Ziele des Strahlenschutzes bei Kernkraftwerken aus der Sicht der Behörde

Autor(en): **Alder, Fritz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 21

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73694

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

fälle ist brennbar und eignet sich deshalb zur *Veraschung* in einer Verbrennungsanlage, wobei das Volumen um den Faktor 80 vermindert wird. Die Aktivität bleibt nahezu vollständig in der Asche, die mit Zement verrührt und verfestigt wird.

Die Verfahren für hochaktiven Abfall basieren auf jahrelangen Versuchen in Demonstrationsanlagen, in denen bis heute ca. 10 t hochaktives Glas mit rund 4 Millionen Curie an Spaltprodukten hergestellt wurden. Sowohl in *Marcoule* (Frankreich) als auch in *Windscale* (England) sind Grossanlagen in Betrieb und Erweiterungen im Bau. Auch in *Deutschland* wird an ähnlichen Verfahren gearbeitet. Die Borosilikatblöcke enthalten bis zu 25% Spaltproduktoxide; je Tonne aufgearbeitetes Schwermetall aus den Brennelementen entstehen also ca. 70 Liter Glas. Ausgehend vom Spaltinventar beim Ausbau der Elemente aus dem Reaktor klingt die anfängliche Aktivität im ersten Jahr während der Lagerung in den Wasserbecken schon bis auf ca. 1,5% des Anfangswertes ab.

Nach der Auflösung bleibt die Nitratlösung weitere 5—10 Jahre in den *Zwischenlagertanks,* wobei nochmals 75% der Aktivität abklingt. Die Verglasung wird dadurch wesentlich erleichtert. Der verfestigte Abfall kann ohne Schwierigkeiten während Jahrzehnten in *oberirdischen Bauwerken* zwischengelagert werden, bevor er endgültig in das Endlager übergebracht wird.

Endlagerung

Alle Länder, die Kernforschung und Kerntechnik betreiben, stehen vor dem Problem der sicheren Beseitigung der radioaktiven Abfälle, wobei die *Endlagerung in geologischen Formationen als die optimale Möglichkeit* betrachtet wird. In der *Bundesrepublik Deutschland* hat man bereits positive Erfahrungen mit der *Versuchsanlage Asse* gemacht und auch der Einlagerung hochaktiver Abfälle in *Salzstöcke* steht grundsätzlich nichts mehr entgegen. In *Italien* und *Belgien* werden vorwiegend *Tonschichten,* in *Schweden Granit* und in der *Schweiz* verschiedene Formationen, u.a. Anhydrit, geprüft. In den *USA* ist ein Endlager in einer *tiefen Salzschicht* im Bau.

Schwach- und mittelaktive Abfälle — die, wie schon beschrieben, in Fässern einbetoniert geliefert werden — werden einfach in grossen *unterirdischen Kavernen gestapelt und dann zugemauert.* Die *Standzeit* eines solches Lagers kann mit *400 Jahren* angegeben werden, weil in dieser Zeit die Aktivität so weit abgeklungen ist, dass sie mit der einer Uranmine verglichen werden kann.

Zur Zeit werden schwach- und mittelaktive Abfälle unter Aufsicht der *Nuclear Energy Agency* (NEA) der OECD *im Meer versenkt.* Die *Schweiz* hat sich an verschiedenen solchen Aktionen im *Nordatlantik, etwa 2000 km westlich der Kapverdischen Inseln,* beteiligt. Das Versenkungsgebiet, das in einer *Tiefe von 4500 m* liegt und die Art und Menge der Abfälle werden genau erfasst. Diese Art der Endlagerung ist recht aufwendig und teuer.

Für die hochaktiven Abfälle werden in den *unterirdischen Kavernen Bohrlöcher in die Sohle vorgetrieben,* die geometrisch so angeordnet sind, dass die aus dem Zerfall der Radioisotope resultierende Wärme zu keiner übermässigen Erhitzung führt. Durch das *Verschliessen der Lagerkammern* wird der Kontakt der radioaktiven Abfälle mit der Aussenwelt erschwert. Sollte es zum grössten anzunehmenden Unfall — dem *Wassereinbruch* — kommen, würden die Radionuklide wegen der Verfestigung der Abfälle nur sehr langsam ausgelaugt. Ein eigentliches Ausschwämmen durch Konvektion ist nicht möglich, sodass die Freisetzung der Radionuklide vorwiegend durch Diffusion denkbar wäre. Aufgrund von Versuchen und Rechnungen lässt sich dabei für einen Zeitraum von 10000 Jahren ein Weg von einigen hundert Metern abschätzen. Eine Gefährdung des Grundwassers und damit des Biozyklus ist somit selbst beim Eintreten dieses maximalen Störfalles wenig wahrscheinlich.

