

Jens Dischinger

## Strahlenschutz in der Medizin – Nicht geliebt, aber liebenswert

Strahlenschutz ist ein weites Feld. Strahlenschutzkurse gehören vor allem bei Ärztinnen und Ärzten zu den am meisten ghassten Veranstaltungen, weil sie oftmals zu Physik lastig sind und wenige praktische Inhalte haben. Leider. Denn gerade durch vernünftige, anschauliche und interessante Schulungen, die es den Zuhörern möglich machen, wach zu bleiben, und durch kompetente Weitergabe praktischer Erfahrung an jüngere Kollegen, könnte so manche Dosis reduziert werden. In diesem Artikel soll auf den Strahlenschutz des Patienten eingegangen werden. Was kann getan werden, um die Strahlenexposition des Patienten so niedrig wie möglich zu halten. Nicht eingegangen wird hier auf den Strahlenschutz der Mitarbeiter. Dieser stellt ebenfalls einen großen Bereich dar und würde den Rahmen dieses Artikels sprengen.

... häufige Röntgenuntersuchungen ...	
Untersuchungsart	Effektive Dosis E [mSv]
<b>Untersuchungen mit Röntgenaufnahmen</b>	
■ Zahnaufnahme	≤ 0,01
■ Extremitäten (Gliedmaßen)	≤ 0,01 - 0,1
■ Schädelaufnahme	0,03 - 0,1
■ Halswirbelsäule in 2 Ebenen	0,1 - 0,3
■ Brustkorb (Thorax), 1 Aufnahme	0,2 - 0,08
■ Mammographie beidseits in je 2 Ebenen	0,02 - 0,6
■ Brustwirbelsäule in 2 Ebenen	0,5 - 0,8
■ Lendenwirbelsäule in 2 Ebenen	0,8 - 1,8
■ Beckenübersicht	0,5 - 1,0
■ Bauchraum (Abdomenübersicht)	0,6 - 1,2
<b>Röntgenuntersuchung mit Aufnahmen und Durchleuchtung</b>	
■ Magen	6 - 12
■ Darm (Dünndarm bzw. Kolonkontrasteinlauf)	10 - 18
■ Galle	1 - 8
■ Harntrakt	2 - 5
■ Bein-Becken-Phlebographie	0,5 - 2
■ Angiographie und Intervention	10 - 30
<b>CT*-Untersuchungen</b>	
■ Kopf	2 - 4
■ Wirbelsäule / Skelett	2 - 11
■ Brustkorb (Thorax)	6 - 10
■ Bauchraum (Abdomen)	10 - 25

\* typische CT-(Computertomographie-) Untersuchung, ggf. nativ und nach Kontrastmittelgabe

Kinder sind aufgrund ihrer hohen Zellerneuerungsrate strahlenempfindlicher als Erwachsene. Weiterhin ist das Risiko, eine strahleninduzierte Krebserkrankung zu erleiden, für junge Menschen höher als für ältere, weil sie noch länger leben und die typische Latenzzeit zwischen Induktion und Ausbruch von 20 Jahren mit höherer Wahrscheinlichkeit erreicht wird. Beides sind Gründe, gerade bei jungen Menschen besonders sparsam mit ionisierender Strahlung umzugehen – die Dosis möglichst gering zu halten.

### Was ist Dosis?

DOSIS – was ist Dosis, wenn es um ionisierende Strahlung geht? Dosis ist absorbierte Energie pro Masse. Die Einheit der Energiedosis lautet „Gray (Gy)“.

