Positionsbestimmung des BfS
zu Grundsatzfragen des Strahlenschutzes

(„Leitlinien Strahlenschutz“)

01.06.2005

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

A. Ionisierende Strahlung

I. Grundlagen des Strahlenschutzes

A.I.1 Rechtfertigung 4
A.I.2 Dosisbegrenzung 8
A.I.3 Optimierung 12

II. Einzelfragestellungen

A.II.1 Dosis-Wirkungs-Beziehung 16
A.II.2 Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF) 19
A.II.3 Gewebe-Wichtungsfaktoren 21
A.II.4 Strahlungs-Wichtungsfaktoren (Photonen, Neutronen, Protonen) 24
A.II.5 Kollektivdosis 26
A.II.6 Verfahren zur Expositionsbestimmung der Bevölkerung 30

III. Spezielle Anwendungsgebiete

A.III.1 Freigabe 32
A.III.2 Begrenzung der Exposition durch Radon in Gebäuden 35
A.III.3 Medizinische Strahlenexposition 37

B. Nichtionisierende Strahlung

B.I Rechtfertigung 40
B.II Neue Technologien 42
B.III Grenzwertsetzung 44

C. Schutz von Natur und Umwelt

Entwicklung von Schutzkonzepten für Flora, Fauna und Umweltmedien 46

D. Über den reinen Strahlenschutz hinausgehende Fragestellungen

D.I Risikobasierte Bewertungsverfahren 49
D.II Vorsorge 54

Vorwort

Strahlenschutz geht weit über die Bereiche Technik und Messwesen hinaus, da er Konzepte, ethische Prinzipien und Wertvorstellungen beinhaltet, wie der Schutz von Mensch und Umwelt ausgestaltet werden kann. Ergänzend zum Stand von Wissenschaft und Technik tritt die sich ständig fortentwickelnde gesellschaftliche Diskussion zu Grundsatzfragen des Schutzes von Mensch und Umwelt, zum Leben mit Risiken, zur Beteiligung von Betroffenen und zur Vorsorge. Der Strahlenschutz ist dabei nur eine unter vielen Stimmen. Gerade deswegen ist es sinnvoll und notwendig, von Zeit zu Zeit deutlich zu machen, welche Grundlagen der Strahlenschutz aktuell hat und wo die zukünftigen Herausforderungen liegen. Darüber hinaus gilt es auch, etablierte Positionen zu überprüfen und wenn notwendig zu modifizieren sowie neue Positionen zu beziehen, wenn der Erkenntnisstand dies erfordert.

Das Bundesamt für Strahlenschutz legt deshalb mit den „Leitlinien Strahlenschutz“ ein Papier vor, in dem es zu 18 grundsätzlichen Fragen des Strahlenschutzes Position bezieht und Anstöße für Diskussionen sowohl mit der Fachwelt als auch mit der interessierten Öffentlichkeit gibt.

A. Ionisierende Strahlung

I. Grundlagen des Strahlenschutzes

Die zentrale fachliche Grundlage des Schutzes gegen die schädliche Wirkung ionisierender Strahlung ist die Annahme einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung ohne Schwelle (LNT-Hypothese). Auf dieser Arbeitshypothese wurde das System des Strahlenschutzes mit den Grundsätzen Rechtfertigung, Minimierung/Optimierung und Dosisbegrenzung aufgebaut. Diese Prinzipien werden im Folgenden erläutert. Dabei werden fallweise unterschiedliche Anwendungen (planbare und genehmigungsbedürftige Tätigkeiten und Arbeiten und die sog. „Interventionen“ (Unfallsituationen, faktische Situationen)) sowie die spezielle Situation in der Medizin betrachtet.

A.I.1 Rechtfertigung

Hintergrund

Die Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in Wissenschaft und Technik sowie in der Medizin bedarf der Rechtfertigung. Ein wichtiger Aspekt des Rechtfertigungsprinzips ist die Abwägung zwischen dem Nutzen der Anwendung und dem Strahlenrisiko. Eine detailliertere Darstellung dieses Sachverhalts ist ICRP 60 zu entnehmen. Erkenntnisse des Strahlenschutzes über die Risiken ionisierender Strahlung fließen zentral in die Rechtfertigungsüberlegungen mit ein. Die Vermeidung von Dosen, wo immer dies von der Anforderung her möglich ist, ist ein wichtiger Aspekt des Rechtfertigungsprozesses und der daraus resultierenden Rechtfertigungsentscheidung. Insbesondere müssen die mit der Anwendung ionisierender Strahlung verbundenen Risiken geringer sein als der Nutzen der Anwendung. Die Abwägung zwischen Risiko und Nutzen erfolgt in den einzelnen Anwendungsfällen in unterschiedlicher Weise wie im Folgenden dargestellt wird.

Die Rechtfertigung von Anwendungen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe im Rahmen planbarer Tätigkeiten setzt eine Abwägung der infolge der Tätigkeit zu erwartenden strahlenbedingten Risiken für den Einzelnen, für Bevölkerungsgruppen oder die Bevölkerung insgesamt und des mit einer solchen Anwendung für den Einzelnen oder die Gesellschaft verbundenen Nutzens voraus. Im Rahmen dieses Abwägungsprozesses sind auch Überlegungen anzustellen, ob das mit einer solchen Anwendung verbundene Ziel auch ohne den Einsatz ionisierender Strahlung bzw. radioaktiver Stoffe erreicht werden kann.

Im Falle von Arbeiten, d.h. dem Umgang mit natürlicher Radioaktivität, existieren in vielen Fällen die Strahlenexpositionen bereits, wenn über die Notwendigkeit von Strahlenschutzmaßnahmen entschieden wird. Hier kann es Situationen geben, in denen die Anwendung des Prinzips der Rechtfertigung nur eingeschränkt möglich ist. Wenn sichergestellt ist, dass in solchen Fällen die Aspekte des praktischen Strahlenschutzes Berücksichtigung finden, kann sich die Rechtfertigung primär auf allgemeine gesellschaftliche Diskurse abstützen. In Fällen, in denen die Anwendung des Prinzips der Rechtfertigung entsprechender Maßnahmen möglich ist, muss sich diese an den für Interventionen geltenden Prinzipien orientieren. Allerdings gibt es auch Arbeiten, in denen sich die Vorgehensweise bei der Rechtfertigung an den Prinzipien orientieren sollte, die für Tätigkeiten gelten. Dies trifft z.B. zu für die Verwendung von thorierten Elektroden oder von mineralischen Rohstoffen mit möglichst geringem Gehalt natürlicher radioaktiver Stoffe.

Im Falle von „Interventionen“ ist im Prozess der Rechtfertigung nachzuweisen, dass die Interventionsmaßnahme oder das Interventionsprogramm mehr Vorteile (Nutzen) als Nachteile (Schaden) verursacht. Unter Nutzen sind in diesem Fall nicht nur die Absenkung von Strahlenexpositionen, sondern alle positiven Aspekte zu verstehen, die in Folge der Maßnahme oder eines Programms (z.B. des Sanierungsprogramms für bergbauliche Hinterlassenschaften) erwartet werden. Bei der Bewertung des Schadens (der Nachteile) einer Maßnahme sind nicht nur alle negativen Aspekte, z.B. die Strahlenexpositionen, die Beeinträchtigungen und Belästigungen, die durch die Intervention selbst verursacht werden, zu betrachten, sondern auch die finanziellen Aufwendungen, die für die Durchführung einer Maßnahme oder eines Programms erforderlich sind. Die öffentliche Akzeptanz spielt sowohl bei der Bewertung der positiven als auch der negativen Aspekte eine wichtige Rolle. Für Sanierungsprogramme sollten z.B. nach Prüfung aller relevanten Faktoren Maßnahmenwerte in Rechtsvorschriften festgelegt werden, da nur so klare Festlegungen darüber getroffen werden, in welchen Fällen Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind.

Im Bereich der Medizin müssen zwei Fälle unterschieden werden:

1. Die Rechtfertigung im Einzelfall, in dem die rechtfertigende Indikation und der Nutzen des einzelnen Patienten im Mittelpunkt stehen.
2. Die Rechtfertigung im Bereich der Vorsorge im Rahmen von Früherkennungsprogrammen, bei denen der individuelle und der gesellschaftliche Nutzen und das Risiko der in die Früherkennungsprogramme einbezogenen Personen insgesamt abgewogen werden müssen.

Eine spezielle Fragestellung ist die Rechtfertigung neuer Techniken und Verfahren in der Medizin unter dem Aspekt des Strahlenschutzes (vgl. A.III.3).

Sowohl die Ermittlung als auch die Bewertung eines "Nettonutzens" ist nicht trivial und muss zum Teil qualitativ erfolgen. Es sind z.B. alternative Verfahren ohne die Anwendung ionisierender Strahlung in den Überlegungen zu berücksichtigen. Die Begründung und Quantifizierung des Nutzens ist in der Regel nicht originäre Aufgabe des Strahlenschutzes, sondern eine gesellschaftliche Aufgabe, die eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich macht. Dies ist allerdings noch immer nicht allgemein bekannt, geschweige denn akzeptiert, wie die Diskussion im Zusammenhang mit sicherheitsrelevanten Fragestellungen (Zwangsdurchleuchten von Gütern und Personen an der Grenze) oder andere Anwendungen ionisierender Strahlung ohne medizinische Indikation (Stichwort „medical-legal exposures“) zeigen.

Thesen

- Die Rechtfertigung setzt einen aktiven Prozess der Abwägung zwischen Handlungsoptionen voraus. Der Verweis auf niedrige Expositionen allein ist kein Grund für die Rechtfertigung einer Anwendung. Soweit nicht bereits geregelt, muss die Rechtfertigung von neuen Anwendungen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe grundsätzlich durch eine rechtliche Grundlage geschaffen werden. In Fällen, in denen die Rechtfertigung auf Einzelfallentscheidungen hinausläuft, wie bei der rechtfertigenden Indikation des Arztes, sollte der erforderliche fachliche Abwägungsprozess in Form von anerkannten Standards transparent gemacht werden.
- Die Rechtfertigung erfolgt in vielen der hier einschlägigen Situationen im Rahmen gesamt-gesellschaftlicher Prozesse, die den Strahlenschutz mit einbeziehen. Der Prozess der Rechtfertigung muss durch Festschreibung von Standards nachvollziehbar und transparent sein. Dabei müssen die Handelnden und ihre Funktionen eindeutig identifiziert, die erwogenen Handlungsoptionen benannt und die jeweils damit verbundenen Risiken und der Nutzen aufgezeigt werden. Es ist dringend erforderlich, die Verfahren der Nutzen-Risiko-Abwägung, vergleichbar der Risikobewertung, stärker fachlich-wissenschaftlich zu basieren. In vielen Fällen können hierbei auch bestehende betriebs-, volks- und versicherungswirtschaftliche sowie gesellschaftswissenschaftliche Methoden zum Einsatz kommen. Die Anwendbarkeit und Übertragbarkeit dieser Methoden für den Abgleich von Handlungsoptionen ist weiter zu entwickeln und umzusetzen.
- Es sind Handlungsanleitungen zu erstellen und verbindlich festzulegen, die die Umsetzung des Rechtfertigungsprozesses sowie der beschriebenen Grundsätze ermöglichen und nachvollziehbar machen.

Begründung

Bis zum heutigen Tag werden Diskussionen zur Rechtfertigung von Tätigkeiten immer wieder durch Risikoabschätzungen des Strahlenschutzes dominiert mit dem Versuch, die

Rechtfertigung selbst durch Verweis auf die mit einer Anwendung verbundenen niedrigen Expositionen zu ersetzen. Dies ist grundsätzlich nicht zulässig. So wurden beispielsweise nach den Ereignissen des 11. September in Sicherheitskreisen wiederholt Screening- und Detektionsmethoden ins Gespräch gebracht, für die es bisher keine Rechtfertigung in Form einer Rechtsgrundlage gibt. Den Nachweis des individuellen oder gesellschaftlichen Nutzens können in diesem Fall ausschließlich die für die Sicherheit zuständigen staatlichen Stellen und nicht der Strahlenschutz erbringen. Es ist eine primäre Aufgabe des Staates die rechtlichen Grundlagen für die Feststellung einer Rechtfertigung zu schaffen.

Für die Abwägungsprozesse im Rahmen der Rechtfertigung von Tätigkeiten gibt es derzeit für Betreiber, Anwender und mit Fragen des Strahlenschutzes beauftragte Stellen keine Handlungsanleitungen. Die Festschreibung von Mindeststandards für die operationelle Durchführung der entsprechenden Verfahren in Leitfäden ist dringend notwendig. Die Nachvollziehbarkeit des Abwägungsprozesses durch Betreiber und Anwender setzt voraus, dass explizit erwogene Handlungsoptionen benannt und die jeweils damit verbundenen Risiken und der Nutzen aufgezeigt werden. Mindestanforderungen an Transparenz und Nachvollziehbarkeit (Dokumentation) sind zu erfüllen.

A.I.2 Dosisbegrenzung

Hintergrund

Für die Dosisbegrenzung kommen im Strahlenschutz alternativ zwei Vorgehensweisen zum Einsatz. Zum einen wird die Dosis in allen Fällen, in denen die Strahlenquellen im Sinne des Strahlenschutzes kontrolliert, bzw. die Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe geplant werden können, durch Grenzwerte streng begrenzt. Kann die Kontrolle für den Einzelnen im engen Sinne nicht durchgeführt bzw. gewährleistet werden (potentielle Expositionen), so erfolgt die Begrenzung der Dosis aus kontrollierbaren Quellen über Maßnahmen- oder Richtwerte bzw. Ziel- oder Referenzwerte. Diese Werte entfalten im Gegensatz zu einem Grenzwert eine geringere rechtliche Bindungswirkung, und ihnen kommt bezüglich der praktischen Durchführung eine geringere Verbindlichkeit zu.

Für beruflich Strahlenexponierte wird die Einhaltung der relevanten Grenzwerte durch entsprechende Überwachungsmaßnahmen individuell überprüft und in einem zentralen Register überwacht. Für die allgemeine Bevölkerung beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten 1 mSv im Kalenderjahr. Die Überwachung dieses Wertes ist weniger exakt möglich als im Falle beruflicher Strahlenexpositionen. Eine individuelle, auf Messwerte gestützte Überwachung ist einerseits nicht möglich, andererseits wegen der in aller Regel geringen Dosisbeiträge von Strahlenexpositionen aus gegenwärtig ausgeübten Tätigkeiten auch nicht erforderlich. Die Dosisermittlung erfolgt daher durch Abschätzverfahren, in die zwangsläufig eine Reihe von Annahmen und Unsicherheiten eingehen. Die Abschätzung bzw. Berechnung ist nach der StrlSchV so angelegt, dass Expositionen für jede Einzelquelle konservativ abgeschätzt werden, der Dosisbeitrag jeder Einzelquelle nur einen möglichst geringen Anteil des Grenzwertes ausschöpfen darf und somit insgesamt die Abschätzung für Expositionen aus allen Tätigkeiten bezogen auf jede einzelne Person der Bevölkerung als konservativ gelten kann.

Für Unfallsituationen sind Eingreifrichtwerte für Sofortmaßnahmen sowie Höchstwerte der Kontamination von Nahrungs- und Futtermitteln festgelegt, die der Dosisbegrenzung über den Ingestionspfad dienen. Die Eingreifrichtwerte erfüllen zwei Zwecke: (i) In der Planungsphase sind sie Grundlage für organisatorische und sächliche Planungen und Vorhaltungen des Katastrophenschutzes. Sie zielen darauf ab, bei „Gefahr im Verzug“ Sofortmaßnahmen ergreifen und ein Überschreiten der Richtwerte verhindern zu können. (ii) Sollte ein Strahlenunfall eingetreten sein, so stellen die Eingreifrichtwerte die Obergrenze dar, oberhalb derer die Maßnahmen des Strahlenschutzes im Sinne des Katastrophenschutzes zwingend begründet sind.

