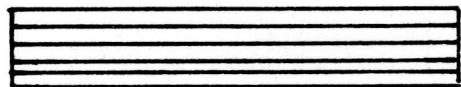
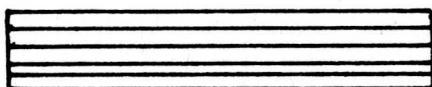
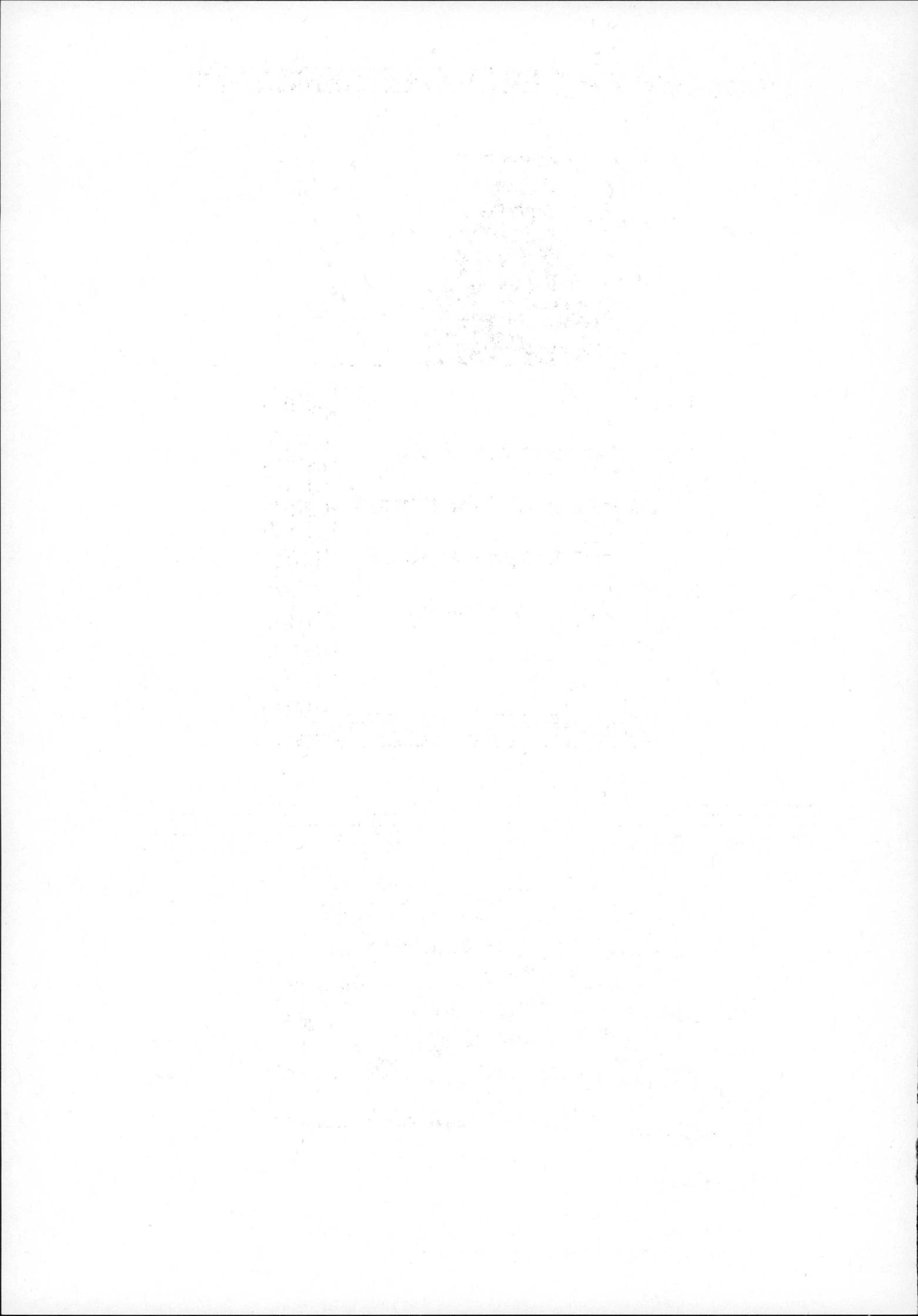


Arbeitsgemeinschaft **SCHACHT KONRAD**



Veranstaltung im Haus Kirchlicher Dienste in Braunschweig-Riddagshausen in Zusammenarbeit mit der Evangelischen Erwachsenenbildung und dem Kirchlichen Dienst in der Arbeitswelt



INHALT

Vorwort	S. 2
Dr. Erika Hickel "Kritische Wissenschaft - bewußt in's Abseits gedrängt?"	S. 3
Dr. Jens Scheer: "Phänomene im Bereich der Niedrigstrahlendosis" ...	S. 13
Dr. Gottfried Galling "Niedrigstrahlung und Genmutation"	S. 39
Dr. Detlef Appel "Endlagerung und Langzeitsicherheitsanalyse"	S. 51
Andreas Gleim "Ist das atomrechtliche Planfeststellungsverfahren geeignet, die rechtlichen Voraussetzungen für ein Endlager SCHACHT KONRAD zu schaffen?"	S. 67
Dr. Helmut Burdorf "Die Problematik von Transporten radionuklearer Abfälle durch bewohnte Gebiete in der BRD"	S. 79
Matthias Kollatz "Konzepte und Realisierung der Entsorgung - BR Deutschland - Europa - weltweit"	S. 91
Anhang	S. 106

V o r w o r t

Die vorliegenden Vorträge sind auf einem Seminar der Arbeitsgemeinschaft SCHACHT KONRAD am 30. April 1988 in Braunschweig-Riddagshausen gehalten worden und sollen hiermit über den damaligen Teilnehmerkreis hinaus einem weiteren interessierten Publikum vorgestellt werden. Die Arbeitsgemeinschaft legt die gehaltenen Vorträge in einer für den Druck leicht überarbeiteten Fassung vor.

Mit dem Seminar ist der Wissenschaftliche Beirat der Arbeitsgemeinschaft SCHACHT KONRAD der Öffentlichkeit vorgestellt worden. Dieser hatte sich kurz zuvor konstituiert. Das Seminar hatte also insofern den Charakter einer Premiere und war auch dadurch ausgezeichnet, daß es auf Anhieb gelang, alle sieben in den Beirat berufenen Mitglieder zu diesem Anlaß in Braunschweig zusammenzubringen.

Wichtiger jedoch ist der qualitative Ertrag jenes Seminars im April 1988. Dokumentiert doch die nun zugängliche Sammlung von Vorträgen, daß gegen ein erdrückendes Aufgebot von Wissenschaftlern, die für die Betreiberseite, die beantragenden sowie die wohlwollend prüfenden und genehmigenden Behörden arbeiten, die betreiberunabhängige Wissenschaft nicht nur bestehen kann, sondern die besseren Argumente hat. Darum ist eine Zielsetzung dieser Veröffentlichung, zu zeigen, daß die Arbeit von Bürgerinitiativen gegen Großtechnologien nicht nur emotional von notwendigem Protest sich nährt, sondern sich längst des wissenschaftlichen Sachverstands und -beistands versichert hat.

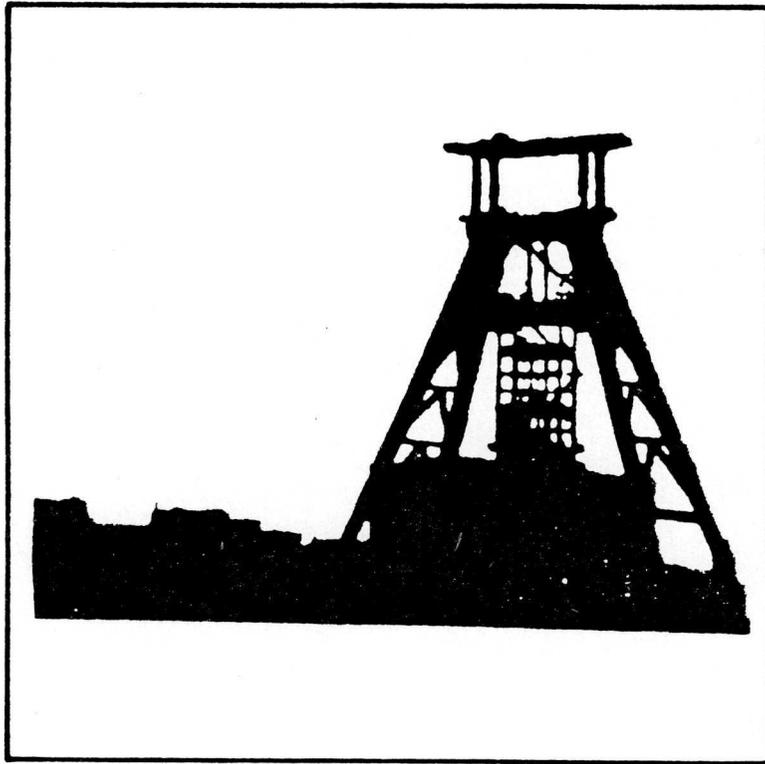
Schließlich sei dem Kirchlichen Dienst in der Arbeitswelt im Haus Kirchlicher Dienste in Braunschweig-Riddagshausen gedankt für die organisatorische Unterstützung und die Möglichkeit, das Seminar in seinen Räumen durchzuführen.

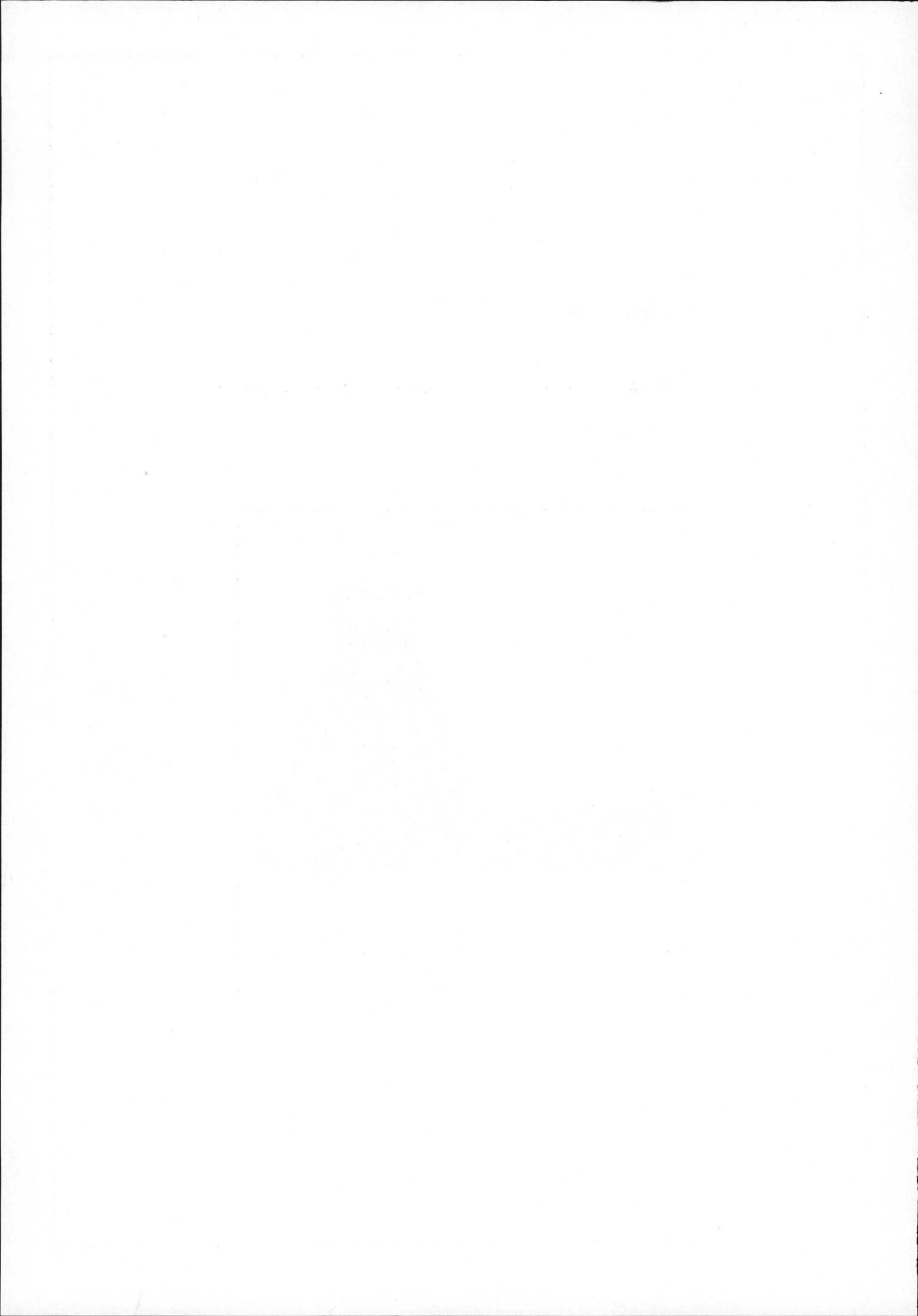
Salzgitter, im April 89

Dr. Kurt Dockhorn
Arbeitsgemeinschaft
SCHACHT KONRAD

Dr. Erika Hickel

Kritische Wissenschaft - bewußt in's Abseits gedrängt?





Meine Damen und Herren, liebe Freundinnen und Freunde, die mich eventuell von früher aus forschungskritischen Aktivitäten diverser Art kennen. Ich bin Vertreterin des Faches Geschichte an der Technischen Universität Braunschweig. Auch in dieser Eigenschaft war ich neulich bestürzt über eine Zeitungsnachricht über die ich heute hier sprechen will, und zwar über die Nachricht, daß Vertreter der neuen Bürgerinitiative "Eltern nach Tschernobyl" von unserem Umweltminister Töpfer in Bonn eingeladen waren. Die Vertreter der Initiative führten mit ihm ein Gespräch über ihre Sorgen und stellten unter anderem die Forderung, man möchte doch näher als bisher bzw. überhaupt in offiziellen vom Staat finanzierten Gutachten zu verschiedenen Fragen der Technikentwicklung und der Bewertung moderner Technologien sogenannte kritische Wissenschaftler zuziehen und nicht nur die der herrschenden Wissenschaft.

Herr Töpfer erwiderte hierauf, daß Wissenschaftler, sofern sie ordentliche und gute Wissenschaftler seien, immer kritisch sind, das habe schon sein verehrter Lehrer und Freund, der Philosoph Popper gesagt, und bei Popper könne man nachlesen, daß Wissenschaftler grundsätzlich kritisch seien, er wüßte also gar nicht, was diese Forderung soll.

Die sichtlich betroffenen Vertreter der Initiative waren sprachlos, sie wurden mit dieser Antwort allein gelassen, und konnten nach Hause gehen ohne daß sie das, was sie eigentlich sagen wollten, akzeptiert gefunden hätten. Ich denke, über diesen Stand der wissenschaftstheoretischen Diskussion muß man sich Klarheit verschaffen. Töpfer hat entweder nicht begriffen oder will es nicht wahr haben, daß die wissenschaftstheoretische Diskussion der letzten Jahre über die Popperschen Ansichten aus den '30er und '40er Jahren weit hinweggegangen ist. Die Lehren Poppers, die tatsächlich in den '40er und '50er Jahren unter dem Stichwort des "kritischen Rationalismus" in der Wissenschaftsdiskussion beherrschend waren, sind seit den '60er Jahren, so

stark weiterentwickelt worden, daß man sagen kann, sie sind inzwischen überholt.

Dieser neue Stand der wissenschaftstheoretischen Diskussion ist unserem Umweltminister leider nicht bekannt. Gerade aus diesem Grund sollten wir uns intensiv an dieser Diskussion beteiligen.

In meiner Funktion als Abgeordnete des Deutschen Bundestages und Mitglied im Ausschuß für Forschung und Technologie habe ich es oft erfahren, daß meine Anträge, "kritische Wissenschaftler" zuzuziehen, die nicht die Spitzenvertreter in den herrschenden Schulen sind, abgelehnt worden; häufig mit dem Argument, daß Wissenschaftler "immer kritisch seien".

Dieses "Poppersche Argument" wurde aber inzwischen von seinen Schülern Thomas S. Kuhn und Paul Feyerabend widerlegt. Kuhn veröffentlichte bereits 1963 sein Buch über die Struktur der wissenschaftlichen Revolutionen. Paul Feyerabend befaßte sich speziell mit der Frage, in wieweit die nicht selber wissenschaftlich Tätigen, aber von den Auswirkungen von Wissenschaft und Technik betroffenen Bürger dazu aufgerufen und berechtigt, ja sogar verpflichtet sind, die Folgen von Technologien zu beurteilen und abzuschätzen.

Kuhn hat durch sein Buch über die wissenschaftlichen Revolutionen gezeigt, daß Wissenschaftler - vorausgesetzt, es sind seriöse Wissenschaftler - zwar immer "kritisch" sind, aber nur in einem eng abgegrenzten Wissenschaftsreich. Das heißt, die kritische Einstellung eines Wissenschaftlers findet ihren Ausdruck bei der Überprüfung von Theorien, also von Behauptungen, die aus der Wissenschaft selber kommen und die im Rahmen des herrschenden Wissenschaftsbetriebes entwickelt werden oder die er selber entwickelt. Kritisch ist er auch bei der Auswahl der einzelnen Methoden, mit denen er diese Theorien überprüft.

Aber an dieser Stelle endet die kritische Haltung eines "normalen" Wissenschaftlers (Kuhn).

Unkritisch sind Wissenschaftler immer gegenüber den Grundlagen, den Prinzipien, der Wissenschaftsauffassung und der Wissenschaftstradition, die - meist unausgesprochen und meist auch unreflektiert - hinter widerwissenschaftlichen Theorien und Methoden stehen. Die Grundauffassung von dem, was Wissenschaft sein soll, die Wissenschaftstradition und auch die Wertvorstellungen, die Interessen einer Gesellschaft, die gerade diese Wissenschaft und keine andere ermöglicht und fördert, die werden von Wissenschaftlern nicht kritisch reflektiert, das gehört nicht zu ihrer Aufgabe im normalen Wissenschaftsbetrieb. Kuhn bezeichnet dies als die "Paradigmata" (Grundauffassungen), die hinter den wissenschaftlichen Dingen liegen und in einem normalen Wissenschaftsbetrieb unreflektiert übernommen und keineswegs kritisch untersucht werden.

In Deutschland hat der Philosoph Habermas in diesem Zusammenhang von den erkenntnisleitenden Interessen gesprochen, die hinter den einzelnen wissenschaftlichen Theorien stehen, und auch er ist in seinen Werken der Auffassung, daß es im herkömmlichen Verständnis von Naturwissenschaft und Technikwissenschaft - leider - nicht die Aufgabe der Wissenschaftler ist, die hinter den Disziplinen stehenden Interessen zu reflektieren. Nach Kuhn sind diejenigen Wissenschaftler, die über den normalen Wissenschaftsbetrieb hinausgehen und die dahinterstehenden Grundlagen, Wertvorstellungen und Interessen kritisch betrachten, die sogenannten Außenseiter oder auch Ketzer des normalen Wissenschaftsbetriebes. Ihre Fragestellungen oder Methoden werden von der sogenannten "normalen Wissenschaft" nicht anerkannt, sie gelten als "unwissenschaftlich".

Das Verdienst Kuhns ist es, gezeigt zu haben, daß gerade unter diesen "Außenseitern und Ketzern" diejenigen sind, die für den Fortschritt, für die Weiterentwicklung von naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnis und

Anwendung, insofern eine Schlüsselrolle einnehmen, als sie von Zeit zu Zeit die Grundlagenumwälzung in diesen Wissenschaften bewerkstelligen, ohne die ein wirkliches Fortschreiten von wissenschaftlicher Erkenntnis nicht möglich war und auch nicht ist.

Wir haben aus der Geschichte genügend Beispiele über solche Grundlagenrevolutionen in den Wissenschaften; die Chemie um 1800, das evolutionäre Denken in der Biologie des 19. Jahrhunderts, die Quantenmechanik in der Physik des 20. Jahrhunderts, und viele andere Beispiele. Diese "Wissenschaftsrevolutionen", die einen sprunghaften Erkenntnisfortschritt in den Naturwissenschaften bringen, werden - das hat Kuhn überzeugend nachgewiesen - von sogenannten "Außenseitern und Ketzern", die kurz zuvor als "unwissenschaftlich" galten, bewerkstelligt. Diese Wissenschaftler können nicht automatisch ausgeschlossen werden, sondern man muß sie für den internen Wissenschaftsbetrieb zulassen. Die Folge davon ist, daß Poppers Philosophie gerne von denjenigen benutzt wird, die im Prinzip im Wissenschaftsbetrieb und in der Umsetzung von naturwissenschaftlicher Erkenntnis in technische Verfahren alles so lassen wollen, wie es ist. Deshalb wird Popper auch fortwährend in Bonn zitiert. Auf Kuhn berufen sich aber gerade diejenigen, die reflektiert sehen wollen, daß auch die unausgesprochenen Interessen und Wertvorstellungen reflektiert werden, insofern, als man darüber Einigkeit erzielen will, ob man sie anerkennt oder nicht.

Die Konsequenzen aus dieser Debatte hat nun der Philosoph Feyerabend gezogen, der sowohl in den USA wie in der Schweiz lehrt und forscht. Er ist der Ansicht, daß man in der wissenschaftlichen und technischen Forschung sogenannte "Ketzern" zulassen muß, wenn man überhaupt eine Weiterentwicklung dieser Forschung anstrebt und daß wirklich kritisch diejenigen sind, die die Grundlagen und die dahinterstehenden Interessen im Wissenschaftsbetrieb überprüfen.

Diese Erkenntnisse hat er in seinem Buch "Erkenntnis für freie Menschen" in eine Art praktische Philosophie umgesetzt und dann in einem Aufsatz, den er in einer Aufsatzsammlung in Zürich kürzlich publiziert hat, wo er sehr markant die Frage nach der Rolle von Fachleuten in einer freien Gesellschaft zur Sprache bringt. Der zentrale Begriff in dieser Philosophie, die versucht, die Konsequenzen aus dem Begriff "kritisch" im Zusammenhang mit Wissenschaftlern zu ziehen, ist der von Feyerabend 1985 aufgebrachte Begriff der "Protagoräischen Aufklärung".

Die "Protagoräische Aufklärung" bezieht sich auf den altgriechischen Philosophen Protagoras. Protagoras war der Auffassung, daß Erkenntnisse von Fachleuten immer auf einer sehr engen Sichtweise beruhen. Nach Protagoras ist daher die Prüfung und Korrektur von Spezialkenntnissen die Aufgabe aller Bürger, um der engen Sichtweise etwas entgegensetzen zu können. Der Maßstab, meint Protagoras, dessen sich die Bürger bei ihrer prüfenden und korrigierenden Tätigkeit bedienen, ist nicht eine umfassende Theorie, sondern der Konsens.

"Die Bürger sind ja nicht unwissend", meint Protagoras, "sie leben in einer Demokratie, in der die Information frei von einem Bürger zum anderen geht. Sie leben nicht nur, sie nehmen teil an Volksgerichten, Volksversammlungen, geben dort ihr Votum ab. Sie werden aufgefordert, Theaterstücke zu beurteilen, die von den größten Dramatikern der Welt geschrieben wurden, sie sind Zeugen öffentlicher Diskussionen, athletischer Wettkämpfe, kriegerischer Auseinandersetzungen."

Protagoras nimmt das Wissen, das aus diesem unstrukturierten, aber sehr freien Lernprozeß hervorgeht, zur Beurteilung aller Ereignisse in einer Demokratie. Wie die Geschworenen in einer modernen Gerichtsverhandlung, können die Bürger, die ein solches Wissen besitzen, auch die schwierigsten fachtechnischen, wissenschaftlichen Argumente

beurteilen und zwar ohne Bezugnahme auf gleich schwierige Theorien über Menschen, Natur, abstrakte Systeme und so weiter. (zitiert nach Feyerabend)

"Es erscheint mir nun," meint Feyerabend, "daß die Ansicht des Protagoras viel für sich hat, und daß man versuchen sollte, sie auch heute durchzusetzen. Das bedeutet in Bezug auf naturwissenschaftlich-technische Forschung, daß die Aufhebung der Autonomie von Forschung und Lehre erreicht wird und damit verbunden, die Aufhebung der sogenannten akademischen Freiheit. Die akademische Freiheit nämlich und die Trennung von Staat und Kirche waren einmal wichtige Instrumente des Fortschritts. Zu einer Zeit, als die Wissenschaften noch schwach waren und als die Eingriffe der Kirche in den Lehr- und Forschungsbetrieb genauso ungezügelt waren, wie heute die Eingriffe der Wissenschaften, war es wichtig, neueren Unternehmungen durch besondere Gesetze einen Freiraum zu gewähren. Die akademische Freiheit und die Trennung von Staat und Kirche schufen diesen Freiraum. Heute sind die Wissenschaften in einer ganz anderen Situation und nicht mehr unterdrückt, sie sind selber zu Unterdrückern geworden. Dieselben Instrumente, die einmal Freiheit schufen, schränken heute vernünftige Wünsche nach größerer Freiheit ein. Also müssen sie beseitigt werden", soweit Paul Feyerabend.

Die Nichtfachleute, die die Folgen abschätzen wollen, brauchen natürlich jemanden, der ihnen die Fachsprache soweit übersetzt, daß sie sich sagen können: Jetzt kann ich darüber urteilen, was gemeint ist. Diese Beratung durch Fachleute ist die besondere Rolle, die wir als (Wissenschaftlicher) Beirat in dieser Arbeitsgemeinschaft haben.

Der Grund, warum wir heute die "ketzerischen" Ansichten des Herrn Feyerabend erörtern, ist unser Anliegen, daß die akademische Forschungsfreiheit im althergebrachten Sinn durch die Bürgerinteressen einzuschränken ist.

Wir brauchen heute neue Organisationsformen der Abschätzung und Bewertung von Technikfolgen, die nicht nur den sogenannten Fachleuten überlassen werden dürfen. Der Grund dafür, daß Bürgerinteressen neuerdings auch innerhalb der Wissenschaftstheorie ernstgenommen werden, liegt in der "Eingriffstiefe" der modernen Technologien gegenüber der Natur.

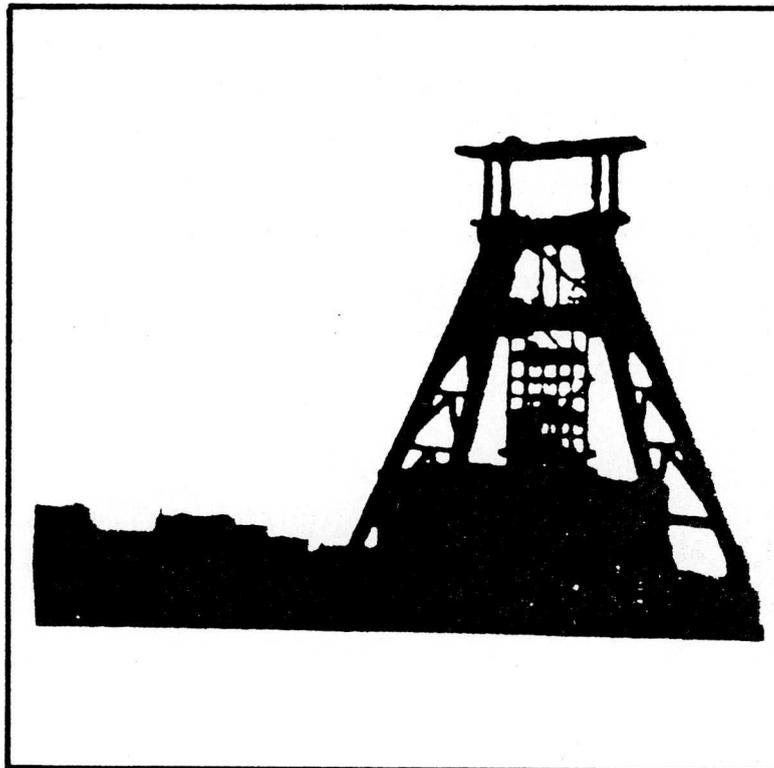
Wir haben in den letzten Jahrzehnten naturwissenschaftliche und technische Methoden entwickelt, die einen derartig tiefen Eingriff in grundlegende Naturzusammenhänge ermöglichen, wie es sie in dieser Form früher nie gegeben hat. Natürlich haben auch frühere Generationen ökologische Eingriffe begangen, wie gewaltige Abholzungen im Mittelmeerraum in der Antike oder z.B. die Trockenlegung der Sümpfe im mitteleuropäischen Raum während des Mittelalters. Diese Eingriffe waren jedoch bei weitem nicht so unübersehbar eingreifend, wie heute die Atomtechnologie oder die angewandte Gentechnik. Angesichts von Technologien, die sehr viel tiefer in Naturzusammenhänge eingreifen können, sind wir mit der Erscheinung konfrontiert, daß diejenigen, die diese Fortschritte möglich machen, ihren eigenen Erfolgen in zweierlei Hinsicht hilflos gegenüberstehen. Einmal sind sie im Rahmen ihres Wissenschaftsverständnisses nicht im Stande, die Folgen ihres Tuns außerhalb des engen praktischen Labor-Bereiches zu überblicken, zum anderen sind sie nicht in der Lage, zuzugeben, daß sie - wir sehen das ja bei der Reaktorsicherheitskommission - nicht abschätzen können, was ggf. in Kalkar passieren könnte. Und zweitens sind sie auch insofern hilflos, als daß sie ihren eigenen selbstproduzierten Fortschritten, ihren Allmachtsphantasien, die mit der Spaltung des Atomkerns oder mit der Spaltung des Gens verbunden sind, hilflos gegenüberstehen. Sie sind davon derart fasziniert, daß sie nicht

mehr dabei zu bremsen sind, es durchzuführen; es sei denn, von außen: Menschen, die selber nicht an dieser Forschung beteiligt sind, zwingen sie dazu. Die moderne Wissenschaftstheorie fordert daher kritische Wissenschaftler in dem Sinne, daß sie kritisch unsere abendländische Wissenschaft reflektieren. Die wichtigste der Grundlagen unseres abendländischen Wissenschaftsbetriebes, die hier in Frage gestellt werden muß, ist der Grundsatz, daß alles, was machbar ist, was kurzfristig erfolgversprechend ist und was nicht direkt verboten ist, auch gemacht wird.

Ich denke, gerade dieses Grundparadigma unserer abendländischen Wissenschaft darf nicht mehr länger gelten. Die "neue Rationalität", wie Feyerabend sagt, also das, was er die "Protagoräische Aufklärung" nennt, muß den Menschenverstand, die Interessen der nichtwissenschaftlich arbeitenden Bevölkerung als wesentlichen Faktor bei den Folgeabschätzungen mit einbeziehen. Dies ist die Konsequenz, die wir aus der neueren Wissenschaftstheorie ziehen sollten.

Dr. Jens Scheer

Phänomene im Bereich der Niedrigstrahlendosis



Ich habe zu diskutieren über die Auswirkungen vor niedrigen, geringen Strahlenmengen. Damit sind Strahlenmengen im Bereich gemeint, was wir durch den Normalbetrieb von Atomanlagen erleiden, was normalerweise auch durch die Radioaktivitäten der Umwelt- und Umgebungsstrahlung auf uns einprasselt, was wir durch weit entfernte Atomkatastrophen wie bei Tschernobyl erlitten haben oder auch, was Atomarbeiter in Atomanlagen erleiden bei der normalen Arbeit.

Über diesen ganzen Bereich, den man den der Niedrigstrahlung nennt, herrscht eigentlich in den allergrößten Teilen der dafür zuständigen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen die Meinung, da sei keine schädliche Wirkung möglich und schon gar nicht nachgewiesen. Dieser Agnostizismus, diese Auffassung, dort könne man gar nichts wissen, denn um dort etwas zu erforschen sei ein ungeheurer Forschungsaufwand zu treiben, was ganz unmöglich sei, dieser Agnostizismus ist ungeheuer weit verbreitet. Wir haben ja auch nach der Katastrophe von Tschernobyl vor zwei Jahren weidlich dieses Argument gehört.