Neben dem Einschluss in geologische Formationen werden auch andere Methoden diskutiert, die aber zu teuer oder zu unsicher sind. Eine dieser Möglichkeiten ist die Transmutation der langlebigen Abfälle, d.h. die *Umwandlung in stabile und kurzlebige Isotope durch den Einfang von Neutronen.* Ein weiterer Vorschlag, der vor allem in den *USA* diskutiert wurde, ist der *Abschuss der Abfälle in den Weltraum.* Von gewissem Interesse hingegen ist die Idee, *im Meeresboden Bohrlöcher von 800 m Tiefe* vorzutreiben, sie mit Abfallkannen zu füllen und die *obersten 200 m wieder mit Beton und Sedimenten zu verriegeln.* Solche Lösungen sind jedoch nur auf der Basis internationaler Zusammenarbeit möglich.

Adresse des Verfassers: *K.H. Buob,* Dr.sc.nat., Lindhofstrasse 66, 5200 Windisch.

Ziele des Strahlenschutzes bei Kernkraftwerken aus der Sicht der Behörde

Von **Fritz Alder**, Gebenstorf

Die gesetzlichen Grundlagen, zusammen mit dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik, erlauben ohne Zweifel die Durchsetzung eines wirkungsvollen Strahlenschutzes. Im Gegensatz zu vielen Schadstoffemissionen als Folge der konventionellen Technik genügen die Kenntnisse auf dem Gebiet des Strahlenschutzes, um die möglichen Folgen des Betriebes von Kernkraftwerken vorauszusehen und unter Kontrolle zu bringen. Eine quantitative Abschätzung der Folgen aus dem Normalbetrieb von Kernkraftwerken zeigt, dass bei den heutigen Anforderungen der Sicherheitsbehörde das Strahlenrisiko vernachlässigbar ist. Unfälle, die zu einer signifikanten Erhöhung von Krebsfällen und genetischen Schäden in der Umgebung einer Anlage führen oder akute Strahlenerkrankungen hervorrufen können, werden seltener als einmal in 1 Million Jahren erwartet.

Im ersten Artikel dieser Serie «Sicherheit von Kernkraftwerken» [1] wurde bereits darauf hingewiesen, dass die *Sicherheit ein relativer Begriff* ist. Die Technik arbeitet darum auch meist mit dem *komplementären* Begriff *«Risiko» als Funktion der Wahrscheinlichkeit,* mit der ein Schaden auftritt und dem Ausmass des Schadens. Nun kann zwar durch Massnahmen aller Art die Wahrscheinlichkeit immer kleiner gemacht werden; Null wird sie nie, das heisst es wird *immer ein Restrisiko* verbleiben.

Als Bewilligungsinstanz für Kernkraftwerke hat der *Bund* nun die Aufgabe zu prüfen, ob dieses Restrisiko für die Gefährdeten – und dazu gehört vor allem die Bevölkerung in der Umgebung eines Kernkraftwerkes – *zumutbar* ist. Das Risiko eines Kernkraftwerkes ist die Folge der gesundheitsschädigenden Eigenschaften *ionisierender Strahlung*. Kleines Risiko ist also identisch mit geringer mittelbarer oder unmittelbarer Bestrahlung von Menschen. Die behördliche Aufgabe, die Zulässigkeit des Restrisikos zu prüfen, ist also gleichbedeutend mit der Formulierung höchstzulässiger Bestrahlungsgrenzen für das Betriebspersonal und die Bevölkerung. Im vorliegenden Artikel sollen die Ziele des Strahlenschutzes aus der Sicht der Behörden beschrieben werden.

Gesetzliche Grundlagen

Das Atomgesetz [2] schreibt für den *Bau und Betrieb* von Kernkraftwerken eine *Bewilligung durch den Bund* vor. Die Bewilligung ist zu verweigern, wenn dies zum Schutz von Menschen, fremden Sachen oder wichtigen Rechtsgütern notwendig ist. Das Gesetz verlangt weiter, dass die *Bewilligungsbehörde* – zuzeit ist dies der *Vorsteher des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements* (EVED) – vor der Erteilung einer Bewilligung ein Gutachten einholt, das sich insbesondere darüber auszusprechen hat, ob das Projekt alle zumutbaren Massnahmen zum Schutze von Menschen, fremden Sachen und wichtigen Rechtsgütern vorsieht.

