Ein anderes Konzept zur Personendosimetrie in der Röntgendiagnostik

Heiner von Boetticher

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

heiner.boetticher@klinikum-bremen-ldw.de

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Überblick

- Situation nach RöV u. Richtlinie
- Probleme der Personendosimetrie
- Ergebnisse von Testmessungen
- Alternative Ansätze

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

RöV: Ermittlung von Organdosen und effektiver Dosis

Bestimmung von Organdosen und effektiver Dosis durch Messung der Personendosis

- Die Körperdosis *[Organdosen und effektiver Dosis]* ist durch Messung der **Personendosis** zu ermitteln. Die zuständige Behörde bestimmt Messstellen für diese Messungen, die wiederum die **Dosimeter** festlegen, die verwendet werden müssen.

- Die Anzeige dieser Dosimeter gilt als Maß für die **effektive Dosis**, sofern die Körperdosis für einzelne Körperteile nicht genauer ermittelt worden ist. Bei Verdacht auf Überschreitung der Dosisgrenzwerte ist die Körperdosis unter Berücksichtigung der Expositionsbedingungen zu ermitteln.

RöV: Messort der Personendosis

- Die Personendosis wird an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche gemessen (§ 41(3) StrlSchV, § 35 (5) RöV). ... Als repräsentativer Trageort für Ganzkörperdosimeter gilt in der Regel die Vorderseite des Rumpfes.
- Beim Tragen von Schutzkleidung ist die Personendosis unter der Schutzkleidung zu messen ...

Zu überwachende Größe	Messgröße
Effektive Dosis E	Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ (amtl. Personendosis/ Filmplakette)

Verteilung der Jahrespersonendosen in der Medizin im Jahr 2009 (257.442 Personen)

Dosis H [mSv]	Anzahl	%
$H = 0$	225.135	87,5
$0 < H \leq 0{,}2$	19.824	7,7
$0{,}2 < H \leq 0{,}4$	4.796	1,9
$0{,}4 < H \leq 0{,}6$	2.178	0,8
$0{,}6 < H \leq 0{,}8$	1.407	0,5
$0{,}8 < H \leq 1{,}0$	1.038	0,4

Dosis H [mSv]	Anzahl	%
$1 < H \leq 2$	1.991	0,8
$2 < H \leq 4$	789	0,3
$4 < H \leq 6$	173	0,1
$6 < H \leq 8$	52	$< 0{,}1$
$8 < H \leq 10$	27	$< 0{,}1$
$10 < H \leq 15$	24	$< 0{,}1$
$15 < H \leq 20$	2	$< 0{,}1$
$H > 20$	6	$< 0{,}1$

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

Nach: BfS: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2009, S. 236

Probleme unserer Personendosimetrie
(großer Aufwand – wenig Information)

(1) Was bedeutet die Dosisangabe „Null“?
- „Keine Strahlung abbekommen“?
- „Dosimeter nicht getragen“?
- „0 < Dosiswert < Nachweisgrenze“?

(2) Abschätzung der Hautdosis, der Dosis im Kopf-Halsbereich und der Augendosis in der Regel nicht möglich

(3) „Gleiche“ Dosisangabe für unterschiedliche Schutzkleidung (mit/ohne Schilddrüsenschutz, Rundum-Schürze oder Frontschürze)!

(4) Maßnahmen zur Optimierung des Strahlenschutzes zeigen in der Regel keine Reduktion der Dosimeterwerte

Personendosis = effektive Dosis?

- Die Personendosimeter bestimmen die Personendosis sehr genau ...
- ... Probleme tauchen erst auf, wenn die Personendosis in der Röntgendiagnostik (wie in Deutschland) <u>unterhalb der Schutzkleidung</u> gemessen wird
- ... und wenn man die Personendosis mit der effektiven Dosis E gleichsetzt; dann ...

$$E = \Sigma_T \; w_T * H_T$$

- ... besteht die Gefahr der Dosisunterschätzung (auch wenn E gemäß RöV (d.h. ICRP 60; 1991) bestimmt wird – gemäß ICRP 103; 2007 wird das Problem drastisch!