Wer das sagte, wußte entweder nicht oder er verheimlichte, daß Experimente am Menschen - unwillentlich natürlich - in der Tat an Zehntausenden von Versuchsmenschen durchgeführt wurden und zwar über dreieinhalb bis vier Jahrzehnte. Es sind also Kenntnisse gerade über chronische, relativ niedrige Strahlenbelastungen sehr wohl vorhanden, die sogar den Weg - wenn auch nach vielen Schwierigkeiten - in die wissenschaftliche Fachliteratur gefunden haben.

Ich beziehe mich auf Untersuchungen an amerikanischen Beschäftigten in der Atomtechnik, an denen die englisch-amerikanische Forschergruppe Mancuso/Stewart & Kneale Untersuchungen über die Krebshäufigkeit bei Arbeitern in Atomanlagen vorgenommen hat und zwar sowohl während ihrer beruflichen Tätigkeit in den Anlagen als auch noch etwas während ihres weiteren Lebens. Diese Arbeiter wurden in einem wirklich

gewaltigen Forschungsaufwand verfolgt und es wurde erhöhte Krebshäufigkeit festgestellt (Bild 1).

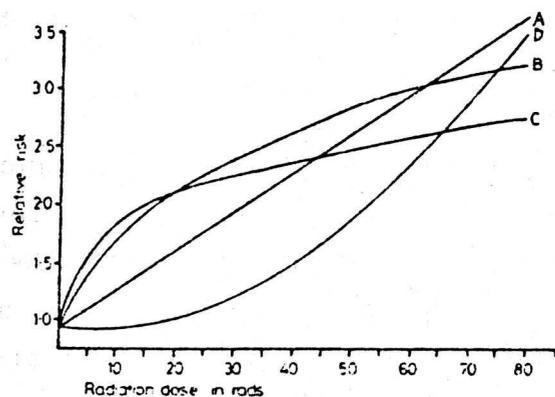


Fig 2 Typical dose-response curves of relative risk (R) against cumulative dose (Σx) for various values of the parameters (D and E) in the simple model: $R = 1 + (\Sigma x/D)^E$. Curve A: $D = 30$ rads, $E = 1.0$ (linear law). Curve B: $D = 15$ rads, $E = 0.5$ (square-root law). Curve C: $D = 15$ rads, $E = 0.3333$ (cube-root law). Curve D: $D = 50$ rads, $E = 2.0$ (quadratic law).

Bild 1

Bild 1: Dies ist eine Kopie aus einer Arbeit von Mancuso/Stewart und Kneale. Hier ist in einer Richtung die Strahlenmenge aufgetragen, die die untersuchten Arbeiter erlitten haben. Bei den meisten war die Strahlenmenge unter 5 rem, das ist die zugelassene Strahlenmenge pro Jahr. Das Bild zeigt verschiedene in der Diskussion vorhandene Kurven. Es hat für viele Jahre, sozusagen historisch bedingt, einen tragischen Irrtum gegeben; das ist nämlich die Kurve D, die im wesentlichen so aussieht, als ob im unteren Bereich - von dem wir jetzt reden - so gut wie mit Sicherheit keine Effekte auftreten, weil die Kurve nämlich erst oberhalb einer gewissen Strahlenmenge anfängt anzusteigen. Ein tragischer Irrtum, rührend aus den Kenntnissen der frühen Jahre, in denen man mit radioaktiver Strahlung umging; als man im wesentlichen somatische Schäden, Hautrötungen, Haarausfall bei kräftigen Bestrahlungen und ähnliche Effekte hatte und dann bei der Untersuchung bei niedrigen Strahlenmengen wirklich feststellte oder festzustellen glaubte, der menschliche Körper sei in der Lage, mit derartiger Strahlenwirkung fertigzuwerden und es gebe wirklich so etwas wie einen Schwellenwert.

Dann hat es lange und zähe Diskussionen - behindert durch vielfältige Unterdrückungs- und Zensurmechanismen - in

den 60er Jahren gegeben, bis sich allmählich bis heute durchgesetzt hat, daß für eine Reihe von Strahleneffekten - vor allem Krebs - es so etwas wie eine lineare Dosiswirkung gibt, daß also bis zu den niedrigsten Werten herab eine Krebserzeugung möglich ist.

Das war schon eine bedeutsame Erkenntnis, und man hat sich dann viel darüber gestritten, wie steil diese lineare Kurve (A) verläuft. Es hat - vor allem in den 70er Jahren - viele Jahre sehr harte Debatten gegeben über die Frage, was ein Zuwachs an zusätzlichen rem an Todesopfern bewirken würde. Ich habe hier die Kurve B verstärkt eingezeichnet, die sich aus den langfristigen Untersuchungen an insgesamt über 30.000 in der Atomindustrie Beschäftigten herausgebildet hat; eine Kurve, die anfangs im unteren Bereich anfängt, ansteigt, dann flacher verläuft und sich schließlich dem bei höheren Werten bekannten Verlauf annähert. Man kann daran schon ahnen, daß es verschiedene Wirkungsmechanismen gibt. Ich kann allerdings wenig hierzu sagen, weil es nicht mein Fachgebiet ist. Ich referiere ja überhaupt hier über Dinge, die ich mir im wesentlichen angelesen habe.

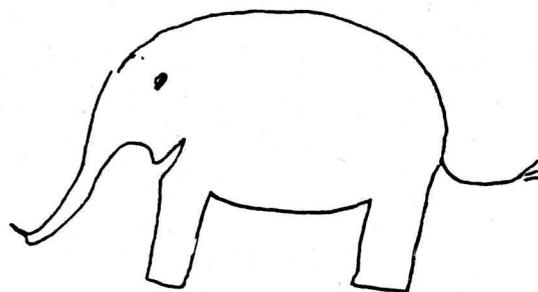


Bild 2

Bild 2: Neulich hat mir ein Kollege gesagt, ihn erinnere die Situation an das indische Gleichnis von den Blinden, die einen Elefanten betasteten und sich dann stritten: es sehe aus wie eine Säule, eine Bürste oder wie eine Schlange und das nur, weil sie an verschiedenen Orten des Elefanten "herumgeforscht" haben (Gelächter). Genauso zeichnet sich wirklich eine Versöhnung der in den 70er Jahren sich so hart und kontrovers gegenüberstehenden Auffassungen ab: Es ist nämlich so, daß für manche Strahleneffekte verschiedene

Kurven gelten.

So haben manche Leute an verschiedenen Dosisbereichen herumgeforscht: die einen forschten in jenem Bereich der ganz hohen Dosen, wie sie bei Atombomben, Atomexplosionen oder dem direkten Einfluß der Atombomben, dem fall-out im Nahbereich oder eben auch durch medizinische Strahlenbelastungen vorkommen, wo man unwissend und unwillentlich im Patienten Krebs erzeugt hatte. Andere forschten im Bereich etwas niedrigerer Dosen, wie sie bei Atomindustriearbeitern vorkommen, und noch andere forschten im untersten Dosisbereich, der durch die natürliche Strahlenbelastung und den Bomben-fall-out oder von Atomanlagen im Normalbetrieb beeinflußt wird. Man hat also tatsächlich, so wie die Blinden an dem Elephanten an verschiedenen Körperteilen "geforscht" haben, hier an verschiedenen Teilen der Kurve widersprüchliche Erkenntnisse erhalten. Nun, nachdem wir sozusagen nachträglich anfangen, sehend zu werden, erkennen wir, daß es eben gar keinen Widerspruch gibt, sondern daß die Kurve an verschiedenen Orten verschieden steil verläuft.

Eine Konsequenz hieraus ist natürlich, daß der Streit der verschiedenen Wissenschaftler aufgehoben ist. Als weitere Konsequenz folgt hieraus, daß man nicht aus den Werten, die man bei hohen Strahlenbelastungen gewonnen hat, auf die Schädlichkeit oder Unschädlichkeit der niedrigeren Strahlung schließen darf, was zum Beispiel für die Grenzwerte, wie immer man sie definieren will, natürlich gewaltige Folgen hat.

Der Marburger Nuklearmediziner, Professor Kuni, der im Auftrag des DGB eine große medizinische Studie über Arbeitsbelastung in der Atomkerntechnik gemacht hat, meint, die zulässige Strahlenbelastung müßte für Männer in der Atomtechnik auf ein Fünfzigstel ($1/50$) und für Frauen auf ein Einhundertfünfzigstel ($1/150$) der derzeit geltenden Werte gesenkt werden. Die Begründung hierfür hält Kuni selbst für problematisch, aber er übernimmt sozusagen für den Zweck der Argumentation einen Gedanken der internationalen Strahlenschutzkommission: das Risiko für Atomarbeiter, durch den Beruf

zu Tode zu kommen, soll nicht größer sein als das gesellschaftlich akzeptierte mittlere Risiko, durch Industriearbeit zu Tode zu kommen. Aus diesem Prinzip folgert Kuni die doch sehr drastische Senkung der zulässigen Grenzwerte. Er hat auch ein anschauliches Argument parat, wenn er das Risiko des Arbeitens im Atomkraftwerk unter den gegenwärtigen Belastungsgrenzwerten gleichsetzt mit Arbeiten im Steinbruch, nur eben, daß die Menschen nicht sofort tot umfallen, weil sie Steinbrocken an den Kopf bekommen, sondern erst 10, 20 Jahre nach der Strahlenbelastung durch die in sie eingepflanzten Krebskeime sterben.

Mein Hauptanliegen ist klarzumachen, daß die Literatur eine Reihe von verschiedenen Phänomenen beschreibt und kennt, die eine solche überlineare Dosiswirkungsbeziehung im unteren Bereich aufzeigen. Ich will jedenfalls andeuten, in welcher Hinsicht und in welcher Richtung man sich vielleicht eine Erklärung dieses Mechanismus vorstellen kann. Dazu noch einige Daten:

Bild 3 zeigt die Lungenkrebserzeugung bei Versuchstieren - Hamstern -, denen man Polonium zu atmen gegeben hat. Dabei sieht man auch wieder ganz deutlich: Bei 0 - Null -, wenn also keine Belastung vorhanden ist, ist auch kein Effekt zu verzeichnen. Dann steigt die Kurve steil an und in dem oberen Bereich wird sie flacher.

Bild 4 leitet in ein anderes Kapitel über, nämlich die Verringerung der Zellbildung im Knochenmark. Man hat Versuchstieren, z.B. Mäusen, Strontium 90 zu fressen gegeben, das sich in Knochen ansammelt und dann auf das Knochenmark ausstrahlt. Dann haben die Forscher, u.a. der norwegische Forscher Stokke, festgestellt, daß sich die Zellbildung im Knochenmark verringert hat, und da sieht man jetzt wiederum bei 0 - Null - natürlich nichts und dann solche Werte, die zeigen, daß doch sehr komplizierte Mechanismen dazu führen, daß es anfangs sehr steil ansteigt und dann der Anstieg immer weniger wird.

Es kommt immer häufiger vor, daß ein Effekt langsam mit

POLONIUM-210 EXPOSURE AND LUNG CANCER IN HAMSTERS

(J.B. LITTLE et al. Science
 May 16, 1975, Vol. 188, p. 737)

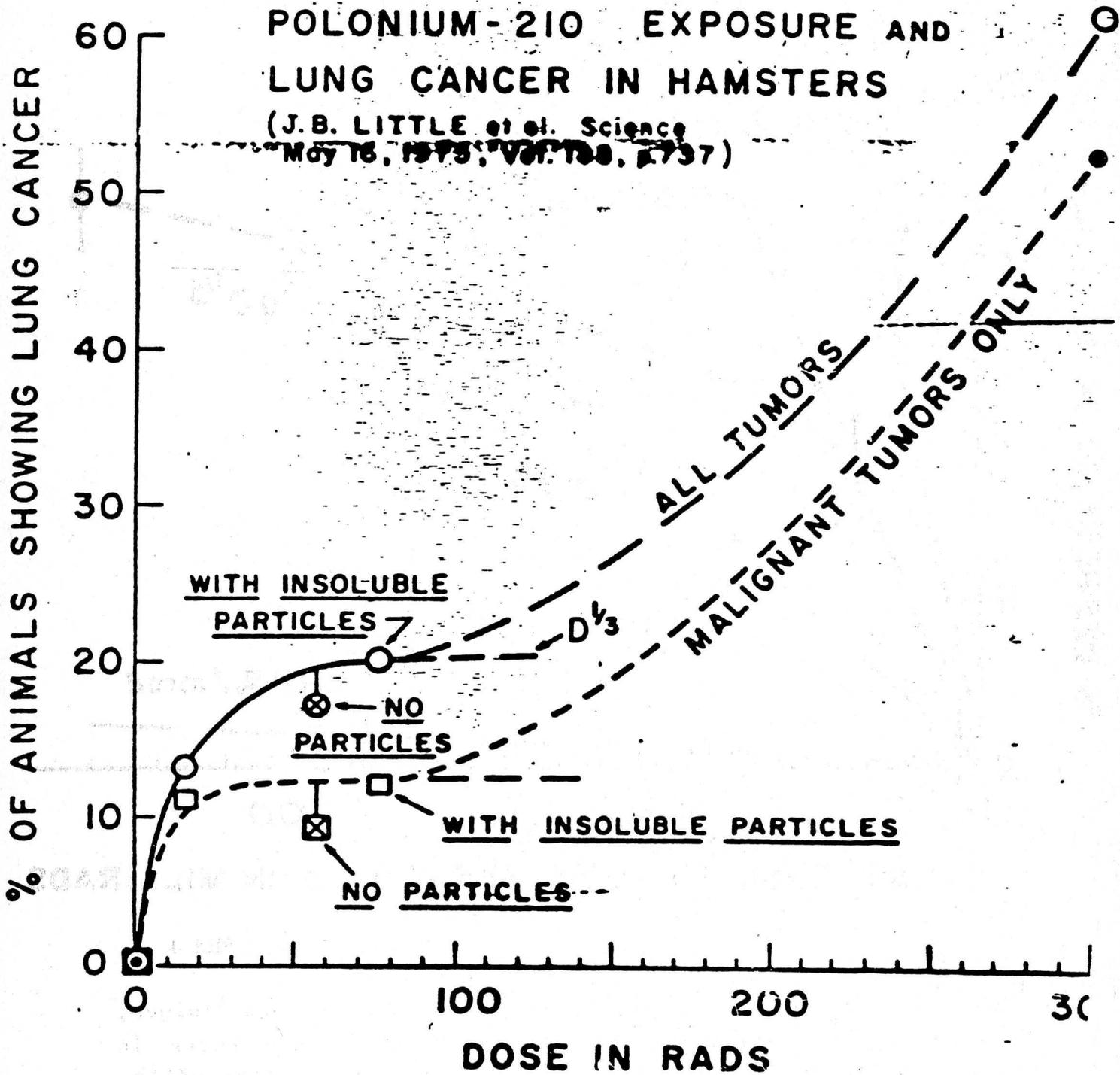


Bild 3

so einer gekrümmten, immer flacher werdenden Kurve ansteigt.

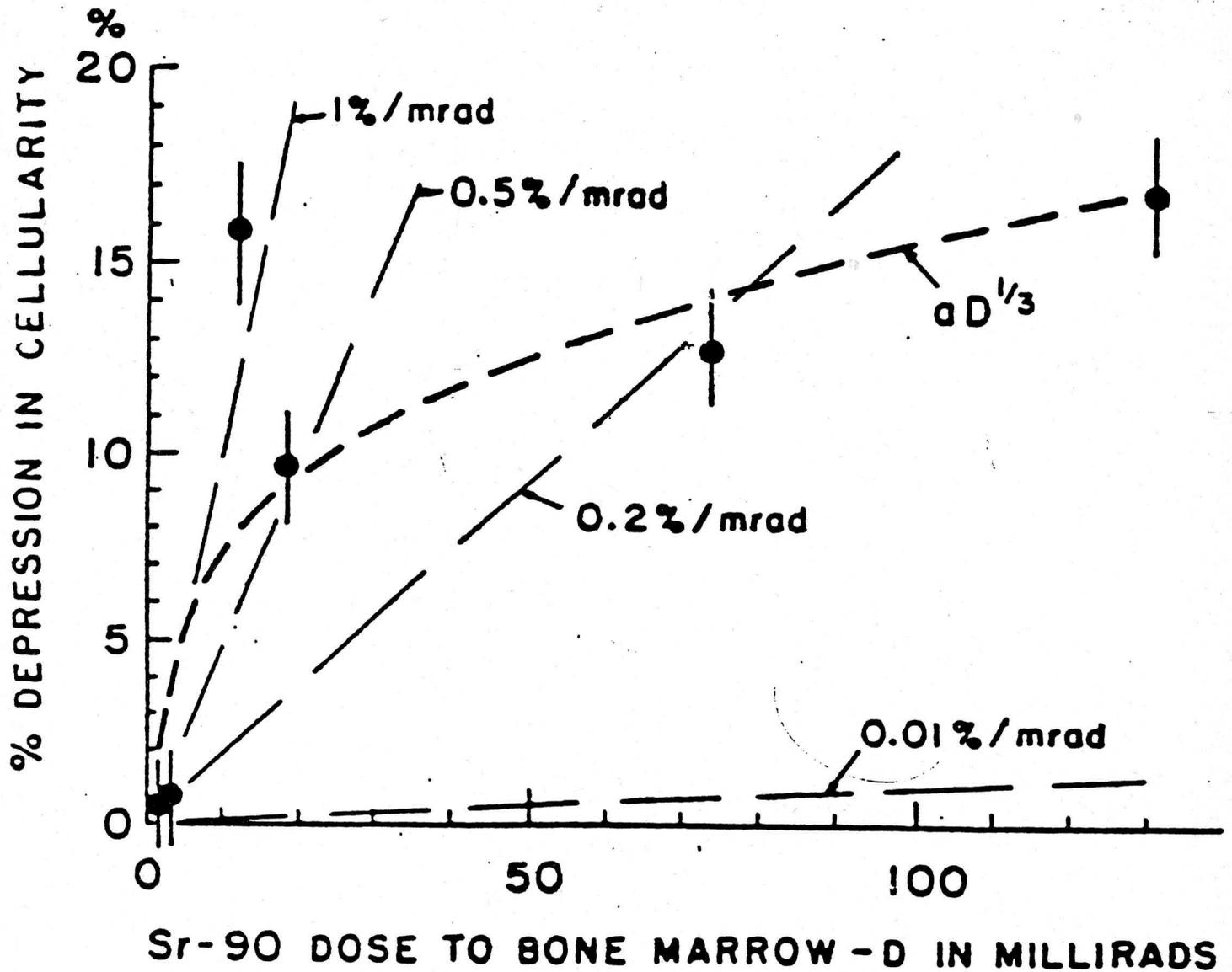


Bild 4

Es sei erwähnt, das will ich schon mal vorweg zeigen, - Bild 5 -, daß dies eine ziemlich aufregende Kurve in einem Bereich ist, wo man es wirklich nicht erwartet hätte. Das ist von Professor Sternglass, Nuklearexperte und Professor für Radiologie in Pittsburg/USA, der ein erfahrener Statistiker ist. Er hat sich den Zuwachs der Sterblichkeitsrate in den USA von 1986 zu 1985 angeschaut und das in Beziehung gesetzt zu der Hypothese, daß selbst der geringe Tschernobyl-fall-out in den USA seinen Einfluß gehabt hat. Die Sterblichkeitsrate kann also in Beziehung gesetzt

werden zu der Menge an Jod 131 in verschiedenen Regionen der USA, die verschieden belastet waren.

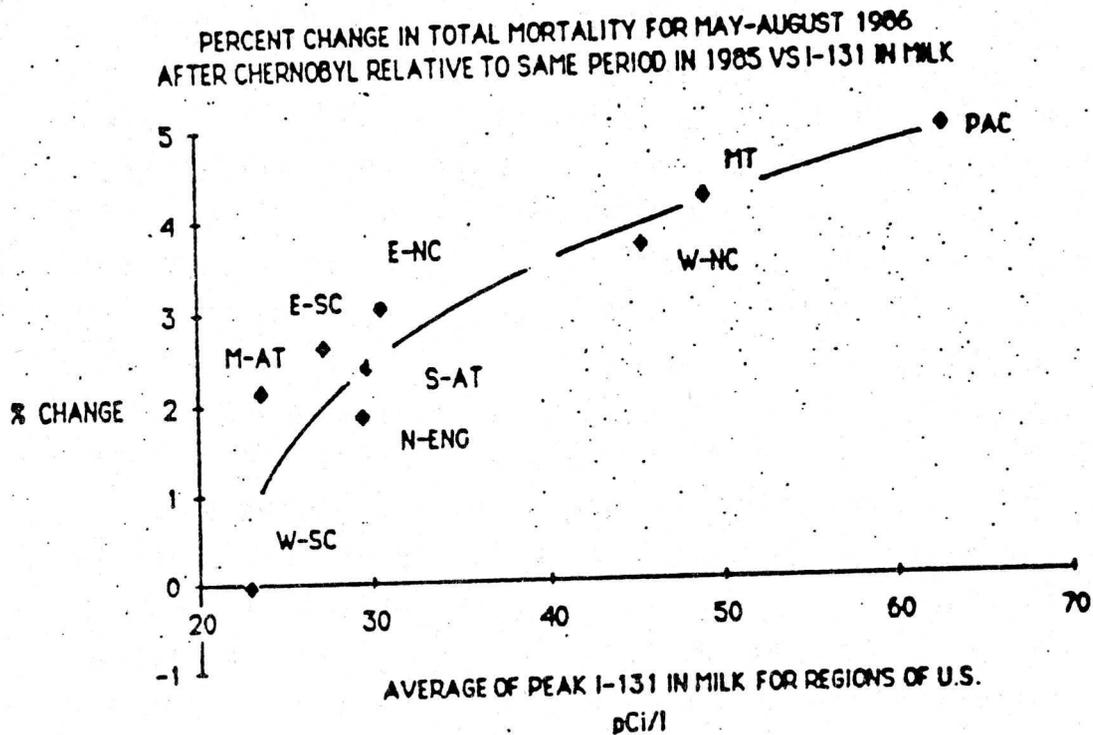


Bild 5

*Sternglass
Gould*

Dort kam die radioaktive Wolke über Sibirien und den Pazifik. Die Pazifikstaaten waren am stärksten belastet: Kalifornien, Oregon und Washington State sowie die Rocky Mountains; davon verschieden ist der Südwesten, Mittelatlantik und verschiedene andere Regionen.

Der Zuwachs an Sterblichkeit ist in diesem Jahr drastisch angestiegen, wie er so in den USA nur während der Kriegsjahre mal beobachtet wurde. Die Sterblichkeitszuwachsrate waren über die letzten Jahrzehnte seit Anfang dieses Jahrhunderts regelmäßig verfolgt worden.

Da wird man natürlich sofort sagen, und viele sagen es, wenn das wahr ist, hätten die Menschen bei uns ja nach Tschernobyl tot auf den Straßen gelegen haben müssen, weil bei uns ja Viele viel mehr Strahlenbelastung erlitten haben. Das ist ja nun Gottseidank nicht der Fall gewesen. Es zeigt allerdings auch, daß wenn das so richtig ist und erklärt werden kann, daß hier ein spezieller Effekt vorliegt, der

einer solchen gekrümmten Kurve folgt.

Bild 6: Hier ist der Bereich der USA und dann geht es so weiter und hier kommen wir in den Bereich der Belastung, die wir in Europa erlitten haben. Man sieht, daß wir insofern Glück gehabt haben, daß wir einer spezifischen Schadenswirkung ausgesetzt waren, die hier zur Debatte steht, also nicht Krebs, sondern irgendeiner Schwächung der Zellproduktion und wohl auch der Schilddrüse, weil sich das Jod in der Schilddrüse anreichert. Irgendwelche Mechanismen müssen vorliegen, was dazu geführt hat, daß bei uns in Europa der Zuwachs nicht so schrecklich war wie im Bereich der Amerikaner. Man muß dazu natürlich sagen, daß derartige Untersuchungen, in denen man zeitliche Abläufe analysiert und etwas Auffälliges irgendwann im Laufe der Jahre feststellt und dann fragt, war da was, war da gerade eine Atomkatastrophe, eine Atombombenexplosion oder so etwas, daß solche Zeitanalysen natürlich immer der Kritik ausgesetzt sind und daß sie Fehlschlüssen aufsitzen können.

Da gibt es das berühmte Beispiel, in dem gesagt wird, mit dem Rückgang der Störche ginge parallel der Rückgang der Geburten einher, und dies illustriert natürlich, welchen Fehlern man aufsitzen kann.

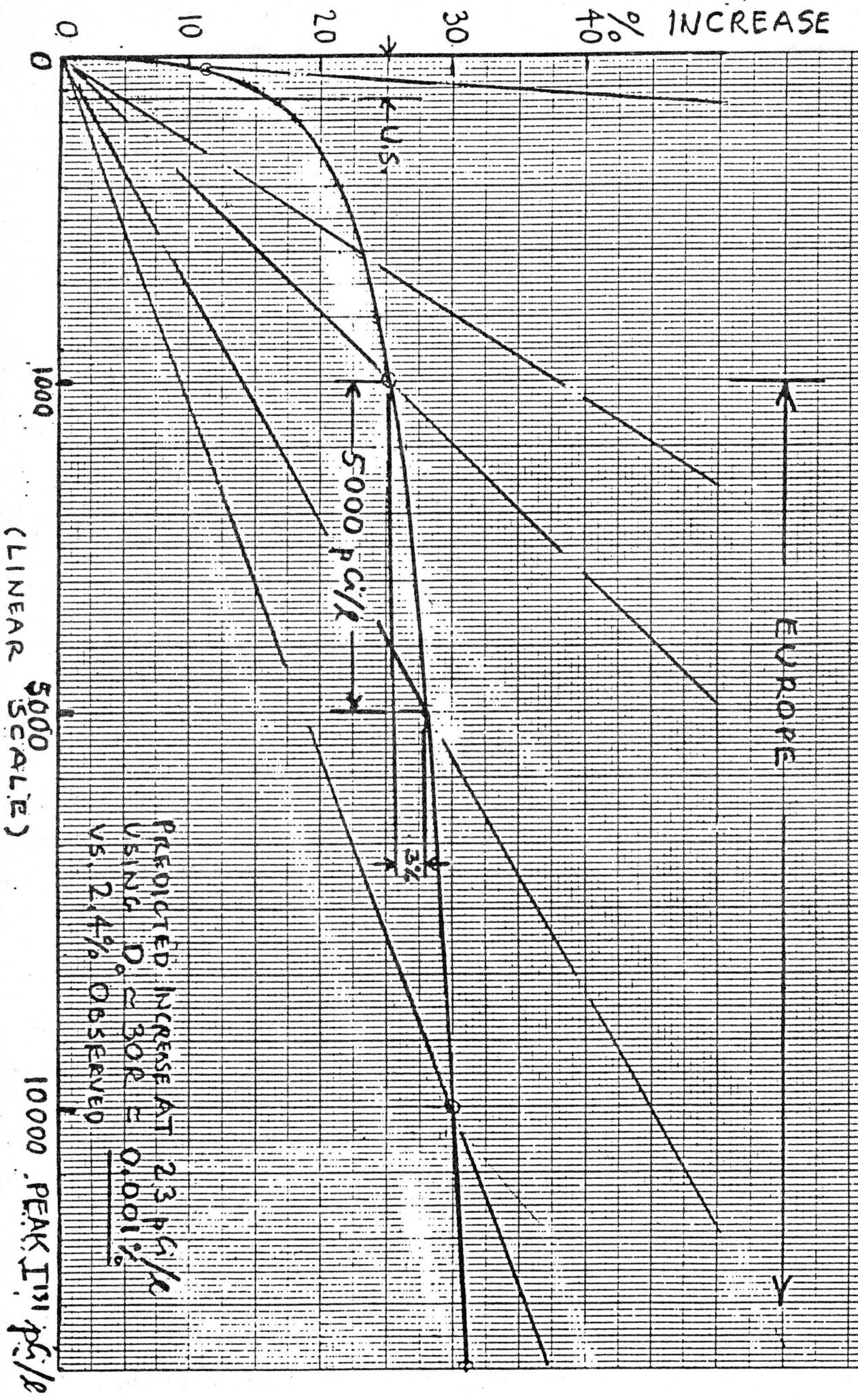
Zeitreihenanalysen sind immer problematisch und wenn man daraus so etwas wie ein Argument finden will, dann muß man viele Phänomene erst einmal erfassen. Man muß zweitens eine Analyse durchführen, in der sehr viele Faktoren gegeneinander abgewogen werden. Da gibt es mathematische Methoden, die eine Viel-Faktoren-Analyse gestatten. Wenn aus solchen Untersuchungen dann herauskommt, daß eine Abhängigkeit von der Radioaktivität, verglichen mit anderen Faktoren, vorliegt, dann und nur dann ist man einigermaßen sicher.

Andererseits darf man solche Hinweise nicht vom Tisch wischen, wie es viele mit dem Argument tun "Das kann ja nicht sein, weil wir keinen Mechanismus dafür kennen. Es gibt auch keine biologischen Mechanismen, die bei so winzigen Strahlen-

PERCENT INCREASE IN TOTAL MORTALITY

MAY - AUGUST 1986 VS. 1983-85 (CHERNOBYL)

VS. PEAK I131 IN MILK



belastungen irgendwo einen biologischen Effekt haben und deswegen braucht man gar nicht weiter nachzugucken". Dies ist eine sehr weit verbreitete unkritische Haltung, die eigentlich eines Naturwissenschaftlers unwürdig ist.

Die richtige Vorgehensweise ist immer, daß man zunächst einmal solche Phänomene, mögen sie auch noch so verblüffend und unwahrscheinlich und unglaublich sein, ernst nimmt, viel zusammenträgt und sich dann hinsetzt und überlegt, vielleicht gibt es doch noch unbekannte Mechanismen. Ich will dafür, obwohl es nun wirklich nicht mein Fachgebiet ist, ein Stichwort geben: Es gibt Bedingungen, daß diese ganzen biologischen Effekte durch die Strahlungen aufgelöst, aber erst über Zwischenschritte in unseren Körpern wirksam werden. Strahlung in unserem Körper erzeugt bekannterweise chemisch aktive Substanzen, die einerseits etwa die Zellmembranen schädigen oder sonst auch biologischen Schaden ausüben, die andererseits aber auch die interessante und für uns auch sozusagen rettende und heilsame Eigenschaft haben, daß, wenn viele von ihnen sich gegenseitig treffen, sie sich dann sozusagen gegenseitig entwaffnen. Dann tritt nämlich ein chemischer Prozeß ein, mit dem sie ihre aktiven Gefährlichkeiten verlieren. Das ist plausibel: wenn zu viele von ihnen erzeugt werden, dann haben sie die Tendenz, sich gegenseitig zu entwaffnen; nur wenn sie so einer nach dem anderen erzeugt werden, dann haben sie die Chance, ihr Zerstörungswerk auszuüben.

Es gibt solche Experimente an künstlichen Membranen in radioaktiven Lösungen. So schlicht ist der Mechanismus in lebender Substanz wohl nicht, weil es sicher komplizierter in dem nach Zellen organisierten Gewebe ist. Aber wichtig ist, daß es überhaupt Effekte gibt, die speziell bei geringer Dosisrate, also chronisch wirken. Deswegen meine ich, es ist eine Aufforderung an die Forschung, auch wenn man solche Phänomene zunächst nicht verstehen kann, sie nicht einfach wegzuwischen, sondern sich zu überlegen, wie man sie erforschen kann oder ob man dazu einen Erklärungsmechanismus findet.

Damit verbunden ist die Art und Weise, wie vielfach solche

unerwarteten ersten Hinweise weggebügelt werden, indem man sagt, sie seien "nicht signifikant". Das hat so das allgemeine Verständnis von "nicht bedeutsam" oder "zufällig", "nicht ernstzunehmen". Mathematisch exaktes Kriterium ist aber ein anderes: Mathematiker haben nämlich Möglichkeiten, aus solchen schwankenden Zeitreihen solche Fluktuationen abzuschätzen und die Wahrscheinlichkeit anzugeben, ob ein Ausreißer, eine zufällige Fluktuation oder ob da was Echtes dahintersteckt.

