12. Fortbildungsseminar der APT, Nürnberg 19.-21.06.2008

Neue Strahlenwichtungsfaktoren – Neue Dosis

Heiner von Boetticher

Institut für Radiologie und Seminar für Strahlenschutz
Klinikum Links der Weser, Bremen

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Überblick

- Effektive Dosis des Personals (Angio)
  - nach ICRP 60
  - nach ICRP 103
- ... des Patienten (Thorax-, Cardio-CT)
  - nach ICRP 60
  - nach ICRP 103
- Geschlechtsspezifische effektive Dosis?

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Effektive Dosis (nach ICRP 60 und ICRP 103)

Die effektive Dosis ist die Summe der gewichteten Äquivalentdosen in allen Geweben und Organen des Körpers:

$$\mathbf{E} = \Sigma_T \; \mathbf{w_T} \cdot \mathbf{H_T}$$

H_T = Organ-Äquivalentdosis im Gewebe oder Organ

w_T = Wichtungsfaktor für das Gewebe T

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Relative effektive Dosen des Personals am Tisch in der Angiographie (nach ICRP 60)

	relative effektive Dosis	
	ohne Schild-drüsenschutz	mit Schild-drüsenschutz
ohne Schutzkleidung oder Dauerschutz	100,0 %	---
Schutzkleidung 0,35 mm Pb	9,8 %	5,9 %
Schutzkleidung 0,50 mm Pb	7,3 %	3,5 %
Schutzkleidung 0,70 mm Pb	5,8 %	1,9 %
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer Dauerschutz	5,9 %	2,0 %
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer und oberer Dauerschutz	1,8 %	0,87 %

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

RöFo 178 (2006) 287-291

Optimierung des Strahlenschutzes für das Personal auf Grundlage der effektiven Dosis (ICRP 60)

- Ein Schilddrüsenschutz dient nicht nur dazu, Organdosisgrenzwerte einzu-halten.
- Ein zusätzlicher Schilddrüsenschutz reduziert die effektive Dosis etwa um einen Faktor 2–3.
- Der Schilddrüsenschutz sollte daher grundsätzlich Bestandteil der Strahlenschutzkleidung im Röntgenbereich sein.

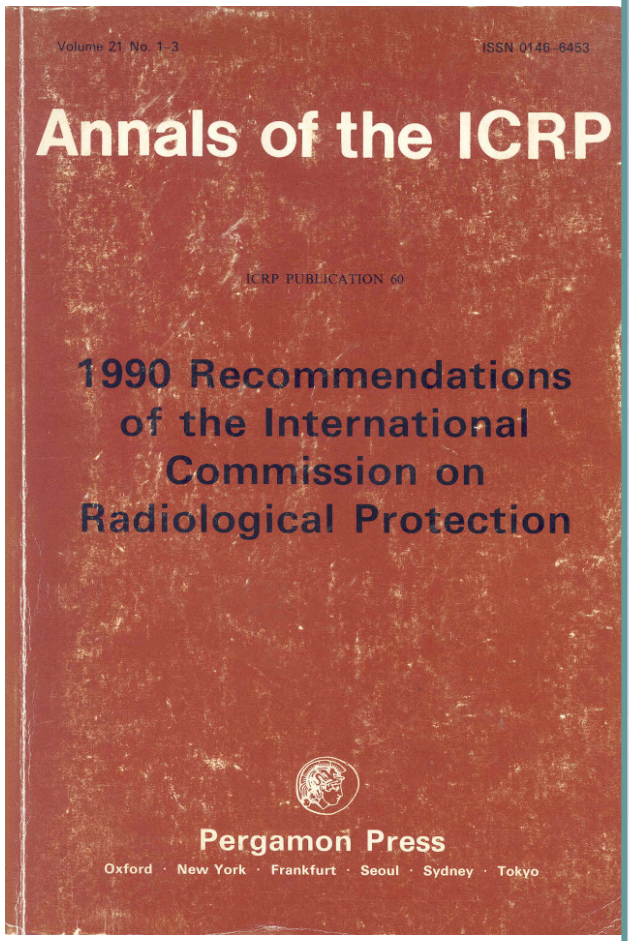
Angiografie: Verhältnis von effektiver Dosis zur Tiefen-Personendosis für unterschiedliche Schutzausrüstungen (nach ICRP 60)