Bestimmungen zur Personendosimetrie in 13 europäischen Ländern

	Länderzahl
Messgröße $H_p(10)$	13
Dosimeter unter der Schürze	5
Dosimeter über der Schürze	8
Dosimeter über und unter der Schürze	1
Doppeldosimetrie als gesetzliche Verpflichtung	2
Keine Empfehlungen zur Doppeldosimetrie	8
Algorithmus zur Doppeldosimetrie angegeben (nach ICRP 60)	3

nach: Nikodemová D, APT-Seminar 2007

Doppeldosimetrie nach der Schweizer Dosimetrieverordnung

... Die Aufsichtsbehörde kann verlangen, dass bei dosisintensiven Arbeiten mit Bleischürzen zwei Dosimeter getragen werden...

... Mit zwei Dosimetern wird die totale individuelle Dosis wie folgt berechnet:

$H_{total}(10) = H_{unter}(10) + 0{,}1 \cdot H_{über}(10)$ (ohne Schilddrüsenschutz)

$H_{total}(10) = H_{unter}(10) + 0{,}05 \cdot H_{über}(10)$ (mit Schilddrüsenschutz)

$H_{total}(10)$	=	totale individuelle Dosis
H_{unter}	=	Dosis <u>unter</u> der Bleischürze
$H_{über}$	=	Dosis <u>über</u> der Bleischürze

Eidgenössisches Departement des Inneren und Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Verordnung über die Personendosimetrie (Dosimetrieverordnung) vom 07.10.1999 (Vers. 1 Januar 2008); SR 814.501.43. Bern; 2008

Doppeldosimetrie nach der Schweizer Dosimetrieverordnung

... Die Aufsichtsbehörde kann verlangen, dass bei dosisintensiven Arbeiten mit Bleischürzen zwei Dosimeter getragen werden...

... Mit zwei Dosimetern wird die totale individuelle Dosis wie folgt berechnet:

$$H_{total}(10) = H_{unter}(10) + 0{,}1 \cdot H_{über}(10) \quad \text{(ohne Schilddrüsenschutz)}$$

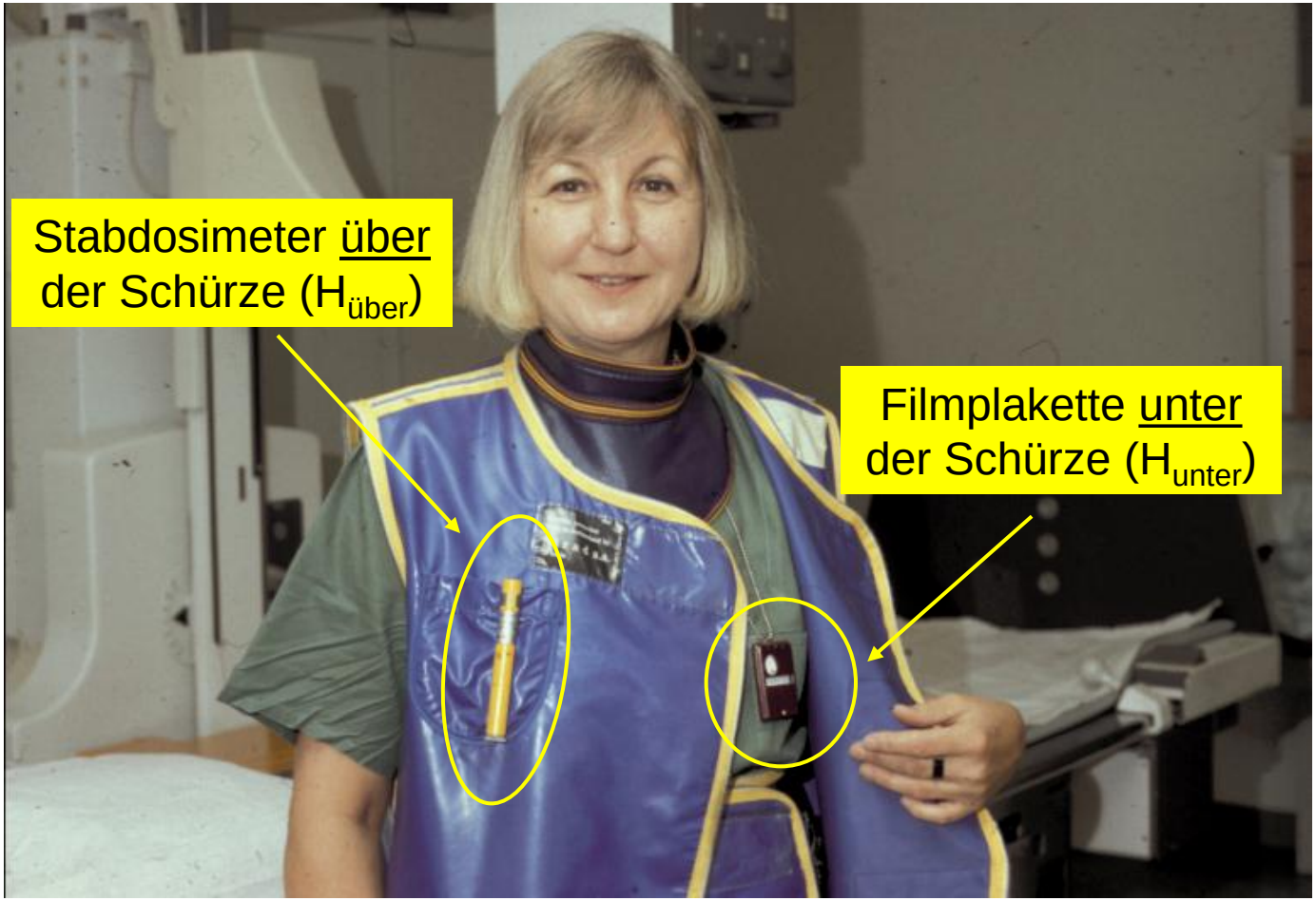
$$H_{total}(10) = H_{unter}(10) + 0{,}05 \cdot H_{über}(10) \quad \text{(mit Schilddrüsenschutz)}$$