Im Jahre 1960 wurde die *Eidg. Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen* (KSA) als technische *Expertenkommission* bestellt, die das erwähnte Gutachten jeweils zu erstatten hat. Ihr Auftrag ist in einer Verordnung [3] wie folgt umschrieben: «Sie prüft die im Bewilligungsverfahren von den Gesuchstellern einzureichenden Sicherheitsberichte und hat sich in ihrem Gutachten darüber auszusprechen, ob alle nach dem Stand von Wissenschaft und Technik notwendigen und zumutbaren Sicherheitsbedingungen für den Bau und Betrieb von Atomanlagen zum Schutze von Menschen, fremden Sachen und wichtigen Rechtsgütern erfüllt sind.» Als weitere Aufgabe der Kommission nennt die Verordnung u.a. die sicherheitstechnische Überwachung des Baues und des Betriebes von Kernkraftwerken. Seit der Ernennung der KSA hat deren Arbeitsvolumen ständig zugenommen. Das EVED sah sich genötigt, die *Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen* (ASK) zu schaffen, welche die KSA bei der Vorbereitung der Gutachten und vor allem bei der Bau- und Betriebsüberwachung wesentlich entlastet.

Zurzeit wird an einer *Totalrevision* des Atomgesetzes gearbeitet. Es ist anzunehmen, dass das Bewilligungsverfahren neu geregelt wird, es ist jedoch kaum anzunehmen, dass sich die Sicherheitsanforderungen, insbesondere die Anforderungen an den Strahlenschutz gegenüber der bisherigen Praxis ändern werden.

Wenn das Gesetz von *notwendigen und zumutbaren* Sicherheitsbedingungen spricht, so geht aus dieser Formulierung deutlich das Abwägen zwischen zwei Interessen hervor. Einerseits sind alle Sicherheitsmassnahmen, die notwendig sind zu ergreifen, andererseits soll aber ihre Zumutbarkeit geprüft werden, d.h. die Grenzen des Vernünftigen sollen eingehalten werden. Der Gesetzgeber besteht also nicht auf einer «totalen Sicherheit», vielmehr verlangt er, dass das Restrisiko so klein sein soll, dass der Schutz von Menschen und fremden Sachen in ausgewogenem Masse gewährleistet ist.

Drei international anerkannte Strahlenschutzforderungen

Die Verordnung für die KSA nennt den Stand von Wissenschaft und Technik als Basis für die Begutachtung. Unter den Fachleuten besteht kein Zweifel, dass der Stand von Wissenschaft und Technik im Strahlenschutz am besten durch die *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) vermittelt wird. Seit rund 50 Jahren stellt diese Kommission, die sich aus Spitzenfachleuten aus der ganzen Welt zusammensetzt, in regelmässigen Publikationen den jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik zusammen, und gibt gleichzeitig Empfehlungen über die zur Gewährleistung des Strahlenschutzes erforderlichen Bedingungen heraus. Die nationalen Strahlenschutzgesetze in aller Welt, insbesondere auch die schweizerische *Strahlenschutzverordnung* (SSVO), basieren durchwegs auf diesen ICRP-Empfehlungen. Aber nicht nur die einzelnen Länder, sondern auch die bedeutendsten internationalen Organisationen, die sich mit Strahlenschutz befassen, stützen sich praktisch ausnahmslos auf die Empfehlungen der ICRP ab. Dies gilt insbesondere für die UNO, die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und die internationale Atomenergieagentur in Wien (IAEA).

Die Frage, wie weit der Strahlenschutz in einem konkreten Fall jeweils gehen soll, wird von der ICRP in der kürzlich erschienenen Publikation 26 [4] sehr eingehend behandelt. Das Ergebnis kann in *drei Grundforderungen* zusammengefasst werden:

1. Der Nutzen eines Unterfangens, das mit einer Bestrahlung von Menschen verbunden ist oder sein kann, soll die damit eingegangenen Nachteile rechtfertigen.

2. Unvermeidbare Bestrahlungen sollen so tief gehalten werden, als dies vernünftigerweise erreichbar ist (die englische Formulierung lautet: «as low as reasonably achievable»).

