Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei der diagnostischen Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen

Empfehlung der Strahlenschutzkommission
und wissenschaftliche Begründung

Verabschiedet in der 297. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 13./14. Dezember 2018

Inhalt

1 Einleitung 3

2 Empfehlungen 3

3 Fachliche Grundlagen, vorliegende Empfehlungen und gesetzliche Regelungen 6

4 Begründung zur Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei häufiger durchgeführten CT-Untersuchungsarten 8

4.1 CT-Untersuchung des Hirnschädels (CCT) 8

4.2 CT-Untersuchung der Nasennebenhöhlen (NNH) und des Gesichtsschädels 9

4.3 CT-Unterschung des Thorax und der Brustwirbelsäule 9

4.4 CT-Untersuchung des Beckens/Abdomens 10

5 Begründung zur Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei häufiger durchgeführten Projektionsaufnahmearten 10

5.1 Röntgenaufnahme des Kopfes 10

5.2 Röntgenaufnahme des Thorax 11

5.3 Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule 11

5.4 Röntgenaufnahmen des Beckens und des Hüftgelenks 11

5.5 Röntgenaufnahme des Abdomens 12

5.6 Röntgenaufnahme der Extremitäten 12

5.7 Röntgenaufnahme der Schulter oder der Clavicula 12

5.8 Mammographie 12

5.9 Röntgenaufnahmen in der Zahnmedizin 12

6 Literatur 13

1 Einleitung

Der mit Abstand größte Teil der zivilisatorischen Strahlenexposition der deutschen Bevölkerung wird durch Untersuchungen mittels Röntgenstrahlung verursacht. Eine Reduktion der Strahlenexposition des Patienten, insbesondere außerhalb der zu untersuchenden Körperbereiche, kann unter anderem durch den sachgerechten Einsatz von Patienten-Strahlenschutzmitteln erreicht werden.

Andererseits kann der übermäßige Einsatz wenig effizienter Schutzmittel oder die falsche Anwendung von Schutzmitteln die Akzeptanz sowohl bei dem an der Anwendung beteiligten medizinischen Personal als auch bei den Patienten verringern und somit einem optimalen Strahlenschutz entgegenwirken.

Daher hat das Bundesumweltministerium in einer Beratungsanfrage an die Strahlenschutzkommission (SSK) darum gebeten, eine Empfehlung zu erarbeiten, welche Patienten-Strahlenschutzmittel aus ihrer Sicht für die verschiedenen Verfahren, die in der Röntgendiagnostik Anwendung finden, eingesetzt werden sollten. Dabei sollte der Maßstab für den sinnvollen Einsatz sein, ob es unter Berücksichtigung des Standes der Technik mit angemessenem Aufwand möglich ist, die Strahlenexposition zu reduzieren. Insbesondere sollten in der Empfehlung die Besonderheiten der verschiedenen Untersuchungstechniken unter Einsatz von Röntgenstrahlung (wie z. B. Computertomographie, zahnmedizinische Verfahren, radiologische Interventionen), die Untersuchung verschiedener Körperteile sowie die besonderen Schutzerfordernisse bestimmter Patientengruppen (etwa Personen unter 18 Jahren oder schwangere Frauen) einbezogen werden. Bei der Bewertung der Patienten-Strahlenschutzmittel soll auch der jeweilige Aufwand bei der Verwendung berücksichtigt werden.

Zur Dosisreduktion bei der Anwendung von Röntgenstrahlung im Rahmen der bildgestützten Strahlentherapie ist die Empfehlung der SSK zu strahlenhygienischen Anforderungen an bildgeführte Strahlentherapie (image guided radiotherapie, IGRT) (SSK 2010) zu berücksichtigen.

2 Empfehlungen

Die Strahlenschutzkommission empfiehlt

- den Einsatz von Patienten-Strahlenschutzmitteln gemäß Tabelle 1,
- bei der Fluoroskopie keine Patienten-Strahlenschutzmittel im Strahlengang anzuwenden,
- die Anwendung der Patienten-Strahlenschutzmittel vor Ort und im Rahmen der Arbeitsanweisungen mit einem Medizinphysik-Experten abzuklären, um nach Möglichkeit die Durchführung des Verfahrens so zu optimieren, dass gegebenenfalls auf die Anwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln verzichtet werden kann,
- insbesondere bei dosisintensiven radiologischen und kardiologischen Interventionen Patienten-Strahlenschutzmittel einzusetzen. In den Erläuterungen zu den einzelnen Untersuchungsverfahren finden sich Hinweise zur Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln, die auf die Interventionen übertragen werden können. In jedem Fall ist auch hier eine Optimierung der Strahlenexposition während der Durchführung der Untersuchung wichtig und notwendig,

- falls der Patient dies ausdrücklich wünscht, darüber hinaus bei allen Untersuchungen Patienten-Strahlenschutzmittel anzuwenden, aber nur sofern dies nicht mit Nachteilen für die Untersuchung verbunden und klinisch praktikabel ist,
- bei Personen unter 18 Jahren und bei Schwangeren das höhere Risiko, das mit einer Strahlenexposition verbunden ist, zu berücksichtigen, z. B. durch die Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln zur Abdeckung des Abdomens bei der CT-Untersuchung des Thorax,
- bei CT-Untersuchungen bei Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln, die im Untersuchungsbereich oder in seiner unmittelbaren Nähe liegen, die Empfehlungen der jeweiligen CT-Hersteller zu beachten.

