

Unterweisung im Strahlenschutz nach § 36 RöV und § 38 StrSchV

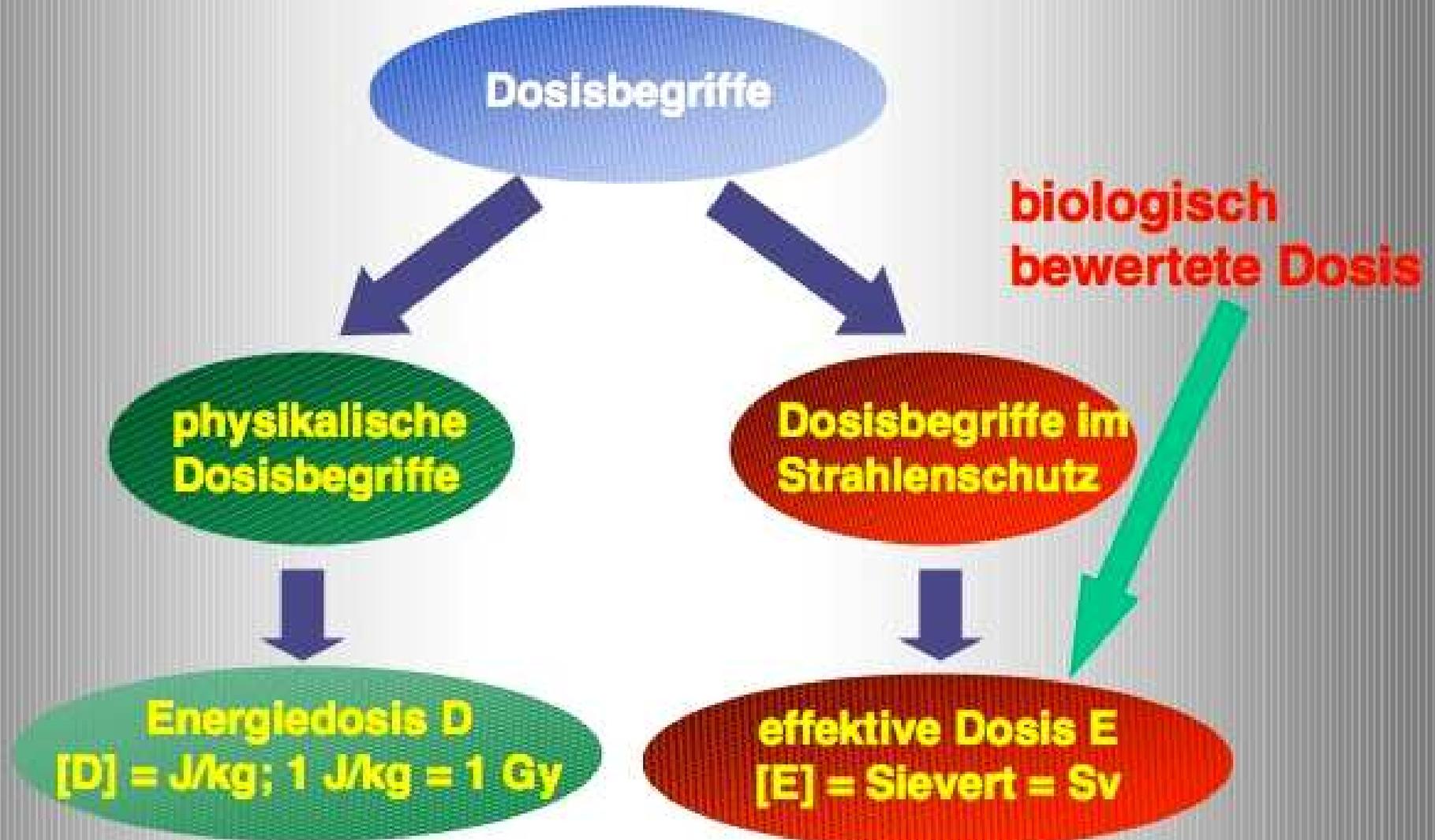
Verpflichtend für alle Personen, die in
Strahlenschutzbereichen tätig sind !

Matthias Bollow

Klinik für diagnostische und interventionelle
Radiologie und Nuklearmedizin
Augusta-Kranken-Anstalt Bochum
www.radiologie-ruhrgebiet.de



Dosisbegriffe im Strahlenschutz



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Ionendosis J C/kg
(alt: Röntgen [R])

Menge an ionisierender Strahlung, die beim Durchgang durch ein Kilogramm Luft (bei Temp=0°C, p=1013 hPa) eine Ladung von 1 **Coulomb** erzeugt

Messung mit Stabdosimeter, Ionisationskammer, Zählrohr

1 C/kg entspricht etwa 35 J/kg (Energiedosis)

Umrechnung: $1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$

(entspricht bei trockener Luft etwa 0,01 Gy) $1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Energiedosis $\text{J/kg} = \text{Gray}$ „Gy“

(alt: Rad [rd] radiation absorbed dose)

Energiemenge, die ein Stoff pro Masse bei Wechselwirkung mit ionisierenden Strahlen absorbiert

Umrechnung: $1 \text{ rd} = 0,01 \text{ Gy}$

$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rd}$

Rad wurde bis 1977 verwendet (im medizin. Bereich bis Ende 1985), seit 1.1.1978 keine offizielle Einheit

Dosisflächenprodukt DFP = Produkt aus Dosisleistung (Gy/s), Zeit (s) und Feldgröße (cm^2). Die Einheit ist **$\text{Gy} \times \text{cm}^2$**



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Äquivalentdosis / Organdosis: Sievert „Sv“

(nach Strahlenart unterschiedlich bewertete Energiedosis)

(zur Unterscheidung zum Gy, da eigentlich auch J/kg)

(alt: Rem radiation equivalent man)

Maß für die Strahlenexposition bzw. „-belastung“

absorbierte Energie x Qualitätsfaktor Q bzw.

