

Röntgenuntersuchungen bei Kindern und Jugendlichen

Aus der Arbeit der Fachkommission „Qualitätssicherung nach Röntgenverordnung“

Die Ärztliche Stelle mit der Fachkommission „Qualitätssicherung nach Röntgenverordnung“ überprüft in regelmäßigen Abständen (ca. alle zwei Jahre) die 1.400 Strahler in 500 Röntgeneinrichtungen Sachsens. Dabei wird die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich der ärztlichen und aufnahmetechnischen Qualitätsanforderungen bei Röntgenuntersuchungen am Menschen kontrolliert.

Erfreulicherweise ist die Anzahl der Beanstandungen, insbesondere aber die Zahl der gravierenden Mängel, seit der Einrichtung der Ärztlichen Stelle 1992 kontinuierlich zurückgegangen.

Wir müssen jedoch immer wieder Unsicherheiten bei der Durchführung von konventionellen Röntgen- und CT-Untersuchungen im Kindes- und Jugendalter feststellen. Insbesondere betrifft das die Anwendung der Zusatzfilterung bei Skelett- und Körperstammaufnahmen, vorzugsweise in den Fachgebieten Chirurgie und Orthopädie sowie die Durchführung von Dosisreduktionsprogrammen bei CT-Untersuchungen. Dies zum Anlass nehmend, soll nachfolgend die Problematik etwas näher beleuchtet werden.

Die Qualitätskriterien für alle röntgendiagnostischen Untersuchungen sind in der „Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik“ und in der „Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Computertomographie“ festgelegt. Die Leitlinien wurden letztmalig gemäß Beschluss des Vorstandes der Bundesärztekammer vom 23. 11. 2007 unter Mitwirkung aller Fachgebiete aktualisiert. In der Leitlinie für konventionelle Röntgenaufnahmen sind im Teil A die prinzipiellen ärztlichen

und aufnahmetechnischen Qualitätsanforderungen beschrieben und im Teil B für jede einzelne Aufnahmesituation detailliert festgelegt. Außerdem werden im Teil A, Punkt 3., die besonderen Qualitätsanforderungen bei Neugeborenen, Säuglingen, Kindern und Jugendlichen zusammengefasst.

Auszug aus den Leitlinien vom 23. November 2007 (konventionelle Röntgenuntersuchungen):

„3. Besondere aufnahmetechnische und ärztliche Qualitätsanforderungen bei Neugeborenen, Säuglingen, Kindern und Jugendlichen

(1) Die Fragestellungen in diesen Lebensaltern sind in vielen Fällen bedingt durch altersspezifische Erkrankungen völlig andere als bei erwachsenen Patienten. Durch eine genaue Anpassung der Untersuchungsbedingungen in Planung und Durchführung kann die Strahlenexposition des Patienten erheblich reduziert werden. Außerdem bestehen in den einzelnen Lebensaltern besondere Untersuchungs- und Abbildungsbedingungen, die bei der Qualitätssicherung berücksichtigt werden müssen.

(2) Allgemein gültige, organspezifische Qualitätskriterien können in diesen Altersgruppen nicht für alle Fälle berücksichtigt werden. Vielmehr ist für den Einzelfall eine individuelle Überprüfung der Planungs-, Durchführungs- und Bildqualität in Bezug auf die jeweilige Fragestellung erforderlich.

(3) Im Katalog diagnostischer Qualitätskriterien, aufnahmetechnischer Hinweise und physikalischer Größen des Bilderzeugungssystems werden die für Neugeborene, Säuglinge und Kinder geltenden Kriterien als pädiatrische Besonderheiten aufgeführt. Diese sind bei allen Röntgenuntersuchungen dieser Altersgruppe zu berücksichtigen. Sie modifizieren die für die Untersuchung erwachsener Patienten gültigen Kriterien oder sind zusätzlich zu beachten. (Alterseinteilung s. Tabelle)

