

Atomstrom und Strahlenrisiko

Band 1

Editorial -

Für eine menschenfreundliche Energiepolitik

Einkalkulierte Menschenopfer -

Die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung

Jede Dosis kann Krebs verursachen -

Wie Strahlenschutzempfehlungen entstehen

Statistische Mogeleyen -

Die Schweiz braucht ein Krebsregister

Krümmel und die Leukämie -

Kinderleukämie im Umkreis eines Atomkraftwerkes

Wer schützt uns vor der IAEO? -

Weltgesundheitsorganisation und Strahlenrisiko

Tschernobyl wütet im Erbgut -

Genetische Defekte nach dem Super-GAU

Schilddrüsenkrebs nach Tschernobyl -

Untersuchung des Instituts für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern

Nutzbringende Strahlung -

Die Nuklearmedizin in der Medizin

Bankrotterklärung der Plutoniumwirtschaft -

Gefahren der Wiederaufbereitung

Trugbilder im Energiebereich -

Kommen die angeblich sicheren Atomreaktoren?

Angekündigte Verseuchung -

Das schwedische Endlager Forsmark

Glossar

Die beiden neuen Anti-Atominitiativen -

MoratoriumPlus und Strom ohne Atom

Für eine menschenfreundliche Energiepolitik

Dr. med. Monika Brodmann, Praesidentin PSR IPPNW, Schweiz

Im Jahr 2000 läuft das Moratorium für den Bau neuer AKW aus. Vor den Abstimmungen über die Ausstiegs- und die Moratoriums-Initiative im Jahre 1990 liess der Bundesrat verlauten, falls das Volk dem Moratorium zustimme, bedeute dies den Ausstieg aus der Atomenergie. Stattdessen setzt der Bundesrat heute auf Leistungserhöhung: Die Betreiber des AKW Mühleberg dürfen mehr aus ihrem Reaktor herausholen – Leibstadt soll die Bewilligung dazu noch dieses Jahr erhalten. Realisiert der Bundesrat seine Leistungserhöhungs-Pläne in allen AKW, ergibt dies eine zusätzliche Leistung, die in etwa einem neuen AKW in der Grössenordnung von Beznau oder Mühleberg entspricht. Derweil eine Leistungserhöhung bekanntermassen das Risiko überproportional steigert und zudem gegen den Geist der von uns gewonnenen Moratoriumsabstimmung verstösst. Hat das Schweizervolk – vier Jahre nach Tschernobyl – diese Initiative nicht hauptsächlich aus Risikoüberlegungen angenommen?

Nun werden noch im April zwei neue Anti-Atominitiativen lanciert. Das mag auf den ersten Blick unnötig erscheinen. Angesichts der gestrandeten Investitionen (zum Beispiel in Leibstadt) denkt wohl niemand ernsthaft, dass im nächsten Jahrhundert in der Schweiz noch ein weiteres Atomkraftwerk gebaut wird. Es geht aber nicht allein darum, neue AKW zu verhindern. Die Vorzeichen sind heute anders als 1990: Wir brauchen für das nächste Jahrtausend dringend einen Innovationsschub. Der kann ausschliesslich darin bestehen, mit den vorhandenen Ressourcen sorgfältig umzugehen, technologische Innovationen im Bereiche erneuerbarer Energien zu fördern und einen sorgsameren Umgang mit unserem Biotop Erde zu pflegen.

Neben den positiven Aspekten der neuen Energie-Initiativen «Moratorium Plus» und «Strom ohne Atom» (Initiativtext) bleibt aber das Thema Risiko nach wie vor aktuell:

- Ein grosser Kernschmelzunfall würde die Schweiz als gesellschaftliches und staatliches Gebilde zerstören, wie Hans-Peter Meier-Dallach und Rolf Nef in ihrer Studie «Grosskatastrophe im Kleinstaat» (edition cultur prospectiv, Zürich 1990) dargestellt haben.
- Die Risiken kleiner Strahlendosen sind ungenügend erforscht: Die Forschungsergebnisse, die WissenschaftlerInnen über die genetischen Folgen des GAU von Tschernobyl präsentieren, sind weit erschreckender als erwartet (vgl. «Tschernobyl wüetet im Erbgut»). Und der Wissensstand über das Ausmass der somatischen und genetischen Schäden, die ein AKW im Normalbetrieb oder ein Endlager verursachen, ist noch höchst bescheiden (vgl. «Krümmel und die Leukämie» sowie «Statistische Mogeleyen»).
- Das einzig Sichere: Die internationalen Strahlenschutz-Experten mussten in den vergangenen zwanzig Jahren ihre Risikoabschätzungen massiv nach oben revidieren (vgl. «Einkalkulierte Menschenopfer», S. 8). Die Experten und Gruppen, die der Atomindustrie nahestehen, schätzen heute das Krebsrisiko um einen Faktor 10 höher ein als noch 1977.

Die Arbeitsgruppe Strahlenschutz der PSR/IPPNW Schweiz hat es sich deswegen zur Aufgabe gemacht, einige der wichtigsten Aspekte des Strahlenrisikos für die Lancierung des Abstimmungskampfes darzustellen.

Diese Sondernummer «Atomstrom und Strahlenschutz» beansprucht nicht, das Thema erschöpfend zu behandeln. Weitere Hefte zu dieser Thematik sollen folgen, um die beiden Initiativen «Strom ohne Atom» und «MoratoriumPlus» von der Lancierung bis zur Abstimmung kontinuierlich zu begleiten. Diese Broschüre soll den StimmbürgerInnen helfen, das Strahlenrisiko einzuschätzen; nur so werden sie auch in der Lage sein, die gegenwärtige Energiepolitik beurteilen zu können. Und wir brauchen dringend eine Energiewende – einen zukunftsfähigen, menschenfreundlichen Umgang mit unseren Ressourcen.

Einkalkulierte Menschenopfer

Dr. med. Martin Walter, Innere Medizin FMH, Alpenstrasse 10, 2540 Grenchen

Der Strahlenschutz soll die AKW und nicht die Menschen schützen. Anders lässt sich die Kosten-Nutzen-Analyse der Schweizer Strahlenschutzverordnung nicht erklären.

Von Franz-Josef Strauss ist das Zitat bekannt, die Wiederaufbereitungsanlage in Wackersdorf gefährde die Bevölkerung nicht mehr als eine Fahrradspeichenfabrik. Die Hanauer Uranfabrik «Nukem» ist laut ihrem Geschäftsleiter, Erwin Wehner, nicht risikoreicher als eine Filzhutfabrik.

Ein Arbeiter der Hanauerfabrik erkrankte jedoch an drei Tumoren gleichzeitig: Ein Zungenbodenkarzinom führte zusammen mit einem Nierenkrebs und einem Hirntumor zu Herzversagen. Die Berufsgenossenschaft anerkannte den Fall als Berufskrankheit, die Witwe musste sich aber eine Rente von 1'700 DM während vier Jahren hartnäckig erstreiten. Gemäss der damals geltenden Strahlenschutzregelung hätte der Hanauer-Hilfsarbeiter in den zehn Jahren, während denen er für die Nukem arbeitete, maximal einer Strahlendosis von 500 Millisievert (mSv) ausgesetzt sein dürfen. Dokumentiert sind 5'855 mSv. Offensichtlich hat man sich in der Uranfabrik nicht sonderlich um die Strahlenschutzvorschriften gekümmert, denn beim Nukem-Arbeiter handelte es sich nicht um einen Einzelfall. Es sind weitere Fälle dokumentiert, bei denen die sogenannten Grenzwerte massiv überschritten wurden; einer davon mit einer Dosis von 7 882 mSv.

Die übermässige Strahlenbelastung war in der Nukem zustandegekommen, weil die Verantwortlichen für Strahlenschutz gegen besseres Wissen ein veraltetes Rechenmodell angewendet hatten. Konkret setzten sie die Wirksamkeit der Uran-Strahlung um einen Faktor 20 und die Strahlenbelastung durch Thorium um einen Faktor 60 zu tief an. Mit diesem Trick konnte die Nukem die eigentliche Dosis von rund 6'000 mSv so weit herunterdrücken, dass sie in ihren offiziellen Unterlagen Daten auswies, die den Wert von 500 mSv nicht gross überschritten.

Dieses Beispiel zeigt ein zentrales Übel des Strahlenschutzes auf: Strahlenschutz beruht häufig auf Rechenmodellen und nicht auf gemessenen Daten. Für die Nukem war es wirtschaftlich günstiger, das veraltete Rechenmodell zu wählen: Denn mit einem neueren hätte das Unternehmen viel mehr Leute einsetzen müssen, um dieselbe Arbeit zu erledigen. Den Preis für die ökonomische Überlegung bezahlte der Arbeiter mit dem Tod. Dahinter steckt das Prinzip ALARA («as low as reasonably achievable») – ein Hauptglaubenssatz der offiziellen Strahlenschützer, der besagt: So wenig Strahlung wie vernünftig realisierbar. So sind nukleare Grenzwerte immer mit der sogenannten «ökonomischen Vernunft» verquickt.

Fragwürdige Strahlenschutz-Gremien

Strahlenschutz ist in erster Linie ein gewerkschaftliches Thema, er betrifft letztlich aber auch die ganze Bevölkerung. Weil der Strom, den wir beziehen, anderswo Radionuklide freisetzt: Sei es beim Uranabbau in Kanada oder Russland, sei es in der Wiederaufbereitung in Sellafield oder La Hague. Aber auch, weil jede Nuklearanlage immer, selbst im Normalbetrieb, Radioaktivität freisetzt. Oder weil alljährlich Dutzende von Temporärangestellten während der Sommerwartung unsere AKW revidieren müssen und dabei ihre Dosen abbekommen.

Wer welchen Strahlendosen ausgesetzt sein darf, ist in der Schweiz im Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22.3.91 und der dazugehörigen Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22.6.94 geregelt. Aufschlussreich ist, wie die darin enthaltenen Grenzwerte zustandegekommen sind.

Die meisten Länder orientieren sich, wenn sie Dosisgrenzwerte festlegen, an den Empfehlungen der «International Commission on Radiological Protection» (ICRP). Diese internationale Strahlenschutzkommission ist indes umstritten, da sie sich selbst konstituiert und aus Physikern und

Politikern zusammengesetzt ist, die im Ruf stehen, der Atomindustrie nahezustehen. Mitglied dieses Gremiums ist beispielsweise auch Juri Iljin, der 1986 für den medizinischen Teil des Managements des Reaktorunfalls von Tschernobyl verantwortlich gewesen war. Er betrieb damals gezielte Desinformation und verkündete der betroffenen Bevölkerung, in der Sowjetunion hätten Zivilpersonen keinen Schaden von Tschernobyl davongetragen.

Wieviele Krebsfälle sind akzeptabel?

Landläufig herrscht die Meinung, Ziel der Grenzwerte sei es, zu vermeiden, dass durch Strahlenexposition Krebs verursacht wird. Das lässt sich aber im Strahlenschutz nicht bewerkstelligen, da – so der Leitsatz des Strahlenschutzes – jede Dosis Krebs verursachen kann.

Deshalb versucht zum Beispiel die ICRP hochzurechnen, wieviele Krebsfälle eine entsprechende Strahlendosis verursacht. Aufgrund dieser Berechnung macht man dann eine Kosten-Nutzen-Analyse, die in die entsprechenden Verordnungen und Schutzmassnahmen einfließt. Diese Kosten-Nutzen-Analyse darf man aber nicht ExpertInnen überlassen. Sie können lediglich die wissenschaftlichen Leitplanken legen.

Denn die Kosten-Nutzen-Analyse bedeutet letztlich nichts anderes, als dass man definiert, wieviele zusätzliche Krebstote man bereit ist zu akzeptieren. Diese Frage muss demokratisch ausgehandelt werden. Ergo müsste auch die Strahlenschutzverordnung auf einem basisdemokratischen Prozess beruhen – und darf nicht von oben erlassen werden. Diese öffentliche Auseinandersetzung versucht jedoch die Nuklearlobby, die immer noch vehement auf die «Option Kernenergie» setzt, tunlichst zu verhindern. Indem sie unter anderem versucht, mit absurden Thesen über die Gefährlichkeit von Fahrradspeichen und Filzhüten die Öffentlichkeit einzunebeln. Derweil sich jeder und jede Gedanken machen sollte, wieviele Krebskranke und -tote er oder sie gewillt ist, dem Nuklearstrom zu opfern.

Drei Tote zuviel

Wie Menschen nach Kosten-Nutzen-Analyse geopfert werden, lässt sich am Beispiel des Grenzwertes für «beruflich strahlenexponierte Personen» – das betrifft unter anderem die AKW-Angestellten und das medizinische Personal – aufzeigen. Die jährlichen Höchstdosen für diese Berufsleute sind in der Schweizer Strahlenschutzverordnung festgelegt; es gilt für sie ein Grenzwert von 20 Millisievert pro Jahr. Der kam wie folgt zustande: Die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP geht – wie übrigens auch die Schweizer Behörden – davon aus, dass von 100 ArbeiterInnen während eines Berufslebens von 40 Jahren 3 bei einem Berufsunfall und/oder an einer Berufskrankheit sterben dürfen. Die Strahlenschutzverantwortlichen legten dabei ein Risiko (an einer zusätzlichen Krebserkrankung zu sterben) von 4 Prozent pro Sievert zugrunde. Dies bedeutet: Werden 100 Arbeiter verteilt über 40 Jahre mit insgesamt einem Sievert (Sv) bestrahlt, sterben 4 von ihnen an einem berufsbedingten Strahlenkrebs. Um lediglich auf 3 zusätzliche Strahlenkrebs-Todesfälle zu kommen, darf man als Arbeiter – gemäss der Risikoabschätzung der ICRP – während eines Berufslebens mit 750 Millisievert (1000 mSv gleich 1 Sv) bestrahlt werden; was bei einem 40jährigen Berufsleben pro Jahr 18,4 mSv ergibt.

Die ICRP forderte aufgrund dieser Rechnung einen Grenzwert von 20 mSv pro Jahr für beruflich strahlenexponierte Personen im Durchschnitt über 40 Berufsjahre; sie «erlaubte» aber gleichzeitig Ausnahmen von bis zu 50 mSv/Jahr, sofern die Summendosis der letzten 5 Jahre einschliesslich des laufenden Jahres unter 100 mSv liegt. Dass gemäss der Internationalen Arbeitsorganisation ILO an jedem Arbeitsplatz sämtliche Gefahrenpfade berücksichtigt werden müssen¹ – ein Arbeiter kann in einem AKW auch von der Leiter fallen und tot sein –, haben die Strahlenschützer vergessen. Sie tun so, als ob in einer Nuklearanlage keine normalen Unfälle geschehen würden. Doch lässt sich in der Schweiz leicht das Gegenteil belegen: 1992 kamen im AKW Beznau bei einem nicht-nuklearen Unfall zwei Arbeiter ums Leben.

Als die Schweizer Strahlenschutzverordnung 1993 mit der 20-Millisievert-Regelung in die Vernehmlassung ging, wurde der Ex-Gewerkschafterin Bundesrätin Ruth Dreifuss dargelegt, wie fragwürdig und ILO-widrig diese Regelung ist.¹ Doch weder die Bundesrätin, noch der Vernehmlassungsbericht ging auf die Kritik ein. Der 20-Millisievert-Grenzwert gelangte diskussionslos in die Strahlenschutzverordnung.

Unterschiedliche Risikoabschätzungen

Das Schweizer Strahlenschutzgesetz ist profund und würde sehr wohl vernünftige Strahlenschutzmassnahmen zulassen. Doch der Vollzug mit der Strahlenschutzverordnung ist permissiv – und wie oben gezeigt zum Teil gar verwerflich. Das hängt mit den abstrakten Berechnungen zusammen, die dahinter stehen. Diese Berechnungsmodi basieren zudem auf Risikoüberlegungen, die zum Teil äusserst fragwürdig sind.

Die ICRP erhebt ihre Berechnungen aufgrund einer Reihe von bestrahlten Personen (z. B. den Atombombenopfern von Japan). Gleichzeitig stellt sie aber auch Hochrechnungen an, die wissenschaftlich weder nachvollziehbar, geschweige denn begründbar sind (vgl. den Text von Christian Küppers «Jede Dosis kann Krebs auslösen»).

Die ICRP geht zwar bei ihren Argumentationen auf andere wissenschaftliche Gremien und deren Arbeit ein. Sie kommt am Schluss aber trotzdem stets zu viel günstigeren Ergebnissen als zum Beispiel die Radiation Effects Research Foundation (RERF)², eine amerikanisch-japanische Kommission, die seit Jahren die Strahlenfolgen der Bombenabwürfe über Hiroshima und Nagasaki auswertet (vgl. Fig. 1).

Die Risikozahlen, die die ICRP publiziert hat, sind in den vergangenen Jahren massiv nach oben korrigiert worden – weil die RERF in Japan festgestellt hatte, dass weit geringere Dosen mehr Krebsfälle verursachten als ursprünglich angenommen.

Daneben existieren als wichtiges Entscheidungsinstrument die BEIR-Berichte (Biological effects of Ionizing Radiations). Von grosser Wichtigkeit ist der sogenannte BEIR-V-Report, den das «Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations» für das «US National Research Council» verfasst und 1990 publiziert hat.⁷ Das Committee hat darin seine früheren Risikoüberlegungen – nachzulesen im Bericht BEIR III (1980)⁶ – deutlich nach oben revidiert. Ferner existieren die Daten der UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), einer wissenschaftlichen Organisation der Vereinten Nationen, die regelmässig über das Strahlenrisiko berichtet. Eins ist augenfällig: Die Risikozahlen, die offizielle Strahlenschutzgremien in den letzten Jahren publiziert haben, steigen dauernd an. Man gibt also zu, dass es weit weniger Strahlung braucht, um Krebs zu verursachen, als man noch vor zehn, zwanzig Jahren behauptet hat. Kommt noch hinzu, dass unabhängige WissenschaftlerInnen in ihren Berechnungen sogar noch zu weit höheren Risikoabschätzungen gelangen (Fig 1.).

Der Niedrigdosisabzug

Auf einen wesentlichen Punkt des heutigen Strahlenschutzkonzeptes der ICRP macht Christian Küppers in seinem Artikel aufmerksam: Der sogenannte Niedrigdosis-Abzugsfaktor. Die ICRP wendet diesen Niedrigdosis-Abzugsfaktor in Bereichen an, wo Leute an ihrem Arbeitsplatz zwar permanent, doch relativ kleinen Strahlendosen ausgesetzt sind; also bei Atomarbeitern und beim medizinischen Personal. Der Niedrigdosis-Abzug heisst nichts anderes, als dass die ICRP bei diesen Strahlenexponierten das Risiko halbiert. Sie geht also davon aus, die Gefahr an Krebs zu erkranken sei um die Hälfte verringert, wenn man kleinen Strahlendosen ausgesetzt ist. Diese Annahme ist nichts anderes als ein politisch motiviertes, wissenschaftliches Abenteuer, für das es keine gültigen Hinweise, geschweige denn Beweise gibt. Möglicherweise ist die Situation nämlich gerade umgekehrt – und das Risiko ist bei langandauernder Niedrigstrahlung höher, als man bei linearer Extrapolation annehmen könnte.

Der BEIR-V-Bericht⁷, der der ICRP als wichtigste Grundlage für ihre neuesten Empfehlungen⁸ dient, schlägt aus traditionellen Gründen einen Niedrigdosisabzug vor. Im BEIR-Bericht konnte jedoch aufgrund der neuen Ergebnisse der Zahlen von Hiroshima und Nagasaki⁹ zumindest für die soliden Tumore (Krebse ohne Leukämien) kein statistischer Hinweis mehr gefunden werden, der einen Niedrigdosisabzug wissenschaftlich gerechtfertigt erscheinen liesse. Das Risiko müsste also von den Schweizer Verantwortlichen für den Strahlenschutz eines Normmenschen nicht mit 4%/Sv, sondern mit 8%/Sv eingesetzt werden – weil 8 und nicht nur 4 Menschen an einem Strahlenkrebs sterben, wenn man 100 Personen einer Dosis von 1 Sv aussetzt. Das würde einer Verdoppelung des Risikos entsprechen.⁹

Der «National Radiation Protection Board» (NRPB), die Strahlenschutzkommission Britanniens, schätzte 1992 das Risiko gar auf 10%/Sv.⁴ Beachtenswert ist, dass der NRPB seine Risikoberechnungen gerade aus dem niedrigen Strahlenbereich errechnet: Er verwendete Daten von den Arbeitern der britischen AKW, der Wiederaufbereitungsanlagen (WAA) und den nationalen Atomwaffenfabriken – statt wie bislang üblich Daten aus dem Bereich hoher Strahlendosen (Überlebende von Hiroshima und Nagasaki¹⁰ u.a.) zu extrapolieren. Die Ergebnisse, die der NRPB 1992 publiziert hat, sind der Quasibeweis für die Irrelevanz des sogenannten Niedrigdosis-Abzugsfaktors.⁴ Nur sollte man auch diese Daten mit Vorsicht genießen, da der NRPB der Atomindustrie durchwegs freundlich gesinnt ist.

