

Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

**Einführung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) zum
Schutz vor beruflicher Strahlenexposition bei der
Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom in das
deutsche Strahlenschutzrecht**

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 273. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 11./12. Dezember
2014

Inhalt

1	Einführung	5
2	Beratungsauftrag	5
3	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	6
4	Wissenschaftliche Begründung	9
4.1	Festlegungen der Richtlinie 2013/59/Euratom	9
4.2	Dosisrichtwerte (Dose Constraints) in verschiedenen Bereichen mit beruflichen Strahlenexpositionen	10
4.2.1	Kernkraftwerke	10
4.2.2	Anlagen der nuklearen Versorgung	13
4.2.3	Konditionierungseinrichtungen und Zwischenlager für radioaktive Abfälle	16
4.2.3.1	Konditionierungseinrichtungen für radioaktive Abfälle	16
4.2.3.2	Zwischenlager für radioaktive Abfälle	16
4.2.4	Forschungsinstitute und Radionuklidlaboratorien (nicht medizinischer Bereich)	17
4.2.4.1	Forschungsinstitute	17
4.2.4.2	Radionuklidlaboratorien (nicht medizinischer Bereich)	19
4.2.5	Medizin	20
4.2.6	Sonstige Bereiche	23
4.2.6.1	Beschleuniger	23
4.2.6.2	Industrielle Radiographie	24
4.2.6.3	NORM-Industrie	25
4.2.6.4	Fliegendes Personal	27
4.2.6.5	Transporte radioaktiver Stoffe	29
5	Literatur	31

1 Einführung

Am 05. Dezember 2013 wurden die neuen Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz (Richtlinie 2013/59/Euratom) (Euratom 2014) verabschiedet und am 17. Januar 2014 im Amtsblatt der Europäischen Union bekannt gemacht. Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, die Richtlinie bis 6. Februar 2018 in nationales Recht umzusetzen. Mit der Richtlinie 2013/59/Euratom werden fünf frühere Richtlinien (89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom) zusammengefasst mit dem Ziel der Vereinheitlichung der Regelungen zum Strahlenschutz in allen Expositionssituationen.

In der Richtlinie 2013/59/Euratom werden „Dose Constraints“ zum Schutz vor beruflicher Strahlenexposition eingeführt, in der deutschen Übersetzung der Richtlinie als „Dosisrichtwerte“ bezeichnet. In der vorliegenden Empfehlung werden, um Missverständnissen vorzubeugen, stets beide Begriffe verwendet, da der Begriff „Constraint“ in der Vergangenheit unterschiedlich übersetzt wurde¹ und der im deutschen Recht benutzte Begriff „Richtwert“ eine andere Bedeutung hat als die „Dose Constraints“ der Richtlinie 2013/59/Euratom.

Die Dosisrichtwerte (Dose Constraints) der Richtlinie 2013/59/Euratom dienen als ein Instrument der Optimierung. Wie und in welchen Bereichen dieses Optimierungsinstrument genutzt werden soll, bleibt dabei den Mitgliedsstaaten überlassen. In der vorliegenden Empfehlung erfolgt eine exemplarische Betrachtung anhand typischer Bereiche des beruflichen Strahlenschutzes, um für diese Bereiche zu beurteilen, ob bereits Instrumente existieren, die die Funktion der Dosisrichtwerte (Dose Constraints) ausfüllen oder ob und auf welche Weise solche Instrumente geeignet eingeführt werden können. Die betrachteten Bereiche sind

- Kernkraftwerke,
- Anlagen der nuklearen Versorgung,
- Konditionierungsanlagen und Zwischenlager für radioaktive Abfälle,
- Forschungsinstitute,
- Medizin sowie
- sonstige Bereiche (Beschleuniger, industrielle Radiographie, NORM-Industrie, fliegendes Personal und Transporte radioaktiver Stoffe).

2 Beratungsauftrag

Mit Schreiben vom 10. Dezember 2013 hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) die Strahlenschutzkommission (SSK) mit der Beratung zu Dosisrichtwerten (Dose Constraints) zum Schutz durch berufliche Strahlenexpositionen beauftragt. Dies dient der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom in das deutsche Strahlenschutzrecht. Im Detail wird in diesem Beratungsauftrag ausgeführt:

„In den EURATOM-Grundnormen werden Dosisrichtwerte als „praktisches Instrument für die Optimierung [des Strahlenschutzes]“ in Artikel 6 eingeführt. Die Mitgliedsstaaten müssen danach sicher stellen, „dass gegebenenfalls zum Zwecke der prospektiven Optimierung des

¹ Der Begriff „Constraint“ in ICRP 60 wurde mit „Schranke“ übersetzt. Abweichend davon wurde in der deutschen Übersetzung von ICRP 103 das Wort „Richtwert“ verwendet.

Schutzes Dosisrichtwerte festgelegt werden.“ Wie und in welchen Bereichen dieses Optimierungsinstrument genutzt werden soll, bleibt dabei den Mitgliedsstaaten überlassen.

Ein Dosisrichtwert wird dabei in Artikel 4 Nummer 22 der EURATOM-Grundnormen als „ein Richtwert, der als prospektive obere Schranke von Individualdosen festgesetzt und verwendet wird, um den Bereich der Möglichkeiten festzulegen, die bei der Optimierung für eine bestimmte Strahlungsquelle in einer geplanten Expositionssituation betrachtet werden“ definiert.

Hinsichtlich des beruflichen Strahlenschutzes in der Kerntechnik gibt es in der Form von Richtlinien des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Empfehlungen der Strahlenschutzkommission, Regeln des Kerntechnischen Ausschusses sowie weiteren Regelwerken bereits vielfältige gesetzliche und untergesetzliche Vorgaben für die Gestaltung des operativen Strahlenschutzes. In anderen Bereichen des Strahlenschutzes, wie dem Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Industrie, dem Umgang mit natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen und in der Medizin, ist das untergesetzliche Regelwerk weniger detailliert.

Mit einer Einführung von Dosisrichtwerten im Sinne der EURATOM-Grundnormen sind gegebenenfalls Änderungen der Methoden des beruflichen Strahlenschutzes verbunden. Ich bitte die Strahlenschutzkommission um eine Stellungnahme zu einer Einführung von Dosisrichtwerten im Sinne der EURATOM-Grundnormen und bitte Sie hierbei insbesondere zu bewerten bzw. vorzuschlagen,

- inwieweit bereits bestehende Regelungen zu Dosisrichtwerten bzw. Optimierungsinstrumenten mit den Anforderungen der Grundnormen vereinbar sind,*
- ob und ggf. unter welchen Randbedingungen durch die Einführung von Dosisrichtwerten im Sinne der EURATOM-Grundnormen im Bereich der Kerntechnik eine Verbesserung des beruflichen Strahlenschutzes zu erwarten ist,*
- ob und in welchen Bereichen außerhalb der Kerntechnik der berufliche Strahlenschutz durch die Einführung von Dosisrichtwerten oder von anderen in kerntechnischen Anlagen genutzten Optimierungsinstrumenten verbessert werden kann und*
- wie eine Einführung von Dosisrichtwerten gestaltet werden könnte.“*

Die SSK hat mit der Bearbeitung des Beratungsauftrages den Ausschuss „Strahlenschutz bei Anlagen“ (A7) beauftragt.

3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Bei der Frage zur Notwendigkeit der Einführung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom hat die SSK sich mit dem Schutz vor beruflichen Strahlenexpositionen in verschiedenen Bereichen befasst. Die SSK kommt dabei zu den nachfolgend dargestellten Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Allgemeingültige Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Für keinen der betrachteten Bereiche sieht die SSK eine Einführung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) auf Gesetzes- oder Verordnungsebene zur Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom als notwendig an. Allerdings wird empfohlen, dass die Prüfung der Zweckmäßigkeit einer Einführung von geeigneten Dosisrichtwerten durch den Strahlenschutzverantwortlichen verpflichtend wird. Die SSK empfiehlt jedoch für den medizinischen Bereich

die Anwendung von normierten Werten im Sinne von Dosisrichtwerten (Dose Constraints), deren Einführung an geeigneter Stelle im untergesetzlichen Regelwerk verankert werden sollte.

Bei beruflichen Strahlenexpositionen stellt die Ermittlung der Kollektivdosis nach Auffassung der SSK ein geeignetes Optimierungsinstrument dar, sofern diese anhand von Kollektivdosen vergleichbarer Tätigkeiten bewertet werden kann, oder falls sie bei der Planung konkreter Arbeiten, beispielsweise zur Reparatur oder Instandhaltung, eingesetzt wird.

Bereiche Kernkraftwerke und Anlagen der nuklearen Versorgung

Die SSK ist der Auffassung, dass die bestehenden Regulierungen und Optimierungsinstrumente im radiologischen Arbeitsschutz in Kernkraftwerken und Anlagen der nuklearen Versorgung mit den Anforderungen der Richtlinie 2013/59/Euratom vereinbar sind. Über die bestehenden innerbetrieblichen Dosisrichtwerte hinaus sind daher keine weiteren Dosisrichtwerte (Dose Constraints) im radiologischen Arbeitsschutz notwendig.

Bereiche Konditionierungsanlagen und Zwischenlager für radioaktive Abfälle

Bei Konditionierungsanlagen und Zwischenlagern für radioaktive Abfälle, die an oder in Kernkraftwerken und Anlagen der nuklearen Versorgung betrieben werden, erfolgt der radiologische Arbeitsschutz in Anlehnung an die Vorgehensweisen in den Kernkraftwerken und Anlagen der nuklearen Versorgung. Über die bestehenden innerbetrieblichen Dosisrichtwerte hinaus sind daher nach Auffassung der SSK in diesen Fällen keine weiteren Dosisrichtwerte (Dose Constraints) notwendig.

Zu den übrigen Konditionierungseinrichtungen und Zwischenlagern für radioaktive Abfälle liegen der SSK keine Erkenntnisse hinsichtlich zusätzlicher Regelungen zum Schutz vor beruflichen Strahlenexpositionen und zu Optimierungsinstrumenten vor. Die SSK empfiehlt, dass durch die zuständigen Behörden im Rahmen ihrer Aufsicht geprüft werden sollte, ob durch den Genehmigungsinhaber die Zweckmäßigkeit der Einführung von innerbetrieblichen Dosisrichtwerten (Dose Constraints) geprüft wurde.

Bereich Forschungsinstitute

Aus einigen Anlagen und Einrichtungen sind der SSK geeignete Strahlenschutzmaßnahmen bekannt, die Dosisrichtwerten (Dose Constraints) entsprechen. Es ist der SSK aber nicht möglich, zu beurteilen, ob diese oder vergleichbare Maßnahmen in allen in Deutschland betriebenen Anlagen und Einrichtungen der Forschung getroffen sind. Die SSK empfiehlt, dass durch die zuständigen Behörden im Rahmen ihrer Aufsicht geprüft werden sollte, ob durch den Genehmigungsinhaber die Zweckmäßigkeit der Einführung von innerbetrieblichen Dosisrichtwerten (Dose Constraints) geprüft wurde. Die behördliche Beurteilung sollte sich dabei an der im Begründungsteil dieser Empfehlung exemplarisch beschriebenen Praxis in Forschungsinstituten orientieren.

Bereich Radionuklidlaboratorien (nicht medizinischer Bereich)

Die SSK sieht keine Notwendigkeit zur Anwendung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) als Mittel zur Optimierung des Strahlenschutzes in Radionuklidlaboratorien. Die SSK ist der Auffassung, dass hier etablierte Verfahren der Kenntnisvermittlung an die sonst tätigen Personen durch Unterweisungen im Vordergrund stehen sollten, um bei diesen Personen das Bewusstsein für die Relevanz von Strahlenschutzmaßnahmen zu stärken. Die SSK empfiehlt, dass auffällige, vom üblichen Dosisbereich nach oben abweichende Dosiswerte vom Strahlenschutzverantwortlichen der zuständigen Behörde zu berichten sind. Den Ursachen sollte durch die zuständigen Behörden nachgegangen werden.

Bereich Medizin

Zur Umsetzung eines einheitlichen Standards im Strahlenschutz im medizinischen Bereich empfiehlt die SSK die Anwendung von normierten Werten im Sinne von Dosisrichtwerten (Dose Constraints), deren Einführung an geeigneter Stelle im untergesetzlichen Regelwerk verankert werden sollte. Daneben sollten als Optimierungsinstrument technische und administrative Schutzmaßnahmen festgelegt werden. Dies setzt jedoch im Vorfeld eine systematische und kontinuierliche Datenerhebung und -auswertung und eine hierauf aufbauende Festlegung solcher Anwendungsbereiche, für die – wie die im Begründungsteil dieser Empfehlung angeführten Beispiele gezeigt haben – eine Reduzierung der Strahlenexposition erwartet werden kann, voraus.

Bereich Beschleuniger

Nach Auffassung der SSK ist es nicht erforderlich, Dosisrichtwerte (Dose Constraints) im Bereich der Beschleuniger einzuführen. Allenfalls für einen sehr begrenzten Personenkreis, der beispielsweise bei Wartungsarbeiten einer erhöhten Exposition ausgesetzt sein kann, käme dies in Betracht. Die SSK empfiehlt, dass auffällige, vom üblichen Dosisbereich nach oben abweichende Dosiswerte vom Strahlenschutzverantwortlichen der zuständigen Behörde zu berichten sind. Den Ursachen sollte durch die zuständigen Behörden nachgegangen werden.

