

In Cattenom geht es um die Erzeugung von Elektrizität mit Hilfe von Kernkraftwerksblöcken. Dabei kommt es unvermeidlich zu verschiedenen Formen von Strahlenbelastungen für die in Cattenom tätigen Mitarbeiter und die Anwohner in der engeren und weiteren Umgebung.

EDF beantragt für den gleichen Zweck – zur Erzeugung von Elektrizität – künftig andere Brennelemente einzusetzen, die zu einer höheren Belastung mit dem Isotop Tritium führen werden. Angestrebter höherer Profit – darum geht es EDF eigentlich – ist keine legitime Rechtfertigung für eine geplante Erhöhung der Strahlenbelastung.

Einwand: Die beantragte Erhöhung der Tritiumeinleitungen in die Mosel widerspricht dem ALARA-Prinzip und hat deshalb zu unterbleiben.

3. Tritium

In dem Antrag von EDF fällt auf, daß die beantragten Ableitungen für Tritium deutlich höher ausfallen als die bisher genehmigten Werte.

In anderen vergleichbaren französischen Kernkraftwerken sind die flüssigen Tritium-

ableitungen auf 30.000 Giga-Becquerel pro Jahr (GBq/Jahr) und pro Block begrenzt. Für Cattenom gilt schon jetzt ein höherer Wert, nämlich 40.000 GBq/Jahr und Block, ohne daß es dafür eine plausible Begründung gäbe. In dem vorliegenden Antrag der EDF wird für die angekündigte Einführung des neuen Betriebsregimes (HTC) dieser Wert auf 50.000 GBq/Jahr (für die 4 Blöcke zusammen 200.000 GBq/Jahr) erhöht, ohne dafür nachvollziehbare Begründungen abzugeben.

In den ausgelegten Unterlagen wird auch nicht auf die besonders hohen Einleitungswerte in den Jahren 2000 und 2001 eingegangen, sie kommen in den Unterlagen nicht vor. Es wäre wichtig gewesen, die Gründe für diese hohen Werte zu kennen. Cattenom ist seit vielen Jahren für Probleme an den Brennelementen berüchtigt („fretting“), die aber nie aufgeklärt wurden. Im März 2001 wurden im Block 3 des Kernkraftwerks Cattenom knapp 100 beschädigte Brennelemente festgestellt. Es kann nicht sein, daß EDF diese Mängel, die EDF im Januar 2003 für 20 Reaktoren dieser Klasse zugestanden hat, nicht

behebt und dafür versucht, die Genehmigung für höhere Abgabewerte zu bekommen.

Die realen Ableitungen von Tritium haben verglichen mit den realen Ableitungen der anderen Radionuklide eine hohe Relevanz für die daraus folgende Strahlenbelastung von Mensch und Umwelt. Deshalb erscheint gerechtfertigt, besonders auf den sorgsamsten Umgang mit Tritium zu achten.

Einwand: Da keine triftigen Gründe angegeben werden, die es rechtfertigen würden, den Grenzwert für flüssige Tritiumableitungen höher anzusetzen als in vergleichbaren französischen Anlagen, ist die beantragte Erhöhung der Werte abzulehnen.

Es ist eine rückhaltlose Aufklärung und Beseitigung der Ursachen für die oben genannten Beschädigungen an Brennelementen als selbstverständliche Voraussetzung für jede weitere Genehmigung zu fordern.

4. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

EDF hat es versäumt, die Auswirkungen der beantragten Änderungen anhand der tat-

sächlich zu erwartenden Ableitungen für die gesamte betroffene Population vorzulegen. Durch die Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Cattenom in die Mosel werden auch Menschen getroffen, die weit von Cattenom entfernt an der Mosel leben. Sie werden nicht nur kurzfristig, sondern über einen langen Zeitraum belastet. Eine Abschätzung der Kollektivdosis über ein angemessenes geographisches Gebiet und angemessene Zeiträume wäre erforderlich, wollte man belastbare Aussagen über die Konsequenzen für Mensch und Natur treffen. Die Diskussion gerade dieser Konsequenzen wäre aber der eigentliche Sinn der Auslegung der Antragsunterlagen von EDF gewesen.

Einwand: Ohne eine nachvollziehbare und im Ergebnis akzeptable Abschätzung der Kollektivdosis über angemessene Räume und Zeiten verfehlt die Auslegung der Unterlagen der EDF ihren Sinn. Der Antrag ist abzulehnen.