Alara, das Prinzip der Unvernunft

Wozu gibt es eigentlich einen Strahlenschutz, dessen wichtigstes Element der Opfergedanke zu sein scheint? Gilt der Strahlenschutz dem Schutz der AKW vor aufgebracht Menschen? Hat man Grenzwerte geschaffen, um der Wirtschaft ein reibungsloses Funktionieren zu garantieren? Sind wir nicht auf dem besten Weg, der wirtschaftlichen Vernunft, der alten Alara-Lüge unsere Lebensgrundlagen zu opfern? Das Alara-Prinzip «so wenig Strahlung wie vernünftig realisierbar» mag noch vernünftig klingen. Aber was heisst Vernunft? Was heisst, die Strahlendosis vernünftig tief zu halten? Wer ist zu schützen? Der Navajo-Indianer? Die Kinder von La Hague? Den Nutzen aus ihren Krankheiten ziehen wir aus der Steckdose.

Wir wollen einen Strahlenschutz, der die Menschen wirksam schützt und keinen für den Schutz von Atomanlagen. Wir wollen den Ausstieg aus der Atomenergie.

¹ vgl. Übereinkommen 155 der Internationalen Arbeitskonferenz vom 22.6.1981, in dem in Artikel 11, Absatz b) steht:

« (...) die Bestimmung der Arbeitsverfahren sowie der Stoffe und Einwirkungen, gegenüber denen eine Exposition zu verbieten, zu begrenzen oder der Genehmigung oder Überwachung durch die zuständige(n) Stelle(n) zu unterwerfen ist; Gesundheitsgefahren, die durch die gleichzeitige Exposition gegenüber mehreren Stoffen oder Einwirkungen verursacht werden, sind zu berücksichtigen.» Für die «Erfüllung der (obigen) Aufgabe» haben «die zuständigen Stellen zu sorgen».

² Preston, D. L., Pierce, D. A.: The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors, RERF, TR 9-87

³ BEIR-III-Skandal: siehe Graeub R.: Der Petkau-Effekt, Bern 1990, S. 73 ff

⁴ Kendall G.M., Muirhead C.R., MacGibbon B.H., O'Hagan J.A., Conquest A.J., Goodill A.A., Butland B.K., Fell T.P., Jackson D.A., Webb M.A., Haylock R.G.E., Thomas J.M. and Silk T.J.: First Analysis of the National Registry for Radiation Workers: Occupational Exposure to Ionising Radiation and Mortality. National Radiological Protection Board (NRPB), Jan. 1992

⁵ Wolfgang Köhnlein: Risk estimates of Low-Level Ionizing Radiation. <http://www.foe.arc.net.au/kohnpaper.htm>

⁶ Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations: The Effects on Populations of Exposure to Low Level of Ionizing Radiation: 1980. National Academy Press, Washington D.C., 1980

⁷ Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations: Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. BEIR V, National Academy Press, Washington D.C., 1990

⁸ ICRP: Draft 1990, Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. Annals of the ICRP, 21, Nos 1-3 (1991)

⁹ Mario Schmidt: Der Diskussionsstand zum Strahlenkrebsrisiko und notwendige Konsequenzen für den Strahlenschutz. WSI-Mitteilungen 1990. Mario Schmidt: Der BEIR V-Report: Abschluss oder Anfang einer kontroversen Diskussion über das Strahlenkrebsrisiko? (Anknüpfung an den ifeu-Bericht Nr. 52 M. Schmidt: Die neuen Ergebnisse aus Hiroshima und Nagasaki über das strahleninduzierte Krebsrisiko, Heidelberg, 1989)

¹⁰ Hiroshima and Nagasaki, The Physical, Medical and Social Effects of the Atomic Bombings. The Committee for the compilation of Materials on damage caused by the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. Hutchinson 1981: ISBN 0 09 145640 1

Risikoeinschätzung Internationaler Gremien

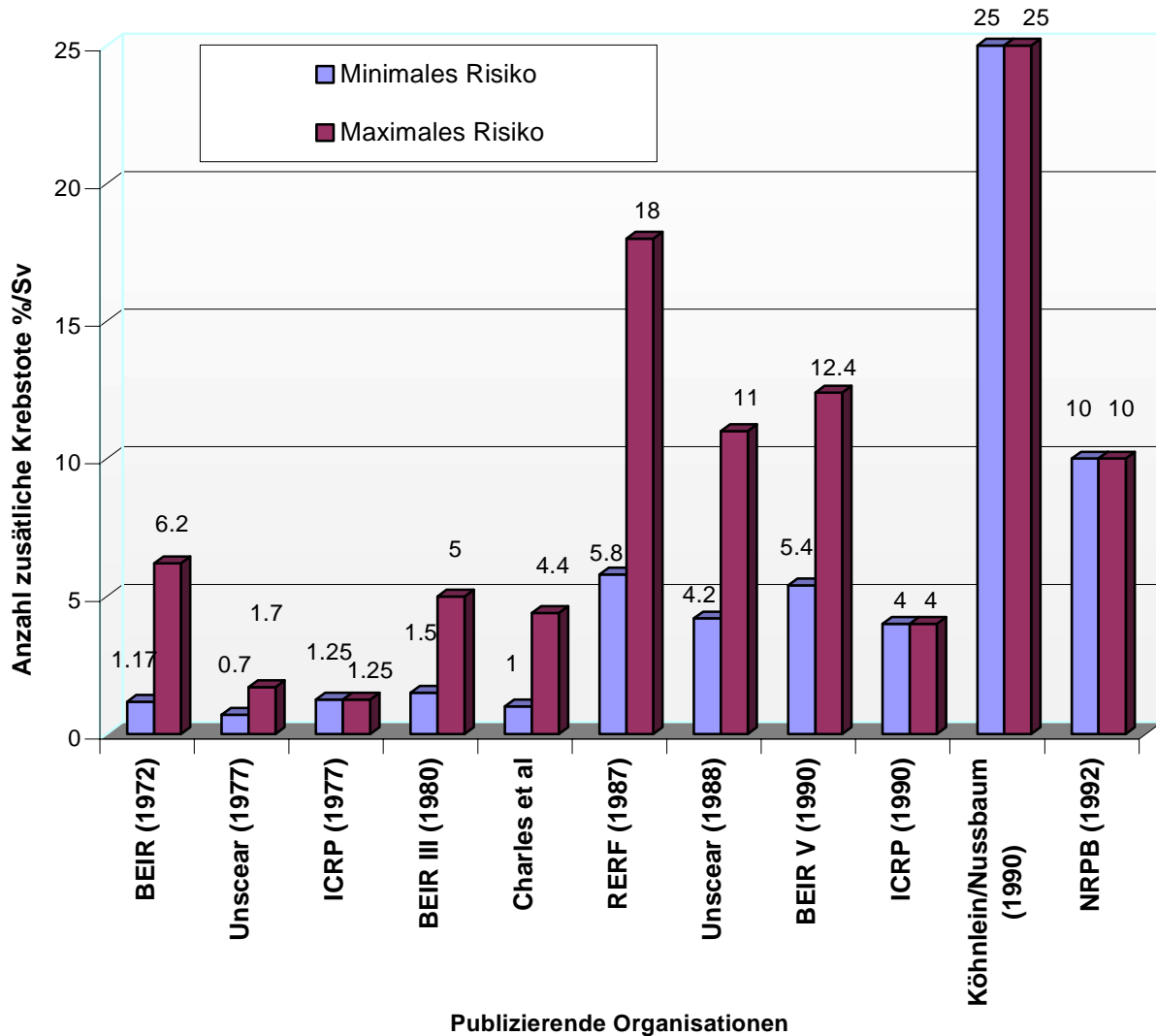


Fig 1: Die Grafik zeigt die Risikoeinschätzung der verschiedenen offiziellen, atomfreundlichen Gremien und der beiden unabhängigen Experten Köhnlein und Nussbaum. Die Säulen geben an, wieviele zusätzliche Krebstote zu erwarten sind, wenn 100 Personen mit 1 Sievert (Sv) bestrahlt werden. Dieses Risiko wird auch als Prozentzahl ausgedrückt: Geht man zum Beispiel von 10 zusätzlichen Krebstoten pro 1 Sievert aus, spricht man von 10%/Sv. Die unterschiedlich hohen Säulenpaare geben eine Risikospanne an, welche aufgrund verschiedener Berechnungsmodelle oder statistischer Unsicherheiten der Gremien zustandekommt.

BEIR: (Committee on) Biological Effects of Ionizing Radiations (USA) ³
UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation(UNO)
IRCP: International Commission on Radiological Protection
NRPB: National Radiation Protection Board (UK) ⁴
Köhnlein und Nussbaum : <http://www.foe.arc.net.au/kohnpaper.htm>

Jede Dosis kann Krebs Auslösen

Niemand kann sagen, wie gefährlich radioaktive Strahlung wirklich ist. Die heutigen Strahlen-Risikoberechnungen basieren auf Annahmen, Hochrechnungen und fiktiven Referenzpersonen.

Christian Küppers, Öko-Institut e.V., Bunsenstrasse 14, D-64293 Darmstadt

«Wie gefährlich ist radioaktive Strahlung?» Bereits Generationen von StrahlenschützerInnen haben sich weltweit mit dieser Frage befasst. Dennoch steht eine definitive Antwort bislang aus. Relativ zuverlässige Erkenntnisse über den Zusammenhang von Strahlendosis und Wirkung (Dosis-Wirkungs-Beziehung) liegen für eher hohe Belastungen vor, insbesondere aus Untersuchungen über die Opfer der Atombombenabwürfe in Japan, über Beschäftigte der Kerntechnik und Medizin sowie über PatientInnen, die nuklearmedizinisch behandelt wurden. Die Strahlenwirkung im «Niedrigdosisbereich» – dies betrifft unter anderem Belastungen, die gemäss Strahlenschutzverordnung zulässig sind – entzieht sich dagegen bisher der quantitativen Ermittlung. Da 20 bis 25 Prozent der Bevölkerung an Krebs stirbt und diese Zahl statistisch schwankt, könnten in der Schweiz jährlich Tausende zusätzlich an einem strahlenbedingten Krebs sterben, ohne dass dies mit den zur Verfügung stehenden statistischen Methoden zu erkennen wäre.

Erkenntnisse über Wirkungen hoher Strahlendosen werden wegen dieser grundsätzlichen Schwierigkeit zu niedrigen Dosen hin extrapoliert. Dies führt zum zentralen «Lehrsatz» des Strahlenschutzes: Jede noch so geringe Strahlenbelastung zieht mit gewisser Wahrscheinlichkeit Krebs nach sich, wobei die Wahrscheinlichkeit mit der Dosis zunimmt. Diese Auffassung bildet denn auch die Grundlage der Strahlenschutzverordnung, die verlangt, dass festgelegte Grenzwerte – soweit sinnvoll möglich – unterschritten werden sollen (das sogenannte Alara-Prinzip: «As low as reasonably achievable»). Daneben gibt es aber auch die Auffassung, niedrige Strahlendosen könnten im Vergleich zu höheren Strahlendosen relativ stärker wirken. Eher wenige Strahlenschützer vermuten, geringe Strahlenbelastungen seien gesundheitsfördernd.

Willkürliche Korrektur

Die Erkenntnisse, die man heute hat, stammen meist aus «höheren Strahlenbelastungen in kurzer Zeit» (z. B. bei den japanischen Bombenopfern). Im Nuklearbereich gestaltet sich die Belastung jedoch meist anders: Die Menschen sind über lange Zeit kleineren Dosen ausgesetzt. Da man nichts weiss über langandauernde Niedrigbestrahlung, nimmt die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP die Wirkungsdaten, die man von der «höheren Kurzzeitbestrahlung» hat und «korrigiert» sie: Sie halbiert ihre Wirkung auf die Hälfte, um sie dann auf die langandauernde Niedrigbestrahlung anzuwenden. Dies ist recht willkürlich, da kein ausreichendes wissenschaftliches Verständnis der Strahlenwirkung existiert, das diese «Korrektur» rechtfertigen könnte.

Daten von Hiroshima und Nagasaki

Mitte der achtziger Jahre mussten die Daten aus Hiroshima und Nagasaki neu interpretiert werden. Es hatte sich im Laufe der Jahrzehnte der Folgeauswertung gezeigt, dass widererwarten die Zahl der Krebserkrankungen immer weiter anstieg. Zudem hat man früher die Dosis überschätzt; die Bombenopfer waren einer geringeren Strahlung ausgesetzt, als man ursprünglich angenommen hatte. Die Erkrankungen und Todesfälle mussten daher auf eine geringere Dosis zurückgeführt werden. Ausserdem zeigte sich, dass das Krebsrisiko nach einer Bestrahlung proportional mit dem «normalen» Krebsrisiko wächst. Da dieses normale Risiko mit dem Lebensalter zunimmt, nimmt auch die Wahrscheinlichkeit einer zusätzlichen Krebserkrankung nach einer Bestrahlung mit jedem Jahr zu (Relative-Risk-Model). Dies war ein weiterer Grund, weshalb man die Langzeitschäden bei den Untersuchungen in Japan so lange

unterschätzt hat. Das vollständige Ausmass von Strahlenschäden wird also erst mehrere Jahrzehnte nach einer Bestrahlung sichtbar.

Das gilt selbstverständlich auch für die Folgen von Tschernobyl. Dennoch hatte kein Strahlenschützer das relativ frühe Ansteigen der Schilddrüsenkrebsfälle bei Kindern in den betroffenen Gebieten vorhergesehen. Dies zeigt deutliche Wissenslücken im Strahlenschutz.

Ferner stellt sich die Frage, warum man in der Nähe kerntechnischer Anlagen immer wieder Leukämiekluster, die bislang nicht erklärt werden können, beobachtet. Seit weit über zehn Jahren ist dies nahe der britischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield der Fall, seit neuerem auch bei den beiden anderen westeuropäischen Wiederaufarbeitungsanlagen in La Hague (Frankreich) und Dounreay (Schottland). Die drei Anlagen setzen routinemässig radioaktive Stoffe in die Umgebung frei – und zwar mehr als jede andere Anlage in Westeuropa. Dennoch ist mit den bisher gängigen Vorstellungen zur Dosisberechnung und Strahlenwirkung das beobachtete Schadensausmass nicht zu erklären. Die Beobachtung der Leukämiehäufung an allen drei Standorten kann als weiterer Hinweis auf Wissenslücken hinsichtlich der Strahlenwirkung betrachtet werden.

Fiktive Referenzperson

Damit zu einer weiteren Schwachstelle des Strahlenschutzes, nämlich der Ermittlung der Strahlendosis. Würde tatsächlich eine wissenschaftlich abgesicherte Dosis-Wirkungs-Beziehung bekannt sein, so müsste zur genauen Risikoermittlung immer noch die Dosis einzelner Organe des Menschen bestimmt werden. Die Dosis ist aber eine reine Rechengrösse. Dazu die Dosis bei Einatmung radioaktiver Stoffe als Beispiel: Messbar ist nur die Konzentration des radioaktiven Stoffs in der Atemluft. Mit der Atemrate des belasteten Menschen (je nach körperlicher Tätigkeit oder Konstitution um einen Faktor 10 oder mehr unterschiedlich) wird die eingeatmete Menge berechnet. Mit einem metabolischen Modell errechnet man, innert welcher Zeit welcher Anteil des radioaktiven Stoffs aus der Lunge in andere Körperorgane transportiert beziehungsweise wieder ausgeschieden wird.

Auch für diese Berechnung sind die individuellen Schwankungsbreiten enorm und können einen Faktor 10 nach oben oder unten überschreiten. Die ICRP hat eine fiktive «Referenzperson» definiert, für die alle Berechnungen durchgeführt werden. Daher ist allenfalls diese fiktive Person strahlengeschützt. Die Dosis eines realen Menschen – und damit auch dessen Risiko – kann jedoch individuell erheblich von der Referenzperson abweichen.

Eine andere Rechengrösse ist der Wichtungsfaktor für die verschiedenen Strahlungsarten (Alpha-, Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung), mit dem deren relative Wirkung auf den Menschen erfasst werden soll. Strittig sind vor allem die Wichtungsfaktoren für Neutronenstrahlung, bei denen es in der Vergangenheit bereits Korrekturen nach oben gab. Aber auch für das radioaktive Tritium wird aufgrund seiner besonderen Eigenschaften seit langem international diskutiert, den Wichtungsfaktor deutlich anzuheben – geschehen ist dies bisher nicht.

Wie leitet man Grenzwerte ab?

Da bei jeder noch so geringen Strahlendosis von Gesundheitsschäden ausgegangen wird, stellt sich die Frage, wie Grenzwerte abgeleitet werden. Die höchsten Grenzwerte gelten für die beruflich Strahlenexponierten. In der Schweiz beträgt der Grenzwert für diese Personen 20 Millisievert (mSv) pro Jahr. «Normale» Personen am Zaun eines Kernkraftwerks dürfen beispielsweise nur mit 0,2 mSv pro Jahr belastet werden.¹ Von der ICRP empfohlen ist ein Grenzwert von 50 mSv pro Jahr für beruflich Strahlenexponierte.

Noch in den achtziger Jahren wurde der Jahresgrenzwert von 50 mSv von der ICRP als ein Wert verstanden, der sicherstellen soll, dass im Mittel über das Berufsleben etwa ein Zehntel dieses Werts nicht überschritten wird. Dann nämlich sollte das Risiko dieser Arbeitskräfte mit dem Risiko in anderen und als relativ sicher eingestuften Berufssparten vergleichbar sein. Über einen Zeitraum von 40 Jahren bedeutete dies, dass nur 200 bis 240 mSv akkumuliert werden dürften.

Die ICRP berücksichtigt jedoch nicht, dass seit 1977 – dem Jahr der Erfindung dieser Begründung durch die ICRP – in vielen Berufssparten das Unfallrisiko reduziert worden ist. Sie lässt auch die neuen Risikoerkenntnisse aus den Untersuchungen der japanischen Bombenopfer ausser acht. Würde sie dies miteinberechnen und wollte sie den beruflich Strahlenexponierten ein vergleichbares Risiko gewährleisten, dem Arbeiter anderer Berufssparten ausgesetzt sind, dürften Kerntechnik-Angestellte in ihrem gesamten Berufsleben weniger als 40 mSv – statt 200 bis 240 mSv – akkumulieren. Kernkraftwerke könnten dann nicht mehr betrieben werden.

Die ICRP publizierte 1990 ihre «Empfehlung 60», in der sie nur noch fordert, dass innert 5 Jahren 100 mSv nicht überschritten werden dürfen, bei einem Grenzwert von weiterhin 50 mSv pro Jahr. Die Strahlenschutzkommission ist von ihrer alten Argumentation abgerückt und gibt demnach implizit zu: Das Risiko für viele Beschäftigte der Kerntechnik ist höher als in relativ sicheren Berufssparten.

¹· Entspricht einer Extraregelung der Schweizer Sicherheitsbehörden (Richtlinie R-11 der KSA, ASK (spätere HSK) und KUeR: «Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken»); für nicht beruflich strahlenexponierte Personen gilt ansonsten ein Grenzwert von 1 mSv pro Jahr.

Statistische Mogeleyen

Die Schweiz braucht dringend ein flächendeckendes Krebsregister, sonst lässt sich nie nachweisen, welche Gesundheitsschäden unsere Nuklearanlagen verursachen.

Dr. med. Martin Walter

PSR/IPPNW Schweiz hat zusammen mit Greenpeace Schweiz eine Arbeitsgruppe zum Thema Kinderkrebs ins Leben gerufen. Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich vor allem mit den Krebsfällen im süddeutschen und nordschweizerischen Raum, da sich im nördlichen Aargau an der deutsch-schweizerischen Grenze die meisten Atomanlagen konzentrieren: Die AKW Beznau I/II und Leibstadt sowie das Nuklearforschungszentrum Paul-Scherrer-Institut.