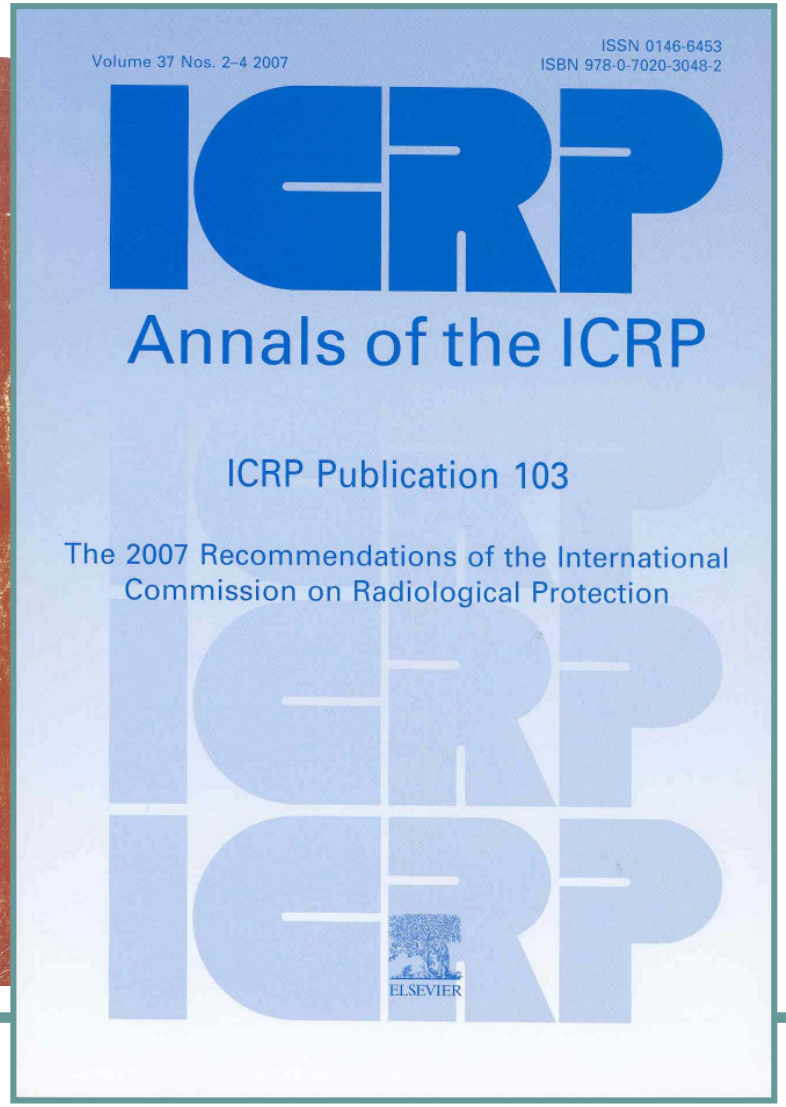
	Verhältnis von effektiver Dosis zur Personendosis	
	ohne Schild-drüsenschutz	mit Schild-drüsenschutz
(ohne Schutzkleidung)	(0,88)	
Schutzkleidung 0,35 mm Pb	1,57	0,95
Schutzkleidung 0,50 mm Pb	2,22	1,05
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer Dauerschutz	1,78	0,60
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer und oberer Dauerschutz	1,64	0,78

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

RöFo 179 (2007) 728-732

ICRP 60 (1990) → ICRP 103 (2007)





GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T zur Bestimmung der effektiven Dosis nach ICRP 60 und ICRP 103

