die Strahlenschutzkommission (der Bundesregierung) (...) so: (...) Es könne Sport ohne gesundheitliche Gefährdung auf Tennisplätzen, Aschenbahnen und Rasenflächen betrieben werden. Kinder dürfen im Sandkasten und auf der Wiese spielen. Wenn sie in der Wohnung gehalten würden, sei die Strahlung nicht wesentlich geringer.

(K. B. in: Frankfurter Allgemeine Zeitung v. 9. 5. 1986, S. 1)

Aus der Bundestagsdebatte am  
14. 5. 1986

*Bundeskanzler Helmut Kohl (CDU):*

Meine Damen und Herren, Tschernobyl liegt 1500 km von uns entfernt, und dennoch geht uns das Unglück ganz unmittelbar an. Viele Mitbürger fragen sich besorgt, wie weit wir bei der Nutzung moderner Technik gehen dürfen, wenn ein solches Unglück kontinentale Dimensionen gewinnen kann. (...)

Daß jetzt eine intensive Diskussion stattfindet – weltweit wie bei uns in der Bundesrepublik Deutschland ist ebenso natürlich wie notwendig.

(...) Meine Damen und Herren, wir haben die Pflicht, daß Außerste dafür zu tun, daß die Nachteile des technischen Fortschritts so gering wie irgend möglich gehalten werden. Denn die Chancen des Fortschritts wollen, ja müssen wir alle nutzen. Sie dienen den Menschen, sie erleichtern – wie wir alle wissen – unser Leben, sie machen es menschenwürdiger. (...)

Dies gilt auch für die Kernenergie. Sie bietet viele Chancen, aber wir müssen sie behutsam nutzen.

Deshalb, meine Damen und Herren, sind hier bei uns in der Bundesrepublik Deutschland die Sicherheitsbestimmungen extrem streng und die Anforderungen an Fachkunde und technisches Können des Bedienungs-personals besonders hoch. (...)

Deshalb gehören die Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland mit zu den sichersten Anlagen in der Welt.

(Beifall bei der CDU/CSU und der FDP – Ströbele [GRÜNE]: Das hat die Sowjetunion auch behauptet)

Meine Damen und Herren, auf dieser Grundlage ist das theoretisch verbleibende Restrisiko vertretbar und die Nutzung der Kernenergie ethisch zu verantworten.

(Duve [SPD]: Es ist nicht verantwortbar!)

\* \* \* \*

*Hans-Jochen Vogel (SPD):*

Tschernobyl hat uns endgültig gezeigt: Die Katastrophen, die wir bisher kannten, waren und sind in ihren Auswirkungen räumlich und zeitlich beschränkt. (...) Atomare Katastrophen hingegen eröffnen ganz neue Dimensionen, sind von ganz anderer Qualität, weil sie ganze Kontinente in Mitleidenschaft ziehen und über lange, sehr lange Zeiträume in die Zukunft hinein fortwirken können.

Die Vorgänge haben auch deutlich gemacht, daß es gegen radioaktive Strahlungen, die bei Kernkraftkatastrophen auftreten, oberhalb gewisser, bisher ganz unzulänglich definierter Werte keinen wirklichen Schutz gibt. Es ist deshalb ein Gebot der Vernunft, die Energiepolitik, ins-

besondere die Kernenergiepolitik, in der Bundesrepublik, aber nicht nur in der Bundesrepublik, sondern in Europa und international, von Grund auf neu zu überdenken. (...)

Wir rufen heute und von dieser Stelle aus dazu auf, daß sich möglichst viele Mitbürgerinnen und Mitbürger, nicht nur die Experten, an diesem Umdenkprozeß beteiligen. (...)

Diesen Prozeß des Umdenkens haben wir Sozialdemokraten schon in den 70er Jahren begonnen. (...) Als Ergebnis dieses Prozesses bringen wir folgende Positionen in den nationalen Dialog ein, auf die wir uns nicht erst nach Tschernobyl, sondern schon 1984 auf dem Essener Parteitag geeinigt haben:

Erstens. Wir lehnen den Einstieg in die Plutoniumwirtschaft und folglich die Wiederaufarbeitung ab. Wir fordern für die Wiederaufbereitungsanlage in Wackersdorf einen Baustopp.

(Beifall bei der SPD)

Wir sagen nein zur Inbetriebnahme des Schnellen Brütters in Kalkar. (...)

Zweitens. Wir lehnen den weiteren Ausbau der Kernenergie ab.

(Schwarz [CDU/CSU]: Zurück in die 70er Jahre!)

Drittens. Die Nutzung der vorhandenen Kernkraftwerke ist nur noch für eine Übergangszeit zu verantworten.

(Dr. Ing. Kansy [CDU/CSU]: Für wie lange? – Zuruf von den GRÜNEN: Bis 2015!)

\* \* \* \*

*Gerhard Baum (FDP):*

Die Katastrophe von Tschernobyl war ein Schock, und sie wird Langzeitwirkung haben. Erneut erleben wir eine Krise des Vertrauens in die Kernenergie. Erneut wachsen Zweifel der Beherrschbarkeit komplexer technologischer Entwicklungen. Es stellt sich die Frage, ob wir nicht zu sorglos mit unserem Raumschiff Erde umgehen.

(Beifall bei der FDP sowie bei Abgeordneten der SPD und der GRÜNEN)

Wer sich aber, Frau Hönes, von irrationalen Bewegungen wegtragen läßt, wer nur die Apokalypse sieht,

(Zurufe von den GRÜNEN)

der hindert sich selber an Handlungen, die verantwortbar sind.

(Beifall bei der FDP und der CDU/CSU)

Der technologische Fortschritt wird weitergehen.

(Zurufe von den GRÜNEN)

Wir müssen alles tun, um die Risiken zu mindern (...). Die Technik muß daran gemessen werden, ob sie den Menschen nützt. (...)

Der Schlüssel für unser Problem ist das Einsparen von Energie. Hier ist viel geschehen; aber hier muß noch vieles geschehen. (...)

Meine Partei (*hat*) den bisherigen Ausbau der Kernenergie mitverant-

wortet, und zwar in der Hoffnung und Erwartung, daß eines Tages andere Energieformen zur Verfügung stehen werden. Bisher sind sie großtechnisch nicht einsetzbar. Wir haben nie ein bedenkenloses „Ja“ zur Kernenergie gesagt. Wir haben den Ausbau an Bedingungen geknüpft.

Wir haben ihn an die Entsorgung gekoppelt, wir haben ihn an Sicherheitsstandards, an internationale Kooperationen und an wirksame Vorkehrungen im Katastrophenschutz gekoppelt.

Als Innenminister habe ich den Sicherheitsvorkehrungen erste Priorität zugemessen, und ich bin froh, daß ich das getan habe, trotz mancher Angriffe, die ich habe hinnehmen müssen, weil unsere Kernkraftwerke zu teuer seien und weil die Bauzeit zu lang sei. Das Ergebnis ist, daß wir mit die besten Sicherheitsstandards in der Welt haben, meine Damen und Herren.

\* \* \* \*

*Hannegret Hönes (GRÜNE):*

Recht behalten zu haben kann ein großes Unglück sein. Die GRÜNEN – gerechterweise muß man sagen: nicht nur die GRÜNEN – haben ein Tschernobyl erwartet: in den USA, in Japan, in Stade und in der Sowjetunion.

(Pfeffermann [CDU/CSU]: Weswegen Sie auch immer gegen die Sowjets demonstrieren!)

(...) Sie sagen, die deutschen Atomkraftwerke seien viel sicherer als die sowjetischen. Die Wahrheit ist (...), diese Atomkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland haben ihre dramatisch gefährlichen Schwachstellen, nur in anderen Bereichen. (...)

Nein, meine Damen und Herren, es gibt keine friedliche Nutzung der Kernenergie.

Alle 374 Kernkraftwerke auf dieser Erde sind Kriegserklärungen an die Menschen.

(Beifall bei den Grünen – Pfeffermann [CDU/CSU]: Hemmungsloser Zynismus im Dienst Ihrer Ideologie ist das! – Zuruf von der CDU/CSU: Verantwortungsloses Geschwätz! – Weitere Zurufe von der CDU/CSU)

Was kann nun konkret getan werden? Tschernobyl hat niemanden unberührt gelassen. Die am eigenen Leibe erlebte Angst vor der strahlenden Wolke und dem radioaktiven Regen ist längst zu einem tiefgreifenden politischen und gesellschaftlichen Faktor geworden. Millionen, die sich bisher für die Problematik kaum interessiert haben, ist es wie Schuppen von den Augen gefallen: Atomenergie kann nicht beherrscht werden. Deshalb fordern wir, alle Atomanlagen abzuschalten, jetzt und sofort!

(Auszüge aus der Bundestagsdebatte am 14. 5. 1986; zit. nach: Das Parlament Nr. 22 v. 31. 5. 1986, S. 1-5)

# Tschernobyl „traurigste Erfahrung“ des Sowjetvolks seit 1945

Zeitschrift beschreibt menschliche Tragödien der ersten Stunden nach der Katastrophe und die Arroganz der Mächtigen

Von unserer Korrespondentin Elfie Siegl

MOSKAU, 9. Juni. In ungewohnter Offenheit hat der ukrainische Journalist Jurij Schtscherbak in einer „Dokumentar-Erzählung“ die Atomkatastrophe von Tschernobyl als „traurigste und wichtigste“ Erfahrung des sowjetischen Volkes nach dem Zweiten Weltkrieg beschrieben. In der Juni-Nummer der Literatur-Monatszeitschrift „Junost“, die in einer Auflage von 3,3 Millionen Exemplaren erscheint, kritisiert er, nur wenige weitsichtige Wissenschaftler in der UdSSR hätten begonnen, darüber nachzudenken, „welche katastrophalen Möglichkeiten die unglaubliche Konzentration industrieller und wissenschaftlicher Potentiale“ in sich birge.

Schtscherbak berichtet über die junge Journalistin Ljubow Kowalewschaja, die in der Zeitung „Literarische Ukraine“ einen Monat vor dem Atomunglück über Schlampereien beim Bau des fünften Reaktorblocks berichtet hatte. Der Bau sollte danach statt in drei schon in zwei Jahren fertig sein, wobei die Bauarbeiter zu den am schlechtesten bezahlten von Tschernobyl gehörten und entsprechende Ergebnisse lieferten. Die Journalistin kritisierte damals die Vetterwirtschaft im Atomkraftwerk, die Verschiebung von gut bezahlten Posten im kleinsten Kreis: „Das war ein Staat im Staat.“ Nach Veröffentlichung des Artikels drohte ihr der Parteiausschluss, doch dann kam die Katastrophe. Sie berichtet Schtscherbak jetzt: „Nach meinem Artikel hat man gesagt, daß ich den Unfall vorausgesagt habe. Nichts habe ich vorausgesagt, denn ich bin ja nicht Cassandra, die Unglücke vorher sieht. Aber im Inneren habe ich, wenn ich ehrlich bin, das immer befürchtet. Ich war unruhig, hatte Angst, weil man stets das eine sagte und etwas anderes tat. Wann ich diese Angst bekam? Als man zu mir kam und mir Zahlen und Fakten zeigte, Dokumente. Aber damals war ich noch nicht mutig genug, um darüber zu schreiben, ich wußte, daß das dann nicht gedruckt wird. Und ich hatte Angst.“

Schtscherbak beschreibt, daß Feuerwehrleute, Techniker und Ärzte ohne jegliche Schutzkleidung zum Einsatz im und um den zerstörten Reaktor abkommandiert wurden, viele von ihnen dachten danach zunächst, es handelt sich um ein Feuer und sie hätten es „nur“ mit Verbrennungen zu tun. Der Arzt Walentin Belokon (28), der damals im „Erste-Hilfe“-Wagen Dienst tat und nach Tschernobyl geschickt wurde, erinnert sich: „Am Tor steht die Wache. Sie fragt uns: ‚Wo wollt Ihr hin?‘ — ‚Zum Feuer‘ — ‚Warum ohne Schutzkleidung?‘ — ‚Woher soll ich wissen, daß das nötig ist?‘ Ich war ohne Informationen, fragte nur den Kittel, war

sogar ohne Haube.“ Belokons Sanitäter Sascha Skatschok holte den von Graphitbrocken bei der Reaktorexlosion getöteten Arbeiter Schaschenko aus dem Block, Skatschok starb am 26. April morgens. „Dosimeter hatten wir nicht, man sagte uns, es gebe einen Gebäudeschutz, doch es gab nichts.“ Der Arzt schildert dann, wie ihm „geistig verwirrt“ Menschen aus dem Reaktorblock entgegenliefen, bleich, sie schrien „schrecklich, schrecklich“. — „Ihre Psyche war schon zerstört.“ Der Sanitätsraum des Kraftwerkes war verschlossen, erst allmählich erkennt der Arzt die Symptome der Strahlenkrankheit in seiner Umgebung und bei sich selbst: Kopfschmerzen, zugeschnürte Kehle, Trockenheit, Erbrechen. Er bittet um Jod, das man ihm erst spät gibt. „Ich stand wie alle, ohne Atemmaske, ohne Schutzmittel. Woher die Masken nehmen, es gab nirgendwo auch nur irgend etwas.“

Dem Reaktor-Unfall folgte laut Schtscherbak die Evakuierungstragödie: So habe man noch am Tag nach der Explosion in der Stadt Pripjat und dem Ort Tschernobyl die Kinder auf der Straße spielen lassen. Auf die Frage, warum das möglich war, erfolgte laut dem Autor die lapidare Antwort der Funktionäre: „Das geht Sie nichts an, die Entscheidung darüber wird in Moskau getroffen.“ Am 7. Mai 1986 sei dann bekanntgeworden, daß die Kinder und Enkel der leitenden Kader bereits in Sicherheit waren: „Ausgewählte Kinder wurden am 1. Mai in ein Sanatorium auf der Krim geschickt.“ Am Morgen des 26. April, also Stunden nach dem Unglück, habe das Parteikomitee von Pripjat unter Leitung des Zweiten Sekretärs Malomush beschlossen, „alles zu tun, um das gewöhnliche Leben in der Stadt fortzusetzen, mit einem Wort, so zu tun, als sei nichts geschehen“. Drei Tage vor dem Unglück hatte man in den Schulen der Gegend noch Zivilschutzmaßnahmen geprobt. „Die Schüler lernten, wie sie sich schützen und Entseuchungsmaßnahmen durchführen können. Am Tag des Unfalls wurden keine, nicht die geringsten Maßnahmen getroffen“, schreibt Schtscherbak.

Weil der Unfall als „geheim“ behandelt wurde, wußten nach dem Bericht zwei Tage lang noch nicht einmal die örtlichen Beamten der Stadtverwaltung und des Jugendverbandes über das Niveau der Radioaktivität Bescheid. Augenzeugen hätten später berichtet, daß dort, wo „mit voller Kraft“ die Radioaktivität „blühte“, noch junge Frauen ihre Babys spazierenführten. Schtscherbak kritisiert ferner, daß bis zum 2. Mai „nicht einer der höchsten Parteiführer der Republik am Unglücksort erschien“.

## Valium aus dem Radio

Sechs Monate nach dem Atomunglück von Tschernobyl hat STERN-Korrespondent Mario R. Dederichs den Alltag im nahen Kiew beobachtet

Mitten in der Nacht rüttelt plötzlich mein Bett, die Deckenlampe wackelt, und das Teeglas klirrt auf dem Nachttisch. Ich stürze aus meinem Zimmer im Kiewer Hotel »Dnjepr«. Im Gang herrscht Aufregung. »Was ist das?« fragt die Etageaufseherin. »Das war«, antwortet ein Gast düster, »der nächste Reaktor.«

Es war, wie sich am Morgen herausstellt, ein weit entferntes Erdbeben, das hier keinen Schaden anrichtete. Aber seit der Reaktorexpllosion im 120 Kilometer nördlich von Kiew gelegenen Kernkraftwerk Tschernobyl können die Menschen hier den Gedanken an eine neue Katastrophe schlecht verkräften. Die Furcht vor Strahlung und radioaktiver Verseuchung bleibt in der Hauptstadt der Ukraine allgegenwärtig.

50 Millionen Curie an Radioaktivität sind, wie Experten schätzen, nach der Reaktorexpllosion vom 26. April über der Ukraine freigesetzt worden, mehr als in Hiroshima. Eine Katastrophe für diese Sowjetrepublik, die 30 Prozent der Kartoffeln, 29 Prozent aller Gemüse, 60 Prozent des Rübenzuckers und 25 Prozent des Getreides in der UdSSR erzeugt, zudem ein Drittel der Fleisch- und Milchproduktion.

»Es ist eine intellektuelle Anstrengung, sich jedesmal zu sagen: Das ist gefährlich! Tu's nicht!« erklärt Tanja, eine junge Lehrerin, die zu Hause in Kiew alle Vorhänge abgenommen hat (Staubfänger!).

Kürzlich bekam Tanja sogar Krach mit ihrer Mutter, als sie ein speziell für ihren sechsjährigen Kostja zubereitetes Fischgericht zurückwies: »Mama, das ist ein Flußfisch aus dem Dnjepr! Verstehst du das denn nicht?« - »Aber er sieht doch ganz gesund aus.« Für Kostja bleibt es bei Haferbrei, Dörrfleisch und Dosenerbsen.

Die junge Frau und ihr Mann, ein Ingenieur, wollen nun versuchen, für einige Jahre einen Job weitab von Kiew zu bekommen - im Kaukasus oder gar in Ostsibirien.

In Kiew begegne ich einem jungen Mann, der mit seiner Armeekompanie kurz nach dem GAU in Tschernobyl war. »Es war ein freiwilliger Einsatz, na klar«, sagt er. »Aber was heißt beim Militär schon »freiwillig«? Wir gingen geschlossen hin und rückten geschlossen wieder ab. Einige Jungs haben dabei bis zu 50 Röntgen abbekommen, obwohl 25 die Grenze sein sollten. Wir schliefen in Zelten auf dem nackten Boden. Schutzkleidung haben wir nur am Tag getragen, bei der Arbeit.« Er beklagt sich jedoch nicht und nennt die Vorteile der gefährlichen Arbeit: dreifacher Sold, nach zwei Wochen ein »hübscher Erholungsurlaub auf der Krim« und vorzeitige Entlassung aus dem Wehrdienst.

In der Nähe des Dorfes Jerkov läßt ein Mann seine drei Kühe am Straßenrand grasen. Eine Bodenprobe, die ich hier entnahm, wies in der Analyse beim TÜV Norddeutschland hohe Anteile an Radionukleiden auf: Cäsium-134 (Halbwertszeit: zwei Jahre) 573 Becquerel (Bq) pro Kilo, Cäsium-137 (Halbwertszeit: 30 Jahre) 1550 Bq/Kilo. Normale Mittelwerte sind 20 beziehungsweise 50 Bq/Kilo.

Angeblich werden alle Lebensmittel aus dem verseuchten Gebiet auf ihre Unbedenklichkeit hin überprüft. Doch in der Molkerei der ukrainischen Stadt Rowno etwa gibt es nur einen einzigen Geigerzähler - zur Kontrolle einer Tagesproduktion von 200 Tonnen Frischmilch. Was zu stark belastet ist, wird verbuttert und »abgelagert«. Auf dem Kolchos »Morgenröte« bei Rowno finden überhaupt keine Kontrollen statt, weder beim Ackerboden noch beim Getreide, von dem in diesem Jahr 13 000 Tonnen geerntet wurden.

Mit absorbierenden Pflanzen wollen ukrainische Wissenschaftler nun das Ackerland um Tschernobyl entseuchen. »30 Quadratkilometer werden mit Lupinen bepflanzt, die dann abgemäht und weggeworfen werden«, erklärt Konstantin Sydnik, der Direktor des Botanischen Instituts von Kiew. »Das muß man wohl sieben bis zehn Jahre lang machen, bis alles sauber genug ist.« Die beste Methode, nämlich die verseuchten drei Zentimeter Bodenkruume abzutragen, sei »zu teuer«.

Sydnik macht kein Hehl daraus, daß die Gefahr, die er als »unsichtbarer Tod« umschreibt, noch lange nicht gebannt ist.

Dennoch meint er, man müsse den Leuten nicht alles mitteilen. »Das hieße nur, sie zu be-

unruhigen. Ich sage nicht, daß es hier keine Angst gibt. Aber bei euch ist das etwas übertrieben worden. Deshalb war die Panik in der BRD größer als bei uns.«

Vergleiche mit der Bundesrepublik zieht auch Abteilungsleiter Wladimir Belajew im ukrainischen Energieministerium. »Die Leute, die in der BRD gegen Kernkraftwerke demonstrieren, sind doch keine Fachleute«, sagt er. »Ein Ausstieg aus der Kernenergie bedeutet ganz schlicht Verschlechterung der Arbeits- und Lebensbedingungen.«

Die Energiepläne für die Ukraine bleiben bestehen, als hätte es Tschernobyl nie gegeben. Schon heute liegt diese Republik mit 30 Prozent Atomstromanteil weit über dem Sowjet-Durchschnitt. Bis 1990 soll doppelt soviel Kernenergie produziert werden. Drei neue Kraftwerke stehen vor der Vollendung. Ganz Technokrat, bekennt Belajew: »Uns interessiert nur, daß genug Kilowatt überkommen.«

Nach: Stern vom 30.10.1986, S. 264 - 267



### Die Reaktortypen von Stade und Tschernobyl: Gemeinsames und Verschiedenes

In beiden Typen findet die Kernreaktion, die Wärme liefert, in mit Uran(oxid) gefüllten Rohren, sog. Brennstäben statt. Die entstehende Wärme wird durch Wasser abgeführt, das direkt oder indirekt zum Betrieb von Dampfturbinen genutzt wird.

#### Stade

Die Brennstäbe und das Wasser befinden sich in einem einzigen großen Kessel. Die Brennstäbe bilden ein Paket und werden gemeinsam von Wasser umspült.

#### Tschernobyl

Je 18 Brennstäbe befinden sich in einem einzelnen Rohr und werden darin von Wasser umspült.

Bei der Kettenreaktion werden Neutronen frei, die neue Kerne spalten. Durch neutronenschluckende Steuerstäbe wird eine lawinenartige Verstärkung verhindert. Voraussetzung dafür ist, daß die entstandenen Neutronen abgebremst werden, bevor sie neue Uran-Kerne treffen. Je effektiver die Bremsung (Moderation), desto mehr wird die Kettenreaktion angefacht. Als Moderatoren dienen leichte Materialien.

Wasser hat Doppelfunktion: als Kühlmittel und als Moderator

Graphit - dieser bildet auch die eigentliche Reaktorstruktur: ein zylindrischer Bau, 7 m hoch mit 11 m Durchmesser mit 2000 Bohrungen, die die Rohre mit Wasser und Brennstäben aufnehmen.

Bei Verlust des Wassers infolge eines Lecks ...

... hört die Kettenreaktion automatisch auf.

...steigt infolge der Erhitzung die Moderatorwirkung des Graphits an, die Kettenreaktion steigert sich bis zu einer möglichen Explosion (Gleiches gilt für den Schnellen Brüter).

In beiden Typen verbleibt bei Kühlmittelverlust als gespeicherte Radioaktivität das 500-fache (Biblis: 1000-fache) das 1500-fache

der Radioaktivität, die die Bombe von Hiroshima produziert hat. Dies führt zu so großer Hitzeentwicklung, daß der Kernbrennstoff schmilzt.

Bei Kühlmittelverlust soll ein Notkühlsystem verhindern, daß sich die Brennstäbe überhitzen. Steuerungen, Pumpen usw. sind mehrfach ausgelegt; abgesehen vom Versagen aufgrund gemeinsamer Ursachen bestehen erhebliche Zweifel, ob das eingespritzte Notkühlwasser seinen Zweck erfüllt, d.h. an die überhitzten Stellen gelangt ohne vorher zu verdampfen.

Ein Notkühlsystem westlicher Bauart gibt es nicht, allenfalls einige Reservepumpen. Sowjetische und DDR-Techniker halten die westliche Bauweise explizit für "unökonomisch".

In beiden Reaktortypen sind Unfallabläufe möglich, die im jeweils anderen nicht möglich sind. Die schlimmsten Folgen sind zu erwarten

(nicht möglich beim Stade-Biblis-Typ, wohl aber beim Hochtemperaturreaktor Hamm-Uentrop)

für einen Graphitbrand mit unkontrolliert ansteigender Kettenreaktion mit tagelanger Freisetzung von Radioaktivität.

beim schlagartigen Bersten des Kessels mit sofortiger Freisetzung von Radioaktivität - möglich in allen westlichen Reaktoren vom Druckkessel-Typ, ohne Vorwarnung.

(nicht möglich, da kein Kessel vorhanden)

## f) Atomunfälle in Windscale/Sellafield

# Ein vertushtes Tschernobyl

Dreißig Jahre wurden die Folgen einer Katastrophe im britischen Atommeiler Windscale verheimlicht. Die Kernspalter haben ein weiteres Stück an Glaubwürdigkeit eingebüßt

Es war wie in Tschernobyl: Tausend Tonnen Graphit standen in Flammen, und Brennstäbe schmolzen. Der rötliche Schimmer über dem Reaktor war weit durch die Nacht zu sehen. Wie in der Ukraine kämpften die Männer der Werkfeuerwehr bis zum Umfallen. Doch sie bekamen den Reaktorbrand durch Reinpumpen von Kohlendioxid nicht unter Kontrolle. Schließlich nahmen sie ihre Zuflucht zu Löschwasser. Erst am dritten Tag war der Brand erstickt. Doch das Zusammentreffen von kaltem Wasser und glühendem Graphit wirkte wie ein Vulkan: Eine radioaktive Wolke stieg kilometerhoch und verbreitete sich über das Land.

Schuld an der Katastrophe von Windscale im Oktober 1957 war die Mischung aus nuklearer Fehlkonstruktion und menschlicher Fehlbedienung. Die Atomreaktoren, 1946 hastig an die Westküste der britischen Insel geklotzt, produzierten Plutonium. Die Engländer drängten mit Macht in den neuen Klub der Atommächte. Die militärischen Meiler von damals funktionierten anders als heutige Wasser-Reaktoren vom Typ Biblis. Statt

von Wasser wurden die kernspaltenden Neutronen von Graphit abgebremst. Und statt Dampf für eine Turbine zu erzeugen, wurde die erzeugte Hitze einfach in die Atmosphäre gepustet. Nur auf das ausgebrütete Plutonium kam es an, auf den Stoff für die Bombe.

Doch Graphit ist tückisch. Es nimmt die Hitze aus den Brennstäben auf und speichert sie – doch nicht als Hitze, sondern indem es seine Kristallstruktur verändert. »Wigner-Effekt« nennen die Wissenschaftler diesen unheimlichen Vorgang, ohne ihn genau erklären zu können. Nach einer gewissen Zeit ist das Graphit vollgepumpt, und die Kristallstruktur springt in ihre ursprüngliche Form zurück – unter explosionsartiger Freisetzung der gesamten gespeicherten Hitze. Um diesen Ausbruch zu verhindern, heizen die Reaktortechniker das Graphit in regelmäßigen Abständen unter kontrollierten Bedingungen absichtlich auf.

Bei einem solchen »Wigner-Release« war dann das Unglück passiert. 20 000 Curie breiteten sich in den folgenden Tagen über England aus. Curie war damals die Maßeinheit für

Radioaktivität. 20 000 Curie entsprechen 7,4 mal  $10^{14}$  Becquerel – aufgerundet eine Eins mit 15 Nullen. Tschernobyl schüttete 30 Jahre später eine Million Curie über Europa aus.

Vor der Öffentlichkeit wurde in der Demokratie England eine ähnliche Mauer des Schweigens aufgerichtet wie die, mit der Moskau seine »Reaktor-Havarie« zunächst zu umgeben versuchte. Die britische Regierung unter Premierminister Harold Macmillan hielt die Bevölkerung des Inselreiches bewußt im unklaren. Macmillan zensierte eigenhändig den Untersuchungsbericht über die Katastrophe. Das geht aus Kabinettsprotokollen hervor, die jetzt, nach Ablauf einer 30jährigen Sperrfrist, in London freigegeben wurden.

\*\*\*

Die 1957 für Windscale verantwortliche konservative Regierung beschränkte sich darauf, radioaktiv verseuchte Milch von Kühen, die auf den Wiesen rund um den Atommeiler weideten, aus dem Verkehr zu ziehen. Etwa 2000 Tonnen Milch mit einer Belastung von mehr als 0,1 Mikrocurie wurden vernichtet, das waren 3700 Becquerel pro Liter. Die Europäische Gemeinschaft einigte sich nach Tschernobyl mit Mühe auf einen – von vielen Experten noch immer als zu hoch angesehen – Grenzwert von 600 Becquerel pro Liter Milch.

Schon 1957 kamen die »Grenzwerte« pro Liter dem wissenschaftlichen Beraterkreis um Premierminister Mac-

millan nicht ganz geheuer vor. Am 15. Oktober, drei Tage nachdem das Feuer in Windscale gelöscht war, empfahl das Gremium für künftige Reaktorunfälle einen Grenzwert von 2000 Becquerel pro Liter. Doch die Menschen, denen Curie und Becquerel damals noch völlig fremd waren, wurden auch über diese Maßnahme im ungewissen gelassen.

Der Premier gab einer Kommission den Auftrag, einen neuen Bericht über das Windscale-Unglück zu erarbeiten, der »besser für die Veröffentlichung geeignet« sei, heißt es in den nun freigegebenen Protokollen.

Der Ärztliche Forschungsrat garnierte den geschönten Bericht mit der Versicherung, es sei »in höchstem Maße unwahrscheinlich«, daß jemand durch den Vorfall in Windscale gesundheitlich geschädigt würde.

Darüber streiten Experten bis heute. »Sofort-Tote« wurden damals nicht registriert. Doch die Ärzte berichten seit Jahren über eine Häufung von Leukämie und Krebs in der Umgebung des Atom-Zentrums, das 1981 in »Sellafield« umbenannt wurde und heute als größte Wiederaufarbeitungsanlage der Welt gilt.

Offizielle Berichte beschränken sich auf die vage Feststellung, »möglichlicherweise« seien 33 Personen an den Strahlenfolgen gestorben. In Tschernobyl erlagen 31 Menschen den hohen Strahlendosen, die sie sich beim Kampf gegen das verheerende Feuer zugezogen hatten.

PETER THOMSEN

Nach: Stern vom 7.1.1988

Frankfurter Rundschau  
vom 16.9.1986, S.1

## Arbeiter von Atomanlage extrem strahlenbelastet

### Hohe Plutoniumwerte in Sellafield festgestellt

LONDON, 15. August (dpa/Reuter). Drei verstorbene ehemalige Arbeiter der britischen Atom-Wiederaufarbeitungsanlage „Sellafield“ in der mittelenglischen Grafschaft Cumbria hatten eine extrem hohe Plutonium-Konzentration in ihren Körpern. Dies ist bei einer Untersuchung der Leichen festgestellt worden, die am Donnerstag in der jüngsten Ausgabe der britischen Fachzeitschrift „New Scientist“ veröffentlicht wurde.

Die Plutonium-Konzentration sei bei den Sellafield-Arbeitern um mehrere hundert Prozent höher als bei anderen Briten gewesen. Bei einem der Arbeiter habe man eine tausendmal so hohe Plutonium-Konzentration festgestellt wie normal. Bewohner in der Nähe der Anlage in Cumbria hätten zwischen 50 und 250 Prozent mehr Plutonium im Körper als üblich, obwohl sie nicht in der Fabrik gearbeitet hätten.

Die britische Strahlenschutzbehörde gab zu, daß die Plutonium-Werte bei den Verstorbenen im Vergleich mit der Normalbevölkerung stark erhöht waren. Sie

betonte aber, daß es sich trotzdem um „sehr geringe“ Konzentrationen gehandelt habe. Die drei Arbeiter seien auch nicht an Krebs, sondern in fortgeschrittenem Alter an Herzschwäche gestorben. Die Betreiberfirma ließ erklären, die relativ hohen Strahlenwerte seien immer noch „kaum meßbar“ und hätten keine Auswirkung auf die Gesundheit der Arbeiter gehabt.

Die Leichen waren auf Anraten des britischen Arztes Sir Douglas Black untersucht worden, der 1984 eine erhöhte Zahl von Krebs-Fällen in Cumbria festgestellt hatte.

## Arbeiter radioaktiv verseucht

### Neuer Unfall in der Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield

LONDON, 21. Januar (Reuter/AP). Bei einem weiteren Unfall in der britischen Atom-Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield sind zwölf Arbeiter radioaktiv verseucht worden. Die Betreiberfirma British Nuclear Fuels teilte in der Nacht zum Mittwoch mit, am Vortag sei radioaktives Material in einem Arbeitsraum entdeckt worden. Zwölf Arbeiter hätten eine überhöhte Strahlendosis abbekommen und würden darauf untersucht, ob sie Uran- oder Plutoniumteilchen eingeatmet hätten.

Der Raum sei inzwischen wieder dekontaminiert (entseucht), teilte das Werk mit. Es gebe keinen Hinweis darauf, daß Radioaktivität ins Freie gelangt sei.

Die Anlage in Nordengland ist schon seit langem wegen häufiger Betriebsstörungen und hoher Radioaktivitätsabgaben an die Umwelt im Gerede. Erst vor einem Monat hatte die britische Gesundheits- und Sicherheitsaufsicht damit gedroht, Sellafield zu schließen, wenn die Sicherheit nicht verbessert werde. Die Betreiberfirma hatte zugesagt, ungerech-

net rund 90 Millionen Mark zu investieren.