Die Arbeitsgruppe hat sich zusammengefunden, weil in Süddeutschland verschiedene Elterngruppierungen beobachtet hatten, dass zuviele kindliche Tumore auftreten. Das Mainzer Kinderkrebsregister hat inzwischen neue, wissenschaftliche Erhebungen angestellt, die jedoch regional vervollständigt werden müssen. Dazu fehlt aber in den betroffenen Kantonen Solothurn und Aargau ein entsprechendes Krebsregister.

PSR und Greenpeace verlangen, dass diese Register endlich eingerichtet werden. Dies ist dringend, da zur Zeit noch an einer weiteren Nuklearanlage gebaut wird: Auf dem Gelände des Paul-Scherrer-Institutes geht in ein oder zwei Jahren das zentrale atomare Zwischenlager (Zwilag) in Betrieb. Zum Zwilag gehört ein sogenannter Konditionierungssofen, in dem man Nuklearabfälle verbrennen will – wodurch beachtliche Mengen Radioaktivität freigesetzt werden. Diese zusätzlichen radioaktiven Emissionen verursachen zwangsläufig auch zusätzliche Erkrankungen.

Sterbestatistik taugt nicht

Auf Druck der süddeutschen Elterngruppierung hat die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) bereits einmal eine Studie in Auftrag gegeben.¹ Die Verfasser der Studie hatten die Aufgabe, die Schweizer Mortalitätsstatistik zu durchforsten und danach zu suchen, ob bei den Todesursachen in der Nähe von Kernkraftwerken Besonderheiten auffallen. Die Recherche verlief ergebnislos. Lediglich im Umkreis des AKW Mühleberg fanden sich mehr Gebärmutterkrebs, was jedoch – zu Recht – nicht auf den Betrieb von Mühleberg zurückgeführt wird.

Dies besagt jedoch nichts über die gesundheitliche Gefährdung, die wirklich von Nuklearanlagen ausgeht. Denn der Ansatz, den die HSK wählte, ist wissenschaftlich betrachtet höchstfragwürdig: Die Folgen von Strahlenemissionen lassen sich nicht mittels Mortalitätsstatistiken untersuchen. Dass ein Sterberegister nichts zeigen würde, hätte den Auftraggebern und den Wissenschaftlern von Anfang an klar sein müssen. Die Emissionen der AKW können aus zeitlichen Gründen noch gar nicht in der Mortalitätsstatistik ersichtlich sein, da sie viel zu wenig lang in Betrieb sind, um in der untersuchten Zeitspanne (1969-1993/94) zu statistisch entdeckbaren zusätzlichen Krebstodesfällen zu führen. Mit dem Sterblichkeitsregister kann man vielleicht in fünfzig Jahren statistisch relevante Befunde aufzeigen – etwa dann, wenn in der Schweiz kein AKW mehr läuft und unsere Kindeskiner mit dem Abbruch unserer Atomruinen beschäftigt sind.

Krankheiten nicht Todesfälle zählen

Wollte die Sicherheitsbehörde wirklich wissen, ob um die AKW zusätzliche Krebskrankheiten aufgetreten sind, müsste sie sich sogenannter Krebsregister bedienen. Krebsregister registrieren Diagnosen und nicht Todesursachen. Eine geheilte Leukämie erscheint beispielsweise in einer Sterblichkeitsstatistik überhaupt nicht mehr. Oder um ein noch deutlicheres Beispiel zu geben: Die zahlreichen Schilddrüsenkrebsfälle unter den Tschernobyl-Kindern in Weissrussland, der Ukraine und der russischen Föderation hätte man – wäre man wie die HSK vorgegangen – schlicht übersehen. In der Ukraine sind bis im Herbst 1996 über 700 Kinder an einem papillären Schilddrüsenkrebs erkrankt, doch nur zwei sind daran gestorben. Die allermeisten konnten geheilt werden. Die Schilddrüsenkrebs-epidemie würde also – hätte man sie mit dem Instrument «Sterblichkeitsstatistik» untersucht – überhaupt nicht existieren.

Dass in der Schweiz keine flächendeckenden Krebsregister und keine Missbildungsregister vorhanden sind, ist für unser reiches Land beschämend. Die Forderung nach solchen Registern stösst heute bei den PolitikerInnen wegen Geldmangels auf taube Ohren. Doch ein industrialisiertes Land wie die Schweiz braucht diese Register: Sei es für eine sinnvolle, vorausschauende Gesundheitspolitik, aber auch als Instrument, um überhaupt beobachten zu können, welche Folgen und Kosten umweltgefährdende Anlagen auslösen.

¹. In den Aktennotizen HSK-AN-2579, HSK-AN-2889, HSK-AN-2648 und HSK-AN-3211 der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) sind Auftrag, Ergebnis und Vertrag über Untersuchungen des Kantonalzürcherischen Krebsregisters zusammengefasst.

Krümmel und die Leukämie

Seit 1989 häufen sich in der Umgebung des norddeutschen Atomkraftwerkes Krümmel Leukämiefälle unter Kindern. Mehrere WissenschaftlerInnen haben in Studien belegt, dass nur das AKW für die Leukämiehäufung verantwortlich sein kann.

*Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake**

Die ländliche Gemeinde Elbmarsch – die mehrere kleine Dörfer umfasst – liegt am südlichen Ufer der Elbe, 35 Kilometer südöstlich von Hamburg. Gegenüber am nördlichen Elbeufer steht das Kernkraftwerk Krümmel (KKK), das 1984 den Betrieb aufnahm und damals den grössten Siedewasserreaktor der Welt darstellte (1 300 Megawatt elektrisch). Zwischen Februar 1990 und Mai 1991 hat ein einheimischer Arzt in dieser Kommune fünf Leukämiefälle bei Kindern unter 15 Jahren diagnostiziert. Weitere Erkrankungen traten zwischen 1994 und 1996 – auch auf der anderen Elbeseite – auf, womit die Gesamtzahl der Leukämiefälle auf neun stieg (Tab. 1). Alle betroffenen Kinder leben in einem Radius von fünf Kilometern vom KKK entfernt, und die weitaus meisten Fälle konzentrierten sich am Südufer.

Glücklicherweise tritt Leukämie bei Kindern wie bei Erwachsenen sehr selten auf, weshalb man eine Erhöhung der Erkrankungsrate relativ leicht bemerkt. Seit etwa achtzig Jahren ist Leukämie als typische Strahlenfolge bekannt und wurde in der Zwischenzeit in mannigfachen Niedrigdosiszusammenhängen – zum Beispiel nach diagnostischem Röntgen und Umweltradioaktivität – festgestellt. Es ist eine der wenigen Krebserkrankungen, die nach einer Bestrahlung relativ schnell erscheinen.

| Nr | Geburtsjahr | Geschlecht | Leukaemietyp | Diagnosedatum | Alter bei Diagnose |
|----|-------------|------------|--------------|---------------|--------------------|
| 1 | 1986 | w | ALL | 2/90 | 3 |
| 2 | 1981 | m | ALL | 3/90 | 9 |
| 3 | 1981 | m | AML | 4/90 | 9 |
| 4 | 1989 | w | ALL | 1/91 | 1 |
| 5 | 1988 | m | ALL | 5/91 | 2 |
| 6 | 1993 | m | AML | 1994 | 1 |
| 7 | 1992 | m | ALL | 1995 | 3 |
| 8 | 1985 | m | ALL | 6/95 | 10 |
| 9 | 1993 | m | ALL | 6/96 | 2 |

m: männlich

w: weiblich

ALL: Akute lymphatische Leukaemie

AML: Akute myeloische Leukaemie

Tab. 1: Kindliche Leukaemiefälle (<15 Jahre) im Fünf-Kilometer-Umkreis des Kernkraftwerks Krümmel (KKK) (zusätzlich traten eine Leukaemie bei einem Jugendlichen 1991 und eine aplastische Anaemie bei einem Kind 1989 auf)

Leukämieanstieg um 700 Prozent

In den alten Bundesländer der BRD erkranken nach dem Mainzer Kinderkrebsregister im Mittel 4,3 auf 100 000 Kinder (unter 15 J.) pro Jahr an Leukämie. In der Gemeinde Elbmarsch – die grösser ist als der erfasste Fünf-Kilometer-Radius – leben zirka 1 350 Kinder; danach wäre statistisch etwa alle 17 Jahre ein kindlicher Leukämiefall zu erwarten. Die beobachtete Erhöhung beträgt demnach über 700 Prozent. Das ist der weitaus höchste jemals bekanntgewordene Leukämieanstieg in einer angeblich unbestrahlten Bevölkerung.

Das sehr junge Erkrankungsalter der Kinder bei Krümmel deckt sich mit der Erfahrung, dass die Strahlenempfindlichkeit um so grösser ist, je geringer das Alter bei Exposition war. Wie aus Tab. 1 hervorgeht, waren fünf der Fälle bei Diagnose unter 5 Jahre alt, das höchste Alter beträgt 10 Jahre.

Sehr auffällig ist bei Krümmel ausserdem die geschlechtsspezifische Zuordnung. Während das Mainzer Kinderkrebsregister ein Verhältnis Jungen zu Mädchen von 1,3:1 für die Häufigkeit der

akuten lymphatischen Leukämie angibt, ist dieses nach Tab. 1 in der KKK-Umgebung mit 7:2 = 3,5:1 deutlich zum männlichen Geschlecht hin verschoben. Dies ist ebenfalls typisch: Bei den japanischen Atombombenopfern trat strahleninduzierte Leukämie ebenfalls im Verhältnis Männer zu Frauen von 2 : 1 auf.

Andere Ursachen?

Medizinische, berufliche oder andere Strahlenbelastungen, die nicht mit dem KKK zusammenhängen und die den Effekt erklären könnten, wurden nicht gefunden.

Eine höhere Empfindlichkeit bei Kindern würde man auch für andere Umwelttoxine voraussetzen. Von den chemischen Giften, die nachweislich Leukämie verursachen, ist Benzol das potenteste. Es müsste aber für einen so hohen Effekt in Arbeitsplatzkonzentration vorliegen. In der Elbmarsch ergab sich jedoch kein auffälliger Befund. Pestizide waren in der Elbmarsch genauso wenig auffällig wie andere toxische Stoffe mit möglichem Einfluss. Auch die Messung elektromagnetischer Feldstärken ergab keinen auffälligen Befund.

Andere Hypothesen verbinden Leukämie mit Viren als Auslösern und extern bedingten Beeinflussungen des Immunsystems. Derartige Mechanismen können – solange letztlich unbekannt – natürlich nicht vollständig ausgeschlossen werden, erscheinen aber wegen der im übrigen vom Mainzer Kinderkrebsregister im grossen und ganzen beobachteten Stabilität der kindlichen Leukämierate in der BRD im Zusammenhang mit einem so hohen Effekt nicht plausibel. Sie könnten allenfalls die Wirkung des naheliegenden Verursachers (ionisierende Strahlung infolge Betrieb des KKK) verstärken.

In der Nähe vom KKK befindet sich die Kernforschungsanlage der «Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffahrt und Schiffbau», die seit den sechziger Jahren zwei Forschungsreaktoren betrieben hat. Als potentielle Strahlenquelle für die Leukämieinduktion scheidet sie unseres Erachtens aus, weil die Inventare der Reaktoren (mit 5 und 15 Megawatt Leistung) wesentlich kleiner sind.

Erhöhte Strahlenwerte

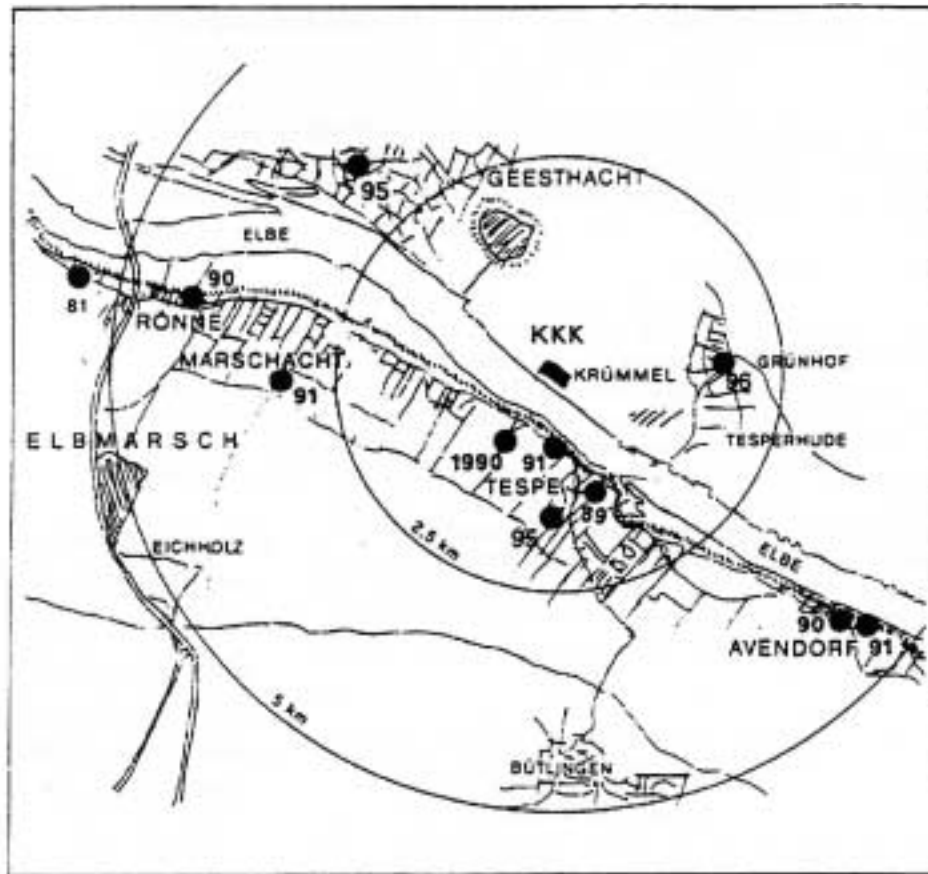
Seit Betriebsbeginn 1984 zeigt sich in der Umgebung des KKK:

- erhöhte Konzentration der Spaltprodukte Cäsium-137 und Strontium-90 im Regenwasser und bodennaher Luft
- erhöhte Konzentration der Spaltprodukte Cäsium-137 und Strontium-90 in Boden und Bewuchs (Gras)
- erhöhte Tritiumwerte in verschiedenen Medien
- radioaktive Korrosionsprodukte in verschiedenen Medien
 - Plutoniumeträge, die nicht aus den Atomwaffentests stammen können

Die meisten dieser erhöhten Werte können auch nicht auf Tschernobyl zurückgeführt werden. Aber es gibt zahlreiche Hinweise, dass das KKK technische Probleme hatte, die zu überhöhten Radioaktivitätsabgaben führten.

Doch der zuständige Energieminister des Landes Schleswig-Holstein, Claus Möller, behauptet, es gäbe keine Handhabe für die Stilllegung des AKW, da es an justiziablen Fakten fehle und daher ein Kausalitätsnachweis gegenwärtig nicht zu erbringen sei. Demgegenüber haben wir seit Jahren geltend gemacht, dass das KKK aufgrund der Indizienlage der einzig infragekommende Verursacher ist.

**Inge Schmitz-Feuerhake hat zusammen mit Hayo Dieckmann, Bettina Dannheim, Anna Heimers und Heike Schröder die Studie «Leukämie und Radioaktivitätsleckagen beim Kernkraftwerk Krümmel» verfasst; die Studie enthält ausführliche Quellenangaben und kann bezogen werden bei: Universitäts-Buchhandlung Bremen, Bibliothekstrasse 3, D-28359 Bremen.*



Leukaemiefälle bei Kindern und jugendlichen Erwachsenen im Fünf-Kilometer-Umkreis des KKK sowie ein Fall einer aplastischen Anaemie (einweiterer kindlicher Leukaemiefall von 1994 ist nicht eingetragen). Der letzte kindliche Leukaemiefall vor Betriebsbeginn des KKK (1984) trat 1981 im Ortsteil Rönne – ausserhalb des Fünf-Kilometer-Umkreises – auf.

Wer schützt uns vor der IAEO?

Die Weltgesundheitsorganisation WHO übt sich in vornehmer Zurückhaltung, wenn es um Strahlenrisiken geht. Das hat seinen Grund: Die WHO liess sich von der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEO) einen Maulkorb verpassen.

Prof. Dr. med. Michel Fernex, Postfach 167, CH-4118 Rodersdorf

Die Verfassung der UN-Weltgesundheitsorganisation WHO¹ definiert 22 Pflichten, damit die Institution ihre medizinischen Ziele überhaupt erreichen kann. Unter anderem heisst es in der WHO-Verfassung:

- «Umfassende Aufklärung, Ratschläge und Unterstützung im Bereich der Gesundheit.»
- «Förderung einer klaren Meinungsbildung in der Bevölkerung betreffend der Gesundheitsprobleme, basierend auf einer aufgeklärten Öffentlichkeit.»

Im Rahmen dieser Richtlinien fand im August 1956 eine Konferenz statt, an der 20 namhafte Genetiker ihre Befunde darlegten, um vor den Konsequenzen der sogenannt friedlichen Nutzung der Atomenergie zu warnen. Schon damals war bekannt, dass ionisierende Strahlung bei vielen Lebewesen – von Bakterien bis zu den Säugetieren – Mutationen hervorruft.² In ihrer gemeinsamen Stellungnahme schrieben die Genetiker: «Das Erbgut ist das wertvollste Eigentum der Menschen. Es bestimmt das Leben ihrer Nachkommenschaft, die gesunde und harmonische Entwicklung der künftigen Generationen. Wir als Gruppe behaupten, dass die Gesundheit der künftigen Generationen durch die zunehmende Entwicklung der Atomindustrie und Strahlungsquellen gefährdet ist. (...) Wir sind auch der Meinung, dass neue Mutationen, die bei Menschen auftreten, für sie selbst wie für ihre Nachkommen schädlich sein werden.»² Der Genetiker und Nobelpreisträger Prof. H. J. Müller erwähnte an dieser Konferenz Experimente mit sehr kleinen Strahlendosen, die bezüglich der Dosiswirkungsrelation zu überraschenden Ergebnissen geführt hatten. Seither sind zahlreiche Arbeiten über die schädlichen Effekte niedriger Strahlendosen publiziert worden, die mit Experimenten zeigten, dass sehr kleine Dosen überproportionale Schädigungen auslösen.^{3,4,5}

Die Publikation zu dieser WHO-Tagung sowie die Stellungnahmen des ersten Weltkongresses für Genetik, der im selben Jahr in Dänemark stattfand, sorgten bei der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) für Unruhe. Die IAEO war offiziell gegründet worden, um weltweit die Sicherheit im Nuklearbereich zu überwachen und zu kontrollieren, sie setzt sich jedoch auch explizit für die Förderung der kommerziellen Atomindustrie ein. In ihren Statuten – die 1996 in Wien wieder zitiert wurden – heisst es: Das Hauptziel der IAEO ist «die Beschleunigung und die Förderung der Atomindustrie für den Frieden, für die Gesundheit und für das Wohlbefinden in der ganzen Welt».⁶ Fast nebenbei wird in diesem Text betont, dass die IAEO auch für Gesundheitsfragen im Bereich der Atomindustrie zuständig sei.