Dr. Sebastian Pflugbeil
Berlin, den 10.10.2003 ●

Strahlenschutz

Gründe für besondere Aufmerksamkeit im Umgang mit dem Wasserstoffisotop Tritium

Überlegungen anlässlich der für das französische Kernkraftwerk Cattenom kürzlich beantragten Erhöhung der Einleitungswerte für Tritium in die Mosel (Meldung im Strahlentelex 402-403 vom 2. Oktober 2003)

Tritium ist ein Isotop, das schon in der Natur vorkommt. Es entsteht zum Beispiel in der äußeren Erdatmosphäre, wenn kosmische Strahlung auf Stickstoff trifft. Vor dem Atomzeitalter lag der Tritiumgehalt im Wasser in der Größenordnung von 0,1 bis 1 Becquerel pro Liter (Bq/l).

Insgesamt hatte die Erde damit ein Tritium-Inventar von etwa 740 Billionen ($74 \cdot 10^{16}$) Becquerel.

In den vergangenen 50 Jahren hat sich das Tritium-Inventar etwa ver Hundertfacht: durch Atomwaffenherstellung, Atomwaffentests, Kernkraftwerke, Wiederaufarbeitungs-

anlagen. Heute gibt es im Flußwasser etwa 2 Bq/l Tritium.

In der Strahlenschutzverordnung (in Deutschland wie in Frankreich) gibt es eine Freigrenze für Tritium von 1.000.000.000 Bq/l. Das bedeutet praktisch, daß die Strahlenschutzverordnung sich erst dann als zuständig ansieht, wenn im Wasser 500.000.000mal mehr Tritium enthalten ist, als es jetzt schon gibt. Wir haben diesen Punkt scharf kritisiert, weil (in der Denkweise der Strahlenschutzverordnung) ein so stark kontaminiertes Wasser keinesfalls getrunken werden dürfte. Täte man es dennoch, so wären nicht nur Bauchschmerzen, sondern Leichenberge die

Folge. (Siehe dazu die frühere Artikelfolge zur neuen Strahlenschutzverordnung im Strahlentelex).

Gemessen an den (fragwürdigen) Freigrenzen der gültigen Strahlenschutzverordnung ist das, was Kernkraftwerke mit dem Kühlwasser in die Umwelt abgeben, nicht erwähnenswert. In folgenden Stichpunkten soll zumindest angerissen werden, weshalb es dennoch erforderlich ist, gerade das Tritium-Problem genauer zu berücksichtigen.

1. Tritium ist ein reiner Betastrahler mit einer geringen Zerfallsenergie. Das bedeutet praktisch, daß Tritium mit einem bezahlbaren Geigerzähler von besorgten Müttern nicht nachweisbar ist. Das

hat dazu beigetragen, daß über Tritium viel zu wenig gestritten worden ist. Tatsächlich spielt die äußere Strahlenbelastung durch Tritium eine untergeordnete Rolle. Ernstzunehmen ist es allerdings, wenn Tritium inkorporiert wird. Dabei ist das Herunterschlucken (mit Wasser oder Nahrungsmitteln) von größerer Bedeutung als das Einatmen mit der Luft.

2. Die Tritiumatome sind klein, sie sind so gut wie nicht sicher einzuschließen. Sie sind mit chemischen Methoden auch nicht aus dem Wasser herauszufischen, weil die Chemie Wasserstoff und Tritium nicht voneinander unterscheiden kann. Überall da, wo Wasser aus dem ersten Kreislauf eines Kernkraftwerks herauskommt, kommt Tritium mit. Weil niemand das verhindern kann, hält sich auch der meßtechnische Aufwand in Grenzen, man kann ja sowieso nichts machen.

3. Es gibt einerseits schon lange Publikationen über die Gefahren, die mit Tritium verbunden sind. Andererseits wird bis heute das Tritium-Risiko heruntergespielt oder ganz ignoriert.

Dafür gibt es gewichtige Gründe:

Es gibt erstens keinen Weg, die Kernenergie zu nutzen, ohne massive Tritiumbelastungen dabei in Kauf zu nehmen. Wenn man also Kernkraftwerke betreiben will, darf man sich über Tritium nicht aufregen.

Bei der Kernfusion, die weitgehend von der Öffentlichkeit unbeobachtet weiterentwickelt wird, besteht ein großes Tritiumproblem. Man würde auch die Kernfusionsforschung stark in Schwierigkeiten bringen, wenn man über Tritium reden würde.