Bereich industrielle Radiographie

Im Vergleich zu anderen Bereichen ist die Exposition der beruflich strahlenexponierten Personen in der industriellen Radiographie vergleichsweise hoch. Die SSK ist der Auffassung, dass zur weiteren Optimierung keine Dosisrichtwerte (Dose Constraints) geeignet wären. Die SSK empfiehlt aber, auf eine gute Kenntnisvermittlung zu achten, beispielsweise im Rahmen des Erwerbs der Fachkunde oder der Unterweisung.

Bereich NORM-Industrie

Beschäftigte in bestimmten Industriezweigen, in denen natürlich vorkommende radioaktive Materialien vorhanden sind, einschließlich Forschung und relevanter Sekundärprozesse, können bei Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom einer zu überwachenden beruflichen Strahlenexposition ausgesetzt sein. Über die Expositionssituationen in diesen Betrieben liegen bisher nur lückenhafte Kenntnisse vor. Für Betriebe, bei denen sich ergibt, dass sie den anzumeldenden oder zulassungsbedürftigen Tätigkeiten zuzurechnen sind, empfiehlt die SSK, im Rahmen der Abschätzungen möglicher Dosen auch zu prüfen, ob Dosisrichtwerte (Dose Constraints) als Instrument der Optimierung des radiologischen Arbeitsschutzes zweckmäßig sind.

Arbeitsplätze mit hoher natürlicher Radonexposition

Für Betriebe mit Arbeitsplätzen in Innenräumen, bei denen die Radonkonzentration in der Luft im Jahresmittel den national festzulegenden Referenzwert der Radonkonzentration überschreitet und die wie geplante Expositionssituationen behandelt werden, empfiehlt die SSK, die zeitintegrierten Werte der Exposition durch Radon abzuschätzen und zu prüfen, ob entsprechende Werte der Radonkonzentration als Instrument der Optimierung des radiologischen Arbeitsschutzes zweckmäßig sind.

Bereich fliegendes Personal

Die SSK sieht keine Notwendigkeit der Einführung weiterer Dosisrichtwerte (Dose Constraints) für das fliegende Personal.

Bereich Transporte radioaktiver Stoffe

Eine Einführung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) im Bereich der Beförderung ist nach Auffassung der SSK kein geeignetes Optimierungsinstrument des Strahlenschutzes. Die SSK empfiehlt, dass auffällige, vom üblichen Dosisbereich nach oben abweichende Dosiswerte ggf. vom Strahlenschutzverantwortlichen der zuständigen Behörde zu berichten sind. Den Ursachen sollte durch die zuständigen Behörden nachgegangen werden.

4 Wissenschaftliche Begründung

4.1 Festlegungen der Richtlinie 2013/59/Euratom

In Artikel 4 Nr. 22 der Richtlinie 2013/59/Euratom (Euratom 2014) wird ein Dosisrichtwert (Dose Constraint) wie folgt definiert:

„Dosisrichtwert: ein Richtwert, der als prospektive obere Schranke von Individualdosen festgesetzt und verwendet wird, um den Bereich der Möglichkeiten festzulegen, die bei der Optimierung für eine bestimmte Strahlungsquelle in einer geplanten Expositionssituation betrachtet werden.“

In Artikel 6 der Richtlinie 2013/59/ Euratom wird unter den Optimierungsinstrumenten für die Dosisrichtwerte für berufliche Expositionen festgelegt:

„(1) Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass gegebenenfalls zum Zweck der prospektiven Optimierung des Schutzes Dosisrichtwerte festgelegt werden:

- a) Für die berufliche Exposition wird der Dosisrichtwert als ein praktisches Instrument für die Optimierung von dem Unternehmen unter der allgemeinen Aufsicht der zuständigen Behörde festgelegt. Bei externen Arbeitskräften wird der Dosisrichtwert in Zusammenarbeit zwischen dem Arbeitgeber und dem Unternehmen festgelegt.*

...

(2) Dosisrichtwerte werden als effektive Dosen oder Organ-Äquivalentdosen von Einzelpersonen für einen bestimmten angemessenen Zeitraum festgelegt.“

Die Aufgabe der Festlegung angemessener Dosisrichtwerte wird in Artikel 82 Abs. 2 a dem „Strahlenschutzexperten“ zugewiesen.

Artikel 2 Nr. 73 der Richtlinie 2013/59/ Euratom definiert den Strahlenschutzexperten wie folgt:

„Strahlenschutzexperte: eine Person oder – falls dies in den nationalen Rechtsvorschriften vorgesehen ist – eine Gruppe von Personen, die über die erforderliche Sachkenntnis, Ausbildung und Erfahrung verfügen, um in Fragen des Strahlenschutzes Rat geben zu können, um den wirksamen Schutz von Einzelpersonen zu gewährleisten, und deren diesbezügliche Befähigung von der zuständigen Behörde anerkannt ist.“

Gesetzliche Regelungen und ggf. auch das in Deutschland zusätzlich vorhandene untergesetzliche Regelwerk sind für einen Strahlenschutzverantwortlichen verbindlich. Gestaltungsspielraum bietet sich aber unterhalb dieses Regelwerks bei den betrieblichen Festlegungen, beispielsweise Betriebshandbüchern, Betriebs- und Fachanweisungen etc. Für die Optimierung im Strahlenschutz können ggf. Dosisrichtwerte zweckmäßig sein. Es wird empfohlen, dass die Prüfung der Zweckmäßigkeit einer Einführung von geeigneten Dosisrichtwerten durch den Strahlenschutzverantwortlichen verpflichtend wird.

4.2 Dosisrichtwerte (Dose Constraints) in verschiedenen Bereichen mit beruflichen Strahlenexpositionen

Die nachfolgenden Betrachtungen erfolgen für typische Bereiche mit beruflichen Strahlenexpositionen, die in Deutschland als die in Zusammenhang mit der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom relevantesten angesehen werden können. Die betrachteten Bereiche sind

- Kernkraftwerke,
- Anlagen der nuklearen Versorgung,
- Konditionierungsanlagen und Zwischenlager für radioaktive Abfälle,
- Forschungsinstitute,
- Medizin sowie
- sonstige Bereiche (Beschleuniger, industrielle Radiographie, NORM-Industrie, fliegendes Personal und Transporte radioaktiver Stoffe).

Es wird für die verschiedenen Bereiche jeweils die radiologische Situation charakterisiert, und es werden existierende Regelungen sowie Erfahrungen aus der Praxis dargestellt. Auf dieser Basis wird beurteilt, ob bereits Instrumente existieren, die die Funktion der Dosisrichtwerte (Dose Constraints) ausfüllen oder ob und auf welche Weise solche Instrumente geeignet eingeführt werden können.

4.2.1 Kernkraftwerke

Kernkraftwerke weisen sehr heterogene Strahlenfelder auf, erzeugt durch Gamma-, Beta-, Alpha- und Neutronenstrahlung. Das Dosisleistungsspektrum durch Direktstrahlung reicht von Arbeitsbereichen mit sehr geringer Ortsdosisleistung (wenige $\mu\text{Sv/h}$) bis zu Bereichen mit extrem hoher Ortsdosisleistung (einige Sv/h), in welchen nur gut abgeschirmt fernhantierte oder robotergesteuerte Tätigkeiten durchgeführt werden können. Ebenso heterogen ist das Kontaminationsspektrum. In den Kontrollbereichen der Anlagen wird mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen, so dass – bei Erfordernis – zusätzliche Vorsorgemaßnahmen gegen Inhalation und/oder gegen Kontamination getroffen werden müssen. Die Zwischenlager der Kernkraftwerke hingegen weisen in der Regel nur Direktstrahlung auf, erzeugt durch Gammastrahlung und in den Brennelementzwischenlagern zusätzlich durch Neutronenstrahlung.

Zudem sind die Dosisleistungsprofile der einzelnen Kernkraftwerke sehr unterschiedlich. Sie sind z. B. davon abhängig, welche Stahlwerkstoffe bei der Errichtung der Anlagen eingesetzt wurden, ob eine Primärkreis- bzw. Systemdekontamination durchgeführt wurde und ob die Anlage im Leistungsbetrieb, in der Revision oder im Rückbau ist. Die eingesetzten Werkstoffe in den Systemen bestimmen in der Regel das Leitnuklid der Anlage. In der Regel dienen Co-60 und Cs-137 als Leitnuklide.

Je nach radiologischer Situation werden in Raumbereichen dauerhafte oder temporäre Sperrbereiche eingerichtet. So gibt es in der Nähe des Reaktordruckbehälters Raumbereiche, die während des Leistungsbetriebes unter keinen Umständen betreten werden sollten, in der Revision ist ein Betreten unter Strahlenschutzaufsicht hingegen möglich. Nach der Durchführung einer Primärkreisdekontamination verändert sich das Dosisleistungsprofil in einer Anlage gravierend. In einer im Rückbau befindlichen Anlage hängen das Dosisleistungs- und das Kontaminationsprofil entscheidend vom Rückbaufortschritt ab. Zum Rückbauende werden die Hauptbeiträge zur Kollektivdosis hauptsächlich durch den Umgang mit radioaktiven Abfallgebinden oder durch erforderliche Instandhaltungs- und Prüftätigkeiten in den Zwischenlagern gebildet.

Für den Schutz des Personals ist ein einschlägiges Regelwerk erstellt worden. Dieses umfasst insbesondere

- die Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, Änderung, Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen, Teil 2 (IWRS II) (BMU 2005),
- die Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen (Riphyko), Teil 1 (BMU 2003),
- die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses KTA 1301.1 und 1301.2 (Berücksichtigung des Strahlenschutzes der Arbeitskräfte bei Auslegung und Betrieb von Kernkraftwerken),
- Interpretation I-8 zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012 (BMU 2013).

Je nach Ortsdosisleistung, vorhandener oder zu erwartender Raumluftaktivität und/oder Kontamination werden Bereiche mit besonderen Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen definiert (z. B. Abschirmungen, Atemschutz, Absaugungen, Schutzanzügen, Schleusen, Schuhschwellen etc.). Entsprechend der zugeordneten Risikoklasse werden vor und nach Aufnahme der Arbeiten Briefings mit den beteiligten Personen durchgeführt.

Vergleichbar zum Arbeitsschutz werden relevante Themen des Strahlenschutzes (ALARA) fachbereichsübergreifend behandelt mit dem Ziel, Abläufe oder Situationen in der Anlage nachhaltig zu verbessern. Dies hat u. a. dazu geführt, dass die Jahreskollektivdosen der Anlagen seit Inbetriebnahme im Durchschnitt deutlich reduziert werden konnten.

In den Kernkraftwerken wird der Strahlenschutz¹ gemäß der IWRS-II-Richtlinie (BMU 2005) bereits frühzeitig bei der Planung von radiologisch relevanten Tätigkeiten mit eingebunden. Somit wird sichergestellt, dass die Planung auch strahlenschutztechnisch optimiert wird.

Seitens des Strahlenschutzes wird die Tätigkeit hinsichtlich der radiologischen Gefährdung beurteilt, und es werden entsprechende Schutzmaßnahmen veranlasst. Die Schutzmaßnahmen sind vorrangig technischer Natur, können aber auch administrative Aspekte wie z. B. eine Aufenthaltszeitbegrenzung beinhalten. Grundsätzlich wird zunächst versucht, die Strahlungs- oder Kontaminationsquelle zu beseitigen oder zumindest deren Auswirkungen zu verringern. Hierzu haben sich z. B. das Spülen von kontaminierten Systemen oder das Anbringen von entsprechenden Abschirmungen bewährt. In anderen Fällen kann der Abstand durch den Einsatz von Fernhantierungstechnik optimiert oder die Aufenthaltszeit durch das Üben von komplexen Vorgängen an Nachbauten (Mock-Ups) verringert werden. Je nach Zustand des Arbeitsumfelds werden weitere Maßnahmen, wie das Verwenden persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Maske, Filter oder Plastikoverall), vorgeschrieben.

Vor Ort muss der Strahlenschutz vor Aufnahme der Tätigkeiten eine Freigabe erteilen. Dabei wird die aktuelle radiologische Situation nochmals beurteilt und das Personal in die Schutzmaßnahmen eingewiesen. Die Begehung von Kontrollbereichen erfolgt zwingend über ein Zugangskontrollsystem, das eine dosimetrische Erfassung des Personals sicherstellt. Die Verwendung von persönlichen elektronischen Dosimetern mit Alarmfunktion stellt sicher, dass die im Dosimetriesystem hinterlegten innerbetrieblichen Dosisrichtwerte eingehalten bzw. Überschreitungen bemerkt werden.

¹ d. h. der Strahlenschutzbeauftragte oder eine von ihm beauftragte fachkundige Person

In den Monatsberichten der Anlagen werden die zuständigen Behörden und Gutachter über die Jahres- und die Monatskollektivdosis, über die maximal registrierten Individualdosen mit Angabe der durchgeführten Arbeiten sowie über die mittleren Dosen informiert.

Dieses Vorgehen ist im Betriebshandbuch geregelt, dessen Anwendung seitens der zuständigen Behörden zugestimmt wurde.

In der IWRS-II-Richtlinie sind Dosisrichtwerte definiert: Überschreitet der Planungswert für die Kollektivdosis den Wert 25 mSv, für die Individualdosis den Wert von 6 mSv oder liegen ungünstige radiologische Verhältnisse vor bei einer Ortsdosisleistung $> 5 \mu\text{Sv/h}$, so kommt das „spezielle Verfahren“ zum Einsatz, das eine erhöhte strahlenschutztechnische Betreuung der geplanten Tätigkeit zur Folge hat.