Nach 1958 zwang nämlich die IAEO die WHO durch Verhandlungen zum Schweigen, 1959 wurde diese Vereinbarung in einem Abkommen zwischen den beiden UN-Organisationen fest geregelt. Seither werden die gesundheitlichen Risiken, die die kommerzielle Nutzung der Atomenergie allenfalls mit sich bringt, vom Nuklearpromotor selbst «überwacht» beziehungsweise «erforscht» – und nicht mehr von unabhängigen medizinischen Behörden. Das Abkommen verfügt implizit, dass Forschungsprojekte – deren Resultate potentiell die Förderung der Atomindustrie behindern könnten – entweder gar nicht oder nur noch von der IAEO gemeinsam mit der WHO durchgeführt werden. Die IAEO fürchtet zurecht, dass sich ein aufgeklärtes Publikum der Atomenergie entgegenstellen könnte, und legt deshalb im erwähnten Abkommen fest: «Die IAEO und die WHO sind sich bewusst, dass es notwendig sein könnte, restriktive Massnahmen zu treffen, um den vertraulichen Charakter gewisser ausgetauschter Informationen zu wahren (...).» Dabei geht es vor allem darum, dass als vertraulich deklarierte Daten, die zwischen den beiden Organisationen ausgetauscht werden, auch wirklich geheim bleiben.⁷

Diese Verpflichtung zur Vertraulichkeit verstösst jedoch gegen die Statuten der WHO, die eine aufgeklärte Öffentlichkeit verlangen. Es bedeutet letztlich auch nichts anderes, als dass gemäss diesem IAE0-WHO-Abkommen die Weltbevölkerung betreffend Nuklearrisiken offensichtlich vor der Wahrheit geschützt werden muss. Für die programmierten bevorstehenden Atomindustrieeunfälle verheisst das: Die Bevölkerung wird noch schlechter informiert und noch schlechter geschützt als es schon bei Tschernobyl der Fall war – weil es primär darum geht, die AKW-Betreiber vor Schadenersatzforderungen zu schützen.⁸

Parallelen zur Contergan-Affäre

Nach der Einführung von Thalidomid – ein Schlafmittel und Tranquilizer (bekannt unter dem Produktnamen «Contergan») – trat Anfang der sechziger Jahre eine Epidemie von Missbildungen bei Neugeborenen auf. Ihre Mütter hatten während der Schwangerschaft Thalidomid eingenommen. Thalidomid wirkt bei Insekten, Vögeln und Säugetieren teratogen (aber nicht mutagen), das heisst, es verursacht bei Embryonen in bestimmten Entwicklungsphasen Missbildungen. Die Thalidomid-Embryopathie, die am häufigsten gekennzeichnet ist durch fehlende Glieder (Amelie oder Phocomelie), war allgemein bekannt. Medizinische Experten behaupteten jedoch in Publikationen⁹ wie vor Gericht, es sei in keinem der zirka 5 000 Fälle ein kausaler Zusammenhang zwischen der Thalidomid-Einnahme und der Missbildung beweisbar. Ihr Hauptargument: «Es existiert kein Missbildungsregister, das es ermöglichen würde, statistisch zu beweisen, dass das Thalidomid die verursachende Substanz ist.»

Trotz des Freispruchs der Firma durch die Richter hat die Food and Drug Administration (FDA) in den USA (wo Contergan allerdings gar nie zugelassen war) danach sehr strenge Regelungen eingeführt, die weltweit übernommen worden sind: Substanzen müssen vor der klinischen Prüfung auf Teratogenizität, Karzinogenizität und besonders auf Mutagenizität getestet werden. Neue Medikamente, aber auch Insektizide, die im Bakterienmodell oder Zellkulturtest mutagene Eigenschaften aufweisen, werden eliminiert.

Würden dieselben Regeln, die für die chemische Industrie gelten, auch auf die Atomindustrie angewendet, liesse dies nur einen Schluss zu: Alle Atomanlagen müssten sofort stillgelegt werden – da alle Stadien von der Uranextraktion, über die Energieproduktion, bis hin zur Atommülldeponie mit der Freisetzung von mutagenen Radioisotopen verbunden sind.

Frisierte Studien

Die Atomlobby hindert jedoch WissenschaftlerInnen, auf diesem Gebiet zu forschen und zu publizieren, sofern ihre Ergebnisse nicht «günstig» ausfallen. J.-F. Viel¹⁰, Professor für Epidemiologie, beschreibt, wie man jedoch auf Wunsch «günstige» Forschungsergebnisse produzieren kann¹¹: Es gibt Methoden, die es erlauben, willkürlich negative Ergebnisse zu erzielen, indem man methodologische Fehler in die Forschungsprotokolle einbaut. Indem man sich beispielsweise – wenn man die Krebshäufigkeit studieren möchte – nur auf die Mortalität (Anzahl Todesfälle) abstützt und nicht die Morbidität (Anzahl Erkrankungen) in einem Beobachtungszeitraum von beispielsweise zehn Jahren untersucht (siehe «Statistische Mogeleyen»). Betrachtet man nur die Mortalität, erhält man Daten, die keinen statistisch-signifikanten Unterschied zwischen Strahlenexponierten und Nichtexponierten nachweisen lassen – mit der Morbidität könnte es jedoch ganz anders aussehen.

Mit «methodologisch frisierten» Studien können die Atombefürworter dann behaupten, es sei nichts Beunruhigendes, zum Beispiel keine erhöhte Leukämierate, gefunden worden. Und die AKW-Promotoren benutzen sie, um weitere Atomkraftwerke zu propagieren.

Studien bedürfen stets grosser finanzieller Unterstützung. Deshalb meiden die WissenschaftlerInnen das heikle Gebiet «Strahlenrisiko», um sich keinen beruflichen Schwierigkeiten auszusetzen. Die Internationale Atomenergieorganisation (IAEO) hat dafür gesorgt, dass dies so läuft und dass es auch in Zukunft so laufen wird. Sie weiss sich von den nationalen Instanzen und Nuklearlobbies unterstützt. In Frankreich übte beispielsweise der frühere Direktor der französischen Electricité de France, M. Boiteux, der die ganze AKW-Entwicklung leitete, einen starken Einfluss auf die nationalen Gremien (C.N.R.S.) aus, die die Forschungsstipendien verteilen.

Hartnäckige WissenschaftlerInnen

Einigen wenigen, hartnäckigen, unabhängigen ForscherInnen ist es zu verdanken, dass inzwischen trotzdem statistisch gesicherte Daten über die Zunahme von Krebs und Leukämie im Umkreis von Atomanlagen vorliegen.

Auch über die medizinischen Folgen von Tschernobyl existieren – dank der beharrlichen Arbeit vor allem weissrussischer WissenschaftlerInnen – inzwischen mehrere Untersuchungen, deren Ergebnisse erschrecken. Die Krebsrate wie die genetischen Mutationen (vgl. nachfolgenden Text «Tschernobyl wütet im Erbgut») sind bereits statistisch signifikant angestiegen. Die IAE0 und die WHO akzeptieren jedoch nur die Häufung von Schilddrüsenkrebs als Folge von Tschernobyl.

In Weissrussland beobachtet man aber noch ganz andere Schädigungen, über die kaum berichtet wird: Zum Beispiel haben die Autoimmunkrankheiten, wie durch Insulinmangel bedingte Zuckerkrankheit (besonders bei Kindern) und andere endokrine Störungen massiv zugenommen. Man stellt zudem Krankheitssyndrome wie neuropsychiatrische Krankheiten und Kardiomyopathien bei Jugendlichen fest. Diese Syndrome sind darauf zurückzuführen, dass in den Hirnzellen oder im Myokard das Kalium durch Cäsium-137 ersetzt wird, was zu Zellmembran-Dysfunktionen führt.¹²

Die WHO hält sich aber trotz all diesen aufrüttelnden Erkenntnissen an das von der IAE0 verordnete Schweigen. Über genetische Schäden nach Tschernobyl darf nicht die Rede sein.

¹ Documents Fondamentaux, 40e édition, OMS, Genève 1994

² Effets génétiques des radiations chez l'homme. pp. 184, OMS Palais des Nations Genève, 1957

³ Petkau A.: Radiation effects with a model Lipid Membrane. Canadian J. of Chemistry, Vol. 49, p. 1187-1196, 1971

⁴ Burlakowa E.B.: Kleine Strahlungs-dosen, Wirkungsgesetz-mäßigkeit und Risiko. Die wichtigsten wissenschaftlichen Referate, International Congress «The World after Chernobyl», Minsk, 1996, p105-108/Low intensity radiation: radiological aspects. Radiation protection Dosimetry, Vol 62, No 1/2 p. 13-18, 1995; Nuclear Technology Publishing, 1995

⁵ Stewart A.M. : Low Dose Radiation: The Hanford Evidence, Lancet, No 8072, p. 1048-1849, 1978

⁶ One Decade After Chernobyl. Summing up the Consequences of the Accident, Building of the IAEA, Proceedings of an International Conference, Vienna, pp 555, 8.-12. April 1996

⁷ Die zitierten Paragraphen des Abkommens findet man in den «Documents de Base», vgl. Fussnote 1

⁸ Permanentes Völkertribunal. Tschernobyl. Auswirkung auf Umwelt, Gesundheit und Menschenrechte, Wien, Österreich, 12-15. April 1996. Buch erhältlich bei der Bundesarbeits-gemeinschaft «Den Kindern von Tschernobyl in Deutschland e.V.», ESG-Haus, Breul 43, 48143-Münster; Fax.: +49- 2501-27417.

⁹ Hartlmaier K.M.: Es geht nicht nur um Contergan. Am 1. Mai beginnt der grosse Prozess – Er betrifft grundsätzliche Fragen. Zahnärztliche Mitteilungen, Nr. 9, p 427-429, 1968

¹⁰ Viel publizierte 1997 eine aufsehenerregende Studie über Leukämie in der Umgebung von La Hague; Viel J.F., Pobel D. (1997): Case control study of leukaemia among young people near La Hague nuclear reprocessing plant: the environmental hypothesis revisited, in British Medical Journal, 314, p. 101–106

¹¹ Viel J.F., Conséquences des essais nucléaires sur la santé: quelles enquêtes épidémiologiques? Médecine et guerre Nucléaire, Vol. 11, p 41-44, janv.-mars 1996/Monographie à paraître à «La Découverte» en février 1998

¹² Bandazhevsky Y.I. & Lelevich V.V.: Clinical and experimental aspects of the effect of incorporated radionucleides upon the organism. Monography, Gomel State Medical Institute, p. 128, 1995

Tschernobyl wütet im Erbgut

Zwölf Jahre nach Tschernobyl weiss man: Niedrige Strahlendosen wirken auf das Erbgut weit verheerender, als die offiziellen Behörden glauben machen.

Prof. Dr. med. Michel Fernex

Seit Anfang der achtziger Jahre werden in Weissrussland zehn verschiedene Missbildungen bei Neugeborenen systematisch und obligatorisch auf nationaler Ebene registriert. Prof. Lazjuk publizierte 1994 und 1995^{1,2} Daten, die eine statistisch signifikante Zunahme der Missbildungsrate bei Neugeborenen der Nach-Tschernobyl-Generation belegt. Lazjuk untersuchte ein Gebiet, das durch den GAU mit Cäsium-137 verseucht wurde, und verglich die Daten von 1988 bis 1992 mit Daten vor dem GAU (1982 bis 1987). Die Zunahme der Missbildungsrate hing proportional mit der Cäsium-137-Kontamination des Bodens zusammen: Anstieg der Missbildungen um 39% bei einer Verseuchung von weniger als 1 Curie pro Quadratkilometer (Ci/km²), ein Anstieg um 44% bei 1-15 Ci/km² und eine Zunahme um 79% in Gebieten mit mehr als 15 Ci/km².

Kaum eine weissrussische Region blieb vom Tschernobyl-Fallout verschont, ferner spielt die inkorporierte chronische Radionuklidbelastung der EinwohnerInnen eine immer bedeutsamere Rolle: Wasser sowie viele Nahrungsmittel, die dort konsumiert werden, sind mit Strontium-90, Cäsium-137 und zahlreichen anderen Radionukliden verseucht.

Die Missbildungen, die statistisch signifikant häufiger auftreten, sind Anencephalie, Spina bifida, Polydactylie, Gliedermissbildung bzw. fehlende Glieder sowie multiple Missbildungen. Es handelt sich vorwiegend um teratologische Strahlungsschäden, während Polydactylie häufiger auf eine dominante Mutation zurückzuführen ist. Auch multiple Missbildungen beruhen zum Teil auf solchen Mutationen.

In der ersten Generation kommen die dominanten Mutationen zum Ausdruck, wobei die meisten im frühen Embryonalstadium letal verlaufen und somit nicht erfasst werden. Die viel häufigeren rezessiven Mutationen wirken sich vorwiegend in den folgenden Generationen aus, weshalb sie nach dem GAU noch nicht beim Menschen, sondern erst bei Säugetieren, Vögeln, Fischen und Insekten festgestellt werden können, da diese eine viel kürzere Generationenabfolge aufweisen.

Sinkende Geburtsraten

In einer Fischzucht 200 Kilometer von Tschernobyl entfernt entstehen nur noch aus 30% der befruchteten Karpfeneier lebensfähige Larven – der grosse Rest stirbt ab.³ Beim Menschen können letale Mutationen nur indirekt vermutet werden, zum Beispiel indem man den Rückgang der Natalität (Geburtsrate) mit einer Abnahme der Fertilität (Fruchtbarkeit) in Verbindung setzt. Generell ist in Weissrussland die Geburtsrate gesunken. In Gebieten mit einer Verseuchung von weniger als 1 Curie Cäsium-137/km² liegt das Defizit bei -10%, was sich durch die ungünstigen sozioökonomischen Verhältnisse im Lande erklären lässt. Mit einer höheren Belastung der Umwelt durch Cäsium sind die Geburtsraten ca. um -20% gesunken und in Gebieten mit mehr als 15 Ci/km² um ca. minus ein Drittel – immer verglichen mit der Zeit vor Tschernobyl.

Die Missbildungsraten sind nach 1994 im ganzen Land weiter angestiegen. Bei Neugeborenen in hochkontaminierten Gebieten ist fast eine Verdoppelung der Missbildungsrate aufgetreten.

Offensichtliche Fehlinformation

Professor Lazjuk schreibt: «Eines der ungelösten Probleme infolge der Tschernobyl-Katastrophe in Belarus ist der Anstieg der Geburtenrate von Kindern mit angeborenen Entwicklungsfehlern, die die zahlenmässig stärkste Gruppe bei menschlichen Erbkrankheiten darstellt. Dieses Problem beunruhigt die Bevölkerung der Republik zutiefst und hat schwerwiegende Gründe. Die aus dem Reaktor ausgetretenen

Radionuklide (Cs-137 und Sr-90) tragen zur Schädigung der Erbanlagen bei (mutagener Effekt) und stören die normale Organbildung (teratogener Effekt).»⁴

Internationale Behörden nehmen dieses Probleme nicht zur Kenntnis. Am internationalen Tschernobyl-Kongress der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) 1996 in Wien kamen Genetiker aus Belarus wie Professor Lazjuk nicht zu Wort. Die offizielle Sprecherin sagte, es sei nichts bekannt über eine mögliche Zunahme von Missbildungen. Lächelnd erwähnte sie «anekdotische» Geschichten von Schweinen mit zwei Köpfen. Sie behauptete, es existiere kein Register, das beweisen würde, dass die Missbildungsraten nach Tschernobyl angestiegen sei. In der Thalidomidaffäre («Contergan», vgl. vorangehender Beitrag «Wer schützt uns vor der IAEO?») wurde dasselbe Argument erfolgreich benutzt.⁵ Doch damals stimmte die Aussage, es gab kein Register. Im Zusammenhang mit Tschernobyl verfängt dieses Argument aber nicht mehr, weil eben Weissrussland über ein ausgezeichnetes Register verfügt. Diese offensichtliche Fehlinformation im Hauptreferat wurde an der IAEO-Konferenz nicht diskutiert, da Vorträge über Krebs folgten und die anschließende Diskussion der Dosimetrie gewidmet werden musste.

Seit Tschernobyl werden bei der Zellteilung im Kern grobe Anomalien sowie Chromosomenanomalien in Blutzellen festgestellt.⁶ Diese Veränderungen treten vor allem bei Menschen auf, die in den radioaktiv kontaminierten Gegenden arbeiteten. Aufgrund dieser Anomalien im Zellkern kann man retrospektiv abschätzen, welcher Strahlendosis ein Mensch ausgesetzt war.⁷

Mutationen beim Kind beruhen meistens auf diskreten Anomalien im Bereich der DNA. Diese führen, wenn sie im Bereich kodierender Abschnitte der DNA stattfinden, zur Substitution von Aminosäuren in Eiweissmolekülen, bzw. Enzymen, und werden von Generation zu Generation übertragen. Dubrova und Mitarbeiter⁸ haben das Blut von 79 Familien, die 250 Kilometer von Tschernobyl entfernt in kontaminiertem Gebiet lebten, untersucht; sie nahmen dafür von Mutter, Vater und Kind Blutproben. Es wurden dann die Minisatellit-DNA-Abschnitte der Eltern mit denjenigen der Kinder verglichen.

Die Frequenz der Mutationen in der Kontrollgruppe – die auf nicht-verseuchtem Gebiet lebte – entsprach den bisherigen Befunden anderswo in der Welt, während in den 79 untersuchten Familien die Mutationsrate doppelt so hoch war als in den Kontrollfamilien. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

In der Zeitschrift «Nature» kommentiert Hillis⁹ von der Universität Texas diese Arbeit sowie jene von Baker und Mitarbeitern¹⁰ in einem Editorial, das mit folgender Aussage endet: «We now know that the mutational effects of nuclear accidents can be much greater than suspected, and that evolutionary rates in at least parts of eukariotic genomes can be raised well beyond levels previously considered possible.»

Mutationsraten wie bei Viren

Goncharova und Ryabokon¹¹ haben zwischen 1986 und 1991 Feldmäuse in besiedelten, aber radioaktiv verseuchten Gebieten Weissrusslands untersucht. In dieser Beobachtungsperiode sind 12 bis 18 Generationen von Feldmäusen zur Welt gekommen, während die Radioaktivität progressiv abnahm. Die Forscherinnen stellten chromosomale Anomalien und Polyploidie in den Knochenmarkzellen der Nager fest. Obwohl die Gesamtbestrahlung progressiv abnahm, haben die Chromosomenanomalien sowie die Polyploidie der Knochenmarkzellen jährlich zugenommen, was gegen eine Anpassung an die ionisierenden Strahlen spricht.

In zwei Feldmäusespezies, die in der Nähe von Tschernobyl leben, studierten Baker und Mitarbeiter¹² die Sequenz der DNA-Basen eines Genes, das die Synthese von Cytochrom b codiert. Dieses Gen wird allein vom Muttertier auf den Embryo übertragen. Im Vergleich mit nichtbestrahlten Tieren, haben Baker und Mitarbeiter bei den Föten eine ca. hundertfache Zunahme von ererbten Substitutionen im entsprechenden Gen gefunden. So hohe Mutationsraten waren in der Zoologie bislang nicht bekannt; diese rasanten, ständigen Mutationen könnte man höchstens bei gewissen Viren antreffen.

Schwächung der Vitalität

Einen eigentlichen Populationssturz hat ein schwedisches Team bei Rauchschwalben (*Hirundo rustica*) beobachtet, die in der Gegend um den geborstenen Reaktor leben. Die Schweden studierten bei strahlenexponierten Schwalben (wie Dubrova und Mitarbeiter bei Kindern in Mogilev), die Sequenz der Basen in der DNA der Minisatelliten. Gleichzeitig untersuchte man Schwalben in nicht-kontaminierten Gebieten in der Ukraine und in Italien. Die Autoren fanden dabei eine hoch signifikante Erhöhung der Mutationsrate im Vergleich zu den nicht bestrahlten Schwalben. Ellegren und Mitarbeiter (1997) studierten

ferner die Überlebenschance der Schwalben mit Teilalbinismus – eine rezessive Anomalie der Pigmentierung, die in der Umgebung von Tschernobyl häufig auftrat. Diese Schwalben, die an Kopf, Rücken und Hals einige weisse Federn aufwiesen, waren unfähig, bis zur nächsten Brutzeit zu überleben und konnten somit keinen Nachwuchs produzieren. Der Rauchschalben-Bestand sinkt in der Umgebung von Tschernobyl signifikant.¹³

Ähnliches fand man bei Karpfen in Weissrussland. Die industrielle Karpfenzucht spielt dort eine wichtige ökonomische Rolle; die Zucht wird von VeterinärmedizinerInnen und BiologInnen systematisch überwacht. Bei Karpfen, deren Weibchen bis zu einer Million Eier legen, wird zwar die Population zahlenmässig nicht sichtbar schrumpfen, auch wenn 70% der Eier letale Anomalien aufweisen – wie es in der Zucht, die Goncharova und Slukvin¹⁴ untersuchten, der Fall war. Diese Zucht liegt in einem mässig kontaminierten Gebiet Weissrusslands (1-5 Curie Cäsium-137/km²). Die Wasserverhältnisse in der Zucht sind optimal und der Boden wie der Schlamm im Weiher weisen nur sehr geringe Schwermetall- und Pestizidkonzentrationen auf.