Gewebe oder Organ	w_T nach ICRP 60	w_T nach ICRP 103
Gonaden	0,20 ↓↓	**0,08**
Rotes Knochenm.	0,12	0,12
Kolon („Dickdarm“)	0,12	0,12
Lunge	0,12	0,12
Magen	0,12	0,12
Brust	0,05 ↑↑	**0,12**
Blase	0,05 ↓	0,04
Leber	0,05 ↓	0,04
Speiseröhre	0,05 ↓	0,04
Schilddrüse	0,05 ↓	0,04
Haut	0,01	0,01
Knochenoberfl.	0,01	0,01
Speicheldrüsen	---	0,01
Gehirn	---* ↑	0,01**
Σ	0,95	0,88

Gewebe oder Organ	w_T nach ICRP 60	w_T nach ICRP 103
„Restkörper“:	↑↑	
Nebennieren	0,005	0,0086
Gehirn	0,005*	---**
Oberer Dickdarm	0,005	---
Dünndarm	0,005	0,0086
Nieren	0,005	0,0086
Muskel	0,005	0,0086
Bauchspeicheldr.	0,005	0,0086
Milz	0,005	0,0086
Thymus	0,005	0,0086
Gebärmutter	0,005	0,0086
Nasen-Rachen-R.	---	0,0086
Gallenblase	---	0,0086
Herz	---	0,0086
Lymphknoten	---	0,0086
Mundschleimhaut	---	0,0086
Prostata	---	0,0086
Σ	0,05	0,12

Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T zur Bestimung der effektiven Dosis nach ICRP 60 und ICRP 103

Gewebe oder Organ	w_T nach ICRP 60	w_T nach ICRP 103
Gonaden	0,20	0,08
Rotes Knochenm.	0,12	0,12
Kolon	0,12	0,12
Lunge	0,12	0,12
Magen	0,12	0,12
Brust	0,05	0,12
Blase	0,05	0,04
Leber	0,05	0,04
Speiseröhre	0,05	0,04
Schilddrüse	0,05	0,04
Haut	0,01	0,01
Knochenoberfl.	0,01	0,01
Speicheldrüsen	---	0,01
Gehirn	---*	0,01**
Σ	0,95	0,88

Gewebe oder Organ	w_T nach ICRP 60	w_T nach ICRP 103
„Restkörper“:		
Nebennieren	0,005	0,0086
Gehirn	0,005*	---**
Oberer Dickdarm	0,005	---
Dünndarm	0,005	0,0086
Nieren	0,005	0,0086
Muskel	0,005	0,0086
Bauchspeicheldr.	0,005	0,0086
Milz	0,005	0,0086
Thymus	0,005	0,0086
Gebärmutter	0,005	0,0086
Nasen-Rachen-R.	---	0,0086
Gallenblase	---	0,0086
Herz	---	0,0086
Lymphknoten	---	0,0086
Mundschleimhaut	---	0,0086
Prostata	---	0,0086
Σ	0,05	0,12

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Steigende Bedeutung des Strahlenschutzes für die Kopf-Hals-Region

Gewebe oder Organ	ICRP 60: w_T		ICRP 103: w_T
Schilddrüse (SD)	5 %		4 %
Gehirn	0,5 %		1 %
Speicheldrüsen	---		1 %
Nasen-Rachen-Raum	---		0,86 %
Mundschleimhaut	---		0,86 %
Summe ("mit SD")	5,5 %	+ 2,22% →	7,72 %
Summe ("ohne SD")	0,5 %	+ 3,22% →	3,72 %

Modifikation der Organ-Wichtungsfaktoren zur Bestimmung der effektiven Dosis nach ICRP 103 (Dezember 2007)

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

RöFo 180 (2008) 391-395

Neubestimmung der effektiven Dosis nach ICRP 103: Relative effektive Dosen am Tisch in der Angiographie:

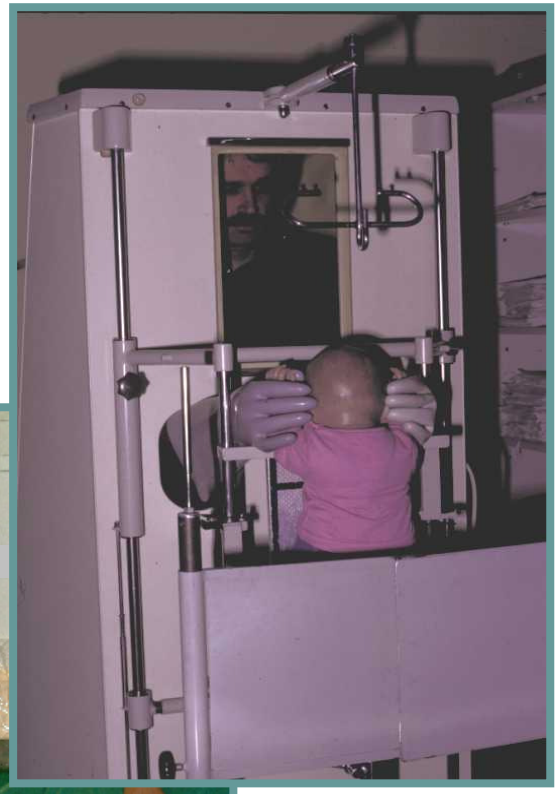
	relative effektive Dosis		
	nach ICRP 60		nach ICRP 103
Schutzkleidung 0,35 mm Pb	5,9 %	+ 2,3 % →	8,2 %
Schutzkleidung 0,50 mm Pb	3,5 %	+ 2,3 % →	5,8 %
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer Dauerschutz	2,0 %	+ 2,8 % →	4,8 %
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer und oberer Dauerschutz	0,87 %	+ 0,6 % →	1,5 %

- Dosen bezogen auf Personal ohne Schutzkleidung oder Dauerschutz (100 %)
- Alle Werte „mit Schilddrüsenschutz“

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

RöFo 180 (2008) 391-395

Dem Strahlenschutz des Kopf-Hals-Bereichs sollte mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden!



GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Verhältnis von effektiver Dosis zur Tiefen-Personendosis für unterschiedliche Schutzausrüstungen (Angiographie)

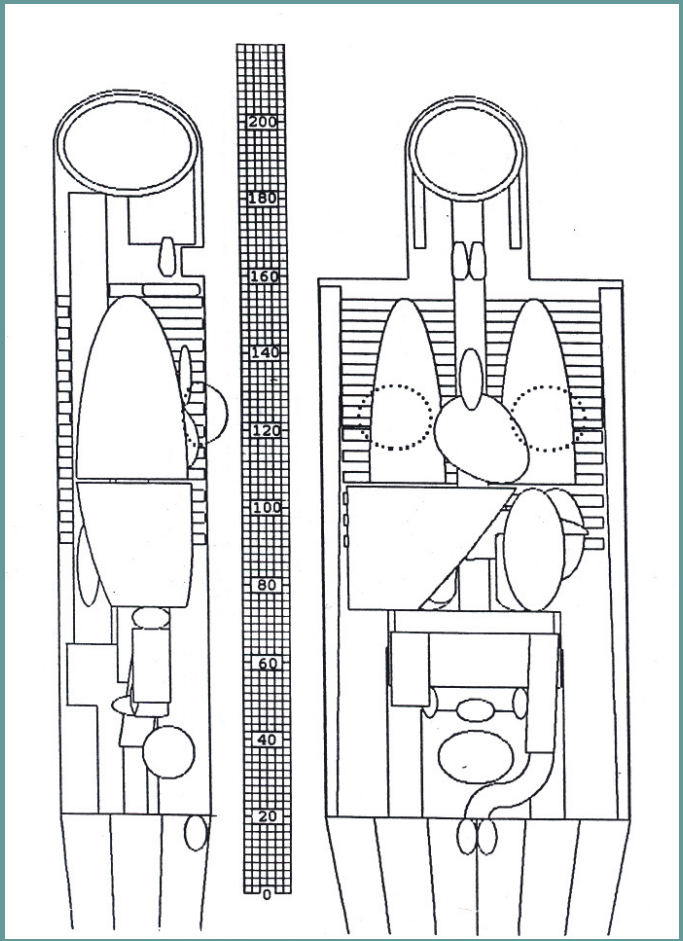
	Verhältnis von effektiver Dosis zur Personendosis			
	ICRP 60		ICRP 103	
	ohne SD-Schutz	mit SD-Schutz	ohne SD-Schutz	mit SD-Schutz
Schutzkleidung 0,35 mm Pb	1,57	0,95	1,57	1,06
Schutzkleidung 0,50 mm Pb	2,22	1,05	2,38	1,42
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer Dauerschutz	1,78	0,60	2,14	1,18
Schutzkleidung 0,50 mm Pb + unterer und oberer Dauerschutz	1,64	0,78	1,81	1,10