Im Dosimetriesystem sind diverse Richtwerte hinterlegt, z. B. Tagesrichtwerte für verschiedene Personengruppen (für beruflich Strahlenexponierte der Kategorie A in der Regel Werte zwischen 0,5 mSv/Tag und 2 mSv/Tag), die neben der sicheren Einhaltung der Grenzwerte vor allem der Optimierung im Strahlenschutz dienen. Dabei legt der Strahlenschutzbeauftragte die Richtwerte unter Berücksichtigung der kraftwerkspezifischen Randbedingungen fest (z. B. Dosisleistungs- und Kontaminationsniveau, Umfang und Art der zu erwartenden Tätigkeiten, spezifische Anforderungen der Messtechnik). Wenn die Richtwerte überschritten werden, ist der Zugang zum Kontrollbereich für diese Person automatisch gesperrt. Die Ursache der Überschreitung und das weitere Vorgehen muss dann mit dem Strahlenschutzbeauftragten geklärt werden.

Neben den Richtwerten für die Individualdosen, die mittels der Dosimetriesysteme überwacht und durchgesetzt werden, kommen weitere Richtwerte z. B. für Oberflächenkontamination oder Ortsdosisleistung zum Einsatz. Diese Richtwerte stellen ebenfalls eine Optimierung der Exposition in einer geplanten Expositionssituation dar, auch wenn sie nicht klassisch der Definition der Richtlinie 2013/59/Euratom entsprechen.

Gemäß den Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014) ergab sich für die Jahre 2011 und 2012 hinsichtlich der Ganzkörperdosis bei beruflich strahlenexponierten Personen, die der Betriebskategorie Kernkraftwerke zugeordnet sind, folgendes Bild:

Tab. 1: Zusammenstellung von Daten zur effektiven Dosis der beruflich strahlenexponierten Personen in der Betriebskategorie Kernkraftwerk für die Jahre 2011 und 2012 auf Grundlage der Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014).

Jahr	Ganzkörperdosis				
	Überwachte Personen	Exponierte Personen, Dosis > 0 mSv	Kollektivdosis [Personen-Sv]	Mittlere Personendosis Überwachte [mSv/a]	Mittlere Personendosis Exponierte [mSv/a]
2011	12 264	4 316	3,7	0,30	0,86
2012	11 344	3 470	2,9	0,25	0,82

Die SSK ist der Auffassung, dass die bestehenden Regulierungen und Optimierungsinstrumente im radiologischen Arbeitsschutz in Kernkraftwerken mit den Anforderungen der Richtlinie 2013/59/Euratom vereinbar sind. Die individuelle Dosisverteilung des Personals und der Abstand zu den gesetzlichen Grenzwerten zeigen, dass die in den Anlagen implementierten Strahlenschutzmaßnahmen sich langjährig bewährt haben und die Richtwerte erfolgreich zur

Anwendung kommen. Über die bestehenden innerbetrieblichen Dosisrichtwerte hinaus sind daher nach Auffassung der SSK keine weiteren Dosisrichtwerte (Dose Constraints) im radiologischen Arbeitsschutz notwendig. Bei beruflichen Strahlenexpositionen stellt die Ermittlung der Kollektivdosis nach Auffassung der SSK ein geeignetes Optimierungsinstrument dar, sofern diese anhand von Kollektivdosen vergleichbarer Tätigkeiten bewertet werden kann, oder falls sie bei der Planung konkreter Arbeiten, beispielsweise zur Reparatur oder Instandhaltung, eingesetzt wird.

4.2.2 Anlagen der nuklearen Versorgung

Die Anlagen der nuklearen Versorgung haben unterschiedliche Aufgabenstellungen und gehen deshalb mit unterschiedlichen Materialien und unterschiedlichen Formen von radioaktiven Stoffen um. Bei der Anreicherung von Uran-235 und der Dekonversion von Uranhexafluorid (UF_6) in Uranoxidverbindungen erfolgt der Umgang im Wesentlichen in geschlossenen Verfahrenssystemen, wohingegen bei dem Prozess der Brennelementherstellung zusätzlich mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird.

In den Arbeitsbereichen treten Strahlungsfelder auf, die durch Gamma-, Beta-, Alpha- und Neutronenstrahlung erzeugt werden.

Die Dosisleistung an der Oberfläche von Uranhexafluorid-Behältern ist unmittelbar nach der Entleerung am höchsten, da dann die Selbstabsorption des Urans fehlt. Die Dosisleistung eines frisch entleerten Behälters liegt an der frei zugänglichen Oberfläche (Kontakt) zwischen 100 $\mu\text{Sv/h}$ und 150 $\mu\text{Sv/h}$. Beim Abkoppelvorgang des Behälters vom Einspeisesystem beträgt die Ortsdosisleistung im Arbeitsbereich ca. 50 $\mu\text{Sv/h}$. Nach einer Abklingzeit von ca. 3 Monaten ist die innen auf der Behälteroberfläche abgelagerte Th-234-Aktivität (Halbwertszeit 24,1 Tage) nahezu abgeklungen und somit ist nur noch eine geringe Dosisleistung vorhanden. In der Regel kommen diese Behälter erst nach einer Abklingzeit von ca. 3 Monaten wieder zum Einsatz.

Die Dosisleistung an der Oberfläche (Kontakt) eines Uranoxidbehälters beträgt ca. 50 $\mu\text{Sv/h}$.

Die Ortsdosisleistung in den Arbeitsbereichen des Personals ist in der Regel gering. In Bereichen, in denen eine produktionsbedingte Materialanhäufung stattfindet, steigt die Ortsdosisleistung leicht an. Eine deutliche Erhöhung der Ortsdosisleistung tritt nur dort auf, wo Uran-Behälter gelagert werden bzw. wo mit diesen umgegangen wird.

Der interne Transport der Behälter in den Lagerbereichen und in den Betriebsanlagen erfolgt mit Kranen, Staplern oder Flurförderfahrzeugen. Die Kransteuerstände sind abgeschirmt, Krane können fernbedient bzw. mit einer kabelgebundenen Steuerbirne bedient werden. Die Flurförderfahrzeuge werden teilweise fernbedient, so dass sich das Betriebspersonal nicht zwangsläufig in der Nähe der Behälter aufhalten muss. Besteht vorübergehend die Möglichkeit einer höheren Strahlenexposition für das Betriebspersonal in einem Bereich, so werden Strahlenschutzmaßnahmen ergriffen. Die Anlagen haben für die Ortsdosisleistungen interne Richtwerte definiert. Sie liegen zwischen 1 $\mu\text{Sv/h}$ und 25 $\mu\text{Sv/h}$. So wird z. B. bei der Überschreitung des internen Anlagenrichtwertes von 25 $\mu\text{Sv/h}$ der Bereich abgesperrt und der Zugang kontrolliert.

Bei allen Instandhaltungs- und Änderungstätigkeiten an Systemen in den Kontrollbereichen und in den Überwachungsbereichen, bei denen eine Strahlenexposition oder eine Kontamination zu besorgen ist, wird der Strahlenschutz gemäß der IWRS-II-Richtlinie (BMU 2005) frühzeitig in die Planung und Durchführung eingebunden. Damit wird sichergestellt, dass schon in der Planungsphase der Strahlenschutz optimiert wird.

Aufgrund des unterschiedlichen Umgangs mit radioaktiven Stoffen in den Versorgungsanlagen sind nicht nur das Expositions potenzial verschieden, sondern auch die Anforderungen an den anlagenbezogenen Strahlenschutz sind unterschiedlich. Grundsätzlich orientieren sich die Strahlenschutzmaßnahmen an der radiologischen Gefährdung. Hierbei wird technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen Vorrang gegeben. Primär wird versucht, die Strahlenquelle oder die Kontaminationsquelle zu beseitigen bzw. deren Auswirkungen zu reduzieren. Entsprechend dem Arbeitsumfeld kann auch das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung, wie zum Beispiel umluftabhängige oder umluftunabhängige Atemschutzgeräte oder zusätzliche Overalls, vorgeschrieben werden.

Der Strahlenschutz vor Ort erteilt die Freigabe für die durchzuführende Tätigkeit und weist das Personal in die aktuellen radiologischen Gegebenheiten ein.

Alle Instandhaltungs- und Änderungstätigkeiten unterliegen einem Arbeitsfreigabeverfahren. In diesem Verfahren werden die Schutzmaßnahmen für die durchzuführende Tätigkeit festgelegt. Diese Vorgehensweise ist in der Instandhaltungs- und Strahlenschutzordnung der Betriebshandbücher geregelt. Die Betriebshandbücher bedürfen der Zustimmung der zuständigen Behörde.

Zur Vermeidung von Inkorporationen sind in den Anlagen einerseits technische Lösungen realisiert, die einen Austritt von radioaktiven Stoffen in die Raumluftatmosphäre verhindern, und andererseits sind niedrige interne Richtwerte für die zulässige Oberflächenkontamination (α : 0,05 Bq/cm² bis 0,25 Bq/cm², $\beta+\gamma$: $\leq 0,5$ Bq/cm²) von Uran-Behältern und sonstigen Oberflächen eingeführt, deren Einhaltung regelmäßig kontrolliert wird. Bei Überschreitung der internen Richtwerte werden die entsprechenden Strahlenschutzmaßnahmen eingeleitet.

Alle Räume/Raumbereiche, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, sind an eine Abluftanlage angeschlossen, deren Abluft in Bezug auf radioaktive Aerosole kontinuierlich überwacht wird. Für das Abführen radioaktiver Stoffe aus der Raumluftatmosphäre, die z. B. bei An- und Abkoppelvorgängen an verfahrenstechnische Systeme oder beim Öffnen von Rohrleitungen auftreten können, ist ein Absaugsystem vorhanden, mit dem diese direkt am Entstehungsort erfasst und abgeleitet werden können.

Mit dem Einsatz der lufttechnischen Anlagen und der installierten Überwachungseinrichtungen werden damit insgesamt die erforderlichen technischen Maßnahmen ergriffen, um einen Austritt von radioaktiven Stoffen in Raumluftbereiche grundsätzlich zu vermeiden und, sofern er nicht vermieden werden konnte, kurzfristig zu erkennen.

In Lagerbereichen sowie in weiteren Strahlenschutzbereichen, in denen nicht mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, und in denen damit eine kontinuierliche Überwachung der Raumluft nicht notwendig ist, werden in regelmäßigen Zyklen Kontaminationsmessungen durchgeführt.

Tätigkeiten, bei denen die Möglichkeit eines Austritts von radioaktiven Stoffen besteht, werden nur in den dafür vorgesehenen Arbeitsbereichen bzw. unter Verwendung von Schutzeinrichtungen durchgeführt. Wenn nötig, überwacht der Strahlenschutz die Raumluftaktivität. So wird z. B. in einer Anlage konservativ aus der täglich ermittelten Raumluftaktivitätskonzentration und der Aufenthaltsdauer im Arbeitsbereich die interne Exposition berechnet. Hierbei wird arbeitstäglich die Raumluftaktivitätskonzentration über festinstallierte Messstellen ermittelt.

In einer anderen Anlage werden bei Personen, die regelmäßig mit offenen radioaktiven Stoffen in Berührung kommen können, routinemäßig Inkorporationskontrollen durchgeführt. Zusätzlich werden bei Personen, die Arbeiten mit erhöhter Inkorporationsgefahr ausgeführt haben oder bei denen der Verdacht einer Inkorporation besteht, Inkorporationskontrollen vorgenommen.

Durch die getroffenen technischen Maßnahmen in den Lüftungsanlagen, die festgelegten internen Richtwerte für die Oberflächenkontamination im Kontrollbereich und die vorgesehenen Maßnahmen zur Überwachung der Oberflächenkontamination und der Raumluft ist die Wahrscheinlichkeit eines Austritts von radioaktiven Stoffen in Raumbereiche und eine damit verbundene innere Strahlenexposition des Personals sehr gering.

Der Zugang zu den Kontrollbereichen wird mittels Dosimetriesystem kontrolliert und überwacht. In dem Dosimetriesystem sind diverse interne Dosisrichtwerte wie z. B. Tagesdosisrichtwert (10 $\mu\text{Sv}/\text{Tag}$ bis 100 $\mu\text{Sv}/\text{Tag}$) und Jahresdosisrichtwert (4 mSv/a, 6 mSv/a) hinterlegt, um einerseits sicherzustellen, dass die gesetzlichen Grenzwerte sicher eingehalten werden und andererseits der Optimierung des Strahlenschutzes zu dienen. Hierbei legt der Strahlenschutzbeauftragte die internen Dosisrichtwerte entsprechend den anlagenspezifischen Randbedingungen fest.

In der Abbildung 1 ist für die Anlagen der nuklearen Versorgung die Dosisverteilung für die Jahreskollektivdosis 2011 dargestellt. Diese Verteilung unterscheidet sich nicht wesentlich von den Dosisverteilungen der Jahre 2006 bis 2010. Mehr als 98 % der jährlichen Individualdosen (Eigen- und Fremdpersonal) in nuklearen Versorgungsanlagen liegen unterhalb von 1,0 mSv und ca. 1,5 % der jährlichen Individualdosen im Intervall von 1 mSv bis 2 mSv.