Wenn die biologische Wirkung der Strahlung mitberücksichtigt wird, lautet die Einheit „Sievert (Sv)“. In Abbildung 1 sind einige typische

■ Abb. 1: Bereiche mittlerer Werte für die effektive Dosis für häufige Röntgenuntersuchungen an Standardpatienten (70 ± 5 kg Körpergewicht) [1]

## ... Vergleichswerte ...

Strahlungsfall	Effektive Dosis [mSv]	Anzahl Thorax-Untersuchungen, die dieser Dosis entsprechen
■ Röntgen Zahn	0,01	1/3
■ Röntgen Thorax	0,03	1
■ CT Schädel	2,5	80
■ CT Thorax	8	250
■ CT Abdomen	25	800
■ 750 MBq Tc99m-MP	4	125
■ 5 Stunden Flug	0,03	1
■ Mars und zurück	3000	100.000
■ 20 Zigaretten	0,03	1
■ Fliegendes Personal	5 pro Jahr	150
■ Natürliche Strahlenexposition in Deutschland	2,5 pro Jahr	80

■ Abb. 2: Dosisvergleiche

Werte der Effektiven Dosis medizinischer Röntgenanwendungen aufgelistet.

„Eine Röntgenaufnahme des Thorax' führt zu einer Effektiven Dosis von ca.  $30\mu\text{Sv}$ .“ Wenn eine Ärztin oder ein Arzt diese richtige Aussage einer besorgten Mutter gegenüber macht, wird er vermutlich in ein ratloses Gesicht blicken. „ $30\mu\text{Sv}$  – ist das jetzt viel oder wenig“, wird sie sich fragen. Hier kommt der Punkt, wo man Vergleichswerte anbieten muss. Werte, mit denen jeder etwas anfangen kann. Das kann zum Beispiel die Dosis sein, die man durch das Rauchen einer Zigarette durch das im Tabak enthaltene Polonium-210 oder die Dosis, die man durch seinen Urlaubsflug nach Mallorca durch die im Flugzeug erhöhte kosmische Strahlung erhält. Abbildung 2 zeigt einige Dosisvergleiche auf.

Das Rauchen einer Zigarette bringt danach bereits bis zu  $1,5\mu\text{Sv}$ , eine Stunde in Reiseflughöhe bringt bis zu  $6\mu\text{Sv}$  – kurz gesagt: Eine Schachtel Zigaretten oder 5 Stunden Flug in Reiseflughöhe entspricht einer Röntgenaufnahme des Thorax'. Jetzt kann man die Dosis beurteilen. Die besorgte Mutter wird jetzt vielleicht etwas weniger besorgt sein, weil sie sieht, wie schnell man  $30\mu\text{Sv}$  auch an anderer Stelle im Alltag erhalten kann. Wichtig an dieser Stelle: Diese Dosisvergleiche dürfen auf Ärzteseite nicht dazu führen, zu sagen, „ $30\mu\text{Sv}$  ist so wenig – da können wir röntgen, was das Zeug hält“. Jede überflüssige Dosis – auch  $30\mu\text{Sv}$  – ist zuviel. Diese Dosisvergleiche sollen dazu dienen, eine nach korrekter Stellung der rechtfertigenden Indikation durchgeführte Röntgenuntersuchung zu bewerten und Sorgen und Ängste zu nehmen.

Ein Fall aus meinem Alltag: Eine 14-jährige rief bei mir an. Sie sei vom Pferd gefallen und der Arzt würde Sie gerne röntgen, um zu sehen, ob Teile eines Knochens abgesplittert sind. Nun habe jemand zu ihr gesagt, dass ihr aber klar sein müsse, dass sie nach dieser Röntgenaufnahme des Beckens keine Kinder mehr bekommen kann... Das Mädchen war schockiert: Auf der einen Seite die Schmerzen, auf der anderen Seite der Kinderwunsch. Ich habe ihr dann auch einen Dosisvergleich angeboten. Die Organdosis von Ovarien und Uterus bei einer Beckenaufnahme liegt in etwa bei  $500\mu\text{Sv}$ . Diese Dosis an den entsprechenden Organen erhält auch, wer sich 100 Stunden in Reiseflughöhe aufhält. Wenn diese Dosis tatsächlich zur Unfruchtbarkeit führen würde, dürften Pilotinnen und Stewardessen sämtlich kinderlos bleiben.