In faktischen Situationen, in denen Strahlenexpositionen auf natürliche Quellen zurückzuführen sind (z.B. Radon in Aufenthaltsräumen) oder Hinterlassenschaften früherer menschlicher Tätigkeiten darstellen (z.B. Altlasten), dienen Maßnahmen- und Zielwerte einerseits zur Begründung von Sanierungsmaßnahmen bzw. geben andererseits das Ziel der Dosisreduktion vor, das durch die Maßnahmen mindestens erreicht werden sollte. Sollten Expositionen oberhalb von Maßnahmenwerten liegen, sind Sanierungsmaßnahmen unter Beachtung des Optimierungsgrundsatzes des Strahlenschutzes so zu planen und auszuführen, dass ein Unterschreiten des Zielwertes möglichst erreicht wird. Eine Unterschreitung besagt nicht notwendigerweise, dass der Optimierungsprozess im Sinne des Strahlenschutzes automatisch abgebrochen werden kann. Umgekehrt heißt dies aber auch, dass ein nachweisbar optimiertes Ergebnis oberhalb des Zielwertes im Sinne des Strahlenschutzes akzeptiert werden muss.

Die Begrenzung der Strahlenexposition in der medizinischen Diagnostik erfolgt mit Hilfe Diagnostischer Referenzwerte (DRW). Ein wiederholtes Überschreiten der Referenzwerte durch Betreiber oder Anwender hat eine Überprüfung der technischen Einrichtungen durch die zuständigen Stellen zur Folge. Das Ziel ist, die Gründe für die Überschreitung zu ermitteln und eine Reduzierung auf die für das diagnostische Verfahren mindestens notwendige Expositionshöhe unterhalb der DRW zu erreichen. Neben diesem physikalisch-technischen Bereich ist eine Verbesserung der Qualität der Untersuchungen durch Weiterbildungen und die Anwendung des Standes der medizinischen Wissenschaften anzustreben. Wesentliche Bedeutung zur Dosisreduktion kommt bei diagnostischen Verfahren in der Medizin der rechtfertigenden Indikation zu. Für therapeutische Anwendungen sind in Übereinstimmung mit der ICRP keine Dosisbegrenzungen festgelegt; hier gilt das individuelle Rechtfertigungsprinzip.

Das Einhalten der für die unterschiedlichen Situationen relevanten Begrenzungswerte und -prinzipien allein reicht im Strahlenschutz nicht aus. Es besteht vielmehr immer das zusätzliche Erfordernis zur Optimierung (vgl. A.I.3).

Thesen

- Bei kontrollierbaren Strahlenquellen und planbaren Strahlenanwendungen stellen Dosisgrenzwerte ein wesentliches Element des Strahlenschutzes dar.
- Bei beruflich strahlenexponierten Personen sind Strahlenexpositionen auf der Basis individueller Dosismesswerte zu erfassen und zu bewerten. Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten und Arbeiten sind gleich zu bewerten; sollten Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten und Arbeiten vorliegen, so ist die Summe der Expositionen zu bewerten. Die Dosismesswerte sind zentral zu erfassen und die Grenzwerte zentral zu überwachen.

- Bei der Bevölkerung sind Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten abzuschätzen bzw. zu berechnen. Eine messtechnische Überwachung auf individueller Ebene ist weder möglich noch notwendig. Die Überwachung der Dosisbegrenzung der Bevölkerung muss auf hinreichend abdeckenden Abschätz- und Berechnungsverfahren beruhen. Eine bestimmte Strahlenquelle oder Strahlenanwendung darf dabei nur einen möglichst kleinen Anteil des Dosiswertes, der durch den Dosisgrenzwert vorgegeben ist, ausschöpfen. Diese Einschränkung gilt auch für einzelne Ableitungspfade.
- Zur Begrenzung der Dosis aus diagnostischen Anwendungen in der Medizin kommen Diagnostische Referenzwerte zur Anwendung. Die Unterschreitung ist durch physikalisch-technische und durch Verfahren der Qualitätssicherung zu gewährleisten.
- Erfolgen die Strahlenexpositionen durch Quellen, die nicht kontrollierbar sind, so erfolgt die Dosisbegrenzung durch Maßnahmen- und Zielwerte. Expositionen oberhalb des Maßnahmenwertes bedingen die Planung und Ausführung von Maßnahmen zur Dosisreduktion unter Einhaltung der Grundsätze der Optimierung. Ziel der Maßnahmen ist eine Unterschreitung relevanter Zielwerte. Ein Beispiel hierfür ist die vom BfS aktiv verfolgte Regelung zur Dosisbegrenzung durch Radon in Aufenthaltsräumen (vgl.A.III.2).
- Bei Unfallsituationen wird die Dosis durch Eingreifrichtwerte begrenzt. Diese dienen einerseits der Planung von Maßnahmen des Katastrophenschutzes und stellen anderseits die Obergrenzen dar, die die Durchführung dieser Maßnahmen in einer Unfallsituation zwingend im Sinne des Katastrophenschutzes begründen.
- Die Dosisbegrenzung durch Dosisgrenzwerte oder durch Maßnahmen- und Zielwerte muss immer ergänzt werden durch die Anwendung des Optimierungsgrundsatzes des Strahlenschutzes.

Begründung

Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte zeigt, dass mit der Durchsetzung des Prinzips der Dosisbegrenzung und der Optimierung die Expositionen im Bereich der beruflich Strahlenexponierten kontinuierlich abgenommen haben. Die Reduzierung des Grenzwertes auf 20 mSv pro Jahr hat zu keinen erkennbaren betriebsbedingten Schwierigkeiten geführt. Die Überwachungsdaten des Strahlenschutzregisters zeigen vielmehr, dass bereits vor der entsprechenden rechtlichen Festlegung die Häufigkeit von Dosiswerten am oberen Ende der Dosisverteilung (> 20 mSv/Jahr) abgenommen hat.

Im Gegensatz zur Dosisbegrenzung beruflich strahlenexponierter Personen, die sich grundsätzlich auf die messtechnische Erfassung personenbezogener Expositionen stützt, ist dies bei der Bevölkerung nicht möglich. Solange Expositionen aus einzelnen Quellen oder Anwendungen abdeckend geschätzt bzw. berechnet wurden und nur einen kleinen Anteil des

Dosiswertes ausmachen, der insgesamt durch die Dosisbegrenzung vorgegeben wird, ist diese Notwendigkeit nicht gegeben. Sollte jedoch eine Quelle oder eine Anwendung einen Großteil des durch den Grenzwertes vorgegeben Dosiswertes ausschöpfen, z.B. in de-facto Situationen, würde sich die Frage der Notwendigkeit neu stellen.

In Situationen, in den Expositionen faktisch vorliegen, ist eine Dosisbegrenzung nach dem Grenzwertprinzip praktisch nicht sinnvoll. Vielmehr ist der Betrachtung solcher Einzelsituationen unter Beachtung des Grundsatzes der Optimierung die Methode der Wahl. In solchen Situationen wird das Prinzip der Dosisbegrenzung am wirksamsten durch Maßnahmenwerte, die den Start eines Optimierungsverfahrens zwingend begründen und Zielwerte, die eine Mindestanforderung an die Maßnahmen definieren, umgesetzt. Dieses Verfahren trifft u.a. auf Radon in Aufenthaltsräumen und auf radiologische Altlasten zu (vgl. A.III.2 und A.III.1).

Interventionssituationen können grundsätzlich wie Situationen mit faktisch vorliegenden Expositionen betrachtet werden. Hier begründen Eingreifrichtwerte die Obergrenze, oberhalb derer Maßnahmen zwingend begründet sind.

A.I.3 Optimierung

Hintergrund

Das Prinzip der „Optimierung“ hat eine erhebliche Bedeutung für den praktischen Strahlenschutz. Nach ICRP 60 gilt: “In relation to any particular source within a practice, the magnitude of individual doses, the number of people exposed, and the likelihood of incurring exposures where these are not certain to be received should all be kept **a**s **l**ow **a**s **r**easonably **a**chievable, economic and social factors being taken into account”. Dieses „ALARA“-Prinzip ist dem in der StrlSchV verankerten Minimierungsgebot (“... jede Strahlenexposition ... unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten”) gleichwertig. Bei der praktischen Anwendung des Optimierungsprinzips im Rahmen planerischer Überlegungen sind Strategien zu erarbeiten und anzuwenden, die unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles zur Reduktion der Exposition der Bevölkerung und beruflich Strahlenexponierter führen. Hierbei ist die Dosisermittlung möglichst realistisch durchzuführen. Es werden insbesondere die Höhe der individuellen Exposition und die Zahl der Exponierten betrachtet. Bei Optimierungsüberlegungen wird u.U. auch die Kollektivdosis als ergänzender Bewertungsmaßstab mit berücksichtigt. Die konsequente Anwendung dieses Prinzips führt auch zu Überlegungen und Maßnahmen, die zur Reduktion von Unfallrisiken und potentiellen Expositionen beitragen. Bei der Anwendung des Prinzips werden sowohl strahlenhygienische und technische als auch ökonomische und soziale Fragestellungen berücksichtigt.

In Situationen, in denen technische Anlagen bzw. Anwendungen ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe planbar sind, fließen die Ergebnisse von Optimierungsüberlegungen in Richtlinien, Standards, Verwaltungsvorschriften etc. ein. Diese werden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik ständig weiter entwickelt und im Einzelfall dann in konkrete technische Maßnahmen umgesetzt. Während des Betriebs und des Rückbaus solcher Anlagen sind dauerhaft entsprechende Optimierungsmaßnahmen erforderlich.

In „Interventionssituationen“ besteht eine enge Wechselwirkung zwischen der Rechtfertigung und der Optimierung. Während im Prozess der Rechtfertigung grundsätzlich nachzuweisen ist, dass Interventionsmaßnahmen einen Netto-Nutzen ergeben können, sind im Prozess der Optimierung aus den möglichen Maßnahmen jene auszuwählen, die den maximalen Nutzen ergeben. Dieses Prinzip wird im Falle von Sanierungsprogrammen dadurch berücksichtigt, dass bei der Festlegung eines Maßnahmenwerts bereits eine Abwägung von Nutzen und Schaden (Vor- und Nachteilen) vorgenommen wird (vgl. A.I.1). Maßnahmen der Optimierung beschränken sich darauf, aus den möglichen Maßnahmen jene auszuwählen, die im Einzel-

fall zu einer dauerhaften Unterschreitung des Maßnahmenwertes führen und von den Beteiligten akzeptiert werden.

Die internationale Diskussion ist sich darin einig, dass der Optimierungsprozess nicht durch eine vorab getroffene Festlegung generischer Werte im Sinne einer Abschneidevorschrift begrenzt werden kann. Der Optimierungsprozess soll vielmehr dann beendet werden, wenn im Rahmen des Gesamtprozesses das Optimum erreicht ist. Es besteht allerdings auch Übereinstimmung in der Auffassung, dass bei der Festlegung des Optimums auch Aufwände für jeweils weitere Optimierungsschritte betrachtet werden müssen und dass der Aufwand bei sehr niedrigen Expositionen „angemessen“, d.h. entsprechend niedrig sein muss. Es kann hierbei hilfreich sein, im unteren Bereich des Optimierungsraums ein Dosisziel oder Risikoziel festzulegen, das die Größenordnung der Optimierungsnotwendigkeit aus Sicht des Gesetz- oder Verordnungsgebers vorgibt.

Eine allgemein anwendbare Methode zur praktischen Durchführung der Optimierung kann wegen der vielfältigen Faktoren, die im Optimierungsprozess zu betrachten sind, nicht angegeben werden. Eine ausschließliche Anwendung der quantitativen (mathematischen) Kosten-Nutzen-Analyse ist abzulehnen, da sie den Optimierungsprozess auf Fragen der Monetarisierung radiologischer Risiken reduzieren würde. Soll die Kollektivdosis im Rahmen der Optimierung bewertet werden, ist sorgfältig zu prüfen, ob die Voraussetzungen dafür gegeben sind. Hierbei ist einer parameterbasierten Betrachtung der Verteilung der Individualdosen der Vorzug zu geben. Dies gilt insbesondere zur Abschätzung des Risikos bei großen Kollektiven mit kleinen individuellen Dosisbeiträgen. In einem solchen Fall ist die Verwendung der Kollektivdosis als Maßstab für die Optimierung grundsätzlich nicht geeignet. Bei der Optimierung von Sanierungsmaßnahmen für bergbauliche und industrielle Hinterlassenschaften, bei denen der Hauptbeitrag zur Kollektivdosis durch Individualdosen im natürlichen Bereich zustande kommt, gilt dies in besonderem Maße. Grund dafür ist, dass die so berechneten Kollektivdosen häufig als alleinige Basis zur Berechnung strahleninduzierter Todesfälle genommen werden, die danach mit mehr oder weniger willkürlichen Annahmen in monetäre Kosten umgerechnet werden. Eine Entscheidung zwischen verschiedenen Sanierungsoptionen müsste dann auf der Basis eines Vergleichs der derart aus der Kollektivdosis abgeleiteten monetären Folgen getroffen werden. Dies ist nicht sinnvoll.

Trotz der zahlreichen fachlichen Probleme, die nach wie vor mit der praktischen Umsetzung des Optimierungsgrundsatzes verbunden sind, muss dieses Grundprinzip eine zentrale Stellung im praktischen Strahlenschutz bekommen, da nur die konsequente Anwendung des Prinzips der Optimierung zur Etablierung einer Sicherheitskultur führt, in der sich die für die Belange des Strahlenschutzes Verantwortlichen und die Betroffenen gemeinsam um die Reduktion der Strahlenexpositionen bemühen. Die Einbeziehung der Betroffenen („stakeholder involvement“) ist ein wesentlicher Aspekt dieser Sicherheitskultur. Der Prozess des stake-

holder involvement kann und muss je nach Fragestellung sehr unterschiedlich gestaltet werden und setzt bei den Verantwortlichen ein hohes Maß an Management- und sozialer Kompetenz voraus. Richtig eingesetzt führt diese Form der Beteiligung an der Vorbereitung von Entscheidungen aber zu einer Verbesserung von Entscheidungen, zu einer Vergrößerung der Transparenz der zugrunde liegenden Prozesse und letztlich zu einer Festigung der Vertrauensbasis.

Thesen

- Optimierung setzt einen aktiven Prozess der Abwägung zwischen Handlungsoptionen voraus. Das Erreichen niedriger Expositionswerte unterhalb von Grenz- und Richtwerten oder das Unterschreiten eines bestimmten Verhältnisses von Aufwand (Kosten) zu Ertrag (eingesparte Dosis) allein ist noch kein Nachweis dafür, dass das Optimum einer bestimmten Anwendung erreicht ist. Frühere Vorgehensweisen dieser Art haben sich als dem Problem nicht angemessen erwiesen. Es ist Aufgabe des „Betreibers“ bzw. Antragstellers und Genehmigungsinhabers, Optimierungsüberlegungen anzustellen, transparent zu gestalten und zu dokumentieren. Es ist Aufgabe der Behörde, diese Überlegungen zu prüfen und in der Genehmigung zu dokumentieren, dass dem Optimierungserfordernis Rechnung getragen wurde. Zur Umsetzung dieser Anforderung sind Handlungsanleitungen zu erstellen und verbindlich einzuführen. Dieses Prinzip gilt analog auch für den Bereich der Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in der Medizin.
- Wie bei der Rechtfertigung sind bei der Optimierung neben den fachlichen und technischen Fragen des Strahlenschutzes auch soziale und gesellschaftliche Prozesse wichtig; der Prozess der Optimierung muss durch Festschreibung von Mindeststandards nachvollziehbar und transparent sein. Die Festschreibung solcher Standards in Leitfäden ist dringend notwendig. Die Leitfäden müssen folgende Aspekte berücksichtigen: Definition von Zielhierarchien, Aufzeigen von Alternativen, Präferenzen/Prioritäten und Beschreibung des eigentlichen Verfahrens.
- Im Rahmen verbindlicher Regelungen müssen die Notwendigkeit zur Ausgestaltung des Optimierungsprozesses und Bedingungen für die Durchführung des Prozesses einschließlich der Einbeziehung der Betroffenen („stakeholder involvement“) festgelegt sein.
- Zur sachgerechten Umsetzung des Stakeholder-Prozesses müssen sowohl das fachliche Anforderungsprofil der im Strahlenschutz Verantwortlichen als auch die Organisationsformen der Strahlenschutzorganisationen und -behörden weiter entwickelt werden.