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

RöFo 180 (2008) 391-395

Geschlechts-Mittelung bei der Berechnung der effektiven Dosis in der Röntgendiagnostik nach ICRP 60 (1990)

Externe Exposition



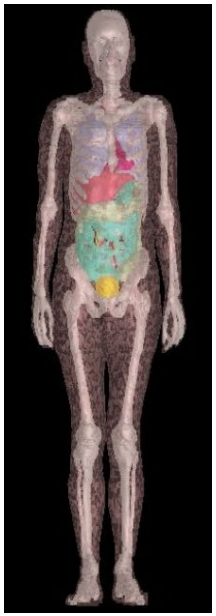
Hermaphroditisches Phantom (NRPB-R250)

Geschlechts-Mittelung bei der Berechnung der effektiven Dosis in der Röntgendiagnostik nach ICRP 103 (2007)

Externe Exposition

männl. Phantom
absorbierte Dosen
$D_{T,männl.}$

weibl. Phantom
absorbierte Dosen
$D_{T,weibl.}$



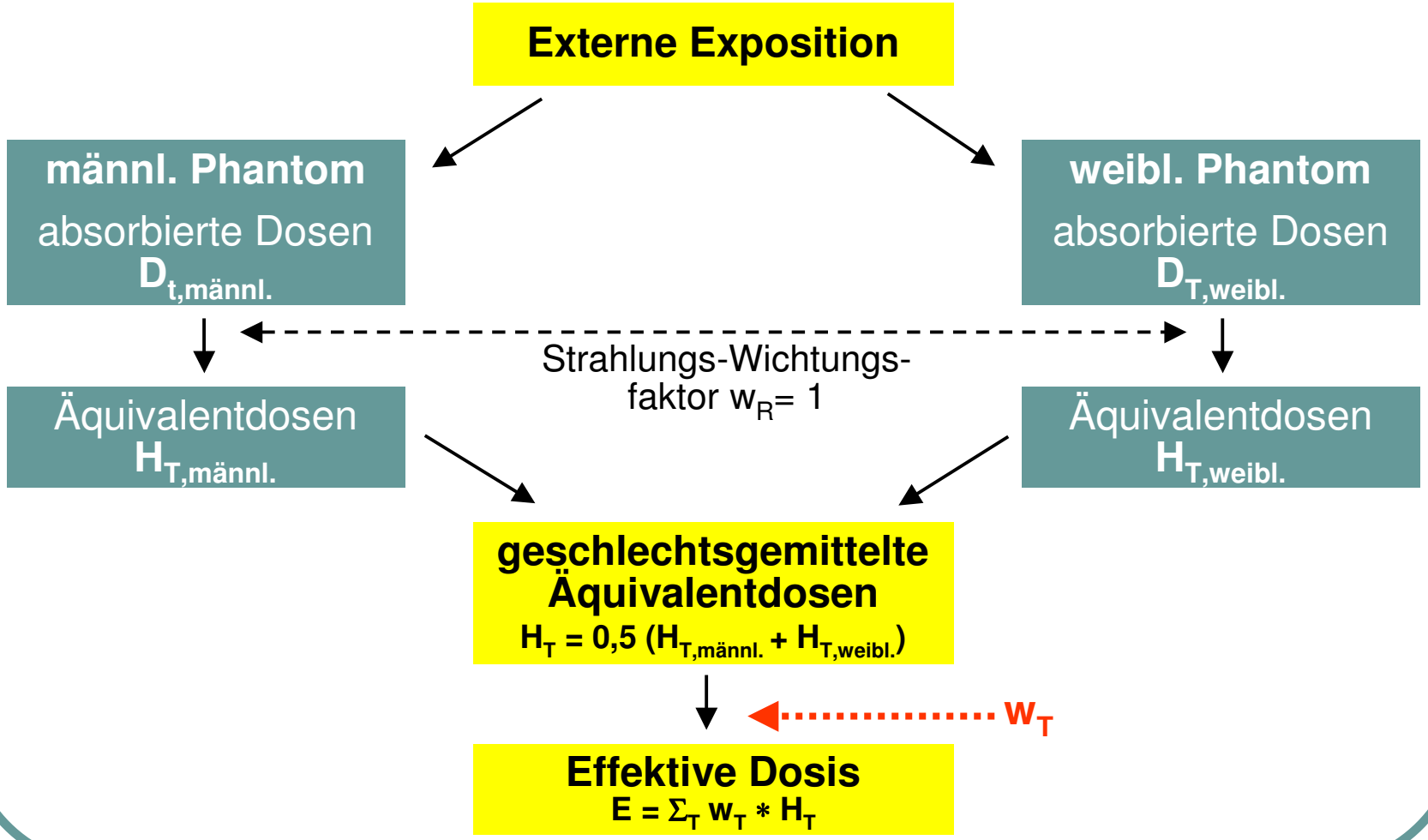
Reference Male Computational Phantom
176 cm; 73 kg