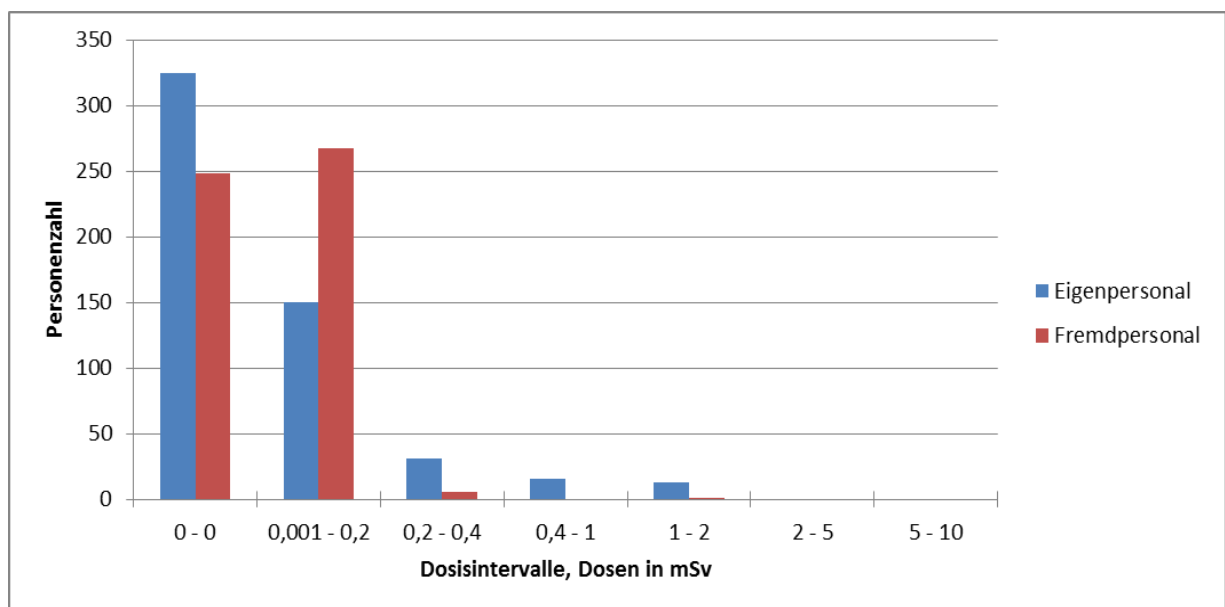


Abb. 1: Dosisverteilung der Jahreskollektivdosis für das Jahr 2011 für die Anlagen der nuklearen Versorgung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die angefallenen Individualdosen in den nuklearen Versorgungsanlagen als gering anzusehen sind.

Als Grundlage für Maßnahmen zur Reduzierung bzw. Minimierung der Strahlenexposition der beruflich strahlenexponierten Personen haben die bestehenden Versorgungsanlagen interne Richtwerte für die Ortsdosisleistung, die Oberflächenkontamination für abwischbare Kontamination, die Tagesdosisrichtwerte und den Jahresdosisrichtwert. Diese innerbetrieblichen Richtwerte liegen alle weit unterhalb der gesetzlichen Werte.

Die SSK ist der Auffassung, dass die bestehenden Regelungen und Optimierungsinstrumente im radiologischen Arbeitsschutz in den nuklearen Versorgungsanlagen mit den Anforderungen der Richtlinie 2013/59/Euratom vereinbar sind. Die praktizierten Strahlenschutzmaßnahmen in Verbindung mit den eingeführten internen Richtwerten werden erfolgreich angewandt und

haben sich langjährig bewährt. Die Dosisverteilung der Individualdosen für Eigen- und Fremdpersonal zeigt, dass diese Dosen weit unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegen und als gering anzusehen sind. Über die bestehenden innerbetrieblichen Dosisrichtwerte hinaus sind daher nach Auffassung der SSK keine weiteren Dosisrichtwerte (Dose Constraints) im radiologischen Arbeitsschutz in Anlagen der nuklearen Versorgung notwendig.

4.2.3 Konditionierungseinrichtungen und Zwischenlager für radioaktive Abfälle

4.2.3.1 Konditionierungseinrichtungen für radioaktive Abfälle

In den Konditionierungseinrichtungen werden die Abfälle in einen für eine längere Zwischenlagerung oder für die Endlagerung geeigneten Zustand gebracht. Dazu angewandte Verfahren sind beispielsweise Zerkleinern, Trocknen, Verbrennen und Weiterbehandlung der Verbrennungsrückstände, Hochdruckverpressen oder Betonieren.

Bei der Konditionierung wird nur mit wenigen Abfallgebinden gleichzeitig umgegangen. Nur einzelne Behälter bzw. deren Inventar befinden sich jeweils in der Bearbeitung. Während der Bearbeitung liegen die radioaktiven Abfälle in der Regel als offene radioaktive Stoffe vor. Im Übrigen erfolgt eine Lagerung oder Bereitstellung von Abfallgebinden vergleichbar zur Situation in den Zwischenlagern.

Es gibt sowohl ortsfeste Einrichtungen zur Konditionierung als auch mobile Einrichtungen. Teilweise werden radioaktive Abfälle aus deutschen Anlagen und Einrichtungen im Ausland konditioniert.

Bei Konditionierungseinrichtungen, die in Betrieb, in Stilllegung oder in Abbau befindlichen Kernkraftwerken oder Anlagen der nuklearen Versorgung betrieben werden, gelten die in den Abschnitten 4.2.1 und 4.2.2 gemachten Ausführungen, da in diesen Fällen für das Personal die gleichen Regelungen getroffen sind.

Es gibt aber in Deutschland eine Reihe weiterer Einrichtungen zur Konditionierung radioaktiver Abfälle für den Eigenbedarf und für Dritte. Eine Zusammenstellung solcher Einrichtungen findet sich in (ESK 2013). Für diese Konditionierungseinrichtungen liegen der SSK keine Erkenntnisse hinsichtlich besonderer Regelungen zum beruflichen Strahlenschutz und zu Optimierungsinstrumenten vor. Viele dieser Einrichtungen werden nach § 7 StrlSchV genehmigt, und es sind verschiedene Behörden für Genehmigung und Aufsicht zuständig. Die SSK empfiehlt, dass durch die zuständigen Behörden im Rahmen ihrer Aufsicht geprüft werden sollte, ob durch den Genehmigungsinhaber die Zweckmäßigkeit der Einführung von innerbetrieblichen Dosisrichtwerten (Dose Constraints) geprüft wurde.

4.2.3.2 Zwischenlager für radioaktive Abfälle

Die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle erfolgt entweder

- in zentralen Zwischenlagern für Abfälle aus kerntechnischen Anlagen,
- in dezentralen Lagern an den Standorten der kerntechnischen Anlagen,
- innerhalb der kerntechnischen Anlagen,
- in öffentlichen Landessammelstellen oder
- in sonstigen Zwischenlagern.

Der Einschluss der radioaktiven Stoffe erfolgt durch den Einschluss in Abfallbehältern, bei bestimmten Abfällen zusätzlich auch durch die Einbindung in eine Abfallmatrix.

Bei Zwischenlagern, die in Betrieb, in Stilllegung oder in Abbau befindlichen Kernkraftwerken oder Anlagen der nuklearen Versorgung betrieben werden, gelten die in den Abschnitten 4.2.1

und 4.2.2 gemachten Ausführungen, da in diesen Fällen für das Personal die gleichen Regelungen getroffen sind. Es gibt aber in Deutschland eine Reihe weiterer Zwischenlager für radioaktive Abfälle für den Eigenbedarf und für Dritte. Die Zwischenlager weisen aufgrund unterschiedlicher Herkunft der Abfälle (Kerntechnik, Industrie, Medizin, Forschung) erhebliche Unterschiede hinsichtlich des Nuklidvektors und des radioaktiven Inventars der Abfallgebinde auf. Außerdem gibt es Unterschiede im Konditionierungszustand der gelagerten Gebinde. Eine Zusammenstellung solcher Einrichtungen findet sich in (ESK 2013).

Für einen großen Teil der Zwischenlager für radioaktive Abfälle außerhalb kerntechnischer Anlagen liegen der SSK keine Erkenntnisse hinsichtlich besonderer Regelungen zum beruflichen Strahlenschutz und Optimierungsinstrumenten vor. Viele dieser Lager werden nach § 7 StrlSchV genehmigt, und es sind verschiedene Behörden für Genehmigung und Aufsicht zuständig. Die SSK empfiehlt, dass durch die zuständigen Behörden im Rahmen ihrer Aufsicht geprüft werden sollte, ob durch den Genehmigungsinhaber die Zweckmäßigkeit der Einführung von innerbetrieblichen Dosisrichtwerten (Dose Constraints) geprüft wurde.

4.2.4 Forschungsinstitute und Radionuklidlaboratorien (nicht medizinischer Bereich)

4.2.4.1 Forschungsinstitute

Aufgrund der Komplexität der verschiedenen Forschungsbereiche ist die radiologische Situation in den einzelnen Forschungsinstituten sehr unterschiedlich. Da auch die Ausrichtung der Forschungsaufgaben der einzelnen Forschungsinstitute sehr unterschiedlich ist, unterscheiden sich auch die Anforderungen an den Strahlenschutz sehr stark voneinander.

Folgende charakteristische Strahlenschutzsituationen treten in Forschungsinstituten auf:

- Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen,
- Umgang mit umschlossenen Strahlenquellen,
- Betrieb von Beschleunigern (vgl. Kap. 4.2.6.1),
- Betrieb von Röntgenanlagen,
- Betrieb von Radionuklidlaboratorien (vgl. Kap. 4.2.4.2),
- Betrieb nuklearmedizinischer Einrichtungen (vgl. Kap. 4.2.5),
- Rückbau nuklearer Einrichtungen, z. B. von Forschungsreaktoren und Heißzellenbetrieben, sowie
- Betrieb von Konditionierungs- und Lagereinrichtungen für schwachradioaktive Abfälle (LAW), mittelradioaktive Abfälle (MAW) und Kernbrennstoff, hier bereits behandelt in Abschnitt 4.2.3.

In diesen Bereichen treten sehr unterschiedliche Strahlenfelder auf, meist erzeugt durch Gamma-, Beta-, Alphastrahlung, jedoch auch durch hochenergetische Strahlung an Beschleunigern. In Betriebseinrichtungen mit Neutronengeneratoren oder Neutronenquellen sowie Kernbrennstofflagern kann zusätzlich Neutronenstrahlung auftreten.

Das Dosisleistungsspektrum durch Direktstrahlung reicht von Arbeitsbereichen mit sehr geringer Ortsdosisleistung bis zu Bereichen mit extrem hoher Ortsdosisleistung, beispielsweise in Rückbaubereichen, Lagereinrichtungen und gebunkerten Beschleunigereinrichtungen, in welchen nur stark abgeschirmte fernhantierte oder robotergesteuerte Tätigkeiten durchgeführt werden können.

In manchen Kontrollbereichen der Forschungseinrichtungen wird mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen. Das Kontaminationsspektrum variiert dort von Bereichen mit vernachlässigbarer Kontamination bis zu Bereichen, in welchen sehr hohe Kontaminationen auftreten. Entsprechende Vorsorgemaßnahmen gegen Inhalation/Ingestion und/oder gegen Kontaminationsverschleppungen müssen den Umgangsbedingungen entsprechend angepasst werden. Beim Umgang mit sehr kurzlebigen Radionukliden kann auch ein Abklingenlassen in die Vorsorgemaßnahmen mit einbezogen werden. An den Beschleunigern und Röntgenanlagen ist in der Regel nur von Direktstrahlung auszugehen.

Aufgrund der Komplexität des Umgangs mit radioaktiven Stoffen können Leit- und Schlüsselnuclide für einzelne Umgangsorte nur bedingt definiert werden.

Definierte Schlüsselnuclide gibt es hingegen in den Rückbaubereichen nuklearer Einrichtungen. Bei diesen im Rückbau befindlichen Anlagen hängen das Dosisleistungs- und das Kontaminationsprofil entscheidend vom Rückbaufortschritt ab. Hier können besondere Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von Direktstrahlung, z. B. Abschirmungen und Fernhantierungstechniken sowie Einsatz persönlicher Schutzausrüstungen zur Verhinderung von Inkorporationen, wie Masken, Plastikoveralls oder Vollschutzanzüge, zum Einsatz kommen.

In Reaktoranlagen und im Rückbau befindlichen nuklearen Einrichtungen wird der Strahlenschutz auch in Forschungsinstituten gemäß der IWRS-II-Richtlinie (BMU 2005) geplant und durchgeführt. Allgemein werden in Rückbaubereichen nuklearer Einrichtungen die Tätigkeiten in Ablaufplänen geplant und in einem Arbeitssicherungsverfahren durchgeführt. Die durchzuführenden Strahlenschutzmaßnahmen werden in einer Anlage zum Arbeitssicherungsschein (Strahlenschutzschein) festgelegt.

Bei Instandhaltungsmaßnahmen in sonstigen Umgangsbereichen wird ebenfalls nach einem Arbeitssicherungsverfahren, ggf. mit Festlegung spezieller Strahlenschutzmaßnahmen, vorgegangen.

Die Vorgehensweisen sind in den Instandhaltungsordnungen, Abbauordnungen und Strahlenschutzordnungen der Betriebshandbücher, Rückbauhandbücher und Abbauhandbücher sowie in Laborhandbüchern geregelt, deren Anwendung seitens der jeweils zuständigen Behörden zugestimmt wurde.

In den im Einsatz befindlichen Dosimetriesystemen können Richtwerte hinterlegt werden, beispielsweise Tagesrichtwerte, Richtwerte für die Durchführung bestimmter Tätigkeiten oder Dosisleistungsrichtwerte, die neben der sicheren Einhaltung der Grenzwerte vor allem der Optimierung im Strahlenschutz dienen. Dabei legt der Strahlenschutzbeauftragte die Richtwerte unter Berücksichtigung der umgangsspezifischen Randbedingungen fest. In manchen Bereichen sind auch Tageswerte für die Personendosis (z. B. 200 $\mu\text{Sv/d}$) in den Betriebshandbüchern festgelegt.