Die Anlage zur Aufarbeitung abgebrannter Brennstäbe hieß früher Windscale, wurde aber nach einer Reihe von Unfällen umbenannt. Sie ist die größte ihrer Art in der Welt. In dem Komplex wird auch das älteste kommerzielle Atomkraftwerk der westlichen Welt betrieben. Seit das Unternehmen im Jahr 1950 seinen Betrieb aufnahm, sind über 300 „Vorfälle“ registriert worden. Aufsichtsbeamte haben kritisiert, daß die Betriebsgebäude veraltet und die technischen Anlagen zum Teil korrodiert („zerknagt“) seien und daß die Unternehmensführung im Papierkrieg aufgehe.

Frankfurter Rundschau  
vom 22.1.1987, S.1

### „Sellafield“ zahlt für Krebstod

LONDON, 17. September (Reuter). Die Betreiber der britischen Atom-Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield haben Entschädigungen an die Familien dreier Arbeiter gezahlt, die an Krebs gestorben waren. British Nuclear Fuels teilte jetzt in London mit, insgesamt seien über 100 000 Pfund Sterling (rund 300 000 Mark) an die Familien der namentlich nicht genannten Arbeiter geflossen. Die Zahlungen gehen auf eine drei Jahre alte Vereinbarung mit den Gewerkschaften zurück. Die Staatsfirma hat bisher nach eigenen Angaben insgesamt rund 600 000 Pfund ausgezahlt. Etwa 100 Entschädigungsforderungen stünden noch offen.

Frankfurter Rundschau  
vom 18.9.1986, S.24

### g) Radioaktivität im Kernreaktor Hamm freigesetzt

Am 4. Mai sollten die Brennelemente im Hochtemperatur-Reaktor in Hamm-Uentrop ausgewechselt werden.

Dabei blieb eine der tennisballgroßen Graphitkugeln stecken. Es kam zu einem Stau. Die Kernkraftwerksingenieure bliesen erst Luft, dann Helium durch die verstopfte Leitung, um die Kugeln freizubekommen. Doch das Luft-Helium-Gemisch, in dem sich auch radioaktiver Graphitstaub befand, entwich mit hohem Druck durch den 70 Meter hohen Kamin. 6.600 Kubikmeter gelangten ins Freie. Um 21.15 Uhr sprang im Kontrollraum der THTR 300 der Sicherheits-Monitor an. Auf dem Kontrollschreiber konnte der Schichtleiter zwei Minuten lang eine erhöhte Radioaktivität über den Abzugskamin registrieren.

Ungewöhnlich war dieser "Störfall" wohl nicht. Denn

seit dem 1. Januar 1985 war es bereits 21mal zu Störfällen in dem wegen seiner angeblichen Sicherheit so hochgelobten Reaktor am Rande des Ruhrgebiets gekommen. Allein elf davon betrafen das Kühlsystem. Auch mit den Brennelementen hatte es erst im November vergangenen Jahres Probleme gegeben, als sieben der insgesamt 42 zur Abschaltung des Reaktors notwendigen Steuerstäbe in den Graphitkugeln steckenblieben.



## h) Schwerer Störfall in Biblis lange verschwiegen

# „Ein Szenario, von dem wir nicht wußten, daß es möglich war“

Fast genau vor einem Jahr ereignete sich jener Störfall im südhessischen Atomkraftwerk Biblis, der erst in dieser Woche durch einen Artikel im US-Branchenfachblatt „Nucleonics Week“ bekannt wurde. Die FR dokumentiert den Artikel des Fachblattes, an dem neben dem Bonner Korrespondenten Mark Hibbs auch vier US-Kollegen mitarbeiteten, mit Genehmigung des Verlages in einer von Hibbs und dem Verlag Mc Graw-Hill autorisierten Übersetzung.

Die nationale Atomaufsichtsbehörde (NRC) untersucht die Folgerungen aus einem unveröffentlichten Vorfall in einem deutschen Reaktor

Die NRC überprüft die Verwundbarkeit (Anfälligkeit) von US-Kraftwerken durch einen seit langem postulierten systemübergreifenden Unfall mit Kühlmittelverlust (interfacing systems loss-of-cooling accident - LOCA), nachdem sich die ersten Schritte in Richtung auf ein solches Ereignis im vergangenen Jahr in einem deutschen Reaktor ereigneten. Das Ereignis führte zu Nachrüstungsmaßnahmen in deutschen Kraftwerken, aber NRC-Offizielle, die erst kürzlich von dem Vorfall erfuhren, sind sich uneinig über die Bedeutung des Ereignisses für US-Kraftwerke.

Der Störfall, der bisher noch nicht von westdeutschen Behörden veröffentlicht wurde, ereignete sich Mitte Dezember 1987 in Biblis A, einem 1204-Megawatt-Kraftwerk. Obwohl es einen zu vernachlässigenden Austritt von radioaktivem Primärdampf unterhalb meldepflichtiger Grenzwerte gab, wurde der Störfall als Vorläufer für einen systemübergreifenden Unfall mit Kühlmittelverlust (LOCA) bewertet; ein Unfallablauf jenseits der Auslegungsgrenzen, der zuerst in der 1975 erstellten „Wash-1400-Reaktorsicherheitsstudie“ beschrieben wurde, wo er unter Kraftwerks-Ablauf V aufgeführt war.

Nach diesem Ablauf kann ein Versagen der Prüfventile, die den Primärkreislauf vom Niederdruck-Einspritzsystem (low-pressure injection system - LPIS) des Reaktorkern-Notkühlsystems (emergency core cooling system - ECCS) trennen, einen Unfall mit Kühlmittelverlust (LOCA) verursachen, der auf das LPIS übergreift und den Reaktorsicherheitsbehälter (das Containment) verläßt. Nach der Wash-1400-Studie „könnte das LPIS, das für Niederdruck vorgesehen ist, wegen des Überdrucks oder dynamischer Abläufe jenseits seiner Auslegung versagen, was die Kernschmelze (und) den Austritt von Radioaktivität weit außerhalb des Containments auslösen würde.“ Spätere NRC- und Industrie-Studien ergaben, daß die genauen Ergebnisse dieses Ablaufes kraftwerksspezifisch sind, weil die LPIS und die Schwächen des LPIS-Röhrensystems stark variieren.

Die Auswirkungen des Ventilversagens hängen vom Zustand des Reaktorkerns und vom Druck im Primärsystem zum Zeitpunkt des Versagens ab. Wenn das Versagen beispielsweise auf einen Überdruck durch einen bereits schmelzenden Reaktorkern zurückgeht, könnte ein Leck

für ein schnelles Entweichen in die Umwelt sorgen, weil typischerweise ein Teil der LPIS-Röhren in einem Hilfsgebäude untergebracht sind. Da das Kühlmittel außerhalb des Containments ausläuft, sammelt sich das Wasser nicht im Containment-Boden, und wenn der Kühlmittel-Tank geleert ist, verbleibt keine Kühlmittel-Quelle für Notkühlsysteme, um ein Durchschmelzen zu verhindern.

Der Biblis-Störfall begann, als die Bedienungsmannschaft Biblis A nach einer unvorgesehenen Vier-Tage-Abschaltung in der Hälfte des jährlichen Brennstoff-Kreislaufes wieder anfuhr. Ein Abschlußventil am Verbindungsstück zwischen dem Primärkreislauf und dem LPIS war nicht, wie es sein sollte, geschlossen. Wenn der Reaktor abgeschaltet ist, sind die zwei Ventile, die die beiden Systeme verbinden, vollständig geöffnet; aber sie sollen sich beim Betrieb schließen, um das Notsystem vom Primärkreislauf zu isolieren. Ein Reaktor-Techniker erkannte das Problem und versuchte das Ventil durch Druckmanipulationen zu schließen, indem er das zweite Prüfventil leicht öffnete. Dieses Vorgehen - korrekt nach dem Betreiber-Handbuch - war nicht erfolgreich, und der Techniker begann - ebenfalls korrekt nach den Prozeduren - das Kraftwerk herunterzufahren. Durch das Öffnen des zweiten Prüfventils öffnete der Techniker für 2-5 Sekunden einen Pfad vom Primärkreislauf aus dem Containment, und es gab einen kleinen Austritt von Primärkreislaufdampf in den Reaktorringraum und von dort über den Abluftkamin in die Atmosphäre.

Offizielle enthüllen nicht, wieviel Radioaktivität entwich, bestehen aber darauf, daß es weit unterhalb der Grenzen war, die vom Betreiber, dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk (RWE), verlangt hätte, den Störfall allein aus Radioaktivitätsgründen zu melden.

Nach dem Biblis-Störfall wurde nach Angaben von Offiziellen die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) unmittelbar mit der Untersuchung des Vorfalles und der Erstellung einer grundsätzlichen Risikostudie des Problems beauftragt. Die Wochen nach dem Störfall vorgelegte Studie faßte zusammen, daß ein vergleichbares Leck im Dampfkreislauf in jedem Kraftwerk einen LOCA verursachen könnte, wenn einige zusätzliche Defekte eingetreten wären, was Kraftwerksbetreiber als „höchst unwahrscheinliche Situation“ bezeichnen. Zu diesen Defekten gehörte ein Bruch der LPIS-Röhren in dem Zehntel ihrer Länge, das sich außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters (Containment) befindet. Der Vorfall in Biblis erfüllte „keineswegs“ den Störfall-Ablauf für einen LOCA wie er von Reaktor-Experten definiert wird, sagte ein Offizieller. „Der Störfall in Biblis war der Anlaß, ein Szenario zu überprüfen von dem wir nicht wußten, daß es möglich war“, sagte die GRS.

Die Studie führte zu Veränderungen in allen deutschen Kraftwerken. Die Anfahr-Prozeduren wurden überarbeitet, so daß die Bedienungsmannschaften früher

prüfen, ob die Ventile zum Reaktorkern-Notkühlsystem (emergency-core-cooling-system - eccs) geschlossen sind, und die Mannschaften wurden entsprechend geschult. Zusätzlich wurden die Reaktorschutzsysteme modifiziert, um den Druck hinter den Schlüsselventilen zu messen und ein Hochfahren des Reaktors zu stoppen, wenn der Druck nicht korrekt ist. „Wir entdeckten eine grundsätzliche Schwäche in unserem Kraftwerksbetrieb und im Reaktorschutzsystem“, sagte ein Offizieller, „und wir räumten das Problem aus.“

Die westdeutschen Sicherheitsbehörden gaben Informationen über den Vorfall in das Störfallberichtssystem der Atomenergiebehörde der OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit), aber deklarierten sie als Industriegeheimnis (stamped it proprietary). Nach Angaben von NRC-Offiziellen bedeutete dies, daß sie den Störfall nicht öffentlich diskutieren oder das Land und den betroffenen Reaktor benennen konnten. „Wir glauben nicht, daß wir darüber sprechen sollten, weil es unser Abkommen brechen würde“, sagte NRC-Sprecher Robert Newlin. „Wir glauben nicht, daß wir überhaupt etwas sagen können.“

Der Vorfall, von dem die NRC erstmals im September erfuhr, wurde bei einem vertraulichen Treffen über Reaktor-Störfälle von NRC-Mitarbeitern am 29. November erörtert. Ein Tagesordnungspunkt sagte lediglich: „Ausländischer Reaktor - Reaktor-Kühlmittelverlust außerhalb des Containments - vertrauliche Information (Industriegeheimnis).“

Thomas Murley, der Direktor des Büros für Nuklear-Reaktor-Richtlinien, sagte, daß es nicht unüblich ist, von Störfällen in ausländischen Reaktoren lange nachdem sie sich ereigneten, zu erfahren, weil die Betriebsstöße zuerst von den Inspektoren des jeweiligen Landes analysiert und anschließend Spezialberichte erstellt und in die internationalen Berichtsnetze eingegeben werden. Murley erklärte, er sehe nichts „irgendwie Alarmierendes“ im Biblis-Störfall und sei nicht verärgert darüber, daß die NRC davon nicht eher erfahren habe.

Ein NRC-Experte sagte aber, in den USA wäre es als Ereignis von „höchster Bedeutung“ für die Sicherheit eingestuft worden, falls dort ein dem Biblis-Störfall vergleichbares Ereignis eingetreten wäre. „Wenn es in einem US-Kraftwerk passiert wäre, hätten wir ohne Zweifel innerhalb von Stunden ein erweitertes Inspektionsteam (ait - augmented inspection team) vor Ort gehabt“, sagte der Experte. „Nach einem Fehler wie diesem wären sie für eine lange Zeit abgeschaltet geblieben. Wenn man mit einem Leck außerhalb des Containments dasteht und keine gute Nachschub-Quelle (für Kühlwasser) hat, kann man große Probleme bekommen. Wenn man ein definiertes Leck innerhalb des Containments hat, bleibt immer noch der (Containment)-Sumpf und die Möglichkeit des Wiederverwendens (des Kühlmittels). Aber ein Leck außerhalb des Containments ist außerhalb der Auslegung. Wir fassen zusammen: Wenn man einen Störfall jenseits der Auslegung hat, dann hat man Probleme.“ ■ ■ ■ (Copyright 1988 Mc Graw-Hill)

# Töpfer untersucht Biblis-Gefahr

## Studie über Störfall / „Monitor“: Doch nahe am Super-Gau

Von unserem Redaktionsmitglied Joachim Wille

FRANKFURT A. M., 11. Dezember. Bundesumweltminister Klaus Töpfer (CDU) wird in einer Studie untersuchen lassen, was in dem Atomreaktor Biblis A hätte passieren können, falls der Reaktor bei der kritischen Situation im Dezember 1987 nicht von der Betriebsmannschaft abgeschaltet worden wäre. Dies kündigte der Minister in einem Interview mit der FR an. Töpfer berief sich allerdings erneut auf die Aussagen der Bonn

zuarbeitenden Atomwissenschaftler, wonach der Eintritt eines „nicht beherrschbaren Störfalls“ (Super-GAU) „noch hinreichend unwahrscheinlich“ gewesen sei. Nach Recherchen des WDR-Magazins „Monitor“ ist diese offizielle Version dagegen nicht mehr haltbar. Danach wurde das für die Sicherheit des Meilers unverzichtbare Notkühlsystem einer „unerlaubten Zerreißprobe“ ausgesetzt.

Töpfer sagte in dem Interview, die Erkenntnis, man kann noch etwas besser machen, dürfe nicht mit dem Eingeständnis gleichgesetzt werden, „es sei bisher Unverantwortliches (bei der Sicherheit der Kraftwerke, Red.) zugelassen worden“. Zur Wahrscheinlichkeit eines Super-GAU meinte er: „Ich will mich hier nicht in technischen Kategorien abschließend äußern. Ich glaube, das wäre eine Anmaßung des Politikers.“ Fachleute des TÜV und der Bonner Reaktor-Sicherheits-Kommission seien aber zu dem Ergebnis gekommen, daß „noch erhebliche weitere Fehlverläufe (hätten) hinzutreten müssen, wenn es zu einem gravierenden Ereignis (hätte) kommen sollen“.

Den Vorwurf der Vertuschung des Störfalls wies Töpfer zurück. Alle Bundesländer — auch die atomkraft-kritischen — seien genauso wie die „internationale Fachöffentlichkeit“ über das Ereignis informiert worden. Der Minister räumte ein, daß die Mitteilung an die internationale Meldestelle für Atom-Störfälle der OECD in Paris als „restricted“, das heißt, nur für den Dienstgebrauch zu verwenden, eingestuft wurde. Kritik an der Art der Information gebe es bei der

Meldestelle nicht.

Töpfer erneuerte seine Forderung, ein bundesdeutsches Zentrum für Alternativenergien und Energieeinsparung einzurichten, um eine „Zukunft ohne Kernkraft zu erfinden“. Daran erinnert, daß Forschungsminister Heinz Riesenhuber (CDU) deutliche Einwände gegen ein solches neues Zentrum geäußert hat, sagte Töpfer: „Ich glaube nicht, daß Widerspruch zur Beendigung des Denken führt.“

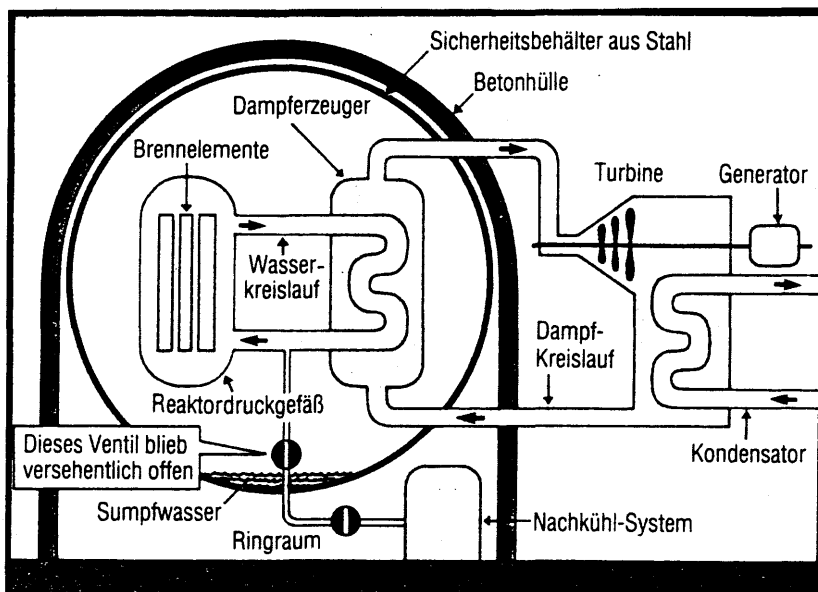
ilk BONN. Die Wertung Töpfers und des Vorsitzenden der Reaktorsicherheitskommission, Professor Adolf Birkhofer, der Biblis-Störfall sei ein Ereignis gewesen, das „meilenweit von der Möglichkeit einer Kernschmelze des gefürchteten Super-GAU“ entfernt gewesen ist, ist nach Recherchen der „Monitor“-Redaktion nicht mehr haltbar. Statt den Reaktor nach dem Ausfall eines für den sicheren Betrieb unverzichtbaren Absperrventils sofort abzufahren, ließ sich die Betriebsmannschaft laut Monitor auf ein hochgefährliches Experiment ein, als sie die zweite und letzte Absperrung zwischen dem heißen, radioaktiven Hochdruck-Kühlkreis des Reaktors und einem für

weit niedrigeren Dampfdruck vorgesehenen „Notkühlkreis“ öffnete. Dadurch sollte eine Strömung erzeugt werden, die das blockierte erste Absperrventil möglicherweise wieder gängig gemacht und so ein vollständiges Abschalten der Anlage verhindert hätte.

Monitor berichtet in einer Sendung am heutigen Montag, durch diese Sicherheitsverstöße sei das für die Sicherheit der Anlage unverzichtbare Notkühlsystem einer unerlaubten Zerreißprobe ausgesetzt gewesen. Wäre die Leitung geplatzt, oder eines der überforderten Ventile abgerissen — was durchaus im Bereich der Möglichkeit gelegen habe — hätte sich eine Kernschmelze mit großer Strahlenfreisetzung in die Umgebung nach Meinung von Fachleuten kaum noch aufhalten lassen. Erst als ihr „Experiment“ erfolglos geblieben war, schaltete die Mannschaft den Reaktor schließlich ab.

Das technische Manöver der Betriebsmannschaft habe also nicht nur eine unwichtige Nebenleitung betroffen, wie angegeben wurde. Die unabdingbare Absperrung zwischen Hochdruck- und Niederdruckkühlkreis sei dadurch in Frage gestellt worden, gibt Monitor an.

Frankfurter Rundschau  
vom 12.12.1988, S. 1 f.



Ein bisher zu wenig beachtetes Risiko: Durch das offen gebliebene Ventil in der Leitung zum Nachkühl-System in Biblis kann Kühlwasser aus dem kugelförmigen Containment (Sicherheitsbehälter) entweichen.

Stern vom 8.12.1988, S. 247

# Leck im Atommeiler Biblis B gemeldet

Jetzt bei einer Inspektion festgestellt / Als „Eilt“-Fall eingestuft

me WIESBADEN, 15. Dezember. Die Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE) haben mitgeteilt, daß bei einer Inspektion des zur Zeit abgeschalteten Atomkraftwerks Biblis B an einem Strang des Nachkühlsystems „zwischen Erst- und Zweitabspernung“ ein Leck entdeckt worden ist. Das Leck befinde sich an einer „kleinen Entleerungsleitung“ und könne nur bei abgeschalteter Anlage festgestellt werden, weil das betreffende Rohrleitungsstück im Normalbetrieb nicht unter Druck stehe. Dieser Befund sei am Dienstag unter der Kategorie E

(Eilt) an die hessischen Aufsichtsbehörden gemeldet worden. Die Reparaturarbeiten würden mehrere Tage in Anspruch nehmen.

Der Reaktor Biblis B war bis einschließlich Sonntag abgeschaltet worden, weil, wie es in einer Pressemeldung geheißen hatte, einige kleinere Leckagen am nicht-radioaktiven Dampfkreislauf abgedichtet werden sollten. Dabei mußte aber auch die Anzeige für die im Sommer neu eingebaute Verriegelung des „Prüfventils“ schon wieder repariert werden, dessen Öffnung im Reaktor Biblis A vor

einem Jahr zu einem nicht mehr beherrschbaren Störfall hätte führen können. Wie das hessische Umweltministerium auf FR-Anfrage mitteilte, wird anlässlich der Beseitigung kleinerer Leckagen am nicht-radioaktiven Dampfkreislauf jetzt auch diese Verriegelungsanzeige wieder instand gesetzt. Die Verriegelung selbst sei jedoch intakt, wie Druckmessungen ergeben hätten. Biblis B wurde am Mittwoch bis einschließlich Sonntag abgeschaltet.

★

• • •

Frankfurter Rundschau vom 16.12.1988, S.1

## Ein Drehbuch — mitzutragen bei der nächsten Beinahe-Katastrophe

Vor zwei Jahren schrieb der Soziologe Charles Perrow die Dramaturgie eines Unfalls: Die Biblis-Akteure folgten ihr / Von Conrad Lay

Das Drehbuch der Beinahe-Katastrophe von Biblis, auch Beinahe-„Restrisikoereignis“ genannt, wurde bereits vor zwei Jahren geschrieben. Autor ist Charles Perrow, Soziologieprofessor an der Yale-Universität in Connecticut/USA. Seinem Aufsatz „Lernen wir etwas aus den jüngsten Katastrophen?“, der auf deutsch in der von Ulrich Beck herausgegebenen Zeitschrift „Soziale Welt“ erschien, fügte er ein Drehbuch bei, das der Beobachtung einer Vielzahl von Unfällen und Beinahe-Unfällen entnommen ist. Dieses Drehbuch — so schreibt Perrow — „sollten Sie während des nächsten katastrophalen Unfalls oder bei der nächsten Beinahe-Katastrophe mit sich tragen“. Leider konnten wir dies nicht, hatten wir doch erst mit einjähriger Verspätung davon erfahren.

Doch damit sind wir bereits bei Punkt 1) des Drehbuches:

*„Die erste Aufmerksamkeit wird außerhalb des (technisch-organisatorischen) Systems entstehen; das System selbst wird Desaster, die eine Zeitlang halbwegs versteckt werden können, nicht freiwillig bekanntgeben, und die Führer des Systems dürften einige Zeit lang nichts davon wissen oder nicht wissen, wie schlimm es ist. Das System wird wahrscheinlich nicht das Schlimmste denken oder zugeben.“*

Genauer können wir auch im Nachhinein nicht die Vertuschungspraxis kennzeichnen: Bekannt wurde der Vorfall überhaupt nur durch die US-Fachzeitschrift „Nucleonics Week“. Auch die „Führer des Systems“, in unserem Fall Umweltminister Töpfer, haben einige Monate nichts davon gewußt oder jedenfalls die Tragweite nicht erahnt.

Punkt 2) des Drehbuches:

*„Das System wird erste Berichte dementieren oder einige Zeit vorsätzlich über die Ernsthaftigkeit oder die Gründe hinwegtäuschen.“*

Manfred Popp, Staatssekretär im hessischen Umweltministerium, sprach an-

fangs von „Gefahren der Routine“, die dem Ministerium grundsätzlich „immer bewußt“ gewesen seien. „Zu keiner Zeit habe Gefahr bestanden“, meinte RWE-Manager Dirk Kallmeyer, der stellvertretende Leiter der Abteilung Kraftwerksbetrieb in Essen. Der Vorfall sei aus der Sicht der RWE „abgehandelt und bewertet“: „Das ist für uns ein Jahr her.“ Mit anderen Worten: Es gibt keinen einzigen Zeitpunkt, an dem über die Beinahe-Katastrophe berichtet werden kann. „Zuvor gab es keine Informationen, und danach ist alles Schnee von gestern.“

Punkt 3) des Drehbuches:

*„Nach dem Unfall sind Ausreden wahrscheinlich. Systeme müssen sich schützen, wenn Kritik erwartet wird.“*

In Sachen Biblis tat sich hierin Adolf Birkhofer hervor, Vorsitzender der Reaktorsicherheitskommission: es handle sich nicht um eine Ereignis mit Kühlmittelverlust, der Vorfall habe „keine erhebliche Sicherheitsbedeutung“. Eigentlich sei das Ganze ein Mißverständnis: die Amerikaner hätten geschrieben „After a break like that“, doch das treffe gar nicht zu, einen Bruch habe es gar nicht gegeben. Was Birkhofer nicht bemerkte, im Originaltext hieß es „After a breach like that“, also nach einem solchen Verstoß gegen Sicherheitsprinzipien. Auch Übersetzungsschwierigkeiten werden als Ausreden herangezogen. Peinlich, wenn sich herausstellt, daß die Schwierigkeiten auf dem eigenen Mist gewachsen sind.

Punkt 4) des Drehbuches:

*„Die erste Erklärung wird menschliches Versagen sein. Das Bedienungspersonal verantwortlich zu machen, schützt das System, da Angestellte ersetzt oder besser ausgetauscht werden können, so daß das System oder seine Führungsspitze nicht bedroht sind.“*

Auch hier wurde die Regieanweisung exakt eingehalten. Natürlich sind die dummen Techniker schuld! Klaus Petersen von der RWE-Hauptverwaltung bescheinigt ihnen eine „verschrobene Denk-

weise“, und auch Fred Meyer, der Kraftwerksdirektor von Biblis, stößt ins selbe Horn: Für die Techniker sei das ein „normales Ereignis gewesen, erst Monate später, als die „viel gescheiterten“ Analytiker, „die das viel besser wissen als wir“, das Ereignis anders bewertet hatten, habe man seine Meinung ändern müssen. Ein Glück, daß die Ingenieure so klug sind. Doch warum bauten sie ein technisches System, von dem ein Offizieller der Gesellschaft für Reaktorsicherheit später sagen wird: „Wir entdeckten eine grundsätzliche Schwäche in unserem Kraftwerkbetrieb und im Reaktorschutzsystem“? Nach und nach muß man zugeben — das hessische Umweltministerium und die RWE etwas später —, daß nicht menschliches Versagen, sondern die mangelnde Druckbelastbarkeit der hinter dem geöffneten Ventil liegenden Leitungen das eigentliche Risiko ausmachten.

Überhaupt ist die Unterscheidung zwischen fehlermachenden Menschen und der Technik als einem toten Produkt recht fragwürdig. Darauf hat Charles Perrow in seinem Buch „Normale Katastrophen“ sehr anschaulich hingewiesen: Das Problem ist die Organisation eines technischen Systems, also gerade die fehleranfällige Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Die Gefahren lauern in der Art und Weise, wie die Einzelkomponenten eines technischen Systems ineinandergreifen. Wenn auf dem zehn Meter langen Bedienungstisch im Leitstand des Atomkraftwerkes Hunderte von Anzeigen und kurzfristigen Alarmmeldungen einlaufen, von denen die meisten höhere Priorität als das kleine rote Lämpchen des nicht geschlossenen Ventils TH 22 S 008 haben, dann ist es diese Komplexität, die zu „normalen“ Katastrophen führt. Oder wie es Kraftwerksdirektor Meyer in aller Naivität ausgedrückt, im Trubel des Anfahrbetriebes sei ein Warnlämpchen vergessen worden. Ein Reaktorfahrer von Harrisburg hatte — vor der Untersuchungskommission — die Situa-

tion dramatischer beschrieben: „Binnen weniger Minuten waren wir mit einer wahren Flut von Warnungen konfrontiert. Ich hätte die Schalttafel an die Wand werfen mögen. Sie gab uns zwar viele, aber keine wirklich wichtigen Informationen.“

Der Mensch ist an seine Grenzen gestoßen. Er muß die Kontrolle über die Maschine an die Maschine abgeben. So lautete — wie nach Tschernobyl — auch jetzt nach Bekanntwerden des Bibliser Störfalles der einhellige Ratschlag: die dem Menschen anvertraute Kontrolle einzuschränken. Doch die Sache hat einen Haken, worauf Charles Perrow in seiner brillanten Studie bereits hinwies: „Mit jeder Rationalisierung (des technischen Systems) werden Operateure entbehrlieh. Aber zugleich werden neue Möglichkeiten für noch komplexere Systeme geschaffen, so daß der Operateur als Pannenhelfer durch die Hintertür wieder hereinkommt.“

Kommen wir zu Punkt 5) des Drehbuches:

*„Nachfolgende Untersuchungen durch externe Gruppen werden immer Momente von Mißmanagement, Produktionszwänge, die zur Inkaufnahme von Risiken führen, und viele frühere Beinahe-Unfälle enthüllen.“*

Zu den Gründen, warum der Reaktor nur auf 300 Megawatt und nicht ganz abgeschaltet wurde, als das offene Ventil endlich wahrgenommen wurde, bemerkte Wolfgang Hauck, Hauptabteilungsleiter Produktion in Biblis: „Das müssen sie einfach sehen aus der Mentalität der Betriebsmannschaft.“ Die Mentalität, das bedeutet: einen Produktionsausfall von einem Tag Vollastbetrieb (etwa 24 Millionen Kilowattstunden) zu vermeiden. Da nahm man lieber das Risiko in Kauf, bei laufendem Reaktor das Problem durch Öffnen einer Leitung zu lösen. Die Höhe des ausgetretenen radioaktiven Wassers kann man hinterher immer noch bestreiten: Hatte das hessische Umweltministe-

rium zunächst von „einigen Litern“ gesprochen, so waren es gut eine Woche, nachdem der Fall der Öffentlichkeit bekanntgemacht wurde, bereits 200 Liter Kühlwasser.

Auch an der Enthüllung weiterer Beinahe-Unfälle hat es diesmal nicht gefehlt: ein weiterer Störfall in Biblis, die Störfälle in Stade, Philippsburg, Obrigheim ...

Regieanweisung Nr. 6):

*„Irgend jemand wird auftreten, der die Katastrophe vorhergesagt hat. Katastrophen werden immer von irgendwem vorhergesagt.“*

Hier weicht das Drehbuch von der Bibliser Wirklichkeit ab: Eine Vorhersage hat es nicht gegeben, wenn auch die Risikountersuchungen des Darmstädter Öko-Institutes auf die Möglichkeit eines solchen Störfalles hinwiesen.

Für Regieanweisung Nr. 7 ist es noch etwas früh:

*„Formelle Strafen werden, sofern sie überhaupt verhängt werden, mild sein. Systeme haben Ressourcen, Helfer und Verkäufer, Opfer sind unorganisiert. Sogar die Köpfe des fehlerhaften Systems bleiben an ihrem Platz.“*

Auch insofern hat Perrow — bislang jedenfalls — recht behalten. Er schließt sein Drehbuch mit Punkt 8) ab, daß nämlich nur marginale Veränderungen vorgenommen würden und nicht solche, die sich auf die exzessive Komplexität und die enge Kopplung des technischen Systems beziehen. Auch hier stimmt die Wirklichkeit mit dem Drehbuch überein: Die Kraftwerksbetreiber beeilen sich mitzuteilen, technische Verbesserungen seien in allen Atomkraftwerken, die nach dem Bibliser Muster gebaut seien, in der Zwischenzeit vorgenommen worden, das Problem mithin „ausgeräumt“.

Nach wie vor stehen wir jedoch vor dem Geheimnis, was wohl in den Köpfen jener Betriebsmannschaften vorgegangen ist, die das rote Signal des geöffneten Ventils nicht wahrnahmen. 15 Stunden

lang nicht wahrnahmen. Für Charles Perrow, der zahlreiche technische Systeme — von Bergwerken, über Raumfahrt und Atomkraftwerken bis hin zur Gentechnologie — untersucht hat, liegt die Ursache darin, daß wir uns in unserem Innern eine Welt konstruieren, die unseren Erwartungen entspricht, da uns die Komplexität der realen Situation überfordert, und daß wir nur jene Informationen weiterverfolgen, die in unser konstruiertes Modell passen, während wir gleichzeitig alle Informationen entwerfen, die dem Modell widersprechen.

Die Mannschaften in Biblis wollten den Reaktor wieder anfahren, dazu „paßte“ das offene Ventil nicht. Also ließen sie sich in ihrer Konstruktion der Wirklichkeit nicht davon beirren, schlossen nicht, daß das Ventil tatsächlich noch offen sein könnte, sondern deuteten es „als Fehler in der Anzeige“, wie es im Töpfer-Bericht heißt. Wenn die Wirklichkeit nicht mit deren Konstruktion im Kopf übereinstimmt, kann es nur an den Meßinstrumenten liegen — auch dies, ein bei vielen Unfällen beobachtetes Syndrom. „Ein Warnsignal wird nur dann wirksam“, hatte Charles Perrow geschrieben, „wenn es sich in unser innerstes Bild der Vorgänge einfügt. Sonst wird es von der Flut derjenigen Signale hinweggeschwemmt, die unseren Erwartungen entsprechen und als ‚Rauschen‘ im System ignoriert.“

Die Handlungspsychologie auch in hochkomplexen Techniksystemen läßt sich sehr wohl erklären. Die Bibliser Beinahe-Katastrophe reiht sich ein in eine lange Kette unwahrscheinlicher, zum Teil abenteuerlicher Handlungsabläufe. Die Ergebnisse der Risikoforschung, wie sie etwa Perrow vorgelegt hat, sprechen hier eine deutliche Sprache. Doch eine andere Frage ist es, ob wir bereit sind, daraus zu lernen. Die Übereinstimmung des Bibliser Störfalles mit dem zwei Jahre zuvor geschriebenen Drehbuch Charles Perrows gibt Grund zur Skepsis. Die Akteure haben sich an die Dramaturgie gehalten.