Goncharova und Slukvin untersuchten Chromosomenanomalien während der Entwicklung der Eier und bei den Jungkarpfen; bei den jungen Fischen verfolgten sie zusätzlich noch die Missbildungen. Insgesamt wurden 28 Typen von Missbildungen notiert, hinzu kamen 15 Mehrfachmissbildungen. Diese Anomalien wurden im Sommer bei den Jungfischen und nochmals im Herbst notiert. Dabei stellten sie fest: Der Prozentsatz der Missbildungen nimmt signifikant zu, wenn die Radioaktivität im Schlamm grösser ist. Schwache Gamma-Strahlung aus dem Schlamm hat einen negativen Einfluss auf die morphologische Entwicklung der Larven und der jungen Fische. Die AutorInnen haben erst 400 Kilometer von Tschernobyl entfernt eine Zucht gefunden, wo die Mutationsrate noch gleich tief war wie vor der Katastrophe.

Missbildungen bei Insekten

Dass niedrige Strahlendosen Schäden verursachen, lässt sich jedoch nicht nur in den verseuchten Gebieten von Tschernobyl feststellen: Cornelia Hesse¹⁵ zeigt, dass bei verschiedenen Insektenarten – vor allem Blattwanzen –, die in der Umgebung von Nuklearanlagen leben, vermehrt feine Hautmissbildungen sowie grobe Flügel- oder Körpermisbildungen auftreten. Eine Studie mit randomisierter Sammlung der Insekten (man legt ein imaginäres Netz mit Quadraten von 1 km mal 1 km über das Untersuchungsgebiet, in den jeweiligen Eckpunkten sammelt man die Insekten ein) ergab, dass die höchste Missbildungsrate (18%) in der Nähe unserer normal funktionierenden AKW auftrat.

Viele Arbeitsgruppen interessieren sich zunehmend für die übertragbare Schwächung des Genoms durch extrem kleine Strahlendosen. Morgan und Mitarbeiter¹⁶ haben 1996 das Problem der Genominstabilität zusammengefasst: Sie vermuten anhand von schwachbestrahlten Zellen den Zusammenhang von Krebsentwicklung mit diesen zeitlich verschobenen Mutationen, DNA-Schäden, Genverlusten und Chromosomenaberrationen. Bei Zellteilungen werden zuerst keine DNA-Schäden festgestellt, doch die Instabilität des Genoms führt nach mehreren Zellteilungen zu Chromosomen- oder DNA-Schäden. Es könnte sich um eine Schwächung der Reparaturenzyme handeln, doch auch andere Mechanismen werden für diese Instabilitäten verantwortlich gemacht. Diese Befunde müsste MedizinerInnen veranlassen, mit den Risiken sehr niedriger Strahlendosen wesentlich vorsichtiger umzugehen.¹⁷

- 1 G.I. Lazjuk et al. in the Chernobyl papers, Vol. I, Doses to the Soviet population and early health effects studies, Ed. Mervin, S.E. & Balanov, M.I., p 385-397. Research Entreprises, Cichland, W.A. 1993, zitiert von Ellegren H. et al 1997/Personal Communication 1996
- 2 G.I. Lazjuk, I.A. Kirilova, D.L. Nikolaev, I.V. Novikova, Z.N. Fomina & R.D. Khmel: Radiation Protection Dosimetry Vol 62. No 1/2, pp 71-74 1995
- 3 A.M. Slukvin: Thesis im Druck. Institut für Genetik und Cytologie, Belarus Akademie der Wissenschaft, Minsk, 1997/Goncharova und Slukvin, pers. communication 1997
- 4 G.I. Lazjuk, D.L. Nikolajev & U.W. Nowikowa: Dynamik der angeborenen und vererbten Pathologien in Folge der Katastrophe von Tschernobyl, in: International Congress „The World after Chernobyl“, p. 123-131, Minsk 1996
- 5 vgl. Fussnote 8

- 6 vgl. Fussnote 12 und 14
- 7 J. Weber, W. Scheid, H. Traut: Biologische Dosimetrie zum Nachweis erhöhter Umweltstrahlenbelastung – Besonderheiten der Alpha-Strahlung. Gesundheitliche Risiken und Folgen des Uranbergbaues in Thüringen und Sachsen. E. Lengfelder, S. Pflugbeil, W. Köhlein (Hrsg.): Gesellschaft für Strahlenschutz e.V., 2. Jahrestagung, ISBN 3-8208-1259-8
- 7a. G. Mindek, C. Michel: Biological Dosimetry Investigations on 25 Persons from Luginy (formerly USSR). PSI Newsletter, Annual Report 1991, Annex II (1991) pp. 93-94.
- 8 Y.E. Dubrova, V.N. Nesterov, N.G. Krouchinsky, V.A. Ostapenko, R. Neumann, D.L. Neil & A.J. Jeffreys: Human minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident, NATURE : Vol 380, p. 683-686, 25 April 1996
- 9 D.M. Hillis: Life in the hot zone around Chernobyl. NATURE Vol. 380 , p. 665-666, 25 April 1996
- 10 R.J. Baker, R.A. Van den Bussche, A.J. Wright, L.E. Wiggins, M.J. Hamilton, E.P. Reat, M.H. Smith, M.D. Lomakin & R.K. Chesser: High levels of genetic change in Rodents of Chernobyl. Nature, Vpl 380, p. 707-708, 25. April 1996
- 11 R.I. Goncharova & N.I. Ryabakon: The levels of cytogenetic injuries in consecutive generations of bank voles inhabiting radio-contaminated areas. Proceedings of the Belarus-Japan Symposium in Minsk. Acute and late Consequences of Nuclear catastrophes: Hiroshima-Nagasaki and Chernobyl, p 312-321, Oct 3-5, 1994
- 12 vgl. FN 19
- 13 H. Ellegren, G. Lindgren, C.R. Primmer & Møller: Fitness loss and germline mutations in barn swallows breeding in Chernobyl. NATURE, Vol 389 ; p 593-596, 9 October 1997
- 14 R.I. Goncharova & A.M. Slukvin: Study on Mutation and modification variability in young fishes of *Cyprinus carpio* from regions contaminated by the Chernobyl radioactive fallout. 27-28 October 1994, Russia-Norwegian Statellite Symposium on Nuclear Accidents, Radioecology and Health, Abstract Part 1, Moscow, 1994; siehe auch Fussnote 13
- 15 Cornelia Hesse: Pers. Communication; ihr neues Buch erscheint 1998
- 16 W.F. Morgan, J.P. Day, M.I. Kaplan, E.M. McGhee & C.L. Limoli: Genomic instability induced by ionizing radiation. Radiation Research Vol 146, p. 245-258, 1996
- 17 dito

Schilddrüsenkrebs nach Tschernobyl

Nach dem Tschernobyl-Unfall traten in Weissrussland und der Ukraine zahlreiche kindliche Schilddrüsenkrebsfälle auf. Das Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern hat diese Krebsepidemie untersucht und präsentiert hier die Ergebnisse.

A. Kofler, J. P. Bleuer, Th. Abelin*

Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl fand im April 1986 statt. Schon vier Jahre später wurden aus der Ukraine die ersten Fälle von kindlichem Schilddrüsenkarzinom gemeldet, die als mögliche Folge des Unfalles diskutiert wurden.¹ In der folgenden Zeit fand in der betroffenen Region ein stetiger Anstieg der Inzidenz statt. In Weissrussland wuchs sie um über das Zwanzigfache der Ausgangswerte an. Bis 1995 stieg dort die Gesamtzahl der Fälle auf über 500. Diese Kinder waren fast ausnahmslos vor 1986 geboren worden, unter später geborenen Kinder wurden bisher nur 7 Fälle registriert.

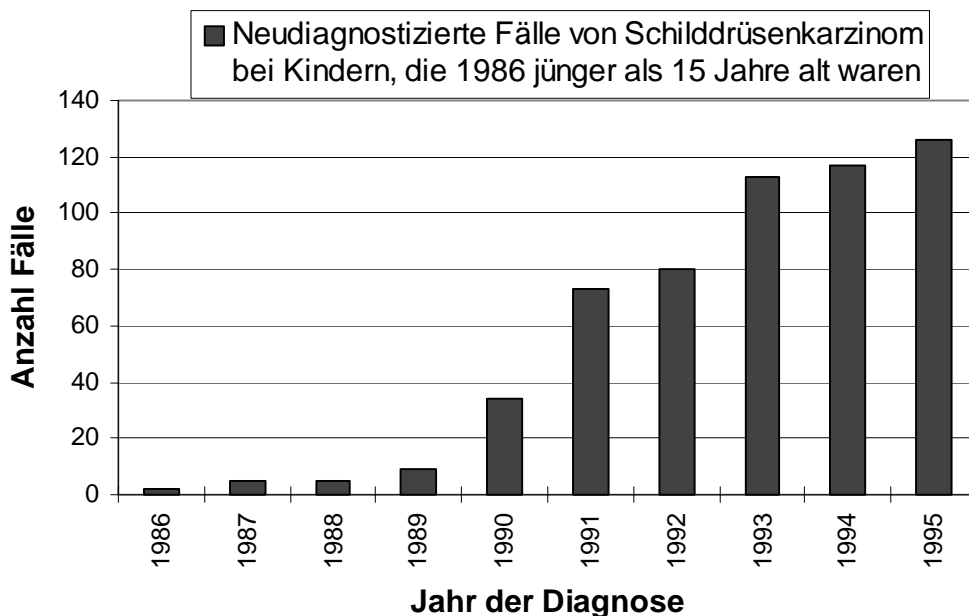


Abb 1: Tabelle Inzidenz der Kindlichen Schilddrüsenkarzinome bis 1995

Trotz steigender Fallzahlen wurde der kausale Zusammenhang zwischen der radioaktiven Belastung Weissrusslands und der Krankheit vor allem am Anfang in Zweifel gezogen. Während externe radioaktive Strahlung als Ursache von Schilddrüsenkarzinomen als erwiesen gilt, weiss man über die Wirkung von inkorporierten radioaktiven Isotopen insbesondere auf Kleinkinder wenig.

Radioaktives Iod wird für mehrere medizinische Zwecke verwendet, so zum Beispiel bei der Behandlung verschiedener Schilddrüsenerkrankungen oder als Tracersubstanz. Bei diesen PatientInnen wurde bisher keine erhöhte Inzidenz von Schilddrüsenkarzinomen beobachtet. Aus Tierversuchen ergeben sich jedoch Hinweise auf die Karzinogenität von radioaktivem Iod.²

In der Diskussion über die Ursachen der gestiegenen Inzidenz des kindlichen Schilddrüsenkarzinoms in Weissrussland wurden folgende Argumente geäussert: Die wachsende Anzahl der Fälle sei im wesentlichen auf eine

gesteigerte Aufmerksamkeit und aktives Suchen zurückzuführen. Dabei würden einerseits latente Mikrokarzinome entdeckt, andererseits würden nun auch jene Tumore registriert, die in den Jahren vor Tschernobyl nicht gemeldet worden seien.

Ein Vergleich der Durchmesser der operativ entfernten Tumore und deren Stadien lassen jedoch diesen Sachverhalt sehr unwahrscheinlich erscheinen. Auch weisen die offiziellen Statistiken für die Zeit vor 1986 mit westlichen Ländern vergleichbare Inzidenzen auf.³

Die kurze Latenzzeit bis zum Auftreten der ersten Fälle gab ebenfalls Anlass, das Reaktorunglück als Ursache in Zweifel zu ziehen. Zwar wurden auch schon früher Latenzzeiten zwischen Exposition und Ausbildung eines Schilddrüsenkarzinoms von weniger als fünf Jahren beobachtet, aber noch nie ein so steiler Anstieg der Inzidenzkurve. Möglicherweise ist dies aber nur Ausdruck eines stark erhöhten Erkrankungsrisikos und Vorbote einer Epidemie noch grösseren Ausmasses.

Exakte Messungen fehlen

Weiter wurde darauf hingewiesen, dass in einigen Gegenden mit starker radioaktiver Belastung vergleichsweise wenige Fälle von Schilddrüsenkarzinomen auftraten. Dieses Argument lässt jedoch ausser acht, dass die Messungen der Radioaktivität vor allem Cäsium und nicht die für die Pathogenese massgeblichen Iod-Isotope erfassten. Von diesen existieren nur wenige Messwerte, da sie kurze Halbwertszeiten aufweisen, zudem wurden die Messungen mit einer gewissen Verspätung und nur an wenigen Orten durchgeführt. Dadurch hat man die Möglichkeit einer ausführlichen Dokumentation verpasst.

Hinweise auf den ursächlichen Zusammenhang des Reaktorunfalles mit den Schilddrüsenkarzinomen bei Kindern ergeben sich aus der geographischen Verteilung, wobei zunächst die sehr hohen Inzidenzen in der Grenzregion nahe bei Tschernobyl auffallen. Eine Möglichkeit, um dies genauer untersuchen zu können, stellt das Kriging dar, eine Methode, die aus der Geostatistik stammt und dort verwendet wird, um beispielsweise die Verteilung von Bodenschätzen abzuschätzen. Dabei werden Werte zwischen den verstreuten Messpunkten interpoliert; dies erlaubt eine Kartographie, auch wenn nur eine beschränkte Anzahl Messungen vorliegt. Die derart erzeugte Karte der Inzidenz des kindlichen Schilddrüsenkarzinoms weist eine grosse Ähnlichkeit mit der offiziellen Karte der Belastung mit Iod-131 auf. Zwar muss man diese Karte mit einigen Vorbehalten betrachten, da sie auf einer Dosisrekonstruktion beruht, welche die Cäsium-Messungen verwendet und deren Methode nicht veröffentlicht wurde. Jedoch wurde sie publiziert, bevor die Verteilung der Schilddrüsenkarzinome bekannt wurde, sodass eine Beeinflussung durch diese ausgeschlossen werden kann.⁴

Hilfe benötigt Forschung

Insgesamt lässt sich heute sagen, dass die stark gestiegene Inzidenz des kindlichen Schilddrüsenkarzinoms in Weissrussland mit hoher Wahrscheinlichkeit als eine Folge der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl angesehen werden kann. Der weitere Verlauf der Epidemie ist nur schwer abzuschätzen, da Erfahrungen mit derartigen Ereignissen fehlen. Dies zeigt die Wichtigkeit der weiteren Forschung, nicht nur, um neue Erkenntnisse über die Auswirkungen von niedrig dosierter Strahlung zu gewinnen, sondern auch, um der Bevölkerung konkret zu helfen. Beispielsweise können so bei Screening-Programmen die beschränkten Mittel effizient eingesetzt werden, indem man sich auf die am stärksten betroffenen Regionen und Altersgruppen konzentriert.

A. Kofler, J. P. Bleuer, Th. Abelin, Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern, Finkelhubelweg 11, 3012 Bern (WHO Collaborating Centre for Epidemiology of Radiation and Thyroid Disease). Die Autoren danken dem Bundesamt für Gesundheit für die finanzielle Unterstützung.

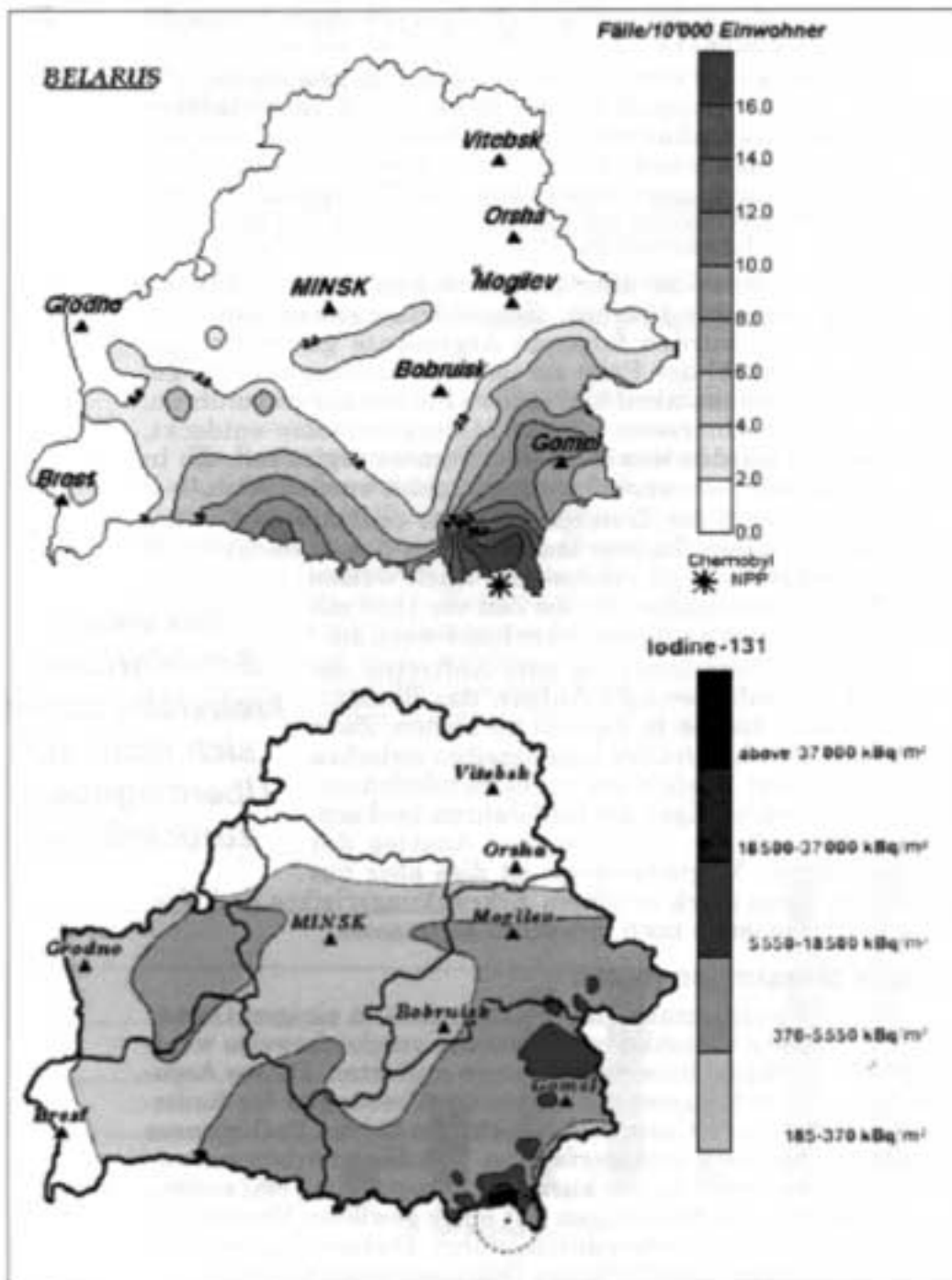


Abb. 2a: Durch Kriging gezeichnete Karte der kumulativen Inzidenz der Schilddrüsenkarzinome bei Kindern in Weissrussland (Daten bis 1995 berücksichtigt)

Abb. 2b: Karte der Verteilung von Iod-131 nach dem Reaktorunglück 1986 (aus «Thyroid cancer in Belarus post-Chernobyl: Improved detection or increased incidence?»³, mit freundlicher Genehmigung des Birkhäuserverlages)

Schilddrüsenkrebs

¹ Prisyazhiuk A, Pjatak O, Buzanov VA, Reeves GK, Beral V. Cancer in Ukraine, post-Chernobyl. Lancet 1991;338:1334-5.

² Thyroid Cancer in Children living near Chernobyl Expert panel report on the consequences of the Chernobyl accident Edited by Williams D, Pinchera A, Karaoglou, Chadwick KH Commission of the European Communities, Brüssel 1993

- ³ Abelin T, Averkin JI, Egger M, Egloff B, Furmanchuk AW, Gurnter F, Korotkevich JA, Marx A, Matveyenko II, Okeanov OE, Ruchti C, Schäppi W.
Thyroid cancer in Belarus post-Chernobyl: Improved detection or increased incidence? *Soz. u. Präventivmedizin* 1994; 39: 189 - 197
- ⁴ Bleuer JP, Dubois G, Prudyvus IS, Maignan M, Averkin JI, Krivoruchko KA, Abelin T. Analysis of spatial correlation of radioactive iodine deposition and thyroid cancer occurrence in Belarus post-Chernobyl *Health effects of low dose radiation* British Nuclear Energy Society, London 1997

Nutzbringende Strahlung

Die Nuklearmedizin ist aus der Medizin nicht mehr wegzudenken. Doch dazu benötigt sie Radionuklide und produziert damit geringe Mengen radioaktiven Abfall.

Prof. Dr. med. A. Nidecker ist Radiologe und führt in Basel ein Röntgeninstitut; Untere Rebgasse 18, 4058 Basel.