Tritium ist „strategisches Material“, es ist unverzichtbarer Bestandteil von Atomwaffen. Deshalb werden viele Informationen über Tritium bis

heute und gerade heute nicht veröffentlicht.

4. Tritium kommt überwiegend in Form von Wassermolekülen vor, in denen ein Wasserstoffatom durch Tritium ersetzt wurde, also statt des bekannten H_2O haben wir TOH . Nimmt der Körper tritiiertes Wasser auf und bleibt das Wasser im Bereich der Körperflüssigkeiten, wird es nach ein paar Wochen wieder aus dem Körper ausgeschieden (Halbwertszeit etwa 10 Tage). Das ginge vielleicht noch.

Kritisch wird es, wenn Tritium aus dem tritiierten Wasser in organische Verbindungen eingebaut wird. Die lassen das Tritium nicht so schnell wieder los. Der meines Erachtens kritischste Fall ist, daß Tritium sich in die einzelne Zelle hineinbegibt und vielleicht sogar in den Strukturen des Erbinformationsspeichers DNA an der einen oder anderen Stelle ein Wasserstoffatom ersetzt.

Dabei gibt es zwei besonders gravierende Schadensarten:

a. Die Zerfallsenergie des Tritium reicht allemal, um einen DNA-Strang zu zerschneiden.

b. Tritium kann im Code der DNA anstelle des Wasserstoffatoms treten, dabei passiert zunächst nichts – bis das Tritiumatom zerfällt zu dem chemisch ganz anderen Helium. Dann ändert sich aber die Information der DNA und das kann üble Folgen haben. Ein Teil solcher Informationsfehler kann repariert werden, aber eben nur ein Teil. Wird nicht repariert und sitzt die veränderte Geninformation an einer ungünstigen Stelle, so kann das der Ausgangspunkt für einen Krebs sein. Wenn ein Tritiumatom innerhalb einer Nucleinsäurestruktur zerfällt, werden durch die „weiche“ Betastrahlung in unmittelbarer Nähe des Zerfallsortes, das heißt innerhalb der Zelle, zahlreiche Ionen und Radikale gebildet, die den

Zellstoffwechsel durcheinanderbringen.

5. Tritium wird im Strahlenschutz unter anderem deshalb auf die leichte Schulter genommen, weil es angeblich keine Anreicherungen von Tritium gibt. Das ist jedoch nicht richtig.

Tritium hat im Vergleich zu Wasserstoff eine dreifach höhere Masse. Tritiumwasser verhält sich anders als normales Wasser: es hat zum Beispiel einen geringeren Dampfdruck, es verdunstet langsamer und kondensiert schneller. Beim Verdunsten und Kondensieren von Wasser in der Natur – und das kommt ständig vor – kann es deshalb in Böden zur Anreicherung von Tritium kommen. Der Tritiumgehalt in pflanzlichen Assimilationsprozessen wäre dann größer als im daneben fließenden Bach.

Es ist auch bekannt, daß im Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren Reaktionen der Wasserstoff-Übertragung und des Wasserstoffaustauschs für Wasserstoff und Tritium unterschiedlich schnell ablaufen. Die enzymatische Katalyse wird durch die unterschiedlichen Massen von Wasserstoff und Tritium beeinflusst. Unter bestimmten Umständen kann es auch dabei zu einer Anreicherung von Tritium kommen.

Im Bristol-Kanal südlich von Wales wurde festgestellt, daß Seezungen, Fludern und Miesmuscheln stark mit Tritium belastet waren. Im Seewasser gab es 100 Bq/l Tritium, in den Fischen und Muscheln fanden Wissenschaftler des britischen Landwirtschafts- und Fischereiministeriums jedoch Tritium-Werte bis zu 37.800 Bq/kg (New Scientist, 31.10.1998, Nr. 2158, S.10). Das Tritium stammte in diesem Fall aus einer Fabrik, die Markierungsstoffe für medizinische Anwendungen herstellt (Nycomed Amersham bei Cardiff). Hier hat eine Anreicherung stattgefunden, die es

nach Ansicht der offiziellen Stellen gar nicht hätte geben dürfen. Aufgrund dieses Falles hat die englische Atomaufsichtsbehörde NRPB Anfang 2002 die Risikokoeffizienten für Tritium verdoppelt.

