



Wegleitung R-06-04

Diagnostische Referenzwerte in der Projektionsradiologie

1. Definition

Für die Patientin oder den Patienten in der Röntgendiagnostik existieren keine Dosisgrenzwerte. Durch die konsequente Anwendung der Grundsätze im Strahlenschutz für die Rechtfertigung und die Optimierung wird ein angemessener Schutz der Patientin oder des Patienten gewährleistet. Dies gilt insbesondere auch für die projektionsradiologische Bildgebung.

Bereits im Jahre 1996 hat die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) die Etablierung und Anwendung von Diagnostischen Referenzwerten (DRW) vorgeschlagen. Es handelt sich dabei um einen Vergleichswert, der sich auf eine leicht messbare Grösse bezieht. Im Fall der projektionsradiologischen Röntgenaufnahmen ist die verwendete Grösse die Oberflächendosis am Patienteneintritt. Als Alternative kann auch das Dosis-Flächenprodukt (DFP) verwendet werden, sofern die Anlage mit einer Einrichtung zu dessen Anzeige ausgestattet ist. Die DRW sollen als Beurteilungsgrösse eingesetzt werden, sie bilden jedoch keine Grenze zwischen einer guten und einer schlechten Praxis. Vielmehr sollen Situationen erkannt werden, bei welchen die Patientendosis bei Standard-situationen unüblich hoch ist.

Die DRW werden durch eine Erhebung ermittelt. Man wählt im Allgemeinen die 3. Quartile der Verteilung (75. Perzentile), d.h. 75 % aller Dosiswerte liegen unterhalb des DRW.

2. Diagnostische Referenzwerte

In den nachfolgenden Tabellen sind die DRW für die häufigsten projektionsradiologischen Untersuchungen für Erwachsene (Tabelle 1) sowie Kinder und Jugendliche (Tabelle 2) zusammengefasst.

Für Erwachsene wurden die DRW für die Oberflächendosis am Patienteneintritt im Rahmen einer nationalen Erhebung ermittelt. Sie widerspiegeln somit die nationale Praxis unter Berücksichtigung ausschliesslich digitaler Bildempfangssysteme (CR und DR). Die Angaben für das DFP wurden aus der Eintrittsdosis und üblichen Feldgrössen bei Standardsituationen rechnerisch ermittelt.

Für Kinder und Jugendliche wurden die DRW für das DFP im Rahmen einer nationalen Erhebung an sämtlichen radiologischen Instituten, an welchen ein spezialisierter Kinderradiologe tätig war, ermittelt. Für Schädel Aufnahmen sind die DRW nach Alter der Patienten kategorisiert, für die übrigen Aufnahmen nach Gewicht der Patienten.

Tabelle 1: DRW für Erwachsene

Röntgenaufnahme	Oberflächendosis am Patienteneintritt pro Einzelaufnahme [mGy]	DFP [mGy·cm ²]
Thorax (pa)	0.15	150
Thorax (lateral)	0.75	600
Lendenwirbelsäule (ap oder pa)	7	2350*
Lendenwirbelsäule (lateral)	10	4150
Becken (ap)	3.5	2500
Schädel (ap oder pa)	2.5	650
Schädel (lateral)	1.5	500

ap: antero-posterior; pa: postero-anterior

* Die DRW-Angabe für das DFP bezieht sich auf ein übliches Feld am Patienteneintritt von 30x15cm². Bei grösseren Strahlenfeldern (z.B. ausgeblendete Aufnahme mit Darstellung des Beckenkamms und der Hüftköpfe bei spezifischer, indizierter Fragestellung) resultieren entsprechend höhere DFP.