Das Fach der Nuklearmedizin konzentriert sich in den meisten Fällen auf das Erkennen beziehungsweise die Diagnostik bestimmter Erkrankungen mittels radioaktiver Substanzen, sogenannter Radiopharmaka. Bei der nuklearmedizinischen Diagnostik wird ein kurzlebige Radiopharmakon – das heisst eines, das nur wenige Stunden aktiv ist – in den Körper des Patienten injiziert. Anschliessend kann man mit einem empfindlichen Diagnoseinstrument (der Gammakamera) die Verteilung des Radiopharmakons in den Geweben prüfen.

Herzstück der Gammakamera bilden die Szintillationskristalle, welche die aus dem Körper des Patienten eintreffenden Gammaquanten in Blitze oder Szintillationen verwandeln, weshalb dieses Diagnoseverfahren auch «Szintigraphie» genannt wird.

Radiopharmaka bestehen aus einer radioaktiven Substanz und einem Trägermolekül. Letzteres bestimmt in erster Linie, wo sich die betreffende Substanz im Körper ansammelt. Dies kann beispielsweise im Knochen, im Herz, in der Schilddrüse, in den Nieren, Lungen oder im Gehirn sein. Am häufigsten verwendet die moderne nuklearmedizinische Diagnostik als Radionuklid ein Technetium-Isotop, das eine Halbwertszeit von sechs Stunden aufweist.

Die Szintigraphie stellt ein ergänzendes Verfahren zur Röntgendiagnostik dar: Röntgenaufnahmen stellen die Form und Anatomie der Organe dar, die Szintigraphie macht hingegen deren Funktion sichtbar.

Klinische Anwendung

Viele Erkrankungen können im Frühstadium oft nur szintigraphisch erfasst werden, weshalb die nuklearmedizinische Diagnostik aus der modernen Radiologie nicht mehr wegzudenken ist. So werden nuklearmedizinische Bilder benötigt, um beispielsweise festzustellen, wie weit sich ein Tumor ausgebreitet hat; man kann aber auch bei einer Lungenembolie das Blutgerinnsel in der Lunge beobachten oder die Durchblutung des Gehirns respektive der Nieren kontrollieren oder bestimmte Knoten in der Schilddrüse typisieren.

Die Nuklearmedizin hat sich aber auch bei der Diagnostik von Herzdurchblutungsstörungen bewährt. Versteckte, weil mittels Röntgenbildern nicht erfassbare Überlastungszustände des Skeletts oder gar Ermüdungsbrüche lassen sich szintigraphisch ebenfalls gut erfassen.

Seltener kommt die Nuklearmedizin auch bei der Behandlung von Erkrankungen zum Zug: So kann eine Überfunktion der Schilddrüse gelegentlich mittels einer Radioiodtherapie angegangen und Knochenmetastasen können unter Umständen mit Radiophosphor behandelt werden.

Produktion von Radionukliden

Bei Radionukliden oder Isotopen handelt es sich um Variationen eines bestimmten chemischen Elements, erklärbar durch deren unterschiedliche Anzahl von Neutronen im Kern. Nuklide können stabil oder instabil sein. Instabile Isotope teilen und verwandeln sich dabei in andere chemische Elemente; bei diesem Spaltungsprozess wird radioaktive Strahlung freigesetzt. Es gibt natürliche Radionuklide – wie zum Beispiel Uran-, Thorium- oder Kaliumisotope – sowie künstlich erzeugte. Die künstlichen Radionuklide kann man produzieren, indem man stabile Nuklide in einem Kernreaktor mit Neutronen, Protonen, Alphateilchen oder schweren Ionen bestrahlt.

Instabile Nuklide weisen unterschiedlich lange physikalische Halbwertszeiten (HWZ) auf, die von einigen Sekunden bis zu Jahrtausenden dauern können. Daneben gibt es aber auch die biologische Halbwertszeit; dies ist die Zeit, die der Körper normalerweise braucht, um die Hälfte der Radionuklide, die sich im Organismus befinden, auszuscheiden.

Die physikalische HWZ muss zusammen mit der biologischen HWZ der Trägersubstanz berücksichtigt werden – daraus resultiert dann die sogenannte effektive Halbwertszeit, welche bestimmt, wie lange ein Radiopharmakon im Körper aktiv bleibt und für die Untersuchungen genutzt werden kann, aber auch wie lange die Strahlenbelastung andauert.

Da die Strahlenbelastung des Organismus möglichst gering sein sollte, haben kurzlebige Radionuklide in der Nuklearmedizin eine besondere Bedeutung. Sie lassen sich im Cyclotron, in einem Kernreaktor oder durch «Elution» (Auswaschung) in einem radioaktiven Generator erzeugen. In diesem Generator befindet sich eine langlebige Muttersubstanz, die ein kurzlebiges Tochternuklid liefert. Am häufigsten werden Molybdän-Generatoren (Molybdän-99) verwendet, welche als Tochternuklide das oft verwendete Technetium-99 liefern. Die Generatoren – thermosflaschengrosse Behälter, die man auch «radioaktive Kühe» nennt – werden zusammen mit der Muttersubstanz kommerziell vertrieben und in nuklearmedizinischen Abteilungen oder Instituten im Abonnement (z.B. wöchentlich) angeliefert.

Das Technetium-Eluat wird anschliessend zur Markierung der Trägersubstanz verwendet, welche in Form eines Kits zur Verfügung steht. Daraus entsteht schliesslich das Radiopharmakon respektive die Substanz, welche zur Diagnose benötigt wird.

Strahlenbelastung und Strahlenschutz

Die Nuklearmedizin hat trotz neuerer bildgebender Verfahren in der Radiologie – wie die Computer- und Magnetresonanztomographie – in den vergangenen Jahren ihren Platz in der Diagnostik behalten. Weltweit werden in den reichen Ländern Hunderttausende von Untersuchungen jährlich durchgeführt. Folgende Tabelle gibt Auskunft über die Strahlenbelastung durch einige der gängigen nuklearmedizinischen Untersuchungen im Vergleich zu den empfangenen Dosen durch Röntgenuntersuchungen:

| Untersuchung | Effektive Äquivalentdosis ¹ |
|----------------------|---|
| Szintigraphie: | |
| Hirn | 5 mSv |
| Leber | 1 mSv |
| Knochen | 4 mSv |
| Schilddrüsen | 0.8 mSv |
| Röntgenbild: | |
| Thorax | 0.05 mSv |
| Schädel | 0.15 mSv |
| Computertomographie: | |
| Abdomen | 2.6 mSv |
| Thorax | 4.8 mSv |
| Kontrastdarstellung: | |
| Magendarm-Trakt | 3.8 mSv |
| Dickdarm | 7.7 mSv |

Zum Vergleich:

| | |
|---|--------|
| Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen | 20 mSv |
| Jahresgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung | 1 mSv |

Die angegebenen Zahlenwerte sind Durchschnittswerte. Das Spektrum der Strahlenbelastung ist bei den Szintigraphien nicht so gross wie bei den Röntgenverfahren, weil gewöhnlich immer wieder die gleichen, international als adäquat erachteten Quantitäten der Radiopharmaka appliziert werden. Unterschiedliche Strahlenbelastungen der PatientInnen treten deshalb auf, weil jeder Mensch die Radiopharmaka unterschiedlich schnell abbaut und ausscheidet, so dass die radioaktiven Substanzen je nachdem länger oder kürzer im Körper verweilen.

Bezüglich Strahlenschutz muss bei der Verwendung radioaktiver Substanzen sowohl der Patient, als auch das Personal berücksichtigt werden. Immer muss das Risiko der nuklearmedizinischen Untersuchung dem Nutzen beziehungsweise der erwarteten Aussage gegenübergestellt werden. Massgeblich für den Strahlenschutz bei der medizinischen Anwendung radioaktiver Stoffe ist in der Schweiz die Strahlenschutzverordnung.² Strahlenschutzmassnahmen sind streng und betreffen einerseits bauliche Massnahmen in den Untersuchungsräumen, andererseits auch Transport, Aufbewahrung und Verwendung der Radiopharmaka vor und während der Untersuchungen. Grundsätzlich werden nuklearmedizinische Untersuchungen nur von speziell geschultem, medizinisch-technischem Röntgenpersonal durchgeführt und die Untersuchungsergebnisse durchwegs von NuklearmedizinerInnen und RadiologInnen interpretiert.

Radioaktive Abfälle aus der medizinischen Diagnostik

Radioaktive Abfälle werden in radioaktive Abluft, flüssige und feste, aber auch in lang- und kurzlebige radioaktive Abfälle unterteilt. Dabei werden verschiedene Kategorien unterschieden³:

1. Die hochaktiven Abfälle aus kommerziellen und (bsp. in den USA) militärischen Anlagen.
2. Die transuranen Abfälle (hauptsächlich Alphastrahler) aus der militärischen Produktion.
3. Die Minenabfälle aus dem Uranerzabbau.
4. Die schwach- und mittelaktiven Abfälle aus der kommerziellen Kernenergienutzung, der Forschung und der Medizin.

In der Schweiz wird der Gewichtsanteil hochaktiver Abfälle als sehr klein (12 Tonnen pro Jahr) gegenüber den schwach- und mittelaktiven Abfälle (735 Tonnen jährlich) angegeben.⁴ Aus der medizinischen Diagnostik fallen nur schwachaktive Abfälle (gebrauchte Molybdän-99-Generatoren, kontaminierte Handschuhe, Lappen, Spritzen etc.) an, die jedoch in Volumen, vor allem aber bezüglich ihrer Aktivität nur einen sehr geringen Anteil aller schwachaktiven Abfälle ausmachen: Im Jahr 2033 – wenn die heute noch laufenden Reaktoren abgebrochen sind und endgelagert werden müssen – wird die Medizin zusammen mit der Forschung und der Industrie lediglich 0,03 Prozent zum insgesamt anfallenden Strahleninventar in der Schweiz beisteuern.⁵

Ähnlich sieht es auch in den USA aus. Dort stammen ebenfalls die allergrössten Abfallmengen sowohl in Volumen als auch in Radioaktivität aus der kommerziellen Kernenergienutzung, der Atomwaffenproduktion sowie dem Uranerzabbau. Es wurden in den USA durch die Nuclear Regulatory Commission (NRC) in den vergangenen Jahrzehnten über 20 000 Lizenzen zur Herstellung und zum kommerziellen Gebrauch radioaktiver Substanzen ausgestellt. Die meisten dieser Betriebe (Spitäler, Radionuklidhersteller, Forschungsbetriebe) produzieren jedoch «low-level waste», niedrigaktive Abfälle. Von diesen kommerziellen Betrieben, welche schwachaktive Abfälle erzeugen, ist die AKW-Industrie mit ca. 70 Prozent des Volumens und 95 Prozent der Radioaktivität in Curie bei weitem die grösste Quelle.⁶

- ¹ Aus: Shields RA, Lawson RS. Effective dose equivalent. Nuclear Medicine Communications, 8 (851 - 855), 1987
- ² StSG 814.50 und StSV 814.501, 1991
- ³ Aus: Makhijani A, Saleska S. High-level Dollars, low-level Sense - A critique of present policy for the Management of long-lived radioactive Waste and Discussion of an Alternative Approach
- ⁴ Radioaktive Abfälle unter Kontrolle. Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung (INFEL) des Verbands Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)
- ⁵ Die Daten basieren auf einer Berechnung von Heini Glauser, SES, 1995
- ⁶ DOE, 1990d. US Dept of Energy. Integrated Data Base for 1990: US spent fuel and radioactive waste inventories, projections and characteristics . DOE/RW-0006, Rev. 6

Bankrotterklärung der Plutoniumwirtschaft

Jedes Atomkraftwerk, das MOX-Brennstoff einsetzt, ist ein Lager von direkt waffenfähigem Plutonium, wie eine neue, internationale Studie konstatiert. In der Schweiz betrifft dies die Atomkraftwerke Beznau I und II sowie Gösgen

Mycle Schneider

Mycle Schneider ist Direktor von WISE-Paris und erhielt 1997 den alternativen Nobelpreis (WISE-Paris, 31-33 rue de la colonie, F-75013 Paris, Tel: +33-1-45 65 47 93, Fax: +33-1-45 80 48 58).

Es ist, als sei ein 45 Jahre währender Traum zu Ende gegangen.

Am 2. Februar 1998 hat die französische Regierung den Schnellen Brüter Superphénix im Rhonetal endgültig zurück in die Asche geschickt. Die energetische Fatamorgana der Brutreaktoren begann am 20. Dezember 1951: An diesem Tag erzeugte der Experimental Breeder Reactor No. 1 (EBR-1) im US-amerikanischen Idaho Falls als weltweit erstes Atomkraftwerk Strom und brachte vier 200-Watt-Glühlampen zum Leuchten. Die Faszination der Technokraten war verständlich und liess sich ohne Schwierigkeiten auf die Politiker übertragen. Schliesslich sollten diese wundersamen Maschinen mehr Plutonium erzeugen, als sie zur Energieproduktion verbrauchen – ein energetisches Perpetuum Mobile. Während 1976/77 die Schlägertruppe der Bereitschaftspolizei CRS wiederholt in Creys-Malville den Weg für die Baumaschinen gegen den erbitterten Widerstand der Bevölkerung freiprügeln, verkündete der Chef des Atomenergiekommissariats das Ergebnis seines Blicks in die Kristallkugel: Bis zum Jahrhundertwechsel sei weltweit mit 540 Kraftwerken vom Typ Superphénix zu rechnen. Parallel dazu errechnete die Nuclear Energy Agency der OECD, dass bis zum Jahr 2000 allein in ihren damals 24 Mitgliedsländern weit über 1 000 herkömmliche Reaktoren in Betrieb sein werden. Man sprach von bevorstehenden schweren Versorgungsengpässen und einer entsprechenden Verteuerung des Natururans.

Doch es kam anders. Die Atomeuphorie war in den USA bereits verfliegen, als es in Westeuropa erst losging. Die letzte, nicht stornierte Bestellung eines amerikanischen AKW datiert vom Oktober 1973. Heute sind in der OECD 328 AKW in Betrieb, Tendenz fallend – also nicht einmal ein Drittel der erwarteten Meiler. Statt ins Uferlose zu steigen, purzelte der Uranpreis von einem historischen Tief ins andere. In den Bereichen Konversion und Anreicherung von Uran entstanden gigantische Überkapazitäten.

Der Superphénix von Creys-Malville ist der einzige, jemals fertiggestellte Brutreaktor der anvisierten industriellen Grössenordnung von 1 200 Megawatt (MW). Am Heiligabend 1996, genau 45 Jahre und vier Tage nachdem der EBR-1 die erste atomare Kilowattstunde in Idaho produziert hatte, wurde der Superphénix für einen «geplanten Stillstand» – für Reparaturen und Umbauten, die sechs Monate dauern sollten – vom Netz genommen. Niemand ahnte, dass die zwei gigantischen 600-MW-Turbinen sich nie wieder drehen sollten. Doch im Februar 1997 kassierte das höchste französische Gericht, der Conseil d'Etat, die Betriebsgenehmigung des Brüters. Die Regierung hatte die Bestimmung des Reaktors allzu leichtfertig von Stromproduktion auf Forschung umgeschrieben.

Mindestens 15 Milliarden verloren

Im März 1997 verabschiedeten dann die Sozialistische Partei und die Grünen eine gemeinsame Plattform für die unerwarteten Neuwahlen, in der das Abschalten des Brüters ganz oben stand. Im Juni 1997 bestätigte der frischgewählte Premier Lionel Jospin die «Aufgabe» des Superphénix. Dieser Begriff – «l'abandon» im Französischen – führte schnell zu Spekulationen. Damit sei nicht ausgeschlossen, hiess es, den Reaktor noch einmal anzuwerfen, und sei es nur, um den Restbrennstoff zu nutzen. Erst die

interministerielle Erklärung vom Februar 1998 machte dem Spuk ein endgültiges Ende: Der Brüter wird definitiv stillgelegt und abgebrochen.

Das Erwachen ist bitter. Laut Berechnungen des Cour des Comptes von 1996 hat das Abenteuer Superphénix ca. 60 Milliarden französische Francs (ca. 15 Milliarden Schweizer Franken) verschlungen. Diese Rechnung ist zweifellos noch grob unterschätzt. Sie veranschlagt für den Abriss weniger als fünf Milliarden Francs, kaum mehr, als die in Frankreich – aus der Luft gegriffenen – für herkömmliche Kraftwerke angesetzten 15 Prozent der reinen Investitionskosten.

Die ersten Analysen haben freilich gezeigt, dass die Betreiber für diese ultra-moderne Anlage nicht einmal ein Abschaltverfahren entwickelt haben. So bleibt vorerst ungeklärt, wie die rund 4 500 Tonnen Natrium sicher ausgeladen und entsorgt werden sollen. Im Falle des deutschen Brutreaktors in Kalkar, der nie mit Brennstoff beladen wurde und dessen Primärnatrium deshalb auch nie kontaminiert war, dauerten Entladung und Abtransport etwa zwei Jahre. In Malville ist etwa das Fünffache der in Kalkar behandelten Natriummenge zu entsorgen.

Noch offen ist auch die Frage, wohin der bestrahlte Brennstoff des Superphénix verbracht und wie mit einem bereits hergestellten Zweitkern, der weitere sechs Tonnen unbestrahltes Plutonium enthält, zu verfahren ist. Intern gibt die Betreiberfirma NERSA unumwunden zu, dass es keinen Anreiz für die aufwendige Abtrennung des in den Brennstoffen – bestrahlt oder unbestrahl – befindlichen Plutoniums gibt. So wird der Grundgedanke des Plutoniumbrütersystems vielleicht gänzlich ad absurdum geführt und der bestrahlte Brennstoff der direkten Endlagerung zugeführt.

Gewaltige Plutoniumberge

Kein Wunder, mit atemberaubender Geschwindigkeit häufen sich in Westeuropa gewaltige Plutoniumberge an. Während der Ablauf der Geschichte sich nicht nach den Kristallkugelvisionen der Atomindustrie richtete, haben die staatlichen Nuklearunternehmen – Cogema in Frankreich und BNFL in Britannien – den Bau gigantischer Plutoniumfabriken in La Hague (F) und im Sellafield (GB) unbeirrt fortgesetzt. Erst 1989/90 ging in La Hague die Anlagen UP2-800 und UP3 in Betrieb, die die ursprüngliche Kapazität von 400 auf etwa 1600 Jahrestonnen erhöhten. Die neue 800-Tonnen-Anlage THORP in Sellafield startete gar erst 1994; da war der Plutoniumbestand in Britannien bereits auf über 40 Tonnen angewachsen. Die Hauptrolle im Plutoniumpoker spielen neben Frankreich und Britannien vor allem Deutschland und Japan; sie bestreiten etwa 80 Prozent des ausländischen Auftragsvolumens von Cogema und BNFL.

Als die Brüterpleite Anfang der achtziger Jahre ruchbar wurde, entwickelten die Vertreter der Plutoniumwirtschaft das Übergangskonzept «MOX»: Uran-Plutonium-Mischoxydbrennstoff, kurz MOX, sollte in Leichtwasserreaktoren eingesetzt werden. Das abgetrennte Plutonium, das in La Hague und Sellafield anfiel, sollte auf diese Weise absorbiert werden; man wollte so die Lücke füllen, bis die Brüter kommen. Die bestehenden milliardenschweren Verträge müssten nicht in Frage gestellt, die Plutoniumfabriken könnten zu Ende gebaut, das Gesicht der Atomstrategen gewahrt werden. So der Plan.

Die Brüterpleite wurde jedoch nie öffentlich zugegeben, die MOX-Strategie niemals öffentlich diskutiert. Letztere erweist sich heute als perfider Doppel-Trick: Die MOX-Lösung heisst es, erlaube das schwerwiegende Problem der Plutoniumberge zu beseitigen – und erlaubt gleichzeitig, das Problem weiter zu verschärfen. Die Verschärfung des Problems bedeutet, dass zahlreiche Atommeiler auch noch weit in die Zukunft hinein betrieben werden müssen, denn um das Plutonium zurückzuführen, bedarf es natürlich eines gewissen Bestands an Reaktoren. Dies gilt für fast alle Länder, die heute Wiederaufarbeitungsverträge haben.

Es ist klar, dass in keinem westeuropäischen Land ein neues Atomkraftwerk gebaut werden wird. Es geht nur noch um den «Bestandsschutz» laufender Meiler, ob in Deutschland, Holland, Schweden oder in der Schweiz.

Mit der MOX-Strategie versuchen die Stromunternehmen die betroffenen Länder auch langfristig vor vollendete Tatsachen zu stellen. Dies, obwohl die MOX-Produktion und -Nutzung sich eindeutig nicht nur als Plutoniumfalle für Ausstiegswillige, sondern als eindeutiger Irrweg entpuppt hat.

