

Ethische Aspekte der medizinischen Strahlenanwendung

Medizinische Strahlenanwendungen nehmen im Bereich des Strahlenschutzes eine Sonderstellung ein. Bei ihnen werden Menschen gezielt einer Exposition ausgesetzt, eine Situation, die es ansonsten zu vermeiden gilt. Die dabei auftretenden Dosen sind (jedenfalls im Prinzip) planbar, die Risiken können (wieder im Prinzip) voraussehbar abgeschätzt werden. Sie sind nur zu rechtfertigen aufgrund eines medizinischen Nutzens. Ist dieser nicht gegeben, stellt die Bestrahlung einen Eingriff in die „körperliche Unversehrtheit“ dar (Artikel 2 Grundgesetz), was auch strafrechtlich relevant sein kann. Dies hat der Bundesgerichtshof in einem wegweisenden Urteil am 3.12.1997 bestätigt (NJW 1998). Für Patienten gelten keine Grenzwerte, die tatsächlichen Expositionen unterliegen der Entscheidung des verantwortlichen Arztes, Rechtfertigung und Optimierung haben hier also eine herausragende Bedeutung. Welche Maßnahme durchgeführt wird und unter Einsatz welcher Technik, ist trotz täglicher Routine letztlich auch eine ethisch motivierte Entscheidung.

Bestandsaufnahme

Medizinische Strahlenanwendungen liefern neben natürlichen Umwelteinflüssen den höchsten Beitrag zur Exposition der Bevölkerung durch ionisierende Strahlen. Entgegen der in weiten Kreisen der Öffentlichkeit verbreiteten

Meinung liegen sie um Größenordnungen über den Dosen, die auf technische Anwendungen einschließlich der Kernenergie oder auf die Folgen von Reaktorunfällen zurückgeführt werden können (Abb. 1). Diese Aussage gilt weltweit, wenngleich natürlich erhebliche Schwankungen zwischen Ländern mit unterschiedlichen Gesundheitsstandards bestehen. Auch in Europa variieren nach einer Erhebung der EU für die Jahre 2008 bis 2010 sowohl die

Untersuchungszahlen als auch die Dosiswerte in beachtlichem Umfang (Abb. 2). In Bezug auf die mittlere Zahl von Untersuchungen liegt die Schweiz mit 1,7 pro Einwohner und Jahr an der Spitze, den niedrigsten Wert verzeichnet Dänemark mit 0,58 pro Einwohner und Jahr, d. h., es ergibt sich ein Faktor von nahezu 3 zwischen Maximum und Minimum, obwohl von vergleichbaren Gesundheitssystemen in beiden Ländern ausgegangen werden kann. Deutschland liegt mit knapp 1,5 in der Spitzengruppe. Wichtiger als die Untersuchungsfrequenzen sind jedoch die daraus resultierenden Dosen (Abb. 3), die einen etwas abweichenden Verlauf zeigen: Spitzenreiter ist hier Belgien (knapp 2 mSv/Jahr/Einwohner), gefolgt von Deutschland (1,7 mSv/Jahr/Einwohner). Am unteren Ende der Skala rangieren das Vereinigte Königreich (0,4 mSv/Jahr/Einwohner) und Finnland (0,45 mSv/Jahr/Einwohner). Eine genauere Betrachtung zeigt, dass die Unterschiede vor allem auf unterschiedliche Anteile von CT-Aufnahmen an der Gesamtzahl der Untersuchungen zurückgehen. Sie liegen zwischen 5 % (Finnland) und über 16 % (Dänemark). Die entsprechende Zahl für Deutschland beträgt 9,2 %, was in etwa dem Durchschnittswert der betrachteten Länder (9,4 %) entspricht.