Strahlenwichtungsfaktor W_R

Umrechnung: 1 Rem = 0,01 Sv = 10 mSv

1 Sv = 100 Rem



Strahlen-Wichtungsfaktoren W_R

Art und Energiebereich		Strahlungs-Wichtungsfaktor W_R
Photonen, alle Energien		1
Elektronen und Myonen*, alle Energien		1
Neutronen, Energie	< 10 keV	5
	10 keV bis 100 keV	10
	> 100 keV bis 2 MeV	20
	> 2 MeV bis 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
Protonen, außer Rückstoßprotonen, Energie > 2 MeV		5
Alphateilchen, Spaltfragmente, schwere Kerne		20

***Myonen** sind ca. 200 mal schwerer als Elektronen, aber in allen anderen Eigenschaften (elektr. Ladung, Magnetfeld, Spin) den Elektronen gleich. Sie haben nur eine begrenzte Lebensdauer, nach ca. 2 μ Sek. zerfällt ein Myon fast immer in ein Elektron, ein Myonen-Neutrino und ein Anti-Elektronen-Neutrino



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Effektive (Äquivalent) Dosis Sv

Berücksichtigt im Vergleich zur Äquivalentdosis zusätzlich die unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe des menschlichen Organismus gegenüber Strahlung.

Eff. Dosis $D_{\text{eff}} = \text{Organdosis } H_T \times \text{Gewebe-Wichtungsfaktor } W_T$

<i>Organe und Gewebe</i>	<i>Gewebe-Wichtungsfaktor w_T</i>
Keimdrüsen	0,20
Knochenmark (rot)	0,12
Dickdarm	0,12
Lunge	0,12
Magen	0,12
Blase	0,05
Brust	0,05
Leber	0,05
Speiseröhre	0,05
Schilddrüse	0,05
Haut	0,01
Knochenoberfläche	0,01
übrige Organe und Gewebe	0,05



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Der Zahlenwert der **effektiven Dosis** gibt bei einer Teilkörperbestrahlung näherungsweise an, welche gleichmäßig über den Körper verteilte Dosis (**„Ganzkörperdosis“**) ein gleich großes Risiko bewirken würde.

Die Bezugsgröße ist also ein fiktiver, kompletter Körper.

Ihre Einheit ist das **Sievert (Sv)**

Daraus ergibt sich: Die effektive Dosis

- lässt Vergleiche unterschiedlicher Untersuchungen zu,
- berücksichtigt die Strahlensensibilität unterschiedlicher Gewebe,
- muss errechnet werden (ist also nicht direkt messbar) und
- bleibt doch nur ein Näherungswert, da z.B. unterschiedliche Lebensalter der exponierten Person nicht berücksichtigt werden.



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Wege zur Ermittlung der effektiven Dosis:

1. Mit 2 Dosimetern (Webster 1989): je ein Dosimeter unter (H1) und ein Dosimeter über dem Bleischutz (H2). Aus den Meßwerten ergibt sich mit "1,5 H1 + 0,04 H2" ein guter Näherungswert für die effektive Dosis.
2. Mit "CTDI_w" gewichteter computertomographischer Dosisindex": Hier ergibt die Formel *CTDI x mAs pro Schicht x Scanlänge x Wichtungsfaktor* die effektive Dosis.
3. Mit dem Dosisflächenprodukt: Man erhält die effektive Dosis durch Multiplikation des Dosisflächenproduktes mit einem sogenannten *Konversionsfaktor* (Tabellen!), in dem die Wichtungsfaktoren enthalten sind.



Dosisvergleich nach Nagel:

H.D. Nagel (Hrsg.): Strahlenexposition in der Computertomographie.
3. Auflage. CTB Publications, Hamburg (2002)

Thorax konventionell:

$0,025 \text{ mSv (pa)} + 0,075 \text{ mSv (seitl.)} = 0,1 \text{ mSv}$
(125 kV, 400er Film-Foliensystem)