(4) Bei Aufnahmen am Körperstamm

von Säuglingen, Kleinkindern und Kindern müssen Generatoren, die die Einstellung einer kürzesten Schaltzeit von ≤ 5 ms erlauben, und Film-Folien-Systeme einer Empfindlichkeitsklasse von ≥ 400 bzw. bei digitalen Systemen mit einer Bildempfängerdosis $\leq 5 \mu\text{Gy}$ – bezogen auf die jeweils geforderte Aufnahmespannung – eingesetzt werden. Eine zusätzliche Filterung von mindestens 0,1 mm Cu-Äquivalent muss in den Strahlengang eingebracht werden (Anlage I SV-RL). Über die Anforderung der SV-RL hinaus wird empfohlen, wegen des großen Anteils an rotem Knochenmark in den langen Röhrenknochen, auch für diese Bereiche eine Zusatzfilterung zu verwenden. Die Schaltzeiten sollten aufgezeichnet werden. Darüber hinaus müssen bei allen röntgendiagnostischen Untersuchungen am Körperstamm, inklusive intraoperativer Durchleuchtung, die Einfalldosis bzw. -dosisleistung und/oder das Flächendosisprodukt aufgezeichnet werden (siehe RöV § 16 Abs. 1 „Diagnostische Referenzwerte“). Das Dosisflächenprodukt-Messgerät (DIN EN 60580) muss Werte für pädiatrische Untersuchungen in einem Bereich von $(1,0 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^4) \mu\text{Gy} \times \text{m}^2$ anzeigen können.

(5) Bei Kindern sollte auf den Einsatz von Streustrahlenrastern möglichst verzichtet werden. Sie sind erst bei Objektdurchmessern größer als 12 – 15 cm erforderlich und einzusetzen. Für Schwingraster ist ein Schachtverhältnis von $r=8$, bei Festrastern mit $r=15 - 17$ einzusetzen. Das Raster sollte an Aufnahme- und Durchleuchtungsgeräten für Kinder auf einfache Weise entfernt werden können.

(6) Auf exakte Einblendung des Nutzstrahlungsfeldes mit erkennbaren Feldgrenzen und Bleiabdeckung der angrenzenden Körperstammabschnitte und der Gonaden ist besonders zu achten.

(7) Für eine ausreichende Immobilisation und korrekte Projektion ist Sorge zu tragen. Bei nicht kooperierenden Kindern sollte das Halten durch Eltern, Pflege- oder

	Bezeichnung	Austragungszeit/Alter	Gewicht (kg)	Körperdurchmesser cm (pa/ap)	Dosis μGy Extr.	Dosis μGy Körperstamm	Zusatz-Filter (mm Cu) 1 mm Al + mindest. 0,1 mm Cu	Raster
1	Frühgeborenes	< 28 Wochen	< 1	< 4	≤ 10	≤ 5 (2,5)	0,1	nein
2	Neugeborenes	0 – 28 Tage	< 5	< 6	≤ 10	≤ 5 (2,5)	0,1	nein
3	Säugling	1-12 Monate	< 10	< 8	≤ 10	≤ 5 (2,5)	0,1	nein
4	Kind < 8 Jahre	1-8 J.	< 20	< 10	≤ 10	≤ 5 (2,5)	0,1	nein
5	Kind > 8 Jahre	9 -12 J.	< 25	< 12	≤ 10	≤ 5 (2,5)	0,1	nein
6	Jugendlicher	13-18 J.	> 25	> 12	≤ 10	≤ 5 (2,5)	0,1-0,2	möglich, r8 bzw. r17 bei Fest-raster

Assistenzpersonal nur als Ausnahme und bei besonderen Fragestellungen und unter Verwendung von Strahlenschutzmitteln erfolgen.

(8) Bei Neugeborenen/Säuglingen kann bei Anwendung gepulster Durchleuchtung und Anwendung positiver Kontrastmittel mit Bildspeicherung (möglichst ohne Bildintegration) auf zusätzliche Aufnahmen verzichtet werden.“

Zur Erinnerung seien an dieser Stelle die relevanten Dosisbegriffe nochmals erläutert.

■ **Energiedosis:**

Die Energiedosis ist die auf die Körpermasse bezogene absorbierte Strahlenenergie.

Sie kann im Körper nicht direkt

gemessen werden, sondern stellt eine berechnete Größe aus Dosismetrie und Körpermasse dar. Die Maßeinheit ist Gray (Gy) [$\text{J} \times \text{kg}^{-1}$], früher Rad (rad).

■ **Äquivalentdosis:**

Die Äquivalentdosis bezieht einen gewebespezifischen Bewertungsfaktor des Organs, einschließlich der Verteilung der Strahlung im Gewebe, ein:

Äquivalentdosis = Energiedosis \times Bewertungsfaktor.

Die Maßeinheit wird in Sievert angegeben (Sv), früher Rem (rem). Sie stellt ein Maß der relativen biologischen Wirksamkeit von Strahlenenergien dar.

