

Peter WEISH

## ATOMFRAGEN AUS HUMANÖKOLOGISCHER SICHT<sup>1</sup>

### Ionisierende Strahlung und biologische Langzeitfolgen

In den Jahren der Arbeit am Institut für Strahlenschutz wuchs meine Sorge über biologische Langzeitfolgen der Atomenergie. Die zunehmende radioaktive Verseuchung der Biosphäre, als Folge radioaktiver Emissionen aus dem Routinebetrieb kerntechnischer Anlagen sowie nach Unfällen verursacht eine wachsende Strahlenbelastung des Menschen. Dem Biologen bereitet damals wie auch heute der Umstand Sorge, daß es einerseits für die Auslösung von Strahlenspätchäden keine unschädliche Dosis gibt.<sup>2</sup>

Während Krebs oder Leukämie (somatische Strahlenschäden) mit dem Individuum absterben, akkumulieren erbliche Defekte in der menschlichen Population. Insbesondere im Zivilisationsmilieu kommt es zu einer Zunahme der genetischen Bürde.<sup>3</sup>

Es existieren zahlreiche strahlengenetische Untersuchungen an Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren. Wegen der biochemischen und molekularbiologischen Ähnlichkeit der Organismen sind einerseits viele allgemeine strahlengenetische Gesetzmäßigkeiten bekannt, andererseits ist aber eine quantitative Abschätzung der mutationsauslösenden Wirkung von Strahlung auf den Menschen unter anderen aus folgenden Gründen schwer bis unmöglich:

- Auffallende dominante<sup>4</sup> Erbkrankheiten sind relativ selten. Sie stellen nur die "Spitze eines Eisbergs" dar.
- Weitaus häufiger sind rezessive Mutationen, die vom gesunden entsprechenden Gen des anderen Elternteils überdeckt werden. Rezessive Mutationen treten dann in Erscheinung, wenn die defekten Gene von beiden Eltern an einen Nachkommen vererbt wurden.<sup>5</sup> Rezessive Mutationen lassen sich in Kreuzungsexperimenten an Organismen mit kurzer Generationsdauer nachweisen. Beim Menschen ist ihr Nachweis nur ausnahmsweise möglich.
- Daher bleiben die meisten Erbschäden viele Generationen lang unerkannt, bis sie einmal homozygot auftreten.
- Die lange Generationsdauer des Menschen erschwert Beobachtungen.
- Da die meisten Krankheiten genetische Komponenten haben, wird eine erhöhte Mutationsrate beim Menschen nicht nur die Zunahme einiger seltenen Erbkrankheiten verursachen, sondern einen Anstieg sehr vieler "normaler" Krankheiten.
- Während ein von Strahlung induzierter Krebsfall nur einen einzelnen Menschen betrifft - so tragisch dies auch sein mag, kann eine einzige strahleninduzierte Mutation für viele, in künftigen Generationen lebende Menschen unheilbare Krankheit oder Behinderung bedeuten.

- In einer wachsenden Population entfalten langfristig gerade wenig einschneidende Erbdefekte, die die Fortpflanzungswahrscheinlichkeit nicht verringern, eine insgesamt größere negative Wirkung, da sie nicht ausgeschieden werden, wie genetische Letalfaktoren.

Aus diesen Gründen haben Genetiker schon vor geraumer Zeit vor einer zunehmenden Strahlenbelastung des Menschen gewarnt.<sup>6</sup>

Leider sind die Zusammenhänge zwischen Niedrigstrahlung und Gesundheitsschäden nicht leicht zu verstehen und im Einzelfall nicht nachzuweisen.<sup>7</sup> Das kommt der häufig geübten Verharmlosung entgegen. Die natürliche Strahlung ist außerdem kein tauglicher Maßstab und ihre regionalen Unterschiede keine Rechtfertigung zusätzlicher Strahlenbelastung aus der Atomindustrie<sup>8</sup>

Kernenergie steht zur Umwelthygiene, die krankmachende Faktoren auszuschalten trachtet, in einem fundamentalen Widerspruch.

## Technische Probleme

### Technik nach dem Maße des Menschen<sup>9</sup>

Technik nach dem Maße des Menschen muß seiner Fehlbarkeit Rechnung tragen, d.h. sie muß auf Fehler bei Konstruktion, Bau oder Bedienung eines Geräts oder einer Anlage gutartig reagieren (Fehlertoleranz).

Im Bereich der Kerntechnik sind wiederholt als Folge unerkannter technischer Mängel oder unvorhersehbarer Bedienungsfehler schwere Pannen mit z.T. weitreichenden Folgen für Mensch und Umwelt aufgetreten.

Die (bekannten) möglichen Ursachen großer Reaktorunfälle können zwar weitgehend, jedoch nicht völlig ausgeschaltet werden. Den meisten bisherigen Unfällen sind unvorhergesehene Ursachen zugrundegelegen. Sichere Reaktoren sind genausowenig möglich wie unfehlbare Menschen.

Wie die Psychobiologie zeigt, neigt der Mensch in Schrecksituationen infolge Ausschüttung der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin zu Denkblockaden. Diese Hormone konditionieren den Menschen zwar für körperliche Höchstleistungen wie Angriff, Verteidigung oder Flucht, beeinträchtigen aber das logische, nüchterne Denken.<sup>10</sup> Es sind dann Fehlleistungen zu erwarten, die bei normalem Gemütszustand unvorstellbar sind.