Tab. 1: Anwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei verschiedenen Untersuchungsarten und die erzielbare Dosisreduktion.[1]

Untersuchungsart	**Patienten-Strahlenschutzmittel**	**Mögliche Dosisreduktion (Organ-Äquivalentdosis)**
Computertomographie		
CT Hirnschädel (CCT [a)])	Augenlinsenschutz, wenn die Augen im direkten Strahlenfeld liegen Schilddrüsenschutz Brustschutz (Abdeckung der Brust bei Patientinnen)	Augenlinse: ca. 20 mSv (Bulla et al. 2012, Keil et al. 2008) Schilddrüse: ca. 0,5 mSv (Beaconsfield et al. 1998, Ngaile et al.2008) Brust: ca. 0,15 mSv (Beaconsfield et al. 1998, Ngaile et al. 2008)
CT NNH [b)]/ Gesichtsschädel CBCT [c)] NNH	Schilddrüsenschutz Augenlinsenschutz, wenn die Augen im direkten Strahlenfeld liegen	Schilddrüse: ca. 0,6 mSv (Goren et al. 2013) Augenlinse: ca. 20 mSv
CT Thorax	Schilddrüsenschutz (nicht bei pädiatrischen Untersuchungen) Bleiabdeckung um das Abdomen bei Schwangeren	Schilddrüse: ca. 2,5 mSv (Buchgeister et al. 2012) Uterus: ca. 0,02 mSv (Danova et al. 2010, Iball und Brettle 2011)
CT Becken/Abdomen	Mann: Hodenkapsel, wenn Artefakte nicht störend sind	Gonaden: ca. 1 mSv (Price et al. 1999, Hohl et al. 2005, Hidajat et al. 1996, Dauer et al. 2007) im direkten Strahlenfeld >1 mSv (Price et al. 1999, Hohl et al. 2005, Hidajat et al. 1996, Dauer et al. 2007)
CBCT Zahnmedizin	Kein Schutz notwendig	Schilddrüse: <0,02 mSv (Rottke et al. 2013a, Rottke et al. 2013b)
Projektionsaufnahmen		
Kopf	Kein Schutz notwendig	Schilddrüse: ca. 0,01 mSv (Berechnung mit XL-Dose mit Angaben aus (Drexler et al 1993))
Schulter	Kein Schutz notwendig	keine verlässlichen Daten verfügbar

[1] Da die Dosisreduktion stark vom Untersuchungsgerät, der Untersuchungstechnik und der Situation abhängt, sollte vor Ort die Anwendung der Strahlenschutzmittel mit einem Medizinphysik-Experten abgeklärt werden.

Untersuchungsart	**Patienten-Strahlenschutzmittel**	**Mögliche Dosisreduktion (Organ-Äquivalentdosis)**
Thorax a.p./p.a. [d] und seitlich	Kein Schutz notwendig	Testes: ca. 0,0002 mSv (Roth et al. 2001, Njeh et al. 1996) Ovarien: ca. 0,00002 mSv (Roth et al. 2001, Njeh et al. 1996)
Brust- und Lendenwirbelsäule	Kein Schutz notwendig	keine verlässlichen Daten verfügbar
Becken und Hüftgelenk	Mann: Hodenkapsel, möglichst nur, wenn Artefakte nicht störend sind Frau: Ovarialabdeckung, wenn möglich bei Kindern	Testes: im Direktstrahl ca. 0,8 mSv, sonst ca. 0,08 mSv Ovarien: ca. 0,150 mSv (Doolan 2004, Franzen 2004, ICRP 2013, Liu et al. 2008, Clancy et al. 2010)
Abdomen	Kein Schutz notwendig	Brust: ca. 0,08 mSv (Mekis et al. 2013, Liu et al. 2008) Testes: ca. 0,08 mSv (Roth et al. 2001, Njeh et al. 1996)
Extremitäten	Kein Schutz notwendig	keine verlässlichen Daten verfügbar
Mammographie	Kein Schutz notwendig	Schilddrüse: ca. 0,001 mSv (Sechopoulos und Hendrick 2013, Sechopoulos 2008) Kontralaterale Brust: ca. 0,02 mSv (Sechopoulis 2008)
Zahnmedizin	Kein Schutz notwendig	Schilddrüse: < 0,01 mSv (Rottke et al. 013a, Rottke et al. 2013b)

a) craniale Computertomographie (CCT)
b) Nasennebenhöhlen (NNH)
c) cone beam computed tomography (CBCT)
d) anterior posterior (a.p.) / posterior anterior (p.a.)

3 Fachliche Grundlagen, vorliegende Empfehlungen und gesetzliche Regelungen

Im Strahlenschutz wird gefordert, dass die durch eine Röntgenuntersuchung bedingte Strahlenexposition soweit einzuschränken ist, wie dies mit den Erfordernissen der medizinischen Wissenschaft vereinbar ist. Insbesondere sind Körperbereiche, die bei der vorgesehenen Anwendung von Röntgenstrahlung nicht von der Nutzstrahlung getroffen werden müssen, vor einer Strahlenexposition so weit wie möglich zu schützen. Dies kann durch eine sinnvolle Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln deutlich unterstützt werden. Dabei kann neben der Abdeckung strahlenempfindlicher Organe im Primärstrahlengang auch die Abdeckung angrenzender Areale zum Schutz vor Störstrahlung (Streustrahlung und extrafokale Strahlung) sinnvoll sein.

Neben einer guten Lagerung, die auch die Wahl der Patienten-Strahlenschutzmittel beeinflussen kann, einer Fixierung nicht kooperierender Patienten und der Einstellung ist eine korrekte objekt- und fragestellungsbezogene Einblendung in der Projektionsradiographie von überragender Bedeutung. Dies ist besonders bei Kindern (Kinder gemäß dieser Empfehlung sind Personen unter 18 Jahre mit altersentsprechendem Gewicht) zu beachten, da der prozentuale Feldgrößenzuwachs umso höher ist, je kleiner das Ausgangsformat ist, also insbesondere in der neonatalen Radiologie. Die Einblendung muss auf dem Bild erkennbar sein. Eine zusätzliche Bleiabdeckung (z. B. Gonadenschutzschürzen, Bleigummimatten oder Strahlenschutzschürzen) der an den Rand des Strahlenfeldes angrenzenden Abschnitte des Körperstamms ist vor allem bei Kindern und jüngeren Patienten wichtig. Bei männlichen Patienten müssen nach erfolgtem Descensus testis bei allen Röntgenuntersuchungen einschließlich Computertomographie des Abdomens, des Harntrakts, des Magen-Darm-Traktes sowie des Beckens und der Lendenwirbelsäule umschließende Hodenkapseln angewandt werden, sofern sie nicht zu störenden Artefakten oder Überdeckung der Belichtungsmesskammer führen (siehe auch Leitlinie der BÄK 2007).