In Forschungsinstituten werden in den Strahlenschutzbereichen teilweise hochkomplizierte Geräte betrieben, die nur von entsprechendem (Fremd-)Fachpersonal installiert, gewartet und repariert werden können. Des Weiteren werden in den Strahlenschutzbereichen der Forschungsinstitute viele Rechner und IT-Anlagen betrieben, deren Wartung ebenfalls durch entsprechendes Fachpersonal erfolgt. Die hierzu erforderlichen (teilweise ausländischen) Firmen oder Spezialisten verfügen meist nicht über entsprechende Genehmigungen nach § 15 StrlSchV (StrlSchV 2001) und über kein beruflich strahlenexponiertes Personal mit Strahlenpass, der in diesem Fall die Voraussetzung für eine Tätigkeit als beruflich strahlenexponierte Person wäre. Ein Zutritt zu Strahlenschutzbereichen kann jedoch diesem Personenkreis durch den Strahlenschutzbeauftragten gestattet werden, wenn die Dosisbegrenzung der effektiven Dosis für die Einzelperson der Bevölkerung vom 1 mSv im Kalenderjahr gemäß § 5 StrlSchV unter Berücksichtigung einer evtl. Vordosis eingehalten wird.

und eine Kontamination oder Inkorporation ausgeschlossen werden kann. Entsprechende Regelungen mit zugehörigen behördlichen Bescheiden existieren bereits in Forschungsinstituten. Zum Beispiel ist zur sicheren Einhaltung dieses Grenzwertes in den Regelungen eines Forschungsinstituts ein Richtwert für die Tagesdosis von 10 μSv festgelegt. Wenn die Richtwerte überschritten werden, ist der Zugang zum Kontrollbereich für diese Person automatisch gesperrt. Die Ursache der Überschreitung und das weitere Vorgehen muss dann mit dem Strahlenschutzbeauftragten geklärt werden.

Die beschriebenen Strahlenschutzmaßnahmen sind aus einigen Anlagen und Einrichtungen bekannt. Es ist der SSK aber nicht möglich zu beurteilen, ob diese oder vergleichbare Maßnahmen in allen in Deutschland betriebenen Anlagen und Einrichtungen der Forschung getroffen sind.

Die mittlere Dosisverteilung des Personals ($< 1\text{mSv/a}\cdot\text{Person}$), abgesehen von einigen Ausnahmefällen in Konditionierungseinrichtungen und Rückbaubereichen, sowie der Abstand zu den gesetzlichen Dosisgrenzwerten zeigen, dass sich die in Forschungsinstituten implementierten Strahlenschutzmaßnahmen langjährig bewährt haben und die Richtwerte erfolgreich zur Anwendung kommen. Weitere Dosisrichtwerte (Dose Constraints) im radiologischen Arbeitsschutz sind nach Auffassung der SSK auf Gesetzes- oder Verordnungsebene bei der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom nicht notwendig. Die SSK empfiehlt, dass durch die zuständigen Behörden im Rahmen ihrer Aufsicht geprüft werden sollte, ob durch den Genehmigungsinhaber die Zweckmäßigkeit der Einführung von innerbetrieblichen Dosisrichtwerten (Dose Constraints) geprüft wurde. Die behördliche Beurteilung sollte sich dabei an der oben exemplarisch beschriebenen Praxis in Forschungsinstituten orientieren.

4.2.4.2 Radionuklidlaboratorien (nicht medizinischer Bereich)

Die Exposition des Personals in Radionuklidlaboratorien in der Forschung erfolgt in erster Linie lokal durch den Umgang mit den radiochemischen Präparaten, nicht jedoch durch eine von den Präparaten oder Quellen verursachte Dosisleistung. Durch Maßnahmen zur Vermeidung von Inkorporation, wie Arbeit in Digestorien oder in Handschuhkästen, wird die Dosisminimierung sichergestellt. Wird durch die Art der Arbeit nur ein kleiner Bereich des Körpers exponiert, insbesondere die Hände, so wird durch das Tragen von angepassten Dosimetern, z. B. Fingerringdosimetern, sichergestellt, dass die Teilkörperexposition erfasst wird.

Sehr große Radionuklidlaboratorien finden sich in diversen Forschungseinrichtungen und Universitäten sowie in der Industrie. Die in derartigen Einrichtungen gehandhabten Radionuklide umfassen ein sehr weites Feld von H-3 bis zu Actiniden. In den meisten Fällen stellt nicht die Gammadosisleistung die relevante Expositionsart dar, sondern Beta- und Alphastrahlung. Aufgrund der sehr effektiven Möglichkeiten zur Abschirmung dieser Strahlungsarten liegt die effektive Dosis des Personals dieser Einrichtungen auf einem sehr niedrigen Niveau.

Aufgrund der Tatsache, dass Gammadosisleistungen nur in geringem Umfang vorhanden und stark lokalisiert sind und dass das Inkorporationsrisiko im Rahmen der Betrachtung nach der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen, Teil 2, (BMU 2007) bewertet und minimiert wird, ist die Anwendung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) als Mittel zur Optimierung des Strahlenschutzes in Radionuklidlaboratorien nicht notwendig und wird nicht praktiziert. Die SSK ist der Auffassung, dass hier etablierte Verfahren der Kenntnisvermittlung an die sonst tätigen Personen durch Unterweisungen im Vordergrund stehen sollten, um bei diesen Personen das Bewusstsein für die Relevanz von Strahlenschutzmaßnahmen zu stärken. Die SSK empfiehlt, dass auffällige, vom üblichen Dosis-

bereich nach oben abweichende Dosiswerte vom Strahlenschutzverantwortlichen der zuständigen Behörde zu berichten sind. Den Ursachen sollte durch die zuständigen Behörden nachgegangen werden.

4.2.5 Medizin

Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlen finden in der Humanmedizin ihren Einsatz in therapeutischen und diagnostischen Verfahren. Therapeutische Verfahren beinhalten dabei die Bestrahlung durch radioaktive Strahlenquellen (z. B. bei der Behandlung von Prostatakrebs) oder mittels mit Beschleunigersystemen erzeugten ionisierenden Strahlen (z. B. beschleunigergenerierte Protonenstrahlen, Tomotherapie, IMRT), enthalten aber auch Behandlungsmethoden, die die Zufuhr von Radiopharmaka (z. B. Jodgabe bei Schilddrüsenkrebs) erfordern. Im Bereich der Diagnostik kommen verschiedenste Ausführungen stationärer und mobiler Röntgenanlagen, z. B. C-Bögen oder CT, aber auch bildgebende Systeme wie PET, die auf der Detektion verabreichter Radiopharmaka aufbauen, zum Einsatz. Darüber hinaus finden hier auch kombinierte Systeme wie PET/CT ihre Anwendung, die die Vorteile unterschiedlicher diagnostischer Systeme vereinen.

Während einfache Röntgensysteme auch in kleinen Praxen niedergelassener Fachärzte eingesetzt werden, sind größere diagnostische Systeme nur in großen Fachpraxen oder in Kliniken anzutreffen. Gleichermäßen findet die Therapie mit ionisierender Strahlung oder radioaktiven Stoffen ebenfalls nur in Fachpraxen und Kliniken statt.

Laut Parlamentsbericht 2012 der Bundesregierung (BMU 2014) lag im Jahr 2011 die effektive Jahresdosis einer Person, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlenursprung, für die Röntgendiagnostik bei 1,8 mSv/Jahr und für die nuklearmedizinische Diagnostik bei 0,1 mSv/Jahr. Die nachfolgenden Abbildungen 2 und 3 nach (BMU 2014) geben für das Jahr 2011 die relativen Häufigkeiten für die röntgendiagnostischen und nuklearmedizinischen Untersuchungen und deren Anteil an der jeweiligen kollektiven effektiven Dosis in Deutschland wieder.

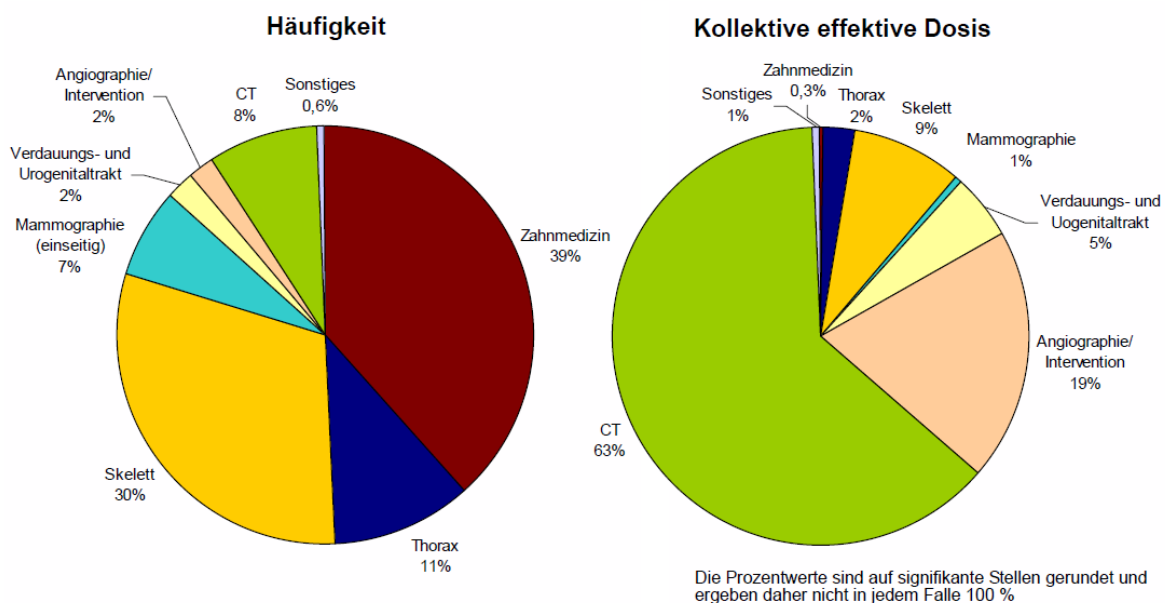


Abb. 2: Relative Häufigkeit der verschiedenen röntgendiagnostischen Untersuchungsarten und deren Anteil an der röntgendiagnostischen kollektiven effektiven Dosis in Deutschland für das Jahr 2011 nach (BMU 2014).

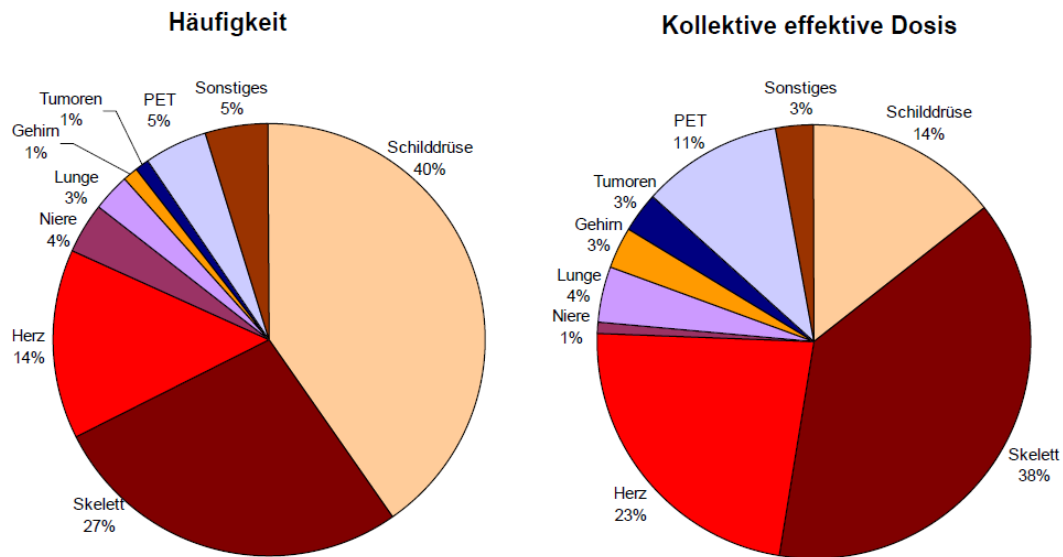


Abb. 3: Relative Häufigkeit der verschiedenen nukleardiagnostischen Untersuchungsarten und deren Anteil an der nukleardiagnostischen kollektiven effektiven Dosis in Deutschland für das Jahr 2011 nach (BMU 2014).

Die berufliche Strahlenexposition des medizinischen Personals ärztlicher Praxen bzw. Krankenhäuser, Kliniken und Sanatorien in 2012 lag laut Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014) bei 0,08 mSv/a (gemittelt über alle überwachten Personen) und 0,48 mSv/a (gemittelt über alle Personen mit Dosis > 0 mSv) bzw. 0,04 mSv/a (gemittelt über alle überwachten Personen) und 0,33 mSv/a (gemittelt über alle Personen mit Dosis > 0 mSv) (siehe Tabelle 2). Fasst man beide Betriebskategorien zusammen, so ergeben sich für die insgesamt ca. 253 500 Personen mittlere effektive Dosen von 0,05 mSv/a für alle überwachten Personen und 0,35 mSv/a für die Personen mit Dosis > 0 mSv. Damit liegen die mittleren effektiven Dosen des medizinischen Personals in der Humanmedizin deutlich unterhalb des Dosisgrenzwertes von 20 mSv/a für beruflich strahlenexponierte Personen und auch unterhalb des Dosisgrenzwerts von 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung.

Tab. 2: Zusammenstellung von Daten zur effektiven Dosis des medizinischen Personals in ärztlichen Praxen sowie Krankenhäusern, Kliniken und Sanatorien für das Jahr 2012 auf Grundlage der Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014).