Seit geraumer Zeit wird - in Erkenntnis dieser entscheidenden Schwachstelle - im Bereich der Reaktortechnik der Weg einer Automatisierung beschritten, um die Sensitivität gegenüber Bedienungsfehlern zu verringern. Das bedeutet jedoch keineswegs, daß die Lösung darin besteht, menschliche Operatoren durch Roboter zu ersetzen. Computersysteme können versagen oder Programmierfehler aufweisen und außerdem kann in Hinblick auf unvorhergesehene Situationen im Systemverhalten auf menschliches Urteilsvermögen nicht verzichtet werden.

## Überschaubarkeit

Entscheidende Voraussetzung für die verantwortungsvolle Anwendung und Beherrschung einer Technik ist ihre Überschaubarkeit und die Möglichkeit, ihre Folgen abschätzen zu können. Verantwortungsethik (siehe unten) wird dadurch überhaupt erst möglich.

## Flexibilität

Technik, als Werkzeug menschlicher Zweckhandlungen darf nicht zum Selbstzweck entarten und Zwang auf menschliches Handeln ausüben. Anpassungsfähigkeit an geänderte Ziele und Lebensumstände ist daher ein wichtiges Merkmal verantwortbarer Technik. Die Wirkungen sollten möglichst reversibel sein, der Wandelbarkeit gesellschaftlicher Wertvorstellungen und Ziele angepaßt und nicht unwiderruflich in ferne Zukunft reichen. Künftige Generationen sollen nicht in ihren Entfaltungsmöglichkeiten behindert werden.

## Möglichkeiten des Mißbrauchs

Zur Beurteilung einer Technik reicht es nicht aus, nur anzunehmen, sie würde stets nach besten Kräften zum allgemeinen Wohl angewendet. Auch die Folgen ihres verbrecherischen Mißbrauchs sind entscheidend zur Beurteilung.

## Umwelt- und Sozialverträglichkeit

Im Umweltschutz wurden einige allgemeine Prinzipien aufgestellt. Die wichtigsten davon sind:

Das **Sicherheitsprinzip**, das verlangt, im Zweifel über mögliche negative Umweltauswirkungen deren obere Grenze anzunehmen. Analog zum Grundsatz "in dubio pro reo" (im Zweifel für den Angeklagten) der Rechtssprechung, soll der Grundsatz "in dubio pro securitate" (im Zweifel für die Sicherheit) gelten.

Das **Vorsorgeprinzip** baut auf dem Sicherheitsprinzip auf und bezweckt, das Auftreten irreparabler Gesundheits- und Ökosystemschäden von vorneherein auszuschließen, indem riskante Unternehmungen nicht zugelassen werden.

Das **Verursacherprinzip** sieht vor, jeden Verursacher von Gesundheits- und Ökosystemschäden konsequent und im allgemeinsten Sinn zur Verantwortung zu ziehen. Um es wirksam zu machen, ist Beweiserleichterung zu fordern, etwa der epidemiologische und statistische Nachweis, wie er bereits in der japanischen Umwelt-Rechtssprechung verankert ist.

Wendet man die genannten Bewertungskriterien auf die Kernenergie an, so zeigt sich in aller Deutlichkeit, daß diese Technik nicht dem Maße des Menschen entspricht. Sie ist nicht tolerant gegenüber Fehlern, sie ist zu kompliziert um überschaubar zu sein, sie ist unflexibel und belastet die Nachwelt und ihr Mißbrauch hätte beispiellose Folgen. Das Verursacherprinzip ist angesichts der zeitlich und räumlich weitreichenden Folgen nicht anwendbar, was bedeutet, daß das Vorsorgeprinzip in Kraft treten muß.

## Gesellschaftliche Probleme der Kerntechnik

Ohne die Notwendigkeit und die Verdienste des Strahlenschutzes in Abrede zu stellen, sind doch einige kritische Bemerkungen angebracht.

Der institutionalisierte Strahlenschutz<sup>11</sup> ist nicht frei von Eigeninteressen. In dankenswerter Offenheit hat dies der langjährige Präsident der amerikanischen Health Physics Society, D.W. Moeller zum Ausdruck gebracht, als er die Mitglieder seiner Gesellschaft zur aktiven Unterstützung der Atomindustrie aufrief und seinen Appell mit dem Sprichwort schloß: "let us put our mouth where our money is."<sup>12</sup>

Bei der Festsetzung von Dosisgrenzwerten handelt es sich nur z.T. um eine wissenschaftliche Frage. Es spielen dabei erhebliche wirtschaftliche, gesellschaftspolitische und ethische Komponenten eine Rolle, Grund genug, dieses Feld nicht den Experten allein zu überlassen.

Etablierte internationale Gremien wie die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) oder UNSCEAR, eine Kommission der UNO, deren Empfehlungen weithin als Grundlagen politischer Entscheidungen herangezogen werden, sind keineswegs so unparteiisch, wie gemeinhin angenommen wird. Das ist auch nicht weiter verwunderlich, da Personen von der Gesinnung des oben genannten Dr. Moeller in solchen Kommissionen mitwirken. Bereits in einer frühen Empfehlung der ICRP<sup>13</sup> kommt zum Ausdruck, daß die Interessen der Industrie keineswegs als nachrangig gegenüber dem Schutz der Gesundheit gewertet wurden.

Karl Z. Morgan, selbst langjähriges Mitglied der ICRP hat nach seinem Ausscheiden ausführlich, aber zugleich vornehm-zurückhaltend Kritik an dieser Kommission geübt.<sup>14</sup>

Es erscheint mir sehr wichtig, die rein wissenschaftliche und die gesellschaftspolitische Dimension klar auseinander zu halten. Gerade im Bereich der Strahlenbiologie des Menschen bestehen viele offene Fragen und Unsicherheiten. Die soziale Verantwortung des Wissenschaftlers besteht nach meiner Auffassung darin, im Zweifelsfall parteiisch zugunsten von Leben und Gesundheit zu sein und dies auch klar herauszustellen.