Unterschiedliche Anteile von CT-Aufnahmen

Der etwas andere Kommentar, heute zum Thema: Ethik im Strahlenschutz II

Naiv fragt ein Strahlenschutz-Neuling aus Düren: „Ist's auch ethisch, über Ethik zu diskutieren?“ Da erhält er den dringenden Rat: „Frag so lieber nicht, denn in der Tat kann das nur in ethische Abgründe führen.“

Rupprecht Maushart, Straubenhardt

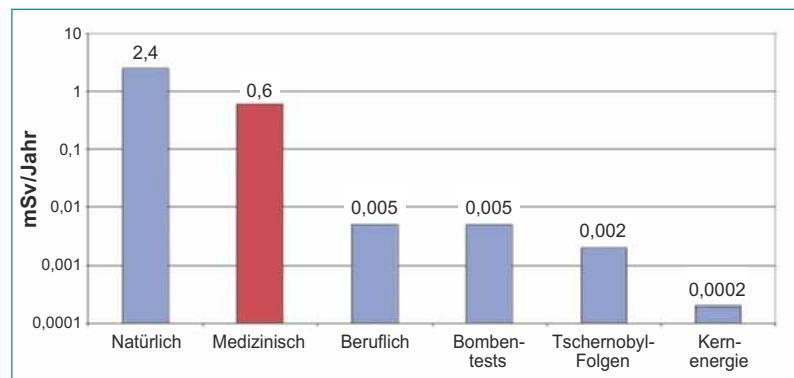


Abb. 1: Pro-Kopf-Exposition der Bevölkerung pro Jahr aus verschiedenen Quellen im weltweiten Durchschnitt; Quelle: UNSCEAR 2008 Report

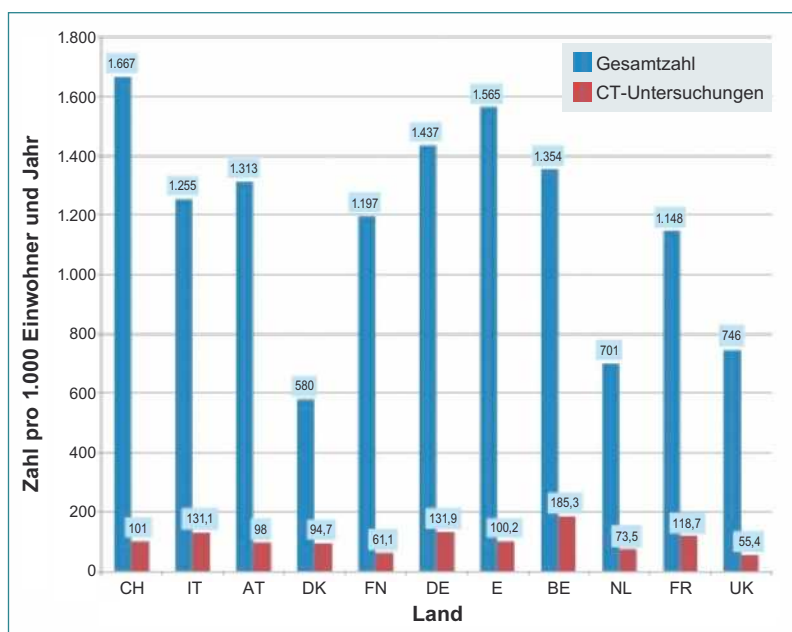


Abb. 2: Untersuchungsfrequenzen in verschiedenen europäischen Ländern; Quelle: DDM2 Project Report on European Population Dose Estimation, EU 2014, <http://ddmed.eu>

Daten für Deutschland

Es lohnt sich, die Daten für Deutschland etwas detaillierter zu betrachten: Die Zahl aller röntgendiagnostischen Maßnahmen sank von ca. 1,8 pro Jahr und Einwohner im Jahr 1996 auf ca. 1,6 im Jahr 2010. Gleichzeitig nahm jedoch die Zahl von CT-Untersuchungen im selben Zeitraum von 0,06 (1996) auf 0,14 pro Jahr und Einwohner (2010) zu, d. h. auf mehr als das Zweifache, was sich auch in der Höhe der mittleren Bevölkerungsdosis niederschlägt (ca. 1,5 mSv/Jahr in 1996, ca. 1,8 mSv/Jahr in 2010). Die Anzahl der installierten CT-Geräte stieg von 1.344 im Jahr 1996 auf 2.500 im Jahr 2009.