Frankfurter Rundschau vom 24.12.1986, S. 22

**Ein Störfall ist ein Unfall,  
der keinen stört!**

i) Störfall in Brokdorf

# Alle Atommeiler werden überprüft

## Töpfer reagiert auf Brokdorf-Störfall

Von unseren Redaktionsmitgliedern

FRANKFURT A. M., 16. Dezember (FR). Die bundesdeutschen Atomkraftwerke werden durch die Aufsichtsbehörden der Länder auf mögliche Schwachstellen bei den Notkühlrichtungen untersucht. Dies hat Bundesumweltminister Klaus Töpfer (CDU) nach Bekanntwerden des jüngsten Störfalls im Atomkraftwerk Brokdorf am Freitag angekündigt. Der Störfall hätte nach Meinung des schleswig-holsteinischen Energieministers Günther Jansen (SPD) „zu ganz großen Problemen ... bis zur Kernschmelze führen können“. Vor dem hessischen Atomuntersuchungsausschuß wurde am Freitag deutlich, daß die Schwere des Störfalls im Atomkraftwerk Biblis im vergangenen Dezember wegen der unklaren Meldung darüber monatelang nicht erkannt wurde.

hhk FRANKFURT A. M. In einem Rundfunkinterview hat Jansen deutlich gemacht, daß die fehlende Einsatzbereitschaft der Notspeisediesels, die bei einem Ausfall der Stromversorgung im Atomkraftwerk Brokdorf an der Unterelbe die Kühlung des Reaktors sicherstellen sollen, „eine große Schlampererei“ war. Wenn

die Dieselaggregate, so Jansen, in einem Notfall hätten einspringen müssen, „hätten alle vier in Serie versagen können“. Der Minister, dessen Einschätzung von der Sprecherin des Bundesumweltministeriums, Marlene Mühe, bestätigt wurde, sagte weiter: „Dann wäre im Ernstfall der Teufel los gewesen.“ . . .

Frankfurter Rundschau vom 17.12.1988, S.1

j) Vorübergehende Stilllegung des Reaktors in Brunsbüttel

## Energieminister Jansen (SPD):

# Dem Atommeiler Brunsbüttel droht die Stilllegung

Der schleswig-holsteinische Sozial- und Energieminister Günther Jansen (SPD) schließt die vorübergehende Stilllegung des Atomreaktors in Brunsbüttel (1976 ans Netz gegangen) nicht mehr aus, da der Störfall in Biblis Ende 1987 auch Bedenken wegen der Sicherheit des Siedewasserreaktors an der Unterelbe verursacht hat. Abhängig ist diese Entscheidung von einem Gutachten des TÜV Norddeutschland, das Jansen zu den Folgen des Falls Biblis in Auftrag gab, wie Jansen in einem Interview mit der FR sagte. Die Fragen stellte FR-Redakteur Joachim Wille.

*FR: Durch die Aufdeckung des Biblis-Störfalls sind allgemeine Sicherheitsmängel in Atomkraftwerken deutlich geworden — sowohl was die Technik als auch was den „menschlichen Faktor“ betrifft. Sehen Sie Konsequenzen auch für die drei Reaktoren in Schleswig-Holstein?*

Jansen: Ja und sie sind zum Teil auch schon gezogen worden. Unmittelbar nachdem wir als Reaktorsicherheitsbehörde von dem Störfall — damals noch als „normal“ eingestuft — erfuhren, haben wir die Betreiber der Kernkraftwer-

ke in Schleswig-Holstein zu Stellungnahmen aufgefordert. Auch der TÜV wurde gutachterlich tätig. Nach beider Angaben sind die Anlagen in Brokdorf und Krümmel sicherheitstechnisch anders ausgelegt als in Biblis. Dort gibt es sogenannte „Druckaufnehmer“ und teilweise Verriegelungen zwischen den Absperrarmaturen, die einen Störfall wie in Biblis verhindern sollen. In Brunsbüttel wird zur Zeit noch geprüft.

*Unterscheiden sich die schleswig-holsteinischen Reaktoren in punkto Ventil-Verbindung Reaktorkühlkreislauf/Niederdrucksystem von dem in Biblis? Kann ein solcher Störfall dort nicht auftreten?*

Das Problem der Absperrung von Hoch- und Niederdruck haben alle Leichtwasserreakortypen. Allerdings ist der Biblis-Störfall in Brokdorf und Krümmel wegen der unterschiedlichen Konstruktionen unwahrscheinlich. Aber, das lehrt Biblis auch, es gibt immer wieder neue nicht kalkulierbare Situationen.

*Wie sieht es in Brunsbüttel aus? Ist es gerechtfertigt, den Reaktor quasi „auf Verdacht“ weiterlaufen zu lassen, es werde schon nichts passieren?*

Wir erwarten in allernächster Zeit eine gutachterliche Stellungnahme des TÜV Norddeutschland zu den Folgen des Biblis-Störfalls auf das Kernkraftwerk

Brunsbüttel. Das Ergebnis dieser Untersuchung werde ich zur Grundlage meiner Entscheidungen machen, ob eventuell Aufsichtsmaßnahmen nach Paragraph 19 des Atomgesetzes erforderlich werden. Das kann durchaus vorübergehende Stilllegung für Nachrüstungen bedeuten.

*Das als „Schrottreaktor“ bezeichnete AKW Stade steht in Niedersachsen, im Falle eines großen Störfalles wären*

### FR-Interview

*sicher aber auch Hamburg und Schleswig-Holstein betroffen. Reicht Ihnen aus, was die Regierung in Hannover nach dem dort — wiederum verspätet — bekanntgewordenen Störfall getan hat? Bestehen keine Zweifel an der Sicherheit?*

Aus unserer Sicht und aus der Sicht der Mehrheit der kritischen Fachwelt bestehen erhebliche Zweifel. Dabei ist die technische Ausführung der Frischdampfleitungen die Schwachstelle des Stader Reaktors. Im Frischdampfsystem hat sich ja auch der Herbst-Störfall ereignet. Wegen der möglichen schweren Folgewirkungen — ein Ausfall der Kühlung bis hin zur Kernschmelze kann nicht ausgeschlossen werden — muß Störfällen die-

ser Art erhebliche Beachtung geschenkt werden. Das hat offensichtlich auch die niedersächsische Landesregierung erkannt und will angeblich die Frischdampfleitungen austauschen lassen.

*Welche allgemeinen Forderungen ziehen Sie aus dem Biblis-Skandal? Müßte nicht ein Ausstieg aus der Atomkraft forciert werden – mit entsprechenden flankierenden Maßnahmen (wie Wärmedämmprogramm, Verbot der verlustreichen Strom-Heizung etc.)?*

Wie Sie wissen, hat der schleswig-holsteinische Ministerpräsident Björn Engholm in seiner Regierungserklärung den Willen bekundet, den Ausstieg in unserem Bundesland nach Möglichkeit in zwei Legislaturperioden zu verwirklichen. Natürlich würden wir einen bundesweiten gemeinsamen Weg des Ausstiegs aus der Kernenergie vorziehen. Aber dafür gibt es bekanntlich zur Zeit keine Mehrheiten. Aber eines gilt bei uns auf jeden Fall: Wenn wir technisch nicht behebbare Mängel finden, die Gefahren

für die Menschen darstellen, und wenn wir beweisen können, daß es keine ausreichende Entsorgung für Atomkraftwerke gibt, werden wir das Atomgesetz anwenden und solche Anlagen stilllegen.

An den „flankierenden Maßnahmen“ wird in meinem Ministerium mit Hochdruck gearbeitet. Erstes Ziel dabei: Energiesparmaßnahmen fördern. Zudem wollen wir dezentralere Stromerzeugungsformen unter Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung vorantreiben und den Anteil regenerativer Energien erhöhen.

Frankfurter Rundschau vom 13.12.1988, S.4

## k) Störfall in Stade

# Auch Störfall in Stade gefährlicher?

## Ministerium bestätigt „ungewohnte“ Belastung im Reaktor

Von unseren Korrespondenten

sp HANNOVER, 13. Dezember. Der Störfall im Atomkraftwerk Stade am 18. September war weit schwerer als bisher bekannt. Der hannoversche Atomwissenschaftler Helmut Hirsch warf dem niedersächsischen Umweltminister Werner Remmers (CDU) vor, er habe den Störfall, der deutliche Parallelen zu Biblis zeige, „heruntergespielt“. Bei der Erklärung, daß ein Fehler am Ventil der Frischdampfleitung automatisch zur Schnellabschaltung der Turbinen führte, habe der Minister Wesentliches verschwiegen, sagte Hirsch, der das Forschungsinstitut „Gruppe Ökologie“ leitet. Die Stader Bedienungsmannschaft habe nämlich das elektronisch verschlossene Ventil wieder geöffnet, um eine Schnellabschaltung des

Reaktors zu vermeiden. Bei diesem „Herumbasteln“ sei die Gefahr eines Rohrbruchs entstanden. Der Störfall sei besonders ernst zu nehmen, weil die Frischdampfleitung ohnehin eine Schwachstelle des Stader Reaktors sei.

Der zuständige Abteilungsleiter des Umweltministeriums, Horst zur Horst, bestätigte der FR, bei dem vergeblichen Versuch, das Ventil wieder zu öffnen, sei das Rohr in 20 Zentimeter weite Schwingung geraten. Das sei eine „ungewohnte Größenordnung“, das Material halte aber eine solche Spannung aus. Außerdem würde bei einem Rohrbruch notfalls noch der Dampferzeuger als Barriere wirken, sagte zur Horst. Das Verschweigen dieser Einzelheiten begründete er mit der Sor-

ge, der Öffentlichkeit „zu viel Technik“ zuzumuten.

Der Ministeriumssprecher wies Hirschs Forderung zurück, den Stader Reaktor sofort stillzulegen. Das dortige Frischdampfsystem sei „sicher, auch wenn es nicht mehr den heute geltenden Richtlinien entspricht“, sagte zur Horst. Innerhalb der vier Jahre bis zur geplanten Erneuerung dieses Kraftwerkteils sei die Sicherheit durch häufigere Überprüfung gewährleistet. Hirsch dagegen warf dem Ministerium vor, nicht einmal durch spezielle Anordnung sichergestellt zu haben, daß ein Störfall, wie er sich am 18. September an diesem unzureichenden System ereignete, sofort gemeldet werden muß. ■ ■ ■

Frankfurter Rundschau vom 14.12.1988, S.1

●  
●  
●  
●  
etc. etc. etc.

## C Ausstieg aus der Kernenergie - wie und wann?

### 1. Ausstiegsszenario - Öko- und RWI-Gutachten

# Über den sofort möglichen Kernenergie-Ausstieg herrscht Einigkeit

## Öko- und RWI-Gutachter: Verzicht auf Atomstrom wirtschaftlich vertretbar / Unterschiedliche Bewertung neuer Umweltprobleme

Übereinstimmend kamen das Freiburger Öko-Institut als auch das dem Lager der Kernenergiebefürwortern nahestehende Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) in Essen in ihren Gutachten zu dem Ergebnis, daß ein baldiger Ausstieg aus der Atomenergie möglich sei. In den im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums erstellten Studien erkennen weder die Wissenschaftler des Öko-Instituts, die mit dem Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) Berlin zusammengearbeitet haben, noch die Gruppe des RWI unter Leitung des Energieexperten und Mitglied des Sachverständigenrates der „Fünf Weisen“, Professor Hans Karl Schneider einen drohenden Einbruch im Wirtschaftswachstum noch in der Beschäftigung beim Ausstieg aus der Kernenergie. Innerhalb der Koalition ist die Auftragsvergabe von Bundeswirtschaftsminister Martin Bangemann an die beiden Institute Anlaß zu einer sich ständig verschärfenden Auseinandersetzung. Die FR dokumentiert von beiden Gutachten, die in der vergangenen Woche vor der Presse in Bonn vorgestellt wurden, die Zusammenfassung.

### Öko-Gutachten

Das vorliegende Gutachten — das in wenigen Wochen zu erstellen war — geht aus von einer Reihe von Szenarios bzw. Stellungnahmen zur Frage eines Ausstiegs der Bundesrepublik Deutschland aus der Kernenergie. Diese wurden nach der Atomkatastrophe von Tschernobyl vorgelegt oder haben in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung erhalten.

Abgesehen von einer Berechnung für 1995, die den Spielraum möglicher Emissionssenkungen beschreibt, werden von uns keine eigenen Projektionen vorgenommen. Wir halten die Zahl der vorgelegten Modellrechnungen für ausreichend, um die Konsequenzen ihrer Annahmen zu prüfen. Die Kritik und die Variation dieser Annahme ist unerlässlich, wenn die Folgen eines Ausstiegs aus der Kernenergie für die Bundesrepublik realistisch und problemadäquat abgeschätzt werden sollen. Die Diskussion über Nutzen und Gefahren der Atomkraft hat sich unseres Erachtens bereits zu lange auf der Ebene von Modellrechnungen bewegt, deren mathematische Präzision in keinem Verhältnis zu dem Subjektivismus ihrer Prämissen steht.

1. Der kurzfristige Ausstieg der Bundesrepublik aus der Kernenergie innerhalb eines Jahres ist möglich, zumal

dann, wenn Anpassungsspielräume im Falle etwaiger Engpässe eingeräumt werden. Das Auftreten derartiger Engpässe wird auch von der Elektrizitätswirtschaft nicht definitiv behauptet, gleichwohl aber für möglich gehalten. Hierbei werden Maßstäbe der Reservehaltung angelegt, die als überhöht gelten müssen. Angesichts erheblicher Überkapazitäten wird sich auch nach Wegfall der Atomenergie (17,2 MW) immer noch eine nach bisheriger und internationaler Erfahrung ausreichende Reserve ergeben. Probleme der Nutzüberlastung werden von der VDEW lediglich pauschal als Möglichkeit behauptet, konkretisiert wird lediglich die Möglichkeit evtl. höherer Netzverluste.

Die Probleme des Sofortausstiegs liegen — kurzfristig — bei den Schadstoffemissionen von Kraftwerken mit fossilen Energieträgern: Während die Schwefeldioxidemissionen zumindest gleichbleiben, also nicht im Sinne der Großfeuerungsanlagenverordnung zurückgehen, dürften sie bei Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) kurzfristig ansteigen. Hier könnte zwar u. a. ein Tempolimit im Straßenverkehr eine schnelle Entlastung bringen. Es bleibt jedoch ein politisches Abwägungserfordernis zwischen verbleibenden fossilen Zusatzemissionen und den Risiken, Emissionen und Abfällen der Atomenergie. Im Jahr 1985 betrug

die radioaktiven Emissionen der Kernkraftwerke rd. 500 TBq.

2. Die errechneten Stromkosten des kurzfristigen Ausstiegs sind volkswirtschaftlich zu verkraften, zumal dann, wenn die ungünstigen Annahmen der vorliegenden Berechnungen angemessen revidiert werden. Bei gegebenen Annahmen steigt der durchschnittliche Strompreis im PROGNOS-Gutachten im Sofort-Ausstiegsszenario von zunächst 1 auf später 3,5 Pf/kWh. Bei den Autoren Müller-Reißmann/Schaffner liegt der Strompreisanstieg — je nach angenommenem Preisniveau — zwischen 2,2 und 5,0 Pf/kWh. Die Mehrkostenberechnungen anderer Szenarios liegen zwischen diesen Werten. Bei angemessen revidierten Annahmen liegen die Strommehrkosten deutlich im unteren Bereich dieses Spektrums (siehe Punkt 3).

Der mittelfristige Ausstieg bis Anfang der 90er Jahre ist technisch problemloser und mit geringeren Strommehrkosten verbunden. Technische Unsicherheiten hinsichtlich der Netzstruktur und der Kapazitätsreserve entfallen angesichts ausreichender Anpassungsspielräume.

Auch bei den Umweltbelastungen ergibt sich eine relativ unproblematische Situation: Die relativen Mehremissionen von  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  lassen sich außerhalb

des Umwandlungsbereichs kompensieren. Sie nehmen aber in jedem Falle als Folge der Großfeuerungsanlagenverordnung (GFAVO) erheblich ab. Ungünstiger entwickeln sich die Emissionen von CO<sub>2</sub>, wenn nicht zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Für das Jahr 1995 haben wir exemplarisch Bedingungen konkretisiert, die eine insgesamt günstigere Emissionssituation ergeben. Selbst unter der zurückhaltenden Annahme eines stagnierenden Stromverbrauchs als Folge veränderter Tarifstrukturen, verstärkter Stromangebote aus industrieller und kommunaler Wärme-Kraft-Kopplung durch veränderte Stromeinspeisungstarife und eines erhöhten Einsatzes regenerativer Energieträger (Wasser, Wind) kann ein Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen verhindert werden. Für die übrigen Emissionen läßt sich folgendes Ergebnis erzielen: Der Schwefeldioxid-Ausstoß (SO<sub>2</sub>) sinkt von 1,7 Millionen Tonnen des Jahres 1985 um 92 Prozent auf 0,13 Millionen Tonnen in 1995. Im selben Zeitraum gehen die Stickoxid-Emissionen (NO<sub>x</sub>) von 0,8 auf 0,16 Millionen Tonnen, also um 80 Prozent zurück.

Zum CO<sub>2</sub>-Problem und der möglichen Entlastung durch die Kernenergie ist zusätzlich festzustellen: Die Atomenergie hatte 1984 einen Anteil von rund 4 Prozent am Weltenergieverbrauch — eine Quantität, die für das CO<sub>2</sub>-Problem nahezu unerheblich ist. Diesem Problem werden viel eher die massive Einsparung von bzw. der intelligenterer Umgang mit Energieträgern gerecht. Hierzu bietet eine Strategie ohne Kernenergie, die nicht auf die Ausweitung des Energieangebots zielt, die besseren Möglichkeiten. — Der geringe Anteil der Kernkraft am weltweiten Energieverbrauch läßt überdies auch erkennen, daß selbst ein globaler Ausstieg aus der Atomenergie keine Preisschübe und Verteilungskonflikte bei den fossilen Energieträgern wahrscheinlich macht.

Die Stromkosten sinken bei PROGNOs zunächst leicht, um in den 90er Jahren um durchschnittlich 3,5 Pf/kWh zu steigen. Die übrigen Autoren bewegen sich etwa in dieser Bandbreite. Bei angemessenen revidierten Annahmen liegen die Strommehrkosten im unteren Bereich des so markierten Spektrums (siehe Punkt 3). Unter dieser Prämisse ist der mittelfristige Ausstieg volkswirtschaftlich unproblematisch. Bei Berücksichtigung möglicher Innovations- und Effizienzsteigerungseffekte dürfte er per saldo im Vergleich positivere wirtschaftliche Effekte haben als das Referenzszenario des Atomprogramms.

3. Die in der Mehrheit der Studien berechneten Strommehrkosten des kurz- wie mittelfristigen Ausstiegsszenarios sind vor allem aus folgenden Gründen als überhöht anzusehen:

Der Kostenvergleich der Kernkraft erstreckt sich nur auf Kohlekraftwerke reiner Kondensationsstromerzeugung. Ausgeklammert werden die Stromeinsparung, die Stromerzeugung aus dezentraler Wärme-Kraft-Kopplung ebenso wie Effizienzsteigerungen im Umwandlungsbereich. Nach PROGNOs reduzieren sich die errechneten Strommehrkosten bereits um mehr als die Hälfte, wenn der Wirkungsgrad von Kraftwerken um drei Prozentpunkte erhöht, die Kapazitätsreserve auf 20 Prozent gesenkt wird und der Stromverbrauch zudem in 30 Jahren um insgesamt zehn Prozent geringer ansteigt.

Bei den Kostenprojektionen der Kernenergie werden weder die erheblichen bisherigen Preissteigerungen dieses Sektors noch mögliche zusätzliche Sicherheitsaufwendungen (nach Tschernobyl) angemessen in Rechnung gestellt. Die Entsorgungskosten werden unplausibel niedrig angesetzt. Externe Kosten und volkswirtschaftliche Risiken eines Super-GAU gehen in die Rechnung ebenfalls nicht ein.

— Für Kernkraftwerke wird eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 20 bis 25 Jahren und sogar 30 Jahren (PROGNOS) unterstellt, obwohl es hierfür keinerlei gesicherte Basis, wohl aber erhebliche, empirisch begründete Zweifel gibt.

— Es wird zum Teil mit Entschädigungskosten operiert, die im Hinblick auf die geforderte Angemessenheit einer etwaigen Entschädigung nach dem Atomgesetz (§ 18) als spekulativ hoch angesehen werden müssen.

4. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte eines Ausstiegs aus der Kernenergie werden vor allem unter dem Aspekt möglicher Wettbewerbsnachteile für die stromintensiven Industrien des Grundstoffsektors diskutiert, wobei sich vorgetragene Bedenken nur auf Teilsegmente einzelner Branchen richten. Wir haben zu diesem Thema eine umfassende Analyse u. a. mit folgenden Ergebnissen vorgelegt:

— Weder innerhalb der Bundesrepublik noch im internationalen Vergleich ist die Behauptung eines Kostenvorteils durch einen hohen Anteil an Atomstrom empirisch belegt. Unter 22 westlichen Industrieländern ergibt sich für 1984 eine Korrelation zwischen der Höhe des Strompreises und dem Kernenergieanteil an der Stromversorgung von 0,169 bei Haushalten und 0,041 bei industriellen Stromverbrauchern. Es läßt sich also statistisch beim besten Willen kein signifikanter Zusammenhang zwischen hohem Kernenergieanteil und niedrigen Strompreisen nachweisen.

— Die Höhe der Strompreise ist vor allem aus folgenden Gründen für den internationalen Wettbewerb unerheblich: (a) Ihr Anteil liegt auch bei stromintensiven Branchen wie der NE-Industrie unter 8 Prozent des Produktpreises. (b) Stromintensive Branchen sind in der Regel keine Exportindustrien. (c) Der spezifische Stromverbrauch der deutschen Industrie ist im internationalen Vergleich auffallend niedrig (wenn auch steigend); dies gilt auch für die stromintensiven Branchen. (d) Der internationale Wettbewerb wird zunehmend unter innovatorischen und qualitativen Aspekten geführt; niedrige und faktisch subventionierte Strompreise haben eher einen innovationshemmenden und strukturerhaltenden Effekt. (e) Der Strompreis der japanischen Industrie ist doppelt so hoch wie derjenige der westdeutschen Industrie.

— Positive wirtschaftliche Effekte hätte es insbesondere, wenn energieintensive Industrien Strom als Nebenprodukt von Prozeßwärme oder als Überschußprodukt der Eigenenergieerzeugung zu angemessenen Preisen verkaufen könnten. Hier ergibt sich ein gesamtwirtschaftlich vorteilhaftes Substitut zur Kernkraft.

— Die Atomindustrie ist kein positiver Faktor des Exports. Insgesamt gesehen ist ihr Beitrag zur Außenhandelsbilanz durch hohe Importe negativ.

— Ein unbestreitbares, in der Bundesrepublik jedoch kaum erschlossenes wirt-

schaftliches Potential bieten hingegen die technisch intelligentere Nutzung und Erzeugung von Strom, seine Einsparung bzw. Substitution durch effizientere Erzeugungsformen und ökologisch risikoarme Energieträger. In Industrie, Kommunen, Landwirtschaft und Haushalten liegt hier ein beträchtliches Innovationspotential, das auch beschäftigungswirksam genutzt werden könnte.

5. Da ein Ausstieg aus der Kernenergie die Chance eines Innovationsschubes im Energiebereich mit positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten bietet, ist jede langfristige Ausstiegsvariante wegen ihres geringeren Anstoßeffektes gegenüber den kürzerfristigen Varianten im Nachteil. Den Risiken der Atomenergie wird sie ohnehin nicht gerecht.

6. Im Abschnitt V der Studie werden das Stromeinsparpotential, das Potential an regenerativen Energieträgern und die Möglichkeiten der Kraft-Wärme-Kopplung dargestellt und Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt, die positive Rahmenbedingungen für eine beschleunigte Nutzung der hohen Potentiale schaffen.

— Sowohl im Haushaltsbereich, als auch in der gewerblichen Wirtschaft besteht ein hohes Stromeinsparpotential. Durch eine Verbesserung der Haushaltsgeräte auf dem heutigen Stand des Wissens und durch eine teilweise Substitution der elektrischen Wärmeanwendung für Warmwasser und elektrisches Heizen könnte der Stromverbrauch der Haushalte um etwa 50 Prozent reduziert werden. Im Bereich der gewerblichen Wirtschaft besteht ein technisches Stromeinsparpotential von etwa 50 TWh, wovon bis zum Jahr 2005 etwa die Hälfte realisiert werden kann. Gegenüber dem Stromverbrauch dieses Sektors entspricht dies einer Reduzierung um 17 Prozent.

— Auf der Basis neuester vorliegender Studien zur Kraft-Wärme-Kopplung und unter Berücksichtigung einer Verbesserung der stromwirtschaftlichen Rahmenbedingungen errechnet sich hier für die Bundesrepublik ein wirtschaftlich aus-schöpfbares Potential von rund 40 000 MW im industriellen und kommunalen Bereich.

— Bei den regenerativen Energieträgern besteht ein hohes technisches Potential zur Stromerzeugung. Hier sind es vor allem die derzeitigen niedrigen Einspeisebedingungen, die hohen Preise für Reservestrombezug und die gegenwärtige Preisgestaltung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die eine rasche Erschließung dieses Potentials verhindern.

— Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung und das ÖKO-INSTITUT schlagen in einem Aktionsplan flankierende Maßnahmen für einen Ausstieg aus der Atomenergie vor. Diese Maßnahmen sind nötig, um die durch einen kurzfristigen Ausstieg bedingten Mehrbelastungen an Schadstoffen (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>) aus fossilen Feuerungen zu kompensieren und die Rahmenbedingungen der Energiewirtschaft so zu gestalten, daß der Weg zu einer ökologisch und sozial orientierten Energiewirtschaft frei wird.

\*\*\*

## RWI-Gutachten

Der Bundesminister für Wirtschaft hat das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) beauftragt, eine „qualitative und — soweit möglich — quantitative Abschätzung der kurz- und



langfristigen Wirkungen eines Verzichts auf Kernenergie" vorzunehmen. Ausgehend von einem Referenzszenario, in dem die energie- und gesamtwirtschaftliche Entwicklung unter Status-quo-Bedingungen, d. h. vor allem unter der Annahme einer weiteren Nutzung der Kernenergie ermittelt wird, sollte in zwei Szenarien (Alternativszenario I: „Sofortiger Verzicht“ und Alternativszenario II: „Langfristiger Verzicht“) versucht werden, die Auswirkungen eines solchen Verzichts auf die wirtschaftliche Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland abzuschätzen.

Im Mittelpunkt der Studie sollten unter kurz- und langfristigen Aspekt

- die elektrizitätswirtschaftlichen Folgen,
- die ökologischen Konsequenzen und
- die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen stehen.

In allen drei Szenarien wird zunächst in einem gesamtwirtschaftlichen Strukturmodell die Entwicklung des inländischen Stromverbrauchs bestimmt. Die zu seiner Deckung notwendige Kapazität und ihre Nutzung werden in einem Kraftwerksmodell errechnet, wobei sich diese Größen aus kurz- und langfristigen Kostenminimierungsüberlegungen unter Berücksichtigung insbesondere der Brennstoff- und Kapitalkosten ergeben. Auf der Grundlage des kostengünstigen Einsatzes der einzelnen Kraftwerkstypen errechnet das Modell sodann den Durchschnittserlös (pro Kilowattstunde erzielter Erlös aus der Stromabgabe an Letztverbraucher) der gesamten Stromerzeugung. Brennstoff- sowie Kapitalkosten gehen wiederum als Variablen in das Strukturmodell zur Bestimmung der sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Entwicklung ein. Darüber hinaus werden in Teilmodellen die Auswirkungen für die stromintensiven Industriezweige Chemie, Eisen und Stahl sowie NE-Metalle gesondert untersucht.

## Referenzszenario

Die dem Referenzszenario zugrundeliegende Entwicklung des Stromverbrauchs bis zum Jahre 2000 wurde unter Verwendung der von Prognosen in einer Sensitivitätsanalyse getroffenen Annahmen über die Energiepreisentwicklung bestimmt. Da die Ergebnisse dieser Rechnungen im wesentlichen den Schätzungen von Prognosen entsprechen, wurden die übrigen energiewirtschaftlichen Vorgaben ebenfalls in Anlehnung an diese Studie festgelegt und – wie der Stromverbrauch – bis zum Jahre 2010 fortgeschrieben. Diese Eckwerte der energie- und gesamtwirtschaftlichen Entwicklung markieren allerdings nur eine Untergrenze des möglichen künftigen Wachstumspfades. Folgende Tendenzen sind festzustellen:

– Der Verbrauch von Strom steigt im Untersuchungszeitraum um 125 Mrd. (30 Prozent) auf 536 Mr. kWh (TWh) an, in etwa gleichem Ausmaß die entsprechende Erzeugung. Hiervon werden zwei Drittel durch Kernenergie und ein Drittel durch Steinkohle gedeckt; der Anstieg von Wasser und Braunkohle entspricht dem Rückgang bei Öl und Gas. Die erforderliche Kraftwerkskapazität steigt auf 105 Gigawatt (GW); einem Zuwachs an Leistung auf Basis von Kernenergie (15 GW) und Steinkohle (1,2 GW) stehen Stilllegungen bei Öl (5,6 GW) und Gas (4 GW) gegenüber. Der Einsatz von Brennstoffen in den Kraftwerken erhöht sich

um 40 Mill. Tonnen auf 174 Mill. Tonnen Steinkohleneinheiten (SKE), an Kernenergie werden 26 Mill. Tonnen SKE und an Steinkohle 13 Mill. Tonnen SKE mehr verstromt. Der Einsatz von Öl und Gas wird weiter zurückgedrängt.

– Entsprechend den Verschiebungen in der Struktur des Brennstoffeinsatzes sowie den Richtlinien der Großfeuerungsanlagen-Verordnung (GFA-VO) hinsichtlich des Schadstoffausstoßes bei der Verbrennung fossiler Energieträger gehen die Emissionen an Schwefeldioxyd, Stickoxyd und Staub bis zum Jahre 1995 kräftig zurück. Danach kommt es allerdings infolge des rascheren Anstiegs des Kohleneinsatzes wieder zu einer leichten Zunahme.

– Aus der geschilderten Entwicklung der Stromerzeugung ergibt sich hinsichtlich ihrer Kosten folgendes Bild: Die Brennstoffkosten werden ebenso wie die Kapitalkosten bis zum Jahre 1990 relativ moderat steigen. Bis zum Jahre 1995 wird sich dann bei beiden Kostenarten der Anstieg vorübergehend erheblich beschleunigen. Die Ursachen hierfür liegen einerseits in den spürbaren Verteuerungen der Energieträger entsprechend den zugrundegelegten Preisannahmen, andererseits in den verschärften Umweltauflagen zur Entstickung sowie in Ersatzinvestitionen für stillgelegte Altanlagen. Bis zum Ende des Untersuchungszeitraums flacht dann der Anstieg bei den Kapitalkosten merklich ab, während die Brennstoffkosten nahezu unvermindert weiter steigen. Insgesamt liegen die Brennstoffkosten zuletzt mit 18,5 Pf/kWh um das Dreieinhalbfache, die Kapitalkosten mit 9 Pf/kWh um mehr als das Zweieinhalbfache über den Werten von 1985.

– Dies führt dazu, daß der Strompreis von rund 16 Pf/kWh im Jahre 1985 um 120 vH auf knapp 36 Pf/kWh im Jahre 2010 ansteigt. Wird jedoch die im gleichen Zeitraum entsprechend den Preisannahmen für die übrigen Energieträger unterstellte gesamte Verteuerung von Energie berücksichtigt, so beträgt die Anhebung des (relativen) Strompreises nur noch 25 vH. Dennoch ist die Preissteigerung so deutlich, daß sich in der Bundesrepublik die Standortbedingungen stromintensiver Grundstoffproduktionen merklich verschlechtern.

– Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, wie sie sich aus dem Strukturmodell unter Vorgabe u. a. der Bevölkerung, der Zahl der Haushalte, des Wechselkurses der D-Mark gegenüber dem US-Dollar und des Nominalzinses errechnet, spiegelt sich in einem durchschnittlichen Anstieg des Bruttosozialprodukts von etwas mehr als 2 vH je Jahr über den gesamten Betrachtungszeitraum wider. Zu den wachstumsstarken Sektoren gehören die Investitions- und Verbrauchsgütergewerbe, Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie verlieren an Bedeutung.