## Atomenergie und Probleme "höherer Ordnung"

Die Kerntechnik ist das Musterbeispiel einer "harten" Technik, die Folgen hervorruft, die ihrerseits entweder stets weitere technische Maßnahmen zu ihrer Bewältigung erfordern, oder die sich überhaupt jeder wissenschaftlich-technischen Lösung entziehen. E. Broda<sup>15</sup> hat diese als Probleme höherer Ordnung bezeichnet. Beispielhaft dafür sind die Konsequenzen einer etablierten Plutoniumwirtschaft für die Gesellschaft. Das Problem besteht darin, zu verhindern, daß spaltbares Material sowie für den Bombenbau erforderliche technische Komponenten und Verfahren in die Hände des organisierten Verbrechens oder extremistischer politischer Gruppen gelangen. Daraus ergeben sich zwei Fragen: Ist dieses Ziel überhaupt erreichbar? Ist ein Gesellschaftssystem, das diese permanente Kontrolle zu leisten versucht - der "Atomstaat"<sup>16</sup> oder Überwachungsstaat mit den demokratischen Grundrechten zu vereinbaren? Ich glaube, beide Fragen sind zu verneinen.

## **Atomenergie und Kriegsgefahr**

Nach dem Abwurf der Atombomben auf Japan im August 1945 waren viele Wissenschaftler, die an der Herstellung der Atombombe mitgewirkt hatten, tief erschüttert. Sie setzten sich in der Folge mit ganzer Kraft dafür ein, die Kernspaltung für friedliche Zwecke, zum "Segen der Menschheit" anwendbar zu machen.

Die untrennbare Beziehung zwischen ziviler und militärischer Kerntechnik stand von Anfang an außer Zweifel. Am "Symposium on Atomic Energy" vom November 1945 dämpfte Oppenheimer, der damals prominenteste Experte auf dem Gebiet der Atomenergie die Begeisterung für eine unendliche Fülle an Kernenergie, die technisch in Reichweite schien, durch den Hinweis, daß der Reaktorbetrieb der Herstellung von Bomben benachbart und daß jeder Reaktor zugleich eine Quelle von Kernbrennstoff sei. Auch bei späteren Gelegenheiten stellte Oppenheimer wiederholt fest, daß die wissenschaftlichen, technischen und industriellen Verfahren, die den sogenannten segensreichen Gebrauch der Kernenergie ermöglichen, offenbar nicht von denen zu trennen sind, die der Herstellung von Atomwaffen dienen. Diese Einsicht wurde allerdings mit enormem Propagandaaufwand unter dem Motto: "Atoms for Peace" in den Hintergrund gedrängt.

Damals, in den Fünfzigerjahren, wurde die Hoffnung verbreitet, eines Tages würde die letzte Atombombe in einem "friedlichen" Reaktor zur Energiegewinnung "verbrannt". Diese Hoffnung hat sich nicht erfüllt. Oppenheimer hat recht behalten. Heute wird vielfach der umgekehrte Weg beschritten und zivile Atomprogramme bieten für Länder, die eine atomare Bewaffnung anstreben, einen unverdächtigen Weg zur Bombe.

Nahtstellen zwischen ziviler und militärischer Atomindustrie sind Anlagen zur Wiederaufarbeitung und Uran-Anreicherung.

Aus der Einsicht, daß die zivile und die militärische Atomindustrie "Siamesische Zwillinge" sind, haben zahlreiche Wissenschaftler ihre zunächst positive Einstellung zur sogenannten "friedlichen Nutzung der Kernenergie" revidiert.

## **Kernenergie und Menschenrechte**

Kerntechnische Aktivitäten beeinträchtigen auch in vielfältiger Weise elementare Menschenrechte.

Uranbergbau wird derzeit in manchen Regionen ohne Rücksicht auf die dort lebenden Menschen betrieben. Das ist z.B. in einigen Reservaten nordamerikanischer Indianer, trotz deren Protesten und in Australien der Fall. Der Lebensraum dieser Naturvölker wird mit den Abfallerzen der Urangewinnung praktisch für immer radioaktiv verseucht, was einem schleichenden Genozid gleichkommt.

Im Zusammenhang mit Tests von Atomwaffen, der Errichtung von Militärstützpunkten oder Projekten zur Atommüll-Versenkung kommt es in der Pazifikregion zu Gewalt, zur Unterdrückung von Menschen, zur Auslöschung von Kulturen. Zahlreiche Bevölkerungsgruppen (etwa die Maoris, Kanakis, die Bewohner Französisch Polynesiens, von Palau, um nur einige zu nennen) haben erkannt, daß ihre Bestrebungen für eine Zukunft ohne atomare Bedrohung ohne die Erlangung der Selbstbestimmung und die Respektierung ihrer Menschenrechte zum Scheitern verurteilt sind. Die Katastrophe von

Tschernobyl hat in Lappland die traditionelle Nutzung freilebender Rentiere unmöglich gemacht und damit wurde das zuvor unabhängige und selbstbewußte Volk der Sami zum abhängigen Subventionsempfänger.