Bei weiblichen Personen ist bei Untersuchungen, bei denen die Ovarien im Strahlengang liegen, die Anwendung eines Ovarienschutzes grundsätzlich zu fordern, soweit hierdurch der Informationsgehalt der Untersuchung nicht wesentlich eingeschränkt wird oder die Wahrscheinlichkeit von Wiederholungsaufnahmen nicht deutlich erhöht wird. Bei Patientinnen soll – wenn immer möglich – bei Aufnahmen des Thoraxbereiches und des Abdomens in Linksseitenlage wegen des strahlungssensiblen Mammagewebes der dorsoventrale Strahlengang gewählt werden (BÄK 2007).

Für die Pädiatrie gilt, dass auf exakte Einblendung des Nutzstrahlungsfeldes mit erkennbaren Feldgrenzen und Bleiabdeckung der angrenzenden Körperstammabschnitte und der Gonaden besonders zu achten ist (BÄK 2007).

Bei Schwangeren ist das für das ungeborene Kind mit einer Strahlenexposition verbundene Risiko zu berücksichtigen, z. B. durch die Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei der CT-Untersuchung des Thorax, da hier die Uterusdosis der Schwangeren als Körperdosis des ungeborenen Kindes angenommen wird.

Bei der Anwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln ist die Patientenposition (z. B. stehend oder liegend) zu berücksichtigen.

Einige Computertomographen verwenden das Übersichtsradiogramm (je nach Hersteller des CT-Systems unterschiedlich bezeichnet, z. B. Scout, Topogramm, Scanogramm), um die Schwächung durch den Patienten zu ermitteln und darüber eine Steuerung des Röhrenstroms vorzunehmen. Bei einem Übersichtsradiogramm mit Patienten-Strahlenschutzmittel im relevanten Bereich kann dies bei einigen Geräten zu höheren Röhrenströmen und damit verbundenen höheren Expositionen führen. Je nach CT-Gerät ist gegebenenfalls das Anlegen des Patienten-Strahlenschutzmittels erst nach der Planung der Untersuchung mittels Übersichtsradiogramm sinnvoll, wobei hier u. U. eine Änderung der Position des Patienten auf der Liege in Kauf genommen werden muss. Hieraus resultierende Nachteile müssen gegenüber dem Nutzen durch das Anlegen des Patienten-Strahlenschutzmittels abgewogen werden.

Bei der Computertomographie kann es in Abhängigkeit vom verwendeten Gerät sinnvoll sein, das Topogramm in a. p.-Richtung nach Möglichkeit zu vermeiden, um die strahlenempfindlichen Organe (Augenlinse, Schilddrüse, Mamma) einer geringeren Strahlendosis auszusetzen (SSK 2011).

Bei interventionellen Untersuchungen ist vorab zu prüfen, ob die Patienten-Strahlenschutzmittel im Strahlengang liegen und dadurch infolge einer automatischen Dosisleistungsregelung

eine Dosiserhöhung des Patienten verursachen könnten. Somit ist die Positionierung von Patienten-Strahlenschutzmitteln im Strahlengang zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zumindest die automatische Dosisleistungsregelung auszuschalten.

Für die Anforderungen an Patienten-Strahlenschutzmittel finden sich Hinweise in den Normen. So müssen qualifizierte Patienten-Strahlenschutzmittel den Anforderungen nach DIN EN 61331-1:2016-09 (Bestimmung von Schwächungseigenschaften von Materialien) und DIN EN 61331-3:2016-09 (Schutzkleidung, Augenschutz und Abschirmungen für Patienten) genügen. In den vorgenannten Normen wird der Einsatz von bleireduzierter oder bleifreier Schutzkleidung berücksichtigt. Bleifreie Strahlenschutzmittel werden in vier Schutzklassen eingeteilt, deren Schutzwirkung Bleigummikleidung von 0,25 mm bis 1,0 mm entspricht. Falls nichts anderes vermerkt ist, gelten diese für 60 kV bis 150 kV. Bei Gonadenschürzen, anzusehen als Abdeckung außerhalb des Nutzstrahlfeldes, ist ein Bleigleichwert von mindestens 0,5 mm und bei Hodenkapseln/Ovarienschutz, anzusehen als Abdeckung im Nutzstrahlfeld, ist ein Bleigleichwert von mindestens 1 mm gefordert.

Zurzeit sind nicht alle Bleiabdeckungen in der am besten geeigneten Form vorhanden (z. B. Bleidecken mit 120 cm x 30 cm mit 0,5 mm Bleigleichwert bei CT-Untersuchungen als Rundumschutz am Scanbereich angrenzender Areale). Die Hersteller werden aufgefordert, solche Bleiabdeckungen zur Verfügung zu stellen.

Neben der Schutzwirkung der Patienten-Strahlenschutzmittel ist zu berücksichtigen, wie deren Anwendung im Workflow zu berücksichtigen ist, und welche hygienischen Anforderungen dabei zu beachten sind.

Es obliegt den Strahlenschutzverantwortlichen/Strahlenschutzbeauftragten, den fachkundigen Ärzten und den technisch anwendenden Personen, die Dosis für den Patienten so niedrig wie möglich zu halten. Da die Dosisreduktion stark vom Untersuchungsgerät, der Untersuchungstechnik und der Situation abhängt, sollte vor Ort die Anwendung der Patienten-Strahlenschutzmittel mit einem Medizinphysik-Experten abgestimmt werden.