Begründung

Bis zum heutigen Tag werden Diskussionen zur Anwendung des Prinzips der Optimierung immer wieder durch Verweis auf damit verbundene niedrige Expositionen ersetzt. Dies ist nicht zulässig. Die o.a. Rollen von Betreiber und Behörde sind derzeit nicht in der erforderlichen Klarheit beschrieben. Aus Gründen der Transparenz und der Nachprüfbarkeit ist dies erforderlich.

Für die Abwägungsprozesse im Rahmen der Optimierung gibt es derzeit keine Handlungsanleitung für Betreiber, Anwender und mit Fragen des Strahlenschutzes beauftragte Stellen, die Mindeststandards für eine operationelle Umsetzung des Grundprinzips der Optimierung festlegen und die Überprüfung der erfolgreichen Anwendung des Optimierungsprinzips ermöglichen. Die Nachvollziehbarkeit des Abwägungsprozesses durch Betreiber und Anwender setzt voraus, dass explizit erwogene Handlungsoptionen benannt und jeweils damit verbundene Risiken und Nutzen aufgezeigt werden. Mindestanforderungen an Transparenz und Dokumentation sind zu erfüllen.

Entsprechende Regelungen zur Ausgestaltung des Optimierungsprozesses und Bedingungen für die Durchführung des Prozesses einschließlich der Einbeziehung der Betroffenen (stakeholder involvement) liegen bisher noch nicht für alle wichtigen Anwendungsfälle vor.

Das Ausbildungsprofil der Verantwortlichen im Strahlenschutz ist derzeit in hohem Maße von fachlicher Qualifikation in den einschlägigen Fachrichtungen von Naturwissenschaft und Technik geprägt. Angebote zur Fort- und Weiterbildung auf den hier einschlägigen Fächern der Sozialwissenschaften sind dagegen eher selten. Mitarbeiter/-innen in bestehenden Strahlenschutzorganisationen und -behörden, die über das gesamte Kompetenzspektrum verfügen, stellen derzeit eher eine Minderheit dar. Die derzeitigen Organisationsformen der mit Strahlenschutzfragen befassten Institutionen sind noch nicht in allen Fällen auf die praktische Umsetzung von beteiligungsorientierten Stakeholder-Prozessen eingerichtet.

II. Einzelfragestellungen

A.II.1 Dosis-Wirkungs-Beziehung

Hintergrund

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über Strahlenwirkungen und Strahlenrisiko stützen sich auf epidemiologische, strahlenbiologische und tierexperimentelle Studien. Die Quantifizierung des Strahlenrisikos beruht auf in sich vergleichbaren epidemiologischen Studien bei Personengruppen, die verschieden hohen Strahlenexpositionen ausgesetzt waren, so dass unterschiedlich hohe Krebs- oder Leukämiehäufigkeiten in Abhängigkeit von der Dosis bzw. Exposition festgestellt werden konnten. Dazu gehören insbesondere die Überlebenden der Atombomben-Explosionen, die aus medizinischen Gründen bestrahlten Patienten (z.B. mit Morbus Bechterew, Tuberkulose, Mastitis, Tinea capitis) und die beruflich strahlenexponierten Personen (Uranbergarbeiter, Leuchtziffermalerinnen, Beschäftigte in kerntechnischen Anlagen).

Die epidemiologischen Studien bei den Atombomben-Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki, die nach Dauer und Personenzahl zu den umfangreichsten Studien gehören, zeigen für alle Krebsarten zusammengenommen eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung vom niedrigen Dosisbereich, d.h. von etwa 50 mSv bis zu einer Dosis von etwa 3 Sv. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung für Leukämien wird am besten durch eine linear-quadratische Funktion beschrieben, ist aber besonders im niedrigen Dosisbereich mit einer linearen Funktion vereinbar. Für viele Krebsarten ist die Zahl beobachteter strahlenbedingter Krebsfälle für eine Bestimmung organspezifischer Dosis-Wirkungs-Beziehungen in aller Regel zu klein. Statistisch signifikante Krebsrisiken wurden aufgrund der Größe der Studienpopulationen bei Expositionen über 50 mSv effektive Dosis beobachtet. Andere epidemiologische Studien als die bei den Atombomben-Überlebenden weisen darauf hin, dass auch bei Expositionen unterhalb von 50 mSv erhöhte Strahlenrisiken auftreten. In der Oxford-Studie, bei der u.a. Krebsrisiken von Kindern untersucht wurden, die während der Schwangerschaft einer erhöhten Strahlenexposition durch Röntgenstrahlung ausgesetzt waren, konnte eine untere Nachweisgrenze für ein statistisch signifikant erhöhtes Strahlenrisiko von 10 mSv effektive Dosis beschrieben werden. In den sog. Indoor-Radonstudien, in denen das Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnräumen untersucht wurde, zeigt sich, dass eine lineare Expositions-Wirkungsbeziehung mit den Daten am besten vereinbar ist. Mit steigender Radonkonzentration wurde ein statistisch signifikanter Anstieg des Lungenkrebsrisikos nachgewiesen. Dabei wurde als Exposition der zeitgewichtete Mittelwert der Radonkonzentrationen der in den letzten 5 bis 35 Jahren bewohnten Wohnungen berücksichtigt. Weiterhin konnte als untere Nachweisgrenze der statistischen Signifikanz eine Radon-Aktivitätskonzentration von etwa 100 Bq/m^3 gezeigt werden. Diese Radonkonzentration in Wohnräumen entspricht einer jährlichen effektiven Dosis von etwa 2 mSv und bezogen auf 30 Expositionsjahre etwa 60 mSv.

Für Dosen unterhalb der genannten Nachweisgrenzen, die einer epidemiologischen Risikoanalyse aus methodischen Gründen in der Regel nicht mehr weiter zugänglich sind, werden biophysikalische und strahlenbiologische Erkenntnisse zur Ableitung der Dosis-Wirkungs-Beziehung herangezogen. Da eine einzelne Energiedeposition durch die Strahlung in einer Zelle (bei 10 mSv Röntgenstrahlung wird eine einzelne Zelle in der Regel von einer einzigen physikalischen Elektronenspur getroffen) zur Krebsauslösung ausreicht und zelluläre Reparaturprozesse nicht immer vollkommen sind, wird für die Zwecke des praktischen Strahlenschutzes auch im Dosisbereich unterhalb von 10 mSv eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung angenommen. Auch bei kleineren Dosen ist das minimale Expositionsereignis immer das einer singulären Elektronenspur, nur werden dann einfach relativ weniger einzelne Zellen eines Organismus getroffen. Da Krebserkrankungen in der Regel monoklonale Ereignisse sind, d.h. von einer einzelnen geschädigten Zelle ausgehen, ist die lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung auch bei Expositionen, die durch singuläre Elektronenspuren in einzelnen Zellen charakterisiert sind, d.h. Dosen unterhalb von 10 mSv, die fachlich begründete Annahme.

Für vererbbare genetische Veränderungen muss aufgrund des gleichen Wirkmechanismus ebenfalls eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung angenommen werden. Da hierfür keine direkten Beobachtungen beim Menschen vorliegen, stützt sich diese Annahme weitestgehend auf tier- und laborexperimentelle Erkenntnisse.

Thesen

- Für die Auslösung stochastischer Strahlenwirkungen (Krebs, Leukämien, genetische Schäden) muss im Bereich kleiner Dosen von einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwellendosis ausgegangen werden. Für den niedrigen bis mittleren Dosisbereich zwischen etwa 10 und 200 mSv effektive Dosis wurde dies in der überwiegenden Zahl der relevanten epidemiologischen Studien und für die überwiegende Zahl der Krebsarten bestätigt. Auch für den Dosisbereich unterhalb von 10 mSv ist diese Annahme, basierend auf biophysikalischen Modellen zum Wirkmechanismus, plausibel. Sie ist darüber hinaus auch bezüglich der Praktikabilität im Strahlenschutz sinnvoll.
- Die lineare Extrapolation schätzt das Strahlenrisiko auch im niedrigen Dosisbereich realistisch ab. In der Zusammenschau betrachtet ist eine lineare Abschätzung des Gesamtrisikos durch Strahlung im Bereich kleiner Dosen weder über- noch unterschätzend. Es gibt zwar Einzelbefunde, die ein Abweichen von der Linearität im niedrigen Dosisbereich nach oben bzw. unten möglich erscheinen lassen, insgesamt betrachtet überwiegt aber die Evidenz für einen linearen Zusammenhang zwischen Exposition und Risiko auch bei niedrigen Expositionen. Im Gegensatz zur häufig in populärwissenschaftlichen Stellungnahmen unterstellten Behauptung ist die lineare Abschätzung im Bereich kleiner Dosen nicht notwendigerweise konservativ.

- Betrachtet man hingegen einzelne Krebsarten, so kann der auf der Basis der linearen Extrapolation für das gesamte Strahlenrisiko abgeschätzte Risikowert zu einer Überschätzung des Risikos für eine einzelne Krebsart, für eine andere aber zu einer Unterschätzung führen. Auch für jede einzelne Krebsart ist die lineare Extrapolation, von wenigen Ausnahmen (Osteosarkome nach Inkorporation von α-Strahlern, Leukämien im mittleren bis hohen Dosisbereich) abgesehen, unter Berücksichtigung bestehender Unsicherheiten das beste Abschätzverfahren für den niedrigen Dosisbereich.

Begründung

Auf der Grundlage der vorhandenen Erkenntnisse beschreibt keine andere als die lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung die beobachteten Strahlenwirkungen mit größerer Plausibilität. Zwar gibt es Hinweise aus Einzelbeobachtungen, dass durch die lineare Beziehung das Strahlenrisiko im Einzelfall unterschätzt oder überschätzt werden kann, aber in ihrer Zusammenschau kommt diesen Einzelbeobachtungen keine ausreichende Evidenz zu, um ein grundsätzliches Abweichen von der Annahme einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung zu rechtfertigen. Das häufig in diesem Zusammenhang angeführte Argument, dass bei niedrigen und protrahierten Expositionen, die in der Regel bei den heutigen regulationsrelevanten Strahlenexpositionen vorliegen, von einer unterlinearen Dosis-Wirkungsbeziehung auszugehen ist, das letztendlich zur Einführung des DDREF in den ICRP-Empfehlungen geführt hat, muss auf der Basis der erneuten Bewertung einschlägig aussagefähiger epidemiologischer Untersuchungen zurückgewiesen werden. Der in tier- und laborexperimentellen Studien z.T. beobachtete unterlineare Effekt bei niedrigen und protrahierten Dosen kann aus Beobachtungsstudien beim Menschen nicht nur nicht bestätigt werden, vielmehr ergeben diese Untersuchungen keinen Hinweis auf einen DDREF (siehe hierzu Abschnitt A.II.2). Für Fragen des Strahlenschutzes muss daher für den gesamten regulationsrelevanten, d.h. auch niedrigen Dosisbereich von einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwellendosis ausgegangen werden. Die Charakterisierung des Abschätzverfahrens für den Bereich kleiner Dosen als konservativ ist fachlich unbegründet. Unter Beachtung der Datenunsicherheiten kann das derzeit angewandte Abschätzverfahren zu einer Über- bzw. Unterschätzung des wirklichen Risikos um etwa den Faktor 2 führen. Ein konservatives Abschätzverfahren würde diese Abschätzunsicherheit berücksichtigen und daher von um den Faktor 2 höheren Risiken ausgehen (siehe hierzu auch A.II.2).

Auch Gründe der Praktikabilität sprechen für eine Anwendung der linearen Abschätzung im praktischen Strahlenschutz. Bei allen anderen Modellen ist eine einfache Addition von Expositionen, wie sie u.a. bei den für beruflich strahlenexponierte Personen zu berücksichtigenden Dosen oder bei der Berücksichtigung der Expositionen durch die natürliche Strahlung notwendig ist, nicht möglich.

A.II.2 Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF)

Hintergrund

In der ICRP-Empfehlung Nr. 60 (1991) wurde ein Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF) für Strahlungen mit niedrigem LET in Höhe von 2 eingeführt. Dadurch halbiert sich der beste Schätzwert für das Strahlenrisiko, wie er aus den Daten der japanischen Atombomben-Überlebenden abgeschätzt wird. Der DDREF von 2 wird damit begründet, dass experimentelle Ergebnisse durch Tierversuche und einige begrenzte Erfahrungen am Menschen nahe gelegt haben, dass die Krebsinduktion bei niedrigen Dosen und Dosisleistungen geringer sei als bei hohen Dosen und Dosisleistungen. Die vorliegenden epidemiologischen Beobachtungen sind dagegen in aller Regel mit einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung vereinbar, d.h. mit einem DDREF von 1. Eine erneute Gegenüberstellung und Bewertung der Ergebnisse einschlägiger epidemiologischer Studien mit einerseits akuten und andererseits protrahierten, chronischen Expositionen ergibt keinen Hinweis auf das Vorliegen eines DDREF.

Thesen

- Für die Anwendung eines Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF) fehlt die ausreichende wissenschaftliche Begründung.
- Der in den Risikoabschätzungen und den Empfehlungen der ICRP, die Grundlage der zur Zeit geltenden rechtlichen Regelungen sind, enthaltene DDREF von 2 für locker ionisierende Strahlung, führt zu einer entsprechenden Unterschätzung des Strahlenrisikos für locker ionisierende Strahlung im niedrigen Dosisbereich und bei chronischer Strahlenexposition. Er sollte daher nicht weiter verwendet werden.

Begründung

Es gibt keine ausreichende epidemiologische Begründung für einen DDREF von 2 (z.B. Vergleich NRPB-Studie bei beruflich strahlenexponierten Person und Studien bei Atombomben-Überlebenden). Die Begründung für einen DDREF von 2 stützt sich nahezu ausschließlich auf Befunde aus Zellkultur- und Tierversuchen. Der Vertrauensbereich der Risikoabschätzungen aus den epidemiologischen Studien bei den Atombomben-Überlebenden ist von der Größenordnung, dass die wahren Risikoschätzer um den Faktor 2 höher oder niedriger liegen könnten, d.h. einen DDREF von 2 mit einschlössen. Die Einführung eines DDREF von 2 nutzt somit für einen einzelnen Faktor den Vertrauensbereich des Risikos nach einer Seite vollständig aus und lässt für andere Einflussfaktoren, die in gleicher Richtung wirken könnten, keinen Teil der Varianz mehr frei. Die Ausnutzung des gesamten Varianzraums in eine

Richtung durch einen Faktor ist wissenschaftlich nicht plausibel, wenn begründet angenommen werden muss, dass weitere Faktoren die Varianz bedingen und deren Richtung nicht eindeutig bestimmt ist.
In der ICRP 60 wurde eine Berücksichtigung der höheren RBW (relativen biologischen Wirksamkeit) von Röntgenstrahlung niedriger Energien gegenüber Gamma-Strahlung mit der Begründung abgelehnt, dass ein Unterschied in Höhe eines Faktors 2 unter Berücksichtigung der Schwankungsbreite der Risikoabschätzungen durch epidemiologische Befunde keinen anderen Strahlungs-Wichtungsfaktor begründen könne. Damit wird unter Heranziehung des gleichen Arguments einmal die Einführung eines Faktors von 2 für den DDREF begründet, für die RBW von Röntgenstrahlung aber abgelehnt.

Die Verwendung eines DDREF von 2 für locker ionisierende Strahlung wird durch epidemiologische Studien nicht gestützt. Er sollte daher nicht weiter verwendet werden. Diese Position weicht deutlich von der Position der ICRP in ihren neuen Empfehlungen ab, die sich im Gegensatz zu den hier zugrunde gelegten epidemiologischen Daten weitgehend auf tierexperimentelle und strahlenbiologische Studien abstützt. Die Expositionsbedingungen bei der überwiegenden Zahl der beruflich strahlenexponierten Personen in Deutschland entsprechen der Expositionscharakterisierung unter der der DDREF Anwendung findet, nämlich einer protrahierten bzw. chronischen Exposition durch Röntgen- bzw. Gammastrahlung.