3. Die von der ICRP empfohlenen Dosisgrenzwerte sowohl für die beruflich strahlenexponierten Personen als auch für die Bevölkerung sollen nicht überschritten werden.

Die in der *ersten Forderung* postulierte Nutzen/Schaden-Analyse soll sich nicht auf eine Gegenüberstellung des monetären Nutzens einerseits und der zu erwartenden Gesundheitsschäden andererseits beschränken. Vielmehr sollen soziale, ökologische, wirtschaftspolitische und emotionelle Faktoren mit berücksichtigt werden, also Fragen des Umweltschutzes, der Arbeitsplatzerhaltung, der Ängste des Menschen vor dem Unbekannten usw. Auch soll nicht nur der Nutzen einer kleinen Gruppe, sondern der direkte und indirekte Nutzen einer ganzen Gesellschaft beachtet werden.

Die Überprüfung der ersten Forderung ist also zum kleinsten Teil ein technisch-wissenschaftliches Problem. Es treten überwiegend soziale und politische Überlegungen ins Spiel. Keinesfalls kann es die Meinung des Gesetzgebers gewesen sein, die Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen in ihrem Gutachten zu diesen Fragen Stellung nehmen zu lassen. Schliesslich geht es um die Frage, ob ein Land die Kernenergie nutzen will oder nicht, denn weder die monetären Kosten noch der Sicherheitsstandard unterscheiden sich in den verschiedenen Ländern stark. Tatsächlich hat unsere oberste politische Behörde, nämlich das Parlament, vor bald 20 Jahren zur Frage der Kernenergie prinzipiell Stellung genommen, als sie 1959 das Atomgesetz verabschiedete und damit die Einführung der Kernenergie ermöglichte. Damals hat das Volk das Referendum nicht ergriffen und man muss daraus schliessen, dass es nichts gegen diesen Entscheid einzuwenden hatte.

Wenn nun in diesem Jahr das Volk zur Urne gerufen wird, um zur «Initiative zur Wahrung der Volksrechte und der Sicherheit beim Bau und Betrieb von Atomanlagen» seine Stimme abzugeben, so läuft dies letztenendes darauf

hinaus, erneut zur Frage der Kernenergie prinzipiell Stellung zu nehmen. Sicher liegt es im Sinne der ICRP, wenn die Entscheidungskriterien diesmal weitergefasst sein werden als vor 20 Jahren. Damals sah man vor allem die volkswirtschaftliche Bedeutung der Energie. Trotz Atombombentests, die Tagesgespräch waren, vermochte die Strahlengefahr die Kernenergie nicht in Frage zu stellen. Auch das Umweltschutzdenken war damals in der breiten Öffentlichkeit kaum vorhanden. Insbesondere wurde das Abfallproblem seinerzeit als eine rein technische Frage betrachtet, deren Beantwortung zu gegebener Zeit, ungestört von politischen und psychologischen Hindernissen, einzig eine Sache der technischen Fachleute sein werde.

Die *zweite Forderung* der ICRP richtet sich sowohl an den Gesuchsteller als auch an die Behörde. Vom Gesuchsteller wird verlangt, dass er durch entsprechende Massnahmen die Bestrahlung von Menschen möglichst tief halten soll. Mit dem Ausdruck «als dies vernünftigerweise erreichbar ist» wird aber auch die Behörde angesprochen. Die ICRP ist sich bewusst, dass durch Steigerung der Sicherheitsmassnahmen die Gefahren im Prinzip immer weiter reduziert werden können. Irgendwann aber wird dieser Prozess unvernünftig. Nicht nur steht dann der Kostenaufwand in keinem vertretbaren Verhältnis zur Gefahrenreduktion, es kann auch gezeigt werden, dass mit dem gleichen Aufwand auf anderen technischen oder sozialen Gebieten viel mehr für das Wohl des Menschen getan werden kann. Zudem darf nicht ausser acht gelassen werden, dass eine Reduktion der Strahlung in der Umgebung in manchen Fällen mit einer Zunahme der Strahlenbelastung des Betriebspersonals verbunden ist.