### **Atomenergie und Katastrophenschutz**

Der Betrieb von Kernkraftwerken macht detaillierte Alarm- und Katastrophenpläne für die nähere und weitere Umgebung notwendig. Erforderlich sind Schutzräume, Lebensmittelvorräte und alle Vorkehrungen zu einer kurzfristigen Evakuierung bestimmter Zonen. Dazu kommt eine aufwendige Infrastruktur zur Dekontamination und medizinischen Behandlung. Um das Funktionieren für den Ernstfall sicherzustellen, wäre es unabdingbar, regelmäßig Katastrophenübungen abzuhalten. Daß dies bisher nicht geschehen ist, hat sicher mehrere Gründe. In dicht besiedelten Teilen Europas würde sich die Undurchführbarkeit realitätsnaher Katastrophenübungen herausstellen, Chaos und Panik würde entstehen, mit unabsehbaren Unfallfolgen. Darüberhinaus ist zu vermuten, daß Katastrophenübungen viele Betroffene dazu motivieren könnten, gegen den Betrieb solcher Anlagen einzutreten. Gründe genug, die Gefahren weiter wie bisher zu verdrängen.

Die Katastrophe von Tschernobyl hat die Überforderung des medizinischen Systems klar erwiesen. Kernanlagen bedeuten somit eine neue Qualität an Gefährdung, die eine Parallele nur im Atomkrieg hat. Das geht auch daraus hervor, daß die für den Reaktor-Katastrophenschutz erforderlichen ungeheuren materiellen und organisatorischen Erfordernisse häufig auch damit begründet werden, sie seien ohnehin in Hinblick auf einen möglichen Atomkrieg sinnvoll.

Psychologen haben darauf aufmerksam gemacht, daß eine ständige Bedrohung zur Verdrängung, zu einer "psychischen Empfindungslosigkeit" führt, einer Unfähigkeit, Gefühle zu erleben. Diese "atomare Gelassenheit"<sup>17</sup> ist sicher mit eine Ursache des Mangels an Mitgefühl in unserer Gesellschaft.

### **Energie und Umwelt**

In der Energiediskussion stehen einander im wesentlichen zwei Grundhaltungen gegenüber:

1. Der steigende Energieumsatz wird als unumstößliches Faktum angesehen und alles getan, um ihn möglichst reibungsfrei zu gewährleisten. Natur- und Umweltschutz werden als zweitrangig betrachtet. Die Kernenergie erscheint trotz ihrer Risiken und hohen Kosten als "unverzichtbar".
2. Die zweite Grundhaltung erkennt der Bewahrung der Lebensgrundlagen des Menschen und dem Existenzrecht der übrigen Lebewesen Vorrang gegenüber veränderbaren Wirtschaftsweisen, Konsum- und Lebensgewohnheiten der Gegenwart zu. Aus der Einsicht, daß viele Umweltprobleme sich auf hohen Energieumsatz und Materialverschleiß zurückführen lassen, ergibt sich als erste Zielvorstellung, Maßnahmen zur effizienten Energie- und Rohstoffnutzung mit höchster Priorität anzuwenden. In einer weiteren Phase sind die Konsumgewohnheiten zu revidieren und umweltbelastende Bereiche abzubauen (Stichwort: Ökologische Kreislaufwirtschaft).<sup>18</sup>

Unter dem Eindruck der besorgniserregenden Auswirkungen von Luftschadstoffen, wie Waldsterben, Ozonabbau in der Stratosphäre, Treibhauseffekt und drohende Klimakatastrophe hat man sich weithin ganz allgemein auf das umwelt- und energiepolitische Ziel geeinigt, die Verbrennung fossiler Energieträger so rasch wie möglich signifikant zu verringern.

Aufgrund der erstgenannten Grundhaltung plädiert man für einen forcierten Ausbau der Wasserkraft, für großtechnische Nutzung von Biomasse und gigantische "Energiewälder" sowie neuerdings unter Verweis auf den Treibhauseffekt für ein Comeback der Kernenergie<sup>19</sup>. Diese Vorschläge erscheinen auf den ersten Blick überzeugend, da sie offensichtlich ermöglichen, fossile Energieträger zu substituieren. Wenn man allerdings das Ausmaß möglicher Substitution, die dazu erforderliche Zeit, sowie die damit verbundenen Kosten und Umwelteffekte untersucht, sieht die Sache wenig vorteilhaft aus.

Der erste Schritt umweltverträglicher Energiestrategien besteht darin, Maßnahmen zur Energieeinsparung (Bedarfssenkung) gegenüber zusätzlicher Aufbringung als gleichrangigen Beitrag zur Sicherung der Versorgung zu begreifen. Aus Sicht des Umweltschutzes kommt ihnen sogar Vorrang zu, denn die eingesparte Kilowattstunde ist bekanntlich die sauberste. Auch ökonomische Gründe sprechen zugunsten der Effizienzsteigerung.

Wenn uns damit ernst ist, die Energiedienstleistungen so effizient und umweltverträglich wie möglich zu erbringen, läßt sich der Zielkonflikt zwischen Umweltschutz und Energieversorgung vermeiden, denn wir haben auf Jahrzehnte vielfältige Möglichkeiten, die Energieversorgung mit Verringerung der Verschwendung und Umweltbelastung zu gewährleisten. An dieser Phase der radikalen Bedarfssenkung führt kein Weg vorbei, wenn die Menschheit den Übergang in das Solarzeitalter (verbunden mit einer ökologischen Kreislaufwirtschaft) und damit eine offene Zukunft erreichen will.

## Die ethische Dimension

Wegen der Komplexität der Biosphäre kann das menschliche Handeln, aber auch das Nichthandeln, neben den beabsichtigten auch folgenschwere unbeabsichtigte Auswirkungen haben. Daraus folgt eine wesentlich erweiterte Verantwortung. Angesichts des Zerstörungspotentials mancher moderner technischer Unternehmungen, erweist sich die **Gesinnungsethik**<sup>20</sup> als unzulänglich. Es genügt nicht, eine Handlung nach den ihr zugrundeliegenden Absichten zu bewerten. Die Gesinnungsethik ist von einer **Verantwortungsethik** abzulösen, die sich an den Folgen einer Handlung orientiert.