### Röntgen – aber wie ?

Bei allem bisher Gesagten dürfen die Grundsätze des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden. Diese Grundsätze sind in den §§ 2a-2c der Röntgenverordnung verankert und stellen somit eine rechtsverbindliche Vorschrift dar. Zusammengefasst lauten die Grundsätze: Jede Anwendung von Röntgenstrahlen muss gerechtfertigt sein (§ 2a), Dosisgrenzwerte, z.B. für die Mitarbeiter, die ebenfalls in der Verordnung zu finden sind, müssen eingehalten werden

## ... Orientierungshilfe ...

### M10

Schädeltrauma akut ohne neurologische Symptomatik

Rö / CT

**N** Schädel-Röntgen und CT sind nicht indiziert, wenn primär keine neurologische Symptomatik besteht. Eine Hospitalisierung für 24 Stunden ist bei mittelschweren Traumen und bei unklaren Fällen immer in Erwägung zu ziehen. Enges klinisches Monitoring - sofortige CT bei Verschlechterung. Ein epidurales Hämatom ist auch ohne Fraktur möglich.  
Bei Säugling Ultraschall, evtl. transkranieller Ultraschall

US

**P** Transkranieller US bei Säuglingen

mit neurologischer Symptomatik

CT  
Schädel

Nachweis intrakranieller Blutung, Kontusion, Fraktur.  
24-Stunden-Kontrolle auch bei primär unauffälligem Befund in Abhängigkeit vom Glasgow coma score (8)

■ Abb. 3: Auszug „Orientierungshilfe...“, Kapitel „Kinder“[4]; N = nicht indiziert, P = Primärdiagnostik

(§ 2b) und der § 2c fordert, dass die Grenzwerte nicht nur einzuhalten, sondern auch soweit wie möglich zu unterschreiten sind. Es gilt somit das Minimierungsgebot, im Strahlenschutz auch ALARA genannt („as low as reasonable achievable“) – so niedrig wie sinnvollerweise möglich. Die Betonung liegt hier auf „sinnvollerweise“. Man soll nicht um jeden Preis auf die Anwendung von Strahlung verzichten, wenn die Anwendung gerechtfertigt ist, z.B. um im Rahmen einer Röntgendiagnostik Menschen zu helfen, steht die Röntgenverordnung dem nicht im Wege, nur die Dosis sollte dabei minimiert werden.

### Welche Anwendungen sind gerechtfertigt?

Bei dieser Antwort versucht eine Auslegungshilfe des Länderausschusses Röntgenverordnung [2] zu helfen. Dort heißt es beispielsweise: „Eine diagnostische Anwendung

[...] setzt voraus, dass sich der aus ihr resultierende positive oder negative Befund auf die Therapie auswirkt oder die Verdachtsdiagnose [...] bestätigt oder ausschließt. Eine diagnostische Anwendung zum Nachweis einer Krankheit, bei der therapeutische Maßnahmen von vornherein ausgeschlossen sind (z.B. Schädelaufnahmen bei Trauma), ist dagegen nicht gerechtfertigt.“

Die Entscheidung der rechtfertigenden Indikation dürfen gemäß § 23 der Röntgenverordnung nur Ärztinnen und Ärzte treffen, die im Besitz der so genannten „Fachkunde im Strahlenschutz“ sind. Um die Fachkunde zu erlangen, müssen die Mediziner Strahlenschutzkurse besuchen, in denen der theoretische Hintergrund vermittelt wird und als zweiten Baustein muss praktische Erfahrung nachgewiesen werden – die so genannte Sachkundezeit. Dazu müssen in einem vom jewei-

ligen Anwendungsgebiet abhängigen zeitlichen Umfang, in der Regel zwischen 12 und 42 Monaten, in einer vorgeschriebenen Zahl Untersuchungen das Stellen der rechtfertigenden Indikation, die praktische Durchführung der Untersuchung sowie das Befunden erlernt werden. Nach Vorlage entsprechender Nachweise über Sachkunde und Strahlenschutzkurse, erteilt die jeweilige zuständige Stelle, in der Regel ist dieses die Landesärztekammer, die Fachkunde. Erst jetzt ist es den Ärztinnen und Ärzten gestattet, eigenverantwortlich die Indikation zum Röntgen zu stellen.