Daten weltweit

Die geschilderten Daten reflektieren einen weltweiten Trend, der besonders deutlich in den USA festzustellen ist. Seit der Einführung der CT-Technologie in den 1980er-Jahren hat sich die Zahl der Geräte verzweifacht, die mittlere Bevölkerungsdosis durch medizinische Expositionen stieg von 0,53 mSv/Jahr und Person im Jahr 1980 auf 3 mSv im Jahr 2006 [Mettler et al., 2009].

Die Dosen bei röntgendiagnostischen Untersuchungen variieren je nach betrachtetem Organ und Aufnahmeverfahren (Tab. 1). Generell kann man feststellen, dass sie bei CT-Aufnahmen größenordnungsmäßig zehnmal größer sind als bei der „klassischen“ Radiologie. Angegeben werden in der Regel

Untersuchung	Eff. Dosis (mSv)
Dental	< 0,01
Schädel	0,03–0,06
Thorax	0,02–0,04
LWS	0,6–1,1
Abdomen	0,3–0,7
Magen (Kontrast)	4–8
Angiografie	4–16
CT-Hirn	1,7–2,3
CT-Thorax	4,2–6,7
CT-LWS	4,8–8,7
CT-Abdomen	8,8–16,4

Tab. 1: Effektive Dosen bei verschiedenen Röntgenuntersuchungen. Quelle: BfS, Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2011

„effektive“ Dosen, was zwar den Vergleich mit anderen Expositionen erleichtert, aber eigentlich widersinnig ist, da meist nur ganz bestimmte Organe untersucht werden, sodass für eine Risikoabschätzung die gewichtete Mittelung über den gesamten Körper keinen Sinn macht. Ein eklatantes Bei-

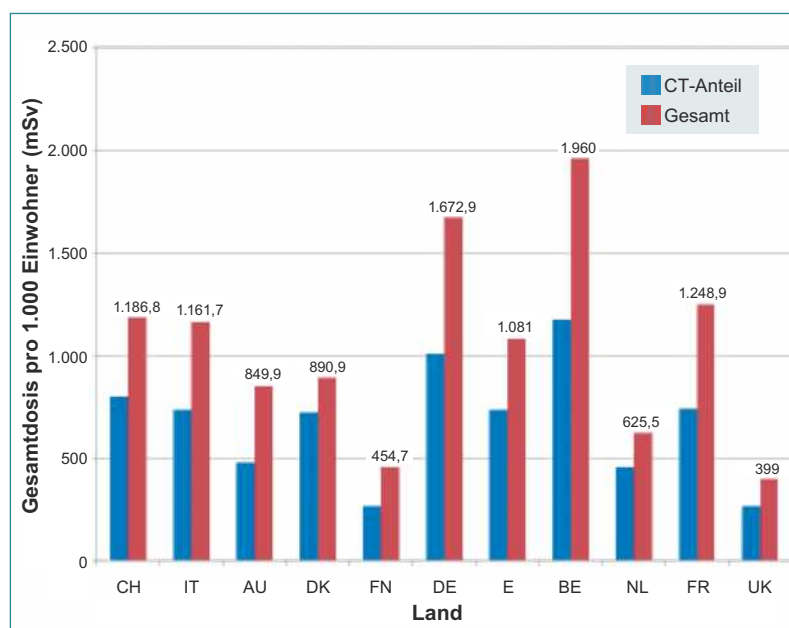


Abb. 3: Dosisanteile von Röntgenuntersuchungen in verschiedenen europäischen Ländern; Quelle: DDM2 Project Report on European Population Dose Estimation, EU 2014, <http://ddmed.eu>