Während die zwei ersten Forderungen relativen Charakter haben, empfiehlt die *dritte Forderung* die Einhaltung absoluter Dosisgrenzwerte. Erst dadurch wird sichergestellt, dass sowohl das Risiko der Bevölkerung als auch das des Betriebspersonals, durch die nie ganz vermeidbare Strahlung einen Schaden zu erleiden, in wohl überlegten Grenzen bleiben. Dabei schlägt die ICRP für die Bevölkerung eine zehn Mal tiefere Grenze vor als für das Betriebspersonal mit der Begründung, es handle sich bei letztem um ein Berufsrisiko. Immerhin sind die Grenzen so tief gesetzt, dass dieses Berufsrisiko vergleichbar ist mit dem Risiko der meisten als sehr sicher erachteten Berufe. Die von der ICRP vorgeschlagenen *Dosisgrenzwerte für Ganzkörperbestrahlungen* betragen *500 mrem/Jahr für die Bevölkerung* und *5000 mrem/Jahr für beruflich strahlenexponierte Personen.*

Die drei Grundformen bilden also zusammen ein Ganzes. Während mit der dritten Forderung das Risiko absolut begrenzt wird, verlangt die erste Forderung, dass Personen nur dann einem Strahlenrisiko ausgesetzt werden sollen, wenn dies durch einen entsprechenden Nutzen gerechtfertigt werden kann. Darüberhinaus wird mit der zweiten Forderung erreicht, dass im Rahmen der Vernunft jede unnötige Bestrahlung vermieden wird.

Strahlenschutzkonzept der schweizerischen Sicherheitbehörde

Normalbetrieb

Gestützt auf die Grundforderungen der ICRP hat die zuständige Sicherheitsbehörde der Schweiz, nämlich die *KSA und die ASK* zusammen mit der *Kommission für die Überwachung der Radioaktivität* (KÜR) ein Konzept erarbeitet, das auf sämtliche Kernkraftwerke in der Schweiz angewendet wird. Wie bereits oben ausgeführt wurde, kann es nicht Sache technischer Gremien sein, sich über die Einhaltung der ersten Forderung zu äussern. Tatsächlich gehen die KSA und die ASK bei ihren Arbeiten von der Annahme aus, dass diese Forderung durch die Existenz des Atomgesetzes als erfüllt betrachtet werden muss. Das erwähnte Konzept der Sicherheitsbehörde sorgt für die Einhaltung der beiden anderen Forderungen.

Die Begrenzung der Bestrahlung der *Bevölkerung im Normalbetrieb* eines Kernkraftwerkes wird durch die Festlegung *maximal zulässiger Abgaben von Radioaktivität* an die Umwelt gewährleistet, denn für einen gegebenen Standort mit bekannten meteorologischen Daten lässt sich aus dem angestrebten Dosisgrenzwert für die Bevölkerung ein entsprechender Grenzwert für die Radioaktivitätsabgaben zuordnen. Im Sinne der zweiten Forderung soll man sich aber mit der Einhaltung der von der ICRP empfohlenen Grenzwerte nicht begnügen. Bereits die Strahlenschutzverordnung hat in der Revision von 1976 die Abgaben von Radioaktivität an die Umwelt so beschränkt, dass Personen der Bevölkerung höchstens mit 50 mrem/Jahr zusätzlich bestrahlt werden. Die KSA und die ASK gehen jedoch davon aus, dass nur ein Teil dieser Dosis durch die nukleare Energieerzeugung verursacht werden sollte. Sie haben deshalb den Grenzwert in der Umgebung von Kernkraftwerken auf 20 mrem/Jahr vermindert. Mit diesem Wert, der nur 4 Prozent des von der ICRP empfohlenen Dosisgrenzwertes für die Bevölkerung beträgt, geht die Forderung der ICRP «so wenig wie vernünftigerweise erreichbar» weitgehend in Erfüllung.

Um zu zeigen, dass entsprechend der zweiten Forderung die Kosten einer weiteren Risikoverminderung nicht mehr gerechtfertigt werden können, müsste das Risiko durch einen Preis in Franken ausgedrückt werden. Vorschläge hiefür wurden schon verschiedenenorts gemacht und sie zeigen, dass diese zweite Grundforderung der ICRP, soweit es den Schutz der Bevölkerung betrifft, praktisch immer erfüllt ist. Im allgemeinen verzichtet daher die Sicherheitsbehörde auf die Durchführung solcher Kosten/Risiko-Analysen. Hingegen verlangen sie – und dies entspricht ihrem Auftrag –, dass Kernkraftwerke gemäss dem Stand von Wissenschaft und Technik gebaut und betrieben werden. Die Erfahrung zeigt, dass der Stand der Technik erlaubt, die Limiten für Radioaktivitätsabgaben so tief anzusetzen, dass die maximalen Dosisbelastungen in der Umgebung um mindestens einen Faktor 5–10 tiefer als die erwähnten 20 mrem/Jahr zu liegen kommen, also auf höchstens einige wenige mrem/Jahr.

Die Begrenzung der *Strahlenbelastung des Betriebspersonals* erfolgt durch bauliche und organisatorische Massnahmen. In Übereinstimmung mit der ICRP hat die Strahlenschutzverordnung für diese Personengruppe einen Dosisgrenzwert bei Ganzkörperbestrahlung von 5000 mrem/Jahr festgelegt. Auch hier wird die Forderung gestellt, jede unnötige Bestrahlung zu vermeiden. Tatsächlich zeigt die Erfahrung, dass die mittlere Exposition des Personals in unseren Kernkraftwerken zwischen 1000 und 2000 mrem/Jahr liegt.

Störfälle

Der Schutz der Bevölkerung soll auch bei Störfällen in der Anlage möglichst weitgehend gewährleistet sein. Wie weit auch immer die Qualitätssicherung beim Bau und Betrieb eines Kernkraftwerkes getrieben wird, Störungen, die zum Versagen von Komponenten oder ganzen Systemen führen können, lassen sich nie völlig ausschliessen. Durch Redundanz und zusätzliche Barrieren kann aber dafür gesorgt werden, dass Störungen, die zu nennenswerten Aktivitätsabgaben in die Umgebung führen, äusserst unwahrscheinlich sind.

Die Sicherheitsbehörde verlangt, dass Zwischenfälle, die Personen in der Umgebung mit Dosen bis zu 100 mrem belasten könnten, also etwa gleichviel wie die Jahresdosis der natürlichen Strahlung, höchstens einmal in 100 Jahren erwartet werden müssen. Dosen bis zu 10000 mrem sollen höchstens einmal in 10000 Jahren auftreten. Solche Dosen können

Tabelle 1: Jährlich zu erwartende Zahl von Strahlenschäden in der Schweiz zufolge ungestörtem Kernkraftwerksbetrieb im Vergleich zu den Spontanfällen

Art des Schadens	*Kernkraftwerke*	*Spontanrate*
Krebs	0,13	13000
Erbschäden	0,13	6000

noch keine akuten Strahlenschäden verursachen. Noch höhere Dosen sollen seltener als einmal in 1 Million Jahren vorkommen.

Die Frage, was denn überhaupt die höchsten Dosen und damit die schwersten Auswirkungen in der Umgebung sein könnten unter der Annahme, alle Sicherheitsvorkehrungen würden versagen, wurde wiederholt untersucht, am eingehendsten wohl in der unter dem Namen *Rasmussen-Bericht* [5] bekanntgewordenen Studie. Sie zeigt, dass zwar Unfälle, die ein schweres Ausmass annehmen und zu akuten Todesfällen führen können, nie völlig auszuschliessen sind. Sie dürften jedoch wesentlich seltener als einmal in 1 Million Jahren auftreten. Die Folgen lassen sich in ihrem Umfang etwa mit denen von Dammbrüchen oder schweren Erdbeben vergleichen, wobei solche Ereignisse aber wesentlich wahrscheinlicher sind. Durch vorbereitete Katastrophenpläne, wie sie sich zurzeit in der Schweiz in Verwirklichung befinden, können die Auswirkungen auch dieser extremsten Ereignisse stark reduziert werden.

Erwartete Strahlenschäden unter der Bevölkerung

Normalbetrieb

Ionisierende Strahlung gilt in der Fachwelt als *besterfasster Umweltfaktor* und die Arten der möglichen Schädigung dürfen als bekannt betrachtet werden. Im Vordergrund stehen *Krebserkrankungen* und *genetische Schäden.* Strahlenerkrankungen, die innert kurzer Zeit zum Tod führen, sind nur bei hohen Strahlendosen möglich und treten nur bei sehr schweren Unfällen auf. Nun ist es keineswegs so, dass jede Bestrahlung zwangsläufig zu Spätschäden und genetischen Schäden führen muss. Die Wahrscheinlichkeit eines Schadens nimmt mit abnehmender Strahlendosis ab. Es ist heute üblich, im Sinne einer konservativen Betrachtung anzunehmen, dass die Wahrscheinlichkeit proportional zur Strahlendosis ist und dass es keine Schwelle gibt, unterhalb der das Strahlenrisiko verschwindet. Bei einer Bestrahlung mit einer Dosis von 1000 mrem je Person und einer Gesamtbevölkerung von 1 Million Personen rechnet man mit etwa 200 Krebsfällen, wovon rund die Hälfte tödlich verlaufen würde, sowie höchstens 200 Fällen ernstlicher Erbschäden in allen nachfolgenden Generationen.

Wendet man diese Zahl auf die *Schweiz* an und nimmt man ferner an, dass zufolge des Betriebes von Kernkraftwerken jedermann mit 0,1 mrem belastet wird (im Jahre 1977 betrug die maximale Dosis in der Umgebung der Kernkraftwerke Mühleberg und Beznau höchstens 0,1 mrem), so ergibt sich daraus das in Tabelle 1 wiedergegebene Bild.

Die *Zunahme* von Krebs- und Erbschäden ist also *vernachlässigbar* neben der Zahl der bestehenden Spontanfälle, das heisst der Fälle, die auch ohne Gegenwart von Kernkraftwerken auftreten.

Störfälle

Neben diesen durch den normalen, also ungestörten Betrieb von Kernkraftwerken verursachten Schäden besteht die Möglichkeit von *Zwischenfällen und Unfällen,* die zu einer Strahlenbelastung in der Umgebung führen. Wie bereits oben ausgeführt, müssen Kernkraftwerke so gebaut und betrieben werden, dass solche Ereignisse sehr unwahrscheinlich sind, und zwar umso unwahrscheinlicher, je grösser die Auswirkungen sein können. Von Unfällen, die noch mit einer Wahrscheinlichkeit von einmal in 10000 Jahren bis einmal in 1 Million Jahren erwartet werden, wird verlangt, dass ihre Auswirkung begrenzt bleibt. Das heisst, akute Strahlenschäden sollen ausgeschlossen sein und eine vorübergehende Erhöhung von Krebserkrankungen und Erbschäden neben den stets vorhandenen Spontanfällen kaum nachweisbar sein. Aus dem bereits zitierten Rasmussen-Bericht geht ferner hervor, dass das gesamte Risiko, an einem durch einen Kernkraftwerksunfall bedingten Krebs zu erkranken, etwa gleich gross ist wie das aus dem ungestörten Betrieb folgende Risiko.

Literaturverzeichnis

[1] *Baumgartner G.*, u.a.: «Kernkraftwerke als Sicherheitsproblem» Schweiz. Bauzeitung, Heft 44, 1977.

[2] «Bundesgesetz über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz», 1959.

[3] «Verordnung betreffend die Eidg. Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen», 1960.

[4] *ICRP:* "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", Publikation 26, Pergamon Press, 1977

[5] *United States Regulatory Commission:* "Reactor Safety Studies – An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants"; WASH-1400, 1975.

Adresse des Verfassers: Dr. *F. Alder*, Sandstr. 45, 5412 Gebenstorf

Der Abgasausstoss durch Motorfahrzeuge

Von **W. Martin,** Bern, **G. Galli** und **T. Pelli,** Zürich

Das Eidg. Amt für Umweltschutz hat einen Emissionskataster für Motorfahrzeuge in der Schweiz ausarbeiten lassen. Als Bezugsjahr wurde 1970 gewählt. Die Ergebnisse sind in einem Expertenbericht veröffentlicht worden. In der Zwischenzeit wurde die Aufarbeitung des Katasters für das Jahr 1975 vorgenommen. Beim Vergleich der Emissionsdaten der Jahre 1970 und 1975 ergeben sich interessante Aussagen hinsichtlich der Entwicklung der Luftverschmutzung durch Verkehrsabgase. Die wesentlichen Ergebnisse sind im nachfolgenden Aufsatz zusammengestellt.

Einleitung

Die verkehrsbedingten Immissionen haben in den letzten Jahren zunehmend zu Diskussionen Anlass gegeben. Die Luftverunreinigung und der Lärm stehen dabei eindeutig im Vordergrund. Bis vor kurzem wurde über Lärm- und Schadstoffbelastungen eher nach subjektivem Empfinden diskutiert. Der Massstab der Beurteilung reichte sehr oft von «unbedenklich» bis zu «untragbar». Für eine objektive Beurteilung der lufthygienischen Situation in Agglomerationen und entlang von Hauptverkehrsachsen stehen derzeit keine idealen