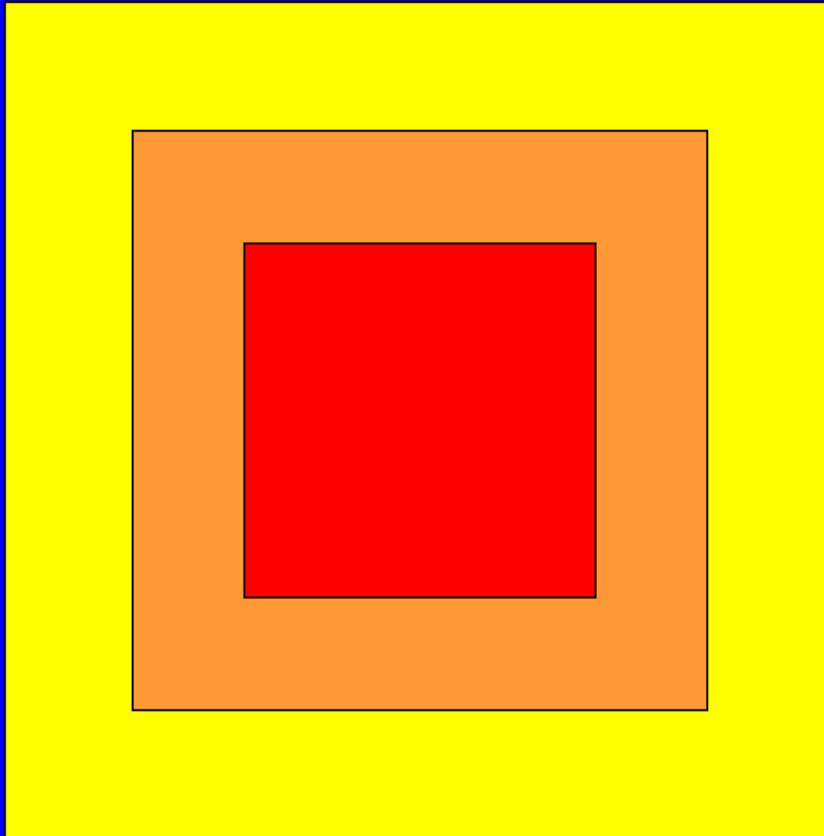
Thorax-CT:

$0,2 \text{ mGy/mAs} \times 250 \text{ mAs} \times 0,15 \text{ mSv/mGy} = 7,5 \text{ mSv}$
(25 Schichten á 8 mm)

Es zeigen sich am Thorax signifikante Differenzen zwischen konventionellen und computertomographischen Untersuchungen:
Dosisunterschied um den Faktor > 70 !

Praktischer Strahlenschutz

Strahlenschutzbereiche



Überwachungsbereich:
effektive Dosis > 1 mSv/a möglich

Kontrollbereich:
effektive Dosis > 6 mSv/a möglich

Sperrbereich (nur in StrSchV):
Dosisleistung > 3 mSv/h

§ 19 Strahlenschutzbereiche

(während der Einschaltzeit des Strahlers)



1. Überwachungsbereiche

effektive Dosis von mehr als **1 mSv** oder höhere Organdosen als **15 mSv** für die Augenlinse oder **50 mSv** für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel

2. Kontrollbereiche (Abgrenzung, „Kein Zutritt – Röntgen“)

effektive Dosis von mehr als **6 mSv** oder höhere Organdosen als **45 mSv** für die Augenlinse oder **150 mSv** für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel

kann erreicht werden !



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Kontrollbereich (Röntgenraum bei eingeschalteter Röhre) = Raum, in dem Personen mehr als 6 mSv/a erhalten können (**Personenkategorie A**)

Überwachungsbereich (Schaltraum bei eingeschalteter Röhre) = Raum, in dem Personen mehr als 2 mSv/a erhalten können (**Personenkategorie B**)

Dosisgrenzwert für beruflich exponierte Personen: ≤ 20 mSv pro Jahr

Dosisgrenzwert für Personen unter 18: ≤ 1 mSv pro Jahr

Dosisgrenzwert für Bevölkerung: ≤ 1 mSv pro Jahr

Dosisgrenzwert für gebärfähige Frauen: max. 2 mSv/Mon. an Gebärmutter

Dosisgrenzwert ab Zeitpunkt Mitteilung Schwangerschaft bis zu deren Ende : Grenzwert 1 mSv an Gebärmutter





Zonen unterschiedlicher Höhenstrahlung

Neue Strahlenschutz

Einbezogen wird dabei die Höhenstrahlung. Die Betreffende Strahlenexposition ist im Kalenderjahr 1 m

Der Grenzwert für flughafen Strahlung beträgt 20

Abflug	Ankunft	Dosisbereich* [μSv]
Frankfurt	Gran Canaria	10 – 18
Frankfurt	Johannesburg	18 – 30
Frankfurt	New York	32 – 75
Frankfurt	Rio de Janeiro	17 – 28
Frankfurt	Rom	3 – 6
Frankfurt	San Francisco	45 – 110
Frankfurt	Singapur	28 – 50

ch kosmischer
er
die effektive Dosis

ch kosmische



„Röntgenuntersuchungen“ im Verhältnis zu anderen Strahlenexpositionen

Schwellendosis für die Auslösung von Erkrankungen	keine
* Sekundentod (Ausfall des Zentralen Nervensystems)	>100 Sv einmalig
* Tödliche (letale) Dosis beim Menschen	>10 Sv einmalig
* Reaktorunfall Tschernobyl (Ukraine) 26.4.1986 um 01:23:49	<0,02 mSv
Forschung, Technik, Haushalt	<0,01 mSv/a
Kerntechnische Anlagen	<0,01 mSv/a
Atombomben-Fallout	<0,01 mSv/a
Kosmische Strahlung in Meereshöhe	0,3 mSv/a
Nahrungsaufnahme	0,3 mSv/a
Terristische Strahlung	0,4 mSv/a
* Flugpersonal (Grenzwert StrlSchV 20 mSv/a)	>5 mSv
Inhalation von Radon-Gas und seinen Zerfallprodukten	1,1 mSv/a
Beruflich strahlenexponierte Personen (Grenzwert StrlSchV 20 mSv/a)	1,5 mSv
Berufslebensdosis (Grenzwert StrlSchV)	400 mSv
Medizin für das Jahr 2001	2,0 mSv/a
Zahnaufnahme	0,01 mSv
Knochendichtemessung	<0,01 - 3 mSv