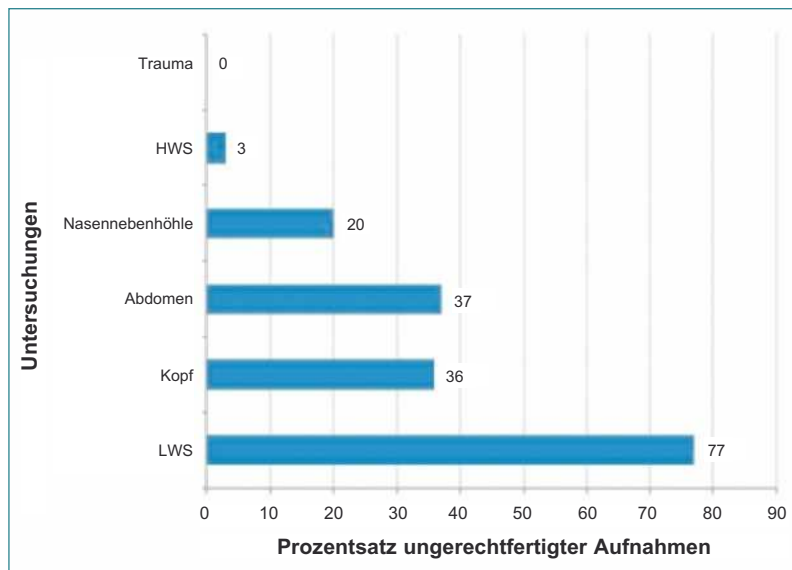


Abb. 4: Prozentsätze ungerechtfertigter Untersuchungen bei verschiedenen Organen bzw., Krankheitszuständen in einem finnischen Krankenhaus, erhoben an 200 Fällen; Quelle: Oikarinen et al.: Unjustified CT examinations in young patients. Eur Radiol. 19, 2009, p. 1161–1165

spiel stellt die Mammografie dar: Eine beidseitige Untersuchung in zwei Ebenen führt zu einer Organdosis von ca. 10 mSv. Die Multiplikation mit dem heute gültigen (absurd niedrigen) Wichtungsfaktor von 0,05 resultiert in einer effektiven Dosis von 0,5 mSv. Nach der demnächst zu erwartenden Anpassung an ICRP 103 (neuer Wichtungsfaktor 0,12) ergibt sich ein Wert von 1,2 mSv, das scheinbare Risiko hat sich also mehr als verdoppelt!

Nutzen und Risiken

Die Problematik medizinischer (diagnostischer) Strahlenanwendungen stellt sich sowohl unter gesamtgesellschaftlichen als auch unter individuellen, den einzelnen Patienten betreffenden, Aspekten. In beiden Fällen sind die gesundheitlichen Risiken gegenüber den positiven Ergebnissen erfolgreicher Diagnosen abzuwägen. Da es sich in der

Regel – mit Ausnahme interventioneller Maßnahmen – um vergleichsweise niedrige Strahlendosen handelt, muss vor allem das Krebsrisiko betrachtet werden. Die Situation ist insofern

problematisch, als die Strahlendiagnostik auf der einen Seite ein wichtiges Hilfsmittel zur frühzeitigen Erkennung von Krebserkrankungen darstellt, auf der anderen Seite aber auch deren Entstehung induzieren kann. Wie gezeigt, sind die Expositionen auf die Gesamtbevölkerung bezogen durchaus beachtlich, sodass die Frage gestellt werden kann, ob durch Strahlendiagnostik nicht mit einem Anstieg von Krebserkrankungen gerechnet werden muss. Die Abschätzung ist alles andere als einfach. Sie muss die Organdosen, spezifische Empfindlichkeiten und vor allem auch die Alters- und Geschlechtsverteilung der Untersuchten berücksichtigen. Eine neuere in den USA unter Berücksichtigung aller dieser Einflussfaktoren durchgeführte Abschätzung kommt zu dem Schluss, dass allein durch CT-Untersuchungen 29.000 neue Krebserkrankungen pro Jahr induziert werden, was ca. 2 % aller Neuerkrankungen entspricht. Interessant an dieser Studie ist auch das Resultat, dass vor allem die mittleren Altersgruppen (35 bis 54 Jahre bei der Untersuchung) betroffen sind, was auf die hier besonders hohe Zahl von Untersuchungen zurückzuführen ist,

an zweiter Stelle folgen Kinder und Jugendliche (unter 18 Jahren) [Berrington de Gonzales et al., 2009].

