

Strahlenschutz in der Medizin

AUTOREN

Mike J. Atkinson	Michael Laßmann
Benjamin V. Becker	Friedrich Lissek
Andreas Ernst-Elz	Volker List
Martin Fiebich	Hubert Löcker
Markus Figel	Matthias Port
Juliane Marie Hartz	Christoph Reiners
Guido Hildebrandt	Christian Streffer
Sophie Joost	Stephan Waldeck
Patric Kröpil	

DANK

Die Schriftleitung dankt in erster Linie **Christian Streffer** für die kompetente Zusammenstellung der Beiträge. Ebenso gebührt unser Dank dem FS-Arbeitskreis Medizin (AKMED) für die aktive Mitarbeit, insbesondere **Matthias Port** sowie **Michael Seidenbusch**.

ZUSAMMENFASSUNG

Die menschenverursachte Strahlenexposition resultiert sehr stark aus der Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe in der Medizin. Daher hat der Strahlenschutz hier große Bedeutung. Der Stand der Forschung physikalischer Dosimetrie und biologischer Wirkung wird dargestellt, ebenso der Strahlenschutz in radiologischer Diagnostik, interventioneller Radiologie, Strahlentherapie und Nuklearmedizin. Optimierung, Stellung der arbeitsmedizinischen Überwachung, medizinischer Notfallschutz nach Unfällen und Erfahrungen der amtlichen Messstellen werden beschrieben. Da es für medizinische Strahlenexpositionen keine Dosisgrenzwerte gibt, obliegt dem rechtfertigenden Arzt eine hohe Verantwortung. Es bedarf der Fachkenntnisse auf dem neuesten Wissensstand. Über Aus- und Weiterbildung wird berichtet. Schließlich wird die notwendige Information für Patienten erläutert.

SUMMARY

Radiation Protection in Medicine

The man-made radiation exposure results from the use of ionizing radiation and radionuclides in medicine to great extent. Therefore radiological protection is very significant here. The present state of research for physical dosimetry and of biological effects is presented as well as

Aktueller Kenntnisstand und offene Fragen

Ionisierende Strahlen haben sich in mehr als 100 Jahren zu außerordentlich bewährten Instrumenten für die Diagnostik und Therapie in der Medizin entwickelt. Der zunehmende Einsatz effizienterer Technologien vor allem in Diagnostik und interventioneller Radiologie führt zu steigender Strahlenexposition pro Kopf der Bevölkerung. Infolgedessen ist die öffentliche Aufmerksamkeit für den Strahlenschutz in der Medizin besonders hoch. Der thematische Schwerpunkt dieser StrahlenschutzPRAXIS ist dieser Problematik gewidmet.

Der Erfolg des Einsatzes ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe ebenso wie der Strahlenschutz selbst basieren zunächst auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen der physikalischen Dosimetrie und der Strahlenbiologie. Der aktuelle Kenntnisstand und offene Fragen auf diesen Gebieten sowie der Strahlenschutz in den verschiedenen medizinischen Disziplinen, die ionisierende Strahlen und radioaktive Stoffe für die Diagnostik und Therapie einsetzen, werden dargestellt. Schließlich kommt der Arbeitsmedizin, dem medizinischen Notfallschutz, den Strahlenexpositionen des Personals in den medizinischen Bereichen sowie deren Aus- und Fortbildung eine große Bedeutung zu. Von außerordentlicher Wichtigkeit ist ferner eine intensive Information der Patienten über den Wert und die möglichen Risiken des Einsatzes ionisierender Strahlen bzw. radioaktiver Stoffe bei der Behandlung ihrer individuellen Erkrankung. Alle diese komplexen Situationen werden im Schwerpunkt dieses Heftes behandelt.

radiological protection in radiological diagnostics, interventional radiology, radiotherapy and nuclear medicine. Optimization, the level of medical surveillance, medical emergency service after accidents and the experience with official services for physical dosimetry are described. As no dose limits

have been set for medical exposures, the medical doctor justifying a procedure with ionizing radiation has a high responsibility. He needs special knowledge up-to-date. The special training service is reported. Last but not least the necessary information of patients is discussed.

Basis und Entwicklung der gesetzlichen Regelungen des Strahlenschutzes in der Medizin

Der Bundestag hat mit Zustimmung des Bundesrates am 27. Juni 2017 das „Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung“ beschlossen („Strahlenschutz-Gesetz“, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt am 3. Juli 2017) [1].