6. Es gibt seit Jahrzehnten eine Vielzahl von Publikationen, die belegen, daß Tritium stark mutagen ist. Ratten, die Tritiumwasser zu trinken bekommen hatten, entwickelten beispielsweise häufiger Brustkrebs als Ratten, die (in einem anderen Labor) mit Röntgenstrahlen gleicher Gesamtdosis bestrahlt wurden.

7. In den letzten Jahren gab es mehrere Initiativen unter Federführung des Institute for Energy and Environmental Research (IEER) gegenüber dem BEIR VII-Komitee (Biological Effects of Ionizing Radiation) der Nationalen Akademie der Wissenschaften der USA unter anderem dahingehend, die Gefährdung durch Tritium angemessener als bisher zu berücksichtigen. Insbesondere wurde betont, daß Tritium ohne Probleme über die Plazenta in den Fetus gelangt und dann Fehlgeburten, Behinderungen oder andere Gesundheitsprobleme verursachen kann. Es soll untersucht werden, inwieweit durch die inkorporierten Nuklide wie Tritium die Anlage des Eierstocks bei den weiblichen Feten geschädigt werden kann. Es soll untersucht werden, inwieweit es synergistische Effekte zwischen den Radionukliden und verschiedenen nichtradioaktiven Substanzen (zum Beispiel Hormonen) gibt und dabei die unterschiedlichen Altersgruppen bis hin zum Fetus berücksichtigt werden. Es soll die besondere Wirkung organisch gebundener Radionuklide (siehe oben) genauer untersucht werden usw.. Ein entsprechender Brief an das BEIR-VII-Komitee vom 3. September 1999 wurde von einer langen Reihe international angesehener Fachleute unterschrieben. Aus Deutschland hat der damalige

Präsident der Gesellschaft für Strahlenschutz, Professor Dr. Wolfgang Köhnlein (heute Mitglied der Strahlenschutzkommission der Bundesregierung) mit unterzeichnet.

8. Im Internet finden sich sehr viele Hinweise auf Tritium, zum Beispiel unter http://ccnr.org/tritium_1.html, wo mehrere einschlägige Zitate zu finden sind.

Sebastian Pflugbeil

Der Verfasser dankt Prof. Dr. Roland Scholz für wertvolle Hinweise und Literatur zu diesem Thema. ●

Höhenstrahlung

Fünffach erhöhtes Brustkrebsrisiko für Stewardessen

Stewardessen, die mindestens fünf Jahre lang ihren Beruf ausgeübt haben, weisen einer isländischen Studie zufolge ein fünffach erhöhtes Risiko auf, an Brustkrebs zu erkranken. Dr. V. Rafnsson und Kollegen vom Department of Preventive Medicine in Reykjavik hatten unter 1.532 Stewardessen 35 Frauen ausgewählt, die an Brustkrebs erkrankt waren. Außerdem wählten sie 140 gesunde Stewardessen als Kontrollpersonen aus, deren Lebensalter und reproduktive Daten laut Krankenakten denen der Patientinnen entsprachen. Es zeigte sich, daß ein fünffach erhöhtes Brustkrebsrisiko bestand, wenn die Frauen mindestens fünf Jahre lang als Stewardessen gearbeitet hatten, im Vergleich zu solchen mit einer Arbeitsdauer von weniger als fünf Jahren.

Bei der Erfassung der Belastung wurde nur ein Zeitraum bis 1971 berücksichtigt, weil danach die isländische Flugflotte aus düsengetriebenen Flugzeugen bestand mit größerer Flughöhe und einer seitdem entsprechend höheren Strahlenbelastung für das Ka-

binenpersonal. Den Untersuchungszeitraum bis 1971 begründen die Autoren auch noch damit, daß die Entwicklung von Brustkrebs möglicherweise 20 bis 50 Jahre dauert und bei einem späteren Erfassungszeitraum nicht alle Patientinnen erkannt würden. Die Autoren merken an, daß ihre Studie die erste Brustkrebsstudie an Kabinenpersonal sei, in der die individuellen reproduktiven Daten von Erkrankten und Kontrollpersonen direkt miteinander verglichen werden.