Wert unserer Personendosimetrie

„übersehener“ Beitrag zur effektiven Dosis

Eidgenössisches Departement des Inneren und Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Verordnung über die Personendosimetrie (Dosimetrieverordnung) vom 07.10.1999 (Vers. 1 Januar 2008); SR 814.501.43. Bern; 2008

Personendosimetrie mit 2 Dosimetern („Schweizer Ansatz“)



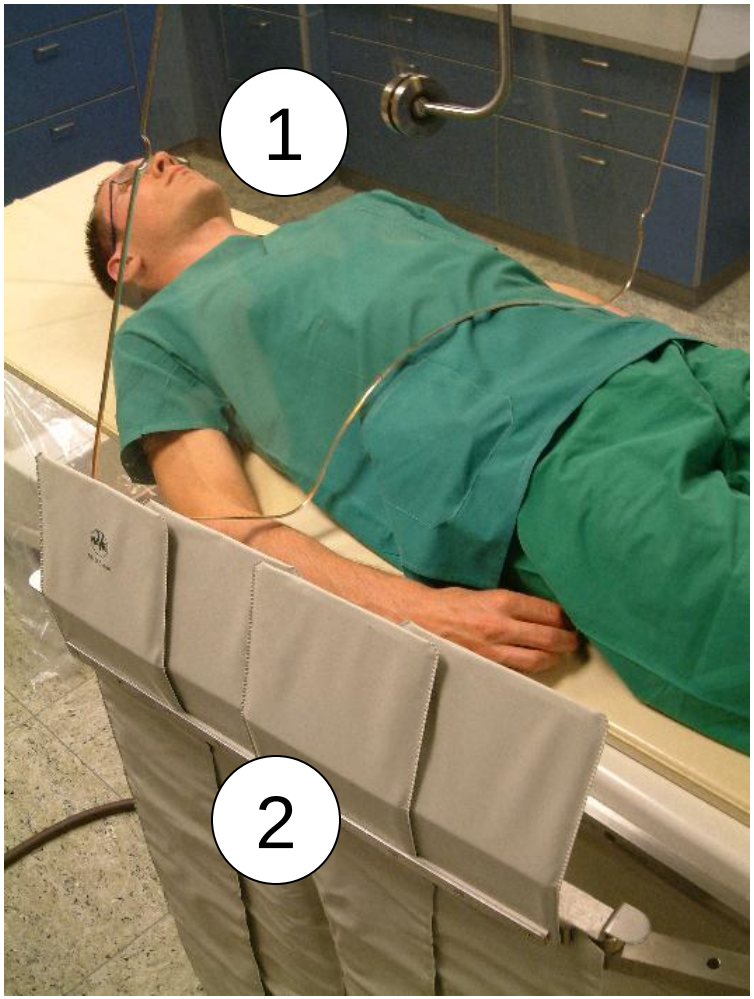
Ergebnisse der Personendosimetrie mit 2 Dosimetern (Interventionelle Radiologie)