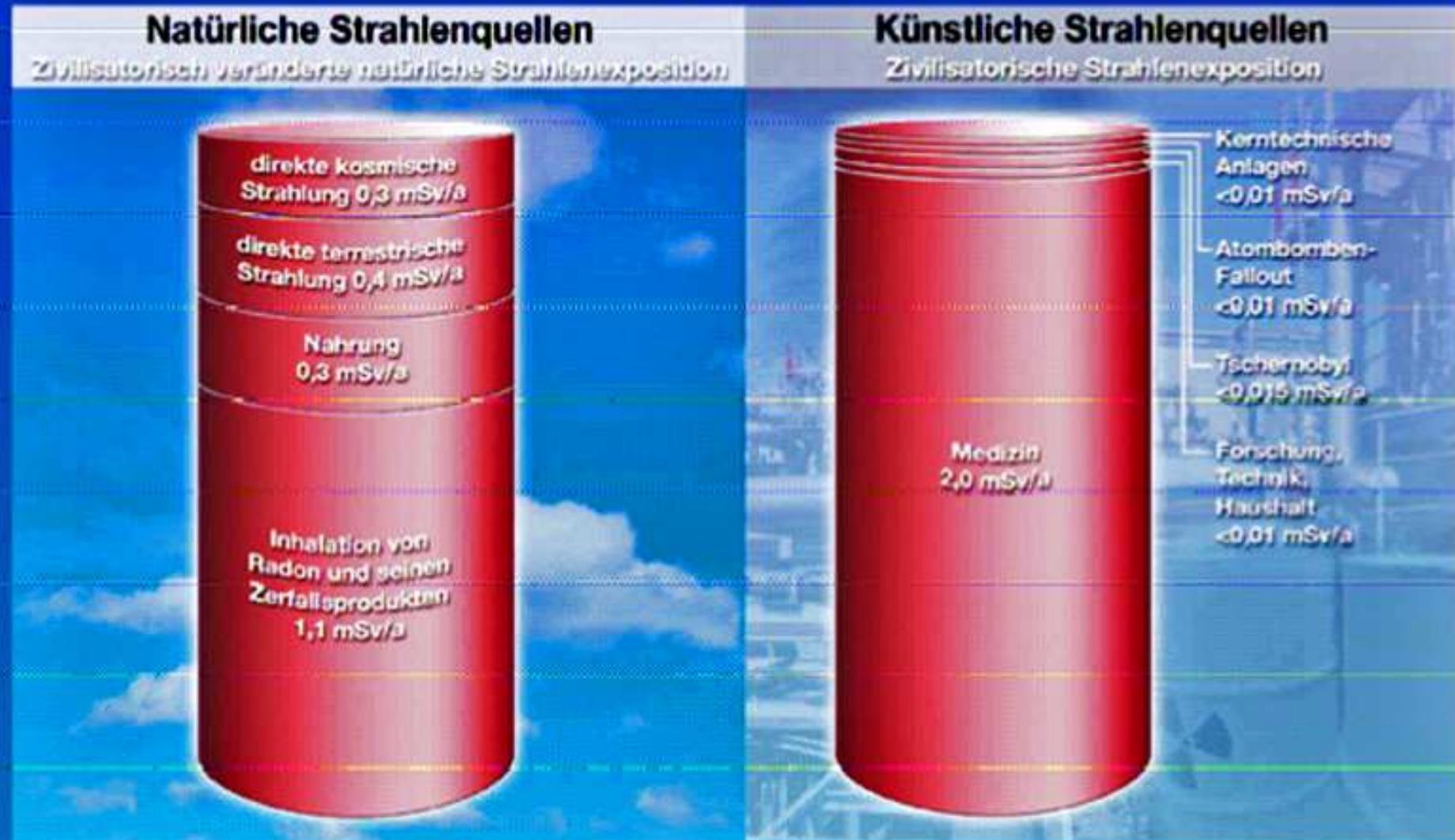
Extremitäten (Arme, Beine)	<0,01 - 0,1 mSv
Schädel-Aufnahme	0,03 - 0,1 mSv
Hüfte	0,07 - 0,4 mSv
Mammografie	0,2 - 0,6 mSv
Beckenübersicht	0,5 - 1,0 mSv
Wirbelsäule	0,1 - 1,8 mSv
Bauchraum (Abdomen)	0,6 - 1,1 mSv
Magen	6 - 12 mSv
Darm	10 - 18 mSv
Galle	1 - 8 mSv
Harntrakt	2 - 5 mSv
Bein-Becken-Phlegografie	0,5 - 2 mSv
Arteriografie und Interventionen	10 - 30 mSv
CT Schädel	2 - 4 mSv
CT Wirbelsäule	2 - 11 mSv
CT Brustkorb (Thorax)	6 - 10 mSv
natürliche Strahlenbelastung (D)	2,1 mSv/a
natürliche und künstliche Strahlenbelastung (D)	4,1 mSv/a

Quelle: (ohne *) Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Strahlenthemen. Dosisangaben für Deutschland 2001 - Stand: 08/2005