Rechtfertigung

Die Daten demonstrieren auf eindrucksvolle Weise, dass auch und gerade medizinische Maßnahmen einer eingehenden Rechtfertigung bedürfen. Es besteht kein Zweifel, dass Strahlendiagnostik und Strahlentherapie von großem Nutzen sind und einen wichtigen Anteil an der Erhaltung der menschlichen Gesundheit haben, auch an der Krebsbekämpfung. Diese Feststellung darf jedoch nicht dazu führen, medizinische Maßnahmen ohne eingehende Prüfung im Einzelfall zu veranlassen: Aus diesem Grunde gibt es das Institut der „rechtfertigenden Indikation“, die nur von dem entsprechend vorgebildeten „fachkundigen“ Arzt gestellt werden kann und darf. Ungerechtfertigte Maßnahmen bringen keinen diagnostischen Gewinn, erhöhen für die Betroffenen jedoch das Risiko, einen gesundheitlichen Schaden zu erleiden. Ein solches Vorgehen widerspricht eklatant ethischen Prinzipien. Ungerechtfertigt ist auch eine Computertomografie, wenn dasselbe Ergebnis mit klassischen radiologischen Methoden erreicht werden kann, bei denen die Patientenexposition größenordnungsmäßig um einen Faktor zehn niedriger liegt. Ohne Zweifel ist die Aussagekraft einer CT-Aufnahme wesentlich größer als die eines herkömmlichen Filmes, aber es muss kritisch geprüft werden, ob die höhere Bildqualität eine wesentliche Steigerung des diagnostischen Nutzens erbringt. Das bloße Vorhandensein einer Apparatur rechtfertigt jedenfalls allein in keiner Weise ihre Anwendung. Es gibt keine zuverlässigen Statistiken und nur wenige Daten über ungerechtfertigte Aufnahmen. Eine relativ kleine Erhebung in einem

**Wenige Daten
über un-
gerechtfertigte
Aufnahmen**

**Scheinbares
Risiko mehr
als verdoppelt!**

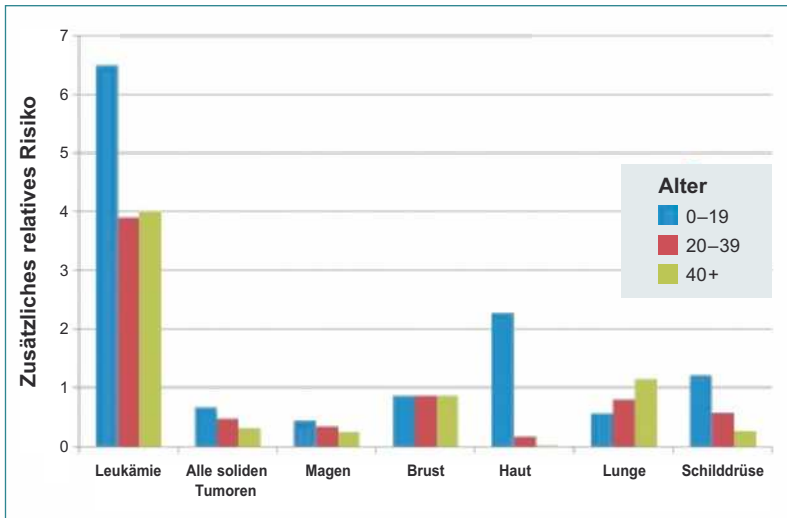


Abb. 5: Strahlenbedingte Risiken von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom Lebensalter bei Exposition; Quelle: UNSCEAR Report 2010

finnischen Krankenhaus ergab den beunruhigenden Befund, dass je nach untersuchtem Organ bis zu 77% der

durchgeführten Röntgenuntersuchungen ungerechtfertigt waren (Abb. 4). Auch wenn es sich hier um ein Einzel-

ergebnis handelt, das nicht verallgemeinert werden darf, muss es jedenfalls zu denken geben.

„Empfindliche Gruppen“

Besonderes Augenmerk muss „empfindlichen Gruppen“ gelten, wobei an erster Stelle Kinder und Jugendliche zu nennen sind. Abb. 5 zeigt, dass bei vielen Krebsarten (einschl. Leukämie) das strahlenbedingte Risiko umso höher ist, je früher im Leben die Exposition stattgefunden hat. Dies gilt besonders für die blutbildenden Organe, die Haut und die Schilddrüse. Je jünger die Patienten sind, desto strenger ist also die Indikation zu stellen. Dass diese Vorsicht nicht unbegründet ist, zeigt eine neuere Studie aus England, in welcher über einen signifikanten Anstieg von Leukämie und auch Hirntumoren nach mehrfacher CT-Unter-