## Alternativszenario I

Hier wird unterstellt, daß alle Ende 1985 in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke im Jahre 1986 abgeschaltet werden und weder die bereits fertiggestellten noch die in Bau befindlichen Anlagen die Betriebserlaubnis erhalten. Der sofortige Verzicht auf die Nutzung der Kernenergie ist angesichts der technischen Restriktionen im Kraftwerkspark und im Verteilungsnetz nur unter Inkaufnahme – gemessen an bisher üblichen Standards – erhöhter Risiken für die jederzeitige Versorgungssicherheit realisier-

bar. Folgende Entwicklungen lassen sich aufzeigen:

– Die mit dem Verzicht verbundene abrupte Verteuerung des Stroms führt zu einer Stagnation des Stromverbrauchs, die erst zu Beginn der 90er Jahre endet. Im Zuge von Anpassungsreaktionen der Anbieter und Verbraucher gewinnt dann das Wachstum bis zum Ende des Jahrtausends etwas an Fahrt, danach verliert es aufgrund eines schwächeren wirtschaftlichen Produktionsanstiegs wieder an Tempo. Im Jahre 2010 liegt der Verbrauch von Strom mit 530 TWh nur noch um 6 TWh unter dem Wert des Referenzszenarios, in den 90er Jahren beläuft sich der Abstand auf rund 20 TWh. Durch die Abschaltung der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke fallen kurzfristig 17 GW Leistung aus. Da ein Ersatz frühestens in den nächsten fünf bis sechs Jahren möglich ist, müssen die verbleibenden Kraftwerke zunächst deutlich höher beschäftigt werden. Erst in den 90er Jahren werden neue Kraftwerkskapazitäten, überwiegend auf Basis von Importkohle, ans Netz gehen. Der Brennstoffeinsatz liegt gegen Ende des Betrachtungszeitraums mit 171 Mill. t SKE nur um 3 Mill. t SKE unter dem des Referenzszenarios. Anstelle von Kernenergie tritt vor allem die Steinkohle, deren verstromte Menge mit 112 Mill. t SKE etwa doppelt so hoch sein wird. Unmittelbar nach Abschaltung der Kernkraftwerke wie auch im weiteren Verlauf bis Mitte der 90er Jahre muß zudem auch der Einsatz von Gas und Öl kräftig gesteigert werden, zumal Braunkohle nur wenig zum Ersatz von Kernkraftstrom beitragen kann. Angesichts des Überangebots auf den internationalen Energiemärkten erscheint die Beschaffung der zusätzlichen Mengen an Kohle, Gas und Öl sowohl kurz- als auch langfristig relativ problemlos, wobei allerdings Preisreaktionen infolge der zusätzlichen Nachfrage nicht auszuschließen sind.

– Da Kernbrennstoffe gegenüber Steinkohle, Gas und Öl erheblich billiger sind, entstehen bei einem Verzicht auf ihre Nutzung deutliche Kostensteigerungen; sie liegen zwischen 2,5 und 3 Pf/kWh. Dagegen kommt es bei den Kapitalkosten infolge der erhöhten Ausnutzung der verbleibenden Kraftwerke zu Kostensenkungen um bis zu 1,7 Pf/kWh. Für die Berechnung der gesamten Auswirkungen eines Kernenergieverzichts auf die Strompreise wurden zudem Kapitalvernichtungskosten unterstellt, die über erhöhte Abschreibungen in die Kostenrechnung eingehen. Insgesamt ergeben sich daher zusätzliche Anhebungen des Strompreises vor allem im ersten Jahrfünft um bis zu 4,1 Pf/kWh, die sich im weiteren Verlauf auf 3,1 Pf/kWh verringern.

– Obwohl der Mehrbedarf an fossilen Energieträgern überwiegend durch schadstoffarme, vor allem schwefelarme Brennstoffe gedeckt wird, steigen die Emissionen entsprechend dem veränderten Energieträgermix zunächst stark an: bei Schwefeldioxyd liegen sie in der Spitze um 38 vH, bei Stickoxyd um 41 vH höher als im Referenzfall. Verstärkt greifende Umweltauflagen führen in den 90er Jahren zu merklichen Reduzierungen der zusätzlichen Emissionen, zunächst an Schwefeldioxyd, später auch an Stickoxyden. Gleichwohl bewirkt der Verzicht auf Kernenergie erhebliche Mehrbelastungen der Umwelt über den gesamten Betrachtungszeitraum.

— Da die Preiselastizität der Stromnachfrage im gewerblichen Bereich relativ gering ist, schlagen sich Verteuerungen des Stroms unmittelbar in Kostensteigerungen nieder und wirken damit auf Nachfrage und Produktion zurück. Dieser Wirkungsmechanismus ist vor allem bei stromintensiven Produktionsverfahren wie der Produktion von Hüttenaluminium, Chlor und Stahl ausgeprägt. Der Versuch, die aus der Verteuerung dieser Produkte resultierenden Produktionswirkungen zu quantifizieren, führte zu folgendem Bild:

Bei der Produktion von Hüttenaluminium ergaben Sensitivitätsrechnungen, daß bei einer Verdreifachung der Strompreise infolge des Verzichts auf Kernenergie die Nachfragebedingungen eine Stilllegung von 40 vH (300 000 Jahrestonnen) der Kapazität erzwingen würden.

Dagegen können die Auswirkungen von Strompreiserhöhungen auf stromintensive Produkte wie Chlor in der chemischen Grundstoffindustrie erheblich besser aufgefangen werden, vor allem, weil in den Elektrolyseprozessen Kuppelprodukte erzeugt werden, auf die sich die Verteuerung des Stroms verteilen lassen. Dennoch muß auf der Zwischen- und Endproduktstufe mit Nachfragereaktionen, insbesondere des Auslands, gerechnet werden.

Ähnlich stellt sich die Situation in der Stahlindustrie dar. Hier würde eine Erhöhung der Strompreise die Produktion von Flach- und Edeltählen wegen der relativ geringen Belastung und der geringen Preiselastizität der Nachfrage kaum beeinträchtigen. Empfindlich getroffen von der Stromverteuerung werden dagegen die im Massenstahlbereich mit Elektroöfen arbeitenden Mini-Stahlwerke. Insgesamt setzen allerdings zusätzliche Strompreisnachteile gegenüber ausländischen Wettbewerbern die Kette der Belastungen der Stahlindustrie der letzten Jahre fort, so daß möglicherweise bereits geringe zusätzliche Belastungen schwerwiegende Folgen haben.

Die mit dem Verzicht auf Kernenergie verbundenen Preisanhebungen sind jedoch nicht allein auf die stromintensiven Grundstoffe beschränkt, sondern berühren die Preisgestaltung und Produktion aller vor- und nachgelagerten Produktionsstufen. Die Bedeutung dieser Preissignale schwächt sich jedoch mit zunehmender Veredelungstiefe des Fertigungsprozesses ab. Die Auswirkungen eines sofortigen Verzichts zeigen sich in diesen Bereichen denn auch nicht primär in der Steigerung der Stromkostenbelastung, sondern in der durch den Ausfall der Kerntechnologie entstandenen Investitionslücke. Sie sind zudem nicht allein auf die in diesen Bereichen tätigen Unternehmen begrenzt, sondern erstrecken sich auf alle vorgelagerten Fertigungsstufen.

— Die unterschiedlich hohe Belastung einzelner Wirtschaftssektoren mit Energiekosten hat auch in den Regionen — je nach ihrer sektoralen Struktur — unterschiedliche Auswirkungen. Die Regionen, die durch einen hohen Anteil energieintensiv hergestellter Produkte oder durch bereits hohe Energiepreise gekennzeichnet sind, werden durch eine allgemeine Verteuerung von Energie, wie sie schon im Referenzszenario unterstellt ist, stärker betroffen als die übrigen Gebiete. Inwiefern sich diese Situation noch zusätzlich durch die Verteuerung einzelner Energieträger verschärft, kann zwar

nicht abschließend beantwortet werden. Es deutet jedoch einiges auf eine mit dem Verzicht auf Kernenergie einhergehende Verschärfung der regionalen Problemlagen (Süd-Nord-Gefälle, altindustrielle Regionen) hin.

— Die Abschätzung der kurzfristigen gesamtwirtschaftlichen Folgen eines sofortigen Verzichts wurde mit Hilfe des RWI-Konjunkturmodells ermittelt. Über die beiden folgenden Jahre errechnet das Modell bei insgesamt unveränderten Reaktionen der Wirtschaftssubjekte ein um durchschnittlich 1 vH-Punkt niedrigeres Wachstum des Bruttosozialprodukts, einen Beschäftigungsrückgang um durchschnittlich 100 000 Personen, einen um 0,6 vH-Punkte beschleunigten Anstieg des Preisindex des privaten Verbrauchs und eine Zunahme des staatlichen Finanzierungsdefizits um 7,5 Mrd. DM. Eine Simulation von nicht auszuschließenden Verhaltensänderungen der Wirtschaftssubjekte zeigt allein für den Fall geänderter Konsum-Reaktionen eine weitere Wachstumsverlangsamung um 1,5 vH-Punkte.

— In den Jahren von 1987 bis 1990 kommt es gemäß den Berechnungen des RWI-Strukturmodells zu einem Rückgang der Bauinvestitionen um durchschnittlich 2,5 vH und der Ausrüstungsinvestitionen um 0,6 vH. Der reale private Verbrauch wächst deutlich langsamer als im Referenzfall. Zwar besitzen die „Ausgaben für Elektrischen Strom“ im Durchschnitt aller Haushalte nur geringes Gewicht, eine kräftige Verteuerung von Strom würde dennoch die Haushalte mit geringerem Einkommen empfindlich treffen. Nach 1990 weisen die Berechnungen dagegen vergleichsweise geringe Auswirkungen auf. Die Verlangsamung des gesamtwirtschaftlichen Wachstums beträgt 0,2 vH, der Rückgang der Beschäftigung 30 000 Personen. Allerdings markieren diese Zahlen eher eine Untergrenze.

## Alternativszenario II

Hier wird unterstellt, daß die bereits fertiggestellten und die in Bau befindlichen Kernkraftwerke planmäßig ans Netz gehen. In Betrieb befindliche Kernkraftwerke werden nach einer Betriebsdauer von 20 Jahren stillgelegt, Ersatz auf Basis dieses Energieträgers unterbleibt. Entsprechend diesen Vorgaben zeigen sich die Auswirkungen erst zum Ende des Betrachtungszeitraums, zudem sind sie teilweise vernachlässigbar gering.

— Im energiewirtschaftlichen Sektor kommt es erst zur Jahrtausendwende zu spürbaren Veränderungen: Der Stromverbrauch bleibt dann in seinem Wachstum etwas hinter dem des Referenzszenarios zurück. Angebotsseitig erfolgt ein kräftiger Zubau an Kapazität auf Basis von Steinkohle, um die ausfallende Stromerzeugung aus Kernenergie zu ersetzen. Der Anteil der Steinkohle am gesamten Brennstoffeinsatz beträgt dann 65 vH gegenüber 32 vH im Referenzszenario.

— Da der langfristige Verzicht auf Kernenergie so definiert ist, daß durch das Stilllegen dieser Anlagen keine Kapitalvernichtungskosten entstehen, ergeben sich Preiswirkungen allein aus der Veränderung der Brennstoff- und Kapitalkosten. Durch den Übergang auf weniger kapitalintensive Kohlenkraftwerke gleichen sich sinkende Kapitalkosten und steigende Brennstoffkosten nahezu aus. Die daraus resultierenden Strompreise

liegen bis zum Jahre 1995 um rund 0,7 vH, bis zum Jahre 2010 um 3 vH über denen des Referenzszenarios. Dementsprechend ergeben sich weder sektoral noch gesamtwirtschaftlich nennenswerte Effekte. Bezüglich der Modellergebnisse ist anzumerken, daß keinerlei Verhaltensänderungen der Wirtschaftssubjekte aufgrund unsicherer gewordener Zukunftserwartungen (wie sie z. B. im Investitionsbereich denkbar sind) simuliert wurden.

— Der zusätzliche auftretende Ausstoß an Schadstoffen ist bis zum Jahre 2000 unbedeutend, danach allerdings steigen die Belastungen infolge des vermehrten Einsatzes an Steinkohle kräftig an; im Vergleich zum Referenzszenario sind sie bei Schwefeldioxyd und Stickoxyd um 70 vH höher. **D/R/S**

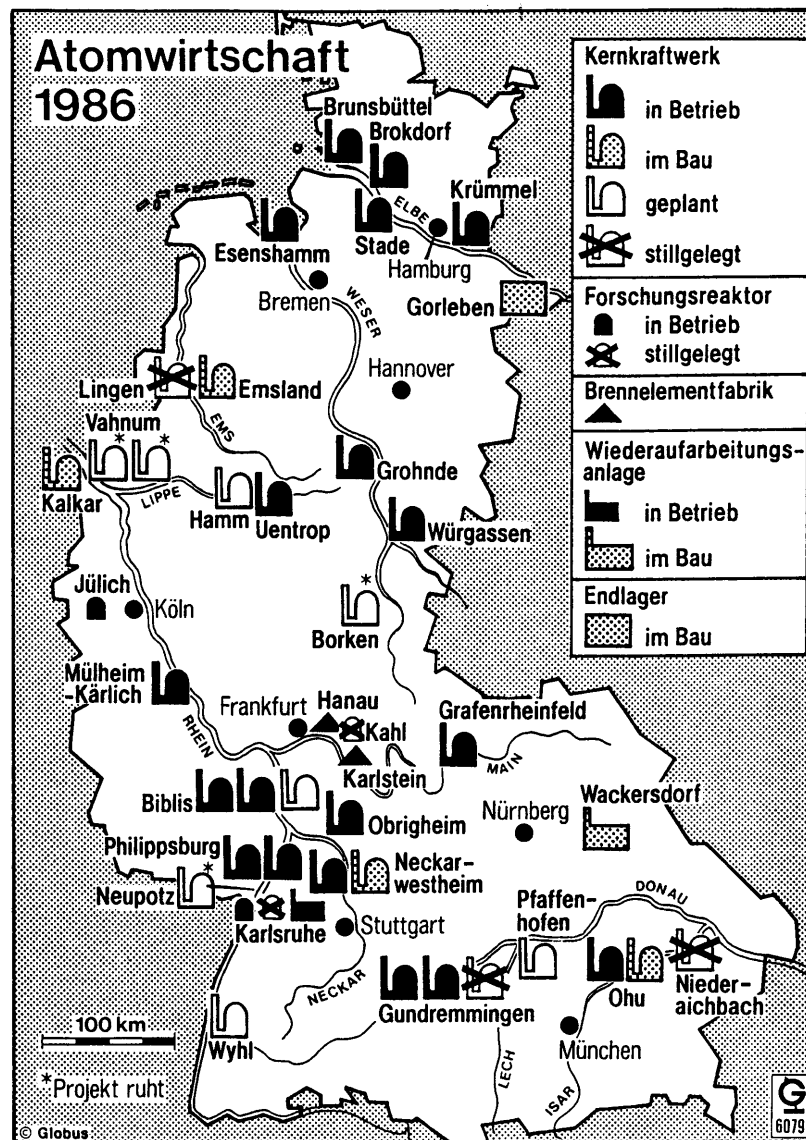
---

Frankfurter Rundschau  
vom 9.9.1986, S.10

Ausführlicher siehe:  
R. BURGEN, D. SEIFRIED:  
Energiewende. Arbeits-  
hilfen für die Erwach-  
senenbildung Nr.1519  
(in Zusammenarbeit mit  
dem Ökoinstitut Frei-  
burg). Frankfurt 1987.  
Bezug: Pädagogische  
Arbeitsstelle des  
Deutschen Volkshoch-  
schulverbands, Holz-  
hausenstraße 21,  
6000 Frankfurt 1

Auf der Basis von Gutachten herrscht offensichtlich weitgehende Einigkeit über einen Ausstieg aus der Kernenergie. Wie aber sieht die politische und wirtschaftliche Realität aus? Siehe hierzu die nachstehenden Materialien.

## 2. Atomwirtschaft, Atomenergie und Dritte Welt

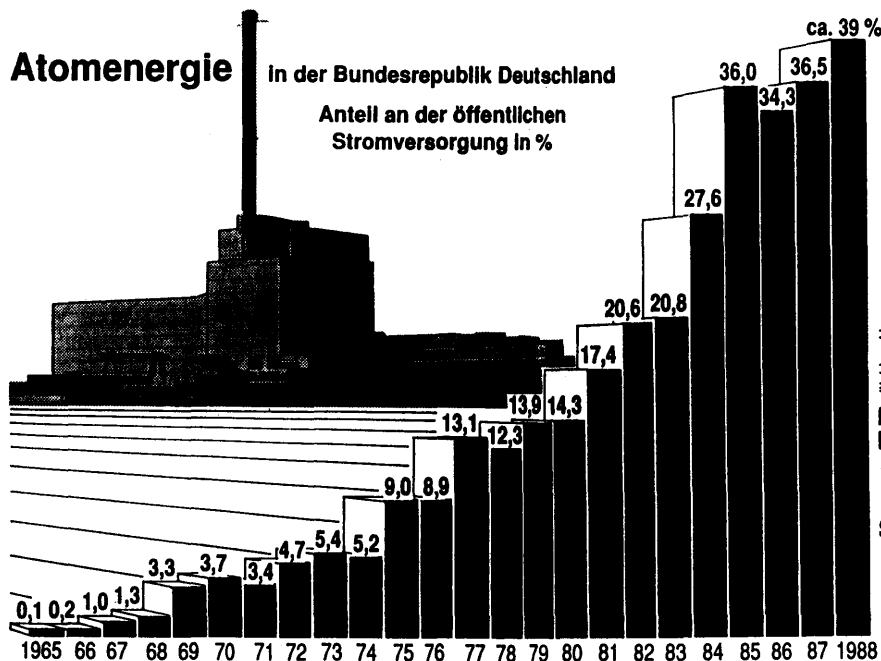


Aus: "Atomkraft-Diskussion". WOCHENSCHAU Nr.6 (Ausgabe Sek.1), Nov./Dez. 1966, S.214

# Atomenergie

In der Bundesrepublik Deutschland

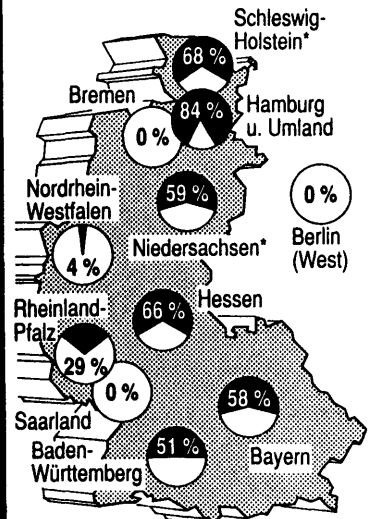
Anteil an der öffentlichen Stromversorgung in %



DIE ZEIT/GLOBUS

Quelle: VDEW, HEW, BMWI

nach Bundesländern:  
Stand 1986



\*ohne Versorgungsgebiet der Hamburgischen Electricitätswerke

## Massiver Zuwachs

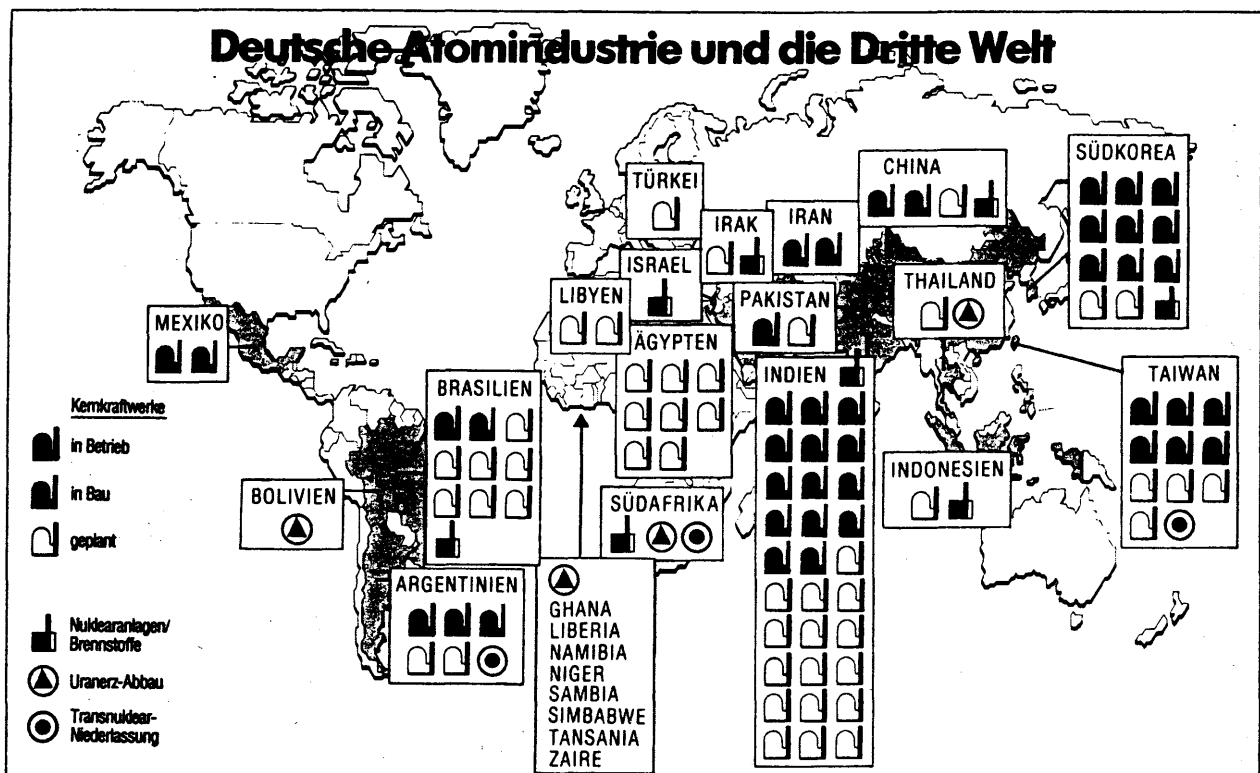
Die Stromerzeugung in der Bundesrepublik hat sich in den vergangenen zehn Jahren gründlich gewandelt. Während noch vor zehn Jahren die Kernenergie mit etwa zwölf Prozent nur einen bescheidenen Beitrag zur öffentlichen Stromversorgung leistete, speisen

die umstrittenen Atommeiler heute fast vierzig Prozent ins öffentliche Netz ein – das ist nur noch ein Fünftel weniger, als in Stein- und Braunkohlekraftwerken, der traditionellen Stütze der deutschen Elektrizitätswirtschaft, erzeugt wird. Der Bedeutungszuwachs der

Kernenergie ging vor allem zu Lasten des Erdgases, das zunehmend aus der Stromerzeugung verdrängt wird. Die SPD-regierten Bundesländer Hamburg und Schleswig-Holstein sind die Spitzenreiter in der Versorgung mit Strom aus Kernkraftwerken.

Aus: ZEIT vom 16.12.1988, S.32

## Deutsche Atomindustrie und die Dritte Welt



Schon Kanzler Helmut Schmidt befürwortete die Lieferung von deutschen Atommeilern. Das brasilianische Kernkraftwerk Angra 2 wird von der Kraftwerk Union gebaut. Die zivile Nutzung von Kernenergie mit deutschem Know-how in aller Welt – siehe Karte – macht auch militärische Atomprogramme möglich. (STERN vom 28.1.1988, S.185)

### 3. Ist die Kernenergie am Ende?

# Ist die KERN ENERGIE am Ende

---

von Karl Sinnhöfer

---

Nachdem die beiden großen Energiekonzerne Siemens und AEG zu Anfang ruinösen Wettbewerb zum Ausbau der bundesdeutschen Reaktorindustrie 1969 mit der Gründung der Kraftwerk-Union, in die sie 1973 auch ihre Reaktorabteilungen einbrachten, beendeten, ging es mit den ersten fetten Jahren der Kernenergie damals verhältnismäßig rasch zu Ende.

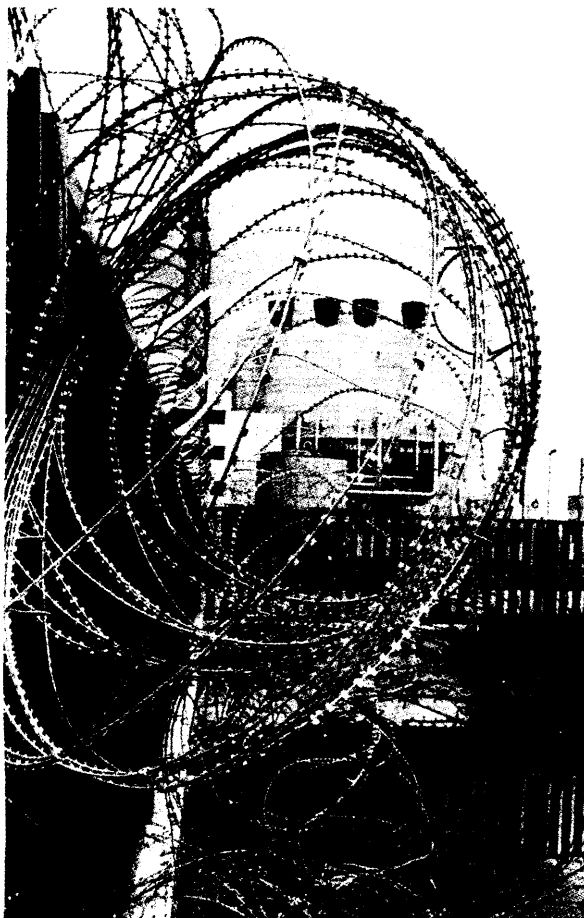
Siemens hatte seinen damaligen Partner aus dem immer kapitalintensiver werdenden Kernenergiegeschäft katapultiert und die AEG mit nahezu 1.8 Mrd DM Risikoübernahme für laufende Projekte einen finanziellen Stoß versetzt, von dem sie sich so schnell nicht mehr erholen sollte, und hart an den Rand der Pleite gedrängt. Die enthusiastischen Kernenergiezubau-Planzahlen, die sich Anfang der 70er Jahre bei fünf bis sechs KKW-Aufträgen für den 1300-MW-Reaktor pro Jahr bewegten, mußten vom KWU-Management ständig nach unten angepaßt werden und sind heute bei einer »Hoffnung« für zwei bis drei Kernkraftaufträge für die 90er Jahre gelandet. Diese Hoffnung nimmt sich jedoch zum jetzigen Zeitpunkt als ähnlicher Zweckoptimismus wie die Planzahlen der 70er Jahre aus.

Das Dilemma bleibt, daß die Produktionskapazitäten der Ingenieurs- und Werksbereiche auf die optimistischen Annahmen ausgelegt sind.

Trotz steter Beteuerung der KWU-Führung »Wir sind doch keine Kern-Kraft-Union«, so der KWU-Vorsitzende Barthelt in einem Spiegel-Gespräch vom September 1986, liegt der Schwerpunkt der KWU-Aktivität eindeutig bei der Kernenergie. Hier winken Umsatz und Profit in völlig anderen Größenordnungen (Umsatz im KKW-Geschäft ca. 4 Mrd DM, bei konventionellen Kraftwerken ca. 600 Mio DM pro Jahr), hier hat die KWU auf dem Inlandsmarkt das Monopol, hier liegt aber auch eindeutig der Produktauftrag der Konzern-Mutter Siemens. Um konventionelle Kraftwerke zu bauen, wäre die Gründung der KWU nicht notwendig gewesen. Auch die AEG besitzt heute wieder eine eigene konventionelle Kraftwerksabteilung und die Interatom beschäftigt sich mit der kommerziellen Nutzung der Sonnenenergie.

Aus diesen Gründen setzt das KWU-Management auch weiterhin auf Profite durch Kernenergie, obwohl

- ▷ die Auslandsmärkte zunehmend schwinden und von starker internationaler Konkurrenz (Westinghouse, Framaton, Japan) und chronischer Unterkapitalisierung der Nachfragerländer bestimmt sind. Nach und nach stellte sich heraus, daß auch China und die Türkei die Hoffnungen nicht erfüllen konnten. Von den Angeboten aus Ägypten, den Niederlanden, Jugosla-



wien und der Schweiz bietet nur die Schweiz realistische Auftragschancen (im Konsortium mit BBC).

- ▷ Im Inland gibt es bei den derzeit installierten Stromkapazitäten von ca. 90 000 MWe und einer angenommenen Zuwachsrate von 3 % eine ganz normale Marktsättigung bis in die 90er Jahre und läßt auch ohne Tschernobyl keinen Bedarf für einen Zubau an Kernenergie erkennen – wie selbst Barthelt in dem Spiegel-Gespräch zugibt.

Die Anpassung an diese Situation soll durch Personalabbau gelingen. Eine an das Batelle-Institut in Frankfurt vergebene Studie, für die KWU neue Entwicklungsgebiete aufzuzeigen, war dann auch eher Legitimation für die Geschäftsleitung, auf dem Weg der Kernenergie weiterzumarschieren. Aus den in der Studie vorgeschlagenen Gebieten wie Biotechnik, Pyrolyse u.ä. wurde deutlich, daß die aus dem Kernenergiegeschäft gewohnten Kapitaldimensionen nicht erreicht werden bzw. erst langfristige Investitionen erfordern. Die Umsatzerwartungen lagen bestenfalls bei 300 bis 400 Mio DM jährlich. Da eine ernsthafte Umorientierung auf andere Produkte eine radikale Neuorientierung nicht nur auf andere Markterfordernisse, sondern auch auf andere Produktionsinhalte – weg von der »nuclear society« – bedeutete, bot die Batelle-Studie das erhoffte Argument gegen neue Produktionsbereiche.

## Die Diskussion um die Sicherheit

Die in der Bundesrepublik in Betrieb befindlichen Leichtwasserreaktoren sind sicherheitstechnisch auf einen größten anzunehmenden Unfall (GAU) ausgelegt. Als GAU wird der vollständige Bruch einer Kühlmittel führenden Leitung bei gesicherter Nachwärmeabfuhr definiert. Systemtechnisch soll der GAU mit Notkühlsystemen mit  $n + 2$  Kriterien beherrscht werden. D.h., kann ein Notkühlsystem bei einem GAU den Reaktorkern mit Wasser bedeckt halten und die Nachwärme abführen, so sind  $1 + 2 = 3$  solcher Systeme einzusetzen. Erfüllt ein Notkühlsystem diese Funktion nur zu 50 %, so benötigt man zur Beherrschung des GAU zwei Systeme, also sind insgesamt  $2 + 2 = 4$  Systeme zu installieren.

Die beiden in der Bundesrepublik gebauten Leichtwasserreaktortypen, der Siedewasser- (SWR) und der Druckwasserreaktor (DWR), unterscheiden sich in ihrem Notkühlverhalten erheblich. Beim SWR genügt es, ausschließlich den Reaktorkern mit Wasser bedeckt zu halten, die Nachzerfallwärme aus dem Reaktor in die sogenannte Kondensationskammer abzuleiten und sie von dort über Wärmetauscher an die Umgebung abzulenken. Beim DWR stellt sich die Situation erheblich schwieriger dar. Der DWR kann seine Nachzerfallwärme nur über die Dampferzeugung abführen. Das bedeutet, daß die Notkühlung sowohl den Reaktor als auch die Dampferzeugung mit Wasser versorgen muß. Ein 1300-MWe-DWR vom Typ Grohnde hat vier Dampferzeuger, d.h. die Notkühlung muß insgesamt fünf Behälter speisen und den Füllstand überwachen.

Nach den Reaktorunfällen von Three Miles Island und Tschernobyl ist aber das Unfallpostulat vom Bruch der Kühlmittelleitungen als größten anzunehmenden Unfall nicht mehr haltbar. Bei beiden Unfällen war der Ausfall einer anderen reaktorkomponente das auslösende Ergebnis, wodurch es dann zum Versagen aller Notkühlsysteme kam. Bei dem Unfall von Three Miles Island konnten schnell genug die Notkühlsysteme wieder in Betrieb gesetzt werden, so daß es zu keinem totalen Niederschmelzen der Reaktorkerns kam. In Tschernobyl gelang dies nicht mehr, und es kam zum Niederschmelzen des Kerns. Seit Leichtwasserreaktoren kommerziell betrieben werden, ist es also schon zweimal zu Kernschmelzprozessen gekommen, aber noch nie zum Bruch der Kühlmittelleitungen.

Für die Auslegung der bundesdeutschen Leichtwasserreaktoren bedeutet das, daß die sicherheitstechnische Auslegung den wahrscheinlicheren Fall des Versagens aller Notkühlsysteme nicht abdeckt, den unwahrscheinlicheren Fall des Bruchs der Kühlmittelleitungen mit funktionierenden Notkühlsystemen mehr oder weniger gut beherrscht.

Um es deutlich zu machen: Auf den wahrscheinlichen Störfall des Kernschmelzens sind auch die bundesdeutschen Leichtwasserreaktoren nicht ausgelegt, die Beherrschung dieser Störfälle ist nicht gegeben.

Diesen Tatbestand muß auch die »nuclear society« zugeben. Jedoch tut sie das nur unter dem Hinweis auf die geradezu magische Rückhaltefunktion der Sicherheitsumschließung (Containment). Selbst im Falle eines Kernschmelzens bei einem DWR betrage die Zeit – so wird bei dem unterstellten Szenarium behauptet – bis zum Versagen des Containments vier bis fünf Tage.

Damit es auch danach nicht zum Bersten kommt, wird im Bedarfsfall das sogenannte »Wallmann-Ventil« installiert. Umweltminister Wallmann kam in der öffentlichen Diskussion nach Tschernobyl und um die Genehmigung des KKW Brokdorf, wie man die »sichersten« Reaktoren der Welt noch sicherer machen könne, mit dem Vorschlag, in das Containment ein Sicherheitsventil einzubauen, das den Druckabbau im Containment durch Ablassen der Atmosphäre an die Umgebung bewirken soll. Für das KKW Brokdorf ist ein solches Ventil vorgesehen, steht aber bis heute nur auf dem Papier. Nachgeschaltete Trockenfilter sollen Jod und Aerosole zurückhalten. Trotzdem wird man noch eine Freisetzung von 1 bis  $2 \cdot 10^5$  Ci Jod 131 nach einem Vollständigen Niederschmelzen des Kerns zu erwarten haben.