In Schleswig-Holstein ist vor Erteilung der Fachkunde noch ein Fachgespräch mit zwei Radiologen vorgeschrieben. Begründung für dieses 1995 eingeführte Fachgespräch: Es würden zu viele falsche Sachkundebescheinigungen ausgestellt. Die Ärztinnen und Ärzte hätten oft-

mals nicht die praktische Erfahrung, die die Zeugnisse vorgaben. Diese Sorge war offensichtlich nicht ganz unbegründet. Einem von Vinz und Neu veröffentlichten Artikel [3] ist zu entnehmen, dass ein Großteil Arzthaftpflichtverfahren nach Frakturbehandlungen bei Kindern auf eine mangelnde Röntgendiagnostik zurückzuführen ist. Zum Radiologen überweisende Ärzte benötigen nicht zwingend eine Fachkunde im Strahlenschutz, wenn gewährleistet ist, dass der fachkundige Radiologe die Indikation abschließend rechtfertigt und damit auch verantwortet. Um überweisenden Ärzten aber bereits im Vorhinein eine Hilfestellung zu geben, welches diagnostische Verfahren das Geeignete ist, hat die Strahlenschutzkommission (SSK) eine Orientierungshilfe publiziert, die für verschiedenste Anamnesen das geeignete diagnostische Mittel vorschlägt [4]. Dieses Werk soll unter anderem dazu führen, zukünftig weniger nicht indizierte Röntgenuntersuchungen beim Radiologen anzumelden. Abb. 3 gibt ein Beispiel dieser Orientierungshilfe.

### Durchführung der Untersuchung

Wenn eine Untersuchung indiziert ist, ist bei der Durchführung die Strahlenexposition des Patienten so gering wie möglich zu halten. Dazu gehört das Anlegen von Strahlenschutzmitteln wie Schürze und Gonadenschutz, das richtige Einblenden sowie das korrekte Lagern um Doppeluntersuchungen zu vermei-

... Referenzwerte ...		
Untersuchungsart	Alter	DFP [cGy x cm <sup>2</sup> ] bzw. [μ.Gy x m <sup>2</sup> ]
■ Thorax ap/pa	Frühgeborene (ca. 1000 g)	0,3
	Neugeborene (ca. 3000 g)	0,5
	10 ± 2 Monat	1,5
	5 ± 2 Jahre	2,5
	10 ± 2 Jahre	3,5
■ Thorax lateral	5 ± 2 Jahre	4
	10 ± 2 Jahre	6
■ Abdomen ap/pa	10 + 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	25
	10 ± 2 Jahre	35
■ Becken ap	5 ± 2 Jahre	15
	10 ± 2 Jahre	25
■ Schädel ap	10 ± 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	30
■ Schädel lateral	10 ± 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	25
■ Miktions-Cysto- Urographie	Neugeborene (ca. 3000 g)	10
	10 ± 2 Monate	20
	5 ± 2 Jahre	30
	10 ± 2 Jahre	60

■ Abb. 4: Auszug „Diagnostische Referenzwerte“ [5]

den. Um die Qualität des Strahlenschutzes bei der Untersuchung zu überprüfen, hat das Bundesamt für Strahlenschutz so genannte „Diagnostische Referenzwerte“ [5] veröffentlicht.

Diese meist in Form des Dosisflächenproduktes gelisteten Dosiswerte für verschiedene Untersuchungen sollten im Mittel eingehalten wer-

den. Eine Überschreitung des Referenzwertes muss begründet werden können. Abb. 4 zeigt die Diagnostischen Referenzwerte für Röntgenaufnahmen bei Kindern.

### Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Strahlenschutz des Patienten bei der korrekten, strengen Indikationsstellung beginnt.

Besonders die Indikation zur Computertomographie sollte genauestens überprüft werden, schließlich bedingt ein CT des Thorax' eine 200- bis 300-fache Strahlenexposition gegenüber einer Aufnahme des Thorax' (siehe auch Abb. 2).