Gebräuchlich sind auch die Bezeichnungen effektive Äquivalentdosis oder Effektivdosis.

■ **Einfalldosis:**

Die Einfalldosis ist die Primärstrahlung, gemessen am Ort des Eintritts der Strahlung in den Patienten. Sie ist kleiner als die Oberflächendosis, da sie die Streustrahlung aus dem Objekt selbst nicht berücksichtigt.

■ **Flächendosisprodukt:**

Das Flächendosisprodukt ist das Produkt aus der Dosis im Nutzstrahlenbündel einer Röntgenröhre und der Querschnittsfläche. Die Maßeinheit ist $\text{Gy} \times \text{m}^2$. In der Praxis erfolgen die Angaben meist in $\text{cby} \times \text{cm}^2$ bzw. μGym^2 .

Die Erfassung des Flächendosisproduktes ist aussagefähiger als die Ermittlung der Einfalldosis, da die variablen Daten wie Röhrenspannung, Röhrenstreustärke,

Filterung und Untersuchungszeit auf die Oberfläche bezogen werden.

Es wird fokusnah mit festinstallierten Messgeräten ermittelt, deren Einsatz seit Ende 2007 gesetzlich vorgeschrieben ist.

■ Diagnostische Referenzwerte:

Die Angaben von diagnostischen Referenzwerten für alle konventionellen Untersuchungen, CT und auch für pädiatrische Untersuchungen sind nach der Röntgenverordnung vom 30.04.2003 (§16 Abs. 1) Pflicht.

Auszug: Diagnostische Referenzwerte für pädiatrische Untersuchungen

Auszug aus den Leitlinien vom 23. November 2007 (Computertomographie):

„3.3 Ärztliche Qualitätsanforderungen bei Neugeborenen, Säuglingen, Kindern und Jugendlichen

Die Computertomographie sollte bei pädiatrischen Patienten nur dann eingesetzt werden, wenn andere Schnittbildverfahren, wie die Sonographie oder Magnetresonanztomographie, nicht zielführend sind. Vor Beginn der CT muss in jedem Einzelfall geklärt sein, ob ein Nativ-Scan ausreicht oder ob eine Kontrastmittel unterstützte Untersuchung allein oder zusätzlich durchgeführt wird. Ferner sollte bei nicht kooperierenden Patienten (bis zum 8. Lebensjahr) klar sein, ob eine Sedierung ausreicht oder sogar mit einem in der Kinderanästhesie erfahrenen Kollegin/ Kollegen eine Intubationsnarkose mit Atemstillstand durchgeführt werden muss. Unabhängig davon sollte auch immer bei scheinbar kooperativen Patienten im Alter zwischen 5 und 10 Jahren oder bei Patienten mit mentaler Retardierung eine ausreichende Immobilisation vorgenommen werden. Eine genaue Erklärung des Untersuchungsablaufs für die kleinen pädiatrischen Patienten und deren Begleitpersonen ist wesentlich für das Gelingen der Untersuchung und eine hohe Ergebnisqualität. Intravenöse KM-Injektionen sollten über stammnahe Venen der oberen

Untersuchungsart	Alter	Dosis-Flächen-Produkt [cGy x cm ²]
Thorax ap/pa *	Frühgeborene (ca. 1000 g)	0,3
	Neugeborene (ca. 3000 g)	0,8
	10 ± 2 Monate	2
	5 ± 2 Jahre	3
Thorax lateral	10 ± 2 Jahre	4
	5 ± 2 Jahre	7
	10 ± 2 Jahre	8
Abdomen ap/pa *	10 ± 2 Monate	25
	5 ± 2 Jahre	50
	10 ± 2 Jahre	60
Becken ap *	5 ± 2 Jahre	25
	10 ± 2 Jahre	30
Schädel ap *	10 ± 2 Monate	30
	5 ± 2 Jahre	40
Schädel lateral	10 ± 2 Monate	30
	5 ± 2 Jahre	30
Miktions-Cysto-Urographie **	Neugeborene (ca. 3000 g)	60
	10 ± 2 Monate	90
	5 ± 2 Jahre	120
	10 ± 2 Jahre	240

* ap: anterior-posterior pa: posterior-anterior

** Bei Verwendung moderner Geräte mit gepulster Durchleuchtung und einem Zusatzfilter von 0,1 mm Kupfer sind deutlich niedrigere Werte erreichbar und anzustreben

Extremität mit ausreichender Kanülengröße (mindesten 22g, besser 20g), welche ein Flowrate von ≥2,0 ml/s erlauben, durchgeführt werden. KM-Menge, Flowrate und Delay müssen bei Mehrschichtgeräten an die wesentlich kürzeren Kreislaufzeiten pädiatrischer Patienten angepasst werden.