Wenn das »Wallmann-Ventil« in den Störfallablauf eingreift, hat der glühende Reaktorkern bereits die Fundamentplatte durchschmolzen und versucht das Grundwasser. Diese Erkenntnisse sind auf der letztjährigen Herbsttagung des Projektes für nukleare Sicherheit (PNS) im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorgetragen worden und damit der »nuclear society« bekannt. Nur redet keiner darüber, aber alle reden vom »Wallmann-Ventil«.

Seit November 1986 bringt eine Studie des TÜV Norddeutschland Aufregung in die Öffentlichkeit. In dieser Studie wird festgestellt, daß im Falle eines Kernschmelzunfalls in den beiden Siedewasserreaktoren Brunsbüttel und Krümmel das Containment in einem Zeitraum von 3 bis 21 Stunden durchgeschmolzen sein wird. Dieses Ergebnis ist banal. Beide Reaktoren haben ein Kugelcontainment mit einer Blechdicke von 32 mm. Jeder kann nachvollziehen, daß eine Schale dieser Dicke für eine Kernschmelze mit einer Maximaltemperatur von  $2\ 500^{\circ}$  C keine langanhaltende Barriere darstellt.

Dieses Ergebnis ist für den Fortbestand der Kernenergie in der Bundesrepublik aber unwichtig. Sollte die Bundesregierung bei ihrer Verkündigung bleiben, daß alle Reaktoren, die einer Sicherheitsüberprüfung nicht standhalten, abgeschaltet werden müssen, dann werden schlimmstenfalls die Siedewasserreaktoren abgeschaltet. Die »sichereren« Druckwasserreaktoren können damit gerettet werden. Die »Opfer«, die für den Fortbestand der Kernenergie im äußersten Fall gebracht werden müßten, sind damit angedeutet.

Diese Strategie liegt auch voll auf der Linie von Siemens-KWU, für die der Druckwasserreaktor sowieso die bessere Technik darstellt und der unter allen Umständen gerettet werden muß. Außerdem kann es sich die KWU auf dem schrumpfenden Kernenergiemarkt nicht mehr leisten, zwei Reaktorlinien weiterzuentwickeln und zu vertreiben.

Das Problem in diesem Modell stellen nur die Betreiber der Siedewasserreaktoren dar, die nicht einsehen wollen, warum ihre Anlagen plötzlich unsicherer sein sollen als die Druckwasserreaktoren. Das ist aber kein technisches Problem mehr, sondern ein rein politisches und juristisches.

Was hier so zynisch klingt, ist die Strategie der »nuclear society«, sich nach Tschernobyl eine Zukunft für den Fall zu sichern, daß die Bevölkerung weiter skeptisch bis ablehnend der Kernenergie gegenübersteht. Sollten die Bundestagswahlen eine eindeutige Bestätigung der alten Bundesregierung ergeben, so ist auch diese Strategie nicht mehr notwendig. Dann wird Tschernobyl dem großen Vergessen unterliegen, und alles bleibt wie gehabt.

## Der politische Hintergrund

Man muß sich fragen, warum verfolgt die KWU diese Strategie und warum wird sie dabei so vehement von der Bundesregierung und dabei vor allem von der CDU/CSU unterstützt?

Angenommen, die Kernkraftwerke in der Bundesrepublik würden abgeschaltet und man wollte die installierte elektrische Leistung in etwa gleich lassen. Dann bräuchte man 22 000 MWe an

Zubauleistung. Moderne konventionelle Kraftwerkseinheiten haben 700 MWe, d. h. es müßten rund 30 konventionelle Kraftwerke mit 30 Turbinensätzen gebaut werden. Vorausgesetzt, der Hauptteil der Aufträge ginge an die KWU, so würde das die Arbeit im Werk Mühlheim sichern und für die Ingenieurstandorte Offenbach und Erlangen einen Zeitgewinn für die fällige interne Strukturreform bedeuten. Auch hierbei könnte die KWU gute Gewinne erwirtschaften. Warum also wird dieser Weg so bekämpft?

- ▷ Die KWU hat von Siemens den klaren Produktauftrag, ihre Profite mit Kraftwerksbau zu erzielen. Zu keinem Zeitpunkt aber hat der konventionelle Kraftwerksbau nur annähernd so viel Kapital in Bewegung gesetzt wie ein KKW und nicht annähernd eine solche Profitrate aber auch absolute Profite (die KWU dürfte mittlerweile über 6 bis 8 Mrd DM flüssige Mittel verfügen, die allein aus dem KKW-Bau geflossen sind) erzielt. Dies ergibt sich nicht nur aus der Marktsituation.
- ▷ In der Bundesrepublik ist die KWU auf dem Kernenergiesektor Monopolist und erzielt dadurch Extraprofit.
- ▷ In der Führungshierarchie der KWU und des Staates sitzen noch die Männer, die die friedliche Nutzung der Kernenergie seit den fünfziger Jahren mitgestaltet haben. Es ist also eine starke persönliche Identifikation mit dem »Lebenswerk« vorhanden, das man sich nicht kaputt machen lassen will.
- ▷ Der Abwehrkampf der Kernenergie wird interpretiert als der Abwehrkampf der bundesrepublikanischen Industrie-gesellschaft und ihrer extremen Weltmarktorientierung gegenüber dem alternativen und sozialistischen Lager. Ein Hauch von Götterdämmerung weht über diese Wallstatt, und das erklärt auch die aggressive Gereiztheit, mit der die KWU und die CDU/CSU Flage zeigen.

Der letzte Punkt scheint wichtig, näher betrachtet zu werden, da in ihm Kernenergie und nationales Interesse miteinander vermischt werden. Auf dem Strategiesymposium der Hans-Seidel-Stiftung im September 1986 sagte der bayerische Ministerpräsident Franz-Josef Strauß sinngemäß: Nicht weniger, sondern mehr technischer Fortschritt und die intensive Weiterentwicklung der Kernergietechnik sei notwendig, um die Menschheitsprobleme an der Schwelle des dritten Jahrtausends zu lösen. Ein Volk, das nicht auf den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt setzte und Wachstum verteuere, werde binnen kurzem seinen Wohlstand, seine innere und äußere Sicherheit und seine Stabilität verlieren. Kernenergie ist damit keine Technik zur Stromerzeugung, sondern Kernenergie ist nationale Stärke, ist Machtdarbietung auf dem Weltmarkt und damit eine bestimmte Rolle in der internationalen Politik. Kernkraftwerke können nicht von jeder »beliebigen Nation« errichtet werden, dafür ist die Technik zu komplex und zu gefährlich.

Erst durch den massiven Ausbau der Kernenergie habe sich Frankreich aus der Käse-Rotwein-Rolle lösen können und sei als Industrienation erst genommen worden. In Bayern wird ganz massiv die Stromerzeugung auf Kernenergie umgestellt und damit die Umstellung vom Agrarland zum Industrieland demonstriert.

Weltmarktdominanz ist nicht bloß eine industrielle Güterproduktion, sondern eine industrielle Güterproduktion mit einer bestimmten Technik.

In den Denkkategorien der KWU und der herrschenden Politiker ist Stromerzeugung in konventioneller Weise low tech, mit Kernenergie high tech und mit regenerativen Methoden alternativer Quatsch, wenn nicht sogar systemschädlich.

Das Land, das in der Lage ist, Kernkraftwerke zu bauen, kann andere Länder in Abhängigkeit bringen. Wer auf Kernenergie als westliches Industrieland verzichten will, muß also damit rechnen, an den Grundfesten politischer Machtausübung zu rütteln. »Nicht Amboß, sondern Hammer sein« war schon der Wahlspruch Werner Siemens.

Zusammenfassen kann festgestellt werden:

- ▷ Für die »nuclear society« und damit auch für die KWU hat sich in bezug auf das Produkt »Kernkraftwerk« seit Tschernobyl nichts geändert. Das Umfeld hat sich geändert und entsprechend mehr Produktwerbung wird gemacht (man vergleiche die derzeitige offensive Anzeigenkampagne der KWU in der Presse).

- ▷ Für die Konzerne und die Repräsentanten der Arbeitgeber sowie für die Politiker der CDU/CSU hat sich ebenfalls seit Tschernobyl in bezug auf die Nutzung der Kernenergie nicht geändert. Hier wird die Kernenergie mit vollständigem Brennstoffzyklus (Wiederaufarbeitung, Zwischenlagerung, Endlagerung, Anreicherung, Brennelementfertigung, Schneller Brüter) als Systemfrage definiert und entsprechend wird gegen die Gegner vorgegangen.
- ▷ Die SPD hat zwar Konsequenzen aus Tschernobyl gezogen, ist sich aber der vollen Tragweite ihrer Beschlüsse nicht bewußt. Hier steht mehr die technokratische Rechtfertigung des MW-Ersatzes als die politische Dimension im Vordergrund.

## Die Beschäftigten

Für die Beschäftigten in der Kernreaktorindustrie hat sich seit Tschernobyl der moralische Druck sowohl innerhalb wie außerhalb des Berufs erhöht. Gleichzeitig nimmt die Angst um den Arbeitsplatz zu, weil niemand mehr um die Erkenntnis herumkommt, daß für die Kernenergie nur noch ein schrumpfender Markt existiert. Es bleibt nur die Frage, bis zu welchem Minimum geschrumpft wird.

Das bedeutet aber auch, daß sich die Beschäftigten der KWU in ihrer überwiegenden Mehrheit zu einer konservativen Manövrier-masse entwickelt haben. Sie definieren ihr Wohl und Wehe allein über ihren Arbeitsplatz und haben sich politisch auf Gedeih und Verderb denjenigen ausgeliefert, die die Sicherheit ihrer Arbeitsplätze einzig über Kernenergie definieren. So gesehen bilden sie die Fußtruppe der »nuclear society«. Für sie wird alles, was nicht zum Erhalt und Ausbau des Lebensstandards beiträgt, zum sozialen und wirtschaftlichen Abstieg. Ca. 50% der Angestellten werden außertariflich bezahlt, was ein zu versteuerndes Jahreseinkommen von 80 000 bis 85 000 DM in der untersten Gruppe bedeutet.

Der mit Tschernobyl entstandene Schrecken und die Nähe von Angst und Unsicherheit über die unmittelbare eigene Bedrohung hatten unter den KWU-Beschäftigten zu einer Nachdenklichkeit geführt, die kurzzeitig so etwas wie eine kritische Reflexion mit der eigenen Arbeit und dem eigenen Produkt hervorgebracht hat. Dies ist längst verdrängt und einem unerschütterlichen technischen Sendungsbewußtsein gewichen. Tschernobyl und die Legende vom Billigreaktor hat für sie offenbart, wie unzulänglich »unterentwickelte« Gesellschaften, insbesondere der Sozialismus, mit dieser »sensiblen« Technik umgeht und wie »qualifiziert« dagegen die »eigenen Produkte« sind. Dies zeigt natürlich, wie wenig komplex der Einblick für die große Mehrheit der KWU-Beschäftigten in ihre »eigene Arbeit« und in die Zusammensetzung und Probleme der KWU-Technik sind.

Unterstützt von der Mehrheit der Betriebsräte fühlt sich ein Großteil der Beschäftigten als kompetent genug, in Sachen Kernenergie in der Öffentlichkeit für die »sichersten Kernkraftwerke der Welt« zu werben. Da kann es die Firmenleitung getrost ihrer Betriebsvertretung überlassen, die Mitarbeiter nach der Devise »Wir haben die beste PR-Abteilung der Welt – unsere Mitarbeiter«, »Jeder ein Produktwerber, ein Kernenergie-Botschafter« auf die Rettung der Kernenergie (sprich: Arbeitsplätze) einzuschwören.

Währenddessen schafft die Firmenleitung das Umfeld, daß die Mitarbeiter auch ausreichend dafür motiviert werden. Offen und nüchtern präsentiert sie auf Betriebsversammlungen und in Veröffentlichungen ihre arbeitsplatzpolitische Bilanz: Abbau von 30% der Beschäftigten in den nächsten Jahren. Während die Firmenleitung unterstützt von der Mehrheit der Beschäftigten, verlorene Märkte glaubt wieder herbeireden zu können, und mahnd zur »richtigen« Wahl am 25. Januar aufruft, suggeriert sie den Weg eines »sanften« Personalabbaus. So sollen in den nächsten fünf bis zehn Jahren nach Plänen der Geschäftsleitung und des Betriebsrates ca. 4 000 bis 5 000 Arbeitsplätze abgebaut werden ohne Entlassungen. ■ ■ ■

4. Die Verfilzung der etablierten Parteien mit der Atomindustrie

**Die Verfilzung der etablierten Parteien mit der Atomindustrie  
oder: Was hat Franz Josef Strauß mit NUKEM zu tun?**

**CDU / CSU / SPD / FDP** sind durch Mitglieder und Abgeordnete direkt mit der Atomwirtschaft verflochten. Der Flick-Skandal hat gezeigt, wie nieder die Hemmschwelle vieler Politiker ist, wenn es ums Geldverdienen geht. Also soll uns bitte niemand erzählen, bei den nun bekanntgewordenen Skandalen habe es nur ein paar „moralisch ungesicherte Menschen“ im Management gegeben — und niemand soll erzählen, er habe nichts gewußt. Hier einige Beispiele für die atomaren Aktivitäten unserer Politiker:

**CDU**

- Rudolf von Bennigsen-Foerder ist Vorstandsvorsitzender der VEBA ist Aufsichtsratsvorsitzender der PREUSSEN-ELEKTRA ist Aufsichtsratsmitglied bei KRUPP, HAPAG LLOYD ist Beirat der DEUTSCHEN BANK
- Birgit Breuel (Ministerin für Wirtschaft u. Verkehr in Niedersachsen) ist Mitglied des Aufsichtsrats der PREUSSEN-ELEKTRA
- Josef Bugl (MdB) ist Mitglied der KERntechnischen Gesellschaft ist Mitglied des DEUTSCHEN ATOMFORUMS
- Friedrich-Wilhelm Christians (Mitglied des CDU-Wirtschaftsrates) ist Aufsichtsratsvorsitzender der RWE ist im Vorstand der DEUTSCHEN BANK ist Aufsichtsratsmitglied im AXEL-SPRINGER-VERLAG
- Ludwig Gerstein (MdB) ist Mitglied im DEUTSCHEN ATOMFORUM
- Walther Leisler-Kiep ist Aufsichtsrat PREUSSEN-ELEKTRA Beirat der DEUTSCHEN BANK
- Franz-Josef Schmitt (bis 1985 Stadtdirektor von Neuss) ist im Vorstand der RWE ist Aufsichtsrat bei NUKEM
- Walter Wallmann war bis zum 5. 6. 86 Aufsichtsrat der PREUSSEN-ELEKTRA
- Alexander Warrikoff (MdB) war bis 1. 12. 86 Geschäftsführer bei ALKEM und der REAKTOR-BRENNELEMENTE-UNION in Hanau ist Mitglied des DEUTSCHEN ATOMFORUMS

**Ein Beispiel:** Franz-Josef Strauß ist Aufsichtsrat der BAYERNWERK AG. Diese ist beteiligt an der GDE (Gesellschaft zur Durchführung der Entsorgung von Kernkraftwerken mbH). Diese wiederum ist beteiligt an der DWK (Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen). An der DWK ebenfalls beteiligt ist die RWE AG (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG). Die RWE ist mit 45% an NUKEM beteiligt.

**CSU**

- Matthias Engelsberger (MdB) ist Mitglied des DEUTSCHEN ATOMFORUMS
- Albert Probst (MdB) ist Mitglied des DEUTSCHEN ATOMFORUMS
- Franz-Josef Strauß ist Aufsichtsrat der BAYERNWERK AG (diese ist beteiligt an den AKW's Kahl, Isar, Niederaichbach, Grafenrheinfeld, Grundremmingen; außerdem an den Atomfirmen SEK und GDE)

**FDP**

- Wilhelm Menne ist Mitglied des DEUTSCHEN ATOMFORUMS
- Hans-Dietrich Genscher ist Verwaltungsrat im DEUTSCHEN ATOMFORUM

**SPD**

- Erwin Stahl (MdB) DEUTSCHES ATOMFORUM
- Walter Arendt (MdB) war bis 83 Aufsichtsrat bei PREUSSEN-ELEKTRA ist seit 83 Beirat bei PREUSSEN-ELEKTRA
- Kurt Bosch (Oberstadtdirektor von Essen) ist im Beirat der RWE
- Gerhard Flämig (ehem. MdB) ist im Beirat der RWE
- Horst Grunenberg (MdB) ist Verwaltungsrat im DEUTSCHEN ATOMFORUM
- Heinz Heiderhoff (Oberstadtdirektor a.D.) ist im Vorstand der RWE ist im Aufsichtsrat der RHEINELEKTRA AG, RHEINBRAUN AG, MAIN-KRAFTWERKE, RHENAG u.a.

**VEBA** über eine Beteiligung an der URANGESELLSCHAFT mbH betreibt die VEBA intensive Uransuche und — Produktion in Kanada, Namibia, Niger, Australien und Gabun.

**PREUSSEN-ELEKTRA** ist eine 100%ige Tochter der VEBA. Entstand 1927 aus dem Zusammenschluß der elektrowirtschaftlichen Unternehmen und Beteiligungen. Der PREUSSEN-ELEKTRA-Strom kommt zu fast 70% aus Atomkraftwerken. Atomare Beteiligungsgesellschaften sind u.a. Unterweser, Brokdorf, Stade, Grohnde, Krümmel, Brunsbüttel, HTR GmbH, NORD GmbH. PREUSSEN-ELEKTRA ist mit 37,5% an der URANIT beteiligt, weitere Gesellschafter sind HOECHST AG und NUKEM (37,5%).

**RWE AG** (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG) ist der größte privatwirtschaftliche Stromerzeuger und -händler Europas und über

Hunderte von Beteiligungsgesellschaften multinational tätig. RWE ist neben der Siemens AG und der Kraftwerk Union AG der eigentliche nukleare Drahtzieher. RWE ist mit 45% an NUKEM beteiligt.

**DWK** (Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH) Gesellschafter: NORD GmbH 30% (daran PREUSSEN-ELEKTRA 73,4%), GDE Gesellschaft zur Durchführung der Entsorgung von Kernkraftwerken mbH 28% (daran: Bayernwerk 25%), RWE 25%.

**DEUTSCHES ATOMFORUM** ist ein privater Verein, 1959 gegründet, als gemeinnützig anerkannt. Das Forum ist heute Public-Relation-Agentur der Atomwirtschaft. In der Untergruppe „Informationskreis Kernenergie“ sind Vertreter aus Atomindustrie und Energiewirtschaft.

(Quelle: Wer mit wem in Atomstaat und Großindustrie, Verlag 2001)



## 5. Sicherheit und Ausstieg als übernationales Problem - zur EG-Politik

Aus: ZEIT vom 6.6.1986, S.19

# Mit Atomstrom in die Zukunft

Die Brüsseler Kommission läßt sich von der Tschernobyl-Debatte nicht beeindrucken und duldet kritiklos Verstöße gegen europäische Verträge / Von Thomas Hanke

Nachdem die Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft mehrere Wochen lang demonstriert haben, daß sie zur raschen Reaktion auf einen nuklearen Katastrophenfall nicht in der Lage sind, beginnt in Brüssel nun eine neue Phase der Tschernobyl-Bewältigung: ...

So will der in der EG für den Umweltschutz zuständige Kommissar Clinton Davis eine Forderung durchsetzen, daß für Atomkraftwerke verbindliche Sicherheitsstandards festgelegt werden. Für viele Regierungen ist das ein rotes Tuch. Zwar sollte man in einer Gemeinschaft, die seit 29 Jahren über einen detaillierten Vertrag zur friedlichen Nutzung der Kernenergie verfügt, solche gemeinsamen Bestimmungen für eine Selbstverständlichkeit halten. Doch dies ist nicht so, und nicht umsonst gibt es heute in der EG unter anderem dreißig Atomkraftwerke, die nach Ansicht des europäischen Umweltbüros sofort stillgelegt werden müssen, weil sie wie der Tschernobyl-Reaktor arbeiten und keine Sicherheitskuppel haben. ...

### Nachfragen überflüssig?

Rein juristisch hätte die EG-Kommission die Möglichkeit, die Überwachungseinrichtungen zu kontrollieren und sich dadurch die notwendigen Informationen selbst zu beschaffen. Doch in 29 Jahren hat sie dieses Recht noch kein einziges Mal wahrgenommen.

Der Vertrag beinhaltet auch die Verpflichtung, vor dem Bau nuklearer Anlagen die Pläne nach Brüssel zu senden, damit die Kommission wenigstens auf dem Papier die Einhaltung der für die Umgebungsstrahlungen festgelegten Grundnormen verifizieren kann. Doch die Pläne für das französische AKW Cattenom beispielsweise trafen erst ein, nachdem die Anlage schon fertiggestellt war.

Mit großer Wahrscheinlichkeit werden die Staats- und Regierungschefs der Gemeinschaft, die sich Ende Juni wieder zu einem Gipfel treffen,

mit einer gemeinsamen Erklärung zur Atomenergie die Öffentlichkeit zu beruhigen versuchen. Dabei könnten sie sich viel Formulierungsarbeit ersparen, wenn sie sich den Text vornehmen, der schon 1975 beschlossen wurde. Bereits damals wurden in einer Deklaration die Harmonisierung der Sicherheitsanforderungen und Sicherheitsstandards als vordringliche Aufgabe bezeichnet. Doch geschehen ist seitdem nichts, wenn man von verbindlichen Expertendiskussionen absieht.

### Widerstand gegen Kontrollen

Der wichtigste Grund für die Widerstände gegen Kontrollen und Auflagen ist eingeständenermaßen die Konkurrenz der europäischen AKW-Hersteller und Stromversorger. Wer eine bestimmte Baulinie entwickelt hat, will keine Änderungen vornehmen. Und wer ein AKW ans Netz anschließen darf, das den Sicherheitsanforderungen des Nachbarlandes nicht entspricht, will sich nicht die damit verbundenen Preisvorteile verderben lassen.

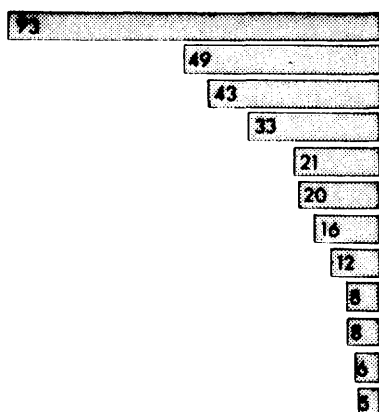
So hat man es denn in der EG bislang bei Grundnormen bewenden lassen, die Spielraum bieten: Für Personen, die berufsmäßig mit Radioaktivität in Berührung kommen, gilt eine Maximaldosis von fünf Rem pro Jahr. Für die übrigen Bevölkerungsgruppen besteht ein Höchstwert von fünf-hundert Millirem. Technisch machbar wäre allerdings auch weniger; so sind in der Bundesrepublik nur fünfzig Millirem zulässig. Doch in der EG wird das Prinzip, Strahlungen zu minimieren, dadurch aufgeweicht, daß bei Grenzwerten auch wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt werden müssen. Luxemburg - ebenso wie das Saarland mit dem in unmittelbarer Nähe gelegenen AKW Cattenom konfrontiert - fordert nun, die Normen zu verschärfen.

Die Debatte um Strahlungsnormen und Sicherheitsstandards, so wichtig sie auch ist, läßt die

Grundsatzfrage außer acht, ob die Kernenergie überhaupt noch akzeptiert werden soll. In der Kommission hütet man sich davor, diese Frage aufzuwerfen. Dem 1985 verabschiedeten Orientierungsprogramm zufolge soll der Anteil von Atomstrom an der Stromerzeugung insgesamt im Jahr 1995 etwa vierzig Prozent und nach der Jahrhundertwende fünfzig Prozent erreichen. Mit besonderem Nachdruck sollen Schnelle Brüter und die gesamte Plutoniumwirtschaft gefordert werden, damit dieser Kreislauf nach der Jahrhundertwende

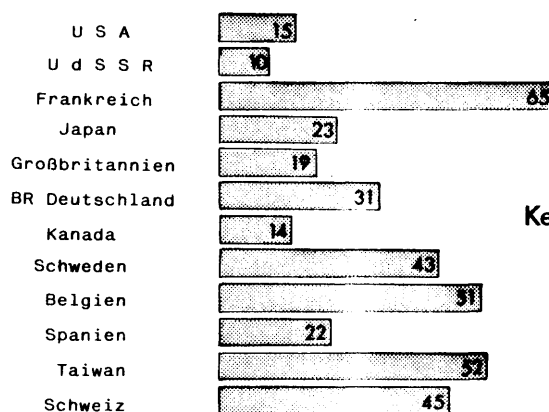
wirtschaftlich einsatzfähig wird. Zumindest in der Bundesrepublik dürfte dieses Programm gegenwärtig keine helle Begeisterung auslösen. Und auch in der Kommission beginnt sich eine gewisse Konfusion breit zu machen. Der für die Energiepolitik zuständige Kommissar Nicolas Mosar hätte am liebsten die Vierzig-Prozent-Marke für Atomstrom aus den in dieser Woche diskutierten energiepolitischen Zielen gestrichen. Doch offenbar war die Mehrheit der Kommissare anderer Meinung. Die Mitgliedsstaaten dagegen ziehen es vor, keine Zahlen zu nennen und nur in allgemeiner Form vom Stellenwert der Kernenergie zu sprechen. Die Dänen setzen sich sogar dafür ein, nicht von einer zunehmenden Bedeutung des Atomstroms zu sprechen.

Auf den ersten Blick hat die ungebrochene Festlegung der Europäer auf die Kernenergie in einer Zeit, wo überall eine intensive öffentliche Debatte über den Sinn der Atomkraft geführt wird, etwas Trauriges an sich. Tatsächlich jedoch sollen wohl einfach politische Fakten geschaffen werden. Vor allem Frankreich drängt, angesichts der zunehmenden Infragestellung der Kernenergie, auf europäische Entschlossenheit. Trotz beschwichtigender Ankündigungen über neue Initiativen für verbesserte Reaktorsicherheit soll die entscheidende Antwort schon jetzt gegeben werden: Die Kernenergie wird weiter an Bedeutung gewinnen.



ANZAHL DER KERNKRAFTWERKE

ENDE 1985



ANTEIL AN DER GESAMTEN STROM-

VERSORGUNG IN PROZENT

Kernkraftwerke 1985 - welt-weit

## 6. Kernenergie – warum wir sie auch künftig brauchen

(Anzeigen von SIEMENS und der KRAFTWERK UNION AG in Tageszeitungen)



**SIEMENS**



# Kernenergie

Warum wir sie  
auch künftig brauchen

Um unseren wirtschaftlichen Aufschwung in der Bundesrepublik stabil zu halten, brauchen wir erstens genügend und zweitens preiswerte elektrische Energie. Genügend, damit wir einen jährlich um zwei bis drei Prozent wachsenden Stromverbrauch decken können. Und preiswert, damit auch die Energiekosten unsere Industrie in die Lage versetzen, im scharfen internationalen Wettbewerb erfolgreich mitzuhalten. So müssen wir uns auch weiterhin technologisch hochwertige, dabei aber energieintensive Herstellungsverfahren in der Bundesrepublik leisten können. Von der Energieerzeugung und den Energiepreisen hängen deshalb die wirtschaftliche Entwicklung und mit ihr die Beschäftigungslage – also die Arbeitsplätze – entscheidend ab.

### Aus der Sicht von Siemens

Diese Zusammenhänge sehen wir bei Siemens besonders deutlich: Einige hunderttausend Kunden kaufen von uns Produkte und Systeme, die an fast jedem Arbeitsplatz benötigt werden – und die alle mit Strom arbeiten. Die Kraftwerk Union (KWU), die zu Siemens gehört, ist der größte deutsche Kraftwerkbauer – und einer der größten in der Welt. Sie liefert Kraftwerke für viele Energiearten, natürlich auch Kernkraftwerke. Wir wissen also Bescheid, wenn wir den Verzicht auf Kernenergie für utopisch halten.

Denn:

- Rund ein Drittel der öffentlichen Stromerzeugung in der Bundesrepublik kommt aus Kernkraftwerken. Diese Energiemenge kann auf absehbare Zeit weder durch Kohle-, noch durch Ölkraftwerke ersetzt werden. Auch nicht durch Sonnenenergie- oder Windkraftwerke, die in unseren Breiten naturgemäß keinen nennenswerten Beitrag zur Stromversorgung leisten können.

- Deutsche Kernkraftwerke gelten als die sichersten. In den 25 Jahren seit der Inbetriebnahme des ersten deutschen Kernkraftwerks gab es in keinem Reaktor-Sicherheitsbereich Unfälle, bei denen Menschen zu Schaden kamen.

- Im Umkreis von 2.000 km rund um unser Land sind mehr als 200 Kernkraftwerke in Betrieb. Davon 20 in der Bundesrepublik, also nur 10 Prozent.

### Verzicht nicht möglich

Auch wenn wir mit Strom noch so sparsam umgehen – gut ein Drittel kommt eben doch aus Kernkraftwerken und ist in überhaupt absehbare Zeit ohne spürbare Opfer für jeden einzelnen weder einzusparen noch zu ersetzen. Die Bürger in der Bundesrepublik können sich darauf verlassen, daß sie und ihre Kinder mit unseren Kernkraftwerken ruhig schlafen können: weil sie sicher sind und Energie liefern, die wir brauchen. Warum sollten wir also auf eine so wirtschaftliche und dabei umweltfreundliche Energie wie die Kernenergie verzichten?



*Natürlich oder künstlich –  
es gibt keinen  
Wirkungsunterschied  
in der Radioaktivität*

Sicherheit ist unser Grundgesetz.  **KWU**



## D Kernspaltung - Spaltung der Wissenschaft

### 1. Meinungen von Fachleuten

# Atomforscher: GAU wäre nicht dramatisch

## Reaktorbehälter soll fünf Tage lang standhalten

KARLSRUHE, 10. Juni (dpa). Ein Kernschmelzunfall in einem in der Bundesrepublik betriebenen Druckwasserreaktor werde „keine dramatischen Auswirkungen auf die Umgebung eines Kernkraftwerkes“ haben, lautet das Fazit einer Sicherheitsstudie, die am Dienstag auf einer wissenschaftlichen Tagung des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK) vorgestellt wurde.

Die Studie wird Ende dieses Jahres nach 14jähriger Laufzeit abgeschlossen. Ihre Ergebnisse beruhen auf Modellrechnungen und Kernschmelzversuchen.

Hans-Henning Hennies, Vorstandsmittglied des KfK, sagte in Karlsruhe, daß der Kernschmelzunfall im sowjetischen Atomkraftwerk Tschernobyl „keinen Anlaß für neue Untersuchungen und Experimente“ gebe. Die technischen Systeme

der sowjetischen Reaktoren und der bundesdeutschen Reaktoren seien nicht vergleichbar. Die Kernschmelze werde hier „im wesentlichen“ auf die Anlage des Atomreaktors begrenzt bleiben. Außerdem sei man „ziemlich sicher“, daß bei einer Kernschmelze „nur geringe Bruchteile von Radioaktivität“ in die Umgebung freigesetzt würden.

Frankfurter Rundschau  
vom 11.6.1986, S.1 f.

Frankfurter Rundschau  
vom 2.8.1986, S.1

## „Katastrophale Reaktorunfälle auch bei uns jederzeit möglich“

Öko-Institut hält Studie des Kernforschungszentrums Karlsruhe für unredlich

Eigentliche Problematik ausgeklammert?

Von unserem Redaktionsmitglied Joachim Wille

DARMSTADT, 1. August. Das Freiburger Öko-Institut hat die Prognose des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK), wonach ein Kernschmelzunfall — ein Super-GAU — in einem bundesdeutschen Druckwasseratomreaktor „keine dramatischen Auswirkungen auf die Umgebung eines Kernkraftwerkes“ haben würde, als viel zu optimistisch zurückgewiesen. Die in Darmstadt ansässige Reaktorsicherheitsgruppe des Instituts, die am Freitag eine kritische Bewertung des Karlsruher „Projekts Nucleare Sicherheit“ vorlegte, kommt darin zu dem Schluß, daß auch in der BRD jederzeit Reaktorunfälle „mit katastrophalem Schaden“ möglich seien. Je nach Zeitpunkt und Art des bei den meisten hiesigen Reaktoren vorhandenen Sicherheitsbehälters aus Stahl und Beton („Containment“) seien dabei radioaktive Freisetzungen möglich, die mit denen bei der Katastrophe in Tschernobyl vergleichbar seien, heißt es in der Untersuchung.

Das unabhängige Freiburger Institut reagiert damit auf die Ergebnisse des seit 14 Jahren in Karlsruhe laufenden Projekts, das auf Computer-Modellrechnungen und Kernschmelzversuchen basiert und dessen Ergebnisse Mitte Juni auf einem wissenschaftlichen Symposium bekanntgegeben worden waren. Bei „kritischer Untersuchung“ stelle sich heraus, daß die Aussagen des KfK „teilweise unzutreffend“ seien und „vor allem aber an der eigentlichen Problematik vorbeizielten“, kommentierte Diplom-Physiker Lothar Hahn bei der Vorstellung der „Antwort des Öko-Instituts“ in Darmstadt.