Verantwortung übernehmen, heißt, für die Folgen seines Handelns persönlich einzutreten. Das bedeutet, daß nur Handlungen verantwortet werden können, deren absehbare Folgen die Lebensdauer des Verursachers (oder Mitverursachers) nicht übersteigen. Das Ausmaß der Folgen darf außerdem die Größenordnung dessen nicht überschreiten, wofür ein Mensch vernünftigerweise eintreten kann. Irreversible Folgen, die Leben und Gesundheit künftig lebender Menschen beeinträchtigen, sind daher nicht zu verantworten.<sup>21</sup>

Aus Verantwortungsethik folgt auch, daß vielschichtige und schwer zu überschauende Unternehmungen nicht auf Grund einzelner Teilaspekte zu rechtfertigen sind (Beispiel: Ja zur Kernenergie, weil Atomkraftwerke kein CO<sub>2</sub> emittieren), sondern nur nach umfassender Bewertung des Gesamtkomplexes in einem weiten Systemzusammenhang und im Ver-

gleich mit Alternativen. Weniger bedeutet ökologische und ethische Unzurechnungsfähigkeit.

## **Gesellschaftliche Kontrolle der Technik**

Diese Kriterien verantwortlichen Handelns sind in gleicher Weise in anderen zivilisatorisch-technischen Bereichen anzuwenden. Die Umweltkrise ist ein dramatischer Beweis dafür, daß viele Formen der gegenwärtigen Wirtschaft und Technik überwunden werden müssen. Die Kernenergie ist ein gutes Beispiel, an Hand dessen Formen der gesellschaftlichen Kontrolle der Technik entwickelt und umgesetzt werden können.

## **Anmerkungen:**

---

<sup>1</sup> Referat anlässlich der Anti Atom Fortbildungsveranstaltung am 20. 11. 1999

<sup>2</sup> Die Wirkung ionisierender Strahlung auf lebende Zellen ist am ehesten einem Hagel winziger Geschosse vergleichbar, die dort, wo sie auftreffen, Biomoleküle oder Zellstrukturen verändern. Das Verständnis strahlenbiologischer Vorgänge wurde dementsprechend wesentlich durch Einführung des sogenannten Trefferprinzips gefördert, das die diskontinuierliche Natur der Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit der Materie widerspiegelt. Das Ausmaß des Strahlenschadens in einer Zelle hängt entscheidend von der absorbierten Dosis (der Zahl der Treffer) und darüberhinaus davon ab, welche Strukturen oder Biomoleküle verändert wurden (Ort der Treffer). Daneben gibt es auch indirekte Strahlenschäden, die von strahlenchemisch gebildeten Zellgiften wie Wasserstoffperoxid oder Radikalen verursacht werden. Die Bestrahlung des ganzen Körpers mit Dosen von einigen hundert rem (bzw. einigen Sievert, der neuen Einheit der Äquivalenzdosis) schädigt empfindliche Organsysteme wie etwa das Darmepithel oder das rote Knochenmark durch Störung der Teilungsfähigkeit oder Abtöten von Zellen so stark, daß infolge des Ausfalls von Zellen nach Tagen bis Wochen der Tod eintritt. Die Energiemenge, die dabei wirksam wird, ist vergleichsweise gering. Eine tödliche Strahlendosis überträgt auf den Körper weniger Energie, als etwa eine Tasse Tee ( $1 \text{ rad} = 2,388 \cdot 10^{-6} \text{ cal/g}$ ). Eine tödliche Dosis von 1000 rad bei einem Menschen mit 70 kg Körpergewicht ergibt daher eine übertragene Energie von  $1000 \times 70 \text{ 000} \times 2,388 \times 10^{-6} = 167 \text{ cal}$ . Das bedeutet eine Erwärmung des Körpers um  $0,0024 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Hohe Dosen rufen die akute Strahlenkrankheit mit typischen Symptomen hervor, die unterhalb bestimmter Schwellenwerte der Dosis nicht in Erscheinung treten.

Folgeschwer kann sich die Schädigung des Erbmaterials einer Zelle auswirken. Die Desoxyribonukleinsäure (DNS) des Zellkerns, deren arttypische Struktur die Erbinformation beinhaltet, kann schon durch eine einzige Ionisation chemisch verändert werden. Dies kann sich dann bei der, jeder Zellteilung vorangehenden DNS-Biosynthese, wobei die Struktur des vorhandenen Moleküls als Matrize für das neu aufzubauende dient, als "Druckfehler" in der Erbinformation manifestieren. Wird der Organismus niedrigen Dosen ionisierender Strahlung ausgesetzt, so sind keine Symptome der akuten Strahlenkrankheit zu beobachten. Es werden nur sehr wenige Zellen abgetötet, was für den Körper praktisch ohne Bedeutung ist. Es können jedoch strahlengeschädigte Zellen überleben, die bei ihrer Teilung einen Defekt weitervererben und auf diese Weise "biologisch verstärken." Die Wirkung selbst tritt erst nach vielen Zellgenerationen in Form von Mißbildungen, Krebs, Leukämie oder Erbkrankheiten in Erscheinung. Man spricht deshalb von Strahlenspätchäden. Der zeitliche Abstand zwischen Strahlenereignis und sichtbarem Schaden (die Latenzzeit) beträgt bei verschiedenen Krebsformen bis zu vielen Jahren, bei Erbschäden sogar bis zu vielen Generationen.