Mathematiker können aus dem Zahlenmaterial sozusagen eine Wahrscheinlichkeit des Irrtums herauspräparieren. Man sagt, wenn der Irrtum kleiner als 5 %, also die Wahrscheinlichkeit größer als 95 % ist, dann ist das signifikant. Viele interpretieren das wirklich sehr rigide: Sie sagen, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit 6 % beträgt oder die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit nur 94 %, dann sei das insignifikant und es wird weggestrichen und nicht weiter betrachtet. Das ist unrealistisch und wirklichkeitsfremd, denn wenn man im täglichen Leben eine Wahrscheinlichkeit von 94 % hätte, dann würden sehr viele sehr wohl darauf wetten.

Dieses Verfahren, Informationen wegzudiskutieren, wird besonders bedenklich, wenn etwa ein sonst sehr angesehener Kollege, Professor Kaul in Berlin, eine Zusammenstellung von Arbeiten vorlegt, die sich mit Strahlenwirkung beschäftigen, und wenn er rigide alle Arbeiten, die weniger als 95 % Sicherheit aufweisen, wegstreicht und nicht weiter berücksichtigt. Es ist klar, daß auf diese Weise gerade erste Hinweise oder frühe Arbeiten mit ersten Hinweisen, wo es lohnt, etwas weiter nachzuverfolgen, weggebügelt werden, und daß man damit ein falsches Ergebnis zeigt.

Extrem wäre sozusagen, wenn wir 10 Ergebnisse haben, die die Aussage A mit jeweils 94 % haben, und ein Ergebnis für die Aussage B mit 96 %, dann bleibt nur die Aussage B übrig. Das wäre eine Verzerrung und unseriös, denn normalerweise, wenn man verschiedene Daten hat, dann trägt man sie alle zusammen, mittelt dadrüber und gewichtet sie mit den relativen Fehlern. Das heißt: auch unsichere Daten werden mit beigezogen, aber mit einem geringeren Gewicht

bei der Mittelbildung. Man geht aber nicht so vor, daß man mit der Schere sozusagen unterhalb von 94 % einfach abschneidet. Das ist normalerweise ein unseriöses Verfahren, aber in der Diskussion über Strahlenwertung leider nicht selten.

Nach diesen Vorbehalten einige kleine Beispiele, die zeigen, daß es auch bei uns in der BRD in den 60er Jahren interessante Phänomene gegeben hat, die nur sehr wenig bekannt waren.

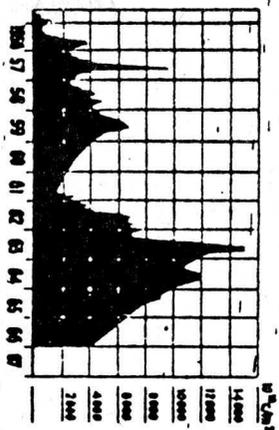
Bild 7: Hier hat ein Mediziner in Münster, es war Professor Mehring, der leider inzwischen verstorben ist, verschiedene Gesundheitsphänomene in den 60er Jahren zusammengestellt.

Hier auf der linken Seite sind ein paar Bilder, die zeigen, was damals in der Debatte war: Meßwerte der radioaktiven Belastung. Das war gerade die Zeit, als ich anfang, in diesen Gebieten zu arbeiten; wir haben dann auch solche Messungen gemacht.

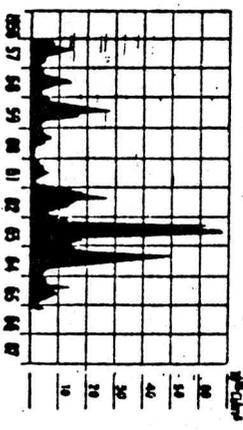
Man sieht, daß es zwei typische Berge um 1959 und 1963 gegeben hat; das waren die Zeiten der ganz großen Atombombenexplosionen. Zuerst gab es in den 50er Jahren eine Bewegung dagegen, angeführt von Professor Linus Pauling; um 1957/58 gab es auch in der BRD eine Bewegung "Kampf dem Atomtod", und weltweit gab es eine Stimmung gegen die Atombombenversuche, wobei die Radioaktivitätsbelastung, die wir damals erlitten, sehr viel geringer war als jetzt nach Tschernobyl. Etwa um 1959 gab es dann einen Atombombenversuchsstop und es klang etwas ab. Dann haben die Supermächte das Abkommen noch mal gebrochen und etwa um 1962/63 waren dann die größten Wasserstoffbombenexplosionen der Geschichte mit einem gewaltigen fall-out; und da sieht man hier diese beiden Buckel. Professor Mehring hatte Daten, Leukozyten bei großen Kollektiven, nicht nur bei Patienten, sondern auch bei Reihenuntersuchungen von Polizeibeamten in Münster oder auch im Krankenhaus, dann auch Fälle von Leukämie, dann auch bei Wehrpflichtigen damals und man sieht immer charakteristisch diese beiden Buckel.

Das geht jetzt noch weiter bei Angelegenheiten, die scheinbar gar nichts damit zu tun haben, wie zum Beispiel Durchbrüche

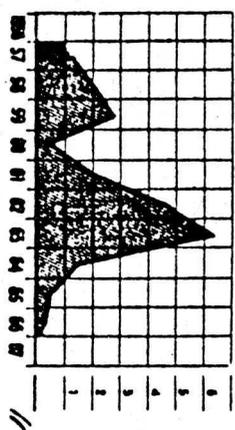
Abbildung 5 · Physikalische Messgeb-nisse der erhöhten Umweltradioaktivität.



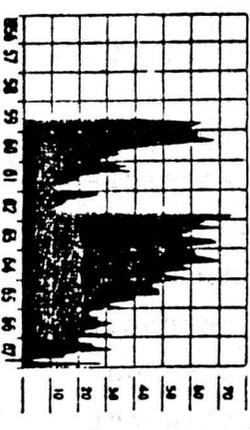
Dem Boden monatlich zugeführte Gesamaktivität. Sammlerkurve des I. Physikalischen Instituts der Universität München.



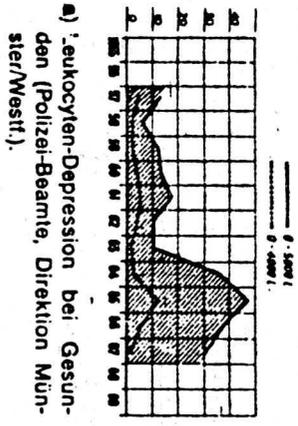
90Sr-Aktivität der bodennahen Luft in Heidelberg. II. Physikalisches Institut Heidelberg.



Jahresmittel der spez. Beta Aktivität der Luft (in 10⁻¹⁸ Curie/cm³) - Bundesmittel - Wetterwarte Essen.



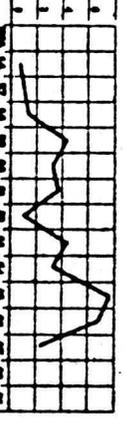
Monatsmittelwert der Aktivität, pro Liter Niederschlag. Messungen des I. Physika-



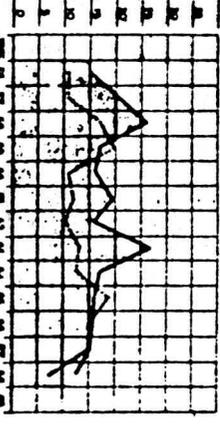
a) Leukocyten-Depression bei Gesunden (Polizei-Beamte, Direktion Münster/Westl.).



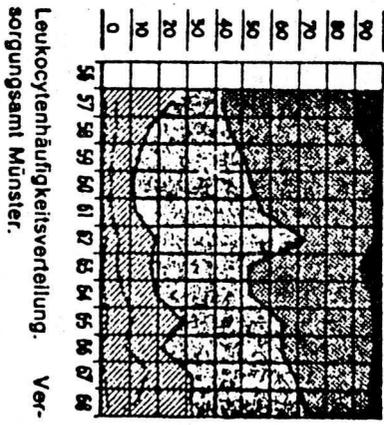
a) Leukocyten-Depression beim Grob-zahlblutbild eines Appendicitis-Kontingentes (2780 Appendicopathien, Evang. Krankenhaus Münster).



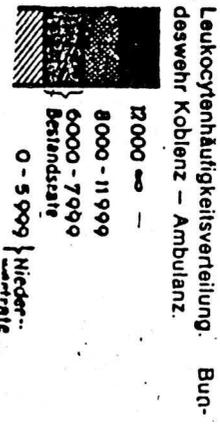
b) Perforationsneigung beim gleichem Appendicitiskontingent 1957-1968.



b) Sterbefälle durch Leukämie und Leukämie in Österreich. Prozentanteil jugendlicher unter 20 Jahren auf alle Leukämie-Sterbefälle des Landes (Zentralstatistisches Amt Wien)

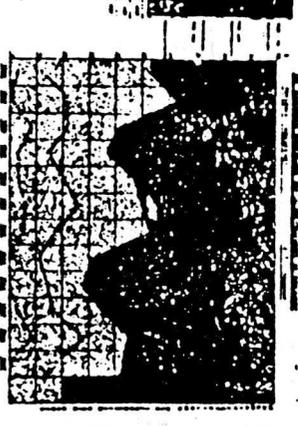


Leukocytenhäufigkeitsverteilung. Versorgungssamt Münster.



Leukocytenhäufigkeitsverteilung. Bundeswehr Koblenz - Ambulanz.

Abbildung 3 · Leukocytenhäufigkeitsverteilung bei Gesunden.



bei Blinddarmentzündungen.

Einerseits kann man sagen: "das muß gesponnen sein", andererseits: wenn man so viele parallele Phänomene sieht, dann kann man auch denken, "vielleicht hat das doch was damit zu tun". Daß also möglicherweise auch solche indirekten Mechanismen eine Rolle spielen, die die Wissenschaft noch gar nicht alle durchblickt. Man kann ahnen, daß das vielleicht mit der Leukozytenmenge in unserem Blut zu tun hat, die eine allgemeine Schwächung der Konstitution zur Folge hat, so daß wir gegenüber allen möglichen Umwelteinflüssen oder Krankheitsfaktoren weniger widerstandsfähig sind. Dies nur als Merkposten: solche Dinge sind immerhin denkbar.

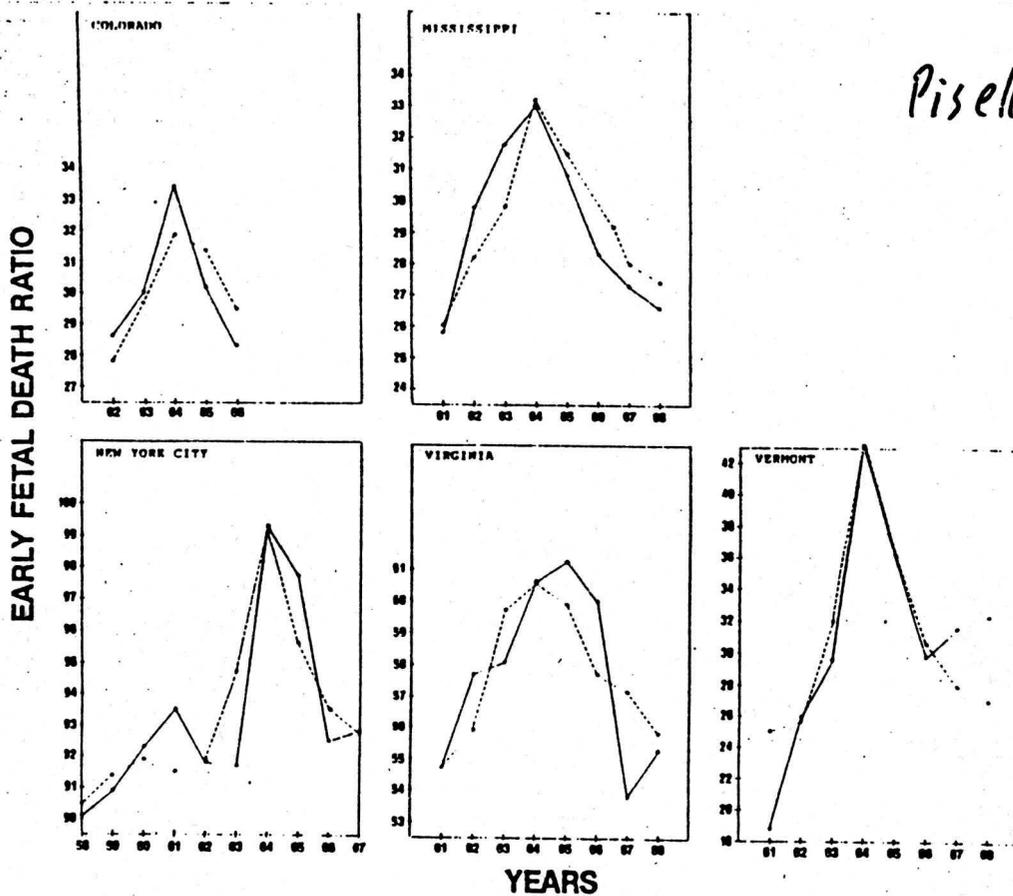


Bild 8

Bild 8: In den selben Jahren findet man Daten in den USA: Die ausgezogene Linie gibt den Strontiumgehalt, die getüftelte

die Totgeburtenrate wieder. Leider ist die Streubreite nicht angegeben. Es könnte ja auch sein, das muß man immer dazusagen, daß hier in den späteren Jahren eine sprunghafte Änderung in der Behandlungsmethode oder auch in der Registrierungsmethode aufgetreten ist. Also muß man sich bei solchen Zeitreihenanalysen - ich sag's noch einmal - immer vor Augen führen, wie leicht man da Fehlern aufsitzen kann. Man soll mit Überzeugung erst auftreten, wenn man sehr viele verschiedene Faktoren hat, die alle so einen Verlauf haben. Dann aber ist es allmählich an den Haaren herbeigezogen, zu sagen, das müssen alle möglichen anderen Faktoren sein, die zufällig so zusammengespielt haben, während nur die Radioaktivität jetzt alles auf einen Streich erklären würde..

Ein Zeitreihenphänomen besonderer Art ist die Kindersterblichkeit, wo man von den verschiedenen Faktoren möglichst unabhängig wird. Vielleicht ist berücksichtigt, daß sich die Diagnostik verändert oder daß Heilmethoden sich gewandelt haben, vielleicht auch, daß die Registriervorschriften geändert wurden. Professor Sternglass, von dem diese Daten sind, hat sich deswegen viele Jahre auf die Zahlen der Kindersterblichkeit spezialisiert, denn es kann hier wenig Zweifel geben.

FIGURE 1.
Observed and predicted fetal death
ratio vs. time. New York City.

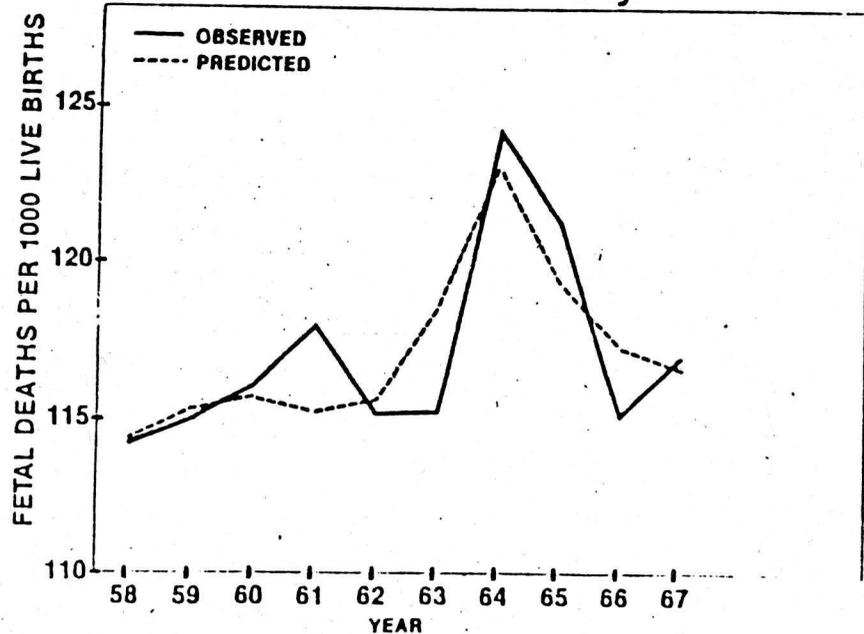


FIGURE 3.
Observed and predicted
fetal death ratio vs. time.
Hinds County, Mississippi.

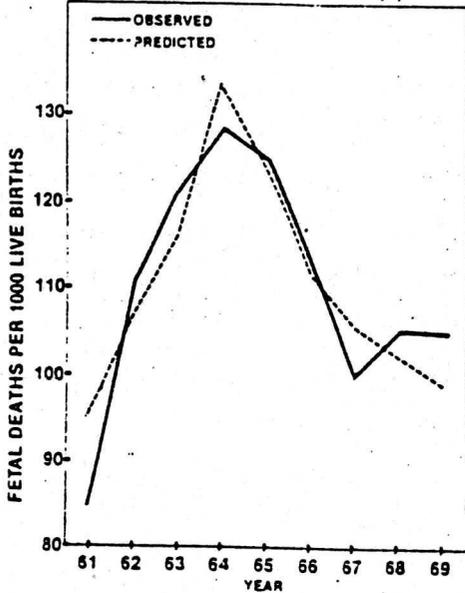
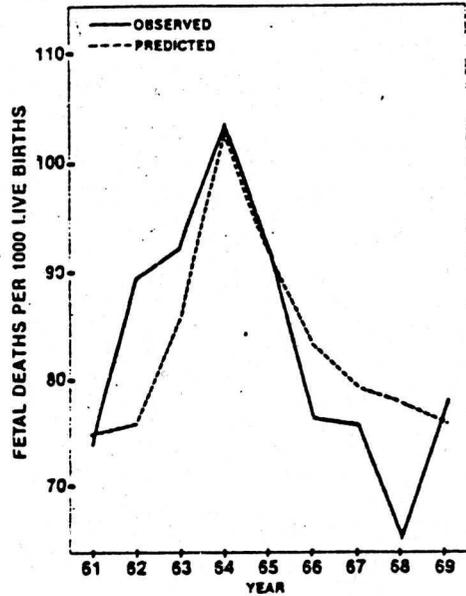


FIGURE 2.
Observed and predicted
fetal death ratio vs. time.
Chittenden County, Vermont.



Wenn ein lebendes Baby im ersten Jahr verstirbt, ist dies ein Fakt und eine diesbezügliche Statistik ist praktisch zweifelsfrei und relativ zuverlässig. Man sieht, daß solche langfristigen Trends über die Jahre seit den 30er Jahren, ein wenig moduliert durch die Kriegsjahre, anhalten und dann tritt ein Abflachen ein, so daß die Zahl eher konstant bleibt.

Bild 9: Dies ist in den Statistiken von Wyoming und von New Hampshire ähnlich.

Als Sternglass so um 1965 herum erstmalig an die Öffentlichkeit trat, da wurde er vielfach verrissen mit dem Argument: "Dieses Phänomen hat nichts mit den Atomwaffentests damals in den USA selber zu tun, die Sterblichkeit ist halt aus sozioökonomischen Gründen irgendwo zu einer Konstanz gekommen". Tiefer geht's halt nicht. Das Phänomen jedoch, daß die Rate in den späteren Jahren wieder abfiel und sich 1980 diesem langfristigen Trend wieder annäherte und sich dann hier wieder diesem entsprechend bewegte, spricht schon dafür, daß es irgendeinen Faktor gegeben hat, der über die mittleren Jahre einen solchen Buckel bewirkte. Als der Faktor dann nicht mehr existierte, trat dann so allmählich

wieder ein Rücklauf ein.

Dies gilt für Wyoming am Osthang der Rocky Mountains im Norden der USA, landwirtschaftlich genutzt, wenig Industrie, keine Atomanlagen.

Anders die Entwicklung in New Hampshire an der Ostküste: industrialisiertes Gebiet, vor allem auch durch den Unfall von Harrisburg beeinflusst, bei dem sehr viel mehr Radioaktivität freigesetzt wurde als man zugegeben hat. So ist nicht unplausibel, daß der Rückgang sich verzögerte und erst nach 1985 eintrat. Solche Kurven gibt es viele, ich will jetzt nicht weiter davon erzählen. Es gibt sehr viele Details, an denen man verfolgen kann, daß verschiedene Phänomene beeinflusst sind durch die Radioaktivitätsbelastung, die zu verschiedenen Zeiten geherrscht hat.

Nun zu einem ganz anderen Bereich: Die These, normale Emissionen aus einer Atomanlage tragen mit zu Gesundheitsschäden bei - nicht nur die durch Unfälle -, wurde durch Untersuchungen von Bertell in Wisconsin, einem landwirtschaftlich, vor allem in der Milchwirtschaft, genutzten Gebiet der USA, erhärtet und auch in anderen Gegenden der USA von anderen Leuten bestätigt.

Dann drängt sich die Frage auf, wie sieht es in Deutschland aus? In den letzten Wochen wurde hierzu gerade berichtet: Erwähnen möchte ich die Studie des Kinderarztes Dr. Demuth in Kassel über die Leukämiehäufigkeit bei Kindern in der Umgebung des Atomkraftwerkes Würgassen.

Bild 10: Hier zeigen sich sehr eindrucksvoll die Totgeburten in der Umgebung zum Atomkraftwerk Lingen, die von Stein in Differenz zum BRD-Mittel gesetzt wurden. Das AKW Lingen liegt an der holländischen Grenze und dargestellt sind die Werte in den verschiedenen Regionen Niedersachsens, bei Lingen und hier und über die Jahre hin. Es hat nach der Inbetriebnahme von Lingen in diesen dort angegebenen Jahren große Edelgasemissionen gegeben. Es fällt also

wiederum schwer zu argumentieren, ein solches Verteilungsmuster sei durch ein zufälliges Zusammenwirken von allen möglichen anderen Umweltfaktoren außer der Radioaktivität zustande gekommen.

Der erste Eindruck ist vielmehr, daß in der Tat die gasförmigen Emissionen des Atomkraftwerkes hierfür verantwortlich sind. Soweit steht das Material da und man kann jedenfalls nicht sagen, es ist total unplausibel und absurd, wenn man diese Mahnung immer im Kopf hat: Es kann vielleicht Mechanismen geben, durch die sehr geringe Strahlenmengen besonders starke Wirkungen haben. Wer immer diese überlineare Kurve im Kopf hat, der wird nicht sagen, das kann also nicht gewesen sein.

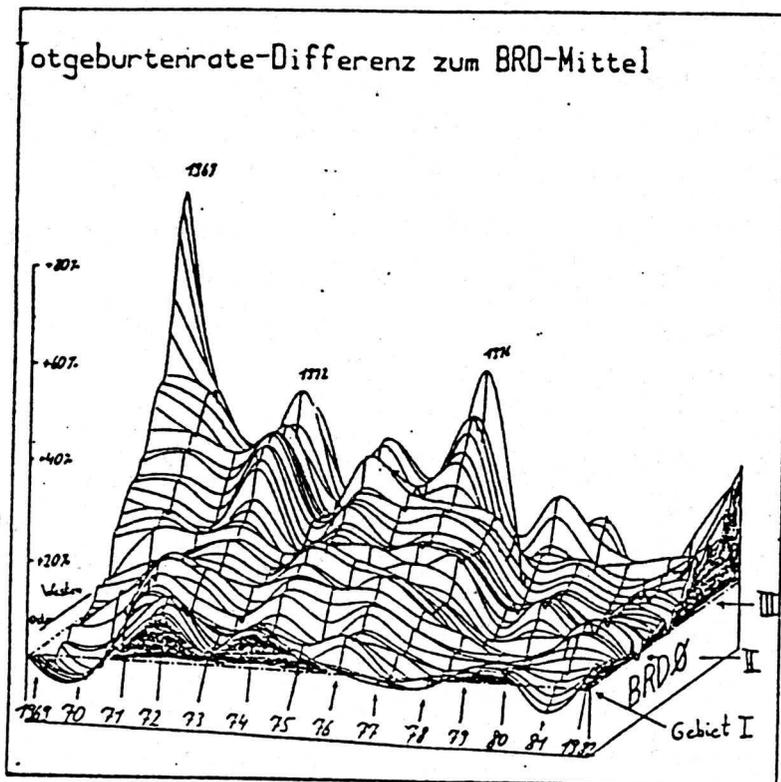


Bild 10

stein

Man wird fragen, was ist denn direkt mit Tschernobyl ? Einige wenige Hinweise gibt es ja von renommierten Wissenschaftlern: Professor Sperling in Berlin hat ja darauf hingewiesen, daß eigentlich auffallend mehr Fälle von Mongolismus - von dem man weiß, daß es ein Strahleneffekt sein kann, wenn im frühen Schwangerschaftsstadium Strahlenbelastungen den Fötus treffen - in stark belasteten Regionen der BRD aufgetreten sind, wiederum als Hinweis - und nicht als behauptete Tatsache -, daß man so etwas untersuchen sollte. Verbreitet aber ist die Ansicht, in diesem Strahlenbereich da kann nichts passieren, wir brauchen deswegen auch keinen Blick da reinzuwerfen.

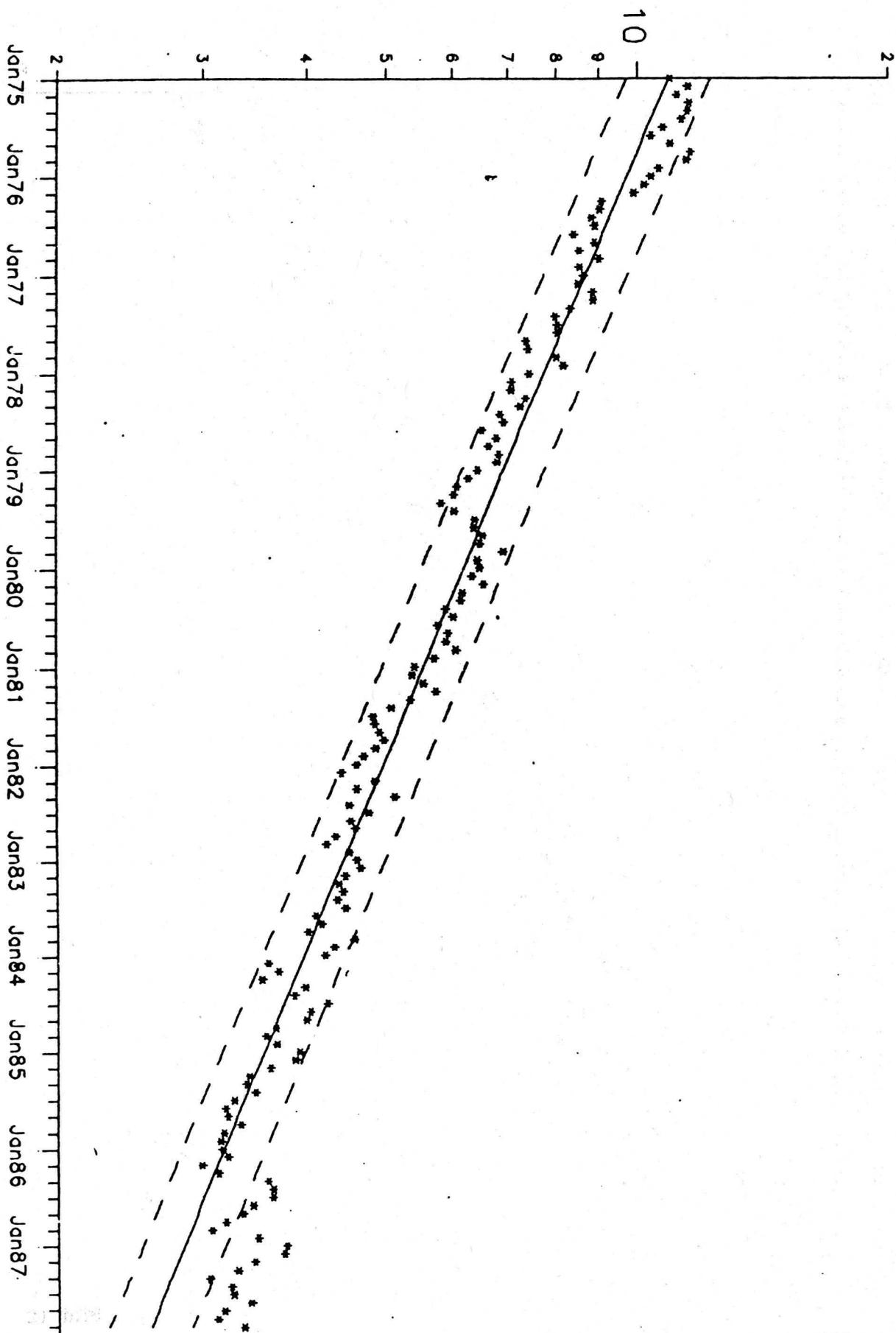
Zwei meiner Doktoranden, die eigentlich ihre Doktorarbeit in Physik durchführen, haben sich in ihrer Freizeit daran gemacht, eine erste Zusammenstellung zu gewinnen von in der BRD vorhandenem Material. Wir haben die verschiedenen Statistischen Landesämter und Krankenkassen angeschrieben und das allererste, was ich Ihnen zeigen kann, ist das Folgende: eine erste Analyse der Zeitreihen für die Säuglingssterblichkeitsraten zeigt, daß sowohl regional als auch bundesweit für den Zeitraum 1975 bis Anfang 1986 ein Trend hin zu niedrigeren Säuglingssterblichkeitsraten zu verzeichnen ist. Der Trend entspricht dabei in etwa einem exponentiellen Abfall, also bei logarithmischer Darstellung einer Gerade.

Anders hingegen sieht die Situation für das Jahr 1986 aus. Hier ist sowohl bundesweit ab etwa Juni als auch für die Region Süddeutschland ein Anstieg der Säuglingssterblichkeitsraten zu verzeichnen, der in dieser Form für den von uns beobachteten Zeitraum einmalig ist.

Als Beispiel zeige ich in den Bildern 11 und 12 die Zahl der neonatalen Todesfälle, das sind Todesfälle innerhalb der ersten sieben Tage nach der Geburt, für die Regionen Süddeutschlands mit den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg Saarland und West-Berlin, diese gelten als "hochbelastet"; Mitteldeutschland mit den Bundesländern Hessen, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen als "mittelbelastet". In Nord-

Gestorbene Sauglinge in Promille der Lebendgeborenen

Gestorbene Kinder unter 7 Tagen
(Sued-Deutschland)



Gesamt 3-Monatsmitte

Bild 11

Gestorbene Saueglinge in Promille der Lebendgeborenen

Gestorbene Kinder unter 7 Tagen
(Nord-Deutschland)

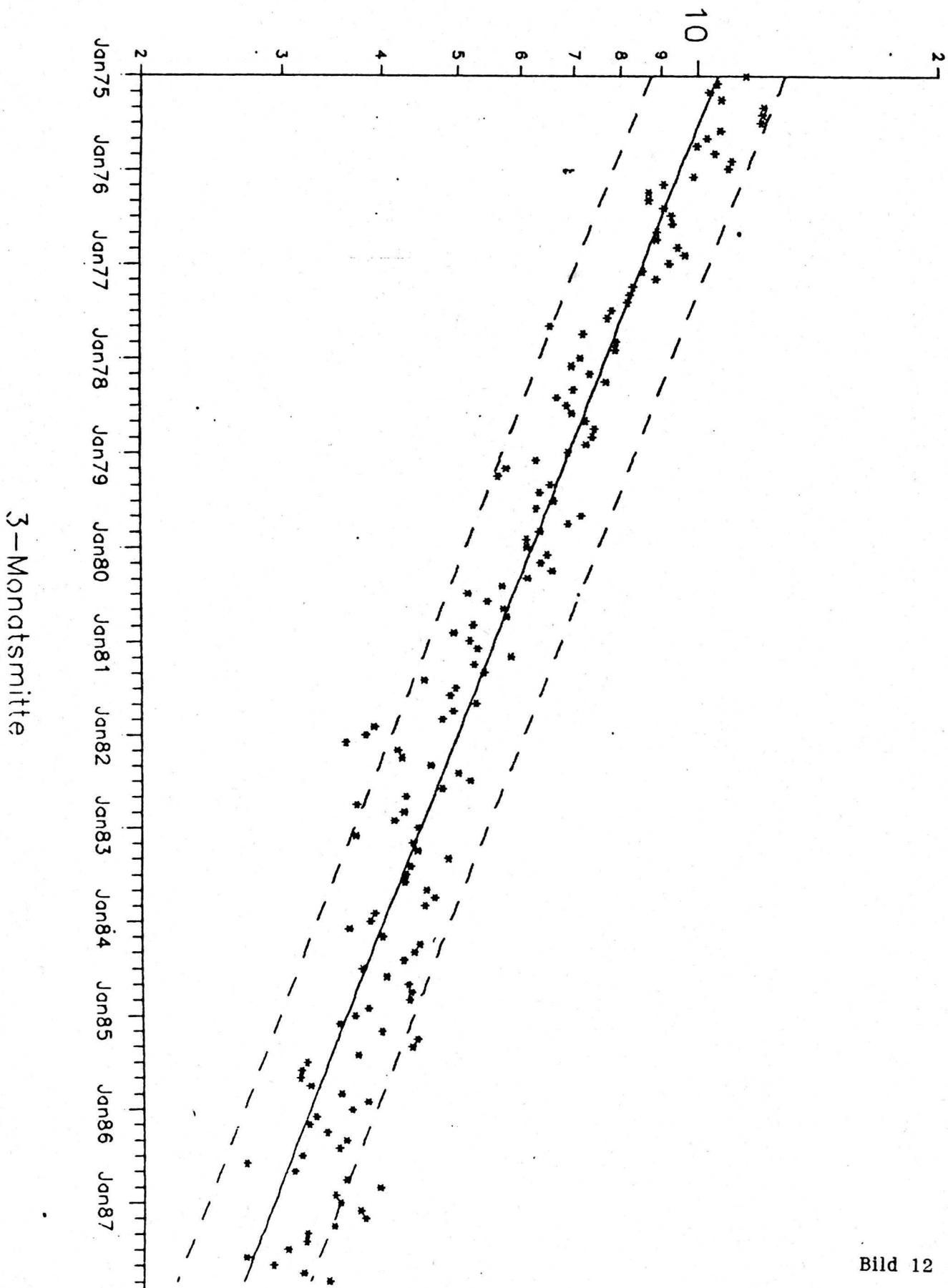


Bild 12

deutschland mit den Bundesländern Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein, die als "schwachbelastet" gelten, werden keine Effekte nachgewiesen - bei dem vorhandenen statistischen Material wohl gemerkt !