Betriebskategorie	Ganzkörperdosis				
	Überwachte Personen	Exponierte Personen, Dosis > 0 mSv	Kollektivdosis [Personen-Sv]	Mittlere Personen-dosis Überwachte [mSv/a]	Mittlere Personen-dosis Exponierte [mSv/a]
ärztliche Praxen	41 793	6 912	3,3	0,08	0,48
Krankenhaus, Klinik, Sanatorium	211 794	28 611	9,3	0,04	0,33
Summe	255 587	35 523	12,6	0,05	0,35

Wo erforderlich, wird die Teilkörperdosis der Hände für das medizinische Personal ermittelt, Daten hierzu sind auf Grundlage der Daten des Strahlenschutzregisters (Frasch et al. 2014) in Tabelle 3 zusammengestellt. Im Vergleich zu den Daten der effektiven Dosis ist hierbei zu beachten, dass die Zahl der Überwachten mit ca. 17 800 Personen insgesamt deutlich niedriger ist und der Jahresgrenzwert bei 500 mSv liegt.

Tab. 3: Zusammenstellung von Daten zur Teilkörperdosis (Hände) des medizinischen Personals in ärztlichen Praxen sowie Krankenhäusern, Kliniken und Sanatorien für das Jahr 2012 auf Grundlage der Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014).

Betriebskategorie	Teilkörperdosis				
	Überwachte Personen	Exponierte Personen, Dosis > 0 mSv	Kollektivdosis [Personen-Sv]	Mittlere Dosis Überwachte [mSv/a]	Mittlere Dosis Exponierte [mSv/a]
ärztliche Praxen	2 945	1 425	35,2	11,9	24,7
Krankenhaus, Klinik, Sanatorium	14 917	3 987	65,3	4,4	16,4
Summe	17 862	5 412	100,5	5,6	18,6

In einer Vielzahl von Untersuchungs- und Behandlungsverfahren findet keine Exposition des medizinischen Personals statt. Entsprechend ist – wie die Daten des Strahlenschutzregisters zeigen (siehe auch Tabelle 2) – die Zahl der mit einem amtlichen Personendosimeter überwachten Personen, für die eine amtliche Dosis ermittelt werden konnte, mit etwa 15 % gering.

Detailldaten des Strahlenschutzregisters (Frasch et al. 2014) zu einzelnen Betriebskategorien zeigen, dass der Anteil der exponierten Personen, d. h. der Personen mit einer amtlichen Dosis von mehr als 0 mSv/a, an den überwachten Personen in der Nuklearmedizin im Bereich von etwa 50 % liegt, während der korrespondierende Anteil des Personals bei röntgendiagnostischen Untersuchungen bei etwa 15 % liegt. Im Bereich der Strahlentherapie liegt dieser Anteil ebenfalls bei etwa 15 %. Für die drei genannten Betriebskategorien liegen die mittleren effektiven Dosen des exponierten Personals unterhalb von 1 mSv/a. Nicht in den Daten des Strahlenschutzregisters unmittelbar erkennbar sind die beruflichen Expositionen des medizinischen Personals in der Interventionsmedizin, in der häufig mit verschiedenen diagnostischen Systemen in unmittelbarer Nähe des medizinischen Personals gearbeitet werden muss.

Die mittleren Personendosen sind allerdings nicht geeignet, den Optimierungsbedarf bzw. die Optimierungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Reduzierung der Strahlenexposition des medizinisch strahlenexponierten Personals abzuleiten. Dies ist erst durch gezielte Untersuchungen der Arbeitsabläufe in Verbindung mit der Messung ortsspezifischer Ortsdosisleistungen möglich.

Der Optimierungsgedanke (ALARA-Prinzip) im Strahlenschutz ist insbesondere im kerntechnischen Bereich ein gängiges Werkzeug, was mit dazu geführt hat, dass in den letzten Jahrzehnten ein kontinuierlicher Rückgang der Strahlenexposition des beruflich strahlenexponierten Personals zu verzeichnen ist. Darüber hinaus werden die in der Strahlenschutzverordnung definierten übergeordneten Schutzziele des Strahlenschutzes im untergesetzlichen Regelwerk durch Detailanforderungen weiter präzisiert. Dies führt dazu, dass in allen Anlagen die gleichen auch untergesetzlichen Strahlenschutzstandards einzuhalten sind.

Ein ähnliches Vorgehen ist im medizinischen Bereich derzeit nicht gegeben. Hier obliegt die Umsetzung der Schutzziele des Strahlenschutzes dem jeweiligen Strahlenschutzbeauftragten,

wobei die Möglichkeiten der Umsetzung des Strahlenschutzgedankens auch an die finanziellen Möglichkeiten zur Einführung technischer Strahlenschutzmaßnahmen gebunden sind.

In der Vergangenheit durchgeführte gezielte Untersuchungen der Ortsdosen im C-Bogen haben gezeigt, dass hohe Ortsdosen z. B. bei der interventionellen Radiologie, Neuroradiologie und Kardiologie (Herzkatheterlabor), geringe Ortsdosen im C-Bogen bei der endoskopisch retrograden Cholangiopankreatikographie, der Urologie sowie im Durchleuchtungsraum (Radiologie, Kinderradiologie) auftreten. Erst durch die Messung der Ortsdosen können Rückschlüsse auf die Personal-Dosen durch Streustrahlung gezogen werden. Die einzelnen Arbeitsplätze können dann bewertet und Schutzmaßnahmen gezielt eingesetzt werden (z. B. Optimierung des Aufenthalts im Kontrollbereich für den Untersucher und die Assistenz bzw. zusätzliches Strahlenschutzzubehör, wie beispielsweise mobile Strahlenschutzwände in der Anästhesie, Bleiglasscheiben für den Untersucher).

Durch umfangreiche arbeitsplatzbezogene Messungen mit Berücksichtigung der Augenlinsendosis konnte gezeigt werden, dass das Tragen von Strahlenschutzbrillen in der Angiographie, dem Herzkatheterlabor und dem Hybrid-OP (Gefäß- und Herzthoraxchirurgie) zu empfehlen ist, während an Neuroradiologischen Arbeitsplätzen (sofern eine mobile Strahlenschutzwand vorhanden ist), in Durchleuchtungsräumen (ERCP, URO, Pädiatrie) und im EPU-Labor dies nicht erforderlich ist (Kretschmer 2013). Eine Strahlenschutzbrille für das assistierende Personal ist aufgrund des Abstand-Quadrat-Gesetzes ebenfalls nicht erforderlich, wenn die Position des assistierenden Personals am Patiententisch röhrenfern vereinbart und in einer Strahlenschutzanweisung verankert ist.

Die vorgenannten Beispiele haben gezeigt, dass der Strahlenschutz des medizinisch strahlenexponierten Personals an Interventionsarbeitsplätzen gezielt durch Unterweisungen, Strahlenschutzanweisungen, Training und Anpassung der Arbeitsweisen sowie durch technische Strahlenschutzmaßnahmen (Strahlenschutzbrille, Schutzkleidung, Strahlenschutzzubehör) optimiert werden kann.

Die SSK sieht keine Notwendigkeit von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) auf Gesetzes- oder Verordnungsebene bei der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom. Zur Umsetzung eines einheitlichen Standards im Strahlenschutz im medizinischen Bereich empfiehlt die SSK die Anwendung von normierten Werten im Sinne von Dosisrichtwerten (Dose Constraints), deren Einführung an geeigneter Stelle im untergesetzlichen Regelwerk verankert werden sollte. Daneben sollten als Optimierungsinstrumente technische und administrative Schutzmaßnahmen festgelegt werden. Dies setzt jedoch im Vorfeld eine systematische und kontinuierliche Datenerhebung und -auswertung und hierauf aufbauende Festlegung solcher Anwendungsbereiche, für die – wie die Beispiele gezeigt haben – eine Reduzierung der Strahlenexposition erwartet werden kann, voraus.

4.2.6 Sonstige Bereiche

4.2.6.1 Beschleuniger

Hohe Dosisleistungen an Beschleunigern außerhalb der Medizin treten während des Betriebs der Einrichtungen auf. Es kann beim Betrieb auch zur Aktivierung von Strukturmaterialien und von Bestandteilen der Luft kommen. Nach Abschaltung und einer Abklingzeit im Bereich von Stunden ist die Dosisleistung durch Aktivierungsprodukte in der Regel weitgehend abgeklungen. Oberflächliche Kontaminationen sind an Beschleunigern von keiner besonderen Bedeutung.

Während des Betriebs werden die Bereiche mit hoher Dosisleistung abgesperrt. Die Einrichtungen und ihre Abschirmungen werden konstruktiv so aufgebaut, dass keine Notwendigkeit

besteht, solche Bereiche während des Betriebs zu betreten. Auch bei oder nach Betriebsstörungen ist ein Betreten von Bereichen mit hoher Dosisleistung nicht erforderlich, sondern es kann das Abklingen von Aktivierungsprodukten abgewartet werden. Durch entsprechende Abschirmungen ist es möglich, die Dosisleistung an Orten, an denen sich Personen während des Beschleunigerbetriebs aufhalten, gering zu halten.

Die dosimetrische Überwachung von Personal erfolgt nicht durchgängig mit sofort ablesbaren Dosimetern. Arbeiten in Bereichen mit hoher Dosisleistung sind an Großbeschleunigern auf einen kleinen Personenkreis beschränkt, so dass auch nur für diesen kleinen Personenkreis eine Ausstattung mit sofort ablesbaren Dosimetern sinnvoll ist.

Dosisrichtwerte (Dose Constraints) im Sinne von Tageshöchstwerten der Dosis sind der SSK aus dem Bereich der Beschleuniger nicht bekannt. Da die gemessene Personendosis in der Regel gering ist, wird beispielsweise beim Deutschen Elektronen Synchrotron (DESY) bei einem von Null verschiedenen Wert auf einem amtlichen Dosimeter vom Strahlenschutz der Ursache nachgegangen. Ziel des Strahlenschutzes bei DESY ist es, einen von Null verschiedenen Wert auf den amtlichen Dosimetern zu vermeiden.

Da die Dosis für das Personal und auch für den großen Kreis von Gastwissenschaftlern an wissenschaftlich genutzten Beschleunigern durch Zugangsregelungen und Abschirmungen auf einen Bereich deutlich unterhalb von 1 mSv im Kalenderjahr gehalten werden kann, ist es nach Auffassung der SSK nicht erforderlich, generelle Dosisrichtwerte (Dose Constraints) in diesem Bereich einzuführen. Allenfalls für einen sehr begrenzten Personenkreis, der beispielsweise bei Wartungsarbeiten einer erhöhten Exposition ausgesetzt sein kann, käme dies in Betracht. Die Randbedingungen hinsichtlich der Expositionssituationen sind für Beschleunigeranlagen im wissenschaftlichen, medizinischen und technischen Bereich insgesamt aber so unterschiedlich, dass diesbezüglich keine Empfehlung für einen Dosisrichtwert (Dose Constraint) durch die SSK gegeben werden kann. Die SSK empfiehlt, dass auffällige, vom üblichen Dosisbereich nach oben abweichende Dosiswerte vom Strahlenschutzverantwortlichen der zuständigen Behörde zu berichten sind. Den Ursachen sollte durch die zuständigen Behörden nachgegangen werden.

4.2.6.2 Industrielle Radiographie

Die industrielle Radiographie ist die Verwendung von Strahlung in verschiedenen industriellen Bereichen. Die Hauptbereiche sind die zerstörungsfreie Prüfung, Sicherheitsüberprüfungen oder die wissenschaftliche Forschung. Dabei werden Gammaarbeitsgeräte und Röntgeneinrichtungen als ortsfester Umgang in Durchstrahlungsräumen sowie im ortsveränderlichen Umgang eingesetzt. Zu einer nennenswerten Strahlenexposition des Personals durch den Einsatz der industriellen Radiographie kommt es somit nur dann, wenn die Röntgeneinrichtungen in Betrieb bzw. die Quelle der Gammaarbeitsgeräte aus der Abschirmung ausgefahren ist. Eine relevante Strahlenexposition des Personals erfolgt ausschließlich bei ortsveränderlichem Einsatz.

Grundsätze für den Strahlenschutz sind in der DIN 54115-1 (DIN 2006) und DIN 54113-1 (DIN 2005) enthalten und werden zusätzlich in der Genehmigung festgelegt. Eine mögliche Strahlenexposition ist beim Einsatz der Geräte zur industriellen Radiographie durch die von der Einrichtung (Röntgenstrahlung) oder der Quelle (Gammastrahlung) ausgehende Direktstrahlung gegeben. Beim Betrieb der Einrichtung ist ein Strahlenschutzbeauftragter vor Ort ständig anwesend. Mittels Ortsdosisleistungsmessung und Personendosimetrie mit amtlichen und direktlesbaren Dosimetern wird die Strahlenexposition des Personals überwacht.

Eine Inkorporation von radioaktiven Stoffen ist beim Einsatz der Gammaarbeitsgeräte nur möglich, wenn der Strahler selbst durch z. B. Unfälleinwirkung beim Transport beschädigt würde. Da bei der Gammaradiographie nur Strahler in „besonderer Form“, also in dichter

Umschließung, eingesetzt werden, sind eine Kontamination und eine anschließende Inkorporation jedoch äußerst unwahrscheinlich. Die Strahler werden regelmäßigen wiederkehrenden Prüfungen hinsichtlich der Intaktheit der sicheren Umschließung unterzogen.

Weiterhin werden die Einrichtungen der industriellen Radiographie auch in Kontrollbereichen anderer Genehmigungsinhaber, z. B. in Kernkraftwerken, zur zerstörungsfreien Materialprüfung eingesetzt. Zusätzlich zur Strahlenexposition durch den Einsatz der Einrichtungen der industriellen Radiographie erfolgt hier eine Strahlenexposition durch die radioaktiven Quellen der jeweiligen kerntechnischen Anlage oder Einrichtung. In Kontrollbereichen eines Kernkraftwerks unterliegt das Personal den in Abschnitt 4.2.1 beschriebenen Strahlenschutzanforderungen einschließlich der Dosisrichtwerte (Dose Constraints).