Anzeige

Ein System erfüllt alle Anforderungen

MIRA Envinet

Die innovative Lösung zur Online Radioaktivitäts-Überwachung

Anwendungen:

- Landesweite Messnetze
- Kernkraftwerksfernüberwachung
- Zivil- und Katastrophenschutz
- Ringmess-Systeme um kerntechnische Anlagen
- Anlagenüberwachung

Hauptmerkmale:

- Robuste Einkomponentenlösung
- Redundante Datenkommunikation (LAN, GPRS und Funk)
- Autarker Solar- und Batteriebetrieb
- Drahtlose Serviceschnittstelle
- Integrierter Regensensor oder Erweiterter Solarbetrieb
- Multiparameter Wettersonde
- Datenspeicherung über die gesamte Lebensdauer

www.envinet.com
Envinet GmbH

Integrierter Regensensor und Solarzelle

Funk-Kommunikation

Erweiterter Solarbetrieb

Wettersonde

suchung berichtet wird [Pearce et al., 2012].

Die Fürsorge für Kinder erstreckt sich auch auf das Ungeborene. Strahlenmaßnahmen bei Schwangeren müssen also besonders sorgfältig abgewogen werden. Bei umfangreichen geplanten Röntgenuntersuchungen sollte, falls es der Zustand der Patientin erlaubt, eine Schwangerschaft sicher ausgeschlossen werden. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die empfindlichste Periode für strahlenbedingte Fehlentwicklungen in der 2. bis zur 6. Woche der Schwangerschaft liegt, einem Zeitraum also, in dem vielen Frauen ihre Schwangerschaft noch nicht bekannt ist.

Die rechtfertigende Indikation ist also bei Kindern und Jugendlichen sowie bei Schwangeren sehr sorgfältig und unter Anlagen strenger Maßstäbe zu stellen. Bei älteren Patienten, bei denen das strahlenbedingte Tumorriskor gering ist, steht meist die Zuverlässigkeit der Diagnose im Mittelpunkt. Es ist dann im Einzelfall abzuwägen, ob zu ihrer Absicherung Wiederholungsaufnahmen angezeigt sind. Diese Überlegungen erhalten ein besonderes Gewicht bei lebensrettenden interventionellen Maßnahmen, z. B. bei akuten Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Strahlendiagnostik als Vorsorge?

Die Effektivität der Strahlendiagnostik bei der Krebsfrüherkennung motiviert

„Graues Screening“

viele Menschen zu „Vorsorgeuntersuchungen“. Sie erwarten vom Radiologen eine Aufnahme, obwohl keine klinische Indikation besteht, und eine klare diagnostische Aussage. Auch im Rahmen sogenannter „Managerchecks“ werden häufig CT-Untersuchungen angeboten (manchmal mit der salvatorischen Klausel „bei Vorliegen einer medizinischen Indikation“). Der Verdacht, dass hier auch geschäftliche Interessen mitspielen, lässt sich

nicht ganz ausräumen. Vorsorgeuntersuchungen ohne klare Indikation widersprechen der Röntgenverordnung und bedürfen einer speziellen gesetzlichen Regelung, wie sie in Deutschland nur für die Mammografie besteht. Dennoch ist davon auszugehen, dass sogenanntes „graues Screening“ nach wie vor praktiziert wird. Hier liegt ein nicht unerhebliches Gefahrenpotenzial, nicht nur aus strahlenhygienischen Gründen, sondern vor allem auch wegen möglicher Fehldiagnosen. Die Befundung erfordert eine umfangreiche Erfahrung (bei dem „Mammografie-Screening“ ist sie gesetzlich fixiert), von der in „normalen“ Praxen nicht unbedingt ausgegangen werden kann.

Optimierung

In der Strahlendiagnostik ist „Optimierung“ nicht ohne Weiteres mit der Minimierung der Patientendosis gleichzusetzen. Das oberste Ziel bleibt ein aussagekräftiges Bild, das eine zuverlässige Diagnose erlaubt. Eine Unterdosierung aus Strahlenschutzgründen auf Kosten der Abbildungsqualität ist im Sinne des ALARA-Prinzips („as low as **reasonably** possible“) nicht „reasonable“, sondern „nonsense“. Notwendige (und auch gesetzlich vorgeschriebene) Voraussetzung ist, dass mit Geräten nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik gearbeitet wird.