Zur besseren statistischen Absicherung wurde jeweils die gleitende Summe aus drei Monaten mit dem jeweiligen mittleren Monat als Koordinate aufgetragen. Dabei ist deutlich ein Anstieg im hochbelasteten Gebiet - Süddeutschland - zu erkennen, der sich in abgeschwächter Form auch im mittelbelasteten Bereich abzuzeichnen scheint, während er im schwachbelasteten Bereich kaum nachweisbar ist. Auffällig sind die zwei Maxima. Sie sind durch die spezifischen Empfindlichkeitsphasen während der Schwangerschaft zu erklären: Die im Frühsommer 1986 geborenen Kinder wurden von dem Hauptteil der Strahlenbelastung in den letzten Schwangerschaftswochen getroffen, in einer Zeit, in der die Funktionsfähigkeit wichtiger Organe, wie z.B. der Lungenbläschen, bestimmt wird, deren Behinderung zu einer verringerten Lebensfähigkeit führt. Die Anfang 1987 geborenen Kinder dagegen wurden in den ersten Schwangerschaftsmonaten getroffen, als die Bildung zahlreicher Organe vonstatten ging. Auch diese Kindesentwicklungsphase ist bekannt als eine Zeit erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Einwirkungen von schädigenden chemischen Substanzen oder Radioaktivität.

Bild 13: Hier will ich Ihnen noch eine Kurve zeigen, erstellt von der DAK, also der Deutschen Angestellten -Krankenkasse. Die Zahl der Allergien in den Jahren 1980 bis 1985 in Prozent der Versicherten ist so hin- und hergependelt um einen konstanten Wert. Aber 1986 ist die Zahl so weit hochgesprungen. Das ist also eine Zahl, wo es sehr schwer ist zu argumentieren, daß das Zufall ist, und man wird natürlich sehr gespannt sein, wie das 1987 und so weiter weitergegangen sein wird. Man weiß, daß die Allergien gefördert sind durch Radioaktivität; man weiß über solche indirekten Mechanismen und auch, daß sich Krebsneigung durch Radioaktivität und Allergien gegenseitig verstärken. Das ist immerhin ein Phänomen, das schon sehr ernst zu nehmen ist. Ich will wahrlich nicht sagen, daß alle diese Dinge in dem Bereich abgesi-

Registered Allergies in W. Germany (DAK)

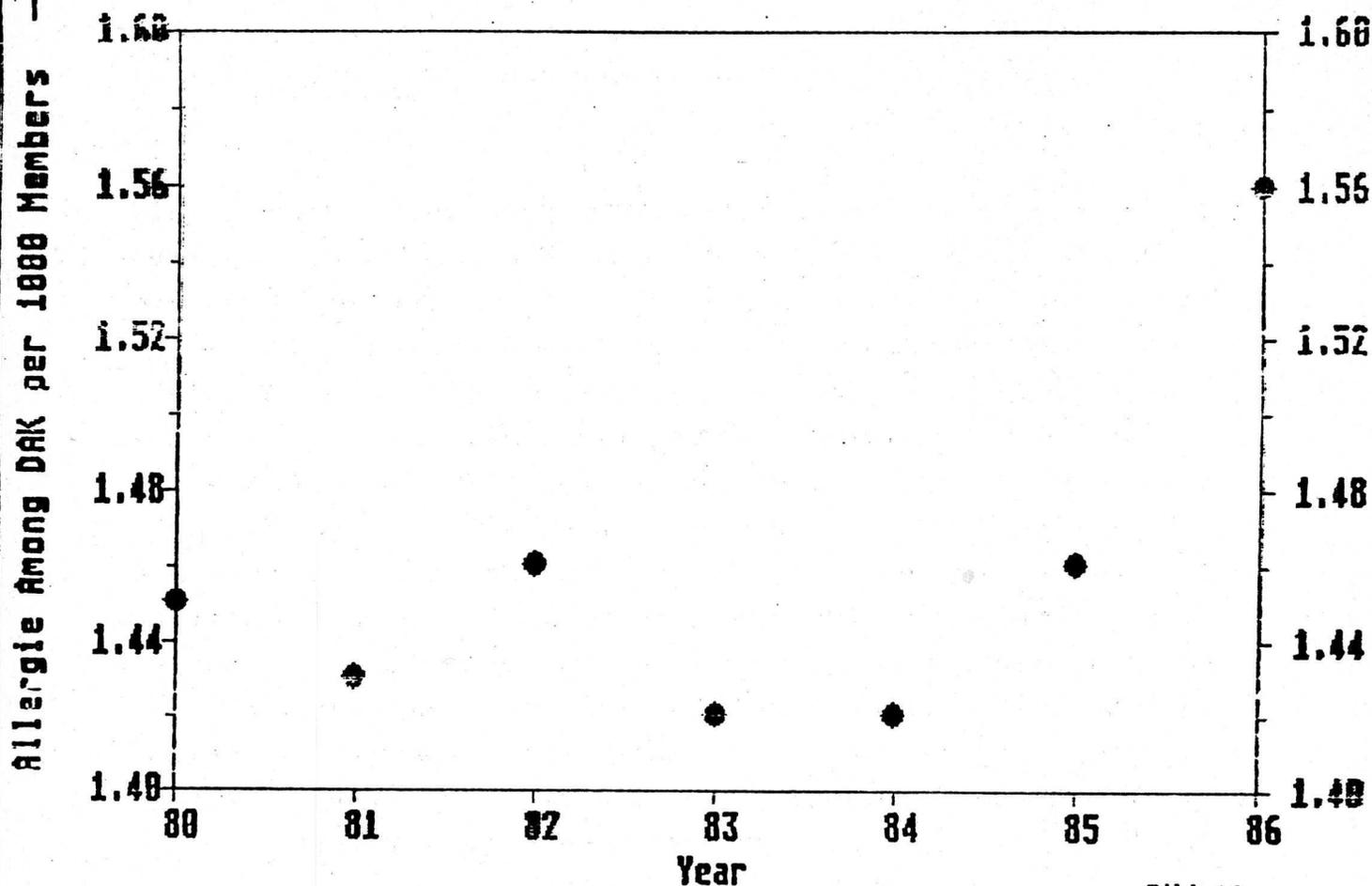


Bild 13

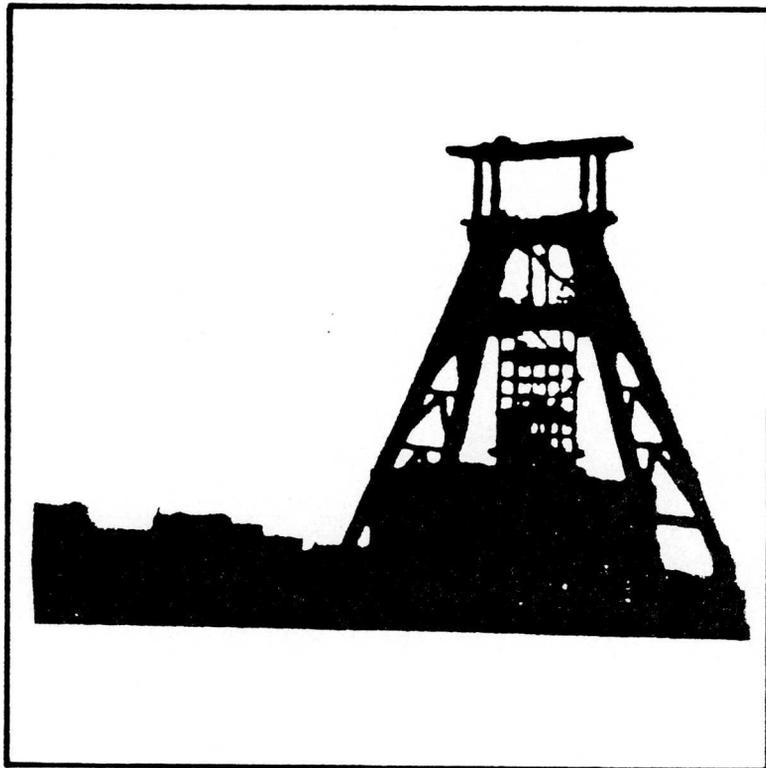
sichert sind, aber es ist eine wirklich angemessene wissenschaftliche Position zu sagen, im ersten Durchgang nehme ich solche Dinge einfach hin und bügeln sie nicht mit dem Argument weg, ich kann die nicht verstehen.

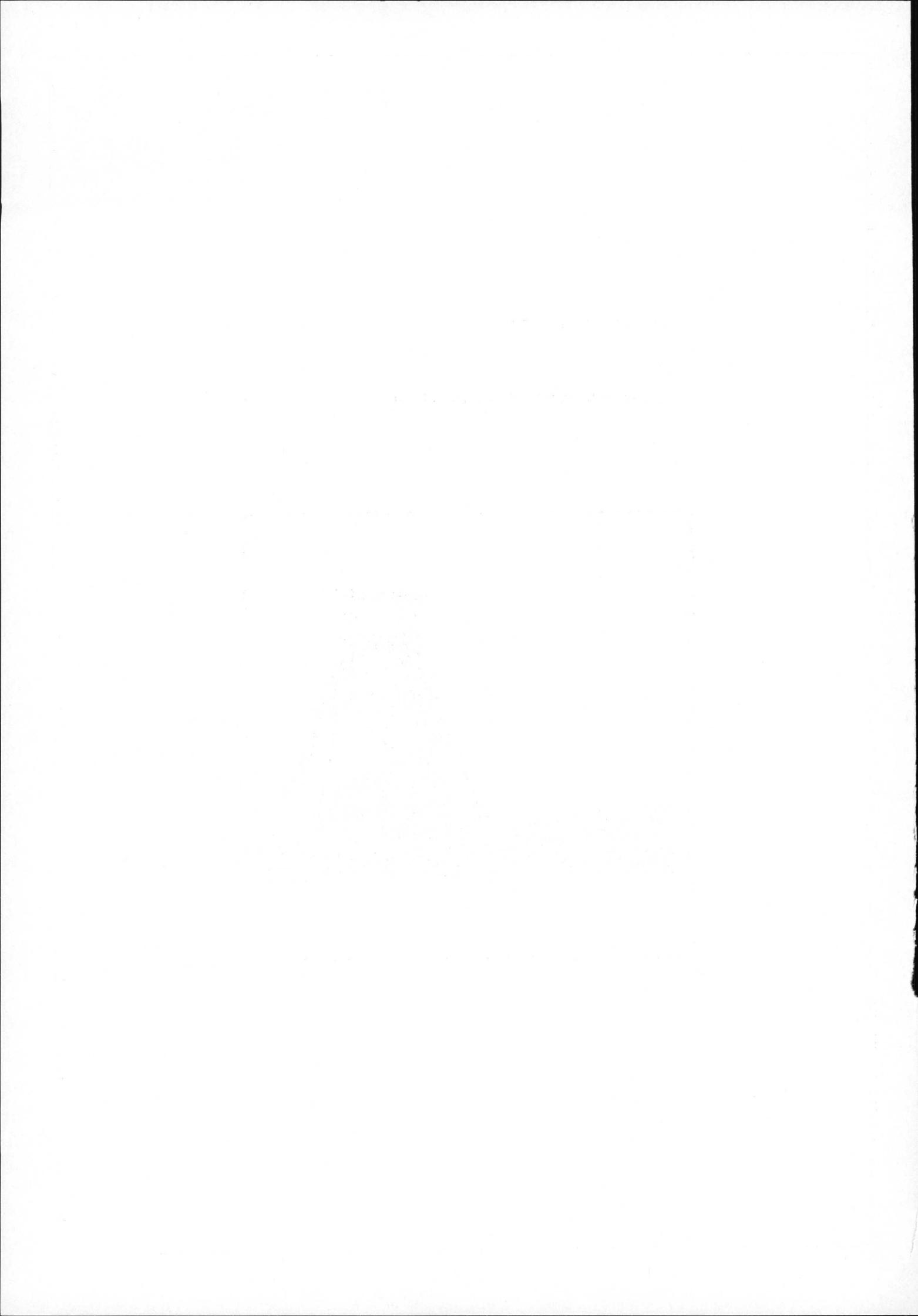
Eine angemessene Haltung ist, ich nehme es erstmal hin und forsche und denke darüber nach, ob es Mechanismen gibt, die so etwas erklären können.

Mehr kann ich als Kernphysiker, der sich selbst in diese Sachen eingelesen hat, hierzu nicht sagen. Diese Hinweise aber wollte ich noch gegeben haben und hoffe, daß Spezialisten auf den angesprochenen Gebieten endlich tätig werden.

Dr. Gottfried Galling

Niedrigstrahlung und Genmutation





Darf ich mich kurz vorstellen: Mein Name ist Gottfried Galling; ich bin hier (in Braunschweig) am Botanischen Institut tätig, war vorher in Hamburg als Genetiker und habe dort meinen ersten Kontakt mit der Problematik der Begutachtung von Atomanlagen dahingehend bekommen, daß wir seinerzeit in der Arbeitsgruppe waren, die ein ökologisch-regionalwirtschaftliches Gutachten für Gorleben erstellen sollte. Damals sollte man noch drei Jahre dazu brauchen, um eine solche Anlage zu begutachten, vor der Erstellung. Es ist vielleicht ein bißchen regionalbezeichnend, daß man für Wackersdorf nur noch vier bis sechs Wochen gebraucht hat; das heißt, daß dort offenbar die Wissenschaftler wesentlich schneller arbeiten. (Gelächter). Die Wissenschaftler, die sich mit Fragen beschäftigen, welche politische Auswirkungen haben, befinden sich ja in einem sehr großen Dilemma, denn das, was von uns in diesem Zusammenhang sehr oft verlangt wird (gleichgültig, auf welcher Seite man auch immer beschäftigt wird), ist die Abnahme der Beweislast von den Politikern durch die Wissenschaft, die Übernahme der Argumente der Wissenschaftler als endgültige Beweise und als endgültige Befürwortung politischer Entscheidungen. Das heißt also, der Wissenschaftler wird eigentlich, der Naturwissenschaftler insbesondere (- der sich ja wohl auf die exakte Feststellung von Tatsachen konzentrieren sollte -) dazu mißbraucht, sozusagen das Kaffeesatzorakel der Politiker zu liefern, indem er Voraussetzungen politischer Entscheidungen, quantitative Voraussagen, Vorausberechnungen, Interpolationen liefern soll, die eigentlich eine Sache sind, die der Naturwissenschaftler nur im äußersten Notfall unternehmen sollte. Und in der sehr komplexen Sache der molekularen Basis der Mutagenese ist sicher, wie das schon aus den Ausführungen meines Vorredners hervorging, das Problem der direkten Beweisführung und das Problem der Koinzidenz von Daten und von Ereignissen sehr schwer voneinander zu trennen,

das heißt also, hier sollte man die Grenzen der naturwissenschaftlichen Aussagen durchaus erkennen. Das nächste ist, daß die Wissenschaftler eingeteilt werden in diejenigen, die für die Kernenergie sind und diejenigen, die dann natürlich als Gegenpol für beispielsweise den Einsatz fossiler Energie sind. Wenn Sie auf Veranstaltungen der Befürworter, ob das nun Herr Dr. Viehl von der PTB ist oder wer auch immer, einmal gesessen haben, dann werden Sie es miterlebt haben, daß erstens immer von der Verbrennung von Steinkohle die Rede ist, als zweites ist von der Asche die Rede, als drittes ist von Staub die Rede und ganz am Schluß, kurz vor der Diskussion, wird von der Radioaktivität oder über die Probleme der Kernkraft geredet. Wir müssen uns natürlich darüber im Klaren sein, daß die kritische Sicht zur Kernenergie keineswegs bedeutet, daß zum Verbrauch fossiler Energie und zu unserer augenblicklichen Sozialsituation damit eine positive Stellungnahme gegeben ist. Das heißt also, ein Gegner der Kernkraft ist sicher nicht ein Befürworter des Verbrauchs fossiler Energie.

Was ich nun ein bißchen hier berichten will, ist, wie man die niederenergetische und niederdosierte Strahlung in ihrer Bedeutung betrachten kann, hinsichtlich der Mutagenese, hinsichtlich der Entstehung von Mutationen und der Auswirkungen der Mutationen. Was ich auch betonen möchte: Sozusagen die Zusammenfassung, die ich vor dem Vortrag gebe, daß es keine Schwellendosis gibt, daß es vorallem keine Unwirksamkeit von kleinen Strahlendosen gegenüber der Wirksamkeit hoher Dosen gibt und daß eine Mutation je nachdem wo und wann und wie sie eintritt, unabhängig von ihrer Größe hinsichtlich der biochemischen und molekularen Ereignisse, Wirkung zeigt. Dazu vielleicht ein Beispiel: die immer von den Molekularbiologen als Beispiel für die Punktmutation angeführte Mutation des Hämoglobin-Gens zur Sichelzellenanämie. Das sogenannte S - Gen bezieht sich auf

die Veränderung eines einzigen Bausteins aus den 3 Milliarden Bausteinen des menschlichen Erbgutes. Durch eine geringfügige Änderung, wenn man so will, erzeugt sie einen dramatischen Effekt hinsichtlich der gesamten somatischen Existenz. Das heißt also, ob ein Nukleotid aus dem menschlichen Genom oder dem Genom irgendeines Lebewesens oder aber 10, 100 oder 1000 zerstört werden durch irgendeinen Effekt, das kann vollkommen gleichgültig sein, die Tatsache der Veränderung eines einzigen Bausteins oder die Tatsache der Veränderung als solche ist der bedeutende Umstand, nicht so sehr der quantitative Aspekt hinsichtlich einer Mutation.

Es gibt, wenn man die Mutationen einteilen will, zunächst einmal zwei große Betrachtungsweisen: die somatischen Mutationen, das heißt also Mutationen, die eintreten im Erbmaterial eines existierenden Lebewesens und das Individuum jetzt betreffen. Das waren hauptsächlich Punkte, die auch aus den Daten von Prof. Scheer hervorgingen. Diese sind nur im Übertragenen Sinne bedeutungsvoll für die Population; und es gibt, natürlich ebenso wichtig, und der Genetiker wird bei Mutationen immer darauf abheben, genetische Mutationen, das heißt Mutationen, die in die Keimbahn eingeführt werden und die damit für die Population ab dem Zeitpunkt dieses Mutationsereignisses irreversibel eine Rolle spielen für die gesamte folgende Population. Nun kann man grundsätzlich einteilen in verschiedene Bereiche, je nach der biochemischen zytologischen Erforschung der Mutation.

Besprechen wir zunächst die Punktmutation. Eine Punktmutation ist die Veränderung des genetischen Materials an einem Punkt innerhalb der gesamten genetischen Information. Das zitierte Beispiel Hämoglobin, die Beta-Kette des Hämoglobins, bei der eine einzige Nukleobase verändert ist und eine dramatische Folge dann eintritt dadurch, daß diese Veränderung im genetischen Material eine einzige Aminosäure

in dem Protein Hämoglobin verändert und dadurch die Affinität des Proteins für den Sauerstoff (d.h., die Sauerstoffübertragungsfähigkeit) und die Entfaltung der roten Blutkörperchen verhindert. Diese Art der Punktmutation kann auf zwei Ebenen auftreten. Entweder die Veränderung eines Codons in der genetischen Information führt zu Veränderungen einer Aminosäure, oder aber die Veränderung eines Codons führt zur Einführung eines Stoppsignals in der Ablesung der genetischen Information, das heißt also, die Veränderung führt dazu, daß ein Protein gar nicht mehr oder nur unvollständig gemacht wird.

Das vielleicht ebenso häufige, allerdings in seinen Folgen viel dramatischere (unter Umständen dramatischere) Einwirken in das genetische Material kann dazu führen, daß einzelne Bausteine der Nukleinsäure zerstört werden oder aber, daß paarweise nebeneinanderliegende Bausteine plötzlich nur noch als einer erkannt werden. Dann fehlt in dem Ableseraster ein Buchstabe; wenn Sie einen fortlaufenden Text haben, aus dem Sie ein paar Buchstaben herausgenommen haben und Sie unterteilen nicht zwischen den Worten, sondern nehmen dies als fortlaufenden Text und lesen dann Wort für Wort, ist der gesamte Rest sinnlos. Das heißt, eine solche Deletion hat für die gesamte anschließende genetische Sequenz, wie lang sie auch ist, ganz fatale Auswirkungen. Das ist eine Rasterverschiebungsmutation. Ganz entsprechend gibt es bestimmte Chemikalien, deren Mutagenität man kennt, etwa Akredine, die sich als Baustein in die genetische Substanz hineinschummeln und dadurch praktisch das Leseraster verschieben, dadurch daß ein Buchstabe zuviel ist und dann in der Folge nicht mehr richtig gelesen werden kann.

Die nächste Gruppe der Mutationen sind die Chromosomenmutationen, bei denen ganze Teile von Chromosomen verschwinden können, von einem Chromosom in ein anderes, von einem Genbereich in einen anderen verlagert werden, oder

die umgedreht werden können, so daß in einzelnen Blocks von genetischen Funktionen jetzt plötzlich ein ganz falscher Block enthalten ist (oder ein Block zu einer falschen Zeit erscheint in der Individualitätsentwicklung, usw.). Man muß sich dabei klar sein - und das wird in zunehmendem Maße auch deutlich bei allen Forschungen -, daß nicht nur die Strukturgene von großer Bedeutung sind, sondern daß es eine Vielzahl regulatorischer Funktionen innerhalb des genetischen Materials gibt, deren Mutationen unter Umständen vielfach schlimmer sind, als wenn irgendwo eine Einzelfunktion mutiert ist. Dazu ein Beispiel: Wir Menschen brauchen in unserem Stoffwechsel eine große Zahl von Substanzen, die wir mit der Nahrung aufnehmen müssen, obwohl wir das unvollständige genetische Material für diese ganzen Stoffwechselwege noch haben. Das ist aber im Laufe der Evolution durch Mutationseingriffe stummgelegt oder kaltgestellt worden; das macht ja nichts, weil wir sowieso durch die Nahrung die Substanzen aufnehmen. Es gibt also eine Fülle von genetischem Material, bei dem wahrscheinlich nur durch den Zugriff von regulatorischen Sequenzen bereits ganz gewaltige Konsequenzen entstanden sind. Es gibt dann die Genomutationen, bei denen Trisomie 21, d.h. das dreifache Auftreten des 21. Chromosom des Menschen, vielleicht das bekannteste Beispiel ist. Es gibt eine Menge solcher Aneuploidien, bei denen der menschliche Chromosomensatz nicht die volle Zahl der 46 normalen Chromosomen aufweist, aber nur ganz wenige derartige Föten sind lebensfähig. Wahrscheinlich gibt es eine große Fülle von aneuploiden Föten, die durch Abort praktisch nie zur Lebensfähigkeit kommen. Meistens gilt das für die Nullisomen (also ein Chromosom fehlt ganz) oder Unisomen (ein Chromosom, das paarweise dasein müßte, ist nur einfach da). Alle diese Mutationen treffen, das ist eine Frage der Statistik und gleichzeitig eine Frage der Einheitlichkeit des genetischen Materials, das wir uns als einen langen Strang vorstellen müssen, jeden Bereich innerhalb des Genoms mit

gleicher Wahrscheinlichkeit. Jede Position wird eigentlich mit gleicher Wahrscheinlichkeit getroffen und mit einer außerordentlichen Häufigkeit. Das biologische System wäre gar nicht entstanden, wenn man die natürliche Mutationsrate einrechnet, wenn nicht der Körper selbst, jede lebende Zelle, sei es nun ein Bakterium oder auch der Mensch gleichzeitig ein außerordentlich effektives Reparatursystem hätte, bei dem die meisten Mutationen im Entstehen erkannt, ausgeschnitten und durch die entsprechende Sequenz, die ja bei der Verdoppelung des genetischen Materials immer als Matritze vorhanden ist, ersetzt würden. Es gibt ganz wenige Beispiele dafür, - im Bakterienbereich gibt es einige Minusmutanten - die man kennt und es gibt beim Menschen die pathologische Erscheinung des Xeroderma pigmentosum, bei dem die natürlichen Reparaturmechanismen gestört oder zerstört sind und eine Mutationsrate, die der spontanen, eigentlichen Mutationsrate entspricht, tatsächlich vorliegt. Das hat also für die Betroffenen ganz fatale Folgen.

Kommen wir nun zu den Strahlenwirkungen. Wir müssen die Strahlen unterteilen in physikalisch gesehen niederenergetische, mittelenergetische und hochenergetische Strahlen; so wird es wenigstens in der klassischen Strahlenbiologie und der darauf basierenden Gesetzgebung noch gemacht und wir müssen betrachten, daß es natürliche und künstliche Strahlen gibt. Es wird nun immer wieder - und dieses Argument werden Sie vor allen Dingen von der PTB hören, aber auch von sehr vielen Strahlenbiologen klassischen Zuschnitts - konstatiert, daß natürliche und künstliche Radioaktivität identisch sind. Es ist aber nur im Prinzip richtig, denn auf die Substanzen, die diese Strahlen emittieren kommt es hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit bei der Mutagenese an. Es ist nicht gleichgültig, ob es sich beispielsweise um Cäsium handelt oder um ein radioaktives Gold oder ein anderes radioaktives Isotop, das keine Chance hat, in den Körper aufgenommen zu werden.

Radioaktives Tritium gilt deswegen als relativ ungefährlich, weil der Wasserstoff eines der häufigsten Elemente in den Lebewesen ist. Es mag aber gerade das Tritium eine große Ausnahme sein. Das Tritiumatom ist ganz anders, weil es viel größer ist. Dreimal so groß wie das Wasserstoffatom mag es ganz andere Aufnahmecharakteristiken für die lebende Zelle haben. Also entscheidend für die Strahlenwirkung ist hinsichtlich des genetischen Materials, wo die Strahlung wirksam wird, und wie sie ingestiert wird beispielsweise. D.h., es ist organspezifisch bedeutungsvoll, organismusspezifisch sowieso, und substanzspezifisch, wie die Strahlenwirkung letztendlich genetisch und somatisch zum Tragen kommt.

Wenn Sie das Beispiel des Plutoniums nehmen, so kann man, in der Hinsicht kann ich den Physikern durchaus zustimmen, wenn man es unbedingt möchte, sich ein Kästchen voll Plutonium wie ein Portemonnaie in die Hosentasche stecken. Wenn das Kästchen denn nun dicht ist, werden die Alpha-Strahlen an dieser Stelle sicher nichts unternehmen, weil sie praktisch diese Reichweite gar nicht haben und als schwere Teilchen aus diesem Kästchen auch gar nicht herauskommen. Auch essen soll man das Zeug können, ich habe es noch nicht ausprobiert, aber es genügt auf der anderen Seite die Aufnahme einiger weniger Plutoniumatome in die Lunge, um einen "hot spot" zu erzeugen, von dem aus mit großer Wahrscheinlichkeit eine Lungenkrebsentartung stattfindet. Es wird ganz auf die Substanzen und auf das Substanzenspektrum ankommen, das man betrachtet, ob die somatische Konsequenz, d.h. also die Entstehung etwa krebsiger Entartung, die größere Rolle spielt oder die genetische und die populationsgenetische.

Im allgemeinen wurden und werden wegen der einfacheren Meßtechnik auch die harten Strahler, die Röntgen- und die Hochenergiebetas und die Gammas sehr gerne benutzt, um die Dosis festzustellen. Die lassen sich einfach viel leichter messen. Ich möchte mal davon ausgehen, daß in aller

Regel die niederenergetische Strahlung unterschätzt worden ist. Die hochenergetischen Strahlen haben zwar den Nachteil, daß sie überall durchgehen. Dies aber ist gleichzeitig ein Vorteil, da sie durch das biologische Material ebenfalls durchgehen und die statistische Wahrscheinlichkeit, daß sie das genetische Material treffen, relativ gering ist. Wenn Sie an der richtigen Stelle in Ihrem Körper einen schwachen Strahler lokalisieren, dann wird es unter Umständen bei einem sehr schwachen Strahler zu einem wesentlich schlimmeren Resultat führen, weil seine maximale Reichweite genau der Entfernung der Oberfläche vom Zellkern entspricht, so daß der Strahler gezielt das genetische Material attackiert und keines dieser Teilchen weiterfliegt, als bis genau an die Stelle, wo es wirkungsvoll ist. Deswegen ist wahrscheinlich die Wirksamkeit von Tritium und vor allen Dingen von Tritiumverbindungen wesentlich unterschätzt worden, während die Wirksamkeit leicht meßbarer Gammastrahler und Hochenergie-Betastrahler manchmal vielleicht auch überschätzt worden ist. Ein entscheidender Effekt scheint durch das Tritium vor allem dann hervorgerufen zu werden, wenn direkt auf die Chromosomen eingewirkt wird und spontane Chromosomenbrüche entstehen. Diese Chromosomenbrüche entstehen auch bei der natürlichen Rekombination. Sie sind also an sich ein natürlicher Vorgang, aber die Erhöhung der Zahl der Chromosomenbrüche, die dann über Kreuz wieder miteinander verheilen, scheint ein bislang übersehener negativer Effekt zu sein. Darüber ist sehr intensiv in den letzten Jahren gearbeitet worden. Insgesamt würde ich davon ausgehen, daß es keinen Schwellenwert gibt; dann, daß die Dosiswirkkurven, d.h. also das Verhältnis zwischen Dosis und Wirkung, wahrscheinlich bei den Pro- und den Enkaryonten, das heißt, bei den Bakterien und bei den höheren Organismen letztlich gleich hoch ist. Es ist auch populationsgenetisch gleichgültig, ob wir die haploiden Organismen, d.h. Organismen mit einfachem Chromo-

somensatz betrachten, oder diploide wie den Menschen etwa. Wir haben zwar bei der Schädigung eines Gens immer noch ein zweites Reservegen als Allel dazu in unserem Chromosomensatz. Dafür müssen wir aber feststellen, daß bei der Schädigung, bei der Mutation eines Gens natürlich dieses Genpaar mit dem beschädigten und dem intakten Gen populationsgenetisch weiter wirksam bleibt. D.h. für das Individuum ist es zwar fatal, wenn eine negative Mutation sofort ausbricht, aber für die Population ist das Anhäufen negativer Mutationen rezessiver Art innerhalb der Population ebenso fatal. Man schätzt, daß in menschlichen Genomen größenordnungsmäßig 100.000 Mutationen zu allen möglich vorhandenen Allelen ständig in der Population weitergeschleppt werden. Vielleicht ist diese Zahl sehr hoch, vielleicht ist sie auch zu niedrig gegriffen, auf jeden Fall gibt es eine sehr große Zahl ständig weitergetragener und unentdeckter Mutationen, die ihre Entstehung häufig in der Strahlung haben.