A.II.3 Gewebe-Wichtungsfaktoren

Hintergrund

In der ICRP-Empfehlung 60 werden Gewebe-Wichtungsfaktoren eingeführt, durch welche die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit der einzelnen Organe und Gewebe für stochastische Strahlenwirkungen berücksichtigt werden. Mit Hilfe des Gewebe-Wichtungsfaktors wird aus der Energiedosis für einzelne Organe die effektive Dosis als eine Ganzkörperdosis berechnet, wenn verschiedene Gewebe oder Organe insbesondere bei Teilkörperexpositionen und bei der Inkorporation von Radionukliden unterschiedlich hoch strahlenexponiert sind.

Bei der effektiven Dosis handelt es sich um eine Energiedosis, die für die Strahlungsart **und** die Strahlenempfindlichkeit betroffener Organe und Gewebe gewichtet ist.
Die Größe „Effektive Dosis“ ist damit eine Abschätzgröße für die Zwecke des praktischen Strahlenschutzes und sollte daher auch nur dort zur Anwendung kommen. Weiter eingeschränkt gilt sie nur für den Bereich unterhalb der Schwelle für deterministische Strahlenwirkungen. Die effektive Dosis erlaubt Abschätzungen des Strahlenrisikos für Personengruppen, z.B. die der beruflich Strahlenexponierten, nicht jedoch für Individuen.

Die Abschätzung des Strahlenrisikos für Personengruppen wird erreicht durch Normierung der Summe der Gewebe-Wichtungsfaktoren auf eins. Die Werte der Gewebe-Wichtungsfaktoren hängen vom jeweiligen Kenntnisstand der Strahlenbiologie und –epidemiologie ab. Daher können sie mit der Zeit Änderungen unterworfen sein. Die derzeit geltenden Werte wurden in der ICRP 60 empfohlen und in der EU-Richtlinie und in der Strahlenschutzverordnung normativ festgelegt. Werden zur Abschätzung von Verursachungswahrscheinlichkeiten und individuellen Strahlenrisiken Werte verwendet, die von den ICRP-Empfehlungen abweichen, so ist dies explizit zu begründen. Falls die Dosisberechnung mit einem abweichenden Gewebe-Wichtungsfaktor durchgeführt wird, handelt es sich beim Ergebnis nicht um eine effektive Dosis im Sinne der normativen Festlegungen.

Zur Bestimmung der Gewebe-Wichtungsfaktoren wurden von der ICRP die folgenden Komponenten berücksichtigt:

- Das attributable Leukämie- und Krebsmortalitätsrisiko,
- die gewichtete Wahrscheinlichkeit für attributable Leukämien und Krebs ohne Todesfolge,
- die gewichtete Wahrscheinlichkeit schwerwiegender vererbbarer Wirkungen,
- der relative Verlust an Lebenszeit durch Leukämie oder Krebs.

Thesen

- Dem Verfahren der ICRP zur Festlegung von Gewebe-Wichtungsfaktoren sollte weiterhin grundsätzlich gefolgt werden.
- Wegen der besonderen Strahlenempfindlichkeit der weiblichen Brustdrüse ist aber die Festlegung und Anwendung geschlechtsspezifischer Gewebe-Wichtungsfaktoren notwendig. In konsequenter Analogie zu dieser Notwendigkeit ergibt sich dann auch eine Überprüfung der Strahlenrisikokoeffizienten auf ihre geschlechtsspezifische Bedeutung.
- Die Festlegungen zu einzelnen Gewebe-Wichtungsfaktoren sind zu gegebener Zeit zu überprüfen.

Begründung

Bei den Gewebe-Wichtungsfaktoren handelt es sich um normative Festsetzungen, bei denen nicht nur epidemiologische Befunde und strahlenbiologische Erkenntnisse berücksichtigt werden, sondern es muss auch eine gewisse Praktikabilität für die Strahlenschutz-Anwendung gewährleistet sein. Damit erklärt sich auch die Beschränkung auf die vier Werte für Gewebe-Wichtungsfaktoren: 0,20; 0,12; 0,05 und 0,01. Eine Änderung der Gewebe-Wichtungsfaktoren ist nur durch Änderung bestehender Vorschriften möglich. Wegen der besonderen Strahlenempfindlichkeit der weiblichen Brustdrüse ist die Festlegung und Anwendung geschlechtsspezifischer Gewebe-Wichtungsfaktoren notwendig. Das Strahlenrisiko der Frau wird, auf der Basis des absoluten Strahlenrisikos betrachtet, zu etwa 25 bis 30% bestimmt durch das Brustkrebsrisiko. Der zur Zeit festgelegte Gewebe-Wichtungsfaktor für das Brustorgan von 0,05 entspricht nicht mehr dem o.g. heutigen Wissen zum strahlenbedingten Brustkrebsrisiko. Eine Anpassung ist daher notwendig. Der Entwurf der neuen Empfehlungen der ICRP schlägt hierzu einen neuen Wert vor. Die Verwendung von gemittelten Werten über beide Geschlechter führt weiterhin dazu, dass das strahlenbedingte Brustkrebsrisiko bei der Frau stark unterschätzt und das des Mannes weit überschätzt wird. Daraus folgt unmittelbar eine systematische Überschätzung der relativen Risiken für alle anderen Organe und Gewebe der Frau bzw. eine systematische Unterschätzung für die des Mannes. Eine Begrenzung der Organdosis für das Brustorgan der Frau kann diese systematischen Unter- bzw. Überschätzungen auch bei starker Mittelung der Werte dann nicht aufheben, wenn die Strahlenempfindlichkeit eines Organs das Strahlenrisiko bei einem Geschlecht maßgeblich bestimmt.

Die Gewebe-Wichtungsfaktoren der ICRP sollten nur Anwendung finden bei der Abschätzung von Strahlenrisiken von Bevölkerungsgruppen. Für Einzelpersonen sind die jeweils besten Schätzwerte für die Strahlenempfindlichkeit des betroffen Organs zu verwenden.

Die Einführung geschlechtsspezifischer Gewebe-Wichtungsfaktoren hat Auswirkungen auf alle Bereiche des Strahlenschutzes, in denen konkret effektive Dosen geschlechtsspezifisch abgeschätzt und erfasst werden können bzw. müssen. Vordringlich ist dies für beruflich strahlenexponierte Personen der Fall.

Nach UNSCEAR 2000 beträgt das zusätzliche absolute Strahlenrisiko (EAR) bezogen auf 1 Sv bei Männern etwa 9% und bei Frauen etwa 13%. Dieser Unterschied ist zurückzuführen auf das strahlenbedingte Brustkrebsrisiko und die höhere Lebenserwartung von Frauen im Vergleich zu Männern.

A.II.4 Strahlungs-Wichtungsfaktoren (Photonen, Neutronen, Protonen)

Hintergrund

Die unterschiedlich starke biologische Wirkung verschiedener Strahlungsarten und -qualitäten bei gleicher Energiedosis wird im Strahlenschutz bei der Berechnung der Äquivalentdosis durch Strahlungs-Wichtungsfaktoren berücksichtigt. Die Werte dazu wurden in der ICRP-Empfehlung 60 (1991) festgelegt und in ICRP-Empfehlung 92 (2003) einer kritischen Würdigung unterzogen. Im April 2003 fand im BfS zur „Berücksichtigung der RBW bei der Bestimmung der effektiven Dosis“ ein Fachgespräch statt. Die SSK hat mit „Vergleichende Bewertung der Risiken verschiedener Strahlungsarten“ im Jahr 2004 eine Stellungnahme verabschiedet.

Thesen

- Das Konzept der Strahlungs-Wichtungsfaktoren, wie es in der ICRP-Empfehlung 60 dargestellt ist, wird grundsätzlich nicht in Frage gestellt. Es sollten jedoch, den Empfehlungen der SSK von 2004 folgend, Anpassungen für Protonen und Neutronen vorgenommen werden.
- Die Strahlungs-Wichtungsfaktoren der ICRP sollten nur im Strahlenschutz und bei der Abschätzung sowie der Registrierung von Strahlenexpositionen für bestimmte Überwachungsaufgaben Anwendung finden.
- Für individuelle Risikoabschätzungen unter genau definierten Bedingungen der Strahlenexposition sollten nicht die Strahlungs-Wichtungsfaktoren der ICRP benutzt werden, sondern es sind die Energiedosen und die jeweils besten Schätzwerte auf Basis der vorliegenden Daten zur relativen biologischen Wirksamkeit der in Betracht kommenden Strahlungsarten und -qualitäten zu verwenden.
- Zur besseren Verständlichkeit der Strahlungs-Wichtungsfaktoren und um eine eindeutige Bezugsbasis zu schaffen, sollte die Referenzstrahlung eindeutig definiert werden. Da die Abschätzung des Strahlenrisikos überwiegend auf den Daten der Überlebenden der Atombombenabwürfe in Japan beruhen, wird empfohlen, Gammastrahlung als Referenzstrahlung festzulegen.

Begründung

Im Fachgespräch des BfS zur RBW im Jahr 2003 wurde grundsätzlich die Vorgehensweise der ICRP zur Bestimmung der Strahlungs-Wichtungsfaktoren bestätigt. Auch die SSK folgt in ihrer Empfehlung zur RBW von 2004 grundsätzlich dem Vorgehen der ICRP. Nur in den Anwendungsbereichen der Strahlungs-Wichtungsfaktoren empfiehlt die SSK genauere Vorga-

ben als die ICRP. Genau wie die Gewebe-Wichtungsfaktoren wurden die Strahlungs-Wichtungsfaktoren von der ICRP normativ für die Bestimmung der effektiven Dosis festgelegt. Wird von den vorgegebenen Werten abgewichen, dann kann nicht mehr von einer effektiven Dosis im Sinne der ICRP gesprochen werden, sondern es muss eine andere Dosisbezeichnung benutzt werden. Eine Verwendung abweichender Wichtungsfaktoren ist daher immer explizit zu benennen.

Da bei der Exposition durch Photonenstrahlung häufig mit einer Mischung von Photonen unterschiedlicher Energien zu rechnen ist, ist aus Gründen der Praktikabilität bei der Überwachung von Strahlenexpositionen beruflich strahlenexponierter Personen weiterhin grundsätzlich für Photonen ein Strahlungs-Wichtungsfaktor $w_R = 1$ zu verwenden.

Experimentell ermittelte RBW-Werte mit Protonen-Strahlung weisen darauf hin, dass für diese Strahlung ein Wert von 2 den Befunden besser entspricht als der derzeitige ICRP-Wert von 5. Daher sollte dieser Strahlungs-Wichtungsfaktor entsprechend angepasst werden.

Für die Neutronenstrahlung werden Strahlungs-Wichtungsfaktoren empfohlen, deren Höhe von der Energie der Strahlung bestimmt wird. Jedoch sollte, wie in der ICRP-Empfehlung 92 (2003) und der SSK-Empfehlung zur RBW (2004) beschrieben, besser eine kontinuierliche als eine stufenförmige Funktion der Abhängigkeit von Neutronenenergie und Höhe des Strahlungs-Wichtungsfaktors benutzt werden. Der maximale Wert liegt für eine Neutronenenergie von 1 MeV bei 20.

Für individuelle Risikoabschätzungen ist analog zum Verfahren bei Gewebe-Wichtungsfaktoren immer der jeweils beste Schätzwert für den Strahlungs-Wichtungsfaktor auf der Basis der relativen biologischen Wirksamkeit der relevanten Strahlenqualität zu verwenden. In Analogie gilt dies selbstverständlich auch für die jeweils besten Schätzwerte für die individuellen Risikokoeffizienten für das Strahlenrisiko (u.a. differenziert nach Alter, Geschlecht etc.).

Das bestehende System aus Strahlungs-Wichtungsfaktoren für den Strahlenschutz und Qualitätsfaktoren für den Bereich der Dosis-Messgrößen sollte beibehalten werden. Eine analoge Anpassung der Qualitätsfaktoren an die Änderungen der Strahlungs-Wichtungsfaktoren bei Protonen und Neutronen ist anzustreben.

A.II.5 Kollektivdosis

Hintergrund

Nach ICRP-Empfehlung 60 ist die Kollektivdosis definiert als Produkt des arithmetischen Mittels der Individualdosen und der Zahl der Exponierten. Das Konzept war in den 70er Jahren eingeführt worden, um das unkontrollierte Anwachsen von Dosisbeiträgen langlebiger Radionuklide in der Umwelt zu begrenzen. Für bestimmte (wiederkehrende) Anwendungen, z.B. bei Wartungsarbeiten in Kernkraftwerken, wurde und wird die Kollektivdosis angewandt, um Fragen der Kosten-Nutzen Relation zu beantworten. Es ist evident, dass eine Aufsummierung minimaler Dosisbeiträge über eine sehr große Personenzahl (z.B. die Weltbevölkerung) bzw. über sehr lange Zeiträume (z.B. mehrere Generationen) zu einer Überschreitung der Grenzen der Anwendbarkeit dieses Dosiskonzepts führt. Da die Verteilung der Höhe der berücksichtigten Individualdosen oft über mehrere Größenordnungen gehen kann und Abschätzfehler und Unsicherheiten u.a. abhängig von der absoluten Höhe der Dosis sind, kann eine fachlich begründete Anwendung der Kollektivdosis in wohl definierten Anwendungsfällen sinnvoll sein, eine Bewertung im Sinne einer Risikoaussage für eine Bevölkerungsgruppe dagegen ist fachlich falsch und damit unsinnig.

Vor Anwendung des Kollektivdosiskonzeptes ist zu prüfen, ob die Grundlagen und Randbedingungen dafür gegeben sind. Das Kollektivdosiskonzept ist nur für stochastische Strahlenrisiken anwendbar, für die eine lineare Beziehung zwischen Dosis und Wirkung und eine Unabhängigkeit von der Dosisleistung gegeben ist. Eine solche Proportionalität zwischen der Dosis und dem Strahlenrisiko („lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung“) wird auch für den Bereich niedriger Dosen angenommen. Die heute vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnis zum Strahlenrisiko ergeben trotz der Unsicherheiten, mit denen der Risikokoeffizient im Niedrigdosisbereich behaftet ist, eine überwiegende Evidenz für die Richtigkeit der Annahme einer linearen Beziehung im Bereich niedriger Dosen. Den Strahlenexpositionen im niedrigen Dosisbereich ist aber aus Gründen der Nachweisbarkeit nur ein kalkulatorisches, nicht aber ein gesichertes reales Risiko zuzuordnen.

Voraussetzung für die Anwendung der Kollektivdosis ist außerdem, dass die betroffene Personengruppe hinsichtlich Alter und Geschlecht und die Verteilung der Individualdosen innerhalb der Gruppe hinreichend genau bekannt sein müssen. Für eine Gruppe beruflich strahlenexponierter Personen kann dies in vielen Fällen näherungsweise angenommen werden. Außerdem können die Individualdosiswerte relativ genau aus der Überwachung von Beschäftigten in vergleichbaren Situationen oder als Ergebnis von Berechnungen vorhergesagt werden. Deshalb kann in diesen Fällen die Kollektivdosis als Bewertungsmaßstab für die Zwecke der Optimierung im Strahlenschutz Verwendung finden.