Tabelle 2: DRW für Kinder und Jugendliche

Röntgenaufnahme		DFP [mGy·cm ²]	
Thorax (ap)	Gewicht [kg]	0 – 5	6.7
		5 – 15	14.7
		15 – 30	24
		30 – 50	51
Thorax (pa)	Gewicht [kg]	15 – 30	32
		30 – 50	44
		50 – 80	71
Thorax (lateral)	Gewicht [kg]	5 – 15	25
		15 – 30	39
		30 – 50	49
		50 – 80	256
Abdomen (ap)	Gewicht [kg]	0 – 5	14.4
		5 – 15	54
		15 – 30	122
Becken (ap)	Gewicht [kg]	5 – 15	43
		15 – 30	121
		30 – 50	419
		50 – 80	672
Hüfte (lau)	Gewicht [kg]	5 – 15	27
		15 – 30	48
		30 – 50	139
		50 – 80	300
Ganzwirbelsäule (ap)	Gewicht [kg]	15 – 30	216
		30 – 50	368
		50 – 80	639
Ganzwirbelsäule (pa)	Gewicht [kg]	15 – 30	174
		30 – 50	262
		50 – 80	461
Ganzwirbelsäule (lateral)	Gewicht [kg]	15 – 30	188
		30 – 50	446
		50 – 80	615
Brustwirbelsäule (ap)	Gewicht [kg]	30 – 50	140
		50 – 80	306
Brustwirbelsäule (lateral)	Gewicht [kg]	30 – 50	310
		50 – 80	644

ap: antero-posterior; pa: postero-anterior; lau: Lauenstein-Aufnahme



Tabelle 2: DRW für Kinder und Jugendliche

Röntgenaufnahme		DFP [mGy·cm ²]	
Lendenwirbelsäule (ap)	Gewicht [kg]	30 – 50	308
		50 – 80	332
Lendenwirbelsäule (pa)	Gewicht [kg]	50 – 80	470
Lendenwirbelsäule (lateral)	Gewicht [kg]	30 – 50	398
		50 – 80	735
Schädel (ap/lateral)	Alter [Jahre]	0.25 – 1	70
		1 – 6	194
		> 6	358

ap: antero-posterior; pa: postero-anterior

3. Anwendung der DRW

In jedem Röntgenbetrieb müssen die Patientendosen regelmässig mit den DRW verglichen werden (StSV, Art. 35). Falls die Röntgenanlage über eine Einrichtung zur Bestimmung und Anzeige des DFP verfügt, kann dieser Vergleich direkt mit dem entsprechenden DRW erfolgen. Ansonsten muss die Oberflächendosis am Patienteneintritt durch eine Messung oder eine Berechnung gemäss den nachfolgenden Kapiteln 4-6 abgeschätzt werden. Das DFP ergibt sich dann durch Multiplikation mit der Feldgrösse am Patienteneintritt. Sollte der Mittelwert des DFP für einige Patienten mittlerer Dicke regelmässig den entsprechenden DRW übersteigen, hat eine vertiefte Analyse durch Überprüfung der Verfahren und der Ausrüstung zu erfolgen mit dem Ziel, den Strahlenschutz auf angemessene Art zu optimieren. Sollte dies nicht möglich sein, müssen vertiefte Anstrengungen mit dem Ziel der Dosisreduktion vorgenommen werden.

4. Messung der Oberflächendosis am Patienteneintritt

Die Messung der Oberflächendosis am Patienteneintritt D_0 erfolgt im Allgemeinen mittels eines Thermolumineszenz-Dosimeters, welches an der Patientenoberfläche in Feldmitte positioniert wird. Solche Dosimeter können bei den Personendosimetrie-Stellen bezogen werden. Eine direkte Messung kann alternativ vorgenommen werden. Sie benötigt allerdings den Einsatz einer zuvor kalibrierten Ionisationskammer oder Diode.

5. Abschätzung der Oberflächendosis am Patienteneintritt

Die Oberflächendosis am Patienteneintritt D_0 bei einer Röntgenaufnahme kann durch die folgende Formel abgeschätzt werden:

$$D_0 = K \cdot \left(\frac{U}{100 \text{ kV}} \right)^2 \cdot Q \cdot \left(\frac{1}{\text{FOD}} \right)^2 \cdot \text{RSF}$$

D_0 : Oberflächendosis am Patienteneintritt im mGy

K : charakteristische Konstante der Röntgenanlage in mGy·m²·mAs⁻¹, Messung frei Luft (vgl. Punkt 6)