Die Karlsruher Atomforscher hatten ihre positiven Aussagen über die Sicherheit hiesiger Atommeiler auch beim kritischsten Unfall (der Kernschmelze) damit begründet, daß das Reaktor-Containment bei dem sich langsam aufbauenden Druck erst nach rund fünf Tagen „versagen“, also bersten würde, und nicht wie früher angenommen, schon nach etwa einem Tag. Radioaktive Spaltprodukte, die bei der Kernschmelze unweigerlich freierwerden, würden sich in der relativ langen Zeitspanne an der Innenwand des Sicherheitsbehälters ablagern, und bei einem Bersten der Betonkuppel würde dann wesentlich weniger Radioaktivität an die Luft freigesetzt, lautete die Karlsruher Argumentation.

Das Öko-Institut beanstandete in diesem Zusammenhang, daß die positive Bewertung überhaupt nur für eine Art von Unfallablauf („das späte Versagen des Sicherheitsbehälters“) gelten könne, der „unter Risikoaspekten bei weitem nicht der relevanteste ist“. Um „Größenordnungen folgenreicher“ seien aber Unfallabläufe, bei denen die Betonkuppel bereits wenige Stunden nach Unfälleintritt oder gar bei Unfallbeginn versage. Dabei würden die leichtflüchtigen Bestandteile des geschmolzenen Reaktorkerns (zum Beispiel Radiojod oder Cäsium) sofort frei. Als Ursachen für das schnelle Bersten des Containments zählt die Öko-Studie unter anderem Explosionen innerhalb der Anlage (Dampfexplosionen, Wasserstoffexplosionen), Einwirkungen von außen (Flugzeugabsturz, Bombardement, Sabotage), das Umgehen des Contain-

ments (Sogenannter „bypass“ der radioaktiven Stoffe) etwa durch Lecks in den Dampferzeuger-Heizrohren auf. Daß solche Unfallabläufe in der Karlsruher Studie nicht erwähnt werden, kritisieren die Öko-Wissenschaftler als ganz „bewußtes Verschweigen“ und eine Täuschung der Öffentlichkeit.

Lehr geht davon aus, daß nach einer „Abklingphase“ nach der sowjetischen Reaktorkatastrophe eine „deutliche Mehrheit“ in der Bundesrepublik die Atomenergie akzeptieren werde.

Das ist nach Angaben von Hermann Rininsland, einem der Projektleiter dieser Studie, darauf zurückzuführen, daß mit einem Versagen des Sicherheitsbehälters im Atomreaktor erst nach fünf Tagen zu rechnen sei. Die 1979 veröffentlichte deutsche Risikostudie war davon ausgegangen, daß der Sicherheitsbehälter bereits 27 Stunden nach der Kernschmelze bricht. Die Zeitspanne von fünf Tagen bedeutet, so Hennies, daß die radioaktiven Spaltprodukte, die bei der Kernschmelze freigesetzt werden, sich an den Wänden des Sicherheitsbehälters ablagern. Komme es nach fünf Tagen zu einem Bersten des Sicherheitsbehälters, werde deshalb wesentlich weniger Radioaktivität in die Luft freigesetzt.

Weitgehend unbeachtet sei auch das wichtige Ergebnis der Karlsruher Experimente geblieben, wonach der heiße geschmolzene Brennstoff bei einem Super-Gau schneller durch das Betonfundament des Reaktors dringt als früher vorausgerechnet, fügte Hahn in Darmstadt an. Danach ist damit zu rechnen, daß die Schmelze bereits nach wenigen Tagen in den Untergrund eindringen würde, wenn eine Kühlung nicht gelänge (populärwissenschaftlich „China-Syndrom“ genannter Unfallablauf).

Weiter kritisiert das Freiburger Institut, daß in den Untersuchungen des Kernforschungszentrums „eine Reihe wichtiger physikalisch-chemischer Vorgänge gar nicht oder unzutreffend“ berücksichtigt worden seien. Hahn verwies auf neuere Untersuchungen aus den USA, deren Ergebnisse in der Fachzeitschrift „Nucleonics Week“ veröffentlicht wurden: Die Hoffnung, die leicht flüchtigen Jod- und Cäsium-Isotope würden sich innerhalb des noch intakten Containments zu schwer flüchtigen Substanzen verbinden und die Umwelt dann nur noch wenig belasten, kann danach nicht aufrechterhalten bleiben.

# Störfälle im Atomkraftwerk verlaufen nicht wie im Computer

Versuche ergeben „beachtliche Unterschiede“ zwischen Rechenmodellen und der Wirklichkeit

## Probe-Erdbeben riß Rohre ab

Von unserem Redaktionsmitglied Joachim Wille

KARLSRUHE, 5. Dezember. Schwere Störfälle in Atomkraftwerken verlaufen physikalisch nicht immer so, wie dies die bisher verfügbaren Rechenmodelle vorsehen. Diese Schlußfolgerung ergibt sich aus einer Versuchsreihe des Kernforschungsinstitutes Karlsruhe (KfK), die in dieser Woche während einer Tagung über das sogenannte HDR-Sicherheitsprogramm vorgestellt worden ist. Bei Versuchen in dem stillgelegten Prototyp eines Heißdampfreaktors (HDR) in Groß-Welzheim wurde als Störfall ein Kühlmittelverlust nachgeahmt. Diese Art von Störfall kann bei Überhitzung des Reaktorkerns zu einem Super-GAU führen. Bei dem Versuch zeigte sich, daß die in einem Computermodell vorausgesagten Temperaturverhältnisse im Reaktor-Sicherheitsbehälter für die Zeit etwa der zweiten Stunde nach dem Unfall nicht eintrafen. Es seien „beachtliche Unterschiede“ zu vermerken, heißt es dazu in einem in Karlsruhe vorgelegten Bericht.

Für die sicherheitstechnische Auslegung von Reaktor-Sicherheitsbehältern habe dieser Unterschied keine besondere Bedeutung, schreiben die Autoren des Berichts weiter. Die Abweichungen seien „aber völlig inakzeptabel, falls auf diesem Wissensstand aufbauend“ die „Gasverteilung bei einer Freisetzung von Wasserstoff vorhergesagt werden soll“. Genaues Wissen über Menge und Verteilung von Wasserstoff, der durch den Eintritt einer Kernschmelze frei werden kann, ist wichtig, weil Wasserstoffexplosionen im Reaktorkern zu einem Versagen des Sicher-

heitsbehälters und zur Freisetzung von Radioaktivität führen können. Wissenschaftler äußerten in Karlsruhe den Wunsch, dieses Problem zu einem Schwerpunkt der zukünftigen Forschung im HDR-Projekt zu machen.

Während der Tagung in Karlsruhe wurde auch über die Ergebnisse der Erdbebenversuche in diesem HDR-Reaktor vom Juni und Juli 1986 berichtet. Sie waren nach einer Klage zwischenzeitlich unterbrochen worden. Ein in der Anlage installierter „Gebäuderüttler“, der in der Spitze eine „Unwuchtlast“ von 1000 Tonnen auf das Reaktorgebäude ausübte, sollte dabei die Wirkung von Erdbeben auf Atomreaktoren simulieren. Wie in einem Film zu sehen war, zeigte das Gebäude Schwingbewegungen bis zu 50 Zentimetern Ausschlag. Risse im Erdreich, zum Teil auch in nichttragenden Wänden, das Abreißen von dünneren Rohrleitungen und anderes waren die Folge. In dem Bericht heißt es dazu, als Ergebnis sei hervorzuheben, daß „keine Schäden an wichtigen Teilen auftraten“. Die zur Erdbebenauslegung von Reaktoren verwandten Rechenprogrammen hätten „erhebliche Sicherheitsreserven“.

Heftig attackierte KfK-Vorstandsmitglied Wilhelm Hohenhinnebusch die Kläger, die durch einen Gerichtsbeschluß die Erdbebenversuche für etwa zwei Wochen gestoppt hatten. Es handelt sich dabei um den Naturschutzbund Südhessen (BUND) und die Grünen-Ortsgruppe Seligenstadt. Sie hatten mit möglichen Schäden bei dem benachbarten, 1985 stillgelegten Atomreaktor Kahl argumentiert. Dort

lagern noch abgebrannte Brennelemente. Bei „diesen Gruppen“, so Hohenhinnebusch, gebe es „keine Bereitschaft, auf Argumente einzugehen“. Ihre Geisteshaltung lasse Offenheit und geistige Vielfalt vermissen, und sie hätten Freude an apokalyptischen Visionen.

Weiter meinte Hohenhinnebusch, es komme darauf an, in der Öffentlichkeit die große Bedeutung der Atomenergie für die gesamte Weltgesellschaft und die Erhaltung des Wohlstands klarzumachen. Es müsse verstärkt darüber nachgedacht werden, welche Strategien dabei einzuschlagen seien. Dabei könnten auch „Volkspsychologen“ helfen.

★

BONN (dpa). Die CDU hält in einem von einer Parteikommission am Freitag vorgelegten Bericht über Wissenschaft und Technik die friedliche Nutzung der Atomkraft zur Zeit für unverzichtbar und aufgrund einer verantwortungsbewußten Güterabwägung für ethisch gerechtfertigt. Sie sei heute eine kalkulierbare, beherrschbare und vertretbare Technik. Der „Störfall von Tschernobyl“ sei Ausdruck einer nicht verantwortlich gehandhabten Nutzung einer modernen Technologie und kein Beleg für nicht beherrschbare Risiken. Ihre Position beschreibt die CDU neben dem Kernenergiebereich im einzelnen zu den Problemen der Gen-Technologie und Fortpflanzungsmedizin, zur Auswirkung neuer Technologien auf Arbeitsplätze sowie zur Datentechnik.

Frankfurter Rundschau vom 6.12.1986, S.1

## Wissenschaftler entdecken Lappen als "interessante Testgruppe" für Verzehr radioaktiv verstrahlten Fleisches

### Wieviel Cäsium verträgt der Mensch?

Schwedische Wissenschaftler lassen Lappen hochverstrahltes Rentierfleisch essen. Nach der Atomkatastrophe in der Ukraine wollen sie die Auswirkungen der Radioaktivität im Körper testen

Anders Kuhmunen hält sich die Hände vors Gesicht und weint. »Mein Haus ist zerstört, denn mein Haus ist die Natur.« Der 70jährige ist Rentierzüchter und Same, wie sich die Lappen, die Ureinwohner Nordeuropas, selber nennen.

Zerstört ist für ihn alles, seit nach der Katastrophe von Tschernobyl im April vergangenen Jahres mit dem Wind die giftige Wolke aus dem Süden kam und den radioaktiven Fallout versprühte: Mit mehr als 80 000 Becquerel pro Quadratmeter Boden ist die Provinz Västerbotten in Nordschweden so verseucht, daß die Existenz fast aller 2700 Rentierzüchter, die dort leben, gefährdet ist.

Tausende von Rentieren mußten im Herbst 1986 vernichtet werden, weil die Radioaktivität in ihrem Fleisch über dem in Schweden festgelegten Grenzwert von 300 Becquerel pro Kilogramm lag. Es taugt höchstens noch als – angeblich ungefährliches – Futter für die Nerze in Pelztierfabriken.

Doch nicht nur die Tiere,

auch die Rentierzüchter und ihre Familien sind gesundheitlich gefährdet. Erst einen Monat nach der Katastrophe von Tschernobyl waren sie gewarnt worden. Wochenlang hatten die Samen ahnungslos in den Bergen ihr Trinkwasser aus verseuchtem Schnee gewonnen. »Wir sind wieder einmal vergessen worden«, sagt Anders Kuhmunen.

Doch inzwischen entdeckte die Wissenschaft die atomar verstrahlten Lappen. Sie seien eine »interessante Testgruppe«, sagt Professor Hans Svensson. Der Chef des Strahlenphysikalischen Instituts an der Universität von Umeå ist im Januar drei Wochen lang durch 50 Dörfer Lapplands gereist, um Rentierzüchter und ihre Familien für ein Untersuchungsprogramm zu gewinnen, das er

»einfach spannend« findet. Er will erforschen, wie sich Radioaktivität im Körper von Babys, Kindern, erwachsenen Frauen und Männern verhält, welche Dosen sie mit der Nahrung aufnehmen und in welchem Zeitraum die Strahlung wieder aus dem Körper ausgeschieden wird.

Stolz führt uns Prof. Svensson durch die Laborräume im Untergeschoß seiner Klinik, wo für 500 000 schwedische Kronen eine Bleikammer zur Ganzkörpermessung eingerichtet wurde. Assistenten sitzen an Computern, auf deren Bildschirmen die Becquerelwerte von 162 Testpersonen per Tastendruck erscheinen. Ein 64jähriger Same hält mit 64 400 Becquerel Cäsium 137 »den Rekord«, bei den Kindern hat ein zehnjähriger Junge mit

10 000 Becquerel den Spitzenwert. Während die Samen durchschnittlich zwischen 30 000 und 40 000 Becquerel Cäsium 137 in ihrem Körper gespeichert haben, liegt die radioaktive Belastung in der Kontrollgruppe der Schweden, deren Werte ständig mitgemessen werden, bei 2000 Becquerel.

Haben die Testpersonen, die im Auftrag der Wissenschaft auch weiterhin hochbelastetes Fleisch essen, denn keine Angst vor Krebs? Ist eine solche Untersuchung ethisch und moralisch überhaupt vertretbar?

Den Physiker Göran Wickmann bringen solche Fragen nicht in Verlegenheit. »Bei 40 000 Krebsfällen pro Jahr in ganz Schweden wird es statistisch nie nachweisbar sein, daß ein Lappe an einem bösartigen Tumor erkrankt ist, weil er Rentierfleisch mit 10 000 Becquerel gegessen hat.«

Kein Horrorfilm, sondern Wirklichkeit: Der Same Lars Svonni ißt seit Anfang Januar Rentierfleisch, das mit 10 500 Becquerel verseucht ist. Jeden Monat fährt er einmal von seinem Dorf Botsmark 50 Kilometer weit nach Umeå, wo er in der Bleikammer von Professor Svensson auf einem bequemen Liegesessel Platz nimmt und mit Drähten an einen Ganzkörperzähler angeschlossen wird. Nach einer halben Stunde erscheint auf dem Bildschirm des Computers das Ergebnis. »Im Januar hatte ich 8000 Becquerel, im Februar schon über 11 000, im März waren es 19 000 und Ende April mehr als 38 000.«

Der Münchner Physiker und Strahlenbiologe Dr. Eckhard

Krüger wollte es nicht glauben, als der STERN ihm von den schwedischen Experimenten berichtete. »Das sind verantwortungslose Menschenversuche. Ich kann es nicht fassen. So weit darf wissenschaftlicher Ehrgeiz nicht gehen.«

Doch Professor Svensson und der Physiker Göran Wickmann sind nicht beunruhigt über die hohen Werte ihrer Testpersonen, und sie sehen auch keinen Anlaß, Eltern zu strahlenarmer Ernährung ihrer Kinder zu raten, solange der von ihnen willkürlich festgesetzte Grenzwert von 100 000 Becquerel Cäsium 137 nicht erreicht ist. Gleichwohl geben sie zu, daß es keine Schwellendosis gibt, unterhalb der Radioaktivität ungefährlich ist.

»Sehen Sie, nach etwa 100 Tagen wird die Hälfte des Cäsiums 137 wieder aus dem Körper ausgeschieden, und da wir genau wissen, wie belastet das Fleisch ist, können wir genau berechnen, wie es im Körper strahlt. Solange wir messen, kann nichts passieren.« Zu den 38 000 Becquerel Cäsium 137 im Körper des Samens Lars Svonni kommen noch einmal 19 000 Becquerel Cäsium 134 hinzu. Wieviel der Mann von dem noch gefährlicheren Strontium aufgenommen hat, das etwa zehn Jahre lang in den Knochen gespeichert wird, wissen die Wissenschaftler nicht. Diese Substanz ist nur sehr schwer zu messen.

Lars Svonni, einer von 43 Rentierzüchtern, die monatlich im Strahlenphysikalischen Institut gemessen werden, war zu der Untersuchung bereit, nachdem ihm Professor Svensson

versichert hatte, daß dieses Experiment völlig ungefährlich sei und der wissenschaftlichen Erforschung der radioaktiven Niedrigstrahlung diene. Reise- und notfalls auch Übernachtungskosten werden erstattet.

Nach den letzten Meßwerten ist Lars Svonni jedoch skeptisch geworden. Er will jetzt ein halbes Jahr pausieren und nur noch strahlenfrei essen. »Ich bin jetzt 50«, sagt er, »wer kann mir denn garantieren, daß ich nicht schon in sechs, sieben Jahren an Blutkrebs erkrankte?« Als er diese Frage dem Wissenschaftler Svensson stellte, erhielt er die Antwort, daß das statistische Risiko allein wegen Tschernobyl sehr gering sei.

Physiker Wickmann rechnet vor, daß etwa 13 000 Becquerel Cäsium 137 im menschlichen Körper eine Strahlendosis von 100 Millirem bewirken und diese Belastung bei einer Million Einwohner »einen Todesfall und zwei Krebserkrankungen« ausmache. »Sehen Sie«, sagt er lachend, »das ist so wenig, daß wir uns alle Rentierfleisch mit 10 000 Becquerel leisten können.«

Er meint es ernst und berichtet, was zur Beruhigung auch alle Versuchspersonen zu hören bekommen: »Meine Familie macht auch mit. Seit Oktober essen wir dreimal in der Woche Elchfleisch mit 2000 Becquerel pro Kilo.« Der zwölfjährige Ola habe nun eine Belastung von 2000 Becquerel erreicht, die 15jährige Grit und der 17jährige Kim liegen bei 3000. Vater Wickmann selber hat 6000 Becquerel gespeichert.

Das Erreichte reicht dem

Forscher aber noch nicht: »Ab morgen steigen wir um auf Rentierfleisch mit 10 000 Becquerel. Ich habe auch meine Kinder davon überzeugt, daß es absolut harmlos ist.« Mit ihren Versuchen wollen die Wissenschaftler in Umeå beweisen, daß der radioaktive Fallout keine Katastrophe war und die Angst vor den gesundheitlichen Risiken der radioaktiven Strahlen nur Panikmache ist. Professor Svensson und Wickmann setzen sich denn auch dafür ein, daß der Grenzwert für Rentierfleisch von 300 auf 10 000 Becquerel heraufgesetzt wird. »Sollte sich herausstellen, daß unsere Berechnungen nicht stimmen, dann werden wir zugeben, daß wir uns geirrt haben«, sagt Wickmann. In 20 oder 30 Jahren wird allerdings keine Versuchsperson mehr den 49jährigen Physiker oder seinen zwei Jahre älteren Chef Svensson haftbar machen können für eine dann auftretende Krebserkrankung. Die Wissenschaftler werden dann wohl nicht mehr arbeiten, sie werden pensioniert sein. ■ ■ ■

Uta König (STERN vom 25.6.1987, S.122-124)

## 2. Radikale Wissenschaftskritik und technische "Machbarkeit"

Daß es Reaktorsicherheit nicht geben kann, ist keine physikalische, sondern eine gedankliche Aussage. Hier muß nicht von der Physik, sondern vom Wesen der Physik ausgegangen werden. Das Wesen der Physik ist nichts Physikalisches (Heidegger). Die Physik kann eben als Physik physikalische Vorgänge darstellen und berechnen, wenngleich nicht durchgängig, sie kann jedoch gerade als Physik nicht ihr eigenes Wesen denken. Dieses muß im Zusammenhang mit der Kategorie Quantität ("Wieviel?") gesehen werden. (...)

Im Bereich der Atomphysik ist die Extrapolation vom Laboratoriumsversuch auf den Fabrikmaßstab schlechterdings nicht zu verantworten. Woran liegt dies? - Es liegt am Zusammenbruch der herkömmlichen Kategorie "Wieviel" (Quantität). Von ihm her ist "Reaktorsicherheit" prinzipiell nicht möglich.(...)

Traditionell bedeutete das "Wieviel?" immer: Einanderausschließen von "mehr" und "weniger". Entweder das eine oder das andere. Jetzt aber bedeutet das äußerste "weniger" zugleich das äußerste "mehr" ... **Das Winzigste bringt das Riesigste hervor.** Das atomare Spaltprodukt bringt Massenvernichtung von Menschen und tendenzielle Unbewohnbarmachung der Erde herauf.(...)

Die Vorgänge in den Atomfabriken sind zugleich winzig und riesig: winzig in der Dimension der Vorgänge, riesig in den entbundenen Folgen. Wo ein Vorgang zugleich winzig und riesig ist, versagt die durchgängige Berechenbarkeit. (...) Eben dies macht jegliche Atomindustrie unverantwortbar.(...)

*"Sobald aber das Riesenhafte der Planung und Berechnung und Einrichtung und Sicherung aus dem Quantitativen in eine eigene Qualität umspringt, wird das Riesige und das scheinbar durchaus und jederzeit zu Berechnende gerade dadurch zum Unberechenbaren."*

(M. Heidegger am 9.6.1938; Holzwege. S.88) (...)

Umgangsprachlich gefaßt besagt dies, daß mit der "Reaktorsicherheit" das nächste Tschernobyl fällig wird. Hierzulande.

Auszug aus einem Flugblatt von Prof. Dr. Johannes Seiffert, Kassel 1986

Die etablierte Wissenschaft (...) ist mit zunehmender Spezialisierung immer korrumpierbarer geworden. Der Wissenschaftler, der hochspezialisierte Experte, dient im Zweifelsfall jedem, der ihn gut dafür bezahlt. Dabei täuschen Spezialisierung, Professionalisierung, Dogmatisierung des wissenschaftlichen Arbeitsstils und spezialbereichsinterner Konformitätszwang ein so hohes Objektivitätsniveau vor, daß das Ausmaß der Servilität der Wissenschaftsaristokratie gegenüber etablierter Macht verschleiert wird, aber auch das Ausmaß der Abhängigkeit dieser Macht von den Experten." (...)

Wir sollten (...) endlich aufhören von d e r Wissenschaft zu reden, als sei sie ein monolithischer Klotz. Und wir sollten es uns wirklich ernsthaft überlegen, ob wir die Wissenschaftler deswegen schelten sollten, weil sie anwendbares, sprich verwertbares Wissen produzieren. Nicht anwendbares, nicht verwertbares Wissen ist so gut oder so schlecht wie g a r kein Wissen. Nein, was wir brauchen, ist a n d e r e s Wissen, ist eine a n d e r e W i s s e n - s c h a f t, eine Wissenschaft, die anderen Interessen und Zielen dient als die meisten etablierten Wissenschaften.

K.H. Brendgen: Über den Zwangscharakter herrschender Wissenschaft. In: Soznat 6, H.2/1985, S. 43 ff.

## E Strahlenschutz und Gesundheitsrisiken

### 1. Radioaktivität aus Kernkraftwerken - (k)eine akute Gefahr?

Wie in den Abschnitten A5 bis A7 und B2 ausgeführt - und von politisch verantwortlicher Seite oft genug wiederholt -, gehen weder von Kernkraftwerken *im störungsfreien Normalbetrieb* noch von radioaktiven Wolken aus 2000 km entfernten Reaktorunfällen "**akute**" Gefahren aus. *Akut* bezieht sich dabei allerdings nur auf die verschiedenen Formen von *akuter Strahlenkrankheit*. Mit solchen kurzfristigen Wirkungen ist nämlich "nur" im Falle eines Atomkrieges zu rechnen - und im Fall von schwerwiegenden Reaktorunfällen in deren unmittelbarer und der näheren Umgebung (bis ca. 100 km).

(vgl. dazu die beeindruckende Darstellung von A. A. Guha in seinem fiktiven Bericht "Ende". Königstein 1983; ebenso die Analysen des Kongresses "Ärzte warnen vor dem Atomkrieg" (1981) in: "Die Überlebenden werden die Toten beneiden. Köln 1982; oder R. Jungk: "Der Atomstaat". München 1977)

Ganz ähnliche, jedoch lokal begrenzte Gefahren gehen von Atomtransporten, besonders von abgebrannten Brennstäben oder anderem radioaktiven Müll aus, ebenso von "Störfällen" in Wiederaufarbeitungsanlagen (vgl. B2-f, S.51) aus; in erster Linie sind dabei die dort Beschäftigten die ersten und am schwersten Betroffenen.

Als "Minstdosis" für die Auslösung von akuter Strahlenkrankheit gelten 100 rem (1 Sv), sicher treten akute Strahlenschäden bei Dosiswerten zwischen 200 und 500 rem (2 - 5 Sv) auf.

## Bis zu 600 Krebskranke durch Tschernobyl allein in Hamburg

### Gesundheitsbehörde berechnete das Strahlenrisiko

HAMBURG, 7. April (FR/wn). Die Hamburger Gesundheitsbehörde hat eine weitere Abschätzung der gesundheitlichen Risiken des Reaktorunfalls in Tschernobyl für die Menschen in Hamburg vorgelegt. Danach muß damit gerechnet werden, daß in den nächsten 50 Jahren allein die Strahlenbelastung, die in den ersten sechs Monaten nach der Reaktorkatastrophe in Hamburg aufgetreten ist, zu einer Zunahme der Krebserkrankungen führen wird.

Wie hoch sie genau sein wird, lasse sich angesichts der Langzeitproblematik von radioaktiver Belastung und Krebsentstehung heute noch nicht genau vorhersagen, teilte die Behörde mit. Legt man die unterschiedlichen wissenschaftlichen Ansätze zugrunde, sei jedoch mit einer Bandbreite von drei bis 809 zusätzlichen Krebserkrankungen in der Hansestadt zu rechnen. Das Risiko für Erbschäden liege - verteilt auf 50 Jahren - bei

bis zu 55 Fällen unterschiedlicher Schwere.

Die Risikostudie stützt sich unter anderem auf die Ergebnisse von über 2000 Lebensmitteluntersuchungen, die zwischen Mai und Oktober 1986 vorgenommen wurden. Die Hamburger Behörde weist darauf hin, daß die Abschätzung des Krebsrisikos kompliziert sei. Wissenschaftlich umstritten sei bereits die Berechnung der tatsächlich aufgenommenen Dosis radioaktiver Stoffe. Die Risikoberechnung basiere auf zwei unabhängigen Gutachten: Eines vom TÜV Norddeutschland zur Strahlenbelastung der Hamburger Bevölkerung unter Berücksichtigung aller relevanten Belastungspfade, und eins vom Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) Heidelberg zur Abschätzung der Variationsbreite der Strahlendosis und der gesundheitlichen Risiken bei Zugrundelegung verschiedener Modelle. ■ ■ ■

Ein Jahr nach Tschernobyl

# Die Sorge wächst

Den Münchner Krebsforscher und Strahlenexperten Professor Herbert Begemann wundert es nicht, daß ein knappes Jahr nach der Katastrophe von Tschernobyl Mütter wie Annegret May und Ina Voskul sich fragen, ob ihre Kinder Opfer der Strahlenwolke geworden sind. Er sagt: »Wir wissen, daß schon geringe radioaktive Dosen beim Embryo Mißbildungen und Hirnschäden auslösen können, wenn sie genau in einem bestimmten Moment und an einer bestimmten Stelle zufällig hochempfindliche Zellen in ihrem Teilungsprozeß stören. Wir wissen, daß es keine ungefährliche Dosis gibt, und wir wissen, daß Ungeborene am empfindlichsten sind.«

Doch im Einzelfall wird sich niemals beweisen lassen, daß der Herzfehler eines Kindes oder eine Fehlgeburt ausgelöst wurde, weil die werdende Mutter ahnungslos in radioaktivem Mairegen spaziereng, hochbelastete Milch trank oder verstrahltes Gemüse gegessen hat. Allein mit großangelegten wissenschaftlichen Studien kann geklärt werden, ob der GAU in der Ukraine kurz- und langfristig Folgen für die ungeborenen und geborenen Kinder hatte und haben wird.

Weil die Beweisführung für die Betroffenen so schwierig, fast unmöglich ist, fordert die Strahlenkommission der Umweltschutzorganisation BUND die Umkehr der Beweislast. »Der Staat muß beweisen«, sagt die Bremer Atomphysikerin Prof. Inge Schmitz-Feuerhake, »daß es zwischen Mißbildungen und Strahlenbelastungen keinen Zusammenhang gibt.« Solange nicht systematisch Daten erhoben und in Beziehung zu den unterschiedlichen radioaktiven Meßwerten in der Bundesrepublik gesetzt werden, sei jede Behauptung, Tschernobyl habe keine Auswirkungen gehabt, unseriös und ungläubwürdig.

Dr. Gerold Randzio, Nuklearmediziner und Strahlenbiologe an der Kieler Universität, konstatiert: »In zehn oder zwanzig Jahren wird niemand mehr behaupten

können, daß seine Leukämie oder sein Schilddrüsenkrebs vom radioaktiven Fallout im Mai 1986 herührt. Deshalb muß jetzt alles getan werden, um mögliche Folgen dieser sogenannten Niedrigstrahlung zu erfassen.«

Ein knappes Jahr nach Tschernobyl häufen sich die Berichte über Auffälligkeiten. Ärzte und Hebammen erzählten dem STERN mit aller Vorsicht davon, weil sie ihren Verdacht nicht voreilig und ohne fundierte Vergleichszahlen als Beweis für Strahlenschäden gewertet wissen wollen. »In den Monaten Juli, August und September hatten wir pro Woche in unserer Klinik doppelt so viele Frauen, die wegen einer Fehlgeburt in der neunten bis zwölften Woche zur Ausschabung zu uns kamen. Diese Daten hätten in unserer Abteilung, in anderen Kliniken und bei allen Frauenärzten statistisch erfaßt werden müssen. Aber dazu sind wir von keiner offiziellen Stelle aufgefordert worden«, sagt die Frauenärztin Dr. Ellen Richter-Langbehn, die in einem hessischen Kreiskrankenhaus tätig war und seit der Jahreswende als niedergelassene Gynäkologin in München praktiziert.

Im Januar, neun Monate nach Tschernobyl, ist eine andere Münchner Frauenärztin über eine seltsame Häufung von Herzfehlern bei Neugeborenen erschrocken. Die Gynäkologin, die an einer großen Klinik arbeitet, sagt: »Drei Kinder mit schweren Herzfehlern in einem Monat – das hatten wir noch nie.«

Zufall oder Tschernobyl? Darüber macht sich ein Frauenarzt und Ultraschall-Experte an einer süddeutschen Universitäts-Frauenklinik seine Gedanken. Er muß anonym bleiben, weil er und Kollegen einen »Maulkorb« umgehängt bekamen. Seine Beobachtungen: »1985 haben wir bei Ultraschalluntersuchungen in der 20. Schwangerschaftswoche bei 90 Föten Fehlbildungen festgestellt. 1986 entdeckten wir Anomalien bei 130 Föten. Diese frühzeitig erkannten Mißbildungen tauchen in keiner Statistik über Geburten auf. Denn

sie haben meist einen Schwangerschaftsabbruch zur Folge.«

Noch kann sich der Frauenarzt nicht erklären, weshalb er seit einiger Zeit auch »vermehrt Wachstumsstörungen bei Ungeborenen diagnostiziert«. Er weiß, daß ein Zusammenhang mit Tschernobyl erst nachgewiesen werden kann, wenn jeder Frauenarzt und jede Klinik vor und nach der Geburt Auffälligkeiten dokumentieren. Experten ist bekannt, daß höchstens 50 Prozent der Mißbildungen bei Neugeborenen den statistischen Landesämtern gemeldet werden. Hinzu kommt, daß der Beobachtungszeitraum von wenigen Tagen nach der Geburt viel zu kurz ist, um Herzfehler oder andere innere Organstörungen festzustellen. Fehlgeburten werden ohnehin nicht registriert. ■ ■ ■

Als im Januar in Berlin zehn statt wie im Durchschnitt zwei mongoloide Kinder geboren wurden, stand Professor Karl Sperling, Leiter des Instituts für Humangenetik der Freien Universität, vor einem Rätsel. Einerseits konnte er sich diese Häufung von Trisomie 21 nicht erklären, andererseits wollte er das nicht als Zufall abtun. Die behinderten Kinder waren für ihn Anlaß, einen Verdacht zu überprüfen, den er für »sehr unwahrscheinlich« hielt.

»Ich kann mir nicht vorstellen, daß es einen Zusammenhang zwischen dem radioaktiven Fallout und Chromosomenveränderungen wie der Trisomie 21 gibt«, hatte er noch vor sechs Wochen dem STERN erklärt. Professor Sperling schickte umfangreiche Fragebögen an 40 humangenetische Labors in der Bundesrepublik. Er wollte überprüfen, ob eine Häufung solcher genetischen Schäden, wie sie in Berlin bei den geborenen Kindern auftraten, auch bei den vorgeburtlichen Chromosomenanalysen, die nach einer Fruchtwasseruntersuchung in der 16. Schwangerschaftswoche durchgeführt werden, vorgekommen war.

Das Ergebnis dieser ersten Studie nach Tschernobyl müßte Gesundheitsministerin Rita Süßmuth sowie alle anderen Regierungspolitiker nachdenklich machen, die im Mai '86 unter Berufung auf die Strahlenschutzkom-

mission der Bundesregierung erklärt hatten: »Es besteht kein Risiko für das sich entwickelnde Leben.« Die Auswertung der bundesweiten Jahresstatistik von allen 28 737 Chromosomenproben ergab: Allein bei elf Frauen aus Bayern und Baden-Württemberg, die Anfang Mai schwanger geworden waren und 16 Wochen später, innerhalb von zwei Wochen im August, eine Fruchtwasseruntersuchung vornehmen ließen, war eine Trisomie 21 festgestellt worden. In den restlichen neun Bundesländern wurden zum gleichen Zeitraum nur sechs solcher Chromosomenveränderungen festgestellt. Dieses Ergebnis wertete Sperling als auffallend und als Indiz dafür, daß in der Zeit der stärksten radioaktiven Belastung besonders viele Kinder mit Chromosomen-Schaden gezeugt wurden. Normalerweise wären im strahlenintensiven Süden bei Fruchtwasseranalysen in den zwei Augustwochen nur fünf Fälle von Mongolismus zu erwarten gewesen.