Reference Female Computational Phantom
163 cm; 60 kg

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Abbildungen: © M. Zankl, Helmholtz Zentrum München

Geschlechts-Mittelung bei der Berechnung der effektiven Dosis in der Röntgendiagnostik nach ICRP 103 (2007)



GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T zur Bestimung der effektiven Dosis nach ICRP 60 und ICRP 103

Gewebe oder Organ	w_T nach ICRP 60	w_T nach ICRP 103
Gonaden	0,20	0,08
Rotes Knochenm.	0,12	0,12
Kolon	0,12	0,12
Lunge	0,12	0,12
Magen	0,12	0,12
Brust	0,05	0,12
Blase	0,05	0,04
Leber	0,05	0,04
Speiseröhre	0,05	0,04
Schilddrüse	0,05	0,04
Haut	0,01	0,01
Knochenoberfl.	0,01	0,01
Speicheldrüsen	---	0,01
Gehirn	---*	0,01**
Σ	0,95	0,88

Gewebe oder Organ	w_T nach ICRP 60	w_T nach ICRP 103
„Restkörper“:		
Nebennieren	0,005	0,0086
Gehirn	0,005*	---**
Oberer Dickdarm	0,005	---
Dünndarm	0,005	0,0086
Nieren	0,005	0,0086
Muskel	0,005	0,0086
Bauchspeicheldr.	0,005	0,0086
Milz	0,005	0,0086
Thymus	0,005	0,0086
Gebärmutter	0,005	0,0086
ET-Region	---	0,0086
Gallenblase	---	0,0086
Herz	---	0,0086
Lymphknoten	---	0,0086
Mundschleimhaut	---	0,0086
Prostata	---	0,0086
Σ	0,05	0,12

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Effektive Dosen des Patienten (Relativwerte) in der Computertomographie

Thorax-CT

(MSCT, Feldlänge: 30 cm; 120 kV_p; 25 mAs; 0,5 x 64 = 32 mm; pitch: 0,8)

ICRP 60: 100 % → ICRP 103: 121 %

Coronar-CT

(MSCT, Feldlänge: 14 cm; 120 kV_p; 150 mAs; 0,5 x 64 = 32 mm; pitch: 0,8)

ICRP 60: 100 % → ICRP 103: 131 %

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

RöFo 180 (2008) 391-395

Organ „Brust“ im Modell der effektiven Dosis nach ICRP 103

$$E = \Sigma_T \; w_T \, H_T \qquad \text{(B.3.7)}$$

$$E = \Sigma_T \; w_T \, [0{,}5 \, (H_{T,\text{männl.}} + H_{T,\text{weibl.}})] \qquad \text{(B.3.9)}$$

$$E = w_{Brust} \, H_{Brust,\text{weibl.}} + \Sigma_{(T \neq Brust)} \; w_T \, [0{,}5 \, (H_{T,\text{männl.}} + H_{T,\text{weibl.}})] \qquad \text{(B.3.8)}$$