Rafnsson V, Sulem P, Tulinius H, Hrafnkelsson J: Breast cancer risk in airline cabin attendants: a nested case-control study in Iceland. *Occup Environ Med* 2003; 60: 807-809. Kontakt: Dr. V. Rafnsson, Department of Preventive Medicine, Soltun 1, 105 Reykjavik, Island, Email: vilraf@hi.is ●

Broschüre

Für eine bessere Strahlenschutzverordnung

Die zunehmende radioaktive Verseuchung und die Erlaubnis zur unbegrenzten Freisetzung radioaktiver Abfälle durch die neue Strahlenschutzverordnung ist Anlaß für die „Initiative für den sofortigen Ausstieg aus der Atomenergie“, die Ärzteorganisation IPPNW und ContraAtom, sich mit einer 110-seitigen Broschüre im A4-Format unter dem Titel „Es geht um Leben“ an alle Bürgerinnen und Bürger und vor allem an die Entscheidungsträger in Wirtschaft, Justiz, Politik, in der Ärzteschaft und in den Kirchen zu wenden, um sie anzuregen, sich für eine Verbesserung der Strahlenschutzverordnung und einen sofortigen Ausstieg aus der Atomenergie einzusetzen. Die Broschüre ist kostenlos im Internet abrufbar und kann frei vervielfältigt werden:

<http://www.sofort-atomausstieg.de.vu> ●

Strahlentherapie

Die Krebsbehandlung mit Neutronen ist fragwürdig

„Andere Strahlenarten wirken effektiver und schonender“ – Neue Broschüre zum Forschungsreaktor FRM II in Garching bei München

In einer jetzt neu erschienenen 24 Seiten starken Broschüre hat die Diplom-Physikerin Karin Wurzbacher vom Umweltinstitut München verschiedene Arten der Strahlentherapie miteinander verglichen. Daraus geht hervor, daß eine Krebsbehandlung mit Neutronenstrahlen die schlechteste, weil von vielen unerwünschten toxischen Nebenwirkungen begleitete Variante ist. Die künftigen Betreiber des neuen Atomforschungsreaktors FRM II der Technischen Universität München hatten die Krebstherapie mit Neutronen stets als wichtiges Argument benutzt, um für das international umstrittene Projekt zu werben. Karin Wurzbacher zeigt auf, daß dieses Argument nicht stichhaltig ist und offenbar gegen besseres Wissen gebraucht wurde. Damit nicht genug: Den Reaktorkritikern wurde sogar unterstellt, daß sie mit ihrer angeblichen Verzögerungshaltung „vielen schwer Krebskranken die Chancen auf eine Therapie und damit auf eine Gesundung genommen haben“. Mit der verständlich formulierten Broschüre, für die Prof. Dr. med. Dr. h. c. Edmund Lengfelder vom Strahlenbiologischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München ein Vorwort geschrieben hat und die beim Umweltinstitut München kostenlos angefordert werden kann, wird dies widerlegt.

Protonen und schwere Ionen, wie Kohlenstoff, so das Fazit von Wurzbacher, besitzen im Vergleich zu anderen Strahlenarten im medizinischen Bereich sehr günstige physikalische Eigenschaften und ver-

sprechen optimale Therapieergebnisse. Ionen zeichneten sich durch eine physikalische Präzision der Dosisverteilung in der Körpertiefe aus. Kohlenstoff-Ionen hätten außerdem noch eine erhöhte biologische Wirksamkeit im Zielvolumen. Sie böten sich daher an, um auch für problematische Fälle (böartige Tumoren, die aufgrund ihrer Nachbarschaft zu empfindlichen Organen weder der Chirurgie noch der herkömmlichen Strahlentherapie zugänglich sind) eine lokale, auf heilende Wirkung zielende Therapie-technik zu entwickeln.

Nach dem derzeitigen Stand der klinischen Forschung, so Wurzbacher weiter, zeichne sich ein Vorteil ab für hoch ionisierende Strahlung (Kohlenstoff-Ionen) zur Behandlung von malignen Tumoren der Hauptspeicheldrüsen, von Adenokarzinomen der Prostata, Weichteilsarkomen, Lokalrezidiven des Rektums und von adenoidzystischen Tumoren der Nasenhöhlen. Die Strahlentherapie mit Protonen sei für oberflächennahe Tumoren gut geeignet, wie Aderhautmelanomen, Chordome und Chondrosarkome, und zeige positive Ansätze bei Oesophaguskarzinomen, hepatozellulären Tumoren, Adenokarzinomen der Prostata, Meningiomen und Hypophysentumoren.

Da die deponierte Gesamtdosis bei der Strahlentherapie mit Ionenstrahlen geringer ist als bei der konventionellen Bestrahlung mit Röntgen- oder Gammastrahlung oder bei der Neutronenstrahlung, erklärt Wurzbacher, ist die Io-