Auf exakte Lagerung des Patienten oder von Körperabschnitten ist zu achten (Kopflagerung außerhalb der Gantry beim Scanvorgang bei Untersuchungen der oberen Extremität). Entfernen aller Artefakt produzierender Gegenstände am Patienten, z.B. Ohringe, Zahnspangen, Druckköpfe von „Babybodys“ oder untersuchungstechnischer Gegenstände, z.B. Elektrodenkabel, KM-gefüllte Katheter etc. aus der Gantry und über die ganze Länge des zu scannenden Körperabschnitts.

Das Übersichtsradiogramm zur Scanplanung sollte mit ausreichender Scanlänge (nicht zu lang, aber auch nicht zu kurz!) mit dem geringsten Röhrenstrom und der niedrigsten Röhrenspannung angefertigt werden.

Wenn immer möglich, sollten unmittelbar benachbarte strahlenempfindliche Organe, z.B. Augenlinsen bei einem CCT, nicht direkt bestrahlt werden. Bei Spiralscans ist die Verlängerung des Scanbereichs („Over-ranging“) mit einzurechnen, insbesondere bei Mehrschichtgeräten mit 16 und mehr gleichzeitig erfassten Schichten. Fehlende Kippmöglichkeit der Gantry mancher Geräte beim CCT ist zu berücksichtigen, was durch leichte Kopfbeugung kompensiert werden kann.

Wahl der Scanparameter in Abhängigkeit von Körpergewicht (im Rumpfbereich) bzw. Lebensalter (im Kopfbereich) vornehmen, z.B. Reduzierung des mAs-Produkts, ausgehend von den optimierten Erwachseneneneinstellungen, proportional zu „Körpergewicht (in kg) + 5“. Pitcheinstellungen <1 vermeiden (außer bei Mehrschichtgeräten mit sog. „z-Filterung“). Bei KM-unterstützten Untersuchungen, insbesondere zur Darstellung sehr kleiner Gefäßdurchmesser, die niedrigstmögliche Schichtdickeinstellung verwenden. Mehrfachspiralen bzw. Spätskans sollten unbedingt unterlassen wer-

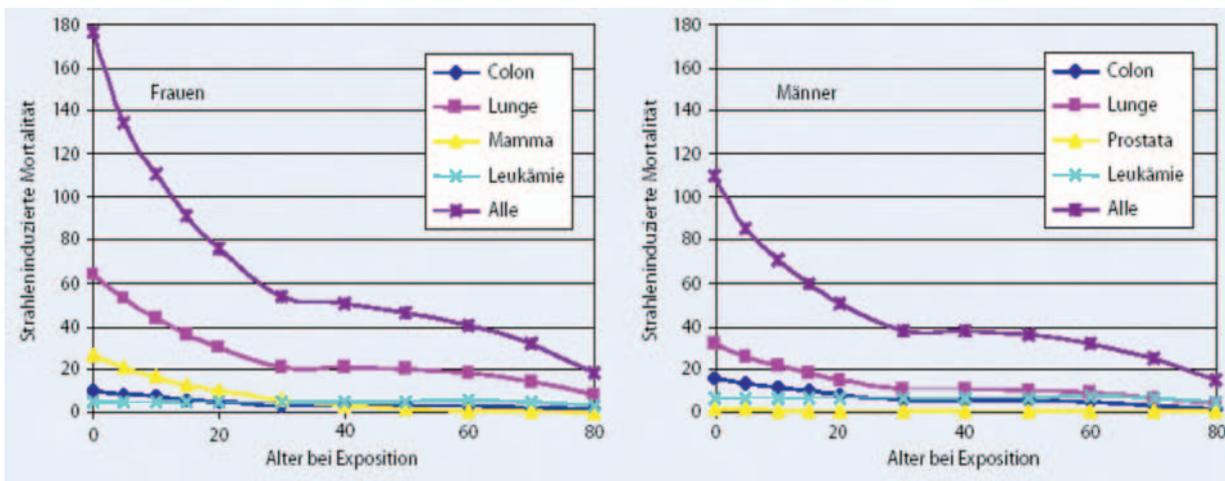


Abbildung 1: Geschätztes Risiko, im Laufe des Lebens an einem strahleninduzierten Malignom zu versterben, angegeben für eine Dosis von 10 mGy (Organdosis) bzw. 10 mSv (Effektivdosis) und 100.000 exponierte Personen.

den. Eine Eingrenzung des untersuchten Körpervolumens, z.B. Leber und nicht ganzes Abdomen, ist vorzunehmen, wenn es ausschließlich um die Leber geht.