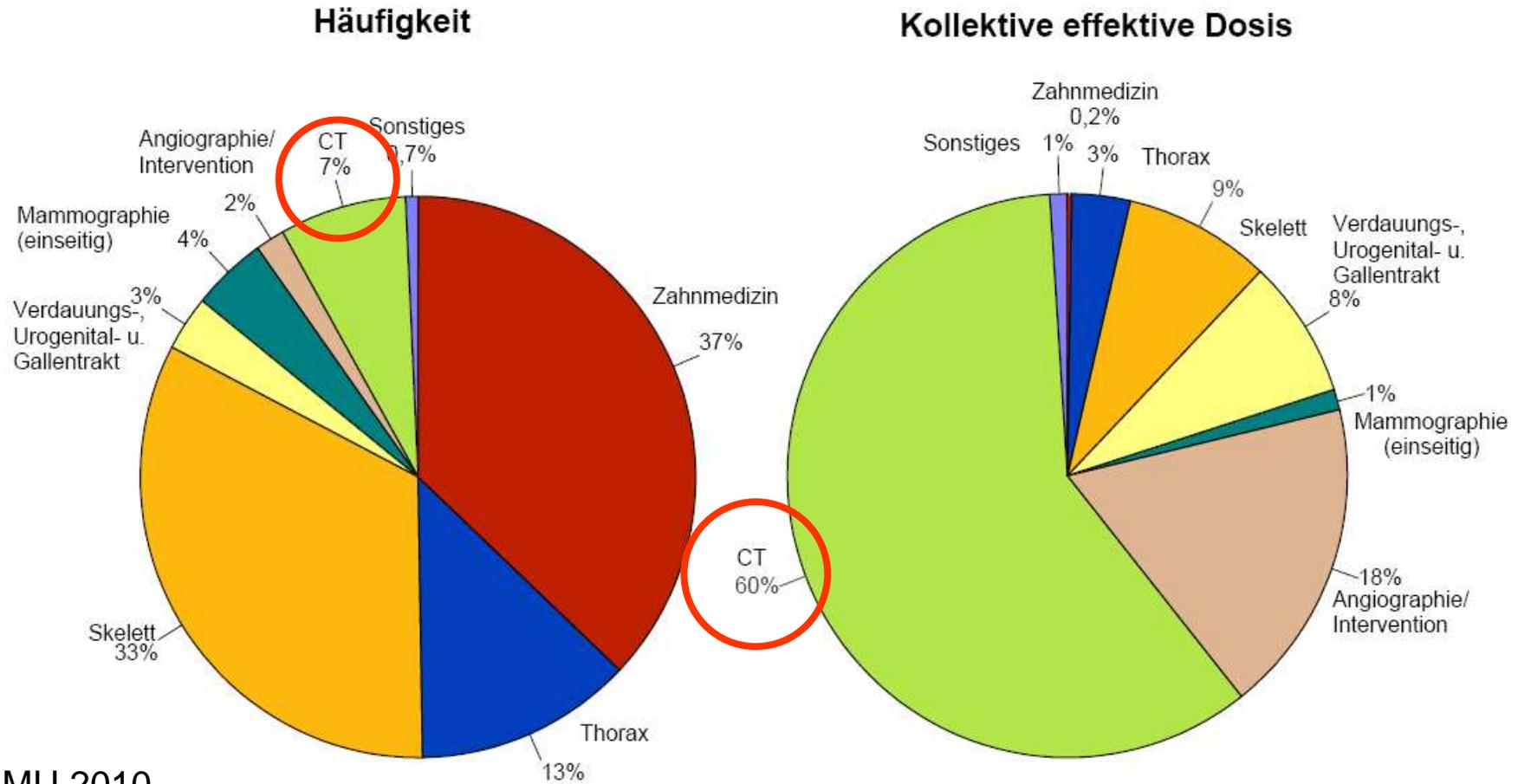
Effektive Jahresdosis der Bevölkerung

Mittlere effektive Jahresdosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland durch natürliche und künstliche Strahlenquellen



gemittelt über die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland

Prozentualer Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten an der Gesamthäufigkeit und an der kollektiven effektiven Dosis in Deutschland für das Jahr 2006



Angiographie/Intervention:

1% Gesamthäufigkeit entspricht 9 % der kollektiven effektiven Dosis

Computertomographie:

1% der Gesamthäufigkeit entspricht 8,6 % der kollektiven effektiven Dosis



Tabelle 1: Typische effektive Dosen durch medizinische Strahlenexposition (SSK 2008)

Diagnoseverfahren	Typische effektive Dosis (mSv)	Anzahl von Untersuchungen des Thorax in 2 Ebenen, die zu einer vergleichbaren Exposition führt	Ungefährer Zeitraum der natürlichen Strahlenexposition, der zu einer vergleichbaren Exposition führt ¹
Röntgenuntersuchungen:²			
Extremitäten und Gelenke (außer Hüfte)	0,01	0,1	1,5 Tage
Thorax (einzelne p.a.-Aufnahme)	0,04	0,4	7 Tage
Schädel	0,07	0,7	12 Tage
Brustwirbelsäule	0,7	7	4 Monate
Lendenwirbelsäule	1,3	13	7 Monate
Hüfte	0,3	3	7 Wochen
Becken	0,7	7	4 Monate
Barium-Bolus	1,5	15	9 Monate
Bariumbrei	3	30	17 Monate
Bariumeinlauf	7	70	3,3 Jahre
CT - Kopf	2,3	23	1,1 Jahr

¹ Durchschnittliche natürliche Strahlenexposition in Deutschland: 2,1 mSv pro Jahr [BMU: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2005, Unterrichtung durch die Bundesregierung (Parlamentsbericht), 2007] (äußere Exposition, natürliche Strahlenquellen, Ingestion und Radonexposition in Häusern).