Es folgt der praktische Strahlenschutz. Der Patient ist mit Strahlenschutzmitteln wie Schürzen und Gonadenschutz auszustatten. Man darf dabei nie vergessen, dass an der Eintrittsseite der Nutzstrahlung eine enorme Streustrahlenwolke entsteht, die durch Streuung in der Luft auch Bereiche des Patienten erreicht, die einige Zentimeter neben der eigentlich bestrahlten Stelle liegen. Auch der korrekten Lagerung kommt eine große Bedeutung zu, um Doppeluntersuchungen zu vermeiden.

**Abschließend stellt auch die korrekte Befundung einen gewissen Strahlenschutz dar, denn jede Strahlenexposition, die keinen erkennbaren Nutzen bringt, weil erkennbare Details unerkant bleiben, ist eine überflüssige Strahlenexposition.**

Wenn die Vorgaben der Röntgenverordnung und abgeleiteten Richtlinien eingehalten werden, würde es im Strahlenschutz sicher besser aussehen. Dazu gehört, dass die Ärzte, die die Indikation stellen, im Besitz einer Fachkunde sind. Wird diese Fachkunde korrekt erworben,

d.h., wurde auch wirklich die geforderte Anzahl der Bilder befundet, wurde auch wirklich die korrekte Anzahl Indikationen unter Aufsicht und Verantwortung eines fachkundigen Kollegen gestellt, wäre die Anzahl der Fehldiagnosen und überflüssig angeordneter Untersuchungen sicher geringer. Würden die Kurse für das Assistenzpersonal, die zum Erwerb der Kenntnisse im Strahlenschutz führen, wirklich vor Tätigkeitsaufnahme durchgeführt bzw. korrekt durchgeführt – es gibt Kursstätten, die lehren die Einstelltechnik für die Arzthelferinnen auf dem Schreibtisch mit der Lampe als Fokus der Röntgenröhre –, wäre auch die Anzahl der Doppeluntersuchungen aufgrund falscher Lagerung sicher geringer.

Ich werde immer wieder gefragt, ab welcher Dosis Strahlung gefährlich ist. Diesen Dosisgrenzwert gibt es nicht. In der Radiologie muss mit Strahlung gearbeitet werden. Patienten und Personal sind Strahlung ausgesetzt. Das birgt unbestritten auch bei kleinsten Dosen ein erhöhtes Risiko, einen stochastischen Strahlenschaden, wie z.B. Krebs, zu erleiden. Ziel des Strahlenschutzes muss es daher sein, dieses zusätzliche Risiko zu minimieren. Das kann erreicht werden, in dem die Mitarbeiter in Strahlenschutzkursen und durch erfahrene Kollegen theoretisch und praktisch vernünftig geschult werden und dieses in den Schulungen und während der Sach-

kundezeit vermittelte Wissen später auch angewandt wird.

#### Literaturverweise:

- [1] Parlamentsbericht des Bundesamtes für Strahlenschutz 2008 ([www.bfs.de/de/bfs/druck/uus/parlamentsbericht2008.pdf](http://www.bfs.de/de/bfs/druck/uus/parlamentsbericht2008.pdf)).
- [2] Beschluss des Länderausschusses Röntgenverordnung 11/2009; Auslegungshilfe Rechtfertigende Indikation, RS II 1 – 11602/14 ([www.aeksh.de/download/auslegungshilfe\\_rechtfertigende\\_indikation\\_1.pdf](http://www.aeksh.de/download/auslegungshilfe_rechtfertigende_indikation_1.pdf)).
- [3] Heinrich Vinz, Johann Neu, Arzthaftpflichtverfahren nach Frakturbehandlungen bei Kindern, Dt. Ärzteblatt, Jg. 106, Heft 30, S. 491ff.
- [4] Orientierungshilfe für bildgebende Untersuchungen, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, BAnz Nr. 5a vom 12.01.2010.
- [5] Bundesamt für Strahlenschutz, Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenuntersuchungen vom 22. Juni 2010, Banz Nr. 111 vom 28.07.2010.

▶ Dr. Jens Dischinger  
Norddeutsches Seminar für  
Strahlenschutz  
Olshausenstraße 40  
D-24098 KIEL