Die derzeitigen Diskussionen im internationalen Rahmen zielen auf eine Fortentwicklung des Konzepts der ICRP-Empfehlung 60 ab und haben folgenden Hintergrund:

Für die Entscheidung über Strahlenschutzmaßnahmen ist es nicht gleichbedeutend, ob eine kleine Zahl von Personen eine hohe Dosis erhält oder eine große Zahl eine sehr kleine. Während die jeweils höchsten Dosiswerte interessant sind im Hinblick auf das Vorliegen von Grenzwertüberschreitungen, tragen sie ggf. nur wenig zur Kollektivdosis bei. Im Interesse eines prioritär auf den Einzelnen und nachrangig auf eine Bevölkerungsgruppe abzielenden Strahlenschutzes ist es deshalb notwendig, der Verteilung der Individualdosiswerte eines Kollektivs als Grundlage für Strahlenschutzüberlegungen einen höheren Stellenwert beizumessen als der Summe der Werte. Für den Bereich der beruflichen Strahlenexposition, für den Individualdosiswerte vorliegen, sind die Voraussetzungen für die Anwendung des Kollektivdosiskonzeptes gegeben. Die neuesten Auswertungen der Daten des Strahlenschutzregisters folgen diesem (noch keineswegs allgemein akzeptierten) Prinzip und beziehen auch weitere Kennzahlen wie alters- und geschlechtsspezifische Informationen in die Überlegungen mit ein. Zur Abschätzung des Risikos als Schadensmaß für die Gesamtbevölkerung oder Gruppen der Bevölkerung, bei denen die Kollektivdosis aus kleinen individuellen Dosisbeiträgen resultiert, denen nur ein kalkulatorisches Risiko zugeordnet werden kann, ist die Kollektivdosis wegen der in diesem Dosisbereich nicht gesicherten Dosis-Wirkungsbeziehung und den Unsicherheiten ihrer Ermittlung nicht geeignet.

Thesen

- Der Strahlenschutz bei beruflicher Strahlenexposition stützt sich in erster Linie auf die individuelle Dosisbetrachtung. Zusätzlich kann eine Betrachtung der Kollektivdosis sinnvoll sein. Dabei ist die Häufigkeitsverteilung der individuellen Dosiswerte zugrunde zu legen. Weitere Informationen (Alter, Geschlecht, Art der Tätigkeit) müssen, soweit vorhanden, berücksichtigt werden.
- Für die Frage des Strahlenschutzes der Bevölkerung in Situationen, in denen langlebige Radionuklide eine Rolle spielen, ist die Abschätzung und Bewertung der Verteilung der Individualdosen bei Planungen und Genehmigung (z.B. bei der Freigabe) der zielführende Ansatz.
- Die Abschätzung der Verteilung von Individualdosen bzw. der Kollektivdosis liefert nur dann eine Entscheidungsgrundlage für Bewertungen und Optimierungen im Strahlenschutz, wenn einerseits die exponierte oder potentiell exponierte Population hinreichend gut charakterisiert und andererseits die Verteilung der Expositionen gut beschrieben werden kann. Liegt eine starke heterogene Verteilung der Expositionen vor, so ist die Abschätzung der Kollektivdosis aus fachlicher Sicht nicht sinnvoll. Um eine gute Beschreibbarkeit einer potentiell exponierten Population insbesondere im Fall heterogener

Expositionen zu erreichen, kann es hilfreich sein, ein räumliches und/oder zeitliches Abschneiden nach Außen vorzunehmen. Dabei ist streng darauf zu achten, dass durch dieses Abschneiden kein Expositionsbereich, der mit relevanten Risikoerhöhungen verbunden ist, aus der Abschätzung und der Bewertung ausgeschlossen wird. Dies ist nur dann gewährleistet, wenn die Abschneidekriterien signifikant unterhalb bestehender Risiko- oder Dosisschranken liegen.

Begründung

Im Bereich der beruflichen Strahlenexposition, für den weitgehend IT-gestützte Parameter zur Beschreibung exponierter Gruppen und individuelle Dosiswerte verfügbar sind, ist neben der Abschätzung und Bewertung der individuellen Dosiswerte auch deren Verteilung in die Überlegungen des praktischen Strahlenschutzes einzubeziehen. Eine differenzierte Betrachtung verschiedener Parameter, die die Dosisverteilung beeinflussen, ermöglicht es, spezifische Fragen im Hinblick auf Dosisbegrenzung und -minimierung zu beantworten. Durch eine Fokussierung auf die Abschätzung und Bewertung der Kollektivdosis wird die individuell vorhandene Information zur beruflichen Strahlenexposition in einem Wert zusammengefasst, der im Sinne eines allgemeinen Trends der Entwicklung der Expositionen noch informativ ist, aber wichtige Informationen zur Minimierung der Expositionen verloren hat. Aus diesem Grund ist der Betrachtung der Expositionsverteilung und der sie beeinflussenden Expositionsparameter eindeutig der Vorzug vor der Kollektivdosis einzuräumen.

Für eine Bevölkerungsgruppe kann, wenn die Gruppe groß genug ist, die Altersverteilung als der Verteilung in der jeweiligen Gesamtbevölkerung entsprechend angenommen werden. Die Größe der betroffenen Gruppe kann geschätzt werden. Für eine Bewertung der Expositionen bei Kontaminationen durch langlebige Radionuklide und der Maßnahmen, die zur Verminderung dieser Expositionen vorgesehen sind, müssen Aussagen über lange Zeiträume gemacht werden. Angaben über die Bevölkerungsentwicklung sind aber nur für vergleichsweise kurze Zeiträume (wenige Jahrzehnte) verfügbar. Projektionen über die Größe der zu betrachtenden Bevölkerungsgruppe für lange Zeiträume sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Änderungen in der Altersentwicklung, die nicht zuletzt mit dem medizinischen Fortschritt zusammenhängt, der Lebens- und Ernährungsgewohnheiten usw. lassen sich nicht oder nur mit großen Unsicherheiten für begrenzte Zeiträume vorhersagen. Innerhalb einer Bevölkerungsgruppe können die Individualdosen sehr inhomogen und über große Bereiche verteilt sein. Daher resultiert der überwiegende Anteil der Kollektivdosis meist aus einer großen Anzahl von Personen mit sehr geringen Individualdosen. Ein zusätzliches Problem besteht darin, dass die Individualdosiswerte nicht gemessen, sondern nur mit Hilfe von Modellen berechnet werden können. Die unvermeidlichen Modellunsicherheiten erhöhen zusätzlich

die Unsicherheiten bei der Berechnung der Kollektivdosis. All diese Faktoren führen dazu, dass die Anwendung der Kollektivdosis auf Bevölkerungsgruppen in aller Regel nicht informativ sind, für die Zwecke des Strahlenschutzes nicht oder kaum angewendet werden können und allenfalls dazu dienen können, Expositionstrends abzuschätzen. Um einen Bevölkerungsbezug in Risikoabschätzung und -bewertung sowie in der Maßnahmenabschätzung im Strahlenschutz zu ermöglichen, ist die Betrachtung von Expositionsverteilungen innerhalb der relevanten Bevölkerungsgruppe und eine Abschätzung und Bewertung der Parameter notwendig, die diese Expositionsverteilung wesentlich beeinflussen. Eine solche parameterbasierte Betrachtung ermöglicht es, sensitive Einflussfaktoren zu identifizieren und diese im Hinblick auf die Expositionsminimierung durch Strahlenschutzmaßnahmen zu überprüfen.

A.II.6 Verfahren zur Expositionsbestimmung der Bevölkerung

Hintergrund

In Artikel 45 der EU-Grundnormen wird gefordert, dass die Abschätzung von Dosen, die die Bevölkerung bzw. Referenzgruppen oder -personen aufgrund der radioaktiven Ableitungen aus kerntechnischen Anlagen und nuklearmedizinischen Einrichtungen erhalten, so realistisch wie möglich (dies bedeutet, an der tatsächlichen Exposition der betrachteten Personen orientiert) erfolgen soll.

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren müssen in Deutschland zur (prospektiven) Dosisabschätzung hingegen konservative, die tatsächliche Exposition systematisch überschätzende Modelle, Annahmen und Parameter verwendet werden, wie sie in der AVV zu § 47 StrlSchV niedergelegt sind.

Die gleichen konservativen Modelle und Annahmen werden dann aber auch bei der Ermittlung der jährlichen Strahlenexposition der Bevölkerung (retrospektive Dosisabschätzung) infolge der Radionuklidableitungen mit Luft und Wasser und bei der Ermittlung der Vorbelastung durch radioaktive Ableitungen (insbesondere I-131) aus nuklearmedizinischen Einrichtungen mit dem Abwasser eingesetzt, allerdings modifiziert durch eine aufwendige Berücksichtigung der atmosphärischen Ausbreitung auf der Basis standortspezifischer Messwerte und der realen statt der maximalen genehmigten Ableitungen seit Betriebsbeginn.

Thesen

- Die bisher in Deutschland übliche Expositionsermittlung anhand konservativer radioökologischer Modelle sollte für Planungszwecke, Genehmigungsverfahren und andere prospektive Abschätzungen beibehalten werden.
- Eine Ausnahme bilden Planungen, bei denen die Auswirkungen anhand risiko-orientierter Bewertungsverfahren beurteilt werden. Bei diesen sollten Expositionen und daraus resultierende Risiken median-orientiert berechnet werden.
- Eine realistische Dosisermittlung ist wünschenswert für die Expositionsabschätzung durch radioaktive Stoffe, die in der Umwelt schon vorhanden sind und durch Emissionen infolge genehmigter Tätigkeiten. Dies betrifft gleichermaßen Tätigkeiten wie Arbeiten.
- Angesichts des potentiellen Aufwandes sollte bei der retrospektiven Berechnung auf eine realistische Dosisermittlung verzichtet werden, wenn schon konservative Abschätzungen zeigen, dass nur vernachlässigbare Expositionen auftreten können.

Begründung

Eine konservative Ermittlung von Expositionen mit dem Instrumentarium der AVV zu § 47 StrlSchV oder analog hierzu ist dann erforderlich, wenn es sich um Planungsaspekte handelt. Dies folgt direkt aus der Tatsache, dass jede Verwaltungsentscheidung aus Gründen der Rechtssicherheit sowohl den Adressaten der Emissionserlaubnis als auch den potentiell exponierten Personen gegenüber auf einer abdeckenden, mögliche zukünftige Änderungen einzelner Belastungspfade berücksichtigenden Expositionsprognose basieren muss. Modifikationen dieser Verfahrensweise würden wahrscheinlich die im Laufe von mehr als 20 Jahren mühsam erreichte Rechtssicherheit in Frage stellen.

Anders stellt sich die Situation dar im Falle risiko-orientierter Bewertungsverfahren, wie sie das BfS für das Endlager-Standortsuchverfahren vorschlägt, da eine konservative Vorgehensweise mit in der Summe meist unbekannter Überschätzung der Expositionen und daraus resultierender Risiken jede vergleichende risiko-orientierte Bewertung unmöglich werden lässt. Hier sind daher an den tatsächlich zu erwartenden Expositionen orientierte Berechnungsverfahren erforderlich. Dabei bietet sich aus praktischen und prinzipiellen Gründen eine median-orientierte Vorgehensweise an. So ist der Median häufig schon auf schmaler Datenbasis zuverlässig schätzbar. Dosiskonversionsfaktoren und Risikoschätzer der ICRP sind z. B. median-orientiert. Häufig sind nur mittlere Risiken bekannt, die zudem unempfindlich gegen extreme Einzelszenarien oder -verhaltensweisen sind.

Eine möglichst realistische Ermittlung von Expositionen gemäß der Vorgaben des Artikel 45 der EU-Grundnormen ist erforderlich zur Bewertung existierender Immissionen, um nicht zu falschen behördlichen Entscheidungen zu gelangen – beispielsweise bei Entscheidungen über die Sanierungsbedürftigkeit radioaktiver Altlasten (bei denen in Deutschland realistische Modellierungen benutzt werden) oder bei der Kontrolle der Einhaltung von Grenzwerten durch laufende Anlagen.

Nicht sinnvoll ist eine realistische Dosisermittlung in den oben aufgeführten Fällen dann, wenn schon eine einfache konservative Abschätzung zu dem Ergebnis führt, dass lediglich vernachlässigbar geringe Expositionen (beispielsweise geringer als der für Freigabe zugrundegelegte Dosiswert) auftreten können. In solchen Fällen wäre nämlich nicht nur der erhebliche finanzielle Aufwand, der zur Ermittlung realistischer Expositionen erforderlich ist, schwer begründbar, sondern es würde auch fälschlicherweise das Signal gesetzt, dass in einem solchen Expositionsbereich eine möglichst genaue Expositionsermittlung erforderlich ist für eine Risikoabschätzung.

III. Spezielle Anwendungsgebiete

A.III.1 Freigabe

Hintergrund

Mit der vermehrten Stilllegung und dem Rückbau von Kernkraftwerken in den nächsten Jahrzehnten werden Fragestellungen zur Freigabe großer Mengen schwach radioaktiver Stoffe zunehmend in den Vordergrund rücken. Zu deren Beantwortung sind zahlreiche Rahmenrichtlinien, Leitfäden für Genehmigungen und Ausführungsbestimmungen sowie Modelle zur Ermittlung von Dosen, insbesondere von Kollektivdosen zu erarbeiten. Hierzu ist es notwendig, die tatsächlichen Materialströme und deren Kontaminationsniveaus zu kennen.

Derzeit werden Fragen der Freigabe national und international diskutiert. Schwerpunkte bilden hier die Festlegung numerischer Werte für die Freigabe durch die IAEA, die sämtlich auf radioökologischen Modellsimulationen beruhen, die Rolle der Kollektivdosis definiert durch ICRP und eine Modifizierung der in der StrlSchV befindlichen Werte (SSK).

In der Bundesrepublik Deutschland wird die Freigabe genehmigt, wenn für Einzelpersonen der Bevölkerung eine effektive Dosis im Bereich von 10 µSv im Kalenderjahr und eine Kollektivdosis von 1 Personen-Sv eingehalten ist. Die Begrenzung der Kollektivdosis kann allerdings überschritten werden, wenn im begründeten Einzelfall Optimierungsüberlegungen dafür sprechen.

Thesen

- Bei der Herleitung von Freigabewerten müssen der bisherigen Vorgehensweise folgend für die Begrenzung der Individualdosen konservative Expositionsmodelle herangezogen werden. Die Begrenzung der Kollektivdosis hingegen sollte dagegen mit realistischen Modellansätzen erfolgen. Den Modellierungen sollten die zukünftig in Deutschland zu erwartenden Bedingungen (Mengen, Aktivitätskonzentrationen etc.) zugrundegelegt werden.
- Es muss ausgeschlossen werden, dass in der Praxis durch Akkumulation von hohen Mengen freigegebener Materialien auf wenigen Deponien höhere Expositionen als angenommen auftreten.
- Der Grenzwert für die effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung sollte nicht "im Bereich" von 10 µSv/a gewählt werden, sondern ist auf 10 µSv/a festzulegen. Der Nachweis ist mittels konservativer, abdeckender Berechnungsverfahren zu führen.

- Eine internationale Harmonisierung ist anzustreben. Dies sollte jedoch nicht damit erkauft werden, dass die konservative Methodik zur Herleitung oder die klare Trennung zwischen den Dosiswerten für Freigabe (10 µSv/a) und für Expositionen aus Tätigkeiten für Einzelpersonen der Bevölkerung (1 mSv/a) aufgegeben werden.

Begründung

Da die Herleitung von Freigabewerten und Freigrenzen und deren Angabe in der Strahlenschutzverordnung klassische Planungsinstrumente darstellen, die aufwendige Genehmigungsverfahren für jeden Einzelfall ersetzen sollen (und insoweit ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren darstellen), ist von konservativen Expositionsmodellen auszugehen, um eine Einhaltung des Dosiswerts von 10 µSv/a für die am höchsten exponierten Personen der Bevölkerung zu gewährleisten. Für die Begrenzung der Kollektivdosis als Planungsinstrument hingegen sollte vermieden werden, dass berechnete Werte dieser Größe wesentlich durch die Summation (unbekannter) Konservativitätsfaktoren bedingt werden und damit ihrer Aussagekraft verlustig gehen. Eine möglichst exakte Berücksichtigung der in Deutschland in den nächsten Jahrzehnten infolge Stilllegung und Abriss kerntechnischer Anlagen zu prognostizierenden Mengen, Aktivitätskonzentrationen, Volumina, etc. ist erforderlich, um nicht auf der Basis generischer Modelle abgeleitete Freigabewerte entweder korrigieren oder mit ihrer Beibehaltung eine mögliche Überschreitung des Dosiswerts von 10 µSv/a in Kauf zu nehmen zu müssen.