Aus dem Inhalt des „Strahlenschutz-Gesetzes“

§ 1 „Anwendungsbereich und Geltungsbereich“

Der § 1 „Anwendungsbereich und Geltungsbereich“ des Gesetzes lautet in Absatz 1: „Dieses Gesetz trifft Regelungen zum Schutz des Menschen und, soweit es um den langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit geht, der Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung insbesondere bei

1. geplanten Expositionssituationen,
2. Notfallexpositionssituationen,
3. bestehenden Expositionssituationen.“

Expositionskategorien

Das Gesetz betrifft also die Regelungen zum Schutz bei Expositionen durch alle ionisierenden Strahlen und radioaktive Stoffe ganz allgemein. Es ersetzt also zusammenfassend die bisher getrennten Grundregeln der Röntgen- und der Strahlenschutz-Verordnung. In dem Gesetz werden folgende Expositionskategorien unterschieden:

1. Exposition der Bevölkerung
2. Berufliche Exposition
3. Medizinische Exposition

Die medizinische Exposition

Die medizinische Exposition trifft zu für Patienten, bei denen ionisierende Strahlen oder radioaktive Stoffe zur Diagnostik oder Therapie ihrer Er-

krankung angewendet werden. In diese Kategorie fallen aber auch Betreuung- und Begleitpersonen der oben genannten Patienten. Ebenso zählen zu dieser Kategorie Freiwillige, bei denen ionisierende Strahlung oder radioaktive Stoffe zum Zweck der medizinischen Forschung eingesetzt werden. Das Strahlenschutz-Gesetz enthält also viele besondere Regelungen, die nur die Anwendung von ionisierenden Strahlen und den Einsatz von radioaktiven Stoffen in der Medizin betreffen. Die medizinischen Anwendungen nehmen insofern eine Sonderstellung ein, da selbst bei sachgerechter Durchführung vieler diagnostischer und insbesondere der therapeutischen Methoden die für den Erfolg notwendigen Strahlenexpositionen den Dosisgrenzwert für Einzelpersonen der Bevölkerung

Sonderstellung der medizinischen Anwendungen

von 1 mSv pro Jahr übertreffen. Eine Rechtfertigung für diese Überschreitung liegt darin begründet, dass bei vielen diagnostischen Verfahren erst bei Strahlendosen > 1 mSv eine effiziente Aussage möglich wird. Ebenso sind bei der interventionellen Radiologie im Allgemeinen längere Durchleuchtungszeiten und damit höhere Strahlendosen notwendig. In der Therapie mit ionisierenden Strahlen sind hohe Dosen unerlässlich, um z. B. einen Krebs zu zerstören. Dabei ist, wenn auch in geringem Umfang, ebenso normales Gewebe betroffen.

Rechtfertigung

Aus ethischer Sicht und damit aus Sicht der Rechtfertigung ergibt sich, dass der individuelle Patient selbst direkt den Nutzen von der angewendeten und beabsichtigten Maßnahme mit ionisierenden Strahlen hat. Eine Risiko-Nutzen-Betrachtung soll stets zugunsten des Nutzens für den Patienten ausfallen. Hier ist also die sachgemäße Fachkunde des Arztes notwendig. Der Arzt muss über das Wissen der Strahlenwirkung unter Beachtung der speziellen Situation des Patienten hinsichtlich der Strahlenempfindlichkeit (Alter, Geschlecht, mögliche genetische Dispositionen und andere spezifische Faktoren) verfügen, damit die rechtfertigende Indikation gestellt werden kann. Häufig wird es wichtig sein, Auskünfte des Medizinphysikexperten zur auftretenden Strahlendosis zu erhalten.

Fachkunde des Arztes notwendig

Wissenschaftliche Grundlagen der gesetzlichen Regelungen

Welche wissenschaftlichen Grundlagen und welche Entwicklungswege führen schließlich zu den gesetzlichen Regelungen des Strahlenschutzes auf staatlicher Ebene?