Die Brisanz seiner Studie ist Sperling erst vergangene Woche klargeworden, als das Bonner Umweltministerium seine Bewertung zurückwies und die Strahlenschutzkommission der Bundesregierung ihn nach Bonn zitierte. Dort wurde der Wissenschaftler belehrt, daß es keinen Zusammenhang zwischen dem Fallout und der Trisomie 21 gebe und die hohe Zahl im Bereich »normaler Schwankungen« liege. Sperling zum STERN: »Die Strahlenschutzkommission nimmt das nicht so ernst wie ich. Ich bleibe dabei, daß der Verdacht auf einen Zusammenhang nicht widerlegt ist.«

Je höher die radioaktive Belastung, um so größer ist die Gefahr, daß Strahlen Erbgut-Schäden wie eine Trisomie 21 bewirken können. Dr. Peter Meinecke vom Humangenetischen Institut am Allgemeinen Krankenhaus Hamburg-Altona erklärt den Zusammenhang: »Kurz vor der Befruchtung ist die weibliche Eizelle besonders empfindlich. Wird sie wie mit einem Schrotschuß von einem Strahlentrefter bis zum Zellkern durchdrungen, dann kann der raffinierte Verteilungsmechanismus der



Chromosomen gestört werden, dies sich zu diesem Zeitpunkt von 46 auf 23 paarweise halbieren. Da passiert es dann, daß die Eizelle bei der Verschmelzung mit dem männlichen Samen 24 statt 23 Chromosomen mitbringt.« Der Name Trisomie 21 bedeutet, daß es in diesem Fall vom Chromosom 21 nicht nur einen männlichen und weiblichen Satz gibt, sondern noch einen überzähligen dritten.

Die Angst, ihr Kind könnte nicht gesund auf die Welt kommen, ist aufgrund der wachsenden Umweltbelastungen schon vor Tschernobyl bei manchen schwangeren Frauen groß gewesen. Doch nach Tschernobyl kam bei vielen Panik auf. Mütter, die im vergan-

genen April und Mai schwanger geworden waren, erlebten Alpträume. Roswitha Eichenseer-Bogner, 30, aus Roßdorf bei Marburg erinnert sich: »Ich glaubte niemandem, der mich beschwichtigen wollte. Immer wieder bin ich nachts aus dem Schlaf hochgeschreckt, habe geheult.«

Erst nach der Ultraschalluntersuchung in der 15. Schwangerschaftswoche habe sie wieder einigermaßen beruhigt schlafen können. Aber am meisten habe es ihr damals geholfen, daß sie sich mit anderen Müttern und Vätern zu einer Initiative »Eltern nach Tschernobyl« zusammenschloß: »Da fühlte ich mich nicht mehr so ohnmächtig.« Am 4. Januar hat sie

ihr zweites Kind, Tochter Marlin, gesund auf die Welt gebracht.

In Berlin verschickt ein Verein »Mütter und Väter gegen atomare Bedrohung« wöchentlich eine Liste mit 15 auf Radioaktivität untersuchten Lebensmitteln an 1800 Interessenten. Als »strahlenarm« bezeichnet der Berliner Radiologe Klaus-Peter Lischka alle Lebensmittel, die pro Kilogramm unter zehn Becquerel aufweisen. Er hat ausgerechnet, daß ein Kind, das entsprechend ernährt wird, in einem Jahr 30 Millirem auf seinem Strahlenkonto hat. Das mutet die Strahlenschutzverordnung nach § 45 einem Erwachsenen pro Jahr als Maximal-Wert zu.

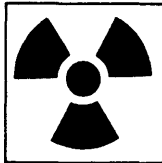
In der Woche vor Ostern ließ die Hamburger Gesundheitsbehörde Schokoladenhasen auf Becquerel untersuchen und fand Werte zwischen 14,4 bis 45,2 Bq Caesium pro Kilogramm. Daraufhin wurden schon verteilte Süßigkeiten im Wert von 50 000 Mark aus Kindertagesheimen zurückgerufen. »Daß die Behörden jetzt mit aufpassen und soviel Verantwortungsgefühl zeigen, dafür haben wir Elterninitiativen einen ganzen Winter lang gekämpft«, sagt die Hamburgerin Anne Wilken.

Der Bundesverband der Süßwarenindustrie nannte die Aktion eine »bedauerliche Panikmache«.

STERN vom 15.4.1987, S.20-26

## Wild: Beize bindet Becquerel

Die neuesten Strahlenmeßwerte / Fleisch meist unbelastet



Im Fleisch hat sich die Cäsiumbelastung erheblich vermindert. Bei Messungen von Schweine-, Rind-, Lamm- und Kalbfleisch hat die Stadt Landshut als Höchstwert 25 Bq Cäsium (in einer Probe Kalbfleisch) gefunden. Lamm war nicht höher als 8, Rind nicht über 5, Schwein nicht mehr als bis 3 Bq belastet. Geflügel hatte bis zu 8 Bq, gemessen in einer freilaufenden Gans aus der Nähe von Landau an der Isar.

Um einiges höher liegen die Meßergebnisse, über die das Berliner »Strahlentelex« berichtet. In Rindergulasch wurden 32, 15 und 10 Becquerel Cäsium gefunden; in Rinderrouladen ein Höchstwert von 58 Bq.

Beim Reh schwanken die Werte unterdessen zwischen 12 Bq/Kilo (gemessen in Berlin) und 542 Bq (gemessen bei Tieren aus Bayern). Im Strahlenlabor der Stadt Landshut wurden interessante Versuche unternommen, wie sich die Cäsiumbelastung vermindert, wenn man das Fleisch in eine Beize einlegt. In einer Beize aus 250 ml Essig, 375 ml Wasser, Zwiebeln und Wacholderbeeren verringerte sich die Belastung in Rehfleischstücken nach drei Tagen von 535 Bq/Kilo auf 270 Bq/Kilo. In einer ebenso angesetzten Beize, die allerdings innerhalb der drei Tage dreimal gewechselt wurde, waren von 542 Bq noch 184 Bq im Fleisch meßbar. Dafür war die Beize nun ebenfalls hoch belastet und nicht mehr für Soße verwendbar.

Dem Münchener Umweltinstitut ist erneut das Knäckebrot von Wasa aufgefallen. Wasa »Rustikal«, Roggenvoll-

korn-Knäckchen, enthielt 26 Bq Cäsium, Wasa »Köstlich« 21 Bq. Die Marken »Plus«, »Sesam« und »Vollkorn« desselben Herstellers stehen dagegen mit nicht mehr als 4 Bq in der Liste der Münchener.

»Restrisiko« (Wiesbaden) hat Kräuter-Tees gemessen und ist dabei beim Salbeiblättertée aus der Apotheke auf den Spitzenwert von 503 Bq/Liter gestoßen. Salbei-Tee von Salus: 65 Bq/Liter. Minze-Tee von Teekanne: 27 Bq. Früchte-Tee derselben Firma: 7 Bq, Frauenkräuter-Tee (»Herbaria«): 6 Bq. Weitere Sorten, also Hagebutten-Hibiscus-, Kamillenblüten-, Pfefferminz- und Vitamin-Früchte-Tees, waren nicht über 3 Bq belastet.

Bei der Babynahrung ist den Wiesbadenern der Apfel-Heidelbeer-Brei

### Neue Meßwerte lesen Sie jeden Samstag

von »De-Vau-Ge« einmal mit 15 und einmal mit 18 Bq aufgefallen. Alle anderen Proben von Breien, Müslis und Menüs für kleine Kinder erwiesen sich mit Werten um 1 und 2 Bq/Kilo als unbedenklich.

Zur Bewertung: Die Unabhängige Strahlenschutzkommission des BUND rät Erwachsenen zu einer Ernährung mit nicht mehr als 35 Bq/Kilo Nahrung. Kinder, Schwangere und Stillende sollten die Grenze bei 10 Bq ziehen. In den Handel dürfen keine Waren kommen, die über 600 Bq oder über 270 Bq (Milch und Milchprodukte) belastet sind. clau

## 2. Sicherheit und (Rest-)Risiko

Trotz aller Hinweise und Beteuerungen, daß die bundesrepublikanischen Kernkraftwerke die *sichersten in der Welt* seien, müssen Kernkraftbefürworter - Betreiber wie Wissenschaftler - zugeben, daß weder "Störfälle" noch ein GAU ausgeschlossen sind. Im Gegenteil: mit der Berechnung von Wahrscheinlichkeiten für einen GAU geht man explizit von der Möglichkeit und von dem tatsächlichen Eintreten solcher Ereignisse aus!

*Von einem Risiko spricht man i.a. dann, wenn ein als negativ angesehenes Ereignis im Bereich des Möglichen liegt. (...)*

*Als Maß für die Größe eines Risikos bietet sich (...) das Produkt aus erwartetem Schadensumfang und der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten dieses Schadens (innerhalb eines bestimmten Zeitraumes) an.*

aus: DIFF: Atom- und Kernphysik 4 - Kernenergie, Tübingen 1986, S.126

Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit für einen GAU, wie z.B. im Rasmussen-Bericht (1975) oder in der "Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke" (1979) vorgenommen, geht von diesen Voraussetzungen aus und versucht zunächst, einen Zeitraum für den Eintritt eines GAUs abzuschätzen. In diese Abschätzungen, für die in der deutschen Studie übrigens das KKW Biblis B als Modell benutzt wurde, gehen die ebenfalls geschätzten bzw. erwarteten Häufigkeiten von Ausfällen einzelner Systemteile entlang verschiedener Unfallpfade ein. Auf die Problematik unvorhergeseher "Pfade" hat bereits Traube hingewiesen (vgl. B2, S.36 ff). Problematisch erscheint auch die Verallgemeinerung von Ergebnissen, die an einem einzigen Reaktor-Modell gewonnen worden sind; eine Abschätzung von spezifischen Risiken für andere Kraftwerkstypen in gleicher Form existiert nicht.

*Die in der o.g. Studie ermittelte Wahrscheinlichkeit - daß nur einmal während 11.000 Reaktor-Betriebsjahren ein GAU eintritt - muß weiterhin in mehrfacher Weise relativiert werden:*

1. *hat die Zahl der Kernkraftwerke in den letzten 7 Jahren erheblich zugenommen; der Quotient aus Wahrscheinlichkeitszeitraum / Zahl der Kernkraftwerke liegt für den mitteleuropäischen Raum nur noch in der Größenordnung von Jahrhunderten (ganz abgesehen von "weniger sicheren" KKW's).*
2. *sagt ein Wahrscheinlichkeitszeitraum nichts darüber aus, wann ein Ereignis eintritt. Ein GAU kann ebenso am ersten wie am letzten Tag jener 11.000 Betriebsjahre stattfinden. (Da es sich um statistisch unabhängige Ereignisse handelt, gilt dies auch für den im Anschluß daran sofort neubeginnenden Wahrscheinlichkeitszeitraum in gleicher Weise.)*
3. *kann die zeitliche Ereigniswahrscheinlichkeit nur auf äußerst makabre Weise mit dem Schadensumfang zu einem "Rest"-Risiko verknüpft werden: Die voraussichtliche Zahl von Toten, Schwer- und Leichtverletzten und die erwarteten Langzeit- und Folgewirkungen muß als numerische (man-)Größe mit der Erwartungszeit multipliziert werden. (Nur dann kann man daraus die Aussage ableiten, daß eine Betäubungsspritze beim Zahnarzt mehr als 1000 mal gefährlicher sei, als die Gefahr, die von einem Kernkraftwerk ausgeht, wie vom "Deutschen Atomforum" verbreitet.)*

Generell stellt sich die Frage, ob es ethisch zulässig ist, mit solchen auf Menschenleben bezogenen "Rest"-Risiken zu argumentieren. Oder anders: Setzte man die absehbare und vermeidbare Gefährdung von Menschenleben als auszuschließendes Risiko in obiges Produkt mit  $\infty$  ein, das "Rest"-Risiko hätte sich selbst entlarvt.

### 3. Niedrigstrahlung und gesundheitliche Risiken

Ähnlich wie bei der "Risiko"-Abschätzung für einen GAU können die gesundheitlichen Langzeitschäden in quantitativer Hinsicht nur statistisch betrachtet werden. Im Unterschied zu den akuten Strahlenschäden (auch nicht-stochastische Schäden genannt) spricht man hier von *stochastischen Schäden*. Da sowohl während der Zeit der oberirdischen Atombombentests wie auch nach Tschernobyl die Werte der Radioaktivität in Mitteleuropa als "relativ" niedrig anzusehen sind (bezogen etwa auf die Verseuchung der Gegenden um Hiroshima und Nagasaki, des Bikini- oder Mururoa-Atolls, bestimmter Gegenden in Sibirien oder der Umgebung von Tschernobyl), besteht voraussichtlich noch nicht einmal die Chance, die als sicher erwartete Zunahme von Leukämiefällen oder Krebstoten - statistisch signifikant - zu erfassen. Unter der allgemein anerkannten Voraussetzung, daß es **keine unschädliche Dosis von Radioaktivität** gibt, gehen Schätzungen für eine

**Erhöhung der Radioaktivität um 1 millirem  
von einer Zunahme der Krebserkrankungen von  
0,2 bis 10 Fällen bezogen auf eine Million Menschen**

aus.

Für die im Frühsommer bestehende radioaktive Belastung ergibt sich daraus für die Bundesrepublik eine zusätzliche Zahl von

**1200 bis 60.000 Krebsfällen.**

Bei den Abschätzungen, die hohe Krebszuwächse prognostizieren, haben die jeweiligen Mediziner und Strahlenbiologen berücksichtigt, daß es qualitative Unterschiede zwischen natürlicher und zivilisationsbedingter Radioaktivität auf der einen und Radioaktivität aus Kernkraftwerken auf der anderen Seite gibt (vgl. Abschnitt A5, S.16). So unterscheiden sich beide Sorten sowohl in der Zusammensetzung hinsichtlich der vertretenen Isotopen als auch bezüglich der Anreicherung in Umwelt und im Körper und etwaiger Akkumulation in bestimmten Organen (vgl. A6, S.21). Umstritten ist bei diesen Abschätzungen auch die Annahme eines linearen Zusammenhangs von zusätzlicher Dosis und zusätzlichen Krankheitsfällen, und zwar als zu pessimistischer bzw. zu optimistischer Grundannahme.

In jedem Fall verschwinden die mindestens 1200 zusätzlichen Krebsfälle bei einer ohnehin vorhandenen jährlichen Neuerkrankungsrate von ca. 160.000 und einer großen Schwankungsbreite der jährlichen Krebstodesrate voraussichtlich in der Statistik.

*Einige Befunde betreffend weitere Gesundheitsschäden:*

- Frauen, die sich während der ersten Schwangerschaftsmonate einer Röntgenaufnahme im Bauchbereich unterzogen hatten (30 - 90 mrem), gebaren Kinder, die innerhalb der ersten 10 Lebensjahre eine 40 bis 50% höhere Leukämierate aufwiesen.
- Desgleichen traten 30 bis 60 % mehr Fehlbildungen und Fehlgeburten auf.
- Amerikanische und japanische Ärzte gehen von einer Verdopplung der "Mutationsrate" für jeweils 10 bis 100 millirem aus; für die BRD heißt dies nach Tschernobyl: ca. 500 zusätzliche schwere genetische Erkrankungen jährlich. Die Folgen machen sich - bei Schädigung der Keimdrüsen - meist erst in der zweiten Generation bemerkbar; aus Japan gibt es dazu hinreichende Belege.
- Aus dem Beir-Bericht der Nationalen Akademie der Wissenschaften der USA läßt sich schließlich eine Zunahme von allgemeinen Gesundheitsstörungen um etwa 3% ableiten, ebenso eine Zunahme der allgemeinen Todesrate um 0,2%.
- Kinder müssen - bei jedweder Art der Erhöhung der Radioaktivität wegen des noch nicht abgeschlossenen Wachstumsprozesses und des beschleunigten Stoffwechsels als besonders gefährdet eingestuft werden.

nach Angaben aus: **Fraktion Gesundheit** (Hrsg.): Tschernobyl, Berlin im Mai 1986

und: Dr. Th. Boese: Kinderfachärztliche Stellungnahme zur Strahlenbelastung. (Kassel, Mai 1986)

Zu diesen statistischen Abschätzungen ist anzufügen, daß sie für den einzelnen relativ wertlos sind. Zwar existiert eine kausale Verknüpfung zwischen radioaktiver Einwirkung auf Zellebene und einer biochemischen Schädigung. Wie aber ein wirksamer "Treffer" vom Zufall abhängt (und somit statistisch betrachtet werden kann), hängt die Erkrankung eines bestimmten Menschen von vielen Faktoren und bestimmten Umständen ab, die sich in ihrer Wirkung ebenfalls nur statistisch erfassen lassen.

Bei der Abwägung der *ethischen Vertretbarkeit* der Kernenergie sollte man sich daher eher von der späten Einsicht des damaligen US-Präsidenten J.F.Kennedy leiten lassen, der nach der Einstellung der Atombombentests 1963 feststellte:

*"Die Zahl der Kinder und Kindeskinde mit Krebs in ihren Knochen, mit Leukämie im Blut oder mit Gift in ihren Lungen mag manchen Leuten statistisch klein erscheinen. (...) Der Verlust auch nur eines Menschenlebens oder die Verkrüppelung auch nur eines Säuglings, mag er noch so lange nach unserem Ableben erst zur Welt kommen, muß uns alle angehen. Unsere Kinder und Kindeskinde sind nicht nur statistische Größen, denen wir gleichgültig gegenüberstehen können."*

zitiert nach taz vom 31.5.1986, S.18

Dagegen stellte Bundeskanzler Helmut Kohl in seiner Regierungserklärung am 14. Mai 1986 fest:

*Die Nutzung der Kernenergie in der Bundesrepublik "dient unserer Gesundheit und schützt unsere Umwelt, weil sie die Luft nicht belastet, und sie ist wirtschaftlich sinnvoll, weil sie unserer Volkswirtschaft durch niedrige Kosten Arbeitsplätze erhält". Das "theoretisch verbleibende Restrisiko für uns alle" sei "vertretbar und die Nutzung der Kernenergie ethisch zu verantworten". (vgl. B2, S. 48)*

**Alle halten dicht  
nur der Reaktor nicht**

# Überdurchschnittlich viele Blutkrebsfälle bei Würgassen

Kinderarzt wertete Statistik für die Umgebung des Atomkraftwerks aus  
Strahlenbelastung höher als bei anderen Meilern

Von unserer Mitarbeiterin Anne Riedel

KASSEL, 9. März. In der Umgebung des nordrhein-westfälischen Kernkraftwerkes Würgassen sind überdurchschnittlich viele Kinder und Jugendliche an Blutkrebs erkrankt. Nach einer am Mittwoch in Kassel veröffentlichten Untersuchung des Kinderarztes Matthias Demuth wurden seit 1980 im Umkreis von 20 Kilometern des Atomkraftwerkes 14 Leukämiefälle registriert. „Normal“ wären mit Blick auf statistische Berechnungen und die durchschnittliche Häufigkeit höchstens acht Leukämieerkrankungen in dieser Altersgruppe. Demuth bezeichnete die Erhöhungen als signifikant.

Die Wahrscheinlichkeit, daß die überdurchschnittliche Häufigkeit der Krankheitsfälle zufällig auftrat, sei mit unter zwei Prozent äußerst gering. Demuth zog daraus das Fazit, daß die Erhöhung der Leukämiefälle mit sehr großer Wahrscheinlichkeit durch radioaktive Strahlung aus dem Atomkraftwerk verursacht sei.

Der Arzt stützte sich bei seinen Untersuchungen unter anderem auf die seit 1980 zentral vom Institut für medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz erfaßten Krebserkrankungen. Dort wurden bis 1986 rund 7630 krebskranke Kinder unter 15 Jahren registriert, darunter rund ein Drittel Leukämiefälle.

Nach den Ergebnissen der Kasseler Studie erkrankten in dem 20-Kilometer-Radius um Würgassen zehn Kinder im

Alter bis zu 15 Jahren. Bei einer aufgrund des Mainzer Datenmaterials ermittelten „erwarteten“ Leukämiefallzahl von durchschnittlich 6,22 entspricht dies einer Erhöhung von mehr als 60 Prozent. Bei den 15- bis 20jährigen Jugendlichen wurden in diesem Gebiet vier Fälle registriert. Auf der Basis des statistischen Durchschnittswertes von 1,64 Fällen ergibt sich für diese Altersgruppe eine Erhöhung der Zahl der Erkrankungen um über das Doppelte.

Demuth stellte dazu fest, daß durch diese Zahlen noch kein direkter Zusammenhang zwischen den Strahlungsabgaben des Kraftwerkes in Würgassen und den erhöhten Fallzahlen bewiesen werden könne. Einen solchen Zusammenhang herzustellen, erscheine allerdings nicht abwegig. Die Strahlenbelastung in der Umgebung des Atomkraftwerkes Würgassen, im Dreiländereck Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Hessen gelegen, lag auch nach offiziellen Angaben etwa in Bundestagsdrucksachen immer deutlich über der aller anderen Atommeiler.

Die 1972 als damals größtes Kraftwerk Europas errichtete Anlage ist nicht zuletzt aufgrund der zahlreichen Störfälle und der inzwischen veralteten, nach heutigen Sicherheitsanforderungen nicht mehr genehmigungsfähigen Technik umstritten. Eine Initiative namens „Unser Recht auf Stillelegung — UNRAST“ ist deswegen angetreten, die Stillelegung des

Kraftwerkes auch gerichtlich durchzusetzen.

Ob in den Störfällen und der dabei ausgetretenen Radioaktivität oder in der im Vergleich zu anderen Atomkraftwerken hohen „normalen“ Strahlenbelastung eine Ursache für die erhöhten Leukämiefälle zu sehen ist, müßte nach Ansicht des Kasseler Arztes durch zusätzliche Untersuchungen geklärt werden. Demuth wies in diesem Zusammenhang darauf hin, daß durch die zentrale Datenerfassung aller Leukämiefälle in Mainz die Möglichkeit besteht, entsprechende Studien für den Umkreis aller bundesdeutschen Atomkraftwerke zu erstellen.

Das nordrhein-westfälische Wirtschaftsministerium, dem die Studie des Kasseler Arztes bekannt ist, nimmt die Untersuchungsergebnisse nach den Worten eines Sprechers „sehr ernst“. Die Zahlen und Fakten müßten vor einer ausführlichen Stellungnahme allerdings erst noch geprüft werden, hieß es.

Frankfurter Rundschau  
vom 10.3.1988, S.4

## Krebs soll als Berufskrankheit von Atomarbeitern anerkannt werden

Bonner Studie über Strahlenbelastungen in Wiederaufbereitungsanlagen bekannt geworden

Mangelnden Gesundheitsschutz beklagt

Von unserem Korrespondenten Reinhard Voss

DÜSSELDORF, 19. Januar. Nach mehr als vierjährigen Untersuchungen, Messungen und wissenschaftlichen Diskussionen haben Experten des Deutschen Gewerkschaftsbundes (DGB), Betriebsräte in den Atomkraftwerken und kern-technischen Forschungsstätten sowie Vertreter der betroffenen Wirtschaftsunternehmen eine Studie über „Arbeitsbedingungen in nuklearen Wiederaufbereitungsanlagen“ im Auftrag des Bundesforschungsministeriums erarbeitet, die am kommenden Freitag nach einer abschließenden Diskussion aller Beteiligten dem Forschungsminister Heinz Riesenhuber übergeben werden soll. Teile dieser umfangreichen Arbeit sind schon jetzt bekannt geworden. Aus ihnen geht hervor, daß heute niemand die Behauptung aufstellen könne, „wonach kein erhöhtes Risiko für Strahlenarbeiter im Vergleich zu anderen Industriezweigen“ bestünde.

Konkrete Verbesserungsvorschläge, die auf eine lückenlose Gesundheitsüberwachung der Beschäftigten in den Atomanlagen zielten, blieben heute noch immer „im Gestrüpp von Einzelinteressen stecken“. In der Studie heißt es in diesem Zu-

sammenhang: „In mehreren Gesprächen mit Betreibern atomtechnischer Anlagen, der Überwachungsbehörde und Gutachtern wurde deutlich, daß das Fehlen einer zentralen Dokumentation und zielgerichteten Standardisierung von Belastungsdaten die Ursache für Mißverständnisse, die Aufrechterhaltung von Unsicherheiten und damit die eingeschränkte soziale Absicherung von Arbeitnehmern im Strahlenbereich darstellte.“ Die Hindernisse bei der Wahrnehmung des Gesundheitsschutzes seien „beachtlich“, urteilen die Experten.

Insgesamt wurden von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern dieses Forschungsprojektes 21 Einzelfragen untersucht. Nachdem bis zum Juli vergangenen Jahres nur in 13 dieser 21 Fragen in der Projektgruppe eine einvernehmliche Bewertung der Arbeitsergebnisse erzielt werden konnte, wurden Nachbesserungen und ergänzende Arbeiten in Auftrag gegeben, deren Erledigung bis in die letzten Dezembertage dauerte.

Die Gewerkschafter, Betriebsräte und die Experten der Atomindustrie — in der Studie zusammenfassend als „Sozialpart-

ner“ bezeichnet — stellten in ihrer Arbeit einen „Handlungsbedarf“ fest. Sie kamen zwar zu dem Ergebnis, daß ein „öffentlicher Streit über die Anlastung von technischen und administrativen Defiziten oder bisherigen wissenschaftlichen Fehlbewertungen“ beim Schutz von Arbeitnehmern in der Atomindustrie „nicht im politischen oder technologischen Interesse“ liege. Aus „sozialer Verantwortung“ seien jedoch „Maßnahmen unumgänglich“.

Zu diesen Maßnahmen zählen die Verfasser der Studie die grundsätzliche Anerkennung von bestimmten Krebsarten als Berufskrankheit im „Strahlenkontrollbereich“ und die Umkehr der Beweispflicht vom Arbeitnehmer auf den Arbeitgeber in solchen Atomanlagen. Außerdem müßten die Mitwirkungsrechte des Betriebsrates beim Strahlenschutz präzisiert und die Stellung des Strahlenschutzbeauftragten, sein Verantwortungsbereich und seine Absicherung verbessert werden. ■ ■ ■

Frankfurter Rundschau  
vom 20.1.1987, S.1

#### 4. Schutzmaßnahmen und Verhaltensvorschriften

Die Reaktionen auf den Reaktorunfall in Tschernobyl haben deutlich gemacht, daß Betreiber, Politiker und verantwortliche Wissenschaftler bislang die reale Möglichkeit eines Reaktorunfalls dieser Art mit den entsprechenden Fernwirkungen nicht in Betracht gezogen haben. Gerüstet ist man allerdings – was die dann einzuleitenden Maßnahmen angeht – für die unmittelbar von einem GAU betroffenen Gebiete und Bewohner (gekürzter Auszug aus: *Spiegel* Nr.19 vom 5.5.1986, S.128 ff.):

## „Panzer gegen die verseuchte Bevölkerung“

Geheime Katastrophenschutz-Planungen für den Fall eines westdeutschen GAU

Eine Katastrophe wie bei Kiew kann es nach amtlicher Darstellung in der Bundesrepublik eigentlich gar nicht geben. Dennoch stehen in den Panzerschränken westdeutscher Behörden seit Jahren dickleibige Ordner mit großenteils geheimen Plänen für den Fall eines GAU.

Detailliert regeln die sogenannten „Kats“-Papiere, die an sämtlichen Atomstandorten nach Bundesrahmeneempfehlungen aufgestellt worden sind, was im Katastrophenfall zu geschehen hat – von der Alarmierung der Bevölkerung bis zu ihrer Evakuierung.

Im Ernstfall soll die Bevölkerung zunächst durch eine „wichtige Durchsage“, eingeschoben ins laufende Radioprogramm, oder mittels Lautsprecherwagen informiert werden: „Achtung! Achtung! Hier spricht die Polizei!“ Alle werden „dringend gebeten, sich sofort in geschlossene Räume zu begeben und alle Fenster und Türen zu schließen“.

Zum „Schutz Ihrer Gesundheit“ sollen die Bürger „Keller oder innenliegende Räume“ aufsuchen, alle „Lüftungs- und Klimaanlage“ abschalten und den „Verzehr von frisch geerntetem Gemüse, frisch gemolkener Milch und allen im Freien gelagerten Lebensmitteln“ vermeiden.

Sodann wird allen Personen, die „sich nach Eintritt des Unfalls im Freien aufgehalten haben“, dringend angeraten, „die getragene Kleidung zu wechseln und sich gründlich zu duschen oder zu waschen“. Die abgelegte Kleidung soll, möglichst verpackt, in einer entfernten Ecke verstaut werden.

„Dies sind vorsorgliche Maßnahmen“, heißt es am Ende der Durchsage, „lassen Sie Ihr Radio eingeschaltet.“ Im übrigen bestehe „kein Anlaß zur Beunruhigung“ – es sei denn, die radioaktiven Stoffe verseuchen bereits massenhaft die Umwelt. Bei solchen schweren Störfällen nämlich nützt kein Verkriechen im Keller mehr, die Katastrophenmelder empfehlen dann Reißaus:

Kraftfahrzeugbesitzer werden gebeten, möglichst ältere oder gehbehinderte Nachbarn, Mütter mit Kleinkindern und andere hilfsbedürftige Nachbarn bis zu den genannten Kontrollstellen mitzunehmen. Wer nicht motorisiert ist, begibt sich auf kürzestem Weg zur nächsten Schule, Sporthalle, Gemeindehalle, Kirche oder einem anderen festgelegten Versammlungsraum und wartet dort auf die Abholung.

Dann ist nur das „Notwendigste“ mitzunehmen, Ausweise etwa, Wertpapiere, einmal Kleidung zum Wechseln und „Mundvorrat als Wegzehrung“, alles „staubdicht“ verpackt, beispielsweise „in verschnürten Plastiktüten“. Flüchtlinge ohne Auto sollen „bitte nur Handgepäck und wenn möglich eine Decke“ tragen. Zum persönlichen Schutz gegen Strahlen und Fallout wird geraten: „Atmen Sie im Freien möglichst nur durch ein Taschentuch.“

Wer gerade nicht laufen kann oder gar ans Bett gefesselt ist, soll aus „einem Fenster zur Straßenseite ein Bettlaken“ raushängen: „Die geräumten Gebiete werden überwacht; im Bedarfsfall wird Ihnen geholfen werden.“ „Schulen und Kindergärten werden dann gesondert mit Bussen evakuiert.“ Auch „für Altenheime, Pflegeheime und Krankenhäuser wird so vorgesorgt, daß sich die Angehörigen keine Sorgen machen müssen“.

In den Schulen von Rheinland-Pfalz beispielsweise geht es nach der amtlichen „Katastrophenschutz-Vorsorge“ auch beim Atomunfall ordentlich zu wie in der Kadettenanstalt. „Der Schulleiter weist Schüler, Lehrer und sonstige Bedienstete auf die bestehende oder drohende Gefahr hin und ordnet an, daß bis auf weiteres niemand ohne seine Erlaubnis die Schule verlassen darf.“

Kommt der Befehl zur Evakuierung, „sorgt der Schulleiter für einen geordneten Ablauf“. Er muß Lehrer bestimmen, „die sich vor der Abfahrt vergewissern, daß niemand im Schulgebäude zurückgeblieben ist, und die für den reibungslosen Einstieg in die Fahrzeuge und für Ordnung während der Fahrt sorgen“.

Denn vor allem soll die Flucht sich geordnet vollziehen, als ginge es hinaus zum Ausflug in den strahlenden Mai. „Wohnungs- und Haustüren“ sind zu „verschließen“, und wer unterwegs ist, soll „auf jeden Fall“ auch dann „Ruhe bewahren“, wenn ihm „Meßtrupps und Hilfskräfte unter Schutzmasken und Schutzanzügen begegnen“.

„Man kann nicht mit der kleinsten Sicherheit voraussagen“, meint Peter Mikolajczyk vom Landkreis Groß-Gerau, in dessen Nachbarschaft die Kraftwerksblöcke von Biblis stehen, „wie sich so ein Einsatz tatsächlich abspielt.“ Mikolajczyk weiß, „daß man kaum realistisch so einen Störfall üben kann, bei dem womöglich eineinhalb Millionen Menschen zu dekontaminieren sind“.

Was mit den massenhaft verstrahlten Menschen geschieht, ist ungewiß. Oberkreisdirektor Kallmeyer aus Niedersachsen etwa will Helfer aus Bund und Ländern herbeirufen, einschließlich „Bundeswehr und Bundesgrenzschutz“.

Polizisten und Soldaten müßten dann, schrieb vor fünf Jahren der Fachautor Holger Stroh in seinem Buch „Friedlich in die Katastrophe“, möglicherweise eine makabre Pflicht zum Schutz der noch nicht bestrahlten Bevölkerung übernehmen: Ähnlich wie in dem vor drei Jahren gesendeten WDR-Fernspiel „Im Zeichen des Kreuzes“ hätten bewaffnete Kräfte das Gefahrengebiet abzusperren.