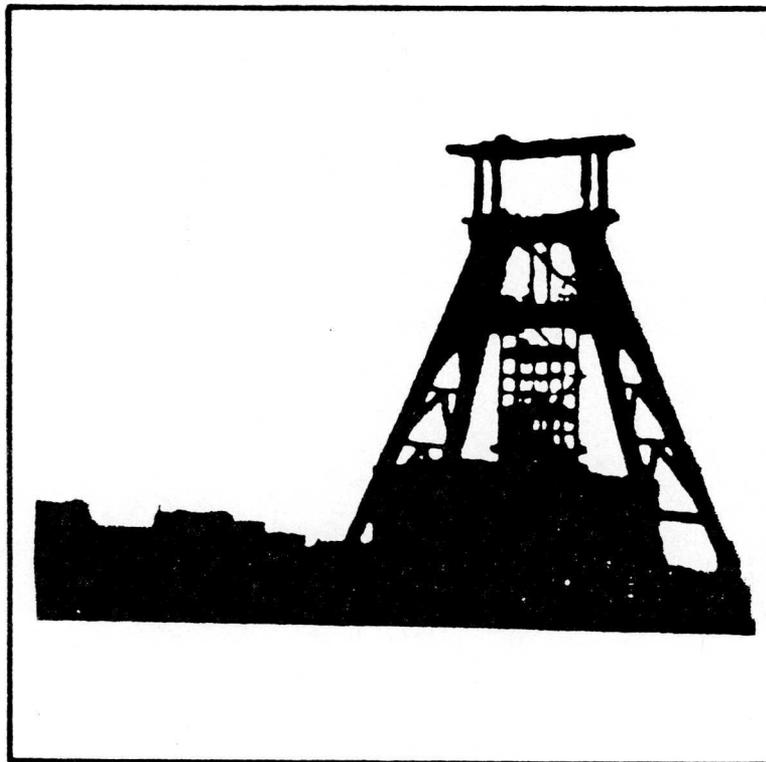
Nun muß man sagen, daß die direkte Strahlenwirkung, die darin besteht, daß einzelne Bausteine durch ein Strahlungsereignis zerstört werden, sicher nicht die einzige Wirkung ist, die durch Strahlung aktiviert wird. Wir dürfen nicht ausschließen, daß es Synergismen zwischen chemischen Substanzen und Strahlung geben kann; d.h. also beispielsweise Synergismen derart, daß die Toleranzschwelle für die körpereigene Abwehr gegen krebsige Entartung herabgesetzt wird durch chemische Einwirkungen, und es dann durch ein strahlendes Ereignis zu einem somatischen Effekt kommen kann. Wir müssen auch davon ausgehen - nach allen Befunden, die man heute kennt, daß ein großer Teil der krebsigen Entstehung, der tumorigen und anderen krebsartigen Entartungen bereits seit vielen Generationen in dem genetischen Material des Menschen fest installiert sind, in dem sogenannte Onkoviren die Möglichkeit haben, sich in das genetische Material des Menschen einzuschleichen, auch in die Keimbahn gelangen und normalerweise nicht re-

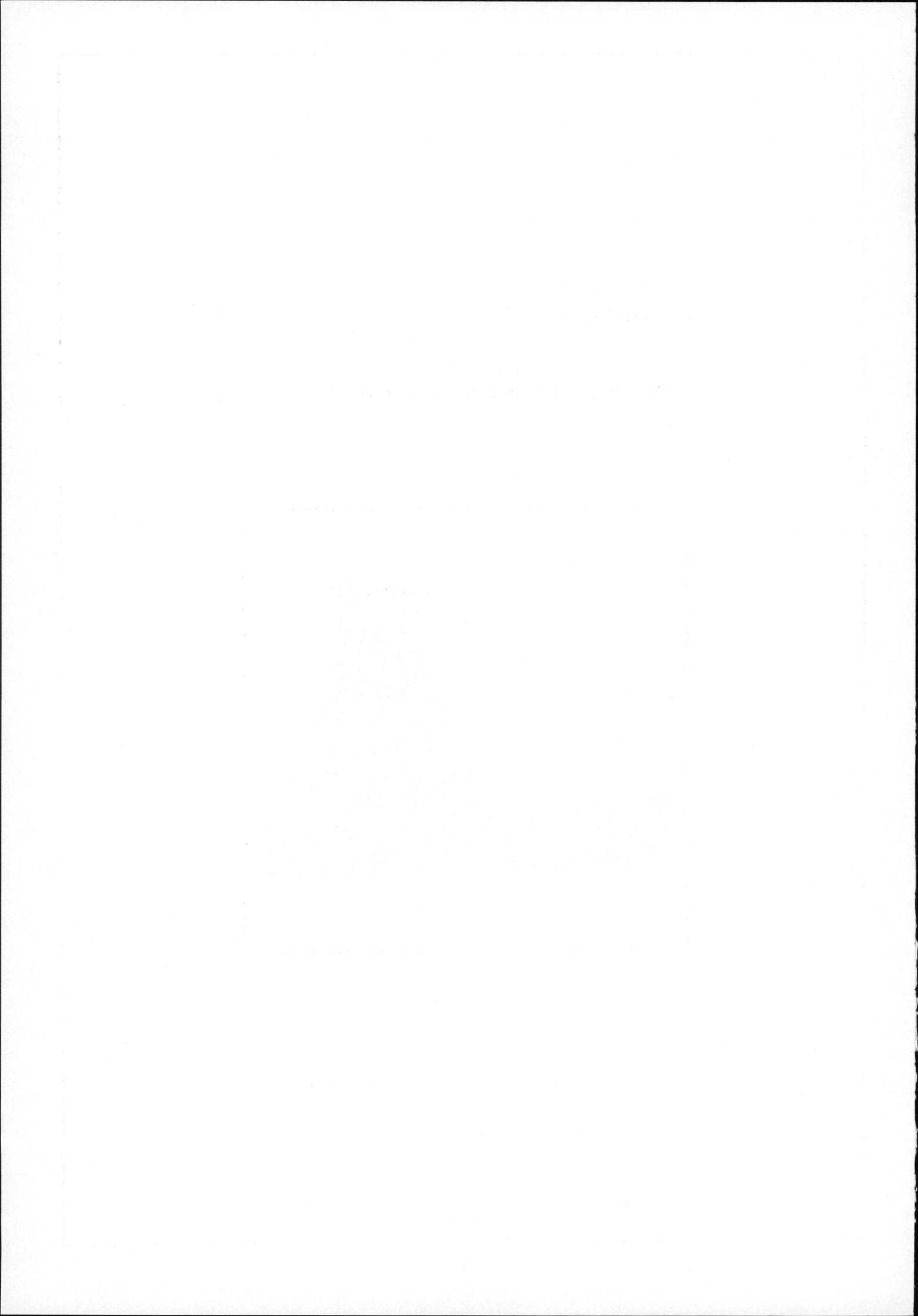
levant werden, solange wie an irgendeiner Stelle beispielsweise ein eingebauter Mechanismus der Nichtausprägung aktiv ist. Solche Regulatoren können natürlich genauso gut wie andere Gene durch Strahlenereignisse beeinflusst werden.

Bei der Begutachtung von Vorhaben wie der Endlagerung in Schacht KONRAD müssen wir wissenschaftlich davon ausgehen, daß unsere Aufgabe allenfalls Krisenvorabschätzung sein kann, aber nicht der Beweis des Risikos oder der Nichtbeweis oder der Gegenbeweis gegen das Risiko. Aber wir müssen uns gleichzeitig entscheidend darum bemühen, daß wir die Risikovermeidung und nicht die Risikominimierung betreiben. Verbale Risikominimierung einschließlich Vernebelung ist die Sache der Betreiber - normalerweise oder meistens die Vernebelung, nicht so sehr die Minimierung - bei uns muß die Risikovermeidung im Mittelpunkt stehen und wir dürfen gerade auch in dieser Region, das will ich betonen, durch die Doppelnutzung der Energien, nämlich der Kernenergie einschließlich ihrer Endlagerung und der exzessiven Nutzung auch nicht gerade gesundheitsförderlicher Kohleverbrennung, die Synergismen nicht außer acht lassen, sondern ihnen eine ganz wesentliche Rolle zuordnen. Ich sage vielleicht noch eins, daß wir uns nicht allzu heftig fokussieren sollten in unseren Überlegungen auf den Menschen als einziges Lebewesen, das hier relevant ist. Erstens sollte ich als Biologe zumindest da Gerechtigkeit walten lassen gegenüber dem ganzen Organismenreich. Aber davon mal abgesehen, auch wenn ich mir selbst am nächsten bin, sollte ich darauf achten, daß durch die Beeinträchtigung der Nahrungskette ich letztlich auch bei der negativen Beeinflussung anderer Organismen der Dumme bin, der am Ende der Nahrungskette sitzt und das Veränderte sozusagen zu sich nimmt und insofern schließlich genauso Opfer meiner Fehleinschätzung wird.

Dr. Detlef Appel

Endlagerung und Langzeitsicherheitsanalyse





E i n l e i t u n g

Als ich so freundlich gebeten wurde, mich über fachspezifische Probleme der Endlagerung radioaktiver Abfälle zu äußern, habe ich erstens zugestimmt, wie man an meinem Hiersein sieht, und zweitens überlegt, wie ich bei der Vorbereitung Arbeit sparen kann. Ich habe also in mein "Repertoirebuch" gegriffen und den Titel dieses Vortrags zusammengestellt. Ich habe aber in meinem Eifer vergessen, daß ich mir damit definitorische Probleme einhandele; denn es ist ja in diesem Zusammenhang zu klären, was ein Endlager ist, was eine Sicherheitsanalyse ist, was Sicherheit und was Langzeit ist.

D e f i n i t i o n e n

Unter Endlager ist ein Ort zu verstehen, an dem radioaktive Abfälle endgültig schadlos abgelagert werden können. Da entsteht natürlich sofort wieder Definitionsbedarf: Was bedeutet schadlos? Ich bitte um Verständnis dafür, wenn ich auf diesen sehr wichtigen Aspekt nicht näher eingehe (siehe aber dazu die Vorträge von SCHEER und von GALLING), sondern die vorgegebenen gesetzlichen Rahmenbedingungen für diesen Vortrag übernehme.

Endlager sind an der Erdoberfläche nicht schadlos betreibbar. Beim gegenwärtigen Entwicklungsstand handelt es sich immer um einen Ort innerhalb der Erdkruste, allerdings in je nach Konzeption unterschiedlicher Tiefe und in unterschiedlichen Gesteinen. Auch die Art und Weise, wie man den Abfall in diesen größeren Erdtiefen ablagern will, ist durchaus unterschiedlich. Man kann z.B. ein existierendes Bergwerk benutzen - wie im Fall KONRAD; man kann ein neues Bergwerk errichten - wie im Fall Gorleben; man könnte Bohrlöcher in die Erde treiben und den Abfall hineintun oder man könnte Kavernen erstellen - eine auf dem Sektor der Entsorgung von Sonderabfällen gegenwärtig heiß diskutierte Variante.

Auf die Frage, warum gerade der Standort KONRAD im Hinblick auf die Endlagerung untersucht wird, will ich hier auch nicht näher eingehen. Nur so viel: Wenn es verschiedene Optionen gibt, die alle Vor- und Nachteile haben, könnte man ja vermuten, daß ein Abwägungsprozeß zugunsten dieses Standortes stattgefunden hat. Es hat aber lediglich einen ökonomischen Abwägungsprozeß gegeben: Die Grube war da, es wurde eine Möglichkeit der Folgenutzung gesucht.

Nun zum Begriff Langzeitsicherheit: Die rechtlichen Grundlagen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle (Atomgesetz, Strahlenschutzverordnung) kennen keine zeitliche Begrenzung für die Gültigkeit des Begriffes "schadlos". Der Nachweis der Schadlosigkeit muß daher für den Zeitraum geführt werden, für den die Abfälle gefährlich sind. Wenn schadlose Endlagerung verlangt wird, bedeutet das daher automatisch auch die Forderung, daß zwischen Beginn der Einlagerung und dem Zeitpunkt, zu dem die Strahlung auf ein ungefährliches Niveau abgeklungen ist, die Schutzziele niemals beeinträchtigt werden dürfen. D.h., der in der Strahlenschutzverordnung festgelegte Grenzwert von 30 mrem darf nicht überschritten werden. Es ist inzwischen allgemein bekannt, daß es sich dabei nicht um ein Problem von 30, 100, 1000 oder 10.000 Jahren handelt, sondern - wenn man z.B. die bisher bekannt gewordenen Ergebnisse des Eignungsnachweises KONRAD zugrundelegt - von mehreren hunderttausend Jahren.

E n d l a g e r u n g s o p t i o n e n

Wie nähert man sich nun der Lösung des Problems sicherer Endlagerung? Da gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Konzeptionen:

Zum einen die Konzeption des "vollständigen Einschlusses". Das bedeutet die Errichtung eines Endlagers, dessen Inhalt unter keinen (denkbaren) Umständen an die Endlagerumgebung abgegeben werden kann. Eine solche Freisetzung setzte das

Vorhandensein eines Transportmittels voraus, das die Radionuklide aus dem Endlager aufnehmen und in die Biosphäre transportieren könnte. Das wichtigste Transportmittel ist Grundwasser. Daher muß ein Teil der Erdkruste gesucht werden, in dem die Abfälle wasserdicht abgeschlossen sind. Diese Konzeption hat in der Bundesrepublik zu der Entscheidung geführt, ein solches Endlager in Steinsalz zu errichten. Man war der Meinung, daß erstens das Salz selber trocken sei und daß es außerdem gegenüber Wasser undurchlässig sei.

Der Ministerpräsident des Landes Niedersachsen hat Pressemitteilungen zufolge kürzlich mitgeteilt, daß für Niedersachsen nur ein Endlager zu akzeptieren wäre, aus dem überhaupt nichts in die Umgebung gelangt. Das entspricht zwar dem Prinzip des vollständigen Einschlusses, ist aber durchaus eine Abkehr von der bisherigen wissenschaftlichen und politischen Position, wie sie im Fall KONRAD eindeutig favorisiert wird:

Das ist die Lösung der "kontrollierten Radionuklidfreisetzung": Dabei wird zugestanden, daß langfristig auf jeden Fall Radionuklide aus dem Endlager freigesetzt werden. Es wird der Nachweis gefordert, daß aus der in die Biosphäre gelangenden Strahlung keine Gefährdung resultiert.

S i c h e r h e i t s a n a l y s e

Die Konsequenzen, die sich aus der Entscheidung für einen der beiden Wege ergeben, sind gravierend:

Im Fall des "vollständigen Einschlusses" müßte theoretisch nur der Nachweis geführt werden, daß es undurchlässige Gesteine gibt und daß ein Ort gefunden werden kann, an dem das gesuchte Gestein tatsächlich die gewünschten Eigenschaften aufweist und langfristig behalten wird. Wenn das gelungen ist, könnten die Eignungsuntersuchungen theoretisch auf einen relativ engen Bereich und eine enge Fragestellung beschränkt werden.

Im Fall der "kontrollierten Freisetzung" ist die Standortbeurteilung von vornherein erheblich aufwendiger. Es muß nämlich bekannt sein, wieviel Radionuklidmaterial pro Zeiteinheit aus dem Abfall ins Endlager gelangt, wieviel davon aus dem Endlager in das umgebende Gestein. Welche Radionuklidkonzentrationen gelangen in das oberflächennahe Grundwasser und damit in die Biosphäre? Welche Anreicherungs- oder Verdünnungsprozesse laufen ab? Ist eine gesundheitliche Beeinträchtigung der im Austrittsgebiet lebenden Menschen durch die Aufnahme belasteten Grundwassers oder belasteter Nahrungsmittel zu befürchten?

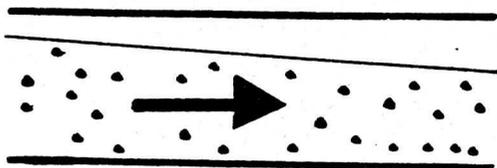
Die Vorgehensweise bei einem solchen langfristig gültigen Sicherheitsnachweis für ein geplantes Endlager ist in der Bundesrepublik Deutschland durch die REAKTORSICHERHEITSKOMMISSION /1/ vorgeschrieben. Der Nachweis muß danach mit einer Sicherheitsanalyse werden. Dieser methodischen Vorgehensweise kann sich kein Antragsteller für ein Endlager entziehen.

Dazu müssen alle Prozesse, die am Transport und der Konzentrationsveränderung der Radionuklide maßgeblich beteiligt sind, beschrieben und wissenschaftlich verstanden werden. Wenn man das geschafft hat, braucht man weiter nichts zu tun, als die erforderlichen Daten zusammenzutragen und die beteiligten Prozesse quantitativ zu beschreiben. Dann stellt man sehr schnell fest, daß man weder als Einzelperson noch als Arbeitsgruppe in der Lage ist, den entstandenen Datenwust zu beherrschen. Dann wird die elektronische Datenverarbeitung eingesetzt, die ja bekanntlich alle Probleme löst. Es müssen Programme vorhanden sein, die erlauben, diesen Datenwust so zu verarbeiten, daß das "gewünschte" Ergebnis herauskommt. Wenn man das alles getan hat, muß man auch noch "schwören", daß das erzielte Ergebnis zuverlässig ist.

PROZESSE

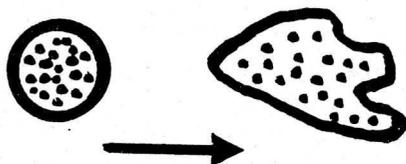
Einflußfaktoren

KONVEKTION



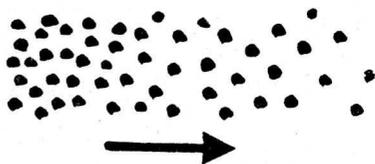
Durchlässigkeit der Gesteine
hydraulischer Gradient
Grundwasserdichte
(Grundwasserchemismus)

DISPERSION



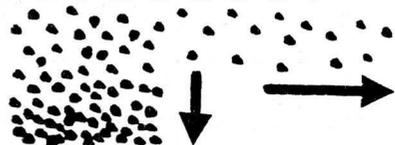
Gesteinsinhomogenität
Durchlässigkeit der Gesteine
Grundwassergeschwindigkeit
Transportlänge

DIFFUSION



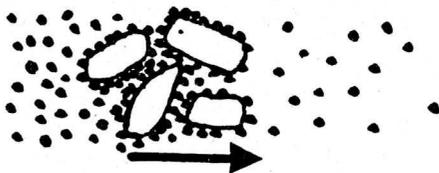
Radionuklidart
Grundwasserchemismus

AUSFÄLLUNG



Radionuklidart
Grundwasserchemismus
Gesteinschemismus

ADSORPTION



Radionuklidart
Gesteinszusammensetzung
Grundwasserchemismus

RADIOAKTIVER ZERFALL

Radionuklidart

Abb. 1 Schematische Charakterisierung von Prozessen, die die Konzentration von Radionukliden während ihres Transportes aus dem Endlager in die Biosphäre beeinflussen und deren wichtigste Einflußgrößen.

Punkte: im Grundwasser gelöste Partikel; Pfeile: Bewegungsrichtung des Grundwassers bzw. der gelösten Partikel

Konzentrationsverändernde Prozesse während des R a d i o n u k l i d t r a n s p o r t e s

Von den im Rahmen einer solchen Sicherheitsanalyse zu berücksichtigenden Konzentrationsverändernden Prozessen will ich im Folgenden nur die wichtigsten derjenigen herausgreifen, die während des Radionuklidtransportes mit dem Grundwasser durch die Geosphäre ablaufen. Sie sind in Abb. 1 schematisch charakterisiert:

Als wichtigster Prozeß ist die Konvektion zu nennen. Das ist die Bewegung des Grundwassers, das gelöste Radionuklide mittransportiert. Um diesen Prozeß beurteilen zu können, muß die Durchlässigkeit aller Gesteine zwischen Endlager und Biosphäre, die vom Grundwasser durchströmt werden, gegenüber Grundwasser bekannt sein. Außerdem muß der Motor bekannt sein, der die Wasserbewegung antreibt, das ist der hydraulische Gradient zwischen den hydraulisch zusammengehörenden Gebieten, in denen Grundwasser neugebildet wird, und denjenigen, in denen es wieder an die Oberfläche kommt.

Der zweite wichtige Vorgang ist die Dispersion. Sie läßt sich etwa so beschreiben, daß ein gedachter, ursprünglich kugelförmiger Wasserbereich mit einheitlicher Radionuklidkonzentration während des Transportes zu einer größeren, unregelmäßigen Radionuklidwolke mit geringerer Konzentration wird. Diese Wolkenbildung wird durch die Inhomogenität des Gesteins hervorgerufen und ist daher kurioserweise von der Länge des Transportweges abhängig, den man mit Hilfe der Standortbeurteilung u.U. erst bestimmen will. Sie hängt außerdem von der Durchlässigkeit des Gesteins sowie der Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers ab, die ihrerseits auch eine Funktion der Durchlässigkeit des Gesteins ist.

Der nächste wichtige Prozeß ist die Diffusion. Er beruht darauf, daß sich in Wasser gelöste Stoffpartikel, wie z.B. Radionuklide, aus Zonen höherer Konzentration in Richtung auf solche geringerer Konzentration bewegen. Zur Beurtei-

lung dieses Prozesses müssen die beteiligten Radionuklide und deren Konzentration sowie der Grundwasserchemismus entlang des Transportweges bekannt sein.

Wenn sich der Wasserchemismus entlang des Transportweges der Radionuklide verändert, kann ein Teil der Radionuklide ausgefällt werden. Er steht dann nicht mehr für den Weitertransport zur Verfügung. Diese Ausfällung erfolgt nur auf Zeit. Wenn sich die Bedingungen, die dazu geführt haben, wieder verändern, kann es zur Auflösung und damit Remobilisierung des Materials kommen. Insgesamt wird durch diesen Vorgang lediglich eine Streckung der die Biosphäre erreichenden Radionuklidfahne bewirkt, jedoch keine Verhinderung des Austritts in die Biosphäre.

Ähnliches gilt für die Adsorption, die Anlagerung von (gelösten) Stoffen an die Oberflächen von Gesteinspartikeln. Das Ausmaß der Adsorption ist natürlich abhängig von der Art der Radionuklide, aber auch von der Gesteinszusammensetzung. Positiv wirken sich z.B. hohe Tonmineralanteile am Gestein, und zwar insbesondere der quellfähigen Tonminerale, sowie hohe Gehalte an organischem Kohlenstoff aus. Erheblich beeinflusst wird die Adsorption auch durch den Grundwasserchemismus, insbesondere die Anwesenheit von Substanzen, die Adsorbierbarkeit bestimmter Radionuklide verringern oder aufheben können, z.B. sogenannte Komplexbildner.

Als letzter wichtiger Prozeß ist der Zerfall der Radionuklide während ihres Transportes zu berücksichtigen. Dabei können harmlose und gefährliche Zerfallprodukte entstehen. Jedenfalls verändert sich die Zusammensetzung der wandernden Radionuklidfahne fortwährend. Ist die Ausgangszusammensetzung der freigesetzten Radionuklide bekannt, kann deren Veränderung in Abhängigkeit von der Zeit berechnet werden.

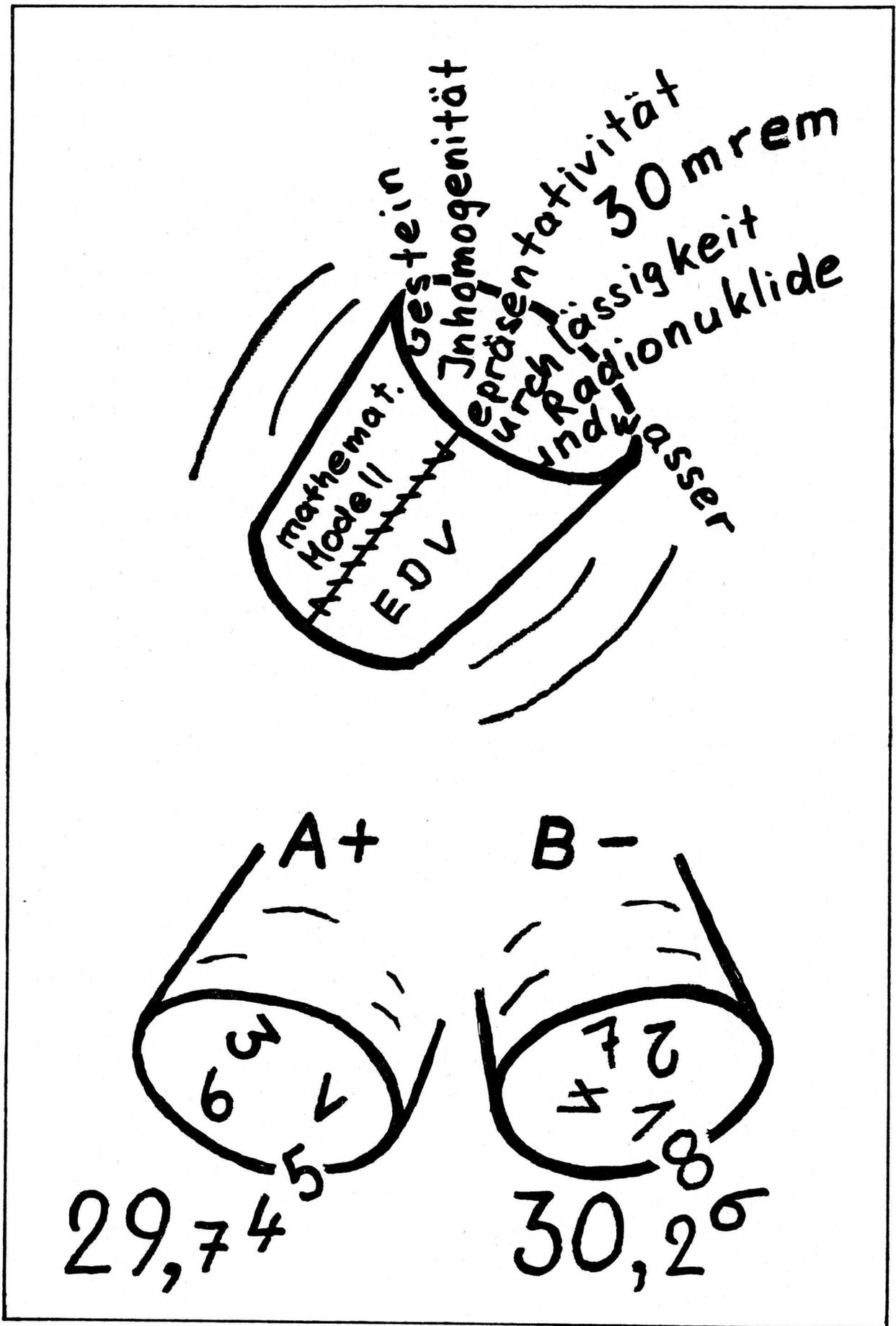


Abb. 2 "Standortbeurteilung mit Würfelbecher und Grenzwert"

I n f o r m a t i o n s b e d a r f

Alle genannten Prozesse mit Ausnahme des Zerfalls führen bei allen Radionukliden zwischen dem Austritt aus dem Endlager und dem Eintritt in die Biosphäre bzw. der Grundwassernutzung zu einer Konzentrationsverringerung. Das Ausmaß dieser Verdünnung ist im Rahmen der Sicherheitsanalyse zu bestimmen.

Die Prozesse selbst und wichtige physikalisch-chemische Größen, die sie beschreiben, können i.d.R. nicht direkt oder nur mit großem Aufwand gemessen werden. Ersatzweise werden daher zunächst Daten über diejenigen Untergrundeigenschaften benötigt, die diese Prozesse beeinflussen und durch entsprechende Untersuchungen erhoben werden können. Die wichtigsten sind (siehe Abb. 1):

- der Grundwasserchemismus,
- die Gesteinszusammensetzung hinsichtlich Mineralbestand, Chemismus usw.,
- Die Durchlässigkeit aller vom Grundwasser durchströmten Gesteinskörper.

Außerdem müssen bekannt sein:

der "Motor" der Wasserbewegung,

- der Weg des Radionuklidtransportes,
- der Inhalt des Endlagers; bei diesem Punkt ist in letzter Zeit deutlich geworden, daß wir über den Inhalt eines Endlagers keine sicheren Informationen erwarten dürfen - Stichwort "Blähfässer".

Die gesammelten Informationen werden mit Hilfe eines mathematischen Modells elektronisch verarbeitet. Als Ergebnis kommt dann heraus, wie hoch die rechnerische künftige Strahlenbelastung sein wird und ob sie irgendwann über dem Grenzwert von 30 mrem liegen wird. Streng genommen bedeuteten die beiden in Abb. 2 angedeuteten Untersuchungsergebnisse demnach, daß der Standort A geeignet, der Standort B nicht geeignet wäre.

E r h e b u n g s p r o b l e m e

Im Vergleich zu dem in Abb. 2 dargestellten Verfahren ist die tatsächliche Standortbewertung mit Hilfe der Sicherheitsanalyse allerdings komplizierter: Vor ihrer rechnerischen Verarbeitung müssen die gesammelten Daten auf ausreichende Qualität sowie räumliche und zeitliche Repräsentativität geprüft werden. Außerdem müssen die beteiligten Prozesse verstanden sowie angemessen und vollständig beschrieben werden. Es ist sicherzustellen, daß die mathematischen Grundlagen für die Datenverarbeitung und die eingesetzten Rechner für die Berechnung geeignet sind. D.h.: Es gibt außer dem Problem der intellektuellen Verarbeitung der Radionuklidenausbreitung auch noch so "triviale" Probleme wie das des richtigen Rechnerprogramms und des richtigen Rechners mit der ausreichenden Kapazität.

Dafür ist gerade der Fall KONRAD ein schönes Beispiel: Für die Datenverarbeitung stand hier offenbar kein Rechner mit ausreichender Kapazität zur Verfügung. Folglich mußte man das Gesamtproblem in zahlreiche Einzelschritte auflösen. Ob die anschließend wieder miteinander verknüpften Einzelergebnisse das richtige Gesamtergebnis geliefert haben, soll hier nicht untersucht werden.

Zur Illustrierung des Problems "Beschaffung repräsentativer Daten" kann wiederum die Region KONRAD als Beispiel dienen: Das für kritisch erachtete Gebiet, auf das sich die Sicherheitsanalyse erstreckt, hat eine Gesamtfläche von über 650 qkm. Ich will jetzt nicht diskutieren, ob die Grenzen des Gebietes sinnvoll festgelegt worden sind oder nicht. Wie die bisherige Diskussion über die Planunterlagen KONRAD gezeigt hat, ist aber bereits diese Frage durchaus strittig.

Zur Durchführung der Sicherheitsanalyse müssen Position und Stärke des "Motors" (s.o.), der das Grundwasser bewegt, bekannt sein. Über das gesamte Gebiet müssen repräsentative

Daten zur Durchlässigkeit der Gesteine, zur Zusammensetzung der Gesteine, zur Hydrochemie usw. vorliegen. Von der Gesamtfläche ist im Rahmen der Standorterkundung aber nur die engere Umgebung der Schachanlage Konrad so verlässlich untersucht worden, daß man sagen kann: "Na gut, hier trauen wir uns eine belastbare Aussage darüber zu, welche Gesteine vorkommen und wie sie zueinander liegen". Für Aussagen zu konkreten Gesteinseigenschaften gilt das nicht, und über den größeren nördlichen Teil des Gesamtgebietes liegen überhaupt keine vertieften Informationen vor.