Unabhängig vom Einsatz in Kontrollbereichen von Kernkraftwerken sind Dosisrichtwerte (Dose Constraints) im Sinne von Tageshöchstwerten der Dosis aus dem Bereich der industriellen Radiographie nicht bekannt. Insbesondere im Bereich des ortsveränderlichen Einsatzes von Gammaarbeitsgeräten wird jedoch über Genehmigungsaufgaben z. B. der Zutritt zum entstehenden ortsveränderlichen Kontrollbereich mit dem Ziel untersagt, die Einhaltung der effektiven Dosis von < 6 mSv im Kalenderjahr sichergestellt.

In Deutschland werden ca. 2 600 Personen in der industriellen Radiographie dosimetrisch überwacht. Die reale mittlere Personendosis des Prüfpersonals liegt bei ca. 10 % des Jahresgrenzwertes von 20 mSv. Im Vergleich zu anderen Bereichen ist die Exposition der beruflich strahlenexponierten Personen in der industriellen Radiographie daher vergleichsweise hoch. Aufgrund der Tätigkeit ist dies aber nachvollziehbar, da diese in vergleichsweise starken Strahlenfeldern ausgeübt werden muss. Eine Reduzierung der Dosis setzt einen hohen Kenntnisstand über die Expositionssituation und die möglichen Maßnahmen zur Reduzierung voraus. Die SSK ist der Auffassung, dass zur weiteren Optimierung keine Dosisrichtwerte (Dose Constraints) geeignet wären. Die SSK empfiehlt aber, auf eine gute Kenntnisvermittlung zu achten, beispielsweise im Rahmen des Erwerbs der Fachkunde oder der Unterweisung.

4.2.6.3 NORM-Industrie

Tätigkeiten mit natürlich vorkommendem radioaktivem Material

Bei der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom gewährleisten die Mitgliedstaaten gemäß Artikel 23 die Ermittlung von Kategorien oder Arten von Tätigkeiten, die mit natürlich vorkommendem radioaktivem Material verbunden sind und die zu einer Exposition von Arbeitskräften oder Einzelpersonen der Bevölkerung führen, die unter Strahlenschutzgesichtspunkten nicht außer Acht gelassen werden kann. Eine Liste zu betrachtender Industriezweige, in denen natürlich vorkommende radioaktive Materialien eingesetzt werden, einschließlich Forschung und relevanter Sekundärprozesse, enthält Anhang VI der Richtlinie 2013/59/Euratom. Dabei handelt es sich um:

- Extraktion seltener Erden aus Monazit,
- Herstellung von Thoriumverbindungen und thoriumhaltigen Produkten,
- Verarbeitung von Niob-/Tantalerg,
- Erdöl- und Erdgasproduktion,
- Gewinnung geothermischer Energie,
- TiO₂-Pigmentherstellung,
- thermische Phosphorproduktion.
- Zirkon- und Zirkonium-Industrie,

- Herstellung von Phosphatdüngemitteln,
- Zementherstellung, Instandhaltung von Klinkeröfen,
- Kohlekraftwerke, Wartung von Heizkesseln,
- Herstellung von Phosphorsäure,
- Produktion von Primäreisen,
- Zinn-/Blei-/Kupferschmelze,
- Grundwasserfilteranlagen,
- Förderung von anderen Erzen als Uranerz.

Für diese Industriezweige werden zukünftig entsprechende Abschätzungen der möglichen Jahresdosen und damit auch die Befassung mit der radiologischen Situation in Betrieben dieser Industriezweige erforderlich. Bisher liegen in der Regel über diese Betriebe zu lückenhafte Kenntnisse vor, um die Zweckmäßigkeit von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) beurteilen zu können. Für Betriebe, bei denen sich im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom ergibt, dass sie den anzumeldenden oder zulassungsbedürftigen Tätigkeiten zuzurechnen sind, empfiehlt die SSK, im Rahmen der Abschätzungen möglicher Dosen auch zu prüfen, ob Dosisrichtwerte (Dose Constraints) als Instrument der Optimierung des radiologischen Arbeitsschutzes zweckmäßig sind.

Arbeitsplätze mit hoher natürlicher Radonexposition

Arbeitsplätze mit hoher natürlicher Radonexposition stellen bestehende Expositionssituationen dar, wenn das Radon seinen Ursprung insbesondere im Baugrund, nicht aber in einem NORM-Material, mit dem umgegangen wird, hat.

Gemäß Artikel 51 (1) der Richtlinie 2013/59/Euratom legen die Mitgliedstaaten nationale Referenzwerte für Radonkonzentrationen an Arbeitsplätzen in Innenräumen fest. Der Referenzwert für die Aktivitätskonzentration in der Luft im Jahresmittel darf in der Regel nicht höher sein als 300 Bq m^{-3} . Situationen mit Arbeitsplätzen, an denen die Radonkonzentration im Jahresmittel den nationalen Referenzwert überschreitet, sind gemäß Artikel 54 (3) der Richtlinie 2013/59/Euratom anzumelden und wie geplante Expositionssituationen zu behandeln.

Für Betriebe mit Arbeitsplätzen in Innenräumen, bei denen die Radonkonzentration in der Luft im Jahresmittel den national festzulegenden Referenzwert der Radonkonzentration überschreitet und die wie geplante Expositionssituationen behandelt werden, empfiehlt die SSK, die zeitintegrierten Werte der Exposition durch Radon abzuschätzen und zu prüfen, ob entsprechende Werte der Radonkonzentration als Instrument der Optimierung des radiologischen Arbeitsschutzes zweckmäßig sind.

Beispiel: Geothermiekraftwerke

Anhand der derzeitigen Situation bei Geothermiekraftwerken wird nachfolgend exemplarisch eine radiologische Situation der NORM-Industrie dargestellt.

Im Betrieb von Geothermiekraftwerken bilden sich in den thermalwasserführenden Rohrleitungen aufgrund elektrochemischer Prozesse an den Rohrrinnenflächen Ablagerungen (Scales), die auch mit dem Thermalwasser geförderte Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen (Ra, Pb, Bi etc.) beinhalten. Die Bildung dieser Scales erfolgt überwiegend in den Wärmetauschern und den nachgeschalteten Anlagenteilen des Thermalkreises eines Geothermiekraftwerks. Dieser Prozess ist stark abhängig vom geologischen Untergrund und damit von der geographischen Position des Kraftwerks.

Besonders durch die Radium-Isotope und deren gammaemittierende Zerfallsprodukte kommt es zu erhöhten Gamma-Ortsdosisleistungen im Bereich des Thermalkreises. Bei der Durchführung von Reinigungsarbeiten zur Verbesserung des Wirkungsgrades der Wärmetauscher werden diese Beläge entfernt, bei Wartungs- und Reparaturarbeiten am Thermalkreis werden mit Scales beaufschlagte (kontaminierte) Anlagenteile ausgebaut oder mechanisch bearbeitet. Im Hinblick auf die Exposition von Eigenpersonal des Geothermiekraftwerks und von Mitarbeitern externer Firmen, die dort gelegentlich tätig werden, sind folgende Punkte relevant:

- Die Anlagen arbeiten weitgehend personalfrei, so dass es aus dem Normalbetrieb nur zu geringen Dosen durch externe Bestrahlung im Betrieb kommt. Die Kreisläufe sind im Betrieb geschlossen, so dass ein Inkorporationsrisiko nicht besteht.
- Bei Routinearbeiten (d. h. Wartung und Reparaturen) kommt es aufgrund der kurzen Aufenthaltszeiten nur zu geringen Dosen durch externe Bestrahlung. Sofern der Thermalkreis bei diesen Arbeiten geöffnet wird (z. B. beim Wechsel von Filtern), besteht ein Inkorporationsrisiko durch lose Partikel an den Filtern sowie durch die Inhalation von aus dem Thermalkreis freigesetztem Radon.
- Bei Reinigungsarbeiten an Wärmetauschern zur Verbesserung des Wärmeübergangs besteht die Möglichkeit einer externen Exposition durch die längere Aufenthaltszeit in unmittelbarer Nähe zum Thermalkreis, durch die Lösung und Entfernung der Scales besteht zusätzlich die Möglichkeit der Inkorporation.

Die Routinearbeiten sowie die Reinigungsarbeiten an Wärmetauschern werden daher sorgfältig geplant und erfolgen grundsätzlich unter Strahlenschutzüberwachung. Da keine kontinuierliche Exposition besteht, finden in Geothermiekraftwerken Dosisrichtwerte (Dose Constraints) keine Anwendung. Die Dosisminimierung gelingt stattdessen vor allem durch eine gute Planung der Wartungsarbeiten, nicht jedoch durch die Begrenzung der Dosis bei Routinearbeiten. Die SSK ist daher der Auffassung, dass eine Einführung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) als Optimierungsinstrument in der Geothermie derzeit nicht erforderlich ist. Die Situation sollte aber im Sinne der allgemeinen Empfehlung für die NORM-Industrie weiterverfolgt werden.

4.2.6.4 Fliegendes Personal

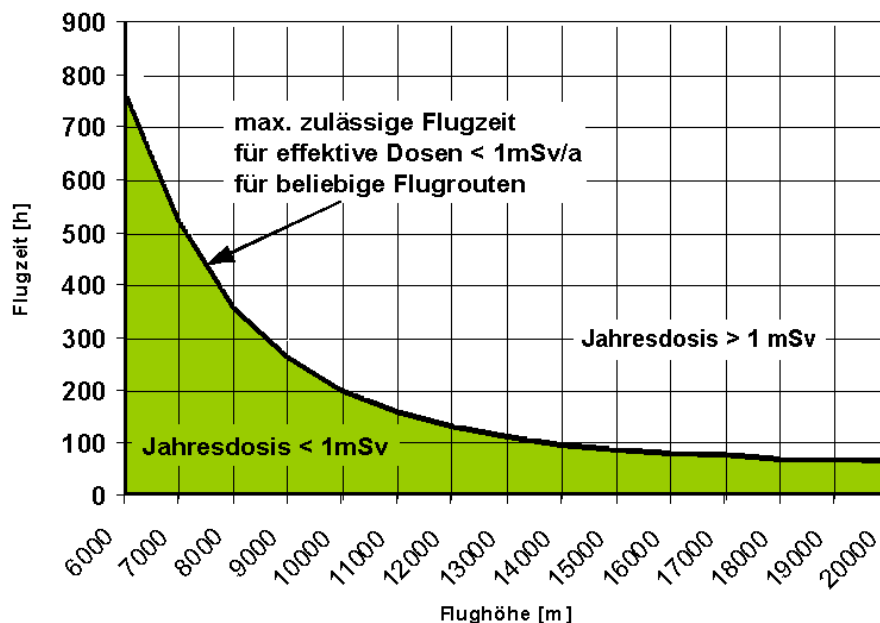
Das fliegende Personal umfasst Piloten und Kabinencrew von Verkehrsflugzeugen und Frachtflugzeugen. Bei den Flügen wird das fliegende Personal insbesondere durch die kosmische Strahlung exponiert, deren Stärke erheblich von der Flughöhe und der geographischen Breite abhängt, da die Abschirmung durch die Atmosphäre mit zunehmender Flughöhe abnimmt und die Ablenkung geladener Teilchen durch das Erdmagnetfeld mit zunehmender geographischer Breite abnimmt. Beispielsweise ist die Dosisleistung in üblichen Flugniveaus von 30 000 Fuß bis 40 000 Fuß ca. 100-mal größer als am Boden in Meereshöhe und in Polnähe ca. 3- bis 4-mal größer als am Äquator in gleicher Höhe. Somit ist eine deutliche Abhängigkeit der Exposition des Personals von der jeweiligen Flugroute gegeben.

Einen wesentlichen Bestandteil der kosmischen Strahlung, welche die Exposition verursacht, bilden die von der Sonne ausgehenden Teilchen, deren Intensität mit der Sonnenaktivität in deren 11-jährigem Zyklus schwankt. Zusätzlich erfolgen in unregelmäßigen und nicht vorher-sagbaren Abständen und Richtungen sogenannte Solar Particle Events, bei denen kurzzeitig geladene Teilchen von der Sonne mit sehr hohen Intensitäten und hohen Energien ausgeschleudert werden. Sofern ein Flugzeug einen solchen Teilchenschauer in großer Höhe durchfliegt, kann dies zu erheblichen zusätzlichen Expositionen der Besatzung und der Fluggäste führen. Durch Beobachtungen und rechtzeitige Warnungen an die Fluggesellschaften kann jedoch ein Ausweichkurs oder ein niedrigeres Flugniveau geflogen werden, was die tatsächliche Dosis in einem solchen Fall erheblich reduziert.

Aus praktischen Erwägungen und da sich die Dosis des fliegenden Personals wegen der Bandbreite der Teilchen der kosmischen Strahlung und deren Energieverteilung nicht mit Personendosimetern auf einfache Weise erfassen lässt, erfolgt die Ermittlung der Dosis für jedes Crewmitglied und für jeden Flug heutzutage individuell mit Computersoftware, die aus Flugroute, Flughöhenverlauf und Flugdauer sowie solarer Aktivität entsprechend detailliert bestimmter Referenzdaten die Exposition berechnet. Nähere Details finden sich in (EC 2009).