4 Begründung zur Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei häufiger durchgeführten CT-Untersuchungsarten

4.1 CT-Untersuchung des Hirnschädels (CCT)

Die CT-Untersuchung des Hirnschädels ist in den meisten Kliniken/Praxen die am häufigsten durchgeführte Schnittbilddiagnostik und geht, verglichen mit CT-Untersuchung anderer Körperabschnitte, mit den höchsten lokalen Dosen einher. Durch die Verwendung von Multizeilen-Spiral-CT-Scannern mit breiten Detektor-Arrays liegt die Augenlinse durch Overranging und Overbeaming häufig im Bereich des direkten Strahlenganges. Ohne Schutzmaßnahmen und bei Positionierung der Augenlinse im Aufnahmevolumen tritt eine Dosis der Augenlinse von 30 mSv oder mehr auf. Durch die Neubewertung der Strahlenempfindlichkeit der Augenlinsen in Hinblick auf Kataraktbildung ist dies eine relativ hohe Dosis, so dass Maßnahmen getroffen werden sollten, um die Augenlinsen zu schonen. So sollten durch Gantrykippung oder durch leichte Hochlagerung mit einem eingeschobenen Schaumstoffkeil und Beugung des Kopfes die Augenlinsen außerhalb des primären Strahlenganges positioniert werden, wobei wegen des Overrangings und Overbeamings ein Sicherheitsabstand einzuplanen ist (SSK 2011).

Wenn dies nicht möglich ist, sollte ein Augenlinsenschutz verwendet werden. Die dabei auftretenden Artefakte schränken bei ausreichendem Abstand der Abschirmung zum Hirnschädel die

diagnostische Aussagekraft nicht ein (Raissaki et al. 2010). Alternativ kann auch eine Röhrenstrommodulation, bei der keine direkte oder nur sehr wenig Strahlung auf die Augenlinse kommt, eingesetzt werden. Die Reduktion durch den Augenlinsenschutz liegt bei ca. 50 %; bei einer Ausblendung des oberen Winkelbereichs bei der Aufnahme kann die Dosis um bis zu 50 % gesenkt werden (Bulla et al. 2012, Keil et al. 2008, May et al. 2012).

Das Anlegen eines Schilddrüsenschutzes senkt die Dosis der Schilddrüse (ca. 1 mSv) um 45 %, die Verwendung eines Brustschutzes reduziert die Dosis der Brust (ca. 0,3 mSv) um bis zu 75 % (Beaconsfield et al. 1998, Liebmann et al. 2014, Ngaile et al. 2008). Die Verwendung eines Schilddrüsenschutzes und eines Brustschutzes ist sinnvoll.

Ein Schilddrüsenschutz sollte, wenn möglich, ab dem 8. Lebensjahr angelegt werden. Bei Kindern unter acht Jahren kann aufgrund des kürzeren Halses das Auflegen einer schmalen Bleidecke über der Schilddrüse sinnvoll sein.

4.2 CT-Untersuchung der Nasennebenhöhlen (NNH) und des Gesichtsschädels

Bei dieser Untersuchung liegt die Augenlinse im direkten Strahlengang. Bei Geräten zur Digitalen Volumentomographie (Cone beam computed tomography, CBCT) soll deshalb eine 180°-Rotation verwendet werden, um die Augenlinse zu schonen. Dadurch kann die Dosis der Augenlinse um bis zu 80 % (von 15 mSv auf 3 mSv) gesenkt werden (Güldner et al. 2013).

Bei Verwendung von CT-Systemen sollte beim Patienten, wenn die diagnostische Bildqualität nicht eingeschränkt wird, ein Augenlinsenschutz angewendet werden. Alternativ kann auch eine Röhrenstrommodulation, bei der keine direkte Strahlung auf die Augenlinse kommt, eingesetzt werden. Die Reduktion durch den Augenlinsenschutz liegt bei ca. 50 % (Keil et al. 2008). Auch durch Ausblendung des oberen Winkelbereichs bei der Aufnahme kann dann die Dosis um bis zu 50 % gesenkt werden (Bulla et al. 2012).

Bei anderen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass durch Tragen einer Bleiglasbrille die Dosis der Augenlinse von 4,0 mSv auf 1,5 mSv gesenkt wurde, und durch Anlegen eines Schilddrüsenschutzes bei der CBCT die Schilddrüsendosis von 1,6 mSv auf 0,9 mSv sank (Goren et al. 2013, Liebmann et al. 2014).

Es sollte ein Schilddrüsenschutz verwendet werden, wodurch die Organdosis deutlich reduziert wird. Bei CBCT-Systemen sollte die 180°-Rotation verwendet werden, sodass die Augenlinsen nicht dem ungeschwächten Nutzstrahl ausgesetzt sind.

4.3 CT-Unterschung des Thorax und der Brustwirbelsäule

Eine Patientenabdeckung (Bleidecke) um das Abdomen reduziert die Strahlenexposition des Uterus um ca. 30 % (die Autoren geben eine Reduktion der Organdosis um 23 µSv an) (Dano et al. 2010, Iball und Brettle 2011). Zugleich wird eine vergleichbare Reduktion der anderen Bauchorgane (z. B. Kolon, Blase, Ovarien, Prostata) und des roten Knochenmarks im abdominellen Bereich erreicht. Da bei Schwangeren die Uterusdosis ähnlich der effektiven Dosis des ungeborenen Kindes ist, sollte bei Schwangeren das Abdomen mit einer Bleiabdeckung abgeschirmt werden.

Zur Reduktion der Strahlenexposition der Mamma kann die Röhrenstrommodulation verwendet werden; alternativ ist bei einigen CT-Geräten ein sektorielles Ausschalten/Reduzieren des Röhrenstroms im anterioren Winkelbereich möglich. Die Verwendung von Brustschilden wird nicht empfohlen, da dies die Bildqualität verschlechtert, und die Dosisreduktion durch Verwendung der Röhrenstrommodulation oder durch sektorielles Reduzieren des Röhrenstroms bei

vergleichbarer Bildqualität effizienter ist (Colletti et al. 2013, Foley et al. 2013, Vollmar und Kalender 2008). So liegt die durch Röhrenstrommodulation und Sektorscan mögliche Dosiseinsparung bei ca. 10%; die mittlere Dosis der Mamma kann von ca. 10,6 mSv auf 6,1 mSv (40 %) beim Sektorscan bzw. 9,6 mSv (10 %) bei Röhrenstrommodulation gesenkt werden.

Durch die Verwendung eines Schilddrüsenschutzes kann eine Reduktion der Organdosis von 8,37 mSv auf 5,78 mSv um 31 %, bzw. durch Verwendung eines Augenlinsenschutzes die entsprechende Organdosis von 0,32 mSv auf 0,22 mSv um ebenfalls 31 % erzielt werden (Buchgeister et al. 2012). Ein Schutz der Schilddrüse ist bei allen pädiatrischen Altersgruppen wegen der Körperproportionen des sehr kurzen Halses nicht praktikabel.