² In Anlehnung an die Europäische Kommission: Leitlinien für die Überweisung zur Durchführung von bildgebenden Verfahren, Strahlenschutz 118 (2001), S. 20.

³ Im Normalfall als diagnostische Maßnahme nicht gerechtfertigt.

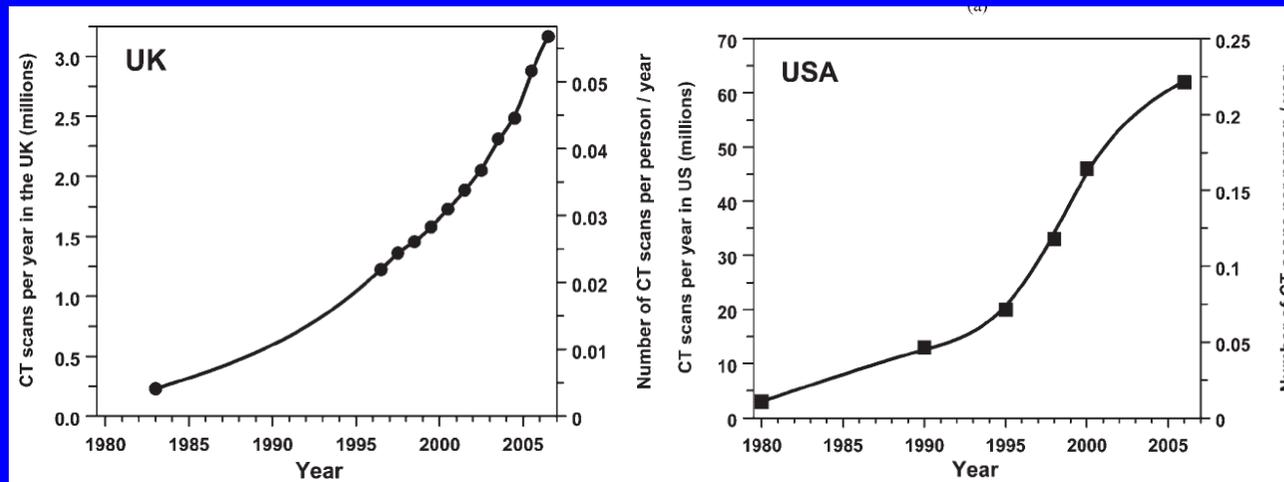
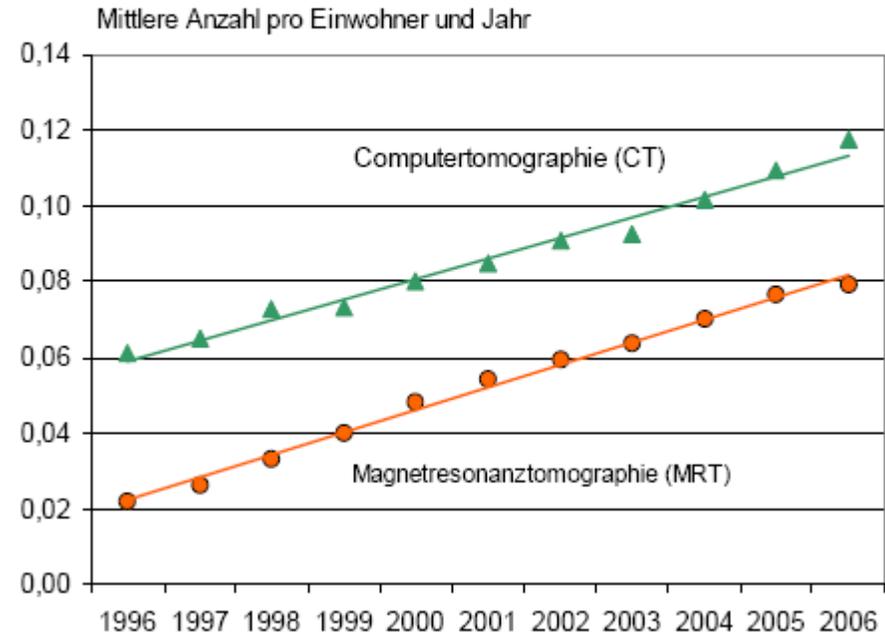
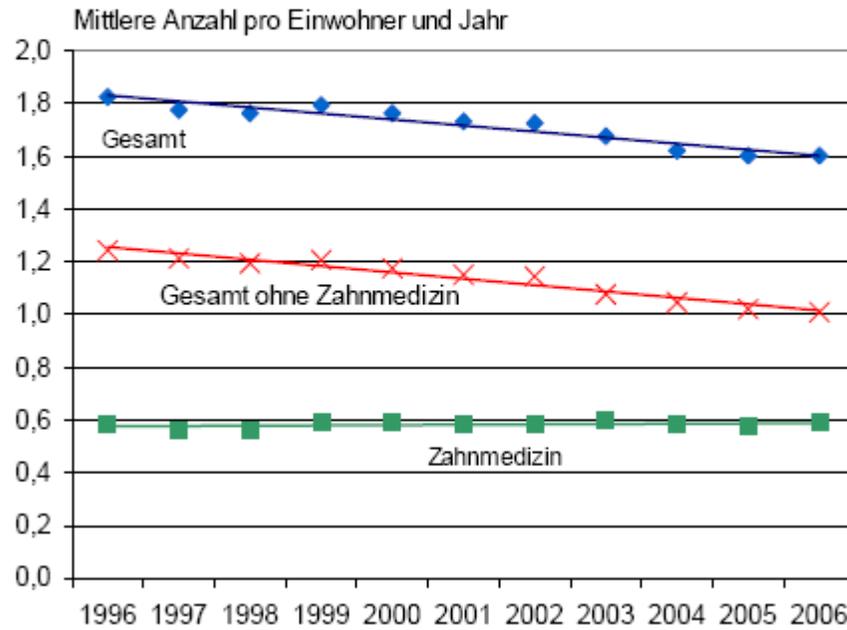