Monat	Dosis H_{unter} Filmdosimeter [mSv]	Dosis $H_{über}$ Stabdosimeter [mSv]
April	0,0	0,85
Mai	0,0	0,57
Juni	0,0	0,89
Juli	0,0	0,43
August	0,0	0,41
September	0,0	0,86
Oktober	0,0	1,25
November	0,0	1,40
Dezember	0,0	0,64
Summe für 9 Monate	0,0	7,30
Jahresdosis	0,0	9,73

Dosis $H_{unter} = 0$ und $H_{über} > 0$ $\Rightarrow$ Unterschätzung der effektiven Dosis

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Konsequenz der Messungen: Anschaffung von Passivschutz für beide Seiten des Tisches



1

Bleiacrylglasscheibe

2

Unterkörperschutz

Alternative:
Messung der Personendosis über der Schürze

1. Problem: Dosisüberschätzung?

- Die Schutzkleidung schirmt zwar den Rumpf ab, aber nicht den Kopf-Halsbereich
- Der Anzeigewert des Filmdosimeters muss in jedem Fall korrigiert werden, um eine konservative Abschätzung zu erhalten*

- Messung unter der Schutzkleidung: Multiplikation mit einem (kleineren) Faktor (Problematisch bei Nullmessung)
- Messung über der Schutzkleidung: Division durch eine (größeren) Faktor

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

*Faulkner K, Marshall NW. Health Physics 65 (1993) 729-733

Korrekturfaktoren zur Ermittlung der effektiven Dosis aus den Anzeigewerte der Filmdosimeter H_{unter} bzw. $H_{über}$

Korrekturfaktoren (Interventionelle Radiologie)		
	Effektive Dosis	Effektive Dosis
mit Schilddrüsenschutz	$H_{unter} \cdot 2{,}0$	$H_{über} : 11{,}3$
ohne Schilddrüsenschutz	$H_{unter} \cdot 3{,}0$	$H_{über} : 7{,}4$

Für effektive Dosis gemäß ICRP 103; 2007 (in der RöV noch nicht berücksichtigt)

H_{unter} = Dosiswert des Filmdosimeters <u>unter</u> der Bleischürze (Brusthöhe)

$H_{über}$ = Dosiswert des Filmdosimeters <u>über</u> der Bleischürze (Höhe des Halses)

GESUNDHEIT NORD KLINIKUM LINKS DER WESER

von Boetticher H u.a., Health Physics 2010; 99: 800-805

Personendosimetrie „über der Schürze“

2. Problem: Formales Vorgehen

1. Mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde keine Durchführung der Personendosimetrie gemäß der Richtlinie
2. Daher: Festlegung einer Ersatzdosis durch die Aufsichtsbehörde
3. Ermittlung der Ersatzdosis durch Messung mit den üblichen Filmplaketten über der Schürze und Korrektur der Messwerte, um die effektive Dosis abzuschätzen (Division durch Faktor 11 {7}; mit {ohne} Schilddrüsenschutz)
4. Mitteilung der Ersatzdosis an die Messstelle

Radiologische Klinik A: Verteilung der Jahrespersonendosen im Jahr 2009

Dosis H [mSv]	Anzahl	Prozent
$H = 0$	29	91 %
$0 < H \leq 0{,}2$	3	9 %
$0{,}2 < H \leq 0{,}4$		
$0{,}4 < H \leq 0{,}6$		
$0{,}6 < H \leq 0{,}8$		
$0{,}8 < H \leq 1{,}0$		

Dosis H [mSv]		Prozent
$1 < H \leq 2$		
$2 < H \leq 4$		
$4 < H \leq 6$		
$6 < H \leq 8$		
$8 < H \leq 10$		
$10 < H \leq 15$		
$15 < H \leq 20$		
$H > 20$		

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Radiologische Klinik A: Verteilung der Jahresdosen $H_{über}$ „vor Schürze“ im Jahr 2010

Dosis H_2 [mSv]	Anzahl	Prozent
$H_ü = 0$	19	54 %
$0 < H_ü \leq 0{,}2$	6	17 %
$0{,}2 < H_ü \leq 0{,}4$	2	6 %
$0{,}4 < H_ü \leq 0{,}6$	2	6 %
$0{,}6 < H_ü \leq 0{,}8$	2	6 %
$0{,}8 < H_ü \leq 1{,}0$		