Bereits bei der Datenbeschaffung ergibt sich natürlich die Frage: Wie erreiche ich ausreichende Datenqualität und -repräsentativität für die gesamte Fläche? Zweifellos kann man den für eine verlässliche Entscheidung erforderlichen Mindestkenntnisstand formulieren. Allerdings sind die zu seiner Erreichung erforderlichen Untersuchungen technisch und zeitlich aufwendig und teuer. Daher gibt es einen politischen Willen dagegen, überhaupt alle aus wissenschaftlicher Sicht für sinnvoll erachteten Daten zu beschaffen. Es herrscht bei manchen Wissenschaftlern auch die Meinung, man könne mit relativ wenigen Daten repräsentative Ergebnisse in der Nähe des tatsächlichen Wertes errechnen.

U m g a n g m i t K e n n t n i s l ü c k e n

Ein Hauptproblem der Sicherheitsanalyse liegt aus den genannten Gründen in der Unmöglichkeit, alle dafür erforderlichen Daten beschaffen zu können. Entscheidend für das Ergebnis wird daher der Umgang mit dem Nichtwissen: Wie überbrückt man inhaltlich, flächenhaft und in der Tiefe Bereiche, über die man keine ausreichenden Informationen bekommen kann - aus welchen Gründen auch immer?

Üblicherweise macht man das mit Erfahrung. Die Anwendung von Erfahrung führt aber nur zu einer mehr oder weniger

guten Trefferquote. "Erfahrungen" mit Endlagern für radioaktive Abfälle liegen ohnehin nicht vor. Aus anderen Entsorgungsbereichen weiß man aber, daß in der Vergangenheit gerade die Erfahrung als wirksamer Faktor der Problembewältigung versagt hat: Die Erfahrung von gestern war nicht selten die Fehleinschätzung von heute.

Für den wissenschaftlichen Umgang mit Nichtwissen gibt es das Schlagwort "Konservativität". Damit ist gemeint, daß bei unsicherer Datenlage den Berechnungen immer solche Annahmen zugrundegelegt werden, die zu einer Überschätzung der rechnerischen Strahlenbelastung führen. Dieser sinnvolle Grundsatz ist allerdings mit dem Problem verbunden, daß wegen der großen Zahl von Einflußfaktoren und ihren unbedachten Wechselwirkungen die Konservativität einer Annahme oft nur schwierig nachzuweisen ist. Dieser Nachweis ist aber unabdingbare Voraussetzung dafür, Wissenslücken durch konservative Annahmen überbrücken zu dürfen.

P r o g n o s e p r o b l e m e

Auf ein weiteres Problemfeld, das mir als Geologen sehr am Herzen liegt, will ich heute überhaupt nicht eingehen. Das ist die Frage der künftigen Veränderung der gegenwärtigen natürlichen Voraussetzungen für den Radionuklidtransport, auf deren mehr oder weniger exakten Beschreibung die Sicherheitsanalyse beruht. Die Geologie tut sich als eine traditionell historisch ausgerichtete Wissenschaft noch sehr schwer mit dieser Anforderung.

Die Wissenschaften sind offenkundig aber generell nicht in der Lage, verlässliche Prognosen abzugeben. Zuverlässig voraussagen läßt sich im Rahmen der Sicherheitsanalyse lediglich, daß zwischen dem Austritt der Radionuklide aus einem Endlagerbergwerk in das umgebende Gestein und ihrem Eintritt in die Biosphäre eine Verdünnung stattfindet. Das ist trivial. Was wir nicht können, ist die exakte quantitative Bestimmung der Veränderung zwischen diesen

beiden Stellen und der resultierenden Entwicklung der Radionuklidkonzentration in der Biosphäre. Wir sollten uns daher auch davor hüten, es zu tun. Das bis auf beliebige Stellen nach dem Komma berechenbare Ergebnis täuscht eine Genauigkeit vor, die nicht existiert.

K o n s e q u e n z e n

Als Konsequenz bedeutet das: Die Sicherheitsanalyse ist in der besprochenen Form kein geeignetes methodisches Instrument zur exakten quantitativen Beschreibung komplexer natürlicher Zusammenhänge und deren künftiger Veränderung. Damit ist es auch als alleinige Grundlage für Standortentscheidungen nicht geeignet; denn wenn man weiß, daß die dafür erforderliche Genauigkeit nicht erreichbar ist, darf auf das Ergebnis der Sicherheitsanalyse keine Entscheidung begründet werden.

Diese Kritik richtet sich nicht gegen mathematische Modellrechnungen als wissenschaftliches Instrument. Sie können z.B. dazu dienen, wichtige und weniger wichtige Teilprozesse und Parameter zu identifizieren. Man kann die zahlreichen über ein Gebiet vorliegenden Informationen ohne solche Rechnungen nicht verarbeiten. Aber man darf die Ergebnisse nicht hernehmen und - à la Würfelbecherphilosophie (siehe Abb. 2) - sagen, 29 mrem sind gut, 31 mrem sind schlecht.

Dieses bedenkend sagen an der Untersuchung offiziell beteiligte Wissenschaftler: Wenn das Ergebnis z.B. um mindestens zwei Größenordnungen unter dem Grenzwert liegt, dann können wir es als Eignungsaussage akzeptieren. Solange nicht auszuschließen ist, daß der methodisch unvermeidliche Fehler der Berechnung viel größer ist als der Grenzwert selbst, ist eine angemessene Bewertung jedoch nicht möglich.

Das Ergebnis ist zudem nicht nachvollziehbar. Eine ganz wesentliche Anforderung an Entscheidungsprozesse, nämlich ihre Nachvollziehbarkeit, ist also nicht erfüllt.

Die Einsicht in die Unmöglichkeit einer exakten Prognose künftiger Ereignisse und Entwicklungen hat auf offizieller Seite in jüngster Zeit zu weitreichenden Überlegungen über die Sicherheitsanalyse und des anzulegenden Bewertungsmaßstabs geführt /2/. Zuverlässige Aussagen seien eigentlich nur über einen Zeitraum von etwa 10.000 Jahren möglich. Konsequenterweise wird vorgeschlagen, bei der Bewertung der Ergebnisse der Sicherheitsanalyse nicht die unendliche Zeitskala zu benutzen und alle Strahlenbelastungen zu berücksichtigen, die irgendwann in der Zukunft eintreten können, sondern die Betrachtung bei etwa 10.000 Jahren abzubrechen.

Wenn man sich diesen Gedankengang zu eigen machte, bedeutete das für den Standort KONRAD, daß man diejenigen Zeiträume, die für die Strahlenexposition der Bevölkerung von entscheidender Bedeutung wären, überhaupt nicht erfaßt. Sie liegen nämlich nach den bisherigen Berechnungen im Rahmen der Sicherheitsanalyse im Bereich der Grenzwerte und träten in der Größenordnung von mehreren hunderttausend Jahren nach Beginn der Abfalleinlagerung auf. Wie eingangs dargestellt, muß sich jedoch jede Sicherheitsbetrachtung, also auch die Sicherheitsanalyse, auf den gesamten Zeitraum, für den die Abfälle eine Gefahr darstellen können, erstrecken. Sie darf nicht an einem beliebigen, aufgrund methodischer Schwierigkeiten oder aus politischen Gründen festgelegten Zeitpunkt abgebrochen werden.

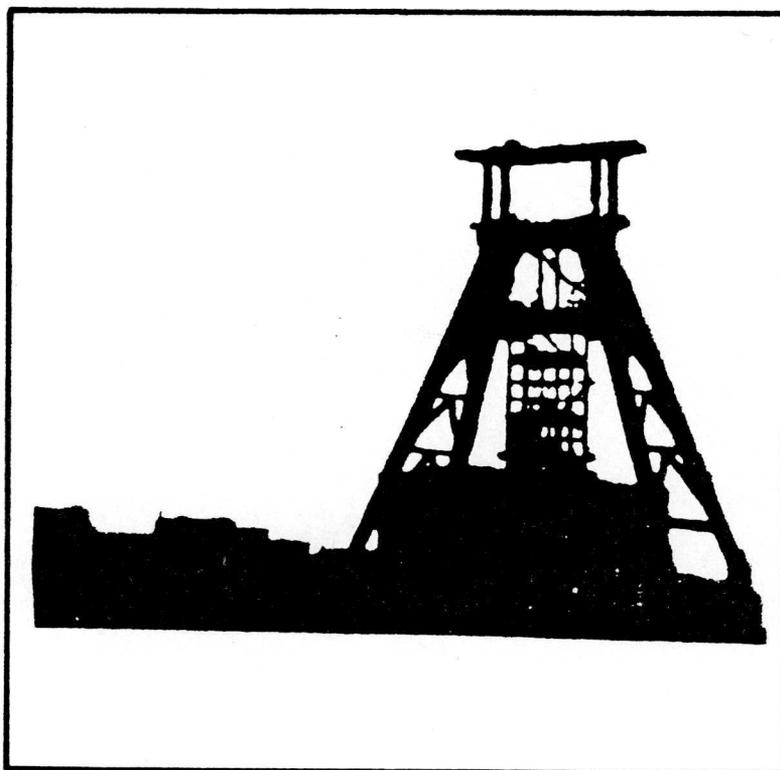
Ich hoffe, es ist klar geworden, daß ich dieses Vorgehen nicht als Ersatz für die Sicherheitsanalyse akzeptieren kann, aber auch, daß ich die Sicherheitsanalyse nicht für ein Bewertungsinstrument halte, mit dem die Eignung oder Nichteignung eines Endlagers mit der zu fordernden Sicherheit und Nachvollziehbarkeit bestimmt werden könnte.

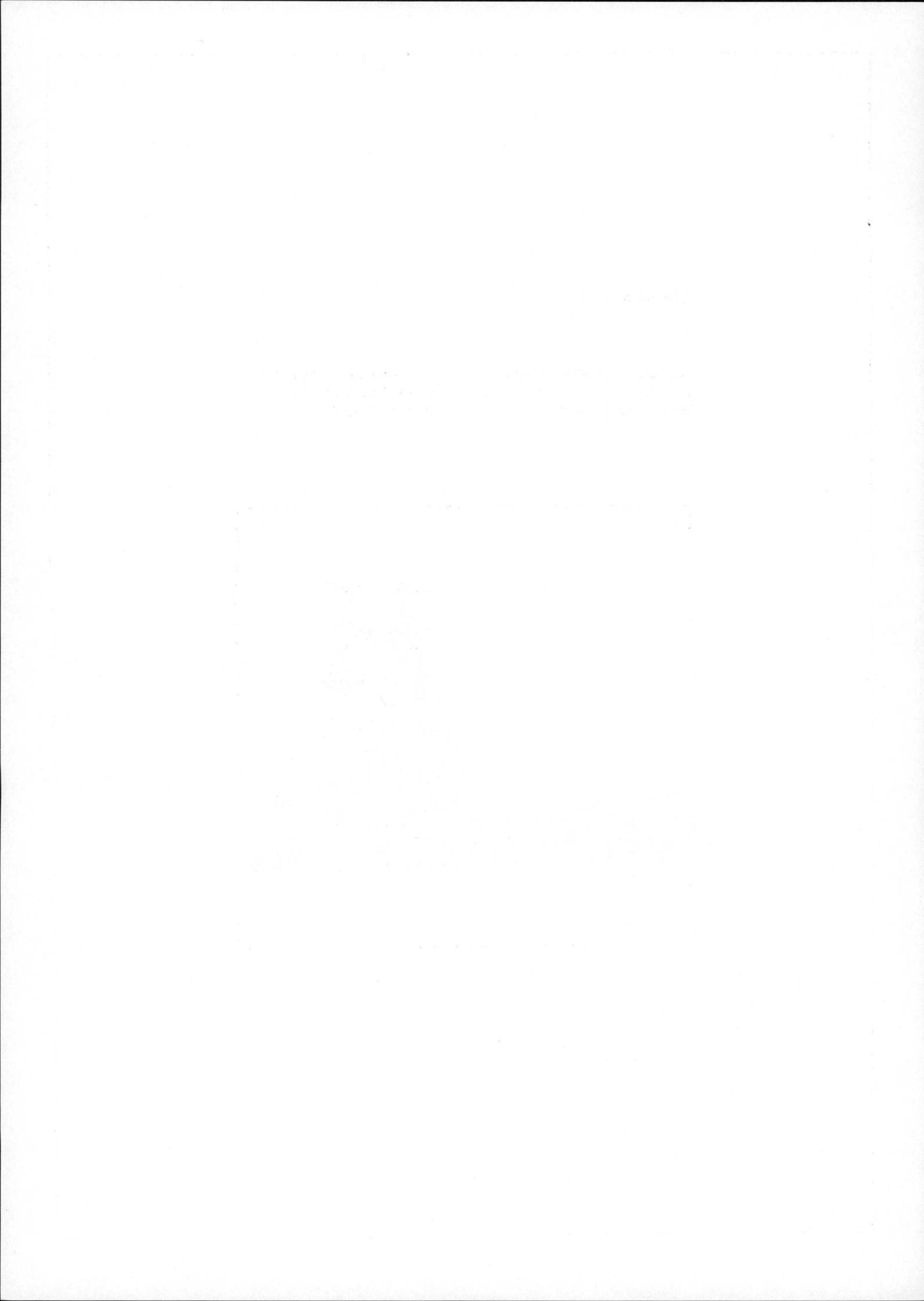
Z i t i e r t e S c h r i f t e n

- /1/ REAKTORSICHERHEITSKOMMISSION (1983): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk - Bundesanzeiger, 35, 2: S. 45 - 46.
- /2/ EHRlich, D. / RÖTHEMEYER, H. / STIER-FRIEDLAND, G. / THOMASKE, B. (1986): Langzeitsicherheit von Endlagern. Zeitrahmen für Sicherheitsbetrachtungen - Bewertung der Subrosion des Salzstocks Gorleben.- Atomwirtschaft, Atomtechnik, 31, Nr. 5: S. 231 - 236.

Andreas Gleim

Ist das atomrechtliche Planfeststellungsverfahren
geeignet, die rechtlichen Voraussetzungen für ein
Endlager SCHACHT KONRAD zu schaffen?





Juristen und Bürgerinitiativen, die über Atomrecht sprechen, gehen wie selbstverständlich davon aus, daß die Rechtswissenschaft einen Beitrag zur Beurteilung dieser Fragen liefern könne. Man fragt nach Verfahrensfehlern, die man machen kann, man fragt nach Möglichkeiten, wie irgendwelche Gerichte bestimmte Veranstaltungen stoppen können. Die große Mehrzahl der Juristen, die sich mit Atomrecht beschäftigen, das sind auch eigentlich diejenigen, die großes Interesse an der Kerntechnik haben, fragen danach, wie man solche Fehler vermeidet. Das ist im Grunde genommen alles Handwerkelei. Und vor dieser Handwerkelei steht die Frage, ob Recht sich überhaupt erstrecken kann auf die "Veranstaltung Endlagerung". Ist Recht in der Lage, Aussagen über ein nukleares Endlager vom Typ KONRAD zu machen? Das ist die Frage und ich will zur Illustration einmal zurückblenden und eine kleine Geschichte erzählen, die sich vor vielen Jahren ereignet hat; ich glaube, das AKW Esenshamm war noch nicht einmal am Netz, da fand in Münster das fünfte Atomrechtssymposium statt. Da saßen dreihundert Herren im schwarzen Anzug und zwei Herren und eine Dame ohne schwarzen Anzug und einer der Herren im schwarzen Anzug hatte die großartige Idee und sagte: "Wir müssen dieses Technikrecht in den Griff bekommen, weil wir eine Industrienation sind. Und wir müssen uns, weil wir Juristen sind, fragen, ob die Abgeordneten im Deutschen Bundestag, denen selbstverständlich allein im Grundgesetz aufgegeben ist, die entscheidenden Lebensfragen dieser Gesellschaft zu klären, ob die überhaupt in der Lage sind, diese Fragen zu klären und ich komme zu dem Ergebnis, sie sind es nicht, weil sie von Technik nicht genug verstehen und deshalb fordere ich ein Technikparlament, in dem man verfügt und Siemens verfügt und AEG verfügt..., daß der Mensch halt klug ist und daß er die Technik beherrscht." Der Herr im schwarzen Anzug ist heute noch ein angesehener Jurist an der Universität Münster und dieses war sein Ernst. Und es entspann sich

eine kurze Diskussion, ob das denn sinnvoll sei, ob das Bundesverfassungsgericht das nun mitmacht, und einer der Anwesenden sagte dann, na ja, vielleicht kriegt man das hin, wenn man noch einen Moraltheologen hinzuzieht und dann sagte ein zweiter Mann, na ja gut, einen Katholiken und einen Evangelischen. Sehen Sie, und während Sie alle so lachen, finde ich das zum Heulen. Aber ich habe die Geschichte natürlich nicht erzählt, damit alle darüber lachen oder weinen können, sondern um hier anzudeuten, daß offenbar, wenn auch nicht ausgesprochen, einer der Protagonisten der Kerntechnik auch hier die Grenzen des Rechtes gesehen hat, denn was heißt es anderes, als wenn sich ein solches Spezialparlament gründet, in dem dann auch noch ein Theologe aufgenommen wird, als daß ich die Dinge aus der rein weltlichen Sphäre des Rechts heraushebe in die Gegend einer Technikreligion, die sich dort am Horizont offenbar abzeichnet - eine spezielle Form des "Endes der Aufklärung".

Wenn die Frage lautet: Kann Recht Aussagen über ein nukleares Endlager KONRAD machen, dann muß ich kurz zusammenfassen, welches denn meine Prämisse ist über den besonderen Gegenstand Endlager KONRAD. Meines Erachtens zeigt sich an KONRAD besonders deutlich, was allerdings auch schon bei jedem einzelnen AKW zu bemerken wäre, daß die Atomtechnik unermeßliche und wahrscheinlich für die Spezies Mensch unbegreiflich große Risiken in unvorstellbar großen Zeiträumen mit sich bringt. Diese Eigenart zeigt sich auch bei den Reaktoren, aber bei denen versteckt sich das ein bißchen in dem Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensumfang, bezogen auf den Einzelnen, eine Konstellation, die auch unter dem Gewicht des Rechtsschutzes in diesem Dinge sehr in den Vordergrund der politischen Diskussion gekommen ist. Diese Eigenart wird bei KONRAD deutlicher, wo diese Zeitdimension nicht durch den Bezug auf die lächerlichen 20 Reaktorbetriebsjahre und den einen

durchschnittlich Betroffenen verdeckt wird. Es liegt hier offenbar ein Gefahrenpotential so unermeßlich lange vor, daß es unserer zeitlichen Dimension einer Vorhersage der tektonischen, biologischen und hydrologischen Vorgänge nicht mehr entspricht. Es sprengt diese hergebrachte Dimension, in der wir uns zutrauen, aus Erfahrung zu urteilen. KONRAD ist also sowohl vom Umfang des Gefährdungspotentials als auch von der Dauer der Gefahr her ein "Megarisk". Wir müssen offenbar davon ausgehen, wenn ich die Naturwissenschaftler recht verstehe, daß in dieser langen Zeit Zustände eintreten, indem diese Stoffe aus KONRAD in die Biosphäre gelangen. Wir können es nicht ausschließen, also müssen wir es annehmen, und wir müssen selbstverständlich hinnehmen, daß diese Zeiträume sehr viel länger sind als die Zeiträume, für die sich in der Vergangenheit technische oder soziale Utopien als hinlänglich korrekt erwiesen haben. Es sind diese Zeiträume, die schlicht außerhalb unserer geschichtlichen Dimension liegen. Die Zulassung von Kernenergieanlagen ist rechtlich gesehen das Problem der Verteilung von Risiken im Raum, das erinnert an Tschernobyl, und in der Zeit, auch in Bezug auf die normalen AKW, aber eben insbesondere was die Endlager angeht. Dies ist deshalb ein Problem, weil zweifelsfrei die Menschen im Braunschweig des Jahres 3010 uns um sehr vieles ferner sind als den Ukrainern des Jahres 1986 die Braunschweiger, die betroffen waren von Tschernobyl. Man muß dabei auch sehen, daß in Tschernobyl eine Technik versagte, die auch wir nutzen im Verhältnis zu unseren Nachbarn in der Ukraine, so daß wir sie im Grunde genommen genauso gefährden können durch unsere AKW wie sie uns gefährden durch Tschernobyl. Während sich die Endlagerung im Verhältnis zu unseren Nachbarn in der Zeit als eine rein belastende Maßnahme darstellt.

Welche Voraussetzung erfüllt nun Recht, um zu der wie eben charakterisierten Veranstaltung Endlagerung Aussagen zu machen? Was ist Recht überhaupt? Nach der Vorstellung der

entwickelten bürgerlichen Gesellschaftsordnung dient Recht dem sozialen Frieden, indem es Gestaltungskompetenzen im gesellschaftlichen Raum, also etwa im Warenverkehr oder in der Suborganisation Familie, verteilt und den Schutz dieser Gestaltungskompetenzen durch das Gestaltungsmittel der physischen Gewalt durch den Staat monopolisiert. Grundsätzlich gilt Recht immer unter allen, also auch da, wo ein Rechtsträger nur einem bestimmten gegenüber berechtigt ist. Der Vermieter z.B. kann unter bestimmten Voraussetzungen dem einen Mieter kündigen, nicht irgendwelchen Leuten, die auf der Straße sind. So ist er dem einen gegenüber berechtigt, aber er ist in dieser Handlung allen anderen gegenüber gerechtfertigt. In diesem Sinne ist also die Befriedungsfunktion von Recht räumlich und sozial unbegrenzt.

Begrenzt ist Recht aber immer in der Zeit. Recht ist aus drei Gründen zeitlich: Erstens ist Recht als Zuweisung von Handlungskompetenz latent und vermehrbar. Das Rechtssystem würde schlicht und ergreifend ersticken, wenn es sich nicht durch Verjährungsvorschriften, durch Beendigungsvorschriften ständig bereinigen würde. Dieses Verjährungsprinzip kann man darstellen etwa im Strafrecht. Es hat noch keine Gesellschaftsordnung zustande gebracht, die Strafe zu verlängern über den Tod des Täters hinaus. Die schärfste Strafe, die wir kennen, ist der Tod des Täters und danach ist es zu Ende. Es gibt allerdings Gesellschaftsordnungen, die versucht haben, im bereinigten Strafrecht diese Verlängerung vorzunehmen. Die Blutrache, die Vendetta, ist so ein Versuch. Nach unseren Maßstäben sind aber Gesellschaftsordnungen, die etwa dieses versuchen, zu ganz bestimmten Vergesellschaftungsleistungen nicht imstande. Wir empfinden sie als defizitär. Im Zivilrecht gibt es klare Verjährungsvorschriften. Die generelle Verjährung liegt bei uns bei dreißig Jahren. Nach dreißig Jahren ist Schluß, ich kann aus einem Recht nichts mehr herleiten.

Zweitens: Recht ist mehr als Regel. Recht bemächtigt Menschen in Bezug auf andere Menschen oder Sachen. Der Mensch ist endlich, also ist auch das Recht endlich. Es gibt Versuche, eine Ausnahme zu machen, es gibt Versuche, Recht zu verlängern, etwa im Bereich des Zivilrechtes gibt es das Institut der Stiftung. Wenn ich etwa die Stiftung vom Erbrecht absetze, so stelle ich fest: Ich kann mein Erbrecht, wenn ich denn etwas zu vererben hätte, nur einmal ausüben und wenn ich tot bin, dann ist zwar jemand Erbe geworden durch meinen Willen und insofern wirkt mein Wille noch über meinen Tod hinaus, aber in diesem Moment ist der Erbe der Berechtigte und kann machen, was er will. Es gibt den Versuch der Stiftung, da wird ein Vermögen in die Welt gesetzt, das gebunden ist an diesen einmal gebundenen Willen. Aber auch mit der Stiftung erreiche ich eine Verlängerung von Recht nur in Größenordnungen von Generationen vielleicht und die Stiftung ist im Grunde genommen eine Ausnahme, die an die Grenzen des Rechts stößt und deswegen z.B. absolut strenger, restriktiver staatlicher Aufsicht unterliegt.

Drittens: Recht ist mehr als Regel, Recht ist geregelte Regel, das heißt, Recht will materiellen Ausgleich unter den Rechtsgenossen, und solchen Ausgleich kann ich auch nur in endlicher Zeit herstellen. Wenn ich Leistung und Gegenleistung aufeinander beziehe, brauche ich eine breitere Dimension, um das beurteilen zu können. Eine Versicherung etwa muß ihre Risiken über einen längeren, aber definierten Zeitraum integrieren: AKW sind bis heute nicht versicherbar. Solche Ausweichmöglichkeit spielt auch bei der völkerrechtlichen Bewertung von Kernkraftwerken und anderen gefährlichen Anlagen eine ganz bedeutende Rolle. Die Diskussion um die völkerrechtliche Verträglichkeit von Kernkraftwerken, die in sich das Risiko bergen, den Bestand des anderen Staates entscheidend zu beeinflussen oder zu benachteiligen, ist entscheidend dadurch geprägt

worden, daß die Völkerrechtler gesagt haben, diese höchst gefährliche Aktivität ist zulässig, weil der andere Staat ja auch die Möglichkeit hat, Kernkraft zu nutzen, ja die meisten Staaten tatsächlich Kernkraft nutzen, also ist hier ein Austauschverhältnis gegeben, und das berechtigt uns, so zu handeln.

Zusammenfassung: Alles Recht hat mithin seine Zeit, aber kein Recht dauert 30.000 Jahre. Mein Zwischenergebnis lautet: Recht kann nicht zur Rechtfertigung der Anlage von KONRAD herangezogen werden, da diese Anlage einer Umwelt aufgezungen wird, die zeitlich jenseits der Grenzen liegt, innerhalb derer wir rechtlich kommunizieren können.

Wie es sich gehört, wird dieses Zwischenergebnis gleich der Kritik unterzogen. Diese Kritik erfolgt auf zwei Ebenen. Erstens: Hat uns nicht Kant mit dem kategorischen Imperativ ein Instrument in die Hand gegeben, das die Abstraktion von den konkreten Rechtsgenossen erlaubt, so daß er auch räumlich, etwa als Schiffbrüchiger auf einer Insel befindliche oder zeitlich, wie wir im Zeitkontinuum der Gefährlichkeit von KONRAD vereinzelt, nach moralischen Kriterien handeln kann. Und zweitens: Hat nicht gerade die bürgerliche Revolution unverjährbare, unveräußerliche Rechte bestimmt, nämlich diejenigen des Volkes auf Selbstbestimmung? Ist damit nicht der Wille des Gesetzgebers des Atomgesetzes, der Wille des Staatsvolkes der Bundesrepublik Deutschland, das hier und heute KONRAD in Kauf nehmen will, die einzige legitime Grenze von Recht? Zum Ersten: Allerdings kann auch der Vereinzelte auf sein eigenes Tun Recht anwenden, aber dieses Recht ohne Tauschbeziehung, ohne Sanktionsinstanz, setzt im Sinne der Kant'schen Ethik immer voraus, daß ich den Rechtsgenossen mir vorstellen kann. Es ist im Grunde genommen auch Recht, in einem gesellschaftlichen Sinne, wobei Gesellschaft als Veranstaltung der eigenen moralischen Vorstellung fingiert wird. Dieses gelingt einfach bei der räumlichen Iso-

lation, es mag auch gelingen, noch ein wenig in die Zukunft hinein, aber es gibt m.E. Grenzen, die wir deutlich überschritten haben, wenn wir gedanklich für die ganz andere Welt des Jahres 3010 urteilen sollten. Zum Zweiten; das war der Einwand der Volkssouveränität, der unbedingten: Zunächst muß man feststellen, daß die Proklamation der Unverjährbarkeit der bürgerlichen Freiheitsrechte etwa in frühen Verfassungen historisch ja keine Proklamation für die Zukunft war, sondern gegen die Vergangenheit. Mit dieser Proklamation sollte die dem Volk abgetrotzte Loyalität dem Herrscher gegenüber widerrufen werden, indem man sagte, diese Rechte sind unverjährbar und obwohl wir irgendwann einmal geschworen haben, wir machen keine Revolution, halten wir uns ab heute nicht mehr an diese Zusage. Sodann, und das ist das Entscheidende, ist nach der Vorstellung der bürgerlichen Aufklärung die Souveränität des Volkes eben keine Freiheit zur Willkür. Diese Freiheit ist vielmehr bedingt durch die Gesellschaftsfähigkeit des Einzelnen. Als "zoon politikon" wird der Bürger individuelles Subjekt. Nach Rousseau wird der Wille des Einzelnen zum allgemeinen guten Willen. Das Volk ist mit dem Souverän nun vergesellschaftet worden. Humaner Ausdruck dieser Gesellschaftsfähigkeit des Volkswillens ist das allgemeine abstrakte Gesetz. Es setzt einen Kontext zwischen dem gesetzgebenden Volk und dem dem Gesetz unterworfenen Volk voraus. Hier nun ist die Notwendigkeit des Gehorsams mit der Möglichkeit der Teilhabe an der Souveränität verknüpft und dieser Kontext, der fehlt zwischen uns Heutigen und der Gesellschaft des Jahres 3010. Ich halte also als zweites Zwischenergebnis fest, daß sowohl die Abstraktion von den konkreten Rechtsgenossen als auch das Prinzip der unbedingten Souveränität des Volkes einer zeitlichen Begrenzung von Recht nicht nur nicht entgegensteht, sondern sie sogar noch fordert. Wie es häufig mit Zwischenergebnissen passiert, folgt jetzt ein Einwand.

Und dieser Einwand lautet: Das bundesdeutsche Volk hat gesetzlich die Endlagerung zugelassen. Da wir ein Rechtsstaat sind, muß dies Recht sein. Der Gegeneinwand lautet: Was nicht Recht ist, kann in einem Rechtsstaat nicht wirksam gewollt werden. Das ist auch mein vorläufiges Endergebnis. Ich habe bis hierher zeitliche Grenzen des Rechts gezogen. Diese sind unabhängig davon, ob dies begünstigendes oder belastendes Recht ist. KONRAD zulassen ist sicher nur belastendes Recht. Wir maßen uns ein Recht an, das andere belastet. Das moralische Problem wird dadurch größer, daß KONRAD ausschließlich eine die Nachwelt belastende Veranstaltung sein soll. Nichts spricht dafür, daß Braunschweig im Jahre 3010 die Atomkraft auch nur noch kennen wird. Aus meinen Ausführungen folgt, daß die von uns ausgegebene Berechtigung, Atommüll entstehen zu lassen, ohne Geschäftsgrundlage erfolgt ist. Die rechtfertigende Wirkung des Genehmigungsbescheides für Grohnde konnte nicht, die rechtfertigende Wirkung des Planfeststellungsbeschlusses für KONRAD wird nicht eintreten können. Denn wie gesagt, die Wirkung von Recht, im Sinne von Rechtfertigung, muß allgemein sein. Ihre spätere Aufhebung durch anderes Recht ist möglich, eine zeitliche Begrenzung von vornherein ist es nicht.

Wir haben aber bereits hochradioaktiven Müll erzeugt, wir werden ihn irgendwo lagern müssen. Für die Lösung dieses Problems müssen wir eine Ethik entwickeln, die zumindest folgende Prinzipien beachtet: Erstens: Unsere aus den vollendeten Tatsachen folgende Notkompetenz, um dies so zu bezeichnen, weil es eben nach meiner Ansicht keine Rechtskompetenz gibt. Diese Notkompetenz zur Lösung der Abfallfrage steht unter der Bedingung, daß wir nicht fortfahren, diese Tatsachen täglich weiter zu vollenden, indem wir AKW betreiben und damit neuen Müll erzeugen. Zweitens: Es gibt keine zeitliche Grenze unserer Verantwortung. Unsere Verantwortung wird dadurch nur noch schwerer, daß

wir bereits so weit in die Zeit hineingewirkt haben durch die Produktion dieser Abfälle, daß wir dieser Verantwortung mit dem halbwegs stabilen System des Rechts nicht mehr genügen können.