Derzeit sind nur wenige konventionelle Deponien bereit, freigegebene Materialien (beispielsweise Bauschutt) anzunehmen. Dies führt dazu, dass diese Deponien intensiv zur Entsorgung von Stoffen aus der Freigabe genutzt werden. Falls dieser Trend anhält, ist davon auszugehen, dass auf diesen Deponien deutlich höhere Mengen freigegebener Materialien abgelagert werden, als in den zur Zeit durchgeführten Modellrechnungen zur Herleitung von Freigabewerten angenommen wird. Um eine solche Entwicklung mit ihrer Konsequenz einer Überschreitung der maximalen (Individual- oder Kollektiv-) Dosiswerte zu verhindern, müssen entweder die Modelle entsprechend angepasst werden – Folge wären durchweg deutlich niedrigere Freigabewerte –, oder es müsste z. B. eine zentrale Registrierung der deponierten Mengen und Aktivitätskonzentrationen aus Freigabe-Entscheidungen erfolgen, um Akkumulationen auf einzelnen Deponien gegebenenfalls begrenzen zu können.

International wurden jüngst zunehmend Ansätze vorgestellt, in denen die allgemein anerkannte Geringfügigkeitsschwelle von 10 µSv/a mit dem Bevölkerungsgrenzwert von 1 mSv/a vermischt wird – sei es, dass die 10 µSv/a als Häufungspunkt einer Verteilung, die bis zu 1 mSv/a reicht, angesehen werden, sei es, dass für Modellrechnungen zur Herleitung von

Freigabewerten/Freigrenzen von einer zulässigen Dosis von 1 mSv/a ausgegangen wird, falls die zugrundeliegenden Modellszenarien und -parameter als konservativ eingeschätzt werden. Eine Übernahme dieser Ansätze, die auch in Entwürfen von Safety Guides der IAEA zu finden sind (DS 161: Radioactivity in Materials not requiring Regulation for Purposes of Radiation Protection), würden zum einen dazu führen, dass die in der StrlSchV derzeit befindlichen restriktiven Werte angepasst werden müssten. Zum anderen wäre eine Vermischung des Dosiswertes zur Festlegung einer Unerheblichkeitsschwelle und des Grenzwertes des Bevölkerungsschutzes die Folge, die die Risikokommunikation beider Werte erheblich erschweren dürfte.

A.III.2 Begrenzung der Exposition durch Radon in Gebäuden

Hintergrund

In Deutschland beträgt die mittlere Konzentration radioaktiven Radons in Gebäuden etwa 50 Bq/m^3 Raumluft, wobei die Werte in einzelnen Gebäuden als Resultat unterschiedlicher geologischer Eigenschaften des Untergrundes, der Bauweise und der Lüftungsgewohnheiten um mehrere Größenordungen schwanken können. Die Gesamtevidenz bisher durchgeführter Indoor-Studien zum Lungenkrebsrisiko durch Radon zeigt, dass eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwellenwert die Daten am besten beschreibt. Da selbst geringe Radonkonzentrationen zu einem geringen Anstieg des Lungenkrebsrisikos führen und ein Großteil der Bevölkerung davon betroffen ist, wird ein nicht zu vernachlässigender Teil (geschätzt werden etwa 7 bis 9%) der jährlichen Lungenkrebserkrankungen in Deutschland durch Radon verursacht – lediglich der Einfluss des Rauchens ist hier deutlich höher zu veranschlagen. Radon in Gebäuden stellt mithin das nach derzeitigem Wissensstand höchste umweltbedingte radiologische Risiko dar.

Nicht zuletzt durch die umfangreichen wissenschaftlichen Arbeiten, die in den letzten zwei Jahrzehnten durch BMU/BfS und im Rahmen von Ressortforschungs-Projekten durchgeführt wurden, konnten die wesentlichen geologischen und bautechnischen Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration in Häusern aufgeklärt werden.

Thesen

- Die heutigen detaillierten Kenntnisse über das Gesundheitsrisiko durch Radon und relevante Einflussfaktoren erfordern und ermöglichen eine striktere rechtliche Regelung als die bisherige Vorgabe nicht-verbindlicher Richtwerte.
- Als Konzentration, bei deren Überschreitung Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind und als Ziel für die Reduzierung erhöhter Konzentrationen sollte ein Wert von 100 Bq/m^3 Raumluft (entsprechend einer jährlichen Dosis von ca. 2 mSv) angestrebt werden.
- Gleichberechtigt mit der Reduzierung erhöhter Konzentrationen in davon betroffenen einzelnen Gebäuden sollte eine Reduzierung des Mittelwertes der Radon-Konzentrationen aller Gebäude in Gebieten, in denen mit erhöhten Radonkonzentrationen gerechnet werden muss, angestrebt werden. Dazu sollten in diesen Gebieten nach der Radonkonzentration gestaffelte Maßnahmen zur Reduzierung des Radonübertritts aus dem Baugrund in die Wohnräume vorgeschrieben werden.

Begründung

Auswertungen von in Europa und weltweit durchgeführten epidemiologischen Indoor-Studien zum Lungenkrebsrisiko durch Radon zeigen konsistent, dass eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwellenwert mit den Daten am besten vereinbar ist. Die epidemiologischen Studien zeigen einen statistisch signifikanten Anstieg des Lungenkrebsrisikos mit steigender Radonkonzentration. Als untere Nachweisgrenze der statistischen Signifikanz wurde eine durchschnittliche Radonkonzentration über 30 Jahre von etwa 100 Bq/m^3 gezeigt. Als Ziel zur Reduzierung erhöhter Radonkonzentrationen ist daher ein Wert von 100 Bq/m^3 anzusetzen.

Es kann gezeigt werden, dass eine Reduzierung des Mittelwertes der Radonkonzentration in allen Gebäuden eine effektivere Reduzierung der zu erwartenden radonbedingten Lungenkrebserkrankungen bewirkt als die alleinige Reduzierung einzelner deutlich erhöhter Werte. Dies ist im Wesentlichen darin begründet, dass im ersteren Fall eine deutlich höhere Zahl an Wohnungen (und damit Bewohnern) erfasst wird. Neben dem klassischen Ansatz der Kappung von Spitzenwerten sollten daher gleichberechtigt Maßnahmen zur Reduzierung der Radon-Konzentration (zumindest aller Neubauten in Gebieten mit erhöhten Radonkonzentrationen) ergriffen werden.

Es stehen erprobte bautechnische Verfahren zur Verfügung, die mit angemessenem finanziellen Aufwand die Umsetzung beider Zielsetzungen einer solchen Reduktionsstrategie ermöglichen.

A.III.3 Medizinische Strahlenexposition

Hintergrund

Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch röntgendiagnostische bzw. nuklearmedizinische Untersuchungen ist in Deutschland mit etwa 1,8 mSv bzw. 0,14 mSv pro Kopf und Jahr im Vergleich zu anderen Health-Care-Level-I-Ländern relativ hoch. Dies ist im Wesentlichen auf die Häufigkeit der Untersuchungen zurückzuführen. Um den Strahlenschutz der Patienten zu optimieren, wurden im Rahmen der Novellierung der Strahlenschutz- (StrlSchV) und der Röntgenverordnung (RöV) die Aufgaben und Rechte der Ärztlichen und Zahnärztlichen Stellen (ÄS) erweitert und Diagnostische Referenzwerte (DRW) eingeführt. Ziel dieser Maßnahmen ist es, die Qualität der Untersuchungen zu verbessern und die Dosis pro Untersuchung mittelfristig zu reduzieren. Diese Maßnahmen allein werden allerdings nicht ausreichen, um eine grundlegende Veränderung der aktuellen Situation zu erreichen.

Thesen

- Zukünftige Bemühungen zur Reduktion der Strahlenexposition der Bevölkerung durch strahlendiagnostische Maßnahmen müssen bei der rechtfertigenden Indikation ansetzen, die zur Zeit aus verschiedenen Gründen nicht so restriktiv gehandhabt wird, wie dies sowohl unter strahlenhygienischen als auch gesundheitsökonomischen Gesichtspunkten wünschenswert ist. So könnte nach Einschätzung des Präsidenten der Deutschen Röntgengesellschaft (Deutsches Ärzteblatt, 1999) etwa auf die Hälfte aller Röntgenuntersuchungen verzichtet werden.
- Um einen weiteren Anstieg der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die radiologische und nuklearmedizinische Diagnostik zu vermeiden, sind neue Technologien frühzeitig strahlenhygienisch zu bewerten.
- Die flächendeckende Einführung von Früherkennungsmaßnahmen mittels radiologischer Verfahren erfordert eine strahlenhygienische Bewertung auf der Basis von Nutzen-Risiko-Analysen sowie der detaillierten Festlegung von strukturellen Mindestvoraussetzungen an das Früherkennungsprogramm im Rahmen der Zulassung gemäß § 25 Abs.1 RöV.

Begründung

Neben den bereits umgesetzten Maßnahmen zur Qualitätssicherung ist eine Verringerung der Anzahl an Untersuchungen die wirksamste Möglichkeit, die Strahlenexposition von Pati-

enten zu reduzieren. Während der Schwerpunkt der strahlenhygienischen Maßnahmen bislang überwiegend den physikalisch-technischen Bereich betraf, ist zukünftig die Indikationsstellung stärker zu beachten. Da sich die rechtfertigende Indikation aus einer Abwägung von Nutzen und Risiko ergibt, ist die Kenntnis des Strahlenrisikos von entscheidender Bedeutung. Leider ist vielen Radiologen und den meisten überweisenden Ärzten die der Risikoabschätzung zugrunde liegende Strahlenexposition einzelner Untersuchungsarten nicht ausreichend bekannt. Die Aufstellung eines Indikationskatalogs einschließlich der zu erwartenden Patientendosen, wie sie die Patientenschutzrichtlinie 97/43/Euratom fordert, könnte hier eine Verbesserung erbringen. Ein weiterer praktikabler Lösungsansatz auf nationaler Ebene besteht darin, die Indikationsstellung für radiologische Anwendungen (wie in einigen Staaten bereits praktiziert) in sogenannte Disease-Management-Programme – unter Berücksichtigung bereits bestehender Leitlinien von Seiten der Ärzteschaft bzw. einschlägiger Fachgesellschaften – einzubinden.

Die Einführung innovativer radiologischer und nuklearmedizinischer Techniken in die medizinische Routine wird auch in Zukunft neue diagnostische und therapeutische Optionen eröffnen. Diese Entwicklung macht es erforderlich, die Regelungen zum Erwerb und zur Aktualisierung der Fachkunde im Strahlenschutz in dem jeweiligen Bereich kontinuierlich anzupassen (aktuelles Beispiel: Teleradiologie). Darüber hinaus ist die Strahlenexposition der Patienten und des Personals beim Einsatz neuer Techniken zu bewerten. So ist insbesondere zu vermeiden, dass es durch einen unreflektierten Einsatz neuer Techniken und der Verwendung nicht optimierter Protokolle zu einem nichtgerechtfertigten Anstieg der Strahlenexposition der Bevölkerung kommt. Aus diesem Grund ist es entscheidend, bereits während der frühen Evaluation neuer diagnostischer Technologien begleitende strahlenhygienische Studien durchzuführen, um die Untersuchungspraxis und die daraus resultierende Strahlenexposition der Patienten zu erfassen. Basierend auf den erhobenen Daten können dann dosisoptimierte Untersuchungsprotokolle erarbeitet und realisiert werden.

Gegenwärtige Gesundheitsstrategien zielen immer stärker auf Früherkennungsmaßnahmen ab. Hierbei kommt den bildgebenden Verfahren der radiologischen Diagnostik eine besondere Bedeutung zu. Während sich das Interesse bislang auf konventionelle Röntgenaufnahmen konzentrierte, wie z.B. die Röntgen-Mammographie, zeichnet sich in einigen Health-Care-Level-I-Ländern der Trend ab, auch dosisintensivere Verfahren, wie z.B. die Röntgen-Computertomographie (CT), einzusetzen. Hintergrund ist, dass moderne CT-Systeme eine räumlich hochaufgelöste Darstellung großer Untersuchungsregionen innerhalb weniger Sekunden erlauben. So kann z.B. der gesamte Abdomen- oder Thoraxbereich in Atem-Anhaltetechnik ohne Bewegungsartefakte erfasst werden. Diese neue Technik kann für Vorsorgeuntersuchungen eingesetzt werden, z.B. im Dickdarmbereich (virtuelle Koloskopie zur Früherkennung von Dickdarmtumoren) bzw. im Herzbereich (Calcium-Scoring, Früherkennung

arteriosklerotischer Plaques). Diese Entwicklung erfordert die ressortübergreifende Erarbeitung von Konzepten für die Zulassung von radiologischen Untersuchungstechniken als Verfahren zur Früherkennung gemäß § 25 Abs.1 RöV auf der Basis fundierter Nutzen-Risiko-Analysen.

B. Nichtionisierende Strahlung

Unter nichtionisierender Strahlung (NIR) versteht man den Bereich des elektromagnetischen Spektrums, in dem die entsprechende Teilchenenergie kleiner als 12,4 eV ist. Diese Grenze entspricht einer Wellenlänge von 100 nm. Sie liegt im Bereich der ultravioletten Strahlung. Definitionsgemäß wird auch der Ultraschall zur nichtionisierenden Strahlung gerechnet. Technische Anwendungen, die nichtionisierende Strahlung nutzen oder bei denen diese Strahlung als Begleitprodukt entsteht, haben unser tägliches Leben, sowohl im Privatbereich als auch am Arbeitsplatz oder in der Medizin, vollständig durchdrungen. So sind alle Anwendungsbereiche elektrischer Energie mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern verbunden. Alle drahtlosen Informationsübertragungs- und Kommunikationsverfahren nutzen hochfrequente elektromagnetische Felder oder optische Strahlung. Die optische Strahlung wird darüber hinaus zu Beleuchtungszwecken oder zur Materialbearbeitung eingesetzt. Ultraviolette Strahlung spielt eine bedeutende Rolle in der Medizin und wird zudem oft für kosmetische Zwecke, z.B. zur Hautbräunung, eingesetzt.

Im Bereich der nichtionisierenden Strahlung sind Strahlenschutzgrundsätze weit weniger entwickelt als im Bereich der ionisierenden Strahlung. Ein Dosisbegriff existiert nur ansatzweise im Bereich der UV-Strahlung. Vorsorge und Minimierung werden national und international kontrovers diskutiert.

B.I Rechtfertigung

Hintergrund

Da Dosis-Wirkungsbeziehungen bislang nicht bekannt sind, beruht die Diskussion auf der plausiblen Annahme, dass eine Reduzierung der Exposition auch zu einer Reduzierung eines möglicherweise bestehenden Risikos führt. Bekannt sind bislang nur akute Wirkungen, die erst oberhalb einer bestimmten Schwellenexposition nachweisbar sind. Für diese Wirkungen sind auch die entsprechenden Wirkungsmechanismen bekannt. Eine Ausnahme stellt die ultraviolette Strahlung dar; hier sind auch stochastische Wirkungen bekannt. Es besteht wissenschaftlich kein Zweifel, dass ultraviolette Strahlung eine der Hauptursachen für Hautkrebserkrankungen ist. Allerdings sind bisher weder die genauen Mechanismen aufgeklärt, noch ist das Problem der Dosisabschätzung in der Bevölkerung geklärt. Das wesentliche Problem stellt die unkontrollierte Exposition durch die Sonne dar. Deshalb ist es auch im Bereich der UV-Strahlung bisher nicht gelungen, Risikokoeffizienten zu quantifizieren. Auch in diesem Bereich stellen deshalb die akuten Wirkungen die Basis der quantitativen Expositionsbegrenzung dar. Darüber hinaus ist nur eine qualitative Risikoabschätzung möglich.

Strahlenschutzempfehlungen bei NIR beruhen im Wesentlichen auf der Begrenzung der Exposition auf Werte, die deutlich unterhalb von Wirkungsschwellen liegen. Auch im UV-Bereich werden die bekannten Schwellen für akute Wirkungen zugrundegelegt. Der Begriff der Rechtfertigung ist im NIR-Bereich bislang noch nicht diskutiert worden.

Anders als im Bereich der ionisierenden Strahlung ist die anthropogen bedingte nichtionisierende Strahlung mit der zunehmenden Technisierung aller Lebensbereiche verbunden. Die Mehrzahl neuer Entwicklungen beruht auf internationalen Normen und die Verbreitung von Produkten unterliegt internationalem Recht.