<sup>3</sup> Geht ein Organismus aus mutierten Keimzellen hervor, so trägt er den Erbschaden in allen Zellen seines Körpers und gibt ihn auch an seine Nachkommen weiter. Durch Behandlung können die Symptome von Erbkrankheiten zwar in vielen Fällen gelindert oder unterdrückt werden, eine Heilung ist aber mit Sicherheit auszuschließen.

Die strahlenbiologische Forschung hat Mechanismen entdeckt, die Defekte in der DNS reparieren können. Unter Hinweis auf diese Reparaturmechanismen wird gelegentlich die Behauptung aufgestellt, Niedrigstrahlung sei für den Menschen genetisch unbedenklich. Diese These ist aus mehreren Gründen unhaltbar:

Die Reparaturmechanismen arbeiten nicht mit hundertprozentigem Wirkungsgrad. Von Genschäden bleibt jedenfalls ein nicht reparierter Anteil bestehen. Das haben nicht nur Experimente ergeben, sondern das geht allein schon aus der Existenz der spontanen Mutationsrate hervor und aus dem Vorhandensein von Erbkrankheiten.

In vielfältigen strahlengenetischen Experimenten wurde nachgewiesen, daß die Zahl der (nicht reparierten) Mutationen der Strahlendosis ohne Schwellenwert proportional ist. Selbst die Reparatur der DNS muß nicht fehlerlos sein. Einer der bekannten Reparaturmechanismen, der DNS-Strangbrüche zusammenflickt, wird deshalb auch als "error prone" bezeichnet. Reparatur bewirkt daher in manchen Fällen, daß Zellen, die wegen eines DNS-Schadens aus der Keimbahn ausgeschieden wären, überlebens- und teilungsfähig werden und leistet daher auf diese Weise sogar einen Beitrag zur Erhöhung der Mutationsrate.

<sup>4</sup> als **dominant** werden Erbanlagen bezeichnet, die auch dann in Erscheinung treten, wenn sie nur von einem Elternteil vererbt wurden. Sie überdecken die Erbanlage des anderen Elternteils, die man dann **rezessiv** nennt.

<sup>5</sup> Die medizinische Forschung hat die genetische Natur vieler Stoffwechselkrankheiten aufgeklärt. Ein gutes Beispiel ist die Sichelzellenanämie, die erste Erbkrankheit, deren biochemische Ursache genau erforscht wurde. In der Beta-Polypeptidkette des Hämoglobin A, die aus einer Abfolge von 146 Aminosäuren besteht, ist in Position 6 statt Glutaminsäure Valin vorhanden. Ein minimaler "Druckfehler" in der Erbinformation, ein einziger "falscher Buchstabe", ist somit Ursache einer schweren, unheilbaren Krankheit, wenn beide Eltern den gleichen Gen-Defekt an einen Nachkommen vererben.

<sup>6</sup> "Genetiker werden oft gefragt, welche Strahlendosis toleriert werden könnte. Die Antworten sind unterschiedlich und werden meist nur widerstrebend gegeben, denn es gibt auf diese Frage keine Antwort. Abgesehen von der Tatsache, daß das heute vorliegende Versuchsmaterial zwar eindeutig Erzeugung schädlicher Mutationen durch Strahlung beweist, aber für quantitative Aussagen den Menschen betreffend noch recht unvollkommen ist, müßte für eine solche Antwort festgelegt sein, Ob wir eine Verdopplung, Verzehnfachung oder Verhundertfachung der heute durch Spontanmutationen bedingten Fehlgeburten, Mißbildungen und Erbkrankheiten für "tragbar" halten. Entscheidend in unserer Verantwortung für spätere Generationen ist die Tatsache, daß erst nach genügender Verbreitung der rezessiven Defekte durch weitere Fortpflanzung der heutigen Menschheit die Katastrophe über unsere Enkel und Urenkel hereinbrechen kann, auch wenn wir heute den Eindruck einer normalen Situation haben." (C.BRESCH: Klassische und Molekulare Genetik. Springer 1970)

<sup>7</sup> Die Besonderheit der Strahlenwirkung: Aufgrund von Experimenten und theoretischen Überlegungen sowie der Auswertung medizinischer Statistiken über die Wirkung von Niedrigstrahlung ist nach dem Stand der Wissenschaft kein Dosis-Schwellenwert ionisierender Strahlung in Hinblick auf somatische Spätschäden (Krebs, Leukämie), Mißbildungen und genetische Effekte anzunehmen. Es gibt keine unschädliche Dosis.

Dieser Sachverhalt ist dem normalen Menschenverstand schwer zugänglich, der dem bewährten Grundsatz des Parazelsus verhaftet ist: "Nur die Dosis macht das Gift". Dieser Grundsatz, der bei den meisten Giften zutrifft, verliert bei energiereicher Strahlung (und zwar im niedrigen Dosisbereich) seine Gültigkeit. Der Vorgang, der eine normale Zelle in eine potentielle Krebszelle bzw. in die Vorstufe einer mutierten Keimzelle verwandelt, kann als "Eintreffer-Ereignis" aufgefaßt werden. Die Frage: "Welche Dosis ist ungefährlich?" ist ebensowenig sinnvoll wie: "Welche Intensität von Beschuß mit Gewehrkegeln ist ungefährlich?" Das Auftreten von Treffern ist in beiden Fällen eine Frage der Statistik. Bei Niedrigstrahlung ist die Strahlung nicht schwächer, sondern der "Hagel winziger Geschosse" ist nur weniger dicht. Die Treffer ereignen sich zwar seltener, die Trefferwahrscheinlichkeit pro Geschosß ist jedoch unverändert. Das versteht man unter linearer Dosis-Wirkungs-Beziehung. Verdünnung von Radioaktivität und Verteilung der resultierenden Strahlenbelastung auf eine größere Zahl von Individuen - etwa durch hohe Abluftkamine kerntechnischer Anlagen - verringert zwar das individuelle Risiko eines Strahlenspätchadens mit Krankheits- oder Todesfolge, die Risikogruppe wird jedoch größer und die Gesamtzahl der Gesundheitsschäden bleibt gleich.