4.4 CT-Untersuchung des Beckens/Abdomens

Eine Abdeckung der männlichen Gonaden bzw. eine Hodenkapsel reduziert die Strahlenexposition der Gonaden (1 mSv bis 2 mSv außerhalb des Strahlengangs) um den Faktor 2 bis 20 (Dauer et al. 2007, Hidajat et al. 1996, Hohl et al. 2005, Price et al. 1999). Aufgrund auftretender Artefakte sollten Patienten-Strahlenschutzmittel, insbesondere bei der Beurteilung des Beckens, nicht im Strahlengang liegen (Dauer et al. 2007). Bei eingeschalteter Belichtungsautomatik würde dies zudem zu einer Erhöhung des Röhrenstroms und damit der Gonadendosis führen. Ist die Exposition der Gonaden zur Beurteilung des Beckens nicht vermeidbar, so sollte eine organbasierte Röhrenstrommodulation verwendet werden, die eine Reduktion der oberflächennahen, strahlensensiblen Organe von bis zu 50% erreicht (May et al. 2012).

Die Verwendung einer Hodenkapsel beim Mann ist sinnvoll, solange sich diese nicht im Abbildungsbereich befindet. Bei Jungen ist abhängig vom individuellen Entwicklungsstand eine Hodenkapsel anzuwenden.

5 Begründung zur Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei häufiger durchgeführten Projektionsaufnahmearten

Neben einer guten Lagerung und – bei nicht kooperierenden Patienten – ggf. Fixierung ist eine korrekte objekt- und fragestellungsbezogene Einblendung in der Projektionsradiographie von überragender Bedeutung. Dies ist besonders bei Kindern zu beachten, da der prozentuale Feldgrößenzuwachs umso höher ist, je kleiner das Ausgangsformat ist, also insbesondere in der neonatalen Radiologie. Die Einblendung muss auf dem Bild erkennbar sein. Eine zusätzliche Bleiabdeckung (z. B. Gonadenschutzmittel, Bleigummimatten oder Strahlenschutzkleidung) der an den Rand des Strahlenfeldes angrenzenden Abschnitte des Körperstamms ist bei Kindern und jüngeren Patienten wichtig (BÄK 2007).

5.1 Röntgenaufnahme des Kopfes

Für diese Untersuchung gibt es ohnehin nur wenige klare Indikationen. Falls sie tatsächlich erforderlich ist, kann ein Schilddrüsenschutz oder eine Bleischürze mit 0,5 mm Bleigleichwert verwendet werden (BÄK 2007). Die Anwendung eines Schilddrüsenschutzes hat eine geringe Schutzwirkung, verringert die ohnehin geringe Dosis (0,02 mSv) der Schilddrüse wenig und ist daher nicht zwingend notwendig (Gall et al. 1992, Mazonakis et al. 2004). Bei Patientenaufnahmen im Liegen kann eine Bleiabdeckung auf den Körperstamm gelegt werden.

5.2 Röntgenaufnahme des Thorax

Studien zeigen, dass bei der p. a.-Aufnahme die Gonadendosis bei ca. 0,0002 mSv liegt, also sehr niedrig ist. Bei Erwachsenen kann bei Standard-Thoraxaufnahmen p. a. am Vertikalstativ durch eine Gonadenschürze auf der dem Detektor zugewandten Seite die Hodendosis um 75 % (ca. 0,0002 mSv), die Ovariendosis um 10 % (0,00002 mSv) vermindert werden. Die Gonadenschürze auf der der Röhre zugewandten Seite würde die Hodendosis nur um 12 % und die Dosis der Ovarien nur um 5 % reduzieren (Njeh et al. 1996, Roth et al. 2001).

Säuglinge werden nicht p.a. sondern a. p. im Hängen geröntgt. Bei Patienten ab ca. anderthalb Jahren bis zum 10. Lebensjahr erfolgt die Thoraxaufnahme p. a. im Sitzen ohne Streustrahlenraster am Kinderstativ mit einer Aufnahmespannung von 75 kV bis 80 kV. Ein detektornaher Gonadenschutz oder ein „Rundum-Bleigummischutz“ ist im frühen Lebensalter daher nicht notwendig und nicht praktikabel. Der Gonadenschutz muss daher bis zum 10. Lebensjahr vorne angebracht werden.

In der neonatalen Radiographie sollte schließlich die Bleigummiabdeckung nicht im Inkubator direkt am Patienten, sondern auf dem Inkubator aufgelegt werden. Grund hierfür sind schwerwiegende hygienische Bedenken (nosokomiale Infektionen, MRSA, ESWL-Bakterien o. a.) und die Kompression des Oberbauchs mit Beeinträchtigung der Atmung begründet.

Da das Verwenden eines Gonadenschutzes bei der Thoraxaufnahme einfach durchzuführen ist, kann dieser weiterhin auf der dem Detektor zugewandten Seite oder mit einer Rundumschürze erfolgen. Bei Schwangeren kann eine Rundumschürze verwendet werden. Bei Aufnahmen im Bett oder Aufnahmen im Inkubator sollte die röhrenseitige Bleiabdeckung verwendet werden.

5.3 Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule

Bei Aufnahmen der LWS liegt die Dosis des Uterus bei ca. 0,5 mSv, die der Hoden bei ca. 0,04 mSv. Durch Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln an der unteren Strahlenfeldgrenze können die Dosen nur leicht reduziert werden (Clancy et al. 2010, Liu et al. 2008). Bei weit aufgeblendeten Aufnahmen reduziert eine Abdeckung der Brust die Dosis der Brust von ca. 0,4 mSv auf ca. 0,08 mSv (Mekis et al. 2013). Eine korrekte Einblendung hat allerdings eine deutlich bessere Schutzwirkung.

Aufgrund der eingeschränkten Schutzwirkung ist eine Bleigummiabdeckung der unmittelbar anschließenden Abschnitte des Körperstamms bei Erwachsenen optional, sollte aber bei Kindern immer erfolgen.