Notfallsituationen

Die Verordnungen sehen mit gutem Grund vor, dass Anordnung und Befundung strahlendiagnostischer Untersuchungen nur dem speziell geschulten fachkundigen Arzt vorbehalten sind. In manchen kleineren Häusern ist die Zahl dieser Spezialisten zu gering, um ihre Beteiligung rund um die Uhr sicherzustellen, sodass vor allem nachts und an Wochenenden häufig jüngere Ärztinnen oder Ärzte eingesetzt werden, welche keine Fachkunde besitzen. Sie können in ernsthafte

Gewissenskonflikte gestürzt werden, wenn z. B. bei Traumapatienten ihnen ihre ärztliche Erfahrung sagt, dass eine Röntgenaufnahme als Grundlage für eine weitere Behandlung erforderlich ist, sie diese aber wegen der fehlenden Fachkunde nicht anordnen dürfen. Die Einführung der „Teletherapie“ (§ 3 (4), Röntgenverordnung) hat glücklicherweise einen Ausweg aus diesem Dilemma gewiesen.

Strahlentherapie

Zu den medizinischen Strahlenanwendungen gehört natürlich auch die Strahlentherapie, deren zahlenmäßige Bedeutung zwar geringer ist, der aber nach wie vor eine große (und noch steigende) Bedeutung zukommt, vor allem in der Krebstherapie. Es wird abgeschätzt, dass im Jahr 2011 über 300.000 Personen (das sind mehr als die Hälfte aller Krebspatienten) in Deutschland sich einer Strahlentherapie unterzogen haben, oft auch in Kombination mit chirurgischen oder chemotherapeutischen Behandlungen. Mehr und mehr Beachtung erlangt auch die Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen (ca. 11 % aller Fälle), so z. B. bei schmerzhaften Entzündungen oder auch Arthrose. Auch auf dem Gebiet der Strahlentherapie hat es in den letzten Jahren erhebliche technische Fortschritte gegeben, welche zu einer Verbesserung der Behandlungserfolge und einer Reduzierung unvermeidlicher Nebenwirkungen geführt haben. Dazu gehören die „intensitätsmodulierte“ (IMRT) und die „bildgeführte“ (IGRT) Strahlentherapie sowie die Verwendung von Protonen und Kohlenstoff-Ionen, wobei die Letzteren nur in speziellen Zentren zur Verfügung stehen.

Die Erfolge der Tumorstrahlentherapie sind unbestreitbar, bei gutartigen Erkrankungen ist die Lage weniger klar, da zuverlässige Studien bisher prak-

Bei Kindern größte Zurückhaltung

tisch fehlen. In diesem Fall ergibt sich ein erhöhter Beratungsbedarf, denn obwohl die verabreichten Dosen erheblich niedriger sind als bei der Tumorthherapie, liegen sie jedoch deutlich höher als bei diagnostischen Maßnahmen, sind also auch mit einem größeren Risiko verbunden. Bei Kindern und Jugendlichen ist also größte Zurückhaltung angezeigt.

Die Strahlentherapie führt zu einer erheblichen Belastung des Organismus und kann mit beträchtlichen, auch akuten, Nebenwirkungen verbunden sein. Es ist daher ein Gebot der ärztlichen Ethik, diejenigen Verfahren anzuwenden, bei denen die Gesundheitsschäden so gering wie möglich gehalten werden können. Falls dieses aus technischen Gründen in der konsultierten Klinik nicht möglich ist, so muss eine Überweisung an ein entsprechend eingerichtetes anderes Haus erfolgen.