<sup>8</sup> In der Auseinandersetzung um die Kernenergie wird häufig auf die Tatsache verwiesen, daß die Menschheit seit jeher einer regional unterschiedlichen Strahlenbelastung aus natürlichen Quellen ausgesetzt war. Diese natürliche Strahlung habe offensichtlich nicht geschadet und sei daher ein brauchbarer Maßstab für eine akzeptable zusätzliche Strahlenbelastung aus der Kernindustrie. Dem ist entgegen zu halten, daß eine Vielzahl eingehender Untersuchungen eine Beziehung zwischen hoher natürlicher Strahlenbelastung und vermehrtem Auftreten verschiedener Gesundheitsschäden aufgezeigt hat. Natürliche Strahlung ist demnach nicht unschädlich, ihr ist ein Teil der "spontan" auftretenden Krebs- und Leukämiefälle sowie Erbkrankheiten zuzuschreiben. Sie ist aber auch insoferne kein tauglicher Maßstab zur Rechtfertigung zusätzlicher Belastung, als wir für ihre Folgen keine Verantwortung tragen. Aus dem Vorhandensein von Gefahren kann nicht die Rechtfertigung ihrer Vermehrung abgeleitet werden

<sup>9</sup> Diese Kriterien sind in in ähnlicher Weise auch für andere Bereiche der Technik, etwa der chemischen Großindustrie anzuwenden. Es wäre aber falsch, die Kernindustrie mit den Gefahren der chemischen Industrie zu rechtfertigen, oder umgekehrt; vielmehr ist eine kritische Bewertung auf alle Bereiche der Technik auszudehnen.

<sup>10</sup> Siehe z.B. bei F. VESTER (1975): Denken, Lernen, Vergessen.- dva, S.99.

<sup>11</sup> Die Strahlenanwendung in der Medizin (und der dazugehörige Bereich des Strahlenschutzes) ist völlig anders zu bewerten als die Strahlenbelastung aus der Atomindustrie. Während die Nichtanwendung radiologischer Methoden in der Medizin ein Gesundheitsrisiko darstellt - und wenigstens im Prinzip eine Nutzen-Risiko-Abschätzung möglich ist - ist das Nichtbetreiben von Atomkraftwerken gesundheitlich völlig unbedenklich.

<sup>12</sup> MOELLER, D.W., The President's Message; in: Health Physics Nr 21 (1) 1971

<sup>13</sup> ICRP Publ 9 (1966),p.15: "Because of the need for guidance in this regard, the Commission in its 1958 Recommendations suggested a provisional limit of 5 rems per generation for the genetic dose to the whole population, from all sources additional to natural background radiation and to medical exposures. The Commission believes that this level provides a reasonable latitude for the expansion of atomic energy programs in the foreseeable future. It should be emphasized that the limit may not in fact represent a proper balance between possible harm and probable benefit, because of the uncertainty in assessing the risks and the benefits that would justify the exposure."

<sup>14</sup>Siehe K.Z. MORGAN: ICRP Risk estimates - An alternative view. -Radiation and Health. Wiley 1987, p. 125-154.

<sup>15</sup>BRODA, E. (1975): Eine Welt aus Plutonium? Naturw. Rdsch. 28, 233-239.

<sup>16</sup>Siehe Robert JUNGK: Der Atomstaat - Vom Fortschritt in die Unmenschlichkeit. Kindler 1977

<sup>17</sup>KEUPP, H. (1986): Das Ende der "atomaren Gelassenheit"? - Psychische Kosten der Bewältigung des Nicht-Bewältigbaren. In: J. Thompson, Nukleare Bedrohung - Psychologische Dimensionen atomarer Katastrophen. Psychologie Verl. München.

<sup>18</sup>Dies gilt in erster Linie für die reichen Länder. Der Nachholbedarf in armen Ländern ist kein Argument für eine weitere Steigerung der Inanspruchnahme von Ressourcen von seiten der Industrieländer. Diesen kommt vielmehr eine Rolle als Vorbild zu.

<sup>19</sup>Auch die Kernfusion propagiert man neuerdings als Strategie gegen den Treibhauseffekt. Die technologischen Probleme sind allerdings so enorm, daß seriöse Wissenschaftler keine Chancen sehen, innerhalb der nächsten 30 oder 40 Jahre brauchbare Fusionsreaktoren zu entwickeln, ja es erscheint fraglich, ob man jemals über Werkstoffe verfügen wird, die den ungeheuren Materialanforderungen in diesen Anlagen gewachsen sind.

Aus ökologischer Sicht ist das allerdings nicht weiter bedauerlich, denn eine reichlich verfügbare Energiequelle - selbst wenn sie "sauber" wäre - würde Energie- und Materialverschwendung begünstigen und auf diese indirekte Weise irreversible Schäden in der Biosphäre anrichten. Fusionsforschung eröffnet daher keine Auswege aus dem Energieproblem und die enormen finanziellen Mitteln (für das Forschungsprojekt ITER werden rund 70 Milliarden Dollar veranschlagt) sollten anderen Bereichen - etwa der Entwicklung von Solartechnik - zugute kommen.

<sup>20</sup>Sie wird auch als Ethik der Motive des Handelns bezeichnet. Eine Handlung ist demnach gut, wenn sie gut gemeint war.