Häufigkeit von Röntgen- und CT-/MRT-Untersuchungen pro Einwohner in Deutschland

Röntgenuntersuchungen

BMU 2010

CT- und MRT-Untersuchungen



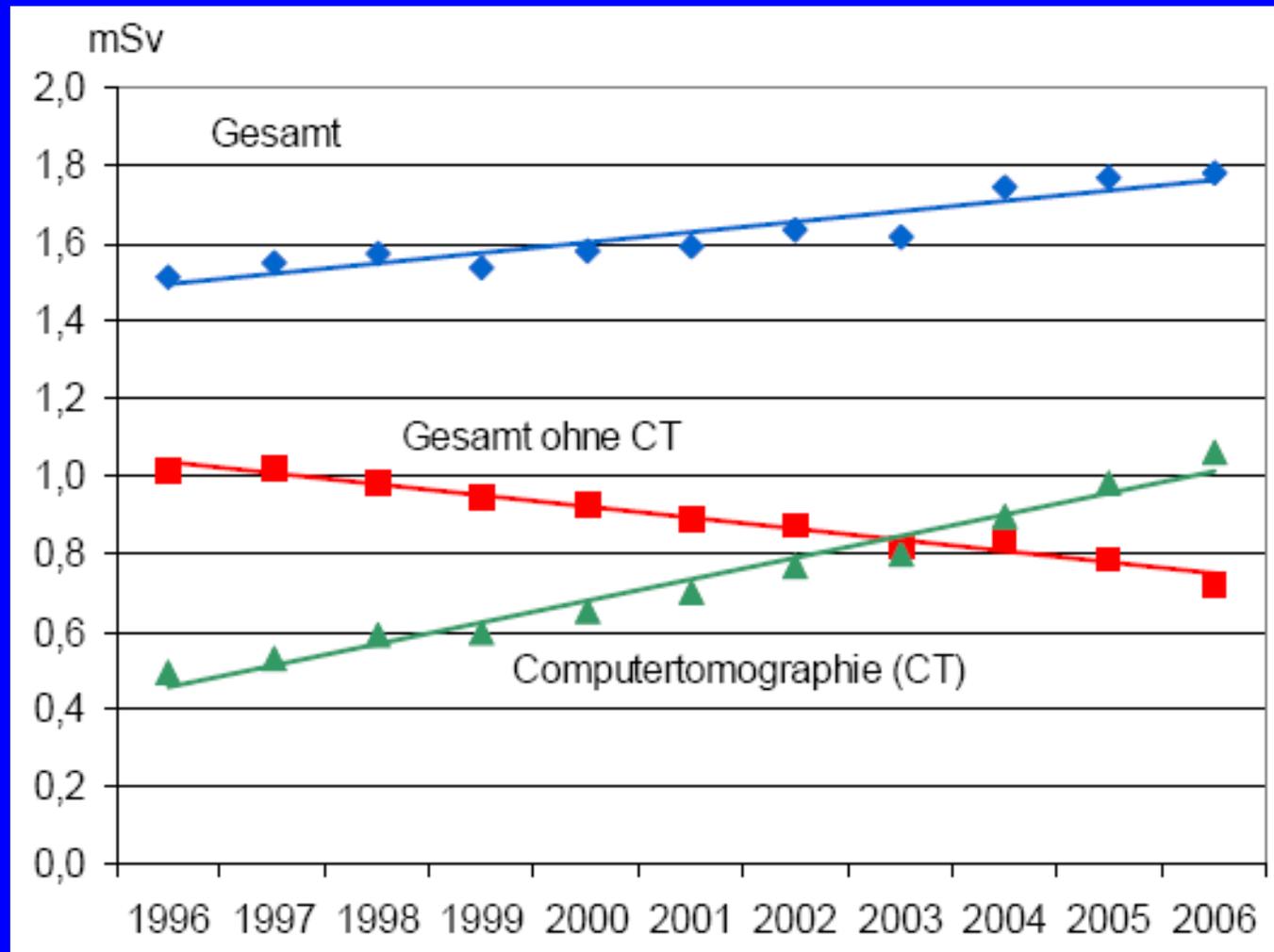
Hall et al. The British Journal of Radiology 2008; 81: 362–378



Cave MRT



Mittlere effektive Dosis durch Röntgen- und CT-Untersuchungen pro Einwohner und Jahr (mSv)



Diagnostische Referenzwerte



Juli 2003

Bundesamt für Strahlenschutz
**Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radio-
logische und nuklearmedizinische Untersuchungen**

- Tabelle 5: Diagnostische Referenzwerte für häufige und dosisintensive nuklearmedizinische Untersuchungsverfahren
- Tabelle 6: Bruchteile der zu verabreichenden Erwachsenen-Aktivität bei Kindern unterschiedlichen Körpergewichts



Bekanntmachung
der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte
für diagnostische und interventionelle Röntgenuntersuchungen