5.4 Röntgenaufnahmen des Beckens und des Hüftgelenks

Eine Patientenabdeckung der Gonaden im direkten Strahlengang reduziert die Gonadendosis des Mannes (0,8 mSv) um ca. 95 %, und die der Frau (0,2 mSv) um über 50 %. Außerhalb des Nutzstrahls beträgt die Gonadendosis weniger als 0,1 mSv, kann jedoch beim Mann mit einer Hodenkapsel deutlich reduziert werden (Clancy et al. 2010, Liu et al. 2008).

Der Gonadenschutz wird häufig falsch positioniert, insbesondere bei Mädchen und Frauen, was zu Fehlaufnahmen führen kann (Kenny und Hill 1992, Warlow et al. 2014). Eine exakte Positionierung des Ovarienschutzes ist essenziell, bei unsicherer Möglichkeit der Positionierung sollte darauf verzichtet werden.

Eine Hodenkapsel kann die bei dieser Untersuchung auftretende geringe bis mittlere Dosis des Hodens beim Mann deutlich reduzieren und sollte auch dann verwendet werden, wenn der Hoden nicht im Aufnahmebereich liegt oder auftretende Artefakte nicht störend sind. Bei der

Frau kann eine geringe Dosis der Ovarien reduziert werden, sofern der Ovarienschutz exakt positioniert wird. Bei Kindern sind zusätzlich angrenzende Körperteile zu schützen.

5.5 Röntgenaufnahme des Abdomens

Die Reduzierung der Gonadendosis durch Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln ist vergleichbar mit der bei der Beckenaufnahme. Die Hoden liegen hier nicht im Direktstrahl (< 0,1 mSv). Die Ovarien liegen im diagnostisch relevanten Bereich, sodass sie nicht abgedeckt werden können.

Eine Abdeckung der Brust reduziert die Strahlenexposition der Brust (0,1 mSv) um ca. 80 % (Liu et al. 2008, Mekis et al. 2013).

Bei Jungen und Männern kann eine Hodenkapsel verwendet werden. Eine Abdeckung der Brust kann sinnvoll sein. Bei Kindern sind zusätzlich angrenzende Körperteile (Thorax) zu schützen.

5.6 Röntgenaufnahme der Extremitäten

Zu Untersuchungen der Extremitäten sind keine Studien zur Reduktion der Strahlenexposition durch Patienten-Strahlenschutzmittel zu finden. Eine grobe Abschätzung zeigt, dass außer bei Aufnahmen des Oberschenkels beim Mann die durch Anwendung von Strahlenschutzmitteln eingesparte Gonadendosis vernachlässigbar ist. Bei der Aufnahme des Oberschenkels sind beim Mann die Gonaden zu schützen. Bei allen anderen Untersuchungen sind durch die Positionierung Risikoorgane soweit wie möglich schützen. Bei Kindern sollte eine Bleigummiabdeckung der unmittelbar anschließenden Körperabschnitte angewendet werden (BÄK 2007).

5.7 Röntgenaufnahme der Schulter oder der Clavicula

Zu Untersuchungen der Schulter oder der Clavicula sind keine Studien zur Reduktion der Strahlenexposition durch Patienten-Strahlenschutzmittel zu finden. Eine grobe Abschätzung zeigt, dass die durch Anwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln eingesparte Dosis vernachlässigbar ist. Es kann eine Gonadenschürze verwendet werden. Gegebenenfalls können weitere Risikoorgane wie Schilddrüse und die Brust abgedeckt werden, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen.

5.8 Mammographie

Studien zeigen, dass keine signifikante Zunahme von Schilddrüsenkrebs mit der Anzahl von Mammographien besteht (Sechopoulos und Hendrick 2013). Die Schilddrüsendosis wird, konservativ geschätzt, mit 0,04 mSv als Organdosis angegeben (Whelan et al. 1999). Neuere Studien zeigen Dosiswerte von durchschnittlich 0,002 mSv (Sechopoulos et al. 2008). Der Einsatz eines Schilddrüsenschutzes ist somit nicht notwendig. Die Organdosis für das Auge wird mit durchschnittlich 0,002 mSv, die der kontralateralen Brust mit ca. 0,02 mSv und die Organdosis des Uterus mit < 0,00003 mSv angegeben. Auch hier sind weitere Schutzmaßnahmen nicht notwendig (Sechopoulos et al. 2008).

5.9 Röntgenaufnahmen in der Zahnmedizin

Die in der Zahnmedizin verwendeten Strahlenenergien und Feldgrößen erzeugen nur Streustrahlenfelder mit geringen Dosen.

Bei Untersuchungen von Panorama-Aufnahmen und dentalen Cone-Beam-CT zeigten sich keine signifikanten Dosiseinsparungen durch das Tragen einer Patientenschürze (Rottke et al. 2013a,

Rottke et al. 2013b, Schulze et al. 2016) und in einer Studie (Qu et al. 2012) Einsparungen von 0,015 mSv bei der Organ-Äquivalentdosis der Schilddrüse.

6 Literatur

BÄK 2007 — Bundesärztekammer (BÄK). Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik – Qualitätskriterien röntgendiagnostischer Untersuchungen. Gemäß Beschluss des Vorstandes der Bundesärztekammer vom 23. November 2007, http://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/LeitRoentgen2008Korr2.pdf, zuletzt aufgerufen am 17.04.2019

Beaconsfield et al. 1998 — Beaconsfield T, Nicholson R, Thornton A, Al-Kutoubi A. Would thyroid and breast shielding be beneficial in CT of the head? Eur Radiol. 1998;8(4):664-7. doi: 10.1007/s003300050456

Buchgeister et al. 2012 — Buchgeister M, Sieburg S, Roll M, Math F, Wagner HJ. Dosisreduktion der Augen- und Schilddrüsenexposition durch Abschirmung in der klinischen Thorax Computertomographie. Fortschr Röntgenstr 2012; 184 - WI_PO48. doi: 10.1055/s-0032-1311469