Vernichtende MOX-Kritik

Ende letzten Jahres hat die Projektgruppe International MOX Assessment (IMA) unter der gemeinsamen Leitung von Dr. Jinzaburo Takagi, Direktor des Tokioter Citizens' Nuclear Information Centers, und dem Autor in Tokio, Paris und London ihren Abschlussbericht* vorgelegt. An dem zweijährigen IMA-Projekt haben 15 Wissenschaftler aus sechs Ländern teilgenommen, darunter der ehemalige Direktor des Stockholmer Friedensforschungsinstituts SIPRI Frank Barnaby, der Leiter des Washingtoner Nuclear Control Institutes Paul Leventhal und der stellvertretende Chef der russischen Kontrollbehörde Gosatomnadzor Alexander Dmitriew. Die 335-Seiten-Studie ist eine vernichtende Kritik der Rückführung von Plutonium in herkömmliche Reaktoren: Der IMA-Bericht stellt abschliessend fest, dass «die Nachteile des Plutonium-MOX-Pfades gegenüber der direkten Endlagerung überwältigend sind, ob auf der Ebene industrieller, strategischer, sicherheits- und abfalltechnischer, oder gesellschaftlicher Implikationen».

Die MOX-Strategie ändert nichts an den Grundübeln und Auswüchsen der Plutoniumwirtschaft. Im Gegenteil :

- Anfang 1997, zehn Jahre nach Beginn der industriellen MOX-Nutzung in französischen Reaktoren, lag der Plutoniumbestand in Frankreich und England zusammen bei etwa 120 Tonnen, etwa drei Viertel des weltweiten «zivilen» Bestands. Diese Halde wächst jährlich, trotz MOX-Programmen, um etwa 15 Tonnen an. Im Jahr 2001 wird der «zivile» Bestand den militärischen Bestand voraussichtlich bereits übertreffen.
- Weniger als 10 Kilogramm Plutonium sind nötig für den Bau eines Atomsprengkörpers (die o.g. Menge reicht demnach für etwa 12 000 Bomben).
- Die tödliche Dosis für die Entstehung von Lungenkrebs wird bereits durch die Inhalation von Plutonium im Mikrogrammbereich erreicht (die o.g. Menge reicht theoretisch, um die Weltbevölkerung 10 000 mal zu vergiften).

Laien können mit MOX Bomben bauen

Der IMA-Bericht veröffentlicht darüber hinaus zum ersten Mal die atemberaubende Beurteilung des Proliferationsrisikos von Reaktorplutonium durch den amerikanischen Wissenschaftler Matthew Bunn, stellvertretender Direktor des Programms für Wissenschaft, Technologie und Staatspolitik der John F. Kennedy School of Government der Harvard Universität. Bunn leitete die grossangelegte Untersuchung der National Academy of Sciences zur Entsorgung amerikanischen Waffenplutoniums. Bunns Forschung erlaubte nicht nur Zugang zu bisher geheimgehaltenen Dokumenten «von beispielloser Detailliertheit zu diesem Thema», sondern auch Gespräche mit Waffendesignern aller Atomstaaten. Sein Fazit ist in der Tat selbst für Fachleute von geradezu brutaler Klarheit: Für einen Laien würde die Herstellung eines groben Atomsprengsatzes mit reaktorgrädigem Plutonium «nicht mehr Spezialisierung bedürfen als der Bau einer Bombe mit waffengrädigem Plutonium». Ausserdem erklärte ein russischer Waffendesigner, dass es «unter gewissen Umständen leichter sei, für einen Laien mit reaktorgrädigem Plutonium eine Bombe zu bauen (da kein Neutronengenerator nötig wäre)».

Die Mär vom «schlechten» Plutonium für den Bombenbau ist hiermit endgültig begraben. Ausserdem lassen die Untersuchungen von Frank Barnaby im Rahmen des IMA-Projekts keinen Zweifel an der Tatsache, dass frischer MOX-Brennstoff wie abgetrenntes Plutonium zu beurteilen ist, da seine Herauslösung keinerlei technische Schwierigkeiten bereiten würde. Damit wird jeder MOX-lagernde Standort, also auch jeder betroffene Reaktor, zu einem Lager von direkt waffenfähigem Material. Ein Alptraum für die Vertreter von Staat und Industrie, die für den physischen Schutz von Atomtransporten verantwortlich sind.

Den Plutoniumpoker beenden

Die IMA Studie belegt, dass MOX-Brennstoff ausserdem die Betriebssicherheitsmarge der AKW verringert, die Konsequenzen eines hypothetischen Unfalls verschlimmert, das Problem des abgebrannten Brennstoffs verschärft und die Brennstoffkosten erheblich steigert. Es ist erstaunlich, mit welcher Leichtigkeit die MOX-Option bisher von den westlichen Demokratien – ohne jegliche Rechtfertigung ihrer Promotoren – hingenommen worden ist. Dramatisch ist die Tatsache, dass die Plutoniumindustrie es offensichtlich bisher verstanden hat, ihre Strategie als Fatalität zu verkaufen. Die Politik – heute meist weit davon entfernt, Plutonium als Idealsubstanz verteidigen zu wollen – sieht sich unfähig, das Zepter wieder in die Hand zu nehmen.

Und doch, wenn wir unseren Kindern eine andere Zukunft hinterlassen wollen, als das Krisenmanagement des Erbes unserer Eltern, müssen wir die Optionen wieder eröffnen. Es kann nicht angehen, dass weiterhin Schadensbegrenzung der Entscheidungen von gestern über Kenntnisse und Wertvorstellungen von heute siegt. Plutonium ist ein menschengemachtes Problem. Die Effizienz der Nutzung seines Energiepotentials hat sich in grauenhafter Form auf die Nagasakibombe beschränkt. Alle anderen Versuche sind definitiv gescheitert. Der Nutzen ist weit davon entfernt, die Kosten zu decken. Die Plutoniumberge sollten deshalb der am wenigsten schlechten Lösung zugeführt werden: Die Konditionierung mit anderem hochaktiven Müll zu einem «endlagergerechten Gebinde». Was immer das heissen mag.

Jinzaburo Takagi et al.: «Comprehensive Social Impact Assessment of MOX Use in Light Water Reactors», Citizens' Nuclear Information Center, Tokio, November 1997, 335 Seiten; zu beziehen auf Rechnung bei WISE-Paris, 400 fF (160 fF für NGOs) + MWSt. + Porto.

Trugbilder im Energiebereich

Gehört die Zukunft den «fortgeschrittenen nuklearen Systemen», den neuen angeblich «absolut sicheren» Reaktoren, wie die Atomindustrie glauben machen will?

Pierre Lehmann ist Kernphysiker und betreibt heute in Vevey das Umweltbüro sede sa; Société d'Etude de L'Environnement, Rue du Midi 33, 1800 Vevey.

Immer wieder tauchen in den Medien Berichte über eine neue Generation sicherer Reaktoren auf; Reaktoren, die angeblich niemals einen Super-GAU verursachen, aber unendlich viel Energie liefern. Aus ökonomischer Sturheit werden Unsummen in diese aussichtslosen Projekte investiert, statt die Mittel in die bessere Nutzung alternativer Energien zu stecken (vgl. auch Kasten S. 56).¹

Diese Wunderreaktoren sollen entweder schwere Atomkerne spalten (Fissionsenergie) oder leichte Kerne zusammenschmelzen (Fusionsenergie). Beide Prozesse haben die US-Amerikaner der Menschheit als Bombenexplosionen vorgeführt.

Kontrollierte Kettenreaktionen sind jedoch nur bei der Atomspaltung möglich. Bei der Kernfusion ist das wegen den benötigten gigantischen Temperaturen (Millionen von Grad Celsius) nicht realisierbar; dennoch bemühen sich Wissenschaftler weiterhin darum – da Forschung oft zum Selbstzweck erfolgt und ohne besondere Begründung weiter betrieben werden kann.

Die neuen Reaktoren fasst das Paul Scherrer Institut (PSI) in Würenlingen unter dem Titel «Fortgeschrittene nukleare Systeme» zusammen.² Ein gemeinsames Merkmal dieser Systeme ist, dass sie höchstwahrscheinlich nie in Betrieb gehen. Weil sie zu gefährlich, zu teuer und zu kompliziert sind. Einige davon sind nicht einmal funktionsfähig.

Sichere Kernspaltung?

Die Atomkraftwerke, die heute in der Landschaft stehen, sind fast alles Leichtwasserreaktoren, von denen es zwei Typen gibt: der Druckwasserreaktor (PWR = Pressurized Water Reactor) und der Siedewasserreaktor (BWR = Boiling Water Reactor). In der Schweiz hat man beide Modelle gebaut: Zwei PWR in Beznau und einen in Gösgen sowie je einen BWR in Mühleberg und Leibstadt.

Diese herkömmlichen Reaktortypen mussten oft mit zusätzlichen Sicherheitssystemen nachgerüstet werden. Der Grund: Ursprünglich wollte man nicht glauben, dass die Kühlung der Brennelemente versagen könnte. Dies ist aber im US-amerikanischen Atomkraftwerk Three Miles Island (TMI-2) in Harrisburg 1979 passiert, wobei man nur knapp an einem Grossunfall vorbeiging. Daraus folgte, dass Notkühlungssysteme (ECCS: Emergency Core Cooling Systems) eingebaut werden mussten.

In den neueren Reaktorkonzepten sind solche Sicherheitssysteme von Anfang an vorgesehen. Einige dieser Konzepte sollen sogar «inhärent» sicher sein, was bedeutet, dass die Sicherheit nicht mehr von aktiven Systemen wie Kontrollstäben abhängt, sondern direkt aus physikalischen Gründen gegeben ist. Ihre Konstrukteure behaupten, diese Reaktoren seien so konzipiert, dass sich beispielsweise bei einer unerwarteten Leistungserhöhung das System physikalisch verändert (z.B. durch Ausdehnung) und dadurch automatisch mehr Neutronen für die Kettenreaktion verloren gehen; die Leistung flache ab und gehe wieder zurück.

Wie sicher diese Reaktoren auch sein mögen, sie werden letztlich dieselben Mengen radioaktiver Abfälle produzieren wie die herkömmlichen Kernkraftwerke. Und keines der AKW wird jemals absolut sicher sein – da absolute Sicherheit nur gegeben ist, wenn keine Kettenreaktion möglich ist.

„Fortgeschrittene« Atomreaktoren“

Die nachfolgende Tabelle fasst die sogenannten «fortgeschrittenen nuklearen Systeme» zusammen:

| <u>Name</u> | <u>Leistung</u> | <u>Bemerkungen</u> |
|--|-----------------|---|
| EPR European Pressurized Water Reactor | 1450 MWe | Verbesserter PWR ausgereiftes Projekt |
| AP600 Advanced Pressurized Water Reactor | 600 MWe | Verbesserter PWR nicht vor 2010 |
| PIUS-PWR Process Inherent Ultimate Safety | 640 MWe | Inhärent sicherer PWR Entwicklung sistiert |
| MHTGR Modular High Temperature Gas-cooled Reactor | 540 MWe | Gasgekühlter Reaktor Entwicklung unsicher |
| IFR Integral Fast Reactor | 1440 MWe | Natrium gekühlter, schneller Reaktor Entwicklung sistiert |
| EFR European Fast Reactor | 1450 MWe | Natrium gekühlter, schneller Reaktor Entwicklung unsicher; BRD und UK beteiligen sich nicht mehr |
| EA Energy Amplifier (auch «Rubbiatron» genannt) | 625 MWe | Bleigekühlter, beschleunigergetrie- bener, schneller Reaktor; Machbarkeit noch nicht nachgewiesen |

Der Energieamplifier (EA) wurden von Carlo Rubbia, ehemaliger Direktor des Nuklearforschungszentrums CERN in Genf, vorgeschlagen. Zweifel an seiner Machbarkeit und an seinen Vorteilen hat selbst das PSI formuliert. Sicher ist nur, dass seine Entwicklung riesige Summen verschlingen würde.

Der Rubbiatron wie der «European Fast Reactor» und der «Integral Fast Reactor» sind «schnelle Reaktoren», die man oft auch als Schnelle Brüter bezeichnet. In diesen Reaktoren geht die Kernspaltung mit «schnellen» Neutronen vonstatten; im Gegensatz zu den herkömmlichen PWR oder BWR, in denen die Kettenreaktion mit langsamen Neutronen (die Neutronen werden durch einen Moderator – meist Wasser – abgebremst) abläuft.

Die schnellen Reaktoren können theoretisch Spaltmaterial «brüten»: Sie wandeln nichtspaltbare Isotope (z.B. Uran-238 oder Thorium-232) in relativ grossen Mengen in spaltbare Isotope (Pu-239, U-233) um. Ursprünglich sollten die Brüter mehr spaltbares Material erzeugen, als sie für die Energieproduktion brauchen. Hätte dies funktioniert, wäre das Potential der Kernenergie massiv gestiegen – man hätte sozusagen ein energetisches Perpetuum mobile besessen.

Der Traum wurde jedoch im französischen Schnellen Brüter Superphénix zum Alptraum. In den letzten Jahren haben praktisch auch alle andern Länder ihre Brüterprogramme sistiert. Man darf deshalb annehmen, dass keine weiteren schnellen Reaktoren gebaut werden. Die Konsequenz ist, dass im Vergleich zu den anderen nichterneuerbaren Energien die Kernenergie weltweit relativ unbedeutend bleibt. Ihre schädlichen Konsequenzen hingegen nicht.

Unmögliche Kernfusion

Die Kernfusion ist die Energiequelle der Sonne. Das funktioniert dort hervorragend, weil die Gravitationskraft in der Lage ist, dem Druck der Fusionsreaktion zu widerstehen, wobei eine stabile Energieproduktion in einem konstanten Volumen möglich wird.

Die Temperaturen in der Sonne betragen Millionen Grad. Ähnliche Temperaturen müssten auch in einem Fusionsreaktor auf der Erde vorhanden sein, da sonst die Kernverschmelzung nicht anhält. Dies kann aber nicht in einem materiellen Behälter stattfinden. Seit etwa fünfzig Jahren versuchen Wissenschaftler vergebens, die Reaktion in einem Magnetfeldbehälter ablaufen zu lassen. Heute wird behauptet, dass ab dem Jahr 2050 die Fusionsenergie auf der Erde verfügbar sein werde. Doch selbst Spezialisten glauben inzwischen nicht mehr daran und fordern, dass dieses teure Forschungsspiel aufgegeben wird.³

Die Fusionsenergie der Sonne strahlt ja bis zu uns und kann problemlos ausgenützt werden. Es ist sinnlos, den Traum des Prometheus neu zu hegen. Will unsere technisierte Zivilisation überleben, muss sie lernen, ausschliesslich mit erneuerbarer Energie auszukommen. Das ist eine Herausforderung – doch realisierbar, wenn wir uns heute an die Arbeit machen.

¹ Association pour le developpement des énergies renouvelables (ADER): L'énergie au futur. Editions d'en Bas, 1997

² Paul Scherrer Institut (PSI): Fortgeschrittene nukleare Systeme im Vergleich. Bericht 96-17, Sept. 1996

³ Physics Today, march 1997

Angekündigte Verseuchung

Die Nagra will am Wellenberg ein Endlager bauen – so eines, wie die Schweden in Forsmark betreiben. Doch kündigt sich dort bereits die schleichende atomare Verseuchung an.

*Mats Törnqvist**

Die Endlagerung des schwach- und mittelaktiven Nuklearabfalls aus den schwedischen Atomkraftwerken soll – gemäss den aktuellen Plänen – in einem unterirdischen Lager stattfinden. Das Lager befindet sich 60 Meter unter dem Ostseeboden ausserhalb von Forsmark, ungefähr 200 Kilometer nördlich von Stockholm. Die Ostsee ist an jener Stelle etwa fünf Meter tief.

Die Lagerstätte wurde in den achtziger Jahren gebaut und ging 1988 in Betrieb. Sie besteht aus vier 160 Meter langen Sälen sowie einem Betonsilo, der 53 Meter hoch ist und einen Durchmesser von 27,5 Meter hat. Das Abfall-Gesamtvolumen, das darin untergebracht werden soll, umfasst ungefähr 90 000 Kubikmeter, wovon 33 000 Kubikmeter im Silolager eingelagert werden.

Man beabsichtigt nicht nur Müll aus den AKW, sondern auch den radioaktiven Abfall der Forschungsanlage in Studsvik sowie aus Krankenhäusern und der Industrie dort zu deponieren. Die «Svensk Kärnbränslehantering» (SKB), das schwedischen Pendant zur Nagra, betreibt die Anlage.

Das spezielle Atomtransportboot «Sigyn» führt den Abfall aus den verschiedenen Kernkraftwerken zu einer Hafenanlage an der Küste. Von da bringt ein Spezialfahrzeug die gefährliche Fracht durch einen kilometerlangen Tunnel unter den Meeresboden. Bis zum 31. Dezember 1997 hat man bereits 22 850 Kubikmeter Abfall in Forsmark eingelagert.

Wenn das Lager einmal gefüllt ist – vermutlich um das Jahr 2020 herum – , soll es laut den offiziellen Plänen geschlossen und seinem Schicksal überlassen werden. Die Pumpen, die heute das Lager trocken halten, stellt man dann ab: Das Lager wird mit Wasser überflutet, das durch Risse und andere undichte Stellen einströmt. Pro Minute fliessen etwa 650 Liter Wasser hinein, das macht mehr als 900 Kubikmeter pro Tag.

Aufgrund der Berechnungen, die die verantwortlichen Behörden und die SKB vorlegten, muss man davon ausgehen, dass die radioaktiven Stoffe des Lagers in die Ostsee dringen können – und zwar innerhalb von zehn Jahren, nachdem das Lager verschlossen wurde. Wieviel, kann man nicht mit Sicherheit sagen. Doch die zuständigen Stellen behaupten, es sei sicher, dass sich diese Stoffe im Ostseewasser zu «ungefährlichen Dosen» verdünnen. Irgendeine Überwachung oder Kontrollen des Lagers sind, wenn es einmal verschlossen ist, nicht vorgesehen.

Man errechnete, dass das gesamte radioaktive Inventar in Forsmark einmal 10 Millionen Gigabecquerel oder ungefähr 270 000 Curie betragen wird. Diese Aktivität verteilt sich auf rund zwanzig verschiedene Nuklide. Gut zwei Drittel der Aktivität entfallen auf die Isotope Cäsium-137 und Cobalt-60 mit Halbwertszeiten von 30,2 beziehungsweise 5,3 Jahren.

Die Hälfte der Isotope, die sich im Abfall befinden, haben jedoch Halbwertszeiten von 100 Jahren oder mehr. Zu diesen gehören Americium-241, Kohlenstoff-14, Plutonium-239 und Plutonium-240.

Ein geologisch bewegtes Gebiet

Der grösste Teil des Abfalles besteht aus mittelaktivem, schlammförmigem Abfall (z. B. Verdampfungskonzentrate oder Dekontaminierungsschlamm), der in zirka 50 000 Blechfässern oder Blechbehältern verpackt ist. Wenn nach dem Jahr 2020 Meerwasser ins Lager eindringt, werden diese

Behälter wie auch die Eisenbolzen und ähnliche Verstärkungsstrukturen korrodieren und sich mit der Zeit auflösen. Die Gesamtläche des korrosionsanfälligen Materials im Lager beträgt um die 130 000 Quadratmeter. Durch den Korrosions-Prozess werden sich Gase bilden, was dazu führen kann, dass sich die radioaktiven Stoffe in der Umgebung verbreiten. Die SKB hat die Gasbildung im Lager durch Korrosion und durch die Einwirkung von Mikroben auf 27 600 m³ pro Jahr geschätzt.

Das Gebiet, in dem das Lager liegt, wird von einer Anzahl mehr oder weniger parallel verlaufenden Risszonen durchkreuzt. Eine dieser Risszonen, die sogenannte Singözone, geht quer durch den Zufahrtstunnel; an der betreffenden Stelle ist sie rund 150 Meter breit.

Der Geologie-Professor Ove Stephansson, den die staatliche nukleare Aufsichtsbehörde SKI bei der Forsmark-Projektierung als Berater beigezogen hatte, drückte sich hinsichtlich des Endlagerstandortes sehr kritisch aus: Das Gebiet eigne sich nicht, konstatierte er, weil die Anlage zwischen zwei verschiedenen Gebirgsarten zu liegen komme, die darüber hinaus sieben verschiedene Gesteinstypen enthalte. Ausserdem sei der Ort ungeeignet, weil dort Gesteinsarten vorhanden seien, die nur in tektonischen Druckzonen entstehen würden (z. B. Mylonit, Breccie), aber auch, weil der Zufahrtstunnel quer durch die Songözone führe.