UNSCEAR

Da ist zunächst eine Kommission der UNO, „United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation“ (UNSCEAR), 1955 gegründet, zu nennen. Die UNO-Vollversammlung hat 27 Staaten als Mitglieder dieser Kommission gewählt. Die Delegationen der Einzelstaaten haben unterschiedlich viele Mitglieder, damit sind alle Fachdisziplinen der Strahlenforschung sowie ihrer Anwendung vertreten. Somit können sorgfältig auf wissenschaftlicher Basis die weltweit publizierten Ergebnisse zur Messung der unterschiedlichsten Arten ionisierender Strahlen und ihrer biologischen Wirkungen beim Menschen

und bei den vielfältigen Organismen in der Umwelt gesichtet sowie ihre Bedeutung beurteilt werden. Dieses führt zu jährlichen Berichten über die

Wirkung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe an die UNO-Vollversammlung. Darüber hinaus werden sehr umfangreiche Berichte erstellt, die jetzt im Internet zugänglich sind.

In diesen sind die wichtigsten relevanten wissenschaftlichen Daten zu Auftreten und Messungen sowie zur Wirkung ionisierender Strahlen einschließlich radioaktiver Stoffe zu finden [2].

ICRP

Diese Berichte von UNSCEAR bilden eine wichtige Grundlage für die Arbeit der „International Commission on Radiological Protection“ (ICRP), die auf dem 2. Internationalen Kongress der Radiologie in Stockholm im Jahr 1928 gegründet worden ist. Die Hauptkommission hat 13 Mitglieder, zugehörig sind 4 Komitees (biologische Effekte, Dosimetrie, Schutz in der Medizin und praktische Anwendung der ICRP-

Empfehlungen) mit Mitgliedern aus ca. 30 Staaten von allen Kontinenten kommend. ICRP ist eine unabhängige, internationale Organisation.

Weltweit gehen alle entscheidenden Regeln und Gesetze des Strahlenschutzes in ihrer Basis auf Empfehlungen der ICRP zurück. Die ICRP hat in den letzten Jahrzehnten jeweils in einem Abstand von etwa 15 Jahren (1977, 1991 und 2007) Basisempfehlungen zum Strahlenschutz abgegeben [3]. Die Empfehlungen 2007 sind im April 2007 im Haus der Technik in Essen beschlossen worden.

Basic Safety Standards

Diese Basisempfehlungen sind 2014 nahezu vollständig von der „International Atomic Energy Agency“ (IAEA), Wien, in die „Basic Safety Standards“ [4] und 2013 von der EU, Brüssel,

als Richtlinie des Strahlenschutzes (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 [5] übernommen worden. Das bereits erwähnte Strahlenschutz-Gesetz basiert auf dieser EU-Richtlinie.

Entwicklungsweg für die gesetzlichen Regelungen des Strahlenschutzes

Es ergibt sich also der in Abbildung 1 dargestellte Entwicklungsweg für die gesetzlichen Regelungen des Strahlenschutzes in den Mitgliedsländern der EU und damit auch in Deutschland.

Die wesentlichen Prinzipien, Regeln, Grenz- und Richtwerte des Strahlenschutzes gehen auf Empfehlungen der ICRP zurück, die mit ihren Komitees und „Task Groups“ in erheblichem Maße wissenschaftliche Arbeit leistet und in nahezu 150 Publikationen Grundsatzempfehlungen, Modelle und Rechenverfahren für die Dosimetrie externer und interner Strahlenexpositionen sowie Daten zur Wirkung ionisierender Strahlen beim Menschen und in der Umwelt veröffentlicht hat. Diese Systematik hat dazu geführt, dass die Regeln des Strahlenschutzes und die Dosisgrenzwerte sowie -richtwerte in allen Staaten der UNO bzw. weltweit weitgehend identisch sind.

In den Basisempfehlungen der ICRP [3] ist wie in dem Gesetz von 2017 ein Kapitel der Expositions-kategorie der medizinischen Exposition von Patienten, Betreuungs- und Begleitpersonen sowie Freiwilligen in der biomedizinischen Forschung gewidmet. Die

dort aufgeführten Empfehlungen sind prinzipiell in die EU-Richtlinie und in das deutsche Strahlenschutzgesetz übernommen worden. Viele Details des neuen Gesetzes sollen jedoch erst durch Rechtsverordnungen, zu deren Erlass die Bundesregierung ermächtigt ist, geregelt werden.

Grundsätze der Rechtfertigung und der Optimierung

Für alle medizinischen Maßnahmen diagnostischer und therapeutischer Art gelten entsprechend ICRP 103 die Grundsätze der Rechtfertigung und der Optimierung [3, 6] sowie für das medi-

zinische Personal die Dosisgrenzwerte und -richtwerte, wie sie an beruflich exponierten Arbeitsplätzen üblich sind. Es gibt jedoch keine Dosisgrenzwerte für die Strahlenexpositionen der Patienten.