Dosis H_2 [mSv]	Anzahl	Prozent
$1 < H_ü \leq 2$	1	3 %
$2 < H_ü \leq 4$	1	3 %
$4 < H_ü \leq 6$	1	3 %
$6 < H_ü \leq 8$		
$8 < H_ü \leq 10$		
$10 < H_ü \leq 15$		
$15 < H_ü \leq 20$	1	3 %
$H_ü > 20$		

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Radiologische Klinik: Effektive Dosis

2009 („unter Schürze“)		
Dosis E [mSv]	Anzahl	Prozent
E = 0	29	91 %
0 < E ≤ 0,2	3	9 %
0,2 < E ≤ 0,4		0
0,4 < E ≤ 0,6		0
1 < E ≤ 2		0

2010 („über Schürze“)		
Dosis E [mSv]	Anzahl	Prozent
E = 0	19	54 %
0 < E ≤ 0,2	13	37 %
0,2 < E ≤ 0,4	1	3 %
0,4 < E ≤ 0,6	1	3 %
1 < E ≤ 2	1	3 %

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

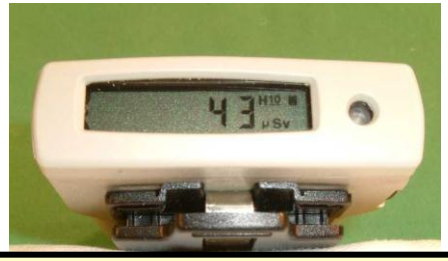
Vergleich: Messung der Personendosis unter/über der Schürze

Keine Mehrkosten, kein Mehraufwand!	Dosimeter unter Schürze	Dosimeter über Schürze
Abschätzung der Augendosis und der Dosis im Kopf-Halsbereich möglich	-	+
Maßnahmen zur Optimierung des Strahlenschutzes zeigen Dosisreduktion	-	+
Differenzierung von Arbeitsplätzen durch erwartungsgemäße Anzeigewerte > Null	-	+
Überprüfbarkeit des Einsatzes der Dosimeter	-	+
Unterschätzung der effektiven Dosis	x	
Überschätzung der effektiven Dosis		x

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Optimierte Alternative zur Bestimmung von E:
Doppeldosimetrie mit elektronischem Dosimeter unter der Schürze

Schutzkleidung



Körper

Immer:

Filmplakette <u>über der Schürze</u>

Bei „Bedarf"

Doppeldosimetrie mit elektronischem Dosimeter als 2. Dosimeter <u>unter der Schürze</u>*

GESUNDHEIT NORD
KLINIKUM LINKS DER WESER

Elektr. Dosimeter sind in der Regel unter der Schürze problemlos einsetzbar:
Borowski M u.a., RöFo 182 (2010) 773-779

Personendosimetrie: Zusätzliche Dosimeter

Auf Wunsch der strahlenexponierten Person: jederzeit ablesbares Dosimeter

Der zu überwachenden Person ist auf ihr Verlangen ein **Dosimeter** zur Verfügung zu stellen, mit dem die Personendosis **jederzeit** festgestellt werden kann.

RöV § 35 (5)

Bestimmung der effektiven Dosis nach ICRP 103 mit der „Doppeldosimetrie“

$E = 0{,}79\ H_{unter} + 0{,}100\ H_{über}$ (ohne Schilddrüsenschutz)

$E = 0{,}84\ H_{unter} + 0{,}051\ H_{über}$ (mit Schilddrüsenschutz)

E	=	Effektive Dosis mit Gewebe-Wichtungsfaktoren **gemäß ICRP 103***
H_{unter}	=	Dosiswert <u>unter</u> der Bleischürze (Brusthöhe)
$H_{über}$	=	Dosiswert <u>über</u> der Bleischürze (am Hals)

*in der RöV noch nicht berücksichtigt (s. Literatur)

von Boetticher H u.a., Health Physics 95 (2010) 800-805

Literatur

- von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W.
  An analytic approach to double dosimetry algorithms in occupational dosimetry using energy dependent organ dose conversion coefficients.
  Health Physics 2010; 99: 800-805

- Borowski M, Poppe B, Looe HK, von Boetticher H.
  Sind elektronische Personendosimeter in klinischen Expositions-situationen grundsätzlich nicht einsetzbar?
  Fortschr Röntgenstr 2010; 182: 773-779

- von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W.
  Cardiac catheterization: Impact of face and neck shielding on new estimates of effective dose.
  Health Physics 2009; 97: 622-62

- 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?
  Fortschr Röntgenstr 2008; 180: 391-395