Anpassung der Fensterung an die in den verschiedenen Lebensalter unterschiedliche Dichte parenchymatöser Organe. Diese ist sehr stark altersabhängig. So muss man z.B. die Lungen von Säuglingen und Kleinkindern mit deutlich engerer Fensterweite beurteilen als die Erwachsener“.

Im Teil B der Leitlinie Computertomographie sind für alle Untersuchungen spezifische pädiatrische Besonderheiten für Säuglinge und Kinder aufgelistet.

Diskussion

Für die konventionelle Röntgendiagnostik ergibt sich folgendes Problem: Aus der tabellarischen Übersicht (Tabelle Leitlinie Röntgendiagnostik) ist die zwingende Notwendigkeit des Einsatzes eines Zusatzfilters (1 mm Aluminium + mindestens 0,1 mm Kupfer) für alle Neugeborenen, Säuglinge, Kinder und Jugendliche bis zum 18. Lebensjahr ersichtlich. Im Absatz 3 (3) wird allerdings eingeschränkt, dass die Besonderheiten der diagnostischen Qualitätskriterien und aufnahmetechnischen Hinweise für Neugeborene, Säuglinge und Kinder als pädiatrische Besonderheiten in Teil B gekennzeichnet sind. Hier fehlt die eindeutige Zuordnung der Jugendlichen von 13 bis 18 Jahren unter diese Bestimmung.

Ausnahmen von den pädiatrischen Besonderheiten sind nur bei Aufnahmen des peripheren Skeletts (Hand, Finger, Fußwurzel, Vorfuß und Zehen) bei entsprechender Bleiabdeckung der unmittelbar anschließenden Abschnitte des Körperstamms und wegen der blutbildenden Organe auch der langen Röhrenknochen zulässig.

In der Leitlinie für CT-Diagnostik werden gesonderte Aufnahmeprotokolle für Säuglinge und Kinder bis 5 Jahre gefordert.

In den anderen Abschnitten der Leitlinien gibt es keine weiteren Aussagen, ob Jugendliche zwischen 13 und 18 Jahren im konventionellen Röntgen und Kinder ab 6 Jahren bis 18 Jahren in der CT-Diagnostik strahlenschutztechnisch als Kinder oder als Erwachsene zu betrachten sind. Eine Beurteilung nach biologischem Reifegrad ist im Einzelfall subjektiv und nicht verallgemeinerungsfähig. Die juristische Definition kennt nur die Kriterien der Straffähigkeit im Jugendrecht bis zum vollendeten 18. Lebensjahr. Es steht somit die Frage, ob es sich um eine Gesetzeslücke handelt oder ob der Gesetzgeber bewusst eine Unschärfe und damit einen individuellen Spielraum zulässt.

Wie soll man sich also in der Praxis rechtssicher verhalten?

Der Leitgedanke aller Vorschriften im Strahlenschutz ist, dass alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, um die individuelle und gesamtgesellschaft-

liche Strahlenbelastung zu reduzieren. Die Risiken der Strahlenbelastung sind hinlänglich bekannt und wissenschaftlich untersucht. So zeigen beispielsweise Untersuchungen nach dem Atombombenabwurf in Hiroshima, dass junge Menschen ein deutlich höheres Strahlenrisiko hinsichtlich einer Malignomentstehung bei Exposition zwischen 5 und 150 mSv (mittlere Dosis 40 mSv) haben als ältere Menschen. Bezogen auf eine Organdosis geht man von einem Malignomrisiko ab einer Belastung von ca. 10 mSv aus.