Bulla et al. 2012 — Bulla S, Pache G, Hassepass F, Blanke P, Langer M. Strahlendosisreduktion in der Niedrigdosis-CT der Nasennebenhöhlen durch Verwendung einer organspezifischen Dosisreduktion (X-Care) anstelle eines Bismut Augenschutzes. Fortschr Röntgenstr 2012; 184 - VO209_6. doi: 10.1055/s-0032-1311106

Clancy et al. 2010 — Clancy CL, O´Reilly G, Brennan PC, McEntee MF. The effect of patient shield position on gonad dose during lumbar spine radiography. Radiography 2010;16: 131-135. doi: 10.1016/j.radi.2009.10.004

Colletti et al. 2013 — Colletti PM, Micheli OA, Lee KH. To shield or not to shield: application of bismuth breast shields. AJR Am J Roentgenol. 2013 Mar;200(3):503-7. doi: 10.2214/AJR.12.9997

Danova et al. 2010 — Danova D, Kästner B, Wulff, Fiebich M, Zink K, Klose KJ, Heverhagen JT. Reduction Of Uterus Dose In Clinical Thoracic Computed Tomography. Fortschr Röntgenstr 2010; 182(12): 1091-1096. doi: 10.1055/s-0029-1245809

Dauer et al. 2007 — Dauer LT, Casciotta KA, Erdi YE, Rothenberg LN. Radiation dose reduction at a price: the effectiveness of a male gonad shield during helical CT scans. BMC Med Imaging. 2007; 7: 5. Published online 2007 Mar 16. doi: 10.1186/1471-2342-7-5

DIN EN 61331-1:2016-09	Deutsches Institut für Normung (DIN). DIN EN 61331-1:2016-09. Strahlenschutz in der medizinischen Röntgendiagnostik – Teil 1: Bestimmung von Schwächungseigenschaften von Materialien (IEC 61331-1:2014); Deutsche Fassung EN 61331-1:2014
DIN EN 61331-3:2016-09	Deutsches Institut für Normung (DIN). DIN EN 61331-3:2016-09. Strahlenschutz in der medizinischen Röntgendiagnostik – Teil 3: Schutzkleidung, Augenschutz und Abschirmungen für Patienten (IEC 61331-3:2014); Deutsche Fassung EN 61331-3:2014
Doolan 2004	Doolan A, Brennan PC, Rainford LA, Healy J. Gonad protection for the antero-posterior projection of the pelvis in diagnostic radiography in Dublin hospitals. Radiography. 2004;10:15-21. doi: 10.1016/j.radi.2003.12.002
Drexler et al. 1993	Drexler G, Panzer W, Stieve FE, Wiedemann L, Zankl M. Die Bestimmung von Organdosen in der Röntgendiagnostik. 2. Auflage. H. Hoffmann, Berlin 1993
Foley et al. 2013	Foley AJ, McEntee MF, Rainford LA. An evaluation of in-plane shields during thoracic CT. Radiat Prot Dosimetry. 2013 Aug; 155:439-50. doi: 10.1093/rpd/nct030. Epub 2013 Mar 3
Franzen 2012	Franzen MJ, Robben S, Postma A, Zoetelief J, Wildberger JE, Kemerink GJ. Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: disadvantages prevail or benefit. Insights Imaging. 2012 Feb;3(1):23-32. doi: 10.1007/s13244-011-0130-3. Epub 2011 Sep 25
Gallini et al. 1992	Gallini RE, Belletti S, Berna V, Giugni U. Adult and Child Doses in Standardised X-Ray Examinations. Radiat Prot Dosimetry 1992; 43 (1-4): 41-47. doi: 10.1093/rpd/43.1-4.41
Goren et al. 2013	Goren AD, Prins RD, Dauer LT, Quinn B, Al-Najjar A, Faber RD, Patchell G, Branets I, Colosi DC. Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. Dentomaxillofac Radiol. 2013;42(6):20120260. doi: 10.1259/dmfr.20120260. Epub 2013 Feb 14
Güldner et al. 2013	Güldner C, Ningo A, Voigt J, Diogo I, Heinrichs J, Weber R, Wilhelm T, Fiebich M. Potential of dose reduction in cone-beam-computed tomography (CBCT) for radiological diagnostics of the paranasal sinuses. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2013 Mar;270(4): 1307-15. doi: 10.1007/s00405-012-2177-2. Epub 2012 Sep 18

Hidajat et al. 1996	Hidajat N, Schröder RJ, Vogl T, Schedel H, Felix R. Effektivität der Bleiabdeckung zur Dosisreduktion beim Patienten in der Computertomographie. Fortschr Röntgenstr 1996; 165(11): 462-465. doi: 10.1055/s-2007-1015790
Hohl et al. 2005	Hohl C, Mahnken AH, Klotz E, Das M, Stargardt A, Mühlenbruch G, Schmidt T, Günther RW, Wildberger JE. Radiation dose reduction to the male gonads during MDCT: The effectiveness of a lead shield. AJR Am J Roentgenol. 2005 Jan;184(1):128-30
Iball und Brettle 2011	Iball GR, Brettle DS. Organ and effective dose reduction in adult chest CT using abdominal lead shielding. Br J Radiol. 2011 Nov;84(1007):1020-6. doi: 10.1259/bjr/53865832
ICRP 2013	International Commission on Radiological Protection (ICRP) (authors on behalf of ICRP: Khong PL, Ringertz H, Donoghue V, Frush D, Rehani M, Appelgate K, Sanchez R). Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology. ICRP Publication 121. Ann. ICRP. 2013 Apr;42(2):1-63. ISBN: 978-0-7020-5439-6
Keil et al. 2008	Keil B, Wulff J, Schmitt R, Auvanis D, Danova D, Heverhagen JT, Fiebich M, Madsack M, Leppek R, Klose KJ, Zink K. Schutz der Augenlinse in der Computertomographie – Dosisevaluation an einem antropomorphen Phantom mittels Thermolumineszenzdosimetrie und Monte-Carlo Simulationen. Fortschr Röntgenstr 2008; 180(12): 1047-1053. doi: 10.1055/s-2008-1027814
Kenny und Hill 1992	Kenny N, Hill J. Gonad protection in young orthopaedic patients. BMJ. 1992 May 30; 304(6839): 1411–1413. doi: 10.1136/bmj.304.6839.1411
Liebmann et al. 2014	Liebmann M, Lüllau T, Kluge A, Poppe B, von Boetticher H. Patient Radiation Protection Covers for Head CT Scans – A Clinical Evaluation of Their Effectiveness. Fortschr Röntgenstr 186 2014; 186(11): 1022-1027. doi: 10.1055/s-0034-1366279
Liu et al. 2008	Liu H, Zhuo W, Chen B, Yi Y, Li D. Patient doses in different projections of conventional diagnostic x-ray examinations. Radiat Prot Dosimetry. 2008;132(3):334-8. doi: 10.1093/rpd/ncn284. Epub 2008 Oct 30
May et al. 2012	May MS, Wuest W, Lell MM, Uder M, Kalender WA, Schmidt B. Aktuelle Strategien zur Dosisreduktion in der Computertomographie. Der Radiologe 2012; 52: 905-13. doi: 10.1007/s00117-012-2338-8