Aufklärung

Alle medizinischen Strahlenanwendungen bedürfen der eingehenden und kompetenten Aufklärung durch den fachkundigen Arzt, dies umso mehr, als besonders in Deutschland oft eine schon mythische Strahlenangst festzustellen ist. Ihr kann nur durch sachliche Information begegnet werden, eine Bagatellisierung

der Risiken, wie sie leider immer noch manchmal vorkommt, ist kontraproduktiv und zerstört das Vertrauensverhältnis zwischen Patient und Arzt. Die Realisierung dieser Forderung setzt allerdings auch voraus, dass der Mediziner über die aktuellen Erkenntnisse der Risikoabschätzung informiert ist. Mit dem praktischen Aussterben strahlenbiologischer Lehrstühle in den medizinischen Fachbereichen ist hier eine empfindliche Lücke entstanden, die auch durch Fortbildungskurse nur schwer zu schließen ist.

Resümee

Jedes ärztliche Handeln unterliegt ethischen Grundsätzen, folgend dem hippokratischen Eid „Ich werde ärztliche Verordnungen treffen zum Nutzen der Kranken nach meiner Fähigkeit und meinem Urteil, hüten aber werde ich mich davor, sie zum Schaden und in unrechter Weise anzuwenden“. Während die Verantwortung bei schwerwiegenden Eingriffen oder problembehafteten Therapien offensichtlich ist, besteht die Gefahr, dass sie bei strahlendiagnostischen Maßnahmen unterbewertet wird. Es handelt sich „nur“ um eine Diagnose, das mögliche Risiko für den Patienten ist nicht offensichtlich und liegt in der u.U. recht fernen Zukunft. Die Versuchung, auch wirtschaftliche Überlegungen einfließen zu lassen, ist nicht zu unterschätzen, da die verwendeten Apparaturen in Anschaffung und Wartung erhebliche Mittel binden und manchmal von kaufmännischer Seite Druck aufgebaut wird. Ethische Verantwortung heißt, nur das Wohl des Patienten zu sehen.

Im Besonderen ist daher zu fordern:

1. bei der rechtfertigenden Indikation strenge Maßstäbe anzulegen, vor allem bei Kindern und Jugendlichen,
2. eingehend zu prüfen, ob die Verwendung dosisintensiver Methoden, z. B. CT, medizinisch wirklich notwendig ist,
3. die Patienten umfassend aufzuklären und auf eventuelle Ängste vor einer Strahlenanwendung ausführlich einzugehen,
4. im Falle einer Strahlentherapie dafür zu sorgen, dass die besten verfügbaren Techniken eingesetzt werden, auch wenn sie im eigenen Hause nicht angeboten werden können.

Jürgen Kiefer □

Anzeige

Strahlenschutzkurse im technischen Bereich in Jülich

Frühjahr 2015

Grundkurs - Modul GG 390,-
18. – 19.03.

Grundkurs - Modul GH 475,-
23. – 25.03.
15. – 17.06.

Spezialkurs § 15
Modul FA 260,-
(Module GG oder GH Voraussetzung)
20.03.

Umschlossene Stoffe
Modul UH 380,-
(Modul GH Voraussetzung)
18. – 19.06.

Offene Stoffe
Modul OG 380,-
(Modul GH Voraussetzung)
26. – 27.03.

Modul OH 690,-
(Modul GH Voraussetzung)
22. – 25.06.

Modul K 260,-
(Modul OH Voraussetzung)
26.06.

Aktualisierungskurse
Module AR, AU 210,-
16.03. und 01.06.

Modul AFA 50,-
(Module AR, AU Voraussetzung)
16.03. und 01.06.

Modul AO 130,-
(Module AR, AU Voraussetzung)
16.03. und 01.06.

Modul AB 160,-
(Module AR, AU, AO Voraussetzung)
17.03. und 02.06.

Röntgenkurse

Modul RM (R3) 230,-
20.04.

Module RG+Z1 (R2.2) 560,-
20. – 22.04.

Module RH+Z3 (R2.1) 920,-
08. – 11.06.

Aktualisierungskurse RÖV
Module ARG + ARA (6h) 230,-
12.03.

Modul ARG (4h) 155,-
13.03.

Laserschutzkurs 500,-
09. – 10.03.

Kursstätte für Strahlenschutz an der FH Aachen, Campus Jülich

Heinrich-Mußmann-Str. 1
52428 Jülich

Tel.: 0241 / 6009-53116
weiterbildung@fh-aachen.de

Mitglied im Qualitätsverbund (QSK)

Aussterben strahlenbiologischer Lehrstühle