Auch die Befürworter der Atomtechnik erkennen selbstverständlich, wie sehr die Langzeitwirkung des Megarisikos Atomtechnik die historisch bekannten Verantwortungszeiträume des Menschen sprengt. Sie reagieren darauf mit zwei Strategien. Erstens mit der Verdrängungsstrategie, auf die es am Ende im Verfahren KONRAD hinauslaufen wird. Die Verdrängungsstrategie, die schneidet die Auswirkungen von KONRAD irgendwo in der Zeit ab, mit welchem Argument auch immer. Diese Strategie entspricht ja gerade dem "natürlichen" menschlichen Empfinden, das durch das Bewußtsein der eigenen Endlichkeit geprägt ist. Ich habe es immer wieder erlebt, auch auf Veranstaltungen mit interessierten und kritischen Betroffenen, daß es unendlich schwer fällt, sich noch verantwortlich zu fühlen, für das, was in 30.000 Jahren passiert. Jeder denkt zunächst mal daran, wieweit kann ich mir noch vorstellen, daß ich hier lebe, daß meine Kinder hier leben und vielleicht die Enkel dann auch noch - das ist gar kein Vorwurf, nur ich meine, wir sind hier wirklich gefordert, uns mehr vorzustellen als das.

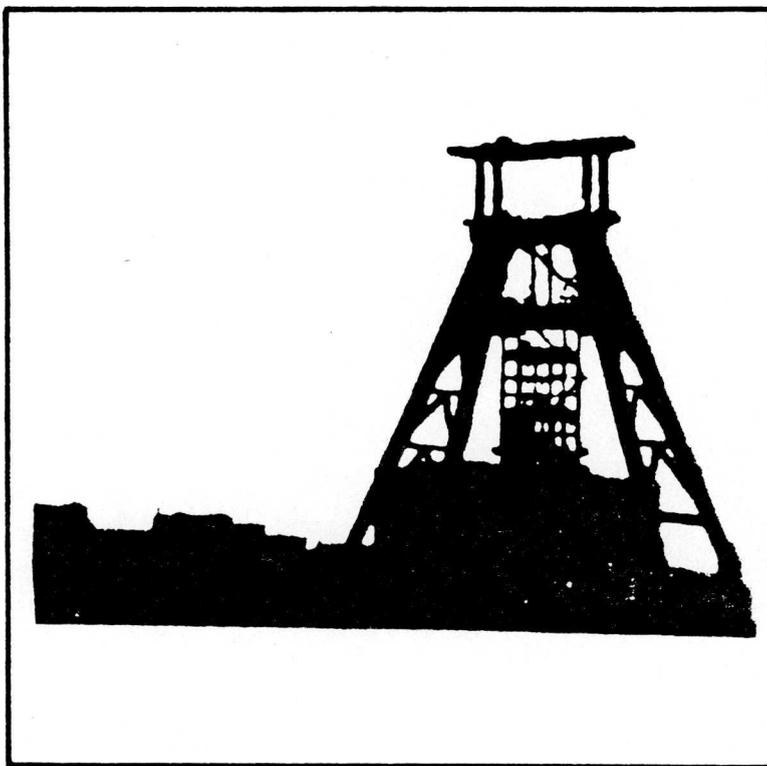
Zweitens: Der zweite Versuch der Befürworter der Atomtechnik, damit umzugehen, ist die Bewältigungsstrategie, die diese Risiken technisch beherrschbar darzustellen versucht. Diese Strategie steht unter der unausgesprochenen Prämisse, daß man eigentlich dergleichen ja nicht machen muß. Und sie steht unter der Prämisse, daß in unserem Rechtssystem diese Fragen nicht wirklich wirksam gegen die Betreiber gewendet werden können. Es gibt bei uns kein operationables Recht auf den Menschen des Jahres 3010.

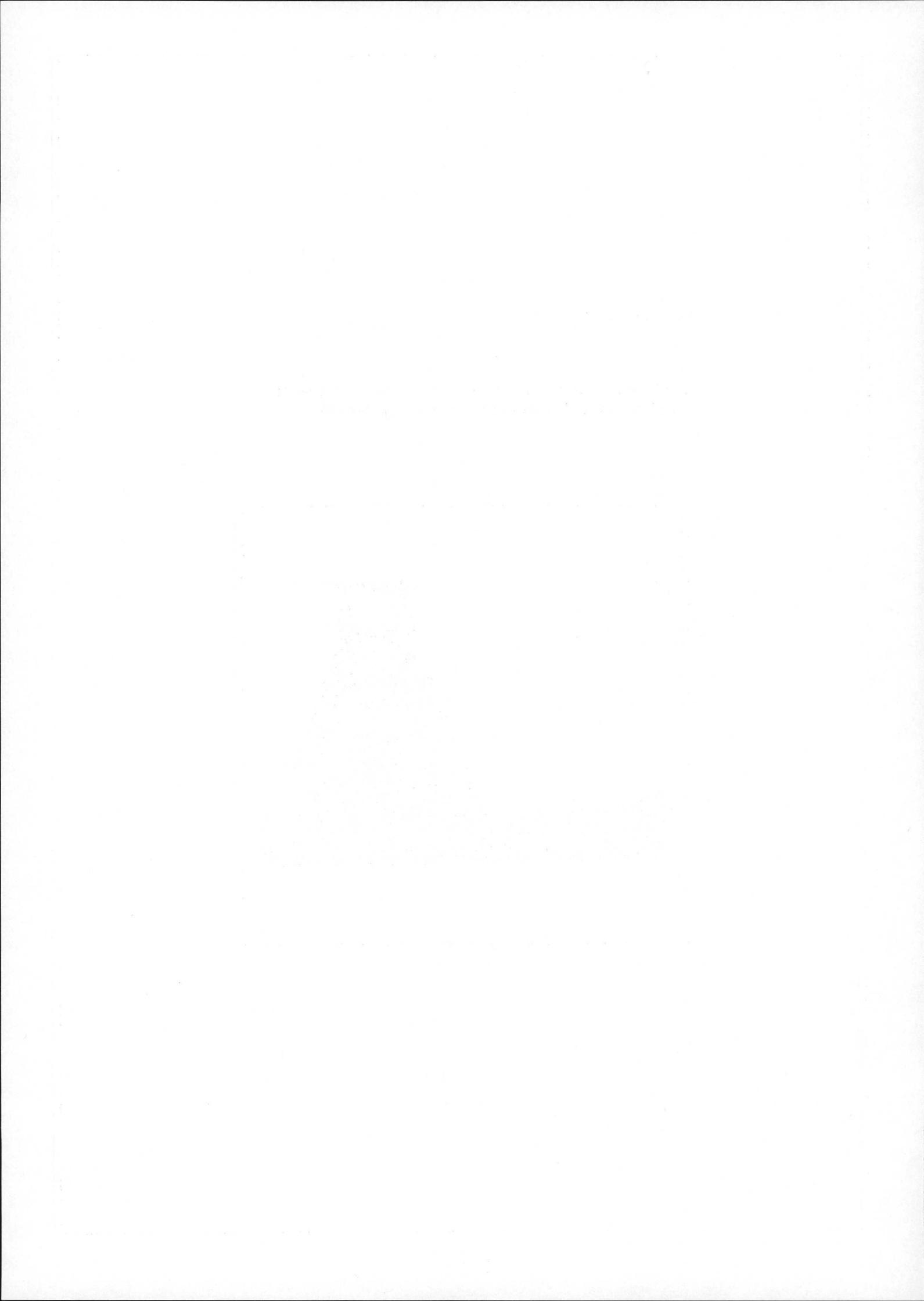
Und es gibt eine dritte Strategie, die ein bißchen wieder anknüpft an das Beispiel aus Münster, das ich eingangs nannte. Ein vehementer Befürworter der Kernenergie, der Amerikaner Weinberg, hat es sich nicht so einfach gemacht. Er hat vorgeschlagen, daß man eine Priesterkaste gründen solle, der die nuklearen Abfalllager anvertraut werden sollen. Hier soll also ganz religiöse Tradition das wohl unermeßliche Loch in der Vermittlung von Information über drei Jahrzehntausende und den unermeßlichen Abstand, den wir zum gesellschaftlichen Kontext des Jahres 30 000 haben, schließen. Bleibt zunächst die Frage, wie gründe ich eine Religion. Meistens entstehen ja Religionen da, wo sie keiner haben will, aus einem Heilsversprechen gegen den gesellschaftlichen Status quo. Zweitens, was passiert, wenn sich die Menschen im Braunschweig des Jahres 30 000 dem "Heiligen Platz KONRAD", der er ja sein muß, gegenüber genauso verhalten, wie wir uns etwa heute gegenüber den heiligen Stätten der Indianer in Australien und Nordamerika verhalten. Die Perspektive ist nicht besonders gut, wenn man bedenkt, daß die ersten Gräber der Pharaonen noch während derselben Dynastie ausgeplündert wurden. Die theologischen Einwände gegen eine solche Inanspruchnahme Gottes für unseren Müll mögen andere vortragen.

Mein Endergebnis lautet, daß es für ^{das} atomrechtliche Planfeststellungsverfahren zur Einlagerung von Atommüll in KONRAD eine Rechtfertigung nicht geben kann. Es fehlt dem ganzen Verfahren die Geschäftsgrundlage. Das heißt, daß wir zunächst in eine intensive Debatte darüber eintreten müssen, wie wir das von uns verschuldete Problem der radioaktiven Abfälle ethisch bewältigen können. Es muß unbedingt gelingen, daß wir diese Diskussion auch in die Rechtswissenschaft hineinragen. Auch wenn wir wissen, daß es nicht die herausragende Eigenschaft deutscher Juristen ist, über die Grenzen der eigenen Tätigkeit zu reflektieren.

Dr. Helmut Burdorf

Die Problematik von Transporten radionuklearer
Abfälle durch bewohnte Gebiete in der BRD





Mein Thema sind hier die Atomtransporte, speziell diejenigen, die vielleicht mal beim Schacht KONRAD ankommen. Ich fang an beim sogenannten geschlossenen Brennstoffkreislauf oder wie ich es besser nenne, bei der geschlossenen Plutoniumspirale. Von der Uranerzlagerstätte bis zum Atommüll haben wir es ja im Atomkreislauf mit einer Menge Stationen zu tun. Alles hat mit Atomtransporten zu tun, die mit mehr oder weniger großen Problemen verbunden sind. Wichtig für Schacht KONRAD sind natürlich die Abfälle, die letztlich von einer Wiederaufbereitungsanlage, aber auch von Atomkraftwerken hier eingelagert werden sollen. Die Mengen, von der Gruppe Ökologie für die Stadt Vechelde in neuerer Zeit berechnet, waren, glaube ich, 3.400 Transporteinheiten pro Jahr, die hier ankommen würden und ab dem Jahr 2000 jährlich zusätzlich 2.700 Transporteinheiten aus dem bis dahin angehäuften "Rückstau". Eine Transporteinheit ist ein großer Betonbehälter mit radioaktiven Stoffen oder ein Container, in dem bis zu drei Abfallfässer stehen. Auf andere Transportvorgänge will ich jetzt nicht weiter eingehen, obwohl die auch sehr problematisch sein können, so z.B. abgebrannte Brennelemente oder Uranhexafluorid. Auch die Transporte für Medizin und Forschung sind ja nicht so unproblematisch, wie das manchmal dargestellt wird.

In einer Wiederaufbereitungsanlage, aber auch in anderen kerntechnischen Anlagen, fallen eine Menge verschiedenster Abfälle an. Ich will diese kurz darstellen. Es sind vor allem sogenannte leichtradioaktive Abfälle nach der alten Kategorie: Rohre, Bauteile, Papier, Handschuhe, Reinigungsmaterial, Abluftfilter, flüssige Abfälle, Kondensate, organische Lösungsmittel, usw. Die werden irgendwie vorbehandelt oder gleich einzementiert. Desweiteren mittelradioaktive Abfälle, also z.B. Brennelementhülsen oder Klärschlamm oder Filter aus dem hochradioaktiven Teil der Wiederaufarbeitungsanlage bzw. von den Kernkraftwerken;

auch ganze Anlagenteile, die bei Reparaturen angefallen sind, müssen zersägt, einbetoniert und irgendwann eingelagert werden. Die hochradioaktiven Feed-Klärschlämme sind vom Volumen her gering, aber natürlich von der Radioaktivität und von der Wärmeproduktion her sehr bedeutend.

Im Normalfall ist das Einzementieren die Methode, um all diese Abfälle in eine Lagerform zu bringen. Ein paar exotische Behandlungsmethoden gibt es natürlich auch noch, dazu gehört im Moment das Bituminieren. Ich glaube aber, daß dies in Deutschland z.Zt. nicht weiter verfolgt wird. Das Bituminieren hat einen Vorteil gegenüber dem Zementieren: Man verringert das Volumen der Flüssigkeiten. Durch das Zementieren wird das Volumen eher verdoppelt.

Es gibt eine Menge von Transportwegen, hier nur ganz grob aufgezeichnet die Transportwege der Bundesbahn. Es ist ja bekannt, daß Bundesumweltminister Töpfer anstrebt, der Bundesbahn die Oberaufsicht über die gesamten Atomtransporte zu übertragen, was gleichzeitig bedeutet, daß der Transportweg "Schiene" Vorrang erhalten wird. Das ist natürlich sinnvoller als der Transport auf der Straße, aber das ist nicht gleichzusetzen mit "risikolos". Der Haupttransportweg für Atommüll ist der von der Wiederaufbereitungsanlage zum Endlager, also zweifellos von Wackersdorf über Nürnberg, nach Kassel und weiter über Hildesheim und Braunschweig zum Schacht KONRAD. Die möglichen Unfallpunkte kann man nur qualitativ erfassen. Im Prinzip hat natürlich jede Stelle des Transportweges ein gewisses Unfallrisiko. Bestimmte Stellen, dort wo Eisenbahnlinien aufeinandertreffen, sind naturgemäß stärker gefährdet. Auch dort, wo Straßenbrücken über die Eisenbahn führen, kann es ja sein, daß Fahrzeuge von oben herunterstürzen, und generell dort, wo Schienen und Brücken geführt werden, ist das Risiko bei Unfällen größer als auf freier Strecke.

Die mechanische Einwirkung auf einen Transportbehälter hängt vor allem mit der Geschwindigkeit zusammen. Wenn die Züge also mit 20 km/h durch die Landschaft fahren würden, wäre diese Gefahr relativ gering. Selbst bei normalen Atommüllfässern müßten dann schon sehr unglückliche Umstände dazukommen, um sie aufzureißen. Das ist natürlich sehr theoretisch, denn wie bekannt, fahren Atomtransport-Güterzüge mit 80 km/h, ebenso wie die anderen Züge, die mit diesen Güterzügen wiederum zusammenstoßen können, so daß bei Unfällen die mechanischen Einwirkungen schon sehr viel größer sein werden, jedenfalls außerhalb von Bahnhöfen.

Die Unfallhäufigkeit wurde von der Gruppe Ökologie im letzten Gutachten mit 1 : 72 pro Jahr geschätzt, also bei 72 Atomtransporten müßte es eigentlich einen (1) Unfall geben. Unfälle mit Freisetzung sind natürlich seltener. Diese Unfälle lassen sich wiederum in verschiedene Kategorien unterteilen. Als Voraussetzungen für größere Freisetzungen, d.h. solche Freisetzungen, bei denen die Strahlenschutzwerte überschritten werden, haben wir immer Kombinationsunfälle angenommen. Das heißt, die Kombination von einer starken mechanischen Einwirkung und einem Feuer. Das kann ein Unfall sein, bei dem ein Atommüllzug z.B. gegen einen anderen Zug mit Superbenzin oder ähnlichem stößt. Es hat ähnliche Unfälle in der Bundesbahngeschichte schon öfter gegeben. Gerade als das Gutachten der Gruppe Ökologie für die Stadt Nürnberg in der Diskussion war, gab es in Hannover-Empelde am 19. März 1985 einen großen Unfall. Zwei Züge waren zusammengestoßen, ein Kohlenzug und einer mit Superbenzin. Es sind Tanks explodiert und es hat eine Branddauer von etwa dreieinhalb Stunden gegeben, auch das nur, weil die Feuerwehr extrem gut organisiert war und sehr schnell und mit viel Glück eingreifen konnte. Man hätte also auch sehr viel mehr Stunden Branddauer erwarten können und das zudem mitten in der Stadt. Und dieses Szenario etwa

realisiert bei einem Transport, wo mittelradioaktive Abfälle in Betonbehältern mitgeführt werden, wobei die Betonbehälter dann schon auf den Schienen oder im seitlichen Graben neben den Schienen liegen und aufgebrochen sind, könnte dazu führen, daß sehr große Freisetzungen vorkommen. Es ist natürlich nicht so, daß 100 % des radioaktiven Inhalts freigesetzt werden. Es sind immer nur Prozente oder Prozentbruchteile, die freigesetzt werden. Aber der Inhalt auch dieser sogenannten mittelaktiven oder leichtaktiven Fässer reicht durchaus aus, um auch bei solchen prozentweisen Freisetzungen große Flächenverseuchungen zu verursachen.

Ich greife mir hier nur einen Unfalltyp heraus und zwar einen Unfall mit mittelaktivem Abfall, der in 50 % verlorenen Betonabschirmungen verpackt ist. Man stelle sich hier schematisch ein Rollreifenfaß vor, in das der Abfall in zementierter Form eingefüllt wird und dieses Faß selber wird in einen vorbereiteten Betonzylinder gestellt und nochmal mit Beton umgossen. Das ganze Gebinde wiegt 2,8 Tonnen und mißt etwa in der Höhe 1,37 m und 1,06 m im Durchmesser. Ein VBA-Behälter ist z.B. für relativ wenig Feed-Klärschlamm - schätzungsweise 3,6 kg - vorgesehen. Das Szenario läuft darauf hinaus, daß dieser Betonbehälter von einem Zug herunterfällt und von einem entgegenkommenden Zug überrollt wird und dabei von Feuer eingehüllt wird. Es könnte ein Güterzug oder ein Zug mit Superbenzin sein. Zündquellen gibt es allemal, weil fast überall Oberleitungen vorhanden sind. Wir haben dann eine berechnete Freisetzung von jeweils etwa 2 % des Strontiums, des Plutoniums und des Cäsiums, das in dem Behälter enthalten ist. Die effektive Freisetzungshöhe liegt etwa bei 50 m Höhe. Der Grund dafür ist die Thermik des Feuers, in dem der zerbrochene Behälter liegt: die aufsteigende heiße Luft wirbelt fein verteilten Staub, also auch radioaktiven Staub, nach oben. Dann erst trägt der Wind dazu bei, daß diese Stoffe ver-

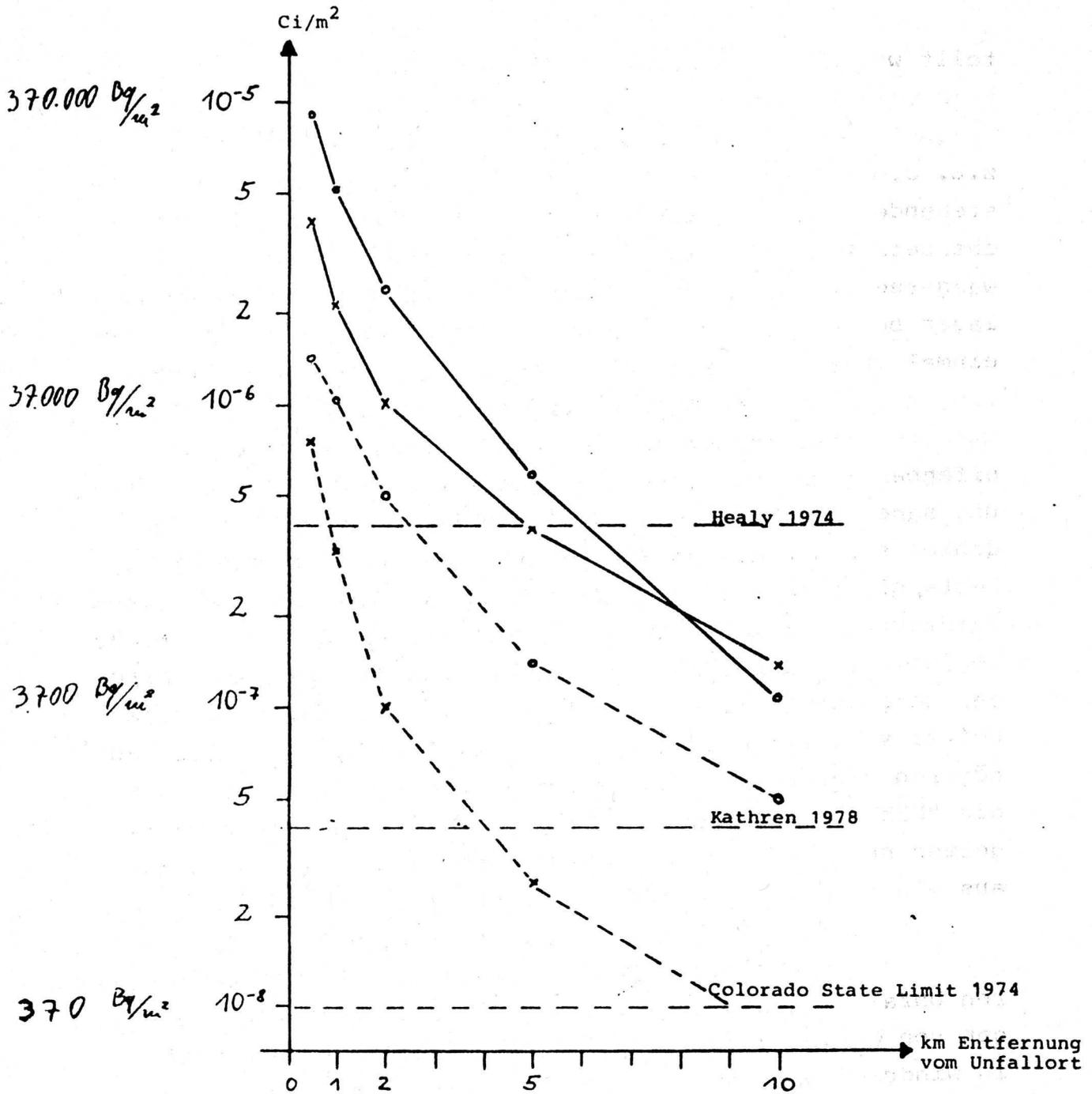


Abb. 12-5: Plutonium-Bodenkontamination nach einer Freisetzung aus einem MAW-Faß durch Fallout / Fallout und Washout (Gesamt-Pu; davon ca. 4 % α -Pu)

- x---x Ausbreitungsklasse D, Fallout
- x—x Ausbreitungsklasse D, Fallout und Washout
- o---o Ausbreitungsklasse E, Fallout
- o—o Ausbreitungsklasse E, Fallout und Washout

Tschernobyl ℓ : $\approx 1 \text{ Bq/m}^2$ in BRD

teilt werden. Die dann auftretende radiologische Belastung kommt natürlich sehr auf die Wetterlage an. Die Gruppe Ökologie hat in ihrem Gutachten für die Stadt Nürnberg z.B. die Flächenkontamination berechnet. Hierzu die nebenstehende Abbildung mit folgenden Erläuterungen: Die Flächenbelastung mit Plutonium in Windrichtung ist auf der waagerechten Achse aufgetragen. Außerdem sind zwei Wetterlagen berücksichtigt, einmal mit (durchgezogene Linie) und einmal ohne Regen (gestrichelte Linien). Die waagerechten Linien sind vorgeschlagene Grenzwerte aus den USA: der unterste Wert stammt aus dem Bundesstaat Colorado, der offenbar schon viele Erfahrungen mit Kontaminationen hat und daher den Level doch einigermaßen niedrig hält. Ich denke, etwa in diesem Bereich ist die Zone, wo man die Leute nicht mehr leben lassen kann, wo man schon gar nicht landwirtschaftlichen Anbau akzeptieren kann. Wenn es nicht regnet, ist es für den Bereich, um den es hier geht, also der Bereich bis 10 km günstiger, weil sich das Plutonium weiter verteilt und damit verdünnt. Bei Regen kommt es zu höheren Konzentrationen in der Nähe des Unfallortes, wobei die "Nähe" mit 10 oder 20 km ja relativ ist. Diese Werte gelten nur für eine Freisetzung von 2% und dies auch nur aus einem Faß. Normalerweise werden ja sehr viele Fässer transportiert; es könnte also passieren, daß mehrere Fässer in das Feuer geraten. Wir müssen also bei einem schweren Unfall schon mit Evakuierungen und dauerhaften Sperrungen von Gebieten rechnen, die 10, 20 km oder noch weiter in Windrichtung vom Unfallort entfernt liegen. Genauere Aussagen kann man kaum machen. Es kommt sehr auf die Wind- und Wetterverhältnisse an. Zu der Flächenkontamination kommen noch andere Belastungen. Plutonium kann auch eingeatmet werden, was ein wesentlicher Belastungspfad ist. Angenommen: in Windrichtung liegt ein Dorf, so können die Menschen dort in 1 km Entfernung alleine durch das Einatmen 1,6 rem abbekommen. Bei ungünstiger Wetterlage kann es auch mehr sein. Für den Belastungspfad über die Atemluft wäre es

günstiger, wenn es regnet. Bei starkem Regen kommt zwar sehr viel auf den Boden, aber die Luft wird natürlich gereinigt. Das war der Fall nach Tschernobyl: Seit dem 1. Mai 1986, an dem es ja geregnet hat, sind die Luft(belastungs)-Werte sehr schnell heruntergegangen und die Boden(belastungs)-Werte entsprechend sehr stark gestiegen.

Andere Nuklide, wie Cäsium z.B., führen zu einer sehr starken Ganzkörperbelastung, oder Strontium wirkt ähnlich wie Plutonium vor allem als Flächenbelastung. Strontium würde dazu führen, daß 10 - 20 km weit vom Unfallort entfernt keine Landwirtschaft mehr betrieben werden darf, denn es wird relativ leicht von Pflanzen aufgenommen. Strontium ist, bezogen auf den Nahrungspfad (Boden - Nahrung - Mensch), das wesentlichste Nuklid und führt sicher dazu, daß die oben genannten Bereiche auf Dauer gesperrt werden müssen. Das gilt selbst dann, wenn man in dem Jahr, wo der Unfall passiert, die Ernte vernichtet. Es würden im dann folgenden Jahr in über 10 km entfernten Gebieten noch immer 10 rem durch Strontium über die Nahrungskette verursacht werden. Wir sehen also, daß solche Transportunfälle keine geringe Sache sind. Wir haben es also sicher mit lokalen Katastrophen zu tun. Die Folgen: Es muß Katastrophenalarm gegeben werden sowie, wegen der dauernden Unbewohnbarkeit solcher Gebiete in der Nähe von derartig schwerwiegenden Atomtransportunfällen, Evakuierungen durchgeführt werden.

Nun gibt es Vorschläge, wie man das vermeiden kann. Zum einen könnte das Transportsystem selbst geändert werden oder die Transportstrecken besser gesichert werden. Man kann versuchen, alle Züge so zu führen, daß sie garantiert mit anderen nicht zusammenstoßen können. Man kann die Zuggeschwindigkeit vermindern, was ich schon andeutete. Da wären dann die mechanischen Einwirkungen geringer. Man könnte einen Katastrophenschutzzug immer hinterherfahren lassen, um ggf. die Unfallauswirkungen zu begrenzen. Man könnte auch die Transportbehälter umstellen, also sehr viel sta-

bilere Behälter benutzen, nicht nur für die abgebrannten Brennelemente, sondern gerade auch für den Atommüll. Man könnte sich auch vorstellen, daß die VBA-Behälter noch mal extra in Stahlbehälter eingeschlossen werden, wie z.B. abgebrannte Brennelemente. Es würde relativ wenig Radioaktivität mit gigantischem Aufwand transportiert, was eine große Umorganisation nötig machen und das ganze extrem verteuern würde. Auch dadurch ließe sich natürlich nicht die 100%ige Sicherheit erreichen, wie das so üblich ist.

Nun aber zu zwei Punkten, die bei dieser Art der Darstellung von Gefahren der Atomtransporte immer wieder eine Rolle spielen: Wie wahrscheinlich ist denn das alles und kann man sich dagegen wehren oder was haben wir überhaupt für Möglichkeiten, dagegen etwas zu tun? Üblich ist ja in der Kerntechnik, und das gilt für Atomtransporte genauso wie für Atomkraftwerke, eine Risikobetrachtung nach der einfachen Formel "Häufigkeit mal Konsequenzen". Also zunächst die Häufigkeit eines möglichen Störfalles: Die ist bei Atomtransporten sicher relativ hoch, verglichen mit AKW-Unfällen, wenn man Störfälle jeder Art nimmt. Ich hatte die Berechnung für Vechelde erwähnt: 1 : 72 pro Jahr. Das ist eine relativ hohe Häufigkeit, aber damit ist noch nicht gesagt, ob ein Störfall kleine oder große oder gar keine Konsequenzen hat. Und dann die Konsequenzen, die man in Form von Dosisbelastung für die gesamte Bevölkerung rechnet. Einige Zahlen dafür hatte ich schon bei der Unfallschilderung genannt. Irgendwie versucht man daraus das Risiko zu berechnen. Die Unfälle mit großen Konsequenzen, so z.B. der, den ich eben geschildert habe (Kombination aus mechanischer Einwirkung und Feuer), haben üblicherweise nur ganz kleine Wahrscheinlichkeiten und umgekehrt die Unfälle, die sehr häufig vorkommen können, sind zumeist von geringer Konsequenz. Bei den extrem schweren Unfällen handelt es sich zweifellos um Unfälle, die sehr selten vorkommen, so selten, daß die Betreiber gern möchten, daß man dieses

Risiko nicht weiter betrachtet (sog. Restrisiko, das alle zu tragen haben!). Dazu zwei Aspekte: Zum einen lehrt die jüngste Vergangenheit, daß dieses "Restrisiko" nicht mit "Nullrisiko" gleichgesetzt werden darf. Zum anderen haben Unfälle mit extremen Konsequenzen trotz ihrer geringen Wahrscheinlichkeit ein ganz besonderes Gewicht. In der Öffentlichkeit wird praktisch die Wahrscheinlichkeit "Null" gefordert.

Nun zum 2. Punkt: Was läßt sich gegen Atomtransporte machen, oder genauer, kann man juristisch dagegen vorgehen? Bei Atomanlagen haben wir es jeweils mit ortsfesten Anlagen zu tun. Wir haben ganz bestimmte Nachbarn um diese Anlagen herum. Diese sind klageberechtigt, wenn sie weniger als 20 - 30 km entfernt wohnen. Alle Gefahren gehen von diesen Anlagen, also jeweils einem ganz speziellen Punkt, aus, teilweise sogar von einem Schornstein in einer ganz bestimmten Höhe. Da kann man vergleichsweise genaue Berechnungen durchführen. Bei Atomtransporten muß neben der eigentlichen Eintrittswahrscheinlichkeit für einen schweren Unfall noch die ganze Transportstrecke berücksichtigt werden. Wenn irgendjemand entlang dieser Strecke dagegen klagen möchte - er kann ja ruhig 100 m neben der Atomtransportstrecke wohnen - wird auch bei relativ großer Gesamthäufigkeit von Transportunfällen für ihn persönlich das auszurechnende Risiko gering sein. Aus diesem Grunde wird er fast keine Chancen haben, vor Gericht durchzukommen, also als Kläger überhaupt anerkannt zu werden, denn seine Klagebegründung wird wegen der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit unter das "Restrisiko" fallen. Natürlich müßte man mal einen derartigen Prozeß ernsthaft versuchen. Es gab ein paar erste Ansätze, dagegen vorzugehen, aber ich glaube, es hat bisher noch keine atomrechtliche Verhandlung über Atomtransporte gegeben. Die Stadt Nürnberg selber möchte für sich etwas probieren in dieser Richtung. Die Atomtransporte von Wackersdorf gehen ja alle garantiert

durch ihre Stadtgebiete und sie sagt, daß sie ihre Planungshoheit beeinträchtigt sieht. Sie kann keine Wohngebiete planen in der Nähe von Eisenbahnlinien, wie sie das eigentlich vorgehabt hatte. Das beeinträchtigt ihre kommunale Selbständigkeit und ihre Selbstverwaltung usw.

Die Stadt Nürnberg hat natürlich auch etwa 25 km Bahnstrecke, insofern ist die Wahrscheinlichkeit, daß es innerhalb Nürnbergs zu einem Atomtransportunfall kommt, relativ hoch.