Vom 22. Juni 2010

- Tabelle 1: Diagnostische Referenzwerte für Röntgenaufnahmen an Erwachsenen
- Tabelle 2: Diagnostische Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Durchleuchtungen an Erwachsenen
- Tabelle 3: Diagnostische Referenzwerte für CT-Untersuchungen an Erwachsenen
- Tabelle 4: Diagnostische Referenzwerte für pädiatrische Röntgenaufnahmen
- Tabelle 5: Diagnostische Referenzwerte für pädiatrische CT-Untersuchungen



Dignostische Referenzwerte „DRW“: Definition

„ Dosiswerte bei strahlendiagnostischen medizinischen Anwendungen oder – im Falle von Radiopharmaka – Aktivitätswerte für typische Untersuchungen an einer Gruppe von Patienten mit Standardmaßen oder an Standardphantomen für allgemein definierte Arten von Ausrüstung. Bei Anwendung guter und üblicher Praxis hinsichtlich der diagnostischen und der technischen Leistung wird erwartet, dass diese Werte bei Standardverfahren nicht überschritten werden.“

StrlSchV : Optimalwerte

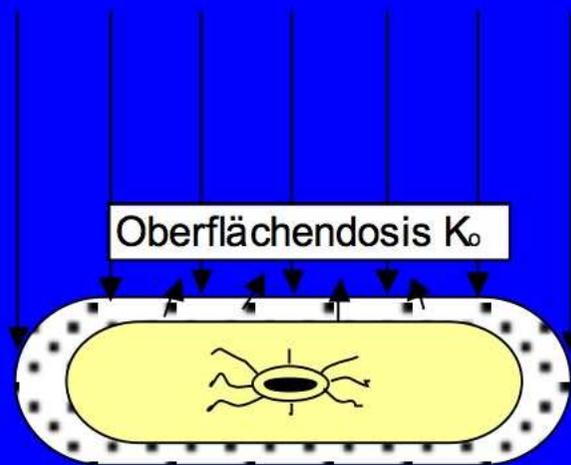
RöV : „obere Richtwerte“

Verwendung nur im Zusammenhang mit der Beurteilung der Bildqualität !
Nicht bei einzelnen Patienten anwendbar !!

keine Grenzwerte !



Messgrößen Röntgendiagnostik



Komprimierte Brust im Querschnitt

$$K_o = B \times K_E$$
$$D_G = K_E \times g$$



Schichtdickenmodell zur Bestimmung der mittleren Parenchymdosis D_G

B = Rückstreufaktor
 K_E = Einfalldosis
 g = Konversionsfaktor

d = Kompressionsschichtdicke
 d_a = Dicke der Fettschicht

Homogene Mischung aus Drüsen- und Fettgewebe

Standardphantom:

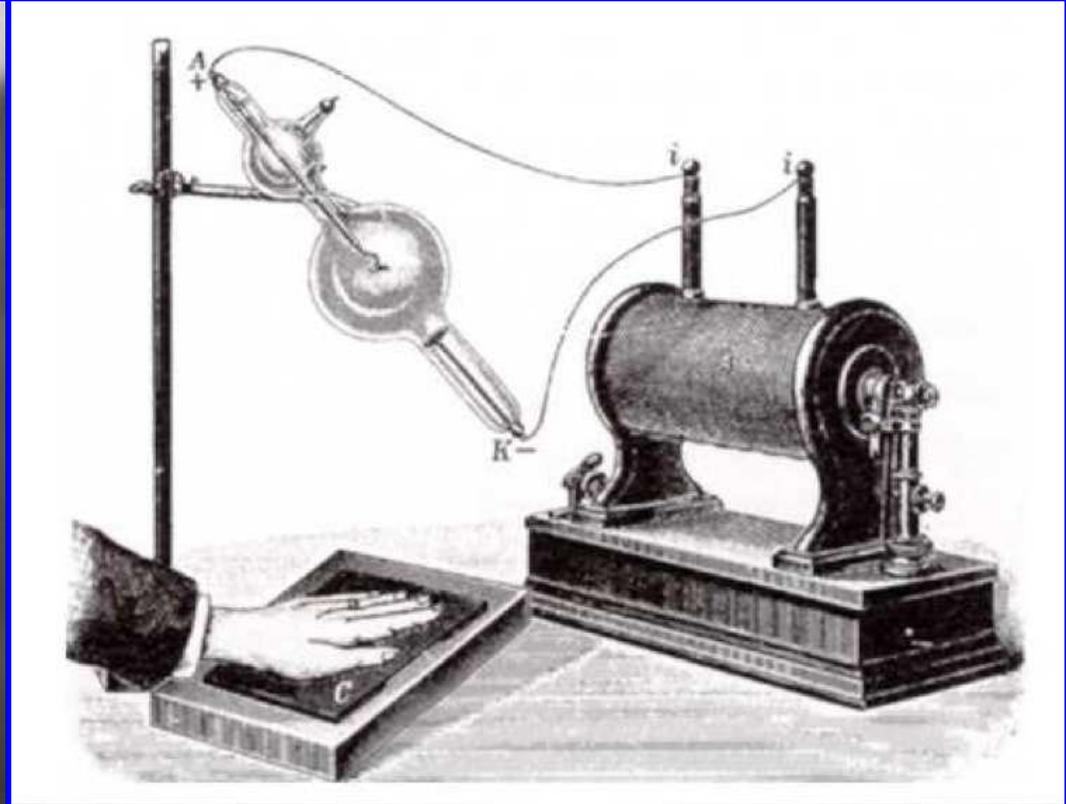