Ein anderer Geologie-Professor, der gegenüber der Lager-Standortwahl eine sehr kritische Haltung einnimmt, ist Nils-Axel Mörner von der Universität Stockholm. Er gilt als Schwedens bedeutendster Spezialist für neotektonische Risse und Verwerfungen. Mörner bemängelt, dass keine eingehende geologische Debatte über den Forsmark-Standort stattgefunden habe, und dass die durchgeführten Felsengrund-Untersuchungen ausserordentlich mangelhaft gewesen seien.

Ungefähr zur selben Zeit, als Forsmark betriebsbereit war, konnte Mörner nachweisen, dass sich in der Mitte des Gebietes, in dem das Lager liegt, eine grössere Verschiebungszone befindet – ein Gürtel, in dem unterschiedlich geformte, horizontale Bewegungen dominieren, die den Felsengrund in einer Serie von Risszonen gesprengt und verworfen haben. Laut Mörner konzentrieren und verteilen sich die kontinentalplattentektonischen Spannungen und Ausdehnungen entlang solcher Verschiebungszone durch Fennoskandien. Es handelt sich also um ausserordentlich aktive Zonen. Nils-Axel Mörner hält fest, dass es in höchstem Masse unangebracht sei, ein Atomendlager an einem solchen Ort zu bauen; es hätte seiner Meinung nach nie bewilligt werden dürfen.

Verzögertes Meeresdumping

Umweltorganisationen und die Lokalbevölkerung hatten schon in der Projektierungsphase gegen den Standort des Endlagers opponiert und demonstriert. Die Forsmark-GegnerInnen kritisierten, der gefährliche Abfall dürfe niemals im Ostseeboden, der Grundwasser führe, begraben werden. Man müsse den Abfall mit möglichst geringem Risiko deponieren: Die gefährlichen Stoffe sollten nicht in die Umwelt gelangen können und der Abfall müsse auch in Zukunft überwachbar sein.

Staffan Westerlund, Professor für Umweltrecht an der Universität Uppsala, der ein Weissbuch über das Forsmark-Bewilligungsverfahren geschrieben hat, vertritt die Ansicht, das Endlager sei als eine «Anlage für verzögertes Meeresdumping» zu betrachten. Schweden habe sich aber, so Westerlund, zusammen mit den übrigen nordischen Ländern 1983 bei der IMO-Konferenz in London gegen das Meeresdumping ausgesprochen. Damals machte sich Schweden dafür stark, dass man schwach- und mittelaktiven Abfall in Deponien auf dem Festland verwahrt – vom Ökosystem abgeschirmt und nach Möglichkeit kontrollierbar. Bei der Behandlung der Forsmark-Frage ging die schwedische Regierung jedoch nicht auf Westerlunds Einwand ein.

Westerlund hat in seinem Weissbuch auch dargelegt, dass die schwedische Gesetzgebung für derartige Genehmigungsverfahren grösste Mängel aufweist. Weder die betroffenen AnwohnerInnen noch Organisationen hatten zum Beispiel die Möglichkeit, an ein Gericht zu gelangen, das über die Standort- oder radiologische Fragen hätte urteilen können. In den schwedischen Gesetzen und Verordnungen, die die Kerntechnik und den Strahlenschutz regeln, fanden sich auch keine Bestimmungen, die Umweltorganisationen oder Privatpersonen ein Einsichtsrecht oder gar Mitbestimmung gewährt hätten.

Hinzu kommt, dass es keine Vorschriften gab, wonach zum Beispiel die Lagerbetreiber Risikostudien über die Auswirkungen der geplanten Anlage den Behörden oder der Öffentlichkeit hätten zugänglich machen müssen. Es gab auch keine Bestimmungen, die von der SKB verlangt hätten, alternative Möglichkeiten – wie zum Beispiel einen günstigeren Standort – auszuarbeiten. Kurz: Es war nicht möglich, den Standortentscheid anzufechten, obwohl es nachweislich geologisch sicherere Standorte gäbe.

Aus den Augen aus dem Sinn

Nachdem der Beschluss für das Endlager gefasst war, hat man die Gesetzgebung in gewissen Punkten verbessert. Weitere Änderungen sind zu erwarten. Im Kern gelten jedoch nach wie vor dieselben Bestimmungen, und es besteht weiterhin Unklarheit darüber, welche Verbesserungen die eventuell neuen Vorschriften bringen werden.

Heute spricht man in Schweden kaum mehr über das Endlager. Die Behälter mit dem radioaktiven Abfall kommen regelmässig mit dem Atomschiff an. Man lädt sie am Kai aus, ohne dass die Öffentlichkeit davon erfährt, bringt sie unter die Erde, verstaut sie in den verschiedenen Hallen und überlässt sie dem ewigen Vergessen.

Ist das Forsmark-Lager das Ergebnis eines ehrlichen und echten Bestrebens, kommende Generationen vor dem nuklearen Abfall zu schützen? Oder gilt vielmehr das alte Sprichwort: Aus den Augen, aus dem Sinn?

Bei der Planung dieses Endlagers ging es leider nur darum, den unerwünschten Abfall loszuwerden, indem man ihn versteckt – damit die Öffentlichkeit den Atommüll nicht wahrnimmt. Und damit der Eindruck bestehen bleibt, Kernkraft sei eine reine, umweltfreundliche Energiequelle.

Übersetzung aus dem Schwedischen: Ingeborg Kleinhans

** Der schwedische Nuklearexperte Mats Törnqvist war früher in der Plutoniumforschung tätig (e-mail: mats.tornqvist@osthammar.mail.postnet.se)*

Glossar

Begriffe der Atomtechnologie

Alpha-Strahlen: Manche radioaktive Substanzen (z.B. Plutonium) geben beim Zerfall Alpha-Strahlen ab. Diese bestehen aus jeweils zwei Protonen und Neutronen. Sie haben nur eine geringe Reichweite respektive Durchschlagskraft und können lediglich etwa 0,05 Millimeter tief ins Körpergewebe eindringen – entwickeln jedoch inkorporiert ein enormes Zerstörungspotential und gelten als die gefährlichste Strahlenart.

Beta-Strahlen: Sie bestehen nur aus Elektronen, die bis zu einem Zentimeter ins Gewebe eindringen. Ein einziges Beta-Teilchen, das sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, hat z. B. genügend Energie, um im Gewebe Tausende von chemischen Bindungen zu sprengen und unzählige biochemische Reaktionen hervorzurufen.

Druckwasserreaktor: Siehe Reaktortypen.

Gamma-Strahlen: Dies sind Photonen, die aus dem zerfallenen Atomkern stammen. Sie verhalten sich wie energiereiche Röntgenstrahlen, die aus der äusseren Elektronenhülle stammen. Beide Strahlenarten durchdringen das Gewebe.

Halbwertszeit, biologische: Die Zeitspanne, die der Körper braucht, um die Hälfte einer aufgenommenen Substanz auszuscheiden.

Halbwertszeit, physikalische: Die Zeitdauer, die vergeht, bis eine radioaktive Substanz um die Hälfte ihrer ursprünglichen Masse zerfallen ist, wobei ständig radioaktive Strahlen abgegeben werden. Einige der wichtigsten Halbwertszeiten:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Cäsium-137: 30,2 Jahre | Strontium-90: 28,8 Jahre |
| Iod-131: 8 Tage | Iod-129: 15,7 Millionen Jahre |
| Plutonium-239: 24 131 Jahre | Tritium: 12,3 Jahre |
| Kohlenstoff-14: 5730 Jahre | Americium-241: 432 Jahre |

Inzidenz: Das Auftreten einer Krankheit während einer definierten Zeitperiode in einer bestimmten Population; oftmals angegeben als Anzahl Fälle auf 100 000 EinwohnerInnen in einem Jahr.

Inkorporation: Aufnahme von Stoffen in den Körper, meistens über die Atemwege oder den Darm. Inkorporierte radioaktive Substanzen lagern sich meist an bestimmten Organen ab und schädigen sie direkt.

Isotop: Die Anzahl Neutronen kann sich in einem Atomkern ändern, ohne dass sich die chemischen Eigenschaften des Atoms (Elementes) ändern – im Gegensatz zu den Elektronen und Protonen, von denen es in einem Atom immer gleichviel gibt. Deshalb kann es von einem Element unterschiedliche Isotope geben, je nachdem wieviele Neutronen der Atomkern enthält (z. B. Iod-131 und Iod-129). Es wird in dieser Publikation ausschliesslich die populäre statt der wissenschaftlichen Schreibweise für Isotopen verwendet.

Kernfusion (Verschmelzung): Bei der Fusion werden leichte Atomkerne (z. B. Deuterium, Tritium) zu einem schwereren Kern (z. B. Helium) verschmolzen. Die Kernfusion ist die Energiequelle der Sonne. Dazu benötigt es jedoch Millionen Grad Celsius, weshalb die Kernverschmelzung bislang nur in Wasserstoffbomben gelang.

Kernspaltung (Fission): Bei der Energieerzeugung durch Kernspaltung werden – im Fall von Leichtwasserreaktoren, wie wir sie in der Schweiz haben – Uran-235-Kerne mit Neutronen «beschossen». Die Uranatome teilen sich in Spaltprodukte, wobei zusätzlich drei Neutronen freigesetzt werden, die ihrerseits wieder Uranatome spalten. Zudem wird Energie freigesetzt, die man in Wärme respektive Elektrizität umsetzt.

Leichtwasserreaktor: Siehe Reaktortypen.

Neutronenstrahlen: Sie bestehen aus Neutronen und können etwa zwanzig Centimeter weit ins Gewebe eindringen.

Radioisotop: Atome, die spontan zerfallen und dabei Strahlung abgeben.

Radionuklid: siehe Radioisotop.

Reaktortypen: Die meisten Leistungsreaktoren in Europa sind sogenannte Leichtwasserreaktoren, weil sie mit gewöhnlichem Wasser betrieben werden (der Versuchsreaktor in Lucens lief hingegen mit

schwerem Wasser). Es gibt in der Schweiz zwei Leichtwasser-Typen: Druckwasserreaktoren (Beznau I/II und Gösgen) sowie Siedewasserreaktoren (Mühleberg und Leibstadt). Beim Druckwasserreaktor steht der Reaktorbehälter unter Druck, es entsteht darin kein Dampf; dieser Typ hat auch zwei getrennte Wasserkreisläufe. Im Siedewasserreaktor verdampft das Wasser im Reaktorbehälter; er verfügt nur über einen Wasserkreislauf. Deshalb gelangt beim Siedewassertyp auch im Normalbetrieb eine grössere Menge Radioaktivität in die Umwelt, weil er eine Barriere weniger hat als der Druckwasserreaktor. Ferner gibt es die Schnellen Brüter, auch Brutreaktoren genannt. Sie sollten mehr spaltbares Material erzeugen, als sie für die Energieverwendung benötigen. Sie werden mit Natrium gekühlt; Natrium entzündet sich selbst, wenn es mit Luft in Berührung kommt.

Schneller Brüter: siehe Reaktortypen.

Siedewasserreaktor: siehe Reaktortypen.

Gremien

AEC – Atomic Energy commission: Entstehung und Struktur dieser Behörde, die die US-amerikanische Atomrüstungspolitik in den ersten drei Nachkriegsjahrzehnten entscheidend bestimmte, hängen eng mit dem Manhattan-Projekt zusammen. Die AEC war eigentlich eine zivile Behörde, ihr unterstand die militärische wie zivile Nutzung und Entwicklung der Nukleartechnologie. Erst in den sechziger Jahren verlor sie ihren allumfassenden Einfluss und beschränkte sich vor allem auf die Entwicklung und Produktion von Atomsprengköpfen für das Pentagon.

BEAR – Biological Effects of Atomic Radiation Committee: Eine 1955 auf Initiative des damaligen AEC-Vorsitzenden Lewis Strauss bei der amerikanischen Akademie der Wissenschaften eingerichtete Kommission zur Untersuchung der biologischen Folgen ionisierender Strahlung. Seit ihrem 1956 veröffentlichten Bericht, an dem über hundert Wissenschaftler aus aller Welt mitgearbeitet hatten, hat das nachfolgende BEIR-Komitee bis 1990 noch drei weitere Reports erarbeitet.

BEIR – Biological Effects of Ionizing Radiations Committee: Aus dem BEAR hervorgegangene Kommission (siehe BEAR).

IAEO resp IAEA – International Atomic Energy Agency: Die internationale Kontrollbehörde der Atomindustrie mit Sitz in Wien wurde 1956 unter UNO-Schirmherrschaft gegründet.

ICRP – International Commission on Radiological Protection: Eine sich selbst konstituierende Strahlenschutzkommission, die Empfehlungen für den Strahlenschutz erarbeitet.

HSK – Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen: Die Atomkontrollbehörde des Bundes, die dem Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK, früher EVED) untersteht.

NRPB – National Radiation Protection Board: Offizieller Strahlenschutz-Ausschuss Britanniens.

RERF – Radiation Effects Research Foundation: Forschungsinstitut zur Auswertung der Gesundheitsdaten der Hiroshima- und Nagasaki-Atombombenopfer. Die RERF wird vom Department of Energy (DoE) in den USA und dem Gesundheitsministerium von Japan finanziert.

SUER – Sektion Überwachung der Radioaktivität: Die SUeR gehört zur Abteilung Strahlenschutz des Bundesamts für Gesundheitswesen (früher KUeR, Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität).

UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Von der UNO 1955 wegen der weltweit lauter werdenden Besorgnis über Fallout eingesetztes wissenschaftliches Gremium zur Formulierung von Strahlenschutzempfehlungen.

WHO – World Health Organisation: Weltgesundheitsorganisation der UNO.

Einheiten zur Strahlenmessung

Becquerel (Bq): Masseinheit für Radioaktivität, 1 Bq entspricht einem radioaktiven Zerfall pro Sekunde (siehe auch Curie).

Curie (Ci): Veraltete Masseinheit für Radioaktivität. Ein Curie steht für 37 Milliarden ($3,7 \times 10^{10}$) Atomzerfälle in der Sekunde. Das ist die Menge Radioaktivität, die in einem Gramm Radium-226 vorhanden ist.

Gray (Gy): Masseinheit für die Menge an Strahlung, die eine Person erhalten hat. Gray hat die alte, aber absolut gleichwertige Masseinheit rad (siehe rad) abgelöst; ein Gray entspricht 100 rad.

rad: Veraltete Masseinheit (siehe Gray). «Rad» steht für «radiation absorbed dose» (absorbierte Strahlenmenge).

rem: Veraltete Masseinheit für die biologische Wirksamkeit von Strahlung. Diese Einheit trägt der Tatsache Rechnung, dass die verschiedenen Formen ionisierender Strahlung einen unterschiedlichen biologischen Einfluss haben: Zum Beispiel geht man davon aus, dass eine gegebene Menge Alpha-Strahlung ungefähr die zehnfache Wirkung wie die gleiche Menge Gamma-Strahlung hat. So ist ein rad Alpha-Strahlung in zehn rem zu übersetzen, während ein rad Gamma-Strahlung nur einem rem entspricht.

Sievert (Sv): Die Masseinheit Sievert hat offiziell rem (siehe rem) abgelöst. 1 Sievert entspricht 100 rem. Die beiden Masseinheiten sind jedoch absolut gleichwertig.

1 Becquerel = 1 Atomzerfall pro Sekunde

1 Curie = 37 Milliarden Becquerel

1 Sv = 1000 mSv = 100 rem

1 rem = 0,01 Sv

1 mSv = 0,1 rem

1 Gy = 100 rad

Grenzwerte

In der Schweiz legt die Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22.6.94 die Strahlengrenzwerte fest:

Für beruflich Strahlenexponierte gilt:

im Normalfall: 20mSv/Jahr

mit Sonderbewilligung: 50mSv/Jahr, wenn die betreffende Person in den letzten fünf Jahren (inkl. dem laufenden Jahr) nicht mehr als 100 mSv absorbiert hat.

Für die nicht-strahlenexponierte Normalbevölkerung gilt:

1mSv/Jahr

MoratoriumPlus

Der Verein Strom ohne Atom (SoA) lanciert Mitte April 1998 die beiden neuen Anti-Atominitiativen «Strom ohne Atom» und «MoratoriumPlus». Nachfolgend die beiden Initiativtexte:

Eidgenössische Volksinitiative MoratoriumPlus –
Für die Verlängerung des Atomkraftwerk-Baustopps und die Begrenzung des Atomrisikos
(MoratoriumPlus)
Die Volksinitiative lautet:

I

Die Bundesverfassung wird wie folgt ergänzt:

Art. 24^{quinquies} Abs. 3 (neu)

³ Soll ein Atomkraftwerk länger als vierzig Jahre in Betrieb bleiben und wird dies nicht durch eine andere Verfassungsvorschrift ausgeschlossen, ist hierfür ein referendumspflichtiger Bundesbeschluss erforderlich. Die Betriebszeit darf um jeweils höchstens zehn Jahre verlängert werden. Das Verlängerungsgesuch des Betreibers hat insbesondere Aufschluss zu geben über

- a. den Alterungszustand der Anlage und die damit zusammenhängenden Sicherheitsprobleme;
- b. die Massnahmen und Aufwendungen, um die Anlage dem neuesten internationalen Stand der Sicherheit anzupassen.

Art. 24^{octies} Abs. 3 Bst. c (neu)

³ Der Bund:

- c. erlässt Vorschriften über die Deklaration der Herkunft und der Art der Produktion von Elektrizität.

II

Die Übergangsbestimmungen der Bundesverfassung werden wie folgt ergänzt:

Art. 25 (neu)

Für die Dauer von zehn Jahren seit Annahme dieser Übergangsbestimmung werden keine bundesrechtlichen Bewilligungen erteilt für

- a. neue Atomenergieanlagen;
- b. die Erhöhung der nuklearen Wärmeleistung bei bestehenden Atomkraftwerken;
- c. Reaktoren der nukleartechnischen Forschung und Entwicklung, soweit sie nicht der Medizin dienen.

Strom ohne Atom

Eidgenössische Volksinitiative Strom ohne Atom –

Für eine Energiewende und die schrittweise Stilllegung der Atomkraftwerke (Strom ohne Atom)

Die Volksinitiative lautet:

I

Die Bundesverfassung wird wie folgt ergänzt:

Art. 24^{decies} (neu)

¹ Die Atomkraftwerke werden schrittweise stillgelegt.

² Die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Kernbrennstoffen wird eingestellt.

³ Der Bund erlässt die erforderlichen gesetzlichen Vorschriften, insbesondere auch betreffend

- a. die Umstellung der Stromversorgung auf nicht-nukleare Energiequellen unter Vermeidung der Substitution durch Strom aus fossil betriebenen Anlagen ohne Abwärmenutzung;
- b. die dauerhafte Lagerung der in der Schweiz produzierten radioaktiven Abfälle, die diesbezüglichen Sicherheitsanforderungen und den Mindestumfang der Mitentscheidungsrechte der davon betroffenen Gemeinwesen;
- c. die Tragung aller mit dem Betrieb und der Stilllegung der Atomkraftwerke zusammenhängenden Kosten durch die Betreiber sowie ihre Anteilseigner und Partnerwerke.

II

Die Übergangsbestimmungen der Bundesverfassung werden wie folgt ergänzt:

Art. 24 (neu)

¹ Die Atomkraftwerke Beznau 1, Beznau 2 und Mühleberg sind spätestens zwei Jahre nach der Annahme dieser Übergangsbestimmung ausser Betrieb zu nehmen, die Atomkraftwerke Gösgen und Leibstadt spätestens nach jeweils dreissig Betriebsjahren.

² Nach der Annahme dieser Übergangsbestimmung ist es nicht mehr gestattet, abgebrannte Kernbrennstoffe zum Zweck der Wiederaufarbeitung auszuführen. Früher ausgeführte, bis zur Annahme dieser Übergangsbestimmung noch nicht wiederaufgearbeitete Kernbrennstoffe sind soweit als möglich unbehandelt zurückzunehmen. Abweichende staatsvertragliche Regelungen bleiben vorbehalten.

³ Der Bundesrat erlässt innert einem Jahr nach der Annahme dieser Übergangsbestimmung die erforderlichen Ausführungsbestimmungen.