These

- Die überwiegend gesellschaftliche Frage einer Rechtfertigung von Expositionen in diesem Bereich kann nur im Konsens gelöst werden. Der Beitrag des Strahlenschutzes ist auf die qualitative Risikoabschätzung begrenzt. Die Frage der Rechtfertigung sollte vor allem bei der Entwicklung neuer Technologien gestellt werden (vgl. B.II)

Begründung

Die in diesem Zusammenhang erforderliche Frage der Risikoabschätzung beruht im Bereich der nichtionisierenden Strahlen derzeit überwiegend auf der Kenntnis akuter Wirkungen und Dosis-Wirkungsbeziehungen mit Schwellencharakter. D.h. unterhalb bestimmter Schwellen sind Risiken wissenschaftlich nicht nachgewiesen. Dabei ist nicht endgültig geklärt, ob keine Risiken bestehen oder ob sie bisher lediglich nicht erkennbar sind. In weiten Teilen des nichtionisierenden Spektrums kann deshalb derzeit keine belastbare quantitative Risikoabschätzung erfolgen. Selbst eine qualitative Abschätzung ist in Ermangelung möglicher Wirkungsmechanismen schwierig. Ob unter diesen Voraussetzungen der Strahlenschutz einen essentiellen Beitrag zur Frage der Rechtfertigung leisten kann, ist fraglich.

B.II Neue Technologien

Hintergrund

Die letzten Jahrzehnte waren geprägt durch eine rasante Technisierung aller Bereiche des Alltags. Es ist vorhersehbar, dass sich diese Entwicklung in Zukunft in zunehmendem Maß fortsetzen wird. Eine Vielzahl der neuen technischen Anwendungen erzeugen dabei nichtionisierende Strahlung, zum Teil sogar in erheblichem Umfang. Beispiele sind die modernen drahtlosen Kommunikationstechniken, aber auch die Entwicklung neuer, leistungsstarker Lichtquellen.

Eine Strahlenschutzbewertung neuer Technologien ist bisher erst nach Markteinführung der Technologie möglich, da die hierfür erforderlichen Daten dem Strahlenschutz vorher nicht verfügbar gemacht werden. Änderungen technischer Details, die zu einem verbesserten Strahlenschutz führen könnten, sind unter diesen Umständen dann meist nicht mehr realisierbar. Als Beispiel aus der Vergangenheit wird auf Schnurlostelefone nach dem DECT-Standard hingewiesen. Die permanente Emission hochfrequenter Felder durch den Kontrollkanal wäre für Anwendungen im Hausgebrauch nicht erforderlich.

Ein aktuelles Beispiel sind Infrarot-Wärmekabinen, die als Ersatz herkömmlicher Saunas ohne Beteiligung des Strahlenschutzes und weitgehend ohne Sachkenntnisse über mögliche gesundheitliche Auswirkungen entwickelt wurden. Sie werden derzeit in großem Stil vermarktet.

Prinzipiell lassen sich die offenen Fragen neuer Technologien in zwei Kategorien einteilen:

1. Frequenzbereiche, bei denen Wirkmechanismen mit Schwellencharakter bekannt sind: Hier besteht die z.T. berechtigte Sorge, dass durch die Summe der stetig steigenden Zahl an Quellen die Schwellenwerte zunehmend ausgeschöpft werden. Es ist nicht auszuschließen, dass es durch Interferenzen lokal zu aus Sicht des Strahlenschutzes bedenklichen Expositionserhöhungen kommt.
2. Neu erschlossene Nischen des elektromagnetischen Spektrums wie z.B. Tera-Hertz (THz)-Strahlung: Bisher gab auf dem Markt nur wenige und kostspielige THz-Quellen. Es könnten sich aber künftig eine Vielzahl von praktischen Anwendungen, von der medizinischen Diagnostik bis hin zum Kommunikationssystem, ergeben. Mögliche Wirkungen werden bisher aus den Erkenntnissen für den angrenzenden Mikrowellen- und Infrarotbereichen extrapoliert, lassen sich jedoch nicht in jedem Fall widerspruchslos erklären. Bisher mangelt es sowohl an Forschungsvorhaben zur Wirkungsforschung, als auch an Mess- und Rechenverfahren für die Expositionsbestimmung.

Thesen

- Nur durch eine frühzeitige Beteiligung des Strahlenschutzes an der Entwicklung neuer Technologien können die Vorgaben eines vorsorgenden Strahlenschutzes (s. auch D.II) an feldemittierende Quellen umgesetzt werden. Es ist eine Expositionsminimierung durch technische Optimierung aller Feldquellen erforderlich. Eine entsprechende Ressortabstimmung insbesondere mit dem BMBF ist diesbezüglich anzustreben.
- Grundlagenforschung zum Strahlenschutz sollte **vor** der Markteinführung neuer Geräte dort erfolgen, wo Kenntnislücken bestehen (z.B. THz-Bereich) oder wo diese wissenschaftlich begründet zu vermuten sind.

Begründung

Mögliche gesundheitliche Risiken bei Anwendung neuer Technologien können nur dann frühzeitig erkannt werden, wenn der Strahlenschutz schon in der Entwicklungsphase beteiligt wird. Dies sollte im Interesse aller Beteiligten sein. In Zukunft wird die Glaubwürdigkeit des Strahlenschutzes auch davon abhängen, inwieweit er in der Lage ist, proaktiv auf neue technische Entwicklungen einzuwirken.

B.III Grenzwertsetzung

Hintergrund

In Deutschland fehlt derzeit eine allgemeine Rechtsgrundlage für den Strahlenschutz der Bevölkerung bei nichtionisierender Strahlung. In einzelnen Frequenzbereichen bestehende Regelungen, wie z.B. das Bundesimmissionsschutzgesetz oder funktechnische Gesetze können diese Lücke nicht umfassend schließen. Sie regeln nur einzelne Quellen, wie z.B. Funksendeanlagen mit einer Sendeleistung über 10 W EIRP oder Niederspannungsanlagen bei 16 2/3 Hz und 50 Hz, die mit Spannungen größer 1000 V betrieben werden. Die im Rahmen von europäischen Normen vorliegenden Empfehlungen werden den Anforderungen, die an Strahlenschutzregelungen zu stellen sind, nicht gerecht. So können z.B. nach diesen Normen einzelne Geräte in ihrer Umgebung Immissionen hervorrufen, welche die Grenzwertempfehlungen voll ausschöpfen.
Der Bereich der optischen Strahlung ist vom Strahlenschutz rechtlich überhaupt nicht erfasst. Hier bestehen ausschließlich technische Normen.
Die Folge ist, dass, von wenigen Ausnahmen abgesehen, eine weitgehend unkontrollierte Exposition der Bevölkerung stattfindet.
Die bestehenden Empfehlungen des Europäischen Rates zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern können im Einzelfall zur Bewertung herangezogen werden, haben aber keine rechtliche Verbindlichkeit und decken den Bereich der optischen Strahlung nicht ab.
International ist die Situation ähnlich. Es ist kein Land bekannt, das eine umfassende rechtliche Strahlenschutzregelung hätte. In vielen europäischen Ländern bestehen, ähnlich wie in Deutschland, Vorschriften für einzelne Frequenzbereiche. Hier sind vor allem Funkanlagen und Stromversorgungsanlagen zu nennen. In einzelnen Ländern gibt es darüber hinaus gesetzliche Regelungen für bestimmte optische Quellen, wie z.B. Solarien.

Ein weltweiter Vergleich der WHO zeigt, dass viele Länder sich bei ihren meist untergesetzlichen Regelungen (z.B. Normen) an den Empfehlungen der ICNIRP orientieren. Daneben existieren in einigen Ländern des ehemaligen Ostblocks, z.B. in Russland, erheblich niedrigere „Grenzwerte“, deren Rechtsverbindlichkeit aber unklar ist. Sie wurden außerdem in den letzten Jahren mit der Einführung neuer Technologien deutlich angehoben. In den USA orientieren sich die z.B. für Funkanwendungen bestehenden behördlichen Vorschriften an den Empfehlungen von IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), einer amerikanischen Normungsorganisation. Diese Werte sind bezüglich des SAR-Wertes für Handys um etwa den Faktor 2 konservativer als die Europäischen Empfehlungen. Die WHO ist derzeit bemüht, eine Harmonisierung aller internationalen Empfehlungen zum Strahlenschutz zu erreichen.

Der Bereich des Arbeitsschutzes ist vergleichsweise gut geregelt. National bestehen eine Vielzahl von Unfallverhütungsvorschriften und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften. Im europäischen Rahmen werden derzeit Arbeitsschutzdirektiven für den gesamten Bereich der nichtionisierenden Strahlung erarbeitet.

Thesen

- Der Schutz der Bevölkerung im Bereich der nichtionisierenden Strahlung kann nur durch rechtsverbindliche Regelungen sichergestellt werden.
- Die Basisregelungen sollten durch Festlegung von Grenzwerten erfolgen und diese sollten international harmonisiert werden.

Begründung

Die auf Freiwilligkeit beruhenden Empfehlungen finden keine ausreichende Beachtung und werden durch europäische Normen z.T. missachtet. Ein effektiver Schutz der Bevölkerung ist deshalb nur durch rechtsverbindliche Regelungen zu gewährleisten.

Die Glaubwürdigkeit von Grenzwerten kann nur vermittelt werden, wenn sie international vergleichbar sind. Erhebliche Unterschiede führen automatisch zu einem Vertrauensverlust auch in Bezug auf die zuständigen Institutionen.

C. Schutz von Natur und Umwelt

Entwicklung von Schutzkonzepten für Flora, Fauna und Umweltmedien

Hintergrund

Vor dem Hintergrund der internationalen Entwicklungen zum langfristigen Schutz der Biosphäre, ausgehend von der Deklaration von Rio 1992 mit ihren Konzepten der Nachhaltigkeit und Erhaltung der Biodiversität, ist in den letzten Jahren verstärkt die Notwendigkeit postuliert worden, dass Strahlenschutzkonzepte neben dem Schutz des Menschen gleichwertig den Schutz der Umwelt nachweisen müssen. Dies hat in Deutschland mittlerweile beispielsweise Eingang in die Anforderungen, die an Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) gestellt werden, gefunden.

Derzeit werden im Rahmen internationaler Forschungsprojekte entsprechende Schutzziele entwickelt und geeignete Konzepte zur Sicherstellung solcher Schutzziele erarbeitet. Die Diskussionen zur Einbindung des Schutzes der Umwelt in die Strahlenschutz-Regularien haben in der IAEA und der ICRP (im Rahmen einer Task Group) begonnen, sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Im Bereich der nichtionisierenden Strahlung besteht durch die Sonne eine natürliche Quelle für ultraviolette Strahlung, die zu einer Exposition der Umwelt in erheblichem Ausmaß führt. Die möglichen Schädigungen der belebten Umwelt, vor allem auch im Zusammenhang mit den anthropogen verursachten Veränderungen in der Atmosphäre sind lange bekannt. Der Schutz der Umwelt in diesem Zusammenhang kann aber vom Strahlenschutz alleine nicht geleistet werden. Hier stehen Fragen der Reinhaltung der Atmosphäre im Vordergrund.
In zunehmendem Maße verursachen aber auch großtechnische Anlagen Emissionen im Bereich der belebten Umwelt, die dort zu negativen Auswirkungen führen könnten. Beispiele sind leistungsstarke HF-Sender zur Untersuchung der Atmosphäre oder Offshore Windkraftanlagen und die dazugehörigen Seekabel.

Die Frage der Auswirkungen elektromagnetischer Emissionen auf die belebte Umwelt sind bislang nicht nur national, sondern auch international stark vernachlässigt worden. Der Versuch einer systematischen Erfassung des bisherigen Kenntnisstandes wurde bisher nur in einem vom BfS in Zusammenarbeit mit der WHO und ICNIRP durchgeführten internationalen Seminar im Oktober 1999 unternommen. Die wissenschaftlichen Grundlagen zu einer belastbaren Bewertung der möglichen Schädigung von Flora und Fauna sind allerdings bislang nicht systematisch erarbeitet.

Thesen

- Die internationalen Aktivitäten zur Formulierung geeigneter Schutzziele und Erarbeitung wissenschaftlicher Konzepte zu deren Einhaltung sollten von Deutschland wesentlich mitgestaltet werden.
- Dabei ist auf eine Harmonisierung der Schutzziele und Nachweiskonzepte mit denen für andere Noxen zu achten.
- Schutzziele und Verfahren sollten auf der Basis einer breiten gesellschaftlichen Diskussion festgelegt werden.
- Um für vergleichsweise geringe Emissionen nicht zu übermäßig aufwendigen Verfahren zu gelangen, sollte sich die Verfahrenstiefe an den zu erwartenden Emissionen und Immissionen orientieren – ein Ansatz, der von deutscher Seite verstärkt in die internationalen Diskussionen eingebracht werden sollte. Gleichermaßen sollten international propagierte Ansätze nur dann übernommen werden, wenn sie diesem Verhältnismäßigkeits-Kriterium genügen.
- Dem Schutz der Umwelt vor nichtionisierender Strahlung ist zukünftig verstärkt Aufmerksamkeit zu widmen. Durch gezielte Forschung ist zu klären, unter welchen Bedingungen eine Schädigung der Umwelt durch nichtionisierende Strahlung möglich ist. Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen sollten auch die möglichen Folgen der Immission elektromagnetischer Felder geprüft werden.

Begründung

Auch wenn Vieles dafür spricht, dass die in Deutschland existierenden Emissions- und Immissionsregelungen der derzeitigen Strahlenschutzverordnung, die auf den Schutz des Menschen fokussiert sind, einen Schutz der Umwelt ebenfalls gewährleisten, sind eigene Regelungen erforderlich, um die Einhaltung dieses Schutzziels nachweisen und dokumentieren zu können.

Eine Harmonisierung von Schutzzielen und Konzepten mit den existierenden Vorgehensweisen für andere Noxen, die beispielsweise im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfungen in Deutschland berücksichtigt werden, ist erforderlich, um in Deutschland zu vergleichbaren Ansätzen der Umweltbewertung unterschiedlicher potentiell toxischer Substanzklassen zu kommen. Dafür sind in der Ökotoxikologie seit langem schon wissenschaftliche Prüfverfahren entwickelt worden. Diese sollten detailliert für ihre Eignung zum Nachweis des Schutzes der Umwelt vor radioaktiven Substanzen analysiert und bewertet werden – zum einen, um unterschiedliche Vorgehensweisen oder möglicherweise gar differierende Schutzziele für verschiedene Klassen potentiell umwelttoxischer Substanzen ausschließen zu können, zum

anderen, um von den langjährigen Erfahrungen der Ökotoxikologie zu profitieren. Hierzu kann auf die umfangreichen Erfahrungen des Umweltbundesamtes und des Bundesamtes für Naturschutz zurückgegriffen werden.

Eine breite gesellschaftliche Diskussion über die in Deutschland anzustrebenden Schutzziele und Verfahren zu ihrer Umsetzung ist anzustreben, da sich in den letzten Jahren in den internationalen Strahlenschutzgremien zunehmend ein Konsens entwickelt hat, bei neuen Empfehlungen mehr als bisher üblich gesellschaftliche Debatten zu berücksichtigen ("stakeholder involvement"). Nach heutigem Stand ist mit Sicherheit davon auszugehen, dass wesentliche Bestandteile der zukünftigen Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP zum Schutz der Umwelt – wie beispielsweise die Schutzziele – nicht vorgegeben werden, sondern dass die ICRP erwartet, dass diese als Resultat öffentlicher Diskussionen in den einzelnen Staaten formuliert werden.