Daraus folgt:

$$w_{Brust} \, [0{,}5 \, (H_{Brust,\text{männl.}} + H_{Brust,\text{weibl.}})] = w_{Brust} \; H_{Brust,\text{weibl.}}$$

$$H_{Brust} = 0{,}5 \, (H_{Brust,\text{männl.}} + H_{Brust,\text{weibl.}}) = H_{Brust,\text{weibl.}}$$

Es folgt aber <u>nicht</u>: $H_{Brust,\text{männl.}} = 0$ oder
w_{Brust} ist ein „geschlechtsspezifischer“ Wichtungsfaktor.

Durch Gl. (B.3.8) wird lediglich betont, dass der Wichtungsfaktor für die Brust im Wesentlichen von der Inzidenz und Mortalität für den weiblichen Brustkrebs abgeleitet wurde.

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

„Geschlechtsspezifische effektive Dosis“ – eine Erweiterung des Modells der ICRP 103

Ansatz: $E = 0{,}5\ (E_{männl.} + E_{weibl})$

	$w_{Brust} \cdot H_{Brust}$		
	Modell 1	Modell 2	Modell 3
weiblich	$0{,}12 \cdot H_{Brust}$	$0{,}24 \cdot H_{Brust}$	$0{,}12 \cdot H_{Brust}$
männlich	$0{,}12 \cdot H_{Brust}$	0,00	0,00

Aufgrund der "geschlechtsneutralen" Definition der effektiven Dosis bezieht sich auch der Wichtungsfaktor für die Brust auf ein Kollektiv beiderlei Geschlechts.

Ein "Aufteilen" des Faktors für die Brust in 0,00 für das männliche Teilkollektiv und 0,24 für das weibliche Teilkollektiv (Modell 2) wird durch den Ansatz begründet, mit dem die Gewebewichtungsfaktoren abgeleitet werden und bei dem sich für das geschlechtsneutrale Gesamtkollektiv ein Wichtungsfaktor von 0,12 ergibt.

RöFo 180 (2008) 391-395; Z Med Phys 13 (2003) 123-126

Relative eff. Dosen und geschlechtsspezifische eff. Dosen auf Grundlage von ICRP 60 und ICRP 103

		ICRP 60	ICRP 103
Thorax-CT	**eff. Dosis E**	100 % [(1)]	121 %
	$E_{weibl.}$	113,4 %	151,7%
	$E_{männl.}$	86,6 %	90,3 %
Coronar-CT	**eff. Dosis E**	100 % [(1)]	131 %
	$E_{weibl.}$	125,6 %	**183 %**
	$E_{männl.}$	74,2 %	**56,1 %**

Faktor 3,3

[(1)] Referenz

mit w_{Brust} = 0,24 für das weibliche Subkollektiv (ICRP 103) bzw. w_{Brust} = 0,10 (ICRP 60) und w_{Brust} = 0,0 für das männliche Subkollektiv

Literatur

- von Boetticher H, Lachmund J, Looe HK, Hoffmann W, Poppe B.
  Recommendations of the ICRP change basis for estimation of the effective dose: What is the impact on radiation dose assessment of patient and personnel?
  RöFo 2008; 180: 391-395

- von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W.
  Wie konservativ ist die Abschätzung der effektiven Dosis durch die amtliche Personendosimetrie für das Personal in der Röntgendiagnostik?
  RöFo 2007; 179: 728-732

- von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W, Luska G.
  Optimierung des Strahlenschutzes für das Personal in der Radiologie auf Grundlage der effektiven Dosis.
  RöFo 2006; 178: 287-291

- von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W.
  Geschlechtsspezifische Bestimmung der effektiven Dosis am Beispiel von CT-Thoraxuntersuchungen.
  Z Med Phys 2003; 13: 123-126