Mazonakis et al. 2004	Mazonakis M, Damilakis J, Raissaki M, Gourtsoyiannis N. Radiation dose and cancer risk to children undergoing skull radiography. Pediatr Radiol. 2004 Aug;34(8):624-9. Epub 2004 Jun 12
Mekis et al. 2013	Mekis N, Zontar D, Skrk D. The effect of breast shielding during lumbar spine radiography. Radiol Oncol. 2013 Mar;47(1):26-31. doi: 10.2478/raon-2013-0004. Epub 2013 Feb 1
Ngaile et al. 2008	Ngaile JE, Uiso CB, Msaki P, Kazema R. Use of lead shields for radiation protection of superficial organs in patients undergoing head CT examinations. Radiat Prot Dosimetry 2018;130(4): 490-8. doi: 10.1093/rpd/ncn095. Epub 2008 Mar 28
Njeh et al. 1996	Njeh CF, Wade JP, Goldstone KE. The use of lead aprons in chest radiography. Radiography 3, S. 143-147. doi: 10.1016/S1078-8174(97)90019-5
Price et al. 1999	Price R, Halson P, Sampson M. Dose reduction during CT scanning in an anthropomorphic phantom by the use of a male gonad shield. Br J Radiol. 1999; 72: 489-94
Qu et al. al.2012	Qu XM, Li G, Sanderink GC, Zhang ZY, Ma XC. Dose reduction of cone beam CT scanning for the entire oral and maxillofacial regions with thyroid collars. Dentomaxillofac Radiol. 2012 Jul;41(5):373–8. doi: 10.1259/dmfr/30200901
Raissaki et al. 2010	Raissaki M, Perisinakis K, Damilakis J, Gourtsoyiannis N. Eye-lens bismuth shielding in paediatric head CT: artefact evaluation and reduction. Pediatr Radiol. 2010 Nov;40(11):1748-54. doi: 10.1007/s00247-010-1715-6. Epub 2010 Jun 16
Roth et al. 2001	Roth J, Nemec HW, Sander R. Bleigummi-Abdeckungen bei Patienten während Röntgenuntersuchungen: Strahlenschutz oder Feigenblatt? Radiologie Aktuell. 2001;2:2-4
Rottke et al. 2013a	Rottke D, Patzelt S, Poxleitner P, Schulze D. Effective dose span of ten different cone beam CT devices. Dentomaxillofac Radiol. 2013;42(7):20120417. doi: 10.1259/dmfr.20120417. Epub 2013 Apr 12
Rottke et al. 2013b	Rottke D, Grossekettler L, Sawada K, Poxleitner P, Schulze D. Influence of lead apron shielding on absorbed doses from panoramic radiography. Dentomaxillofac Radiol. 2013;42(10):20130302. doi: 10.1259/dmfr.20130302. Epub 2013 Oct 30

Schulze et al. 2016	Schulze RKW, Cremers C, Karle H, de Las Heras Gala H. Skin entrance dose with and without lead apron in digital panoramic radiography for selected sensitive body regions. Clin Oral Investig. 2017 May;21(4):1327-1333. doi: 10.1007/s00784-016-1886-0. Epub 2016 Jun 21
Sechopoulos et al. 2008	Sechopoulos I, Suryanarayanan S, Vedantham S, D'Orsi CJ, Karellas A. Radiation dose to organs and tissues from mammography: Monte Carlo and phantom study. Radiology. 2008 Feb;246(2):434-43. doi: 10.1148/radiol.2462070256. Epub 2007 Dec 4
Sechopoulos und Hendrick 2013	Sechopoulos I, Hendrick RE. Mammography and the risk of thyroid cancer. AJR Am J Roentgenol. 2012 Mar;198(3):705-7. doi: 10.2214/AJR.11.7225
SSK 2010	Strahlenschutzkommission (SSK). Strahlenhygienische Anforderungen an IGRT (image guided radiotherapy/bildgeführte Strahlentherapie). Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 242. Sitzung der SSK am 01./02. Juli 2010. BAnz Nr. 68 vom 04.05.2011, S. 1599
SSK 2011	Strahlenschutzkommission (SSK). Strahlenschutz des Patienten bei CT-Untersuchungen des Schädels (Gantrykippung). Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 248. Sitzung der SSK am 14./15.04.2011. urn:nbn:de:101:1-2013111816647. Veröffentlicht im BAnz Nr. 168 vom 09. November 2011
Vollmar und Kalender 2008	Vollmar SV, Kalender WA. Reduction of dose to the female breast in thoracic CT: a comparison of standard-protocol, bismuth-shielded, partial and tube-current-modulated CT examinations. Eur Radiol. 2008 Aug;18(8):1674-82. doi: 10.1007/s00330-008-0934-9. Epub 2008 Apr 15
Warlow et al. 2014	Warlow T, Walker-Birch P, Cosson P. Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: Effectiveness and practice, Radiography 2014;20(3):178-182. doi: 10.1016/j.radi.2014.01.002
Whelan et al. 1999	Whelan C, McLean D, Poulos A. Investigation of thyroid dose due to mammography. Australas Radiol. 1999 Aug;43(3):307-10