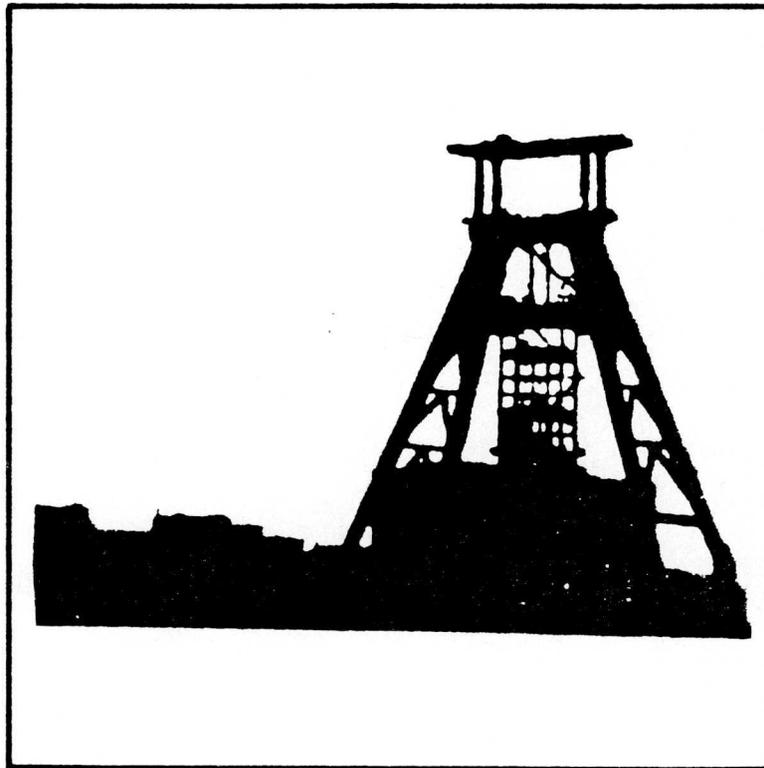
Andererseits fahren die Züge innerhalb Nürnbergs langsamer als auf freier Strecke. Es werden also die schwerwiegenden Störfälle mit mechanischen Einwirkungen wieder seltener.

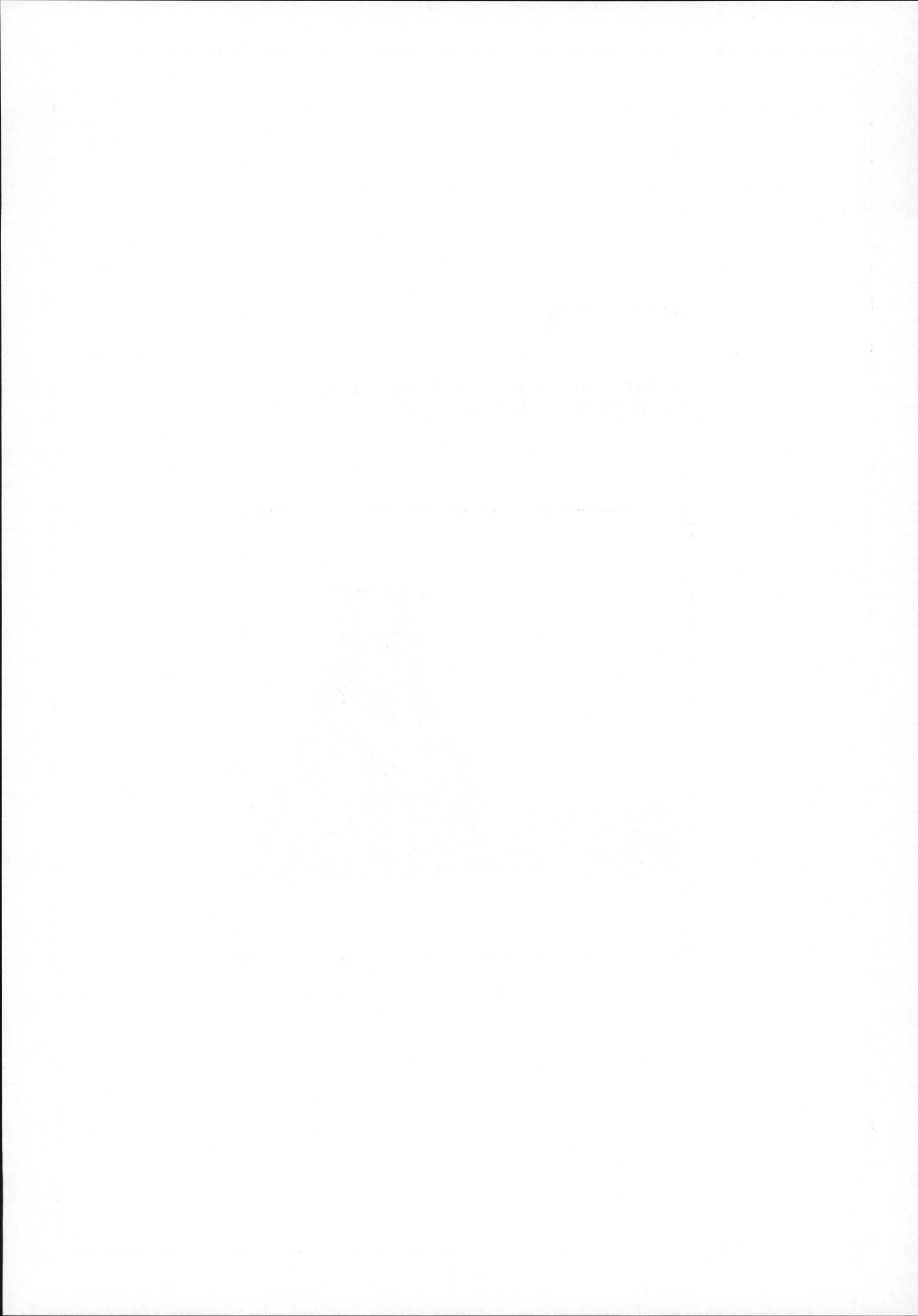
Jedenfalls wird das noch eine sehr schwierige Angelegenheit für die Stadt Nürnberg bleiben, bevor es beim Verwaltungsgerichtshof in München überhaupt zu einer Verhandlung kommt.

Eine ähnlich schwierige Ausgangslage auf juristischer Ebene dürfte es auch für Einzelpersonen hier im Bereich Schacht KONRAD geben. Es ist vermutlich erfolgversprechender, sich mehr auf der politischen Ebene gegen Atomtransporte zur Wehr zu setzen.

Matthias Kollatz

Konzepte und Realisierung der Entsorgung -
BR Deutschland - Europa - weltweit





1. Die Entsorgung ist ein relativ ungenauer Begriff. Im großen und ganzen ist damit der Verbleib der radioaktiven oder sonstwie gefährlichen Substanzen aus den Atomanlagen an Stellen und mit Methoden beschrieben, die auf Dauer zu sicheren Ergebnissen führen - uns in gewisser Weise "sorgenfrei" zurücklassen. Es kann heute nicht die Rede davon sein, daß diese Frage auch nur annähernd gelöst ist, deshalb ist der im folgenden angestellte Vergleich in erster Linie ein Sorgenvergleich.

Da eigentlich der Verbleib des gesamten radioaktiven Materials aus den Atomanlagen im Blickpunkt sein müßte, bleibt erst einmal festzustellen, was völlig außerhalb traditioneller Entsorgungskonzepte liegt

- militärische Freisetzungen
- Freisetzungen der Atomanlagen im Normalbetrieb
- Freisetzungen durch Unfälle

Das Untersuchungsprogramm der Physikalisch-Technischen-Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig ergibt z.B. allein für den Stoff Tritium - der sicherlich nach der radioaktiven Gefährdung noch einer der vergleichsweise noch unproblematischen ist - im Jahre 1983 (also noch vor Tschernobyl) für den besten Druckwasserreaktor in der Bundesrepublik knapp 600 000 Zerfälle pro Sekunde, allein im Abwasser. Diese Freisetzungen im Normalbetrieb gelten als "entsorgt", wenn sie unter bestimmten Richtwerten bleiben. Sie werden ebenso wie Unfallfolgen im Rahmen eines Entsorgungskonzeptes nicht erfaßt oder unschädlich gemacht. Eine der Auseinandersetzungslinien innerhalb der Atomenergiebefürworter läuft um die Frage der Grenzziehung zwischen erfaßtem und nicht zu erfassendem Entsorgungsgebiet. Und auch hier spielt das Argument des internationalen Vergleichs und gegebenenfalls der internationalen Wettbewerbsfähigkeit eine große Rolle.

2. Diese Grenzen werden in etwa folgendermaßen bestimmt:

- Erlaubte Maximalabgaben während aller Phasen des atomaren Prozesses
- Bestimmte Stoffe, die überhaupt nicht erfaßt werden (oder umgekehrt: deren Abgabe besonders begrenzt ist)
- Festlegung von Grenzen nach Prozeß oder Anlage

Insbesondere zur letzten Frage hat sich bislang vollständig das Konzept der Atomkraftbefürworter durchgesetzt:

Es wird nie der gesamte Prozeß der radioaktiven Stoffe - vom Bergwerk bis zum Zwischen-/Endlager - einbezogen, sondern die Grenzziehung erfolgt für jeden Teilschritt, jede Anlage, getrennt. Die Unterteilung in 10 Schritte bringt somit mindestens die 10-fache Erlaubnis für nicht in der Entsorgung zu erfassende radioaktive Freisetzungen. Gerade der Bereich der Wiederaufarbeitung und der Endlagerung schlägt mit den radioaktiven Freisetzungen besonders zu Buche.

Aus der Genehmigung von Biblis A und B sieht man/frau, daß (obwohl es sicher Länder gibt mit noch laxeren Bestimmungen) die Grenzziehungen beträchtliche Mengen an radioaktiven Freisetzungen für "sorgenfrei" und automatisch entsorgt erklären. Die Tabelle ist in alten Einheiten, 1 Curie entspricht 37 Milliarden Becquerel, erlaubt sind also $5.92 \cdot 10^{13}$ Zerfälle pro Jahr an Tritium; wie wir sehen, hat die Gesamtanlage Biblis 1983 gut 60% dieses Wertes auch tatsächlich abgegeben, zumindest wurden diese 60% gemessen. An französischen und britischen Wiederaufarbeitungsanlagen existiert eine verminderte Rückhaltepflicht bestimmter Stoffe (Tritium, Krypton) gegenüber dem bundesdeutschen Vorschriftenkatalog.

Um einer Entsorgung wenigstens näher zu kommen, ist die Erarbeitung von Grenzen für den gesamten atomaren Prozeß unerlässlich. Nur so kann er auch im Sinne einer Technologiefolgenabschätzung bewertet werden.

3. Geht man von dieser Tabelle der Internationalen Atomenergie-Organisation, die zur Unterstützung und Verbreitung der Atomenergie international tätig ist und nach dem Tschernobyl-GAU weitere Pro-Kernenergie-Stellungnahmen abgab, so gibt es drei wesentliche Verfahrenswege der Behandlung radioaktiver Substanzen:

- Freisetzung in der Luft
- Freisetzung im Wasser oder Boden (nach Verdünnung oder Vorbehandlung)
- Vergraben (gegebenenfalls nach Vorbehandlung)

In der Anfangszeit der Atombetriebe - und diese ist keineswegs eine "Jugendsünde", sondern wird bis in die Gegenwart praktiziert - wurde improvisiert. In den USA und in Westeuropa sowie Japan wurden viele Abfälle - bis hin zu Plutoniumangereicherten aus der WAA Winscale - in Fässer verpackt und ins Meer versenkt oder direkt von den Atombetrieben verdünnt und in Flüsse oder das Meer abgelassen. In der UdSSR wurde relativ frühzeitig die Methode der Druckpumpung in Gesteinsschichten angewendet sowie in den USA die des Eindampfens und Konzentrierens von Abfällen, die dann zum Abklingen in Fässern in Bergwerken oder Höhlen gelagert wurden. In den Weltmeeren wurden so bis 1980 zwischen 60 000 und 150 000 Fässer Atommüll versenkt, zumindest bei Versenkung an den tieferen Stellen wurden Fässer und Zementblöcke durch den Druck beim Absenken so beschädigt, daß radioaktive Freisetzungen nach kurzer Zeit erfolgen und an vielen Stellen auch nachweisbar sind.

Daneben wurden in der noch immer nicht zuende gegangenen Anfangszeit der Atomtechnologie (die hoffentlich auch ihre Endzeit ist) zahlreiche improvisierte Lager mit radioaktiven Abständen angelegt, die mit vom Plutonium-Schlamm gefülltem Graben bis hin zur Überwachten Lagerung in Stahltanks reichen. Es ist auch heute unmöglich, einen

Überblick über diese "wilden Deponien" zu erlangen, weil auch Müllmischungen (z.B. ausrangierte Röntgenapparate) stattfanden, nicht zuletzt in Industriebereichen, die Ziffernblätter von Uhren u.ä. mit radioaktiven Substanzen behandelten.

Die Organisation der radioaktiven Abfälle ist bis heute nicht geleistet, der Anspruch von Entsorgungskonzepten ist es, hier einen Schritt weiterzukommen.

Die positive Dimension der Diskussion um Endlagerung liegt u.a. darin, daß ein Übergang von "wildem Müllkippen" zu "Mülldeponien" geplant wird und zumindest Gefahrenpotentiale bekannt(er) werden. Gerade nach Tschernobyl hat die Geisterfahrt der radioaktiven Molkezüge gezeigt, daß gerade Behörden höchst unprofessionell und ungeeignet mit atomaren Substanzen umgehen.

4. Das US-Department of Energy hat 1979 folgende alternativen Endlagerkonzepte zur Diskussion gestellt. Es ist wichtig an diesem Ansatz, daß Entsorgung von der Endlagerperspektive aus diskutiert wird und nicht von dem nächsten geplanten Schritt der Atomindustrie:

- Bergwerk-Konzept (conventional geologic disposal)
- Konzept der Einlagerung nach chemischer Resynthese (unconventional geologic disposal)
- Tiefbohrloch-Konzept (very deep hole concept)
- Felsaufschmelz-Konzept (rock melting concept)
- Inselagerungs-Konzept (island disposal)
- Tiefseeboden-Konzept (sub seabed geologic disposal)
- Eisdecken-Konzept (ice sheet disposal)
- Injektionskonzept (reverse well concept)
- Teilungs- und Umwandlungskonzept (partitioning and transmutation concept)
- Weltraum-Konzept (space disposal)

In Europa konzentrierten sich die Untersuchungen auf das Bergwerk-Konzept. Italien und Belgien untersuchten Ton-

schichten (wegen der Wasserabweisung), die Frage der langfristigen Sicherheit der Abfälle über Zeiträume von 1000 Jahren hinaus gilt als ungeklärt, die Hitzeentwicklung als problematisch. Die Schweiz, Schweden u.a. prüften die Endlagerung in Granit. Bei den relativ großen Stollen, die notwendig sind, ist die Frage der durchgängigen Dichtigkeit auch gegenüber Gasdruck als gravierendes Problem sichtbar. Gegenüber Salz haben sowohl Granit (wie auch Basalt, nicht aber Ton) den Vorteil, daß sie sehr viel weniger chemische Wechselwirkungen eingehen. Eine Bewertung nahm das US-Department of Energy folgendermaßen vor (Tabelle 3):

Versuch eines Vergleichs des Isolationspotentials von Salz, Granit, Ton und Basalt (je mehr Punkte, desto günstiger)

E i g e n s c h a f t	Salz	Granit	Ton	Basalt
natürlicher Feuchtgehalt	3	3	2	3
Festigkeit	1	3	2	3
linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient	2	3	3	3
Wärmekapazität	3	2	2	2
Wärmeleitfähigkeit	3	2	2	1
Permeabilität	3	3	3	3
Porosität	3	3	1	3
Löslichkeit	1	3	3	3

Tabelle 3: US-Beurteilung der Endlagerqualität verschiedener Formationen (US-Department of Energy)

- nach Informationen des Öko-Instituts -

In Großbritannien wurde vor 12 Jahren ein Programm zur Erforschung der Tiefseelagerung (Bohrung und Versenkung unter dem Meeresboden initiiert, nach meinen Informationen aber nie abgeschlossen, sondern auf Sparflamme weitergeführt, ohne daß die eigentliche Bohrung durchgeführt wird.

Prinzipiell elegante Methoden sind die Konzepte der chemischen Umwandlung sowie der physikalischen Transformation. Durch radioaktive Prozesse ist es möglich (Teilchenbeschuß, chemische Reaktionen), radioaktive Produkte in andere - möglichst ungefährlichere - zu verwandeln. Die Wirkungsgrade dieser Prozesse (die ständig zu Forschungszwecken in Kernphysik-Labors praktiziert werden) sind jedoch sehr gering, so daß eine industrielle Anwendung ausgeschlossen werden kann. Zudem ist bei den meisten Prozessen radioaktives Material zur Durchführung der Transformation erforderlich (z.B. Beschuß mit Neutronen oder Ionen), daß insgesamt keine Entlastung auftritt.

5. In der ersten mir bekannten Broschüre zur Kernenergie, die massenhaft von der Atomindustrie 1973 verteilt wurde, den "66 Fragen", war nur an einer Stelle die WAA erwähnt - und mit Wiederaufarbeitung und Endlagerung wurden keine Probleme gesehen:

"Frage 20: Was geschieht mit den verbrauchten Brennelementen?

Die ausgebrannten Brennelemente eines Reaktors, die noch radioaktiv sind, werden in einem Bunker oder einem Becken auf dem Kraftwerksgelände einige Monate lang gelagert, bis die kurzlebige Radioaktivität abgeklungen ist. Anschließend überführt man die Elemente in besonderen Versandbehältern in eine Wiederaufbereitungsanlage, wo die radioaktiven Spaltprodukte vom unverbrauchten Brennstoff abgetrennt werden. Die radioaktive

Abfallmaterialien werden zur sicheren Aufbewahrung in unterirdische Lagerstätten gebracht; der wiedergewonnene Brennstoff steht nach Aufarbeitung für den Einsatz wieder zur Verfügung."

Das war alles - weder WAA noch Endlager sind heute bekannt oder gar "im Griff", von Transport-, Kühl- und Proliferationsproblemen ganz zu schweigen.

In einer späteren Auflage (IZE 1977, Fragen und Antworten zur Kernenergie) wird das präzisiert: Die Lagerung soll in Salz erfolgen und die WAA möglichst in Form eines Integrierten Versorgungs-/Entsorgungszentrums mit der Endlagerstätte zusammengelegt werden. Gegenüber den militärisch dominierten Typen der WAA in anderen Ländern (Atomstaaten), bei denen wegen der Waffenproduktion sowohl die fertigen Waffen wie auch die Abfälle aus Sicherheitsgründen möglichst weit entfernt wurden, stellte das ein neues Konzept dar. Es war zudem eine Konsequenz aus der Tatsache, daß wegen der dichten Besiedlung der Bundesrepublik Deutschland die von der UdSSR und den USA erwogenen Lagerungen in Wüsten mit weiträumigen Absperungen nicht denkbar sind. Die wichtigste - exportorientierte - Zielsetzung war die Entwicklung einer zivilen AKW-Entsorgungsschiene in Komplettlösung.

Vorteile des Integrierten Entsorgungszentrums sahen die Befürworter

- in der Reduzierung der Gefährdung der Transporte
- in der Vermeidung von Pu-Transporten und der Konzentration des Pu in einer Anlage, die Mißbrauch durch Proliferation ausschließt
- in der personal- und kostensparenden Zusammenfassung von Verwaltungs- und Wachpersonal

Insbesondere der zweite Punkt schließt die Brennelementfertigung der Brennstäbe für den Schnellen Brüter oder der MOX-Stäbe für LWR-Reaktoren mit ein. Die Anlage sollte eine Fläche von 12 Quadratkilometern umfassen. Für die

Abfallbehandlung legte sich die DWK im Einvernehmen mit der Bundesregierung auf Verglasung fest, da sie die sicherste Methode sei; bei Kontakt mit Wasser könne in 10 000 Jahren höchstens 2% der Verfestigungsmasse ausgelaugt werden, auch bei intensiver Bestrahlung bleibe das Glas 3000 Jahre intakt. Die Glasblöcke sollten in Glasblocklager aus Beton und Edelstahl eingebracht werden, die durch Luft gekühlt werden. Im Endlager sollen in verschiedenen Kammern leichtaktive Abfälle, mittelaktive Abfälle und hochaktive (verglaste) Abfälle eingebracht werden.

6. Im Rahmen der Erörterungen um das Integrierte Entsorgungszentrum wurden erstmals Qualitätsprofile von Endlagern formuliert. Während in den USA auch staatliche Behörden das Konzept der kontinuierlichen Überwachung einer abgeschlossenen Lagerkonzeption vorzogen, wurde in der Bundesrepublik Deutschland ein dauerhaftes abschließendes Endlagerkonzept Entscheidungsgrundlage.

Als Qualitätsanforderung wird - auch das ist unter dem Gesichtspunkt der Niedrigdosisbelastungen nicht völlig unproblematisch - das Aktivitätsniveau einer Uranlagerstätte mit 0.2%U-Gehalt definiert. Beläßt man das Plutonium in den Brennstäben (und den Abfällen), so wird diese Grenze erst nach weit über 1 Million Jahren erreicht. Zieht man das Plutonium vollständig heraus (und entsorgt langlebige Jod-Isotope anders und geht davon aus, daß langlebiges Neptunium nur in vernachlässigbaren Mengen auftritt), wird dieser Wert nach 1000 Jahren unterschritten.

Kernpunkt einer Auseinandersetzung zwischen der Ökologiebewegung und der Atomlobby lag immer darin, daß diese idealen Abscheidungsgrade von 0.0001 bis 0.000001 % sind technisch nicht realisierbar, akzeptiert werden von der Internationalen Kontrollbehörde 1%; die Franzosen wollten diesen Wert sogar auf 2% anheben, um etwaige Stillstände

ziviler Anlagen zu vermeiden. In der Problematik der bislang in Europa nicht erreichten hohen Abscheidequoten liegt vermutlich auch einer der Hintergründe des Transnuklear-Skandals, weil in der Hauptsache nicht die Firmen, von denen TN Aufträge wollte, bestochen wurden, sondern andere, die ihnen das Material in Belgien aufarbeiten sollten.

Selbst wenn immer nur 1% im Abfall verbleibt, können lediglich zwischen 6 und 7 Halbwertszeiten gegenüber der Pu-Endlagerung eingespart werden, die Definitionsgrenze wird dann um 160 000 Jahre früher erreicht, also zwischen 380 000 Jahren und 840 000 Jahren; selbst der kleinere Wert umfaßt Entwicklungen, die der Zeit vom Neandertaler bis zu uns entsprechen.

Das zentrale Argument für die WAA-Konzeption der Endlagerung (die ja die Abfälle vermehrt) ist die Reduktion der Lagerzeit, die als gefährlich angesehen wird, auf 1000 Jahre.

Dieses Argument kann anhand der gesetzlichen Rahmenbedingungen und der technischen Realisierungen m.E. nach nicht gehalten werden, es müssen wesentlich längere Zeiten in Rechnung gestellt werden. International wurde - da dort diese Festlegung nicht stattfand - immer stärker direkte Endlagerung zur Vermeidung von Komplikationen diskutiert.

7. 1979 wurde von den AK's Kerntechnik von IG Metall und ÖTV in die "offizielle" bundesdeutsche Diskussion der Vorschlag der rückholbaren Endlagerung eingebracht. Hintergrund war ein Strategiewechsel der USA, die nur noch die (längere) Zwischenlagerung und die rückholbare Endlagerung der Brennelemente in geologischen Formationen vorsah. Bei der Analyse der Teilprojekte des Entsorgungszentrums (NEZ) sahen die Gewerkschaften so die Möglichkeit, den Großteil der Arbeitsplätze zu sichern und zumindest eine Forschungspause sicherzustellen. Die Abwicklung der Teilprojekte

erfolgte nach einer Vereinbarung zwischen Stromunternehmen und Atomindustrie sowie der Bundesregierung so:

- | | |
|---|---------------------|
| - TP 1 Brennelementzwischenlager | DWK (EVU) |
| - TP 2 WAA | DWK (EVU) |
| - TP 3 Uranverarbeitung | RBU |
| - TP 4 Plutoniumverarbeitung | ALKEM |
| - TP 5 Abfallendbehandlung, Zwischenlager | DWK (EVU) |
| - TP 6 Endlager | Bundesregierung |
| - TP 7 Infrastruktur | DWK/Bundesregierung |

Erstmals bezweifelten die Gewerkschaften, daß es tatsächlich möglich sei, zum ersten Müllmengenverringerung zu erreichen, zum zweiten eine sicherere Lagerung als in den Brennstäben für das Pu zu finden und zum dritten, daß die MOX-Elementproduktion mit Kostendeckungsgraden über 5% arbeiten könnten. Das Gewerkschaftskonzept (und das wird mit Ausnahme der IG Chemie, die die WAA als großes Forschungsprojekt - nichtindustriell - will, getragen), sah eine Reduktion der Endlagerpläne vor.

8. Der Abschied vom Integrierten Entsorgungszentrum erfolgte jedoch nicht aus Anpassung an die internationale Lage - denn in Sachen Entsorgung wollte die Bundesrepublik Deutschland ja Weltspitze werden und bleiben -, sondern wegen politischen Drucks und Sicherheitsauflagen.

Nach dem Gorleben-Hearing führte 1980 W.Schüller von der Gesellschaft für Wiederaufarbeitung aus, daß

- um die politisch geforderte, niedrige Belastung der Bevölkerung im Normalbetrieb zu erreichen, eine Anlagentrennung sinnvoll sein könne
- das Risiko der großen Lager, die 95% des radioaktiven Abfalls umfassen, die Wahrscheinlichkeit und Gefährlichkeit großer Störfälle erhöht, und deshalb das Inventar möglichst zu verringern sei
- die Lager inhärent sicher (d.h. auch ohne Kühlung funktionierend) auszulegen seien, was wiederum deren Größe hochgesetzt.

Infolgedessen wurden seitdem von der DWK nur noch (in Hessen und Bayern) nichtintegrierte Entsorgungsanlagen mit einem Viertel der ursprünglich beabsichtigten Kapazität beantragt.

9. In dieser Situation kommt der Schacht KONRAD ins Spiel. Er ist völlig untypisch für das bundesdeutsche Entsorgungskonzept und paßt keinesfalls in eine "Integrierte Lösung". Er wurde aber zum Rettungsanker für die Abfallmengen.

- Der Schacht KONRAD gehört zwar auch zu den Bergwerken, weist aber eine Tondeckschicht auf. Die internationalen Erfahrungen hiermit sind gering und nach den Untersuchungen Italiens auch eher skeptisch zu bewerten.
- Es handelt sich um ein altes Bergwerk, das nicht speziell für diesen Zweck errichtet wurde und trotz relativ hoher Trockenheit größere Einbruchgefährden aufweist, gerade in der tektonischen Umgebung.

Eigentlich als Zusatzlager für "Medizinabfälle" und ausgerangierte Röntgenapparate angepeilt, wurde es jetzt umgewidmet und von der PTB auf die Wärmeausstrahlung der Abfälle statt auf die Aktivität abgestellt. Da man sich hier auf wenige und unvollständige internationale Untersuchungen bezieht, sei wenigstens darauf hingewiesen, daß allein die Klassifikation "international" schon Unterschiede bis zum Faktor 2 aufweist.

Das Planfeststellungsverfahren wurde 1982 beantragt, um schwach radioaktive Abfälle und die großvolumigen, aber nicht hochstrahlenden, Mengen beim Abbruch von Kernreaktoren aufzunehmen. Auch hierbei handelt es sich um einen Definitionsversuch, der außerhalb der Bundesrepublik Deutschland nur in Ansätzen vorhanden ist und zunehmend aufgegeben wird: nämlich den Versuch, den Abbruchsabfall zu klassifizieren, um Abbrüche möglichst kostengünstig vorzunehmen. Der Abfall der Klasse 0 soll als Schotter für Autobahnen u.ä. Verwendung finden, der der

Klasse 1 nach Schacht KONRAD und der der Klasse 2 heute auch (früher nach Gorleben). In fast allen Ländern der Welt wird die Strategie des Stehenlassens der AKW's sowie des Abwartens betrieben, zusätzlich finden sie Verwendung durch kleinere Umbauten als größere Zwischenlager.

Aber um bei der Entsorgung Spitze zu sein, vermutete die Bundesregierung früher einen steil zunehmenden Trend im Reaktorbau in aller Welt und wollte verkaufsfördernd sowohl Reaktoren wie bergmännisches und technisches Know-How zum Abriß anbieten. Bei den - noch heute gültigen - UNO-Planungen für 15 000 AKW's bis zum Jahr 2030 in gewisser Weise sinnvoll, ist das gesamte Konzept dennoch überholt und sinnlos angesichts der Realität.

10. Die offiziellen internationalen Stellen unterscheiden seit 1980 folgende Entsorgungskonzepte:

- mit Wiederaufarbeitung
- mit aufgeschobener Entscheidung über Wiederaufarbeitung
- mit Abgabe der Brennelemente ans Ausland
- ohne Wiederaufarbeitung (z.B. direkte Endlagerung)

Als Abklinglager werden Naßlager und Kompaktlager (mit knapp 3-facher Packungsdichte) empfohlen. Trockenlagertechniken sind erprobt worden in den USA (Beton, Luftkühlung, Silo), in Kanada (Silo), in Frankreich (Luftkühlung für verglasten Abfall) und in der Bundesrepublik (Transportbehälter, das Verfahren wird jetzt in Gorleben praktiziert). Insgesamt gelten die Trockenlager als billiger und für den Kühlmittelverlust und die Kritikalität auch als sicherer; über die Probleme der Langzeitkapselung liegen noch keine Erfahrungen vor. Insbesondere Länder mit kleineren Atomprogrammen sollen (auch wegen der Proliferation) gehalten werden, Auftragswiederaufarbeitung durchführen zu lassen und Auftragsendlagerung vorzusehen, also im eigenen Land auf diese Projekte zu

verzichten. Der weltweite Mülltourismus der Atomabfälle steckt erst in den Kinderschuhen und wird sprunghaft zunehmen. Eine Schätztabelle der Atomwirtschaft von 1980 zeigt das. Insbesondere wird deutlich, daß selbst bei Inkaufnahme inakzeptabler Endlagerungsrisiken und Ausnutzung aller einigermaßen geeigneten Standorte, selbst bei einem geringeren Ausbau der Atomenergie als angenommen, das Müllproblem definitiv unlösbar ist. Die Vorhaben der AKW-Befürworter sind meiner Auffassung nach schon deshalb nicht zu verantworten.

Persönliche Angaben zu den Mitgliedern des
Wissenschaftlichen Beirates:

Dr. Erika Hickel

ist Professorin für Geschichte der Pharmazie und der
Naturwissenschaften an der Technischen Universität
Braunschweig.

Dr. Jens Scheer

arbeitet als Professor für Physik an der Universität
Bremen in den Forschungsbereichen Umweltanalytik und
Fundierung der Quantentheorie.

Dr. Gottfried Galling

ist Professor an der Technischen Universität Braun-
schweig und Leiter des Botanischen Institutes. Schwer-
punkte: Zellbiologie und Molekularbiologie der Pflanzen.

Dr. Detlef Appel

ist Geologe beim Geowissenschaftlichen Büro Pango in
Berlin.

Andreas Gleim

arbeitet als Jurist für die Stadt Hamburg.

Dr. Helmut Burdorf

ist als promovierter Chemiker Leiter des Umweltamtes
der Stadt Marburg.

Matthias Kollatz

arbeitet als Diplom-Ingenieur in einem Sonderforschungs-
bereich an der Technischen Universität Berlin.

Anschriften der Arbeitsgemeinschaft SCHACHT KONRAD:

Bleckenstedter Str. 24
3320 Salzgitter-Bleckenstedt
Tel.: 05341 / 6 74 92

Bürozeiten: Mo - Fr 16-18 Uhr + Di 11-13 Uhr

Büro Braunschweig (für Presse-Kontakte):

Telefon: 0531 / 89 16 32 + Telefax: 0531 / 89 56 10