U : Röhrensorgung in kV

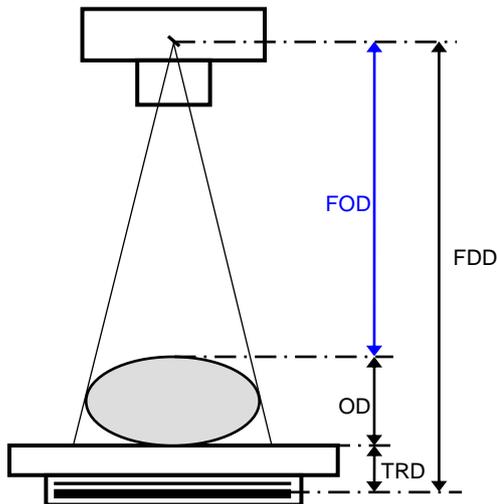


Q : Strom-Zeit-Produkt (Ladung) in mAs

FOD: Fokus-Oberflächen-Distanz (Fokus-Detektor-Distanz minus Patientendurchmesser minus Dicke der Tisch- /Wandbucky mit Streustrahlenraster) in m. Sie kann durch direkte Messung bestimmt oder mit Hilfe der Fokus-Detektor-Distanz reduziert durch die Patientendicke und die Dicke des Tisches/der Wandbucky sowie des Streustrahlenrasters (etwa 5 -10 cm) berechnet werden.

RSF: Rückstreufaktor (international harmonisierter Wert, üblicherweise 1,35; Mittelwert für Feldgrösse 20 x 20cm², gemessen im Wasserphantom)

Die Genauigkeit einer solchen Berechnung beträgt $\pm 30\%$.



FDD: Fokus-Detektor-Distanz

FOD: Fokus-Objektdistanz

OD: Objektdicke (Patient)

TRD: Dicke des Tisches inkl. Streustrahlenraster

6. Charakteristische Konstante der Röntgenanlage

Die charakteristische Konstante (K) ist ein Mass für die Dosisausbeute und die Filtration der Röntgenröhre. Dieser auch als *Röhrenoutput* bezeichnete Wert ist abhängig von der Art der Hochspannungserzeugung.

Auf Grund der unterschiedlichen Dosisausbeuten bei modernen Multipuls-Generatoren und älteren 2-Puls-Generatoren muss daher zwischen diesen beiden Typen unterschieden werden.

Die folgenden Werte für die charakteristische Konstante K wurde vom BAG empirisch ermittelt. (Messeinrichtung mit Festkörperdetektor). Aufgrund der verschiedenen Anlagekonfigurationen ergab sich eine entsprechende Variation der K-Konstante. Daher wurde eine Mittelung für die beiden Generortechnologien vorgenommen, welche das Kollektiv der in der Schweiz installierten Systeme am besten berücksichtigt. Im Zweifelsfall kann eine individuelle Erhebung der K-Konstante durch Ermittlung der Kenngrössen vor Ort in Betracht gezogen werden.

Generatortyp	Konstante K [mGy·m ² ·mAs ⁻¹]
Multipuls/Hochfrequenz	0.1
2-Puls	0.05



7. Berechnungsbeispiel

Eine Thorax-Röntgenaufnahme pa mit einem Multipuls-Generator wird mit einer Röhrenspannung von 125 kV, einer Ladung von 2 mAs und einer Fokus-Oberflächen-Distanz von 1.75 m erstellt.

Die Abschätzung der Oberflächendosis am Patienteneintritt bei dieser Röntgenaufnahme ergibt:

$$D_o = 0,1 \cdot \left(\frac{125}{100}\right)^2 \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{1,75}\right)^2 \cdot 1,35 \text{ mGy} = \underline{\underline{0,14 \text{ mGy}}}$$

Ein Programm (Excel™-Basis) zur Ermittlung der Oberflächendosis und deren Vergleich mit dem entsprechenden DRW kann beim BAG bezogen werden unter:

www.bag.admin.ch/str-wegleitungen

8. Literatur

- Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 26. April 2017, SR 814.501.
- Roth J., Strahlenschutz in der Medizin, 1. Auflage, Bern, Verlag Hans Huber (2008).
- Aroua A. et al., Adult reference levels in diagnostic and interventional radiology for temporary use in Switzerland, Radiat Prot Dosimetry 111(3), 289-95 (2004).
- Hart D. et al., National reference doses for common radiographic, fluoroscopic and dental X-ray examinations in the UK, BJR 82(973), 1-12, (2009).
- Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging, Publication 135, International Commission on Radiological Protection (2017).
- Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenuntersuchungen, Bundesamt für Strahlenschutz, Deutschland (2010).