Zuständig für die Übermittlung der Dosisbelastung des fliegenden Personals sind die Betreiber der Luftfahrzeuge, in denen dieses Personal beschäftigt wird. Nach § 103 StrlSchV besteht die Verpflichtung zur Ermittlung der kosmischen Strahlenexposition von Personen des fliegenden Personals in Flugzeugen, wenn die zu erwartende effektive Dosis 1 mSv im Kalenderjahr übersteigt. Geht der Verpflichtete davon aus, dass diese Dosis nicht erreicht wird, so hat er dem Luftfahrt-Bundesamt die Einhaltung des Grenzwertes nachzuweisen. Die SSK hat vier verschiedene (alternative) Kriterien empfohlen, die die Einhaltung einer Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr sicherstellen (SSK 2002) und die durch das Luftfahrt-Bundesamt übernommen wurden (LBA 2010):

1. Es wird nur Fluggerät mit einer maximalen Flughöhe von 6 000 m eingesetzt. Bei diesen Flughöhen wird die Dosis von 1 mSv erst bei mehr als 770 Flugstunden erreicht.
2. Die Jahresflugzeit ist auf Flughöhen unter 14 000 m beschränkt, und die Flugzeit beträgt weniger als 100 Stunden auf beliebigen Flugrouten.
3. Auf der Basis der jährlichen Flugzeit, der maximalen Flughöhe und der Flugrouten lässt sich aus dem folgenden Diagramm (Abb. 3) ablesen, ob das Kriterium < 1 mSv im Kalenderjahr erfüllt ist.



Daten: Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Abb. 3: Nachweis der Einhaltung der Dosischwelle von 1 mSv in Abhängigkeit von der Flughöhe und Zeit (SSK 2002).

4. Auf der Basis der zu erwartenden jährlichen Flugzeit, der maximalen Flughöhe und der Flugrouten wird die Dosis mit einem zugelassenen Dosisberechnungsprogramm oder entsprechenden Messverfahren ermittelt. Eine Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr wird dabei nicht erreicht. Der Ermittlungsaufwand dieses Kriteriums entspricht dem der Überwachung des fliegenden Personals insgesamt, da alle Flüge mit den einzelnen Flugdaten berücksichtigt werden müssen.

Der Dosiswert 1 mSv im Kalenderjahr wird für Personal, das nicht aufgrund beruflicher Qualifikation (Langstrecke, Flugzeugtypen) ohnehin als beruflich strahlenexponierte Person geführt wird, als Dosisrichtwert (Dose Constraint) angesehen. Nähert sich ein Mitarbeiter diesem Dosisrichtwert, werden Flugpläne oder die Aufgaben so angepasst, dass die Erreichung des Werts bis zum Ende des Kalenderjahres nicht erfolgen wird. In analoger Weise wird mit dem Dosisgrenzwert 6 mSv im Kalenderjahr verfahren, so dass das Personal nicht als strahlenexponierte Personen der Kategorie A geführt werden muss (EC 2009).

Seit 1. August 2003 ist fliegendes Personal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann, überwachungspflichtig. Gemäß den Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014) wurden im Jahr 2012 als fliegendes Personal 40 401 Personen überwacht. Die Kollektivdosis betrug 78,5 Personen-Sv, die mittlere Jahrespersonendosis 1,94 mSv und die maximale Jahrespersonendosis 6,4 mSv. Die Häufigkeit der Personendosen verteilte sich wie in Tabelle 4 angegeben.

Tab. 4: *Verteilung der effektiven Dosis des fliegenden Personals auf verschiedene Dosisintervalle für das Jahr 2012 auf Grundlage der Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014).*

Dosisbereich	Anteil der Überwachten
bis 1 mSv/a	17,4 %
> 1 mSv/a – 3 mSv/a	67,7 %
> 3 mSv/a - 4 mSv/a	13,8 %
> 4 mSv/a - 5 mSv/a	1,0 %
> 5 mSv/a - 6 mSv/a	0,025 % (10 Personen)
> 6 mSv/a	0,0050 % (2 Personen)

Diese deutliche Unterschreitung des Dosisgrenzwerts 6 mSv im Kalenderjahr für strahlenexponierte Personen der Kategorie B zeigt, dass die Setzung interner Dosisrichtwerte (Dose Constraints) sinnvoll implementiert ist. Gleichzeitig sind Flugrouten bereits nach mehreren Kriterien optimiert, und es erfolgt eine lückenlose Überwachung der Exposition. Die SSK sieht daher keine Notwendigkeit der Einführung weiterer Dosisrichtwerte (Dose Constraints) für das fliegende Personal.

4.2.6.5 Transporte radioaktiver Stoffe

Wesentliche Anforderungen an die Versandstücke und die Beförderung radioaktiver Stoffe sind im Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR 1957) sowie Gefahrgutverordnungen für verschiedene Verkehrsträger festgelegt.

Insgesamt gibt es in Deutschland jährlich mehrere 100 000 Transporte von radioaktiven Stoffen. Die meisten Versandstücke mit radioaktiven Stoffen, die in Wissenschaft, Medizin und Technik angewendet werden, sind sogenannte freigestellte Versandstücke im Sinne der ADR. Für die Beförderung eines radioaktiven Stoffes als „freigestelltes Versandstück“ müssen bestimmte Kriterien erfüllt sein, wie die Unterschreitung maximaler nuklidspezifischer Aktivitäten, die Geeignetheit der Verpackung und die äußere Kontaminationsfreiheit. Außerdem darf die Dosisleistung an keiner Stelle der Außenseite des Versandstücks 5 µSv/h

überschreiten. Da mehrere Versandstücke gleichzeitig befördert werden können, ist zusätzlich die Dosisleistung am Transportmittel begrenzt. Für sonstige – nicht freigestellte – Versandstücke (Typ IP, A, B und C) darf die Dosisleistung an der Oberfläche 2 mSv/h (in Ausnahmefällen mit besonderen Randbedingungen 10 mSv/h) nicht überschreiten.

Nach ADR, Teil 7 Kapitel 7.5.11 (3.3), darf die Dosisleistung unter Routine-Beförderungsbedingungen auf der Außenfläche des Transportmittels an keinem Punkt 2 mSv/h und in einem Abstand von 2 m an keinem Punkt 0,1 mSv/h überschreiten.

Für Personen, die Transporte radioaktiver Stoffe durchführen, ist – abgesehen von Unfällen mit Freisetzung von radioaktiven Stoffen – nur die äußere Exposition relevant. Die äußere Kontamination von transportierten Verpackungen ist so begrenzt, dass bei Einhaltung der festgelegten Höchstwerte keine relevanten Strahlenexpositionen auf diesem Wege zu erwarten sind.

Die nach ADR zulässige Dosisleistung auf der Außenfläche des Fahrzeugs ist so hoch, dass ein Aufenthalt über einige Stunden zu einer Dosis im Bereich von 1 mSv führen könnte. Bei der weit überwiegenden Zahl von Transporten radioaktiver Stoffe werden die zulässigen Dosisleistungen an Transportmitteln aber um Größenordnungen unterschritten. Bei einzelnen Transporten, beispielsweise Transporten von wärmeentwickelnden Abfällen aus Kernkraftwerken, können Dosisleistungen im Bereich der zulässigen Höchstwerte jedoch erreicht werden.

Wichtiges Instrument zum Schutz des Personals ist eine entsprechende Unterweisung über das angemessene Verhalten zur Minimierung der Strahlenexposition. Eine dosimetrische Überwachung erfolgt in der Regel nicht, da die erwarteten Dosen meist unterhalb von 1 mSv im Kalenderjahr liegen und die Personen nicht beruflich strahlenexponierte Personen sind.

Gemäß den Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014) ergab sich für die Jahre 2011 und 2012 hinsichtlich der Ganzkörperdosis bei beruflich strahlenexponierten Personen, die der Betriebskategorie Transport zugeordnet sind, folgendes Bild (Tabelle 5):

Tab. 5: Zusammenstellung von Daten zur effektiven Dosis der beruflich strahlenexponierten Personen in der Betriebskategorie Transport für die Jahre 2011 und 2012 auf Grundlage der Daten des deutschen Strahlenschutzregisters beim Bundesamt für Strahlenschutz (Frasch et al. 2014).

Jahr	Ganzkörperdosis				
	Überwachte Personen	Exponierte Personen, Dosis > 0 mSv	Kollektivdosis [Personen-Sv]	Mittlere Personendosis Überwachte [mSv/a]	Mittlere Personendosis Exponierte [mSv/a]
2011	1 358	158	0,2	0,11	0,96
2012	1 289	132	0,1	0,09	0,89

Für den weit überwiegenden Teil von Personen, die mit der Beförderung von radioaktiven Stoffen befasst sind, sind Dosisrichtwerte (Dose Constraints) zum Strahlenschutz nicht geeignet, da sie als nicht beruflich strahlenexponierte Personen keiner dosimetrischen Überwachung unterliegen. Eine generelle Einführung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints) im Bereich der Beförderung ist daher nach Auffassung der SSK kein geeignetes Optimierungsinstrument des Strahlenschutzes. Der SSK liegen keine Anhaltspunkte dafür vor, dass in Einzelfällen Defizite bestehen, denen durch die Einführung von Dosisrichtwerten (Dose Constraints)

begegnet werden könnte. Die SSK empfiehlt, dass auffällige, vom üblichen Dosisbereich nach oben abweichende Dosiswerte ggf. vom Strahlenschutzverantwortlichen der zuständigen Behörde zu berichten sind. Den Ursachen sollte durch die zuständigen Behörden nachgegangen werden.

5 Literatur

- ADR 1957 Europäisches Übereinkommen vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR, Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route). BGBl. 1969 II S. 1489, 1491; 1979 II S. 1334, 1335; 2007 II S. 1950, 1951
- BMU 2003 Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen (RiPhyKo), Teil 1: Ermittlung der Körperdosis bei äußerer Strahlenexposition (§§ 40, 41, 42 StrlSchV; § 35 RöV) – Durchführung der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung – vom 8. Dezember 2003. GMBL. Nr. 22 vom 19.03.2004 S. 410
- BMU 2005 Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, Änderung, Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen: Teil 2: Die Strahlenschutzmaßnahmen während des Betriebs und der Stilllegung einer Anlage oder Einrichtung - IWRS II vom 17. Januar 2005. GMBL. 2005, Nr. 13, S. 258
- BMU 2007 Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen (RiPhyKo), Teil 2: Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition (Inkorporationsüberwachung) – (§§ 40, 41 und 42 StrlSchV) – vom 12. Januar 2007. GMBL. 2007, S. 623
- BMU 2013 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Interpretationen zu den „Sicherheitsanforderungen an KKW vom 22. November 2012“ (BANz AT 10.12.2013 B4), geändert am 3. März 2015. BANz AT 30.03.2015 B3
- BMU 2014 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Unterrichtung durch die Bundesregierung: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2012. Parlamentsbericht 2012. Drucksache 18/708. 18. Wahlperiode 03.03.2014. urn:nbn:de:0221-2014040311384
- DIN 2005 Deutsches Institut für Normung (DIN). DIN 54113-1 Zerstörungsfreie Prüfung – Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung von Röntgeneinrichtungen bis 1 MV, Teil 1, Ausgabedatum 2005-04
- DIN 2006 Deutsches Institut für Normung (DIN). DIN 54115-1 Zerstörungsfreie Prüfung – Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung umschlossener radioaktiver Stoffe – Teil 1: Ortsfester und ortsveränderlicher Umgang in der Gammadiagnostik, Ausgabedatum 2006-01

EC 2009	European Commission (EC). Evaluation of the implementation of radiation protection measures for aircrew. Final report of contract TREN/06/NUCL/S07.66018. Series Radiation Protection N° 156, Luxembourg, 2009; ISBN 978-92-79-08409-6
ESK 2013	Entsorgungskommission (ESK). ESK-Stresstest für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland. Teil 2: Lager für schwach- und mittelfradioaktive Abfälle, stationäre Einrichtungen zur Konditionierung schwach- und mittelfradioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle. Stellungnahme der ESK, revidierte Fassung vom 18.10.2013
Euratom 2014	Rat der Europäischen Union: Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom, Amtsblatt der Europäischen Union, L 13/1, 17.01.2014
Frasch et al. 2014	Frasch G, Kammerer L, Karofsky R, Mordek E, Schlosser A, Spiesl J. Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2012: Bericht des Strahlenschutzregisters. BfS-SG-22/14, 1. April 2014, urn:nbn:de:0221-2014032711370
Kretschmer 2013	Kretschmer A. Systematische Erfassung der Strahlenexposition bei medizinischem Personal in Röntgeneinrichtungen. Masterarbeit. Technische Universität Kaiserslautern, Fernstudium Medizinische Physik, 2013
KTA 1301.1	KTA 1301.1. Berücksichtigung des Strahlenschutzes der Arbeitskräfte bei Auslegung und Betrieb von Kernkraftwerken – Teil 1: Auslegung, Fassung 2012-11
KTA 1301.2	KTA 1301.2. Berücksichtigung des Strahlenschutzes der Arbeitskräfte bei Auslegung und Betrieb von Kernkraftwerken – Teil 2: Betrieb, Fassung 2008-11
LBA 2010	Luftfahrt-Bundesamt (Referat T 3). Meldungen entsprechend Strahlenschutzverordnung, Rundschreiben vom 24.03.2010 http://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben.pdf?__blob=publicationFile
SSK 2002	Strahlenschutzkommission (SSK). Ermittlung der durch kosmische Strahlung verursachten Strahlenexposition des fliegenden Personals, Vorschlag zur Umsetzung des § 103 StrlSchV. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 182. Sitzung der SSK am 04.-06. Dezember 2002. BAnz Nr. 108a vom 13.06.2003
StrlSchV 2001	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012, BGBl. I S. 212