<sup>21</sup>Die Strahlenspätchäden werden auch als "stochastische Effekte" bezeichnet, weil sich ihr vermehrtes Auftreten nach Bestrahlung mit Gesetzen der Statistik beschreiben läßt. Eine ursächliche Zuordnung im Einzelfall ist nicht möglich. Dieser, in der Natur der Sache liegende Umstand erleichtert es den Verursachern zusätzlicher Strahlenbelastung - und der damit unvermeidlich mitverursachten strahlenbedingten anonymen Kranken und Toten - der Verantwortung auszuweichen. Gerade in dieser Problematik wird deutlich, was Verantwortungsethik bedeutet. Sie erfordert eine sachliche und konsequente Auseinandersetzung mit nicht leicht zu durchschauenden molekularbiologischen, genetischen und strahlenmedizinischen Erkenntnissen, anstelle eines Festhaltens an gesinnungsethischen Bekenntnissen und einer Bewußtseinsverweigerung gegenüber den Konsequenzen einer befürworteten oder geduldeten lebensschädigenden Technik. Freisetzung von Radioaktivität bewirkt letztlich anonyme Krankheits- und Todesfälle und ist daher als fahrlässige Tötung anzusehen.

## **Biographische Anmerkungen:**

Studium an der Universität Wien: Chemie, Physik, Zoologie.

1966 Promotion zum Dr.phil.

Bis 1970 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Strahlenschutz der (damals) Studiengesellschaft für Atomenergie im Reaktorzentrum Seibersdorf.

1970-1974 Assistent am Institut für Zoologie der Universität für Bodenkultur in Wien.

Seit 1974 in der Wiener Abteilung des Ludwig-Boltzmann Instituts für Umweltwissenschaften und Naturschutz tätig, die in die Kommission für Humanökologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften umgewandelt wurde.

Beschäftigung mit zahlreichen Fragen in den Bereichen Strahlung als Krankheitsfaktor, Energiealternativen, Naturschutz, Umwelterziehung, sowie Entwicklungshilfe.

Seit 1984 Lehrbeauftragter für Humanökologie an der Universität für Bodenkultur in Wien.

1992 Habilitation für das Fach Humanökologie an der Universität Wien.

Mitarbeit in verschiedenen Organisationen und Gremien, wie z.B.:

Österreichischer Naturschutzbund, Forum Österreichischer Wissenschaftler für Umweltschutz, Ökologiekommision der Bundesregierung, Österreichisches Forum für Atomfragen, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, Nationalparkplanung Donauauen, Arbeitskreis Umwelt des Kommissariats der Deutschen Bischöfe (Katholisches Büro Bonn). Anti Atom International, Ökobüro.

## **Auswahl von Veröffentlichungen zum Thema:**

WEISH, P.: Neubearbeitung des Kapitels: Radioökologie. In: Kühnelt, W. Grundriß der Ökologie, 2. Aufl., Jena 1970.

WEISH, P., Gruber, E.: Strahleninduzierte Karzinogenese und Toleranzdosisfiktion. Die Problematik der Radioaktivität in unserer Umwelt. Österr. Ärztezeitung 25/1970, 2481-2489.

WEISH, P., Gruber, E.: Atomenergie und Umweltsituation. Die Radiointoxikation der Biosphäre. Aufsätze und Red. Senckenb. naturf. Ges. 23, 1-72, Kramer Verlag, Frankfurt a. M., 1973.

WEISH, P., Gruber, E.: Radioaktivität als Krankheitsfaktor - Gesellschaftliche Probleme einer expandierenden Kernenergieproduktion, in: Systemanalyse des Gesundheitswesens in Österreich, Institut für höhere Studien und wissenschaftl. Forschung, hektographiert, 1975. 2. Auflage: Montanverlag Wien, 1978. Bd. 1, S. 359-396. In überarbeiteter Form erschienen in: Gesundheit im gesellschaftlichen Konflikt - Vergleichende Analyse von Gesundheitssystemen. Hrsg.: W. Schönböck - Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, S. 157-183, 1980.

- GRUBER, E., WEISH, P.: Maßnahmen zur Lösung des Zielkonflikts zwischen Gesundheitssicherung und Energieplanung. In: Systemanalyse des Gesundheitswesens in Österreich, Inst. f. höhere Studien u. wissenschaftl. Forschung, hektographiert, 1975. 2. Auflage Montanverlag, Wien, 1978, Bd. 2, S. 384-419.
- WEISH, P.: Die Problematik niederer Strahlendosen in Zusammenhang mit dem Ausbau der Kernindustrie. 4. Symp. der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Umweltforschung (SAGUF), Bern, Okt. 1977. Verh. Schw. Naturf. Ges. 265-273, 1977, Wiss. Nachr. 8-9, Sept. 1978.
- WEISH, P., GRUBER, E.: Radioaktivität und Umwelt, Gustav Fischer Verlag 1975
- WEISH, P.: Biological and environmental aspects of nuclear power - the fallacy of benefit/risk evaluations. Paper presented at the Irish Transport and General worker's Union Energy Symposium in Dublin. May 12th - 14th, 1978.
- WEISH, P.: Gibt es eine friedliche Atomindustrie?. In: Ärzte warnen vor dem Atomkrieg - Im Ernstfall hilflos. Beiträge und Materialien zum 2. Medizinischen Kongreß zur Verhinderung eines Atomkriegs. Berlin 1982, S.74-75
- WEISH, P., GRUBER, E.: Radioaktivität und Umwelt, 3. erweiterte Auflage, G. Fischer Verlag Stuttgart 1986.