Die Strahlenabsorption ist im menschlichen Körper geschlechtsspezifisch und altersabhängig. So hat ein weiblicher Säugling bei gleichen konventionellen Aufnahmebedingungen eine um mindestens den Faktor 3,5 höhere Effektivdosis als ein Erwach-

	Relative Effektivdosis für gleiche Exposition (CTDI _{vol})		Relatives Risiko für die gleiche Effektivdosis E	
	Weiblich [%]	Männlich [%]	Weiblich [%]	Männlich [%]
Erwachsene (30 Jahre)	100	76	100	70
Kind (7 Jahre)	200	167	230	147
Säugling (8 Wochen)	356	300	327	200

„Bei gleichem CTDI_{vol} ist z. B. die effektive Dosis bei einem 8-wöchigen männlichen Säugling 3-mal so hoch wie bei einer 30-jährigen Frau und das relative Risiko bei gleicher Effektivdosis doppelt so hoch. Damit ergibt sich das 6-fache Risiko, sofern der CTDI_{vol} nicht an die Größe des Kindes angepasst wird. Für einen weiblichen Säugling ist das Risiko relativ zu einem 30-jährigen Mann mehr als 20-mal so hoch.“

sener. Die strahleninduzierte Mortalität, also das Risiko an einem strahleninduzierten Malignom zu versterben, ist bei einer Exposition bis zum 30. Lebensjahr besonders hoch und wird im BEIR VII Report, Abbildung, eindrucksvoll dargestellt.

In einer neueren Arbeit von Prokop, veröffentlicht in „Der Radiologe“ 3/2008, ist der Zusammenhang zwischen Effektivdosis und Expositionsparametern in der CT-Diagnostik zwischen Erwachsenen und Säuglingen beispielhaft kommentiert.

In nachfolgender Tabelle aus der gleichen Arbeit ist der Zusammenhang zwischen CT-Untersuchungsprotokollen bei Erwachsenen im Vergleich zu dosisoptimierten Protokollen angeführt.

Es ist ersichtlich, dass der CTDI_{vol} als Maß für eine Strahlenbelastung abhängig von der Untersuchungsregion bis um das 4-fache reduziert werden kann.

In Deutschland liegt die durchschnittliche Strahlenexposition eines Menschen bei 2,1 mSv pro Jahr, der medizinische Anteil beträgt dabei ca. 1,8 mSv, wobei mehr als 50 % der medizinischen Gesamtdosis der

Bevölkerung auf CT-Untersuchungen entfallen, die zahlenmäßig lediglich 6 % aller Röntgenuntersuchungen ausmachen.

Es ist nur konsequent, dass die rechtfertigende Indikation für CT-Untersuchungen, insbesondere im Kindes- und Jugendalter, streng und von einem in der CT-Diagnostik fachkundigen Radiologen nach Ausschöpfen aller anderen diagnostischen, nicht strahlenintensiven Möglichkeiten gestellt wird.

Die Dosis bei einer konventionellen Röntgenuntersuchung liegt im Vergleich zur Strahlenbelastung im CT sehr niedrig. So beträgt die Effektivdosis bei einer konventionellen Beckenübersicht 0,62 mSv, einer BWS-Aufnahme a.p. bei 0,44 mSv, einem Thorax p.a. bei 0,02 mSv und bei einer Knieaufnahme a.p. bei 0,015 mSv. Man sollte jedoch daraus nicht schlussfolgern, dass eine einzelne konventionelle Röntgenuntersuchung vernachlässigbar ist. Sicherlich ist die einzelne Dosis im Vergleich zur Gesamtdosis gering, dennoch kann es durch Mehrfachuntersuchungen und über mehrere Lebensjahre bzw. Jahrzehnte summiert, relativ rasch zu einer effektiven Gesamtdosis von 10 mSv kommen und somit im Risikobereich für

Malignomentstehung liegen (nicht stochastische Strahlenwirkung). Unabhängig von der Dosis verbleiben die stochastischen (zufälligen) Genstörungen.

Es bleibt nur eine Schlussfolgerung übrig – Jugendliche sollten strahlenschutztechnisch wie Kinder untersucht werden. Im Einzelfall muss jedoch geprüft werden, ob die durch den Einsatz des Zusatzfilters bei konventionellen Aufnahmen oder die Anwendung von Dosisreduktionsprogrammen in der CT-Diagnostik die etwas verschlechterte Bildqualität den ärztlichen Anforderungen an die Qualität (charakteristische Bildmerkmale, wichtige Bilddetails und kritische Strukturen) gerecht wird. In den meisten Fällen wird das so sein. Ein abweichendes Vorgehen ist im Einzelfall möglich und muss in der rechtfertigenden Indikation für jede Untersuchung dokumentiert werden. Die Überprüfung der rechtfertigenden Indikation ist seit 2007 Bestandteil des Prüfungsverfahrens der Ärztlichen Stelle.