„Mir wurde“, versichert Fachmann Stroh, „mehrfach von hohen Offizieren mitgeteilt, daß für solche Notfälle der Einsatz von Schußwaffen und Panzern geplant sei, um notfalls die verseuchte Bevölkerung zurückzuhalten.“

**Vier Monate nach der verschwiegenen "schweren Betriebsstörung"  
im Block A des Atomkraftwerks Biblis:**

## Wo Ernstfall und Planspiel aufeinandertreffen

**Katastrophenschützer probten am Wochenende einen simulierten Reaktorunfall in Biblis**

BIBLIS/HEPPENHEIM. „Auf dem Papier sind die Busse natürlich vorhanden“, sagt der Mitarbeiter einer Katastrophenschutzbehörde, „aber bringen sie mal im Ernstfall einen Fahrer dazu, in die radioaktive Wolke hineinzufahren, um Menschen zu evakuieren.“ Eine Einschätzung, die am grünen Tisch wenig zählt, wenn es um die Übung von Katastrophenschutz geht. Rund um das Atomkraftwerk Biblis probten am Wochenende mehr als tausend Feuerwehrleute, Sanitäter, Strahlenschutzexperten, Ärzte und behördliche Katastrophenschützer den Ernstfall, den GAU (größter anzunehmender Unfall) im Block A des Werkes. Eine Übung, die vor dem aktuellen Hintergrund von Flugzeugabstürzen in unmittelbarer Nähe von Kernkraftwerken und eines Zwischenfalls in Biblis vor einer Woche von besonderer Brisanz ist.

• • •

In den Straßen von Heppenheim oder von Biblis bekommt die Bevölkerung vom gespielten Ernstfall kaum etwas mit. Der Polizeihubschrauber hebt vom Rasen des Heppenheimer Stadions ab und soll radioaktiv verseuchte Boden- und Luftproben nach Darmstadt zur Untersuchung fliegen.

Ernstfall und Planspiel liegen nicht weit auseinander. Zu Beginn vergangener Woche hatte ein Brand in der außerhalb von Maschinen- und Reaktorhaus gelegenen Schaltanlage den Block B vorübergehend lahmgelegt. Schnellabschaltung von Turbinen und Reaktor waren die Folge, die vier Notstromaggregate, mit Diesel betrieben, sprangen automatisch an und übernahmen die Stromversorgung, ohne die es zu Schäden im Reaktorkern kommen kann, da eine Kühlung nicht mehr gewährleistet ist. Daß die Betonhülle von Block A einem Absturz eines Flugzeuges nicht standhalten würde, das ist kein Geheimnis, von den Gefahren für außerhalb liegende, für die Sicherheit aber nicht unwichtige Anlagen einmal abgesehen. Kraftwerkschef Fred Maier sagt an diesem Tag vor einer Besuchergruppe: „Auch mir wäre es lieber, wenn hier oder in der näheren Umgebung keine Überflüge stattfänden.“

Bei der Störfallübung „Biblis '88“ nimmt man an, daß nach einer Reaktorschnellabschaltung nur einer der vier Diesel in Gang kommt, und später auch noch dieses Aggregat ausfällt. Ein Fall, so Helge Schier vom hessischen Ministe-

rium für Umwelt und Reaktorsicherheit, der in der Bundesrepublik bislang nicht eingetreten sei. Es kommt, so die Autoren des Übungsszenarios, im Laufe des Störfalles zu einer erheblichen Freisetzung von Radioaktivität innerhalb des Reaktorgebäudes, die später — laut Drehbuch — zum Teil über den Kamin ins Freie abgelassen wird. Dadurch werden auch Menschen verseucht, die später in einer aufgebauten Notfallstation behandelt werden. Der angenommene Störfall, so Schier, hat etwa die Dimension eines Unfalls, wie er im US-amerikanischen Harrisburg vor etlichen Jahren geschah. Ein Fall, der trotz der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl immer noch als unwahrscheinlich eingestuft wird. Originaltext Umweltministerium: „Nach menschlichem Ermessen (ist) ein Kernkraftwerk in der Bundesrepublik — am Maßstab der menschlichen Vernunft gemessen — als weitestgehend sicher anzusehen. Trotz dieser Maxime des Sicherheitsverständnisses wird ein Restrisiko nie völlig auszuschließen sein.“

Es müssen also Vorbereitungen auch für den Fall getroffen werden, der „außerhalb normalen menschlichen Ermessens liegt“. Rund um Heppenheim probten die Katastrophenschützer am Wochenende vor allem den Betrieb einer in einer Schule untergebrachten Notfallstation, in der rund hundert freiwillige Statisten all jene Stationen durchliefen, die im Falle einer tatsächlichen Dekontaminierung zur Entseuchung und ärztlichen Behandlung nötig wären. Ebenfalls ein Teil der Übung sollte das Zusammenspiel der Meßdienste sein, die in derartigen Störfällen das Ausmaß der radioaktiven Verseuchung in Luft, Boden, Wasser und Pflanzen zu untersuchen haben. Im Stadion von Heppenheim bezog dazu der Meßdienst Quartier, dorthin brachten die Meßhilfsdienste ihre in Plastik verpackten Proben, die sie an den fast 150 festgelegten Meßorten sammelten. Im Ernstfall würden diese Proben dann nach Darmstadt zur Außenstelle der Hessischen Landesanstalt für Umwelt geflogen.

Gegenstand des Szenarios sollte auch die länderübergreifende Kommunikation und insbesondere die Entscheidungsfindung innerhalb des Führungsstabes sein — unter anderem die Frage, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Größenordnung die Ausgabe von Jodtabletten oder auch die Evakuierung nötig wären. Daß die

Evakuierung selbst nicht Gegenstand von „Biblis '88“ sein konnte, erklären die beteiligten Katastrophenschützer mit der Wirkung in der Bevölkerung: „Einen solchen Fall kann man psychologisch nicht verantworten“ — auch wenn er nur simuliert wird. Ohnehin ging das Drehbuch von einer erheblichen radioaktiven Kontamination nur innerhalb der näheren Umgebung aus, ließ eine Verseuchung außerhalb der im Katastrophenschutzplan niedergelegten 25-Kilometer-Zone unberücksichtigt. Und die Dekontaminierung von Straßen und Gebäuden, wie in der Realität nötig, lassen die Manöverteilnehmer natürlich auch außer acht. „Das würde schließlich Jahre dauern“, so ein Teilnehmer. Zu solchen Übungen gehört hingegen das Einkalkulieren einer Panik in der Bevölkerung. So wird vermutet, daß etwa die Hälfte der Bevölkerung mit dem eigenen Auto zu flüchten versuchen werde. Diese Annahme werde deshalb zu weitreichenden Verkehrslenkungen durch die Polizei führen.

Daß während der Übung nicht alles wunschgemäß verlief, räumte Landrat Kaßmann im Anschluß an die Übung ein. Pannen bei der Nachrichtenübermittlung seien es vor allem gewesen. Für Kaßmann steht nach Ende von „Biblis '88“ auch die Forderung nach einer neuen Struktur für die Einsatzleitung. Der Einsatz der Trupps dürfe in derart schwerwiegenden Fällen nicht beim Landrat liegen. Die Entscheidungskompetenz sollte kreisübergreifend beim Regierungspräsidenten angesiedelt werden, schlug Kaßmann vor. STEPHAN BÖRNECKE

**Frankfurter Rundschau  
vom 25.4.1988, S.14**



Der unvorstellbare Unfall von Tschernobyl rief Verwirrung bei der Bevölkerung hervor, verursacht durch Verharmlosung des Geschehenen und widersprüchliche Empfehlungen, obwohl nach Auffassung von Regierung und Strahlenschutzkommission (trotz stellen- und stundenweiser Spitzenwerte für Radioaktivität, die den Normalpegel bis zum 4000fachen überschritten) "nach den vorliegenden Erkenntnissen keine Gefahr für uns" bestand.

Die Unhaltbarkeit dieser Äußerung läßt sich durch zwei Beispiele belegen:

*"Der amtliche Grenzwert für belastete Milch von 500 Becquerel pro Liter (Hamburg 50, Hessen 20) kann leicht eine Überschreitung des gesetzlichen Grenzwertes für die Belastung der Schilddrüse (90 mrem pro Jahr) bewirken: eine Aktivität von 500 Becquerel durch Jod-131 entspricht 175 Millirem. Ein Liter dieser Milch dürfte nach den Vorschriften für die Benutzung eines Isotopenlabors nicht in die öffentliche Kanalisation gekippt, sondern müßte als radioaktiver Sondermüll behandelt werden".*

(G. Haaf: So niedrig sind die Werte nicht. Die Zeit Nr. 21 vom 16.5.86, S.76)

Oder:

*"Nach diesem Grenzwert (von 500 Becquerel, die Verf.) ist ein Liter Milch für ein Kind so schädlich, wie 10 Röntgenaufnahmen am Tag. Wer würde einem Kind eine solche radioaktive Belastung zumuten?" (...)*  
*"Ein Kind, das diesen Liter Milch trinkt, nimmt damit so viel Radioaktivität auf, wie ein Erwachsener sonst in einem Jahr".*

(Prof. Begemann im Sterninterview: Das dicke Ende kommt noch. Stern Nr. 21 vom 15.5.86, S.27)

Nachweislich überschritten im Frühjahr und Frühsommer 1986 auch die Aktivitätswerte auf dem Boden die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung.

*"So gilt als Grenzwert der Flächenkontamination für Arbeitsgegenstände, Kleidung, Wäsche außerhalb von betrieblichen Überwachungsbereichen für Isotope, die keine Alpha-Strahlen aussenden, das Maß 0,37 Becquerel pro Quadratcentimeter (3700 Becquerel pro Quadratmeter). In Garching wurde freilich etwa 20.000 Becquerel pro Quadratmeter nur durch Cäsium-137 gemessen. Die Spitzenwerte in der Bundesrepublik (für alle Isotope) lagen sogar dreizehnmal höher, als in der Strahlenschutzverordnung erlaubt. (...)*

*Für Skeptiker, denen die Lautlosigkeit der Bedrohung als Harmlosigkeit erscheint, bietet sich ein Vergleich an: Durch alle die oberirdischen Kernwaffenversuche vor dem amerikanisch-britisch-sowjetischen Teststoppabkommen 1963 stieg die Strahlenbelastung von Bundesbürgern um zehn Prozent an - ungefähr so viel wie nun durch den einzigen Super-GAU in der Ukraine"*

(G. Haaf, ebenda)

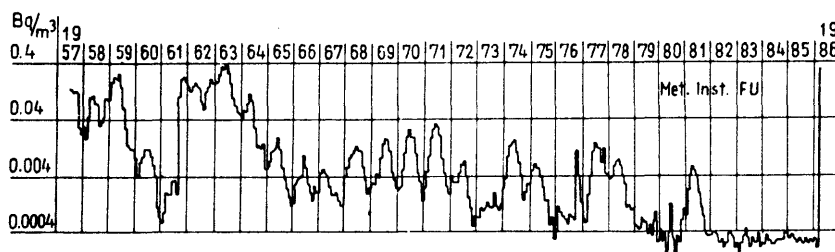


Abb.: Verlauf der Monatswerte der langlebigen (künstlichen) Radioaktivität in den 30 Jahren 1957 bis 1986, gemessen am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. Es ist zu beachten, daß sich die Monatswerte von 1963 und 1985 um den Faktor 1000 unterscheiden



# Die rechtlichen Spätfolgen von Tschernobyl

## Neue EG-Grenzwerte

von Ernst Rößler



Umgebung eines Atomkraftwerks zugemutet werden dürfen. Man einigte sich auf eine Ganzkörperdosis von 30 mrem über den Belastungspfad Wasser und nochmals 30 mrem über Luft. Dieses sogenannte 30 mrem-Konzept war als obere Grenze der Belastung gedacht. Die Strahlenschutzverordnung formuliert auch das Minimierungsgebot, wonach die Strahlenexposition »so gering wie möglich« gehalten werden sollte. Diese maximal zulässigen Belastungswerte galten als gesellschaftlich akzeptables Risiko und ermöglichten gleichzeitig den Ausbau des Atomenergieprogramms in der Bundesrepublik Deutschland.

Festzuhalten bleibt hier, daß 30 mrem ca. ein Viertel der natürlichen Ganzkörperbelastung ausmachen. D.h., man war sich einig, daß schon ein Bruchteil der natürlichen Dosis ein Risiko darstellt. Damit war ein Maßstab für die Gefährlichkeit von Radioaktivität gesetzt, der auch internationalen Maßstäben genügte.

Weiterhin legt die Strahlenschutzverordnung die Berechnungsgrundlage für die Strahlenbelastung fest. In Paragraph 45 heißt es: Die Strahlenexposition muß für »die ungünstigste Einwirkungsstelle unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Belastungspfade einschließlich der Ernährungsketten berechnet werden. Mit anderen Worten: an den am stärksten belasteten Orten darf die Belastung von Einzelpersonen der Bevölkerung 30 mrem nicht überschreiten. Diese Berechnungsgrundlage ist von größter Bedeutung: sie wird in den Katastrophenpläne nach Tschernobyl fallengelassen.

Diese Regelungen der Strahlenschutzverordnung betreffen den Normalbetrieb eines Atomkraftwerks, so auch den GAU, denn für ihn ist ein deutsches Atomkraftwerk ausgelegt. Tschernobyl hat dies alles durcheinander gebracht. Der bislang undenkbbare Super-GAU hat stattgefunden. Nachdem schon Harris-

burg erste Zweifel schürte, war spätestens nach Tschernobyl auch dem letzten Experten klar, daß die Sicherheit von Atomkraftwerken begrenzt ist, daß selbst in einer Entfernung von 1 500 km es noch zu beträchtlich volkswirtschaftlichen Schäden kommen kann.

\*\*\*

Da aufgrund der Interessenlage der meisten Experten, ein Ausstieg aus der Kernenergie nicht denkbar ist, mußte versucht werden mit neuen Katastrophenplänen, diese Technik wieder in den Griff zu bekommen. Weltweit eifern nun Expertengruppen um den besseren Schutz der Bevölkerung für die Zukunft des Atomzeitalters. So möchte auch die Europäische Gemeinschaft für den nächsten kerntechnischen Unfall vorbereitet sein und beauftragte eine Sachverständigergruppe, Richtlinien für einen kerntechnischen Unfall oder, wie es heißt, für den Fall anomaler Radioaktivitätswerte auszuarbeiten. Die Europäische Kommission will in Zukunft über eine Verordnungsmöglichkeit verfügen, die im Katastrophenfall im voraus festgelegte Grenzwerte zur Anwendung bringt und ein einheitliches Vorgehen in der EG ermöglicht. Diese Verordnung soll ab November diesen Jahres die jetzt noch endgültig Importgrenzwerte von 370 bzw. 600 Bq/kg ersetzen. Die ganze öffentliche Diskussion dreht sich nun um die Höhe dieser dann für die Zukunft festgeschriebener Grenzwerte.

### Die Antwort der Experten

Dem zunächst von den Experten vorgeschlagenen »Expositionskontrollsystems« zum Schutze der Bevölkerung liegt das Prinzip zu Grunde, »daß die Kosten für die Gesellschaft und die mit der Einführung bestimmter Gegenmaßnahmen verbundenen Risiken nicht

die Kosten und Risiken übersteigen dürfen, die mit der Verhinderung der Strahlenexposition verbunden sind.« Hier wird offensichtlich das Minimierungsgebot der gültigen StrlSchV durch das Alara-Prinzip (as low as reasonable achievable – so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar) ersetzt, wobei vernünftigerweise meist durch wirtschaftliche Gesichtspunkte bestimmt ist.

Entsprechend wurde die Verlängerung der bestehenden EG-Import-Grenzwerte von 370 bzw. 600 Bq/kg u.a. damit begründet, »die Verordnung habe nicht zu erheblichen Schwierigkeiten im Handel geführt« (Bericht der Europäischen Kommission Januar 1987).

Mit Hilfe dieser Überlegungen gelangt die Sachverständigen-Gruppe zuzufolgendes »Notfall-Expositionsreferenzwerte«, d.h. Dosiswerten:

- ▶ ein unterer Wert, unterhalb dessen Maßnahmen aus Gründen des Strahlenschutzes mit höchster Wahrscheinlichkeit nicht gerechtfertigt sind, und
- ▶ ein oberer Wert bei, dem aus Gründen des Strahlenschutzes Maßnahmen mit größter Wahrscheinlichkeit durchzuführen sind.

Für das erste Jahr nach einem kerntechnischen Unfall werden die Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) übernommen, d.h. 500 mrem für den unteren Grenzwert und 5 000 mrem für den oberen. 5 000 mrem ist die Dosis, die auch der speziellen Gruppe der beruflich Strahlenexponierten pro Jahr zugemutet wird. Für die folgenden Jahre werden Werte von 100 mrem bzw. 1 000 mrem empfohlen, d.h. als gefährlich (zur Erinnerung: dies liegt in der gleichen Größenordnung wie das 30 mrem-Konzept von 2 mal 20 mrem der deutschen Strahlenschutzverordnung). Weiterhin ist es nach Ansicht der Sachverständigen vorsichtig genug, »davon auszugehen, daß die Aufnahme eines Einzelnen dem Verzehr von 10% des betreffenden, gleichbleibend in voller Höhe des abgeleiteten Referenzwertes kontaminierter Nahrungsbestandteile während eines ganzen Jahres entspricht.« (Bericht der Kommission) Mit dieser schwer verständlichen Formulierung kann der Grenzwert nochmals um den Faktor 10 angehoben werden. Man nimmt an, daß noch genügend weniger belastete Lebensmittel vorhanden sind und damit der durchschnittliche Wert der Belastung nur 10% des Grenzwertes ausmacht. Dies ist durchaus denkbar, wenn die hoch belasteten Lebensmittel nur aus einer Gegend importiert werden; dann stehen genügend andere Lebensmittel zur Verfügung.

Andererseits soll die EG-Verordnung auch innerhalb der EG Anwendung finden, d.h. sie gelten als Maßstab der Gefährlichkeit auch für nicht importierte Güter. Sollte es also zu einem kerntechnischen Unfall in der BRD kommen, kann eine Situation entstehen, in der keine niedrig belasteten Lebensmittel mehr zur Verfügung stehen. Mit dieser zusätzlichen Annahme über den Anteil der unbelasteten oder weniger belasteten Lebensmittel kann der Referenzwert voll ausgeschöpft werden, d.h. mit gleichen Dosisgrenzwerten lassen sich wesentlich höhere abgeleitete Aktivitätsgrenzwerte aufstellen. Dies steht im deutlichen Gegensatz zu der schon genannten Berechnung der Grenzwerte gemäß der StrlSchV, wonach der ungünstigere Fall und nicht der durchschnittliche zu Grunde gelegt werden muß. Die Annahme von »Verdünnungsfaktoren« wäre im Konzept der deutschen StrlSchV undenkbar.

Ohne die Rechnung im einzelnen prüfen zu können, lautet die Empfehlung der Sachverständigen-Gruppe z.B. für Gesamtcaesium für das erste Jahr nach einem Unglück 20 000 Bq/kg (in Worten zwanzigtausend) und 4 000 Bq/kg für die folgenden Jahre. Dies sind die Interventionswerte für Milchprodukte, für andere Hauptnahrungsmittel Lebensmittel gelten die Werte 30 000 bzw. 5 000 Bq/kg. Diese Grenzwerte sind berechnet worden für die unteren Notfallreferenzwerte, es ergeben sich zehnfach höhere Werte, wenn der obere Referenzwert berücksichtigt wird!

Von Interesse sind noch die Grenzwerte für Alpha-Strahler, insbesondere für Plutonium und für Strontium. Im ersten Jahr soll für Plutonium ein Grenzwert von 80 Bq/kg bzw. in den folgenden Jahren von 20 Bq/kg für Milchprodukte gelten. Für andere Lebensmittel gelten die Grenzwerte von 400 bzw. 80 Bq/kg. Für Strontium im Milchprodukten schlägt die Sachverständigen-Gruppe 700 im ersten und 500 Bq/kg in den folgenden Jahren vor, für die anderen Lebensmittel werden 7 000 bzw. 3 000 genannt. Wenn diese Grenzwerte bei einem kerntechnischen Unglück in der EG zur Anwendung

kommen sollte, sind innerhalb der Rechnung der EG andere Expositionspfade wie Inhalation und Bodenstrahlung nicht berücksichtigt. Die wahre Belastung wäre mit diesen Grenzwerten nach einem Super-Gau in Deutschland wesentlich höher. Geht die EG stillschweigend davon aus, daß das nächste Atomunglück nicht im Bereich der EG stattfindet?

## Grenzwerte als politische Manövriermasse

In ihrem ersten Vorschlag hat die europäische Kommission 4 000 Bq/kg für die Caesiumisotope in Milchprodukten übernommen, also den Vorschlag der Expertengruppe für das zweite Jahr nach einem kerntechnischen Unfall und nicht die nochmals wesentlich höheren Werte für das erste Jahr danach. Gemäß einer Information der Kommission vom Mai diesen Jahres sah sie sich jedoch veranlaßt, die Werte für die Caesiumisotope nochmals zu senken. Für diese Isotope soll jetzt ein Grenzwert von 1 000 für Milchprodukte zur Anwendung kommen, während die hohen Grenzwerte für Strontium beibehalten werden sollen. Die vollständigen von der europäischen Kommission vorgeschlagenen Werte sind in nebenstehender Tabelle aufgeführt.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, daß es bis zur endgültigen Verabschiedung durch den Ministerrat noch zu Änderungen kommt. So sind die Grenzwertempfehlungen auch innerhalb der EG umstritten, vor allem Frankreich, Großbritannien und Spanien plädieren für höhere Werte, während die Berichterstatterin des Umweltausschusses des europäischen Parlaments einen Änderungsentwurf mit wesentlich niedrigeren Werten vorgelegt hat. Im Vorfeld der Diskussion im Europa-Parlament hat die Bundesregierung deutlich gemacht, daß sie für den Fall, daß in Straßburg keine Einigung erzielt wird, die jetzt noch gültigen EG-Import-Grenzwerte von 370 und 600 Bq/kg, also etwas niedrigere Werte in einer Verordnung zur Strahlenschutzvorsorge festschreiben will.

Als Begründung für die neuerliche Änderung schreibt die Kommission: »Strengere Werte sind für die Verschmutzung von Milchprodukten und sonstigen Lebensmitteln durch Caesium festgelegt worden. Dies steht damit im Zusammenhang, daß es sich hier um langlebige Isotope handelt, daß mehrere Nichtgemeinschaftsländer strenge Werte anwenden, die für die Exporteure der Gemeinschaft Probleme aufwerfen könnten, und daß die gewählten Niveaus das Vertrauen der Öffentlichkeit wiederherstellen sollen.« Man fragt sich natürlich, ob das Strontium-90 Isotop mit einer Halbwertszeit von 28 Jahren und das Plutonium-239 Isotop mit einer Halbwertszeit von 24 400 Jahren keine langlebigen Nuklide darstellen (Caesium im Vergleich besitzt eine Halbwertszeit von 30 Jahren). Zudem ist die Gefährlichkeit dieser Isotope weit höher für den menschlichen Körper als vergleichsweise Caesium. So beträgt die biologische Halbwertszeit von Caesium einige Monate, die von Strontium-90 mehr als 11 Jahre! Der hohe Strontium-Anteil im Fallout der 60er Jahre war ein starkes Motiv, die oberirdischen Atombombenversuche einzustellen. Diese inkonsequente Argumentation der Kommission macht deutlich, daß es sich bei diesen Werten um politisch, aber nicht medizinisch begründete Grenzwerte handelt: offensichtlich sieht auch die Kommission das Vertrauen im Sinken.

## Ein Rechenbeispiel

Um die Höhe der von den Experten vorgeschlagenen Grenzwerte für das erste Jahr nach einem Unglück z.B. 30 000 Bq/kg für Caesiumisotope einschätzen zu können, soll hier noch die sich ergebende Dosis berechnet werden, wenn die durchschnittliche Belastung der Lebensmittel diesem Grenzwert entspricht, bzw. wenn alle Lebensmittel mit diesem Grenzwert belastet sind, also der ungünstigste Fall vorliegt. Geht man von einem Verhältnis für Caesium-137 : Caesium-134 von 2 : 1 und einer Verzehrmenge von 460 kg pro Jahr aus, so ergibt sich eine Dosis von 19 300 mrem pro Jahr für Erwachsene. In dieser Größenordnung lag auch die Belastung der Bevölkerung in der Umgebung des Unglücksreaktors in Tschernobyl, bevor sie evakuiert wurde. Aber auch der Grenzwert von 1 250 Bq/kg führt noch zu einer Belastung von 800 mrem.

## Der Erfolg wirtschaftlicher Überlegungen

Es wird offensichtlich, daß die EG-Kommission – wie sie offenerzig begründet – »nicht einen maximalen Gesundheitsschutz im Auge gehabt, sondern eine Kosten-Nutzen-Rechnung wirtschaftlicher Art« (Der Tagesspiegel Berlin, 24.2.1987). Im Fall eines Atomunglücks kommt es mit diesen neuen Grenzwerten zu keinen Handelshemmnissen. Wären diese Regelungen schon vor dem Unglück in Tschernobyl verabschiedet worden, wären keinerlei Maßnahmen von staatlicher Seite notwendig gewesen, denn die Belastung lag 1986 in den meisten Fällen unterhalb dieser vorgeschlagenen Grenzwerte. Jetzt wird es und endlich bescheinigt: Unsere Aufregung nach Tschernobyl war überflüssig!

Vergleicht man nur den Grenzwert von 1 250 Bq/kg für die Caesiumisotope mit dem der StrlSchV, so ist dieser um ungefähr einen Faktor 30 heraufgesetzt worden. D.h. die bislang gültigen Auflagen an kerntechnischen Anlagen werden angesichts eines infolge eines Super-Gau zu erwartenden Untergrunds an radioaktiver Verseuchung sinnlos. Besonders die von der Sachverständigergruppe vorgeschlagenen noch wesentlich höheren Grenzwerte machen eben deutlich, mit welchen hohen Belastungen die Experten nach einem Super-Gau rechnen, wie hoch also auch auf internationaler Ebene unser Restrisiko durch die Atomindustrie eingeschätzt wird.

In allen diesen Überlegungen von Experten, Kommissionen und Politiker, nach Festlegung von Expositionsreferenzwerten, von anomalen Radioaktivitätswerten, nach Schaffung einer ganzen neuen Sprache des Strahlenschutzes zur Verwaltung des Super-

### Vorgeschlagene EG-Aktivitätsgrenzwerte (Bq/kg)

	Milchprodukte	sonstige Lebensmittel*	Trinkwasser
<b>Jod- und Strontiumisotope</b>	<b>500</b>	<b>3 000</b>	<b>400</b>
<b>Plutonium isotope</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	<b>10</b>
<b>Caesiumisotope</b>	<b>1 000</b>	<b>1 250</b>	<b>800</b>
<b>zum Vergleich StrlSchV</b>		<b>30-50</b>	

\* außer Nahrungsmittel von geringerer Bedeutung. Hier sind zehnfach höhere Aktivitätswerte zulässig.

GAU, also nach rechnerischer Umkreisung des Restrisikos, ist nirgendwo der Ort auszumachen, wo wir uns oder besser die Experten sich die Frage stellen: Wollen wir das alles noch? Es geht allein um die Verdrängung des Zweifels. Mit dem Vorlegen dieses Zahlenspiels der EG-Grenzwerte ist das gelungen, und die Politiker fühlen sich wieder gut beraten und verkünden von neuem den besten Strahlenschutz für die Bevölkerung. ♦

WECHSELWIRKUNG Nr. 35/Nov. 1987, S. 44-47

**Schon fast drei Jahre  
kein Super-GAU!**

6. Anstelle eines Erfahrungsberichts: Nichts dazugelernt?

**Pakistanische Botschaft half  
bei den Atomtechnik-Exporten**  
Darmstädter Physiker beim Probelauf der Tritium-Anlage dabei

1000 Atomtransporte im Jahr

## Bußgeld aus der Portokasse

Höchstens 100 000 Mark  
Strafe kann es die deutsche  
Atomwirtschaft kosten,  
wenn sie selbst schwere  
Störfälle verschweigt oder  
verharmlost. Die gesetzlichen  
Vorschriften reichen  
nicht aus

## Die Hanauer Plutoniumküche

**Riesiges Kraftwerk an Grenze**  
Neue sowjetische Atompläne lösen in Finnland Unruhe aus

**Atommeiler Neckarwestheim II  
wird bald Strom produzieren**  
Minister erteilt Betriebsgenehmigung / „Sicherster Reaktor“

**Kein  
harmloses  
Pulverl**

Verseuchte Molke aus Bayern  
bringt Politiker in Verlegenheit

**Tod aus der  
Bomben-  
fabrik**

Die älteste Plutoniumfabrik  
steht in Hanford.  
In ihrer Umgebung sind  
viele Menschen krank.

**Atomexporte schrecken Bonn auf**  
Hessische Firmen belieferten Pakistan, Indien und Südafrika

## 7. Literaturhinweise

- G.Anders: Die strahlenden Salatköpfe. In: Frankfurter Rundschau vom 12.7.1986, S. ZB2
- Bayerische Ärztinnen und Ärzte gegen Atomenergie u.a. (Hrsg.): Die Überlebenden werden die Toten beneiden. Ärzte warnen vor dem Atomkrieg. Köln 1982
- J.Becker u.a. (Red.): Kursus: Radiologie und Strahlenschutz. Berlin 1981
- A.Blum: Grenzüberschreitung. Medizinische Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl. In: Forum Wissenschaft, H 2/1986, S. 21 - 25
- E.Broda: Gibt es biopositive Wirkungen ionisierender Strahlen?. In: Biologie in unserer Zeit Nr.4, 1973
- R.Bürgen, D.Seifried: Energiewende. Arbeitshilfen für die Erwachsenenbildung Nr. 1519. PAS/DVV Frankfurt 1987
- W.van den Daele, W.Krohn, P.Weingart (Hrsg.): Geplante Forschung. Frankfurt 1979
- H.Helmers: Die Wolke von Tschernobyl. Versuche einer Bilanz. In: Wechselwirkung Nr. 30/August 1986, S. 6 - 11
- IZE: Stromdiskussion. Sonderheft zu Tschernobyl. IZE, Postfach 700529, 6000 Frankfurt/M. 70
- R.Jungk: Der Atomstaat. München 1977
- T.Kirski, E.Rößler, B.Stein: Die verordnete Sicherheit. Zur Novellierung der Strahlenschutzverordnung. In: Wechselwirkung Nr. 33/Mai 1987, S. 46 - 50
- K.Kreß u.a.: Energie. Frankfurt 1984
- K.Küster: "Strahlen in der Medizin". Materialien zum MNT-Bereich Nr.100. PAS/DVV Frankfurt 1984
- Kursbuch 85: GAU - Die Havarie der Expertenkultur. September 1986
- G.Meyer: Energiewirtschaft in der UdSSR. In: Forum Wissenschaft H 2/1986, S. 43 - 46
- H.Michaelis: Handbuch der Kernenergie. München 1982
- H.Mikelskis: Materialien zum Thema Kernkraftwerke. Köln 1979
- L.Mitzel-Landbeck, U.Hagen: Strahlenwirkung auf Biopolymere. In: Chemie in unserer Zeit Nr.3, 1976
- Radioaktivität. Themenheft der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie Nr.9, 1985
- J.Radkau: Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945 - 1975. Reinbek 1983
- J.Scheer: Das Jahr 1 nach Tschernobyl. In: Wechselwirkung Nr. 33/Mai 1987, S. 42 - 45

- J.Scheer: 21 wissenschaftliche Antworten nach Tschernobyl. Expertenkritik an der Informationspolitik der Bundesregierung. Universität Bremen (FB Physik) November 1986
- M.Schmitt u.a.: Die Folgen von Tschernobyl. Eine allgemeine Einführung in die Problematik der Radioaktivität. IFEU-Bericht Nr.43. Heidelberg, Mai 1986
- H.Schoembs: Tschernobyl. Wer auf Sicherheit baut, begibt sich in höchste Gefahr. Arbeitshilfen für die Erwachsenenbildung Nr. 1521. PAS/DVV Frankfurt 1987
- W.Schönfeld: Radioaktive Strahlung. Fragen und einige Antworten nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. (vervielfält. Manuskript) PAS/DVV Frankfurt, Mai 1986
- D.Seifried: Gute Argumente: Energie. München 1986
- E.J.Sternglass: Radioaktive "Niedrig"-Strahlung. Strahlenschäden bei Kindern und Ungeborenen. Berlin 1979
- H.Strohm: Friedlich in die Katastrophe. Frankfurt 1986<sup>11</sup>
- K.G.Tempel: Kernenergie in der Bundesrepublik. Politik in Schaubildern Heft 10. Landeszentrale für politische Bildungsarbeit Berlin. Berlin 1981
- K.Traube u.a.: Nach dem Super-GAU. Tschernobyl und die Konsequenzen. Reinbek 1986
- R.Del Tredici: Die Menschen von Harrisburg. Das Leben mit dem Atomreaktor Three Mile Island. Frankfurt 1982
- J.Varchmin, J.Radkau: Kraft, Energie und Arbeit. Energie und Gesellschaft. Reinbek 1981
- WOCHENSCHAU für politische Erziehung Sozial- und Gemeinschaftskunde:  
 Nr. 5 (Ausgabe Sek.II): "Atomwirtschaft?" Sept./Okt. 1986;  
 Nr. 6 (Ausgabe Sek.I): "Atomkraft-Diskussion" Nov./Dez. 1986
- H.Ziegelmann, H.Krahn: Atom- und Kernphysik, Band 4: Kernenergie. Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, 1986
- W.W.Zöller: Strahlenbelastung und Strahlengefährdung der Menschen und seiner Umwelt. In: Der Biologieunterricht Heft 3, 1971