Umso bedeutungsvoller ist die Abwägung, ob der Einsatz ionisierender Strahlen oder radioaktiver Stoffe gerechtfertigt ist. Es muss eine „rechtfertigende Indikation“ durch einen Arzt mit der „erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz“ erfolgen.

Ebenso kommt der Optimierung der Strahlenexposition für die einzelnen radiologischen und nuklearmedizinischen Verfahren einer Einrichtung eine wichtige Stellung zu. Für jedes Verfahren und Gerät ist von einem Richtwert („Constraint“) ausgehend die Optimierung unter Einbeziehung eines „Medizinphysikexperten“ vorzunehmen. Bei dem Bestreben, die Strahlendosis niedrig zu halten, sollte jedoch stets beachtet werden, dass die Dosis

Rechtfertigung und Optimierung

Dosis muss hinreichend sein

UNSCEAR-Berichte jetzt im Internet

Empfehlungen der ICRP

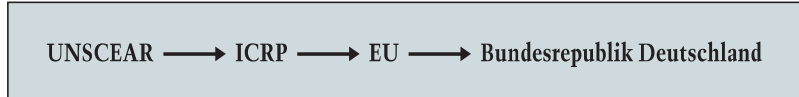


Abb. 1: Entwicklungsweg für die gesetzlichen Regelungen des Strahlenschutzes in den Mitgliedsländern der EU

hinreichend sein muss, um die beabsichtigten diagnostischen Informationen bzw. therapeutischen Erfolge zu erreichen.

Ebenso gibt es für Betreuungs- und Begleitpersonen wie für Freiwillige im Rahmen medizinischer Forschung keine Dosisgrenzwerte.

In ICRP 103 [3] wird für diese Personengruppen ein Richtwert (Dosis „Constraint“) von 5 mSv pro Ereignis empfohlen, von dem ausgehend die Optimierung erfolgen soll. Die EU-Richtlinie fordert, dass die Mitgliedsstaaten Dosisrichtwerte für die Exposition von Betreuungs- und Begleitpersonen festlegen. Analoges gilt für Freiwillige im Rahmen medizinischer Forschung. Im Strahlenschutzgesetz ist vorgesehen, die Details zu dieser Problematik durch eine Rechtsverordnung der Bundesregierung zu regeln.

Medizinische Forschung

Hinsichtlich der medizinischen Forschung ist von besonderer Bedeutung, dass in dem Strahlenschutzgesetz klare zeitliche Fristen angegeben werden, innerhalb derer ein Antrag auf Genehmigung bearbeitet sein muss. Dieses gilt für Forschungsanträge, bei denen radioaktive Stoffe oder ionisierende Strahlung am Menschen angewendet werden sollen. Werden diese Fristen durch die zuständige Behörde nicht eingehalten, so gilt der Antrag als genehmigt [1].

Fazit

Aufgrund des Verzichtes auf Dosisgrenzwerte bei der medizinischen Exposition kommt dem Medizinphysikexperten und vor allem dem Arzt, der die rechtfertigende Indikation zum Einsatz ionisierender Strahlung oder

radioaktiver Stoffe stellt, eine große Verantwortung zu. Der Arzt muss die Fachkunde besitzen, um das mögliche Strahlenrisiko gegenüber dem Nutzen abzuwägen. Dieses gilt im besonderen Maße für Kinder, schwangere Frauen und für Patienten mit einer eventuell erhöhten Strahlenempfindlichkeit.

Vor allem im Dosisbereich von einigen 10 mSv und höher ist es nicht sachgerecht, bei der Risikoabschätzung die effektive Dosis zu betrachten, da die Gewebewichtungsfaktoren gemittelt sind über alle Altersgruppen und beide Geschlechter. Es müssen dann die individuellen Faktoren des betreffenden Patienten und im Allgemeinen die Äquivalentdosen der betroffenen Organe berücksichtigt werden [7, 8].

Christian Streffer

Anzeige



SAPHYMO

NEU!

BCP31 Sonde

- Mit Alarm- und Abstandsanzeige
- Für Beta-Kontamination

SaphyRAD €

- Alpha- und Beta-Kontaminationsmessgerät
- Benutzerfreundlich
- Kompatibel mit Sonden von Saphymo und Drittanbietern

bertin
INSTRUMENTS
WWW.BERTIN-INSTRUMENTS.COM
WWW.SAPHYMO.DE

CNIM Group