Auch in der Altersgruppe von 18 bis 30 Jahren ist aufgrund des statistisch höheren Malignomrisikos besonders sorgfältig bei der Indikationsstellung vorzugehen, ohne dabei in eine Art „Strahlenhysterie“ verfallen zu müssen.

Abschließend ist noch auf einen weiteren, für den Strahlenschutz wichtigen Punkt 6. der Leitlinie „Konventionelle Röntgendiagnostik“ hinzuweisen.

Die mangelhafte Einblendung des Nutzstrahlenfeldes ist ein Kritikpunkt der Ärztlichen Stelle bei der Bewertung der eingereichten Aufnahmen und stellt derzeit den häufigsten Mangel dar. Es ist offensichtlich nicht allen Anwendern klar, dass durch diese einfache Maßnahme eine erhebliche Reduktion der Strahlenbelastung erreicht werden kann und dass die Bildqualität sich damit verbessern lässt. Problematisch ist in diesem Zusammenhang die von den Herstellerfirmen angebotene automatische Formateinblendung auf die manuell eingestellten Blenden. Diese Funktion ist aus der Sicht der Ärztlichen Stelle nicht zu empfehlen, da nach der Leitlinie der Einblendungs-

CT-Untersuchung	Referenzwerte		Dosisoptimiert		E [mSv]	Konversionsfaktor E/DLP [mSv/mGy × cm]
	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy × cm]	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy × cm]		
Hirnschädel	60	1050	54	845	1,9	0,0023
Thorax	22	650	6,6	208	3,7	0,018
Pulmonale CTA	22	650	5,8	167	3,2	0,019
Abdomen	24	1500	8,4	390	6,6	0,017
Leber arteriell	25	770	8,6	186	3,0	0,016
Abdomen portal	24	1500	8,1	374	6,4	0,017

„Durchschnittswerte für GE, Philips, Siemens, Toshiba an 16-Zeilen-Scannern [35]. Man beachte, dass mit Ausnahme des Hirnschädels die Referenzwerte inzwischen deutlich unterschritten werden können. Für die Effektivdosis sind die Mittelwerte zwischen Männern und Frauen angegeben. CTDI_{vol} Volumen-CT-Dosisindex, DLP Dosislängenprodukt, E Effektivdosis, CTA CT-Angiographie.“

rand allseitig sichtbar sein muss. Bei einer automatischen Einblendung lässt sich nicht der manuell eingestellte Blendrahmen vom automatischen Einblendungsrand trennen. Besonders problematisch ist die Tatsache, dass durch die vorhandenen PAC-Systeme ein Röntgenbild „nachgeblendet“ werden kann und somit die vorgeschriebene Einblendung vorgetäuscht wird. Dieses Verhalten wird von der Ärztlichen Stelle als gravierender Fehler im Strahlenschutz bewertet.

Fazit:

- Strahlenschutz und Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Reduktion der Strahlenbelastung der Gesamtbevölkerung sind Leitgedanke aller gesetzlichen Vorschriften. Die Besonderheiten im Kindes- und Jugendalter machen es unumgänglich, dass für diese Altersgruppen neben dem Einsatz der üblichen Strahlenschutzmittel zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind. So ist grundsätzlich der Gebrauch von Zusatzfiltern bis zum 18. Lebensjahr bei konventionellen Aufnahmen zu fordern.
- Ausnahmen bilden unter definierten Bedingungen die Untersuchung des peripheren Skeletts bei Abdeckung des Körperstammes bzw. der angrenzenden langen Röhrenknochen.
- Abweichendes Vorgehen ist in begründeten Ausnahmefällen möglich, muss jedoch in der rechtfertigenden Indikation eindeutig dokumentiert werden.
- Exakte Einblendung ist Strahlenschutz und gesteigerte Bildqualität zugleich. Der Einblendungsrand sollte allseitig auf dem Röntgenbild erkennbar sein
- Bei CT-Untersuchungen im Säuglings-, Kinder- und Jugendalter sind bei vorliegender rechtfertigender Indikation, die von einem in der CT-Diagnostik fachkundigen Arzt gestellt wird, dosisoptimierte Programme anzuwenden.

Dr. med. Volkmar Hänig
Vorsitzender der Fachkommission
Qualitätssicherung Röntgendiagnostik