D. Über den reinen Strahlenschutz hinausgehende Fragestellungen

D.I Risikobasierte Bewertungsverfahren

Hintergrund

Die Abschätzung und Bewertung von Strahlenwirkungen und Strahlenrisiken und die daraus abgeleiteten Strahlenschutzregelungen basieren neben den wissenschaftlichen Erkenntnissen über Strahlenwirkungen auf Überlegungen zur gesellschaftlichen Akzeptabilität von Strahlenrisiken. Diskussionen dazu wurden in internationalen und nationalen überwiegend mit Naturwissenschaftlern besetzten Gremien wie ICRP, UNSCEAR, Euratom Artikel 31 Gruppe und SSK geführt und flossen in deren Empfehlungen zum Strahlenschutz ein. Diese Empfehlungen, insbesondere die der ICRP, wurden dann subsequent nahezu unverändert in verbindliche internationale und nationale Strahlenschutzregelungen umgesetzt. Vergleichbare Entwicklungen lassen sich für die nichtionisierende Strahlung, aber auch für andere physikalische, chemische und biologische Noxen aufzeigen.

Charakteristisch für diese Vorgehensweisen ist, (i) eine auf naturwissenschaftlichen Kenntnissen aufbauende Abschätzung von Expositionen und Wirkungen sowie deren Abhängigkeiten, (ii) eine Diskussion zur Akzeptabilität von Risiken in Wissenschaftsgremien, (iii) darauf aufbauend die Entwicklung von Regulationsgrundsätzen und -verfahren, die spezialisiert nur auf die betrachtete Noxe anwendbar sind, mit weitgehendem Verlust des Risikobezugs und (iv) eine Kompensation dieses verloren gegangenen Risikobezugs durch argumentativen Verweis auf natürliche oder andere Belastungen. Defizite dieser Vorgehensweise sind (a) die weitgehend fehlenden Möglichkeiten der gesellschaftlichen Teilnahme an den Diskussionen zur Akzeptabilität von Risiken und daraus folgend bei der Entwicklung von Regulationsgrundsätzen und -verfahren, (b) die Nichtvergleichbarkeit der den Regulationen von Einzelnoxen innewohnenden Risikobeiträge für die menschliche Gesundheit, (c) die starke Abhängigkeit der in den Regulationen gesetzten Standards vom derzeitigen Wissen zur Wirkung der Noxe und damit der Notwendigkeit der häufigen Anpassung an sich veränderndes Wissen und (d) das Fehlen einheitlicher Vorgehensweisen bei der Bewertung von Gesundheits- und Umweltrisiken durch verschiedene Noxen in einem Umweltmedium.

Aus der Charakterisierung der Verfahren und dem Aufzeigen von Defiziten ergibt sich die Notwendigkeit, (α) die Aufgabe der Naturwissenschaften mit der bestmöglichen Expositions- und Wirkungsabschätzung zu definieren, (β) die Bewertung der Risiken, aber auch die Festlegung von Schutzgütern und Schutzzielen dem gesellschaftlichen Dialog zu öffnen und (γ) einen Bewertungsbezug zu entwickeln, der eine Vergleichbarkeit von Risiken ermöglicht,

eine Bewertung komplexer Expositionssituationen erlaubt und eine möglichst hohe Beständigkeit aufweist.

Die heute regulationsrelevanten Expositionen in Um- und Arbeitswelt sind in der Regel charakterisiert durch Expositionen gegenüber bekannten Einzelnoxen auf relativ niedrigem Niveau. Relevant ist in Folge dessen zunehmend weniger die Regulation der Einzelnoxen, als vielmehr die Gesamtbelastung in Luft, Wasser etc.. Andererseits sind wir heute konfrontiert mit einer breiten Einführung neuer Belastungen, ohne dass eine abschließende Abschätzung und Bewertung der Risiken möglich war (z.B. Mobilfunk). Auch durch die anstehenden Freigaben im Zusammenhang mit der Stilllegung und dem Abriss kerntechnischer Anlagen und Reaktoren stellen sich erneut Fragen der Abwägung zwischen individuellen Risiken und dem Gesamtrisiko. Durch diese Veränderung der Abschätz- und Bewertungsfragen von Einzelnoxen mit bekanntem Wirkspektrum zu komplexen Expositionen mit jeweils kleinen Expositionsbeiträgen einzelner Stoffe bzw. der Einführung von Expositionen mit neu zu bewertenden adversen Wirkungen wird die Entwicklung und Einführung eines konsistenten Bewertungsbezugs zunehmend notwendiger.

Thesen

- Der wissenschaftliche Prozess der Abschätzung von Strahlenrisiken bedarf eines eindeutigen und nachvollziehbaren Verfahrens mit einem hohen Maß an Transparenz und einer Umweltmedien (u.a. Wasser, Boden, Luft) sowie Regulationskontexte (u.a. beruflich strahlenexponierte Personen, Bevölkerung, Trinkwasser, Lebensmittel) übergreifenden Konsistenz. Eine pluralistische Beteiligung der Fachöffentlichkeit ist bei komplexen oder wissenschaftlich strittigen Themen notwendig und im Verfahren zu verankern. Bei gesellschaftlich kontroversen Themen sollte in besonderen Fällen bereits in der Phase der Risikoabschätzung auch betroffenen und organisierten gesellschaftlichen Gruppen eine Beteiligung durch eigene Fachvertreter ermöglicht werden.
- Normative Vorgaben, die nicht ausschließlich durch Naturwissenschaftler vorgenommen werden können und sollten, müssen zu Beginn der Risikoabschätzung in einem legitimierten Verfahren festgelegt werden. Hierzu gehören u.a. die Fragen von (tolerablen, unbedenklichen, etc.) Risikoniveaus, der Festlegung der Adversität und der Auslegung der Vorsorge. Eine angemessene Beteiligung der Betroffenen und gesellschaftlicher Gruppen ist zu ermöglichen. Diese Beteiligung ist sachlich, rechtsstaatlich und demokratisch geboten, da die Definition von Schutzziel und Schutzniveau und die Festlegung von Konventionen bei der Risikobewertung von gesellschaftlichen und politischen Zielsetzungen bestimmt werden.
- Ein risikobasiertes Bewertungsverfahren legt die gesellschaftliche Rahmensetzung für die Risikobewertung fest und bestimmt den Bewertungsrahmen, der dann weiter auf ver-

schiedenen Fachebenen ausgefüllt werden kann. Eine risikobasierte Bewertung ist weitgehend unabhängig vom aktuellen naturwissenschaftlichen Erkenntnistand, d.h. Veränderungen der Erkenntnis bedingen zwar eine Veränderung der Dosis-Wirkungs-Beziehung, aber nicht notwendig des als hinnehmbar, akzeptabel charakterisierten Risikoniveaus. Eine vergleichende Risikobewertung wird durch eine risikobasierte Bewertung ermöglicht. Das risikobasierte Bewertungsverfahren definiert das Risiko, das die Gesellschaft bereit ist, als Konsequenz ihres Handels selbst hinzunehmen und unbeteiligten Dritten zuzumuten.

- Die Begründung akzeptabler Risikoniveaus verursacht durch zusätzliche Expositionen aus menschlichen Aktivitäten mit dem Vorliegen natürlicher Strahlenbelastungen ist ethisch problematisch. In der ethischen Diskussion ist diese Problematik als naturalistischer Fehlschluss beschrieben, d.h. der unzulässigen Ableitung ethischer Schlussfolgerungen aus wissenschaftlichen Fakten.
- Als anzustrebendes bzw. zu unterschreitendes Risikoniveau hat sich in der internationalen Diskussion für schwerwiegende Erkrankungen der Bereich zwischen 1 in 1.000.000 und 1 in 10.000 pro Lebenszeit herausgebildet. Dabei gilt allgemein, dass der überwiegende Teil der exponierten bzw. potentiell exponierten Bevölkerung auf dem Niveau von 1 in 1.000.000 zu schützen ist. Ist dieses Risikoziel für alle Individuen nicht zu erreichen, so ist ein Abweichen für die am höchsten exponierten Personen bis zu einer Risikoschranke von 1 in 10.000 zulässig, wenn auf der Basis des Minimierungsgrundsatzes niedrigere Risiken nicht erzielt werden können.

Begründung

Der oben aufgeführte Sachstand und die Position reflektieren in wesentlichen Teilen Arbeiten der Risikokommission zur Risikoabschätzung, -bewertung sowie Kommunikation und Beteiligung. An den Arbeiten der von BMU und BMGS eingesetzten Kommission war das BfS wesentlich beteiligt. Eine Projektgruppe des BfS zur Entwicklung von Grundsätzen zur sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle hat sich wesentliche Empfehlungen zu eigen gemacht und in dem Entwurf der Grundsätze konkretisiert. Es wird explizit eine risikobasierte Bewertungsskala als Entscheidungsrahmen zur Festlegung der Standortsuch-, der Sicherheits- und der Strahlenschutzkriterien empfohlen. Hervorzuhebende Gründe hierfür waren die Unabhängigkeit der Bewertungsskala vom aktuellen Wissensstand zu Strahlenrisiken und die Möglichkeit der vergleichenden Risikobewertung. Dieses Verfahren vermeidet die ausschließliche Nutzung der Monetarisierung von Risiken im Abwägungsprozess von Nutzen und Risiken von Regulations- oder anderen Handlungsmaßnahmen.

Die Abschätzung und Bewertung beruht einerseits auf der Evidenz und Plausibilität der wissenschaftlichen Daten, die eine Gefährdung belegen, anderseits auf der Wahrnehmung des Risikos. Die Wahrnehmung wiederum wird von Faktoren geprägt wie Kontrollierbarkeit, Zuordenbarkeit der Verursachung, Verantwortlichkeit etc.. Daraus wird deutlich, dass die Bewertung von Risiken vielen Einflussfaktoren unterliegt, nicht nur auf wissenschaftlichen Fakten beruht und damit abschließend nicht von wissenschaftlichen Gremien durchgeführt werden kann.

Aus diesem Verständnis ist es notwendig, dass vor der Abschätzung und Bewertung von Risiken die Rahmenbedingungen der Risikobewertung in einem gesellschaftlichen Diskurs geklärt werden. Zu den Rahmenbedingungen der Risikobewertung gehören:

1. Die Festlegung des Schutzgutes und des Schutzziels.

Es ist die Frage zu klären, wer oder was soll durch eine Maßnahme geschützt werden. Ist die Allgemeinheit oder ist der Einzelne zu schützen? Was soll das Ziel der Maßnahme sein? Soll ein absoluter Schutz gewährleistet werden, soll eine Gefahr abgewehrt oder im Sinne der Vorsorge gehandelt werden? Die Festlegung des Schutzgutes und des Schutzziels beschreiben die qualitativen Rahmenbedingungen der Risikobewertung.

2. Die Festlegung des Schutzniveaus.

Das angestrebte Schutzniveau beantwortet die Frage, was als hinreichend sicher angesehen wird. In diesem Zusammenhang sind auch die Fragen der Sicherheit der Risikoaussage und der grundsätzlichen Herangehensweise zu beantworten, d.h. ob im Sinne der Gefahrenabwehr, der Vorsorge, ob mit ungünstigen oder realistischen Annahmen gearbeitet werden soll. Im Zusammenhang mit Gefahrenabwehr ist häufig der Nachweis der Sicherheit notwendig, bei dem mit ungünstigen, überschätzenden und schnell durchzuführenden Verfahren gearbeitet werden kann. Im Vorsorgebereich, d.h. in Expositionsbereichen bei denen keine akute Gefährdung zu gewärtigen ist, stehen Fragen der Optimierung/Minimierung bzw. Vermeidung von Expositionen im Vordergrund. Bei diesen Fragestellungen ist eine möglichst realistische Abschätzung notwendig. Optimierungs- bzw. Minimierungsverfahren auf der Basis überschätzender Annahmen führen zu in der Regel zu falschen Entscheidungen.

Festlegungen zum Risikoniveau und zur notwendigen Sicherheit der Abschätzergebnisse bauen zwar auf naturwissenschaftlichen Fakten auf, sind letztlich aber als eine gesellschaftliche Aufgabe zu verstehen und entsprechend zu realisieren. Hierzu gehören auch Aussagen, was unter einem vernachlässigbaren, unbedenklichen, hinnehmbaren, tolerierbaren Risiko zu verstehen ist.

Die Argumentation, dass bestimmte niedrige Strahlenexpositionen hinnehmbar seien, weil sie niedrig seien und nur einen Bruchteil der natürlichen Strahlenbelastung ausmachen, beruht auf dem aus der ethischen Diskussion bekannten naturalistischen Fehlschluss, indem sie ethische Schlussfolgerungen („hinnehmbar“) aus wissenschaftlichen Fakten ableitet. Ethische Folgerungen sind ethisch aus moralischen Werten zu begründen und können nicht aus naturwissenschaftlichen Fakten oder natürlichen Gegebenheiten gefolgert werden. Natürliche Risiken sind zwar häufig schwierig zu reduzieren, aber aus dieser Tatsache den Schluss zu ziehen, dass zusätzliche Risiken der gleichen Größenordnung oder geringerer Höhe deswegen zu akzeptieren seien, ist ethisch und logisch nicht zu begründen.

D.II Vorsorge

Hintergrund

Der verantwortungsvolle Umgang mit Risiken setzt ganz allgemein voraus, dass neben die Abwehr von Gefahren durch das Ergreifen von Schutzmaßnahmen das Prinzip der Vorsorge als eigenständige Maßnahme tritt. Im Bereich niedriger Expositionen wie sie im Leben eines jeden allgegenwärtig sind, herrschen große Unsicherheiten über die tatsächlichen Risikofaktoren. Im Bereich der ionisierenden Strahlung sind die Unsicherheiten dadurch bedingt, dass die Risikofaktoren durch Extrapolation von belastbaren Daten bei wesentlich höheren Werten gewonnen werden müssen. Die Annahme einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung bis hinab zu verschwindend kleinen Dosiswerten (sog. LNT-Hypothese) begründet die Notwendigkeit für die Anwendung des Vorsorgeprinzips (s. auch A.I.3, Optimierung). Trotz aller Anstrengungen in der Forschung kann nicht erwartet werden, dass die bestehenden Unsicherheiten jemals ganz ausgeräumt werden können. Im Bereich der nichtionisierenden Strahlung gilt zwar ein durch eine Wirkungsschwelle charakterisiertes Schadenseintrittskonzept. Aber auch hier gibt es Hinweise auf biologische Effekte unterhalb dieser Schwellen, deren gesundheitliche Relevanz derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden kann.

Zwar sind die Energien nichtionisierender hochfrequenter elektromagnetischer Felder zu niedrig, um zur Krebsinduktion beizutragen. Es werden aber in der wissenschaftlichen Diskussion Mechanismen zur Krebspromotion diskutiert. Aus diesem Grund ist auch hier Vorsorge angezeigt, insbesondere bei Jugendlichen und Heranwachsenden, bei denen eine besondere Strahlenempfindlichkeit bisher nicht ausgeschlossen werden kann.
Im Bereich UV ist die Vorsorge insbesondere im Kindesalter und bei heranwachsenden Jungendlichen angezeigt, da in diesem Alterszeitraum ein erheblicher Anteil des Gesamtrisikos, an Hautkrebs zu erkranken, akkumuliert wird.

Thesen

- Die Vorsorge stellt beim Umgang mit Risiken neben der Gefahrenabwehr ein zweites wichtiges Prinzip dar, das dem Erhalt der Gesundheit dient und deshalb in den einschlägigen rechtlichen Regelungen als Strahlenschutzprinzip verankert werden sollte.
- Es sollten für Kinder und Jugendliche Vorsorgeprogramme gegen die Risiken der UV Strahlung der Sonne aufgelegt und umgesetzt werden, die Bewusstsein über die Risiken des UV erzeugen und Anleitungen zu einem verantwortungsvollen Umgang mit deren Risiken bei unkontrolliertem Sonnenbaden geben.

Begründung

Die im Bereich ionisierender Strahlung und in der Gesundheitspolitik allgemein anerkannte Notwendigkeit der Vorsorge ist im Bereich der nichtionisierenden Strahlung bisher noch nicht in das Bewusstsein der Bevölkerung gelangt; dies gilt es bei der ohnehin überfälligen Regelung zum Schutze gegen die Gefahren nichtionisierender Strahlung zu ändern.

Trotz beobachteter Zunahme der Zahlen der Hautkrebsinzidenz und entsprechender Empfehlungen aus der Wissenschaft mangelt es nach wie vor an Initiativen behördlicherseits, die sich dieser nicht einfach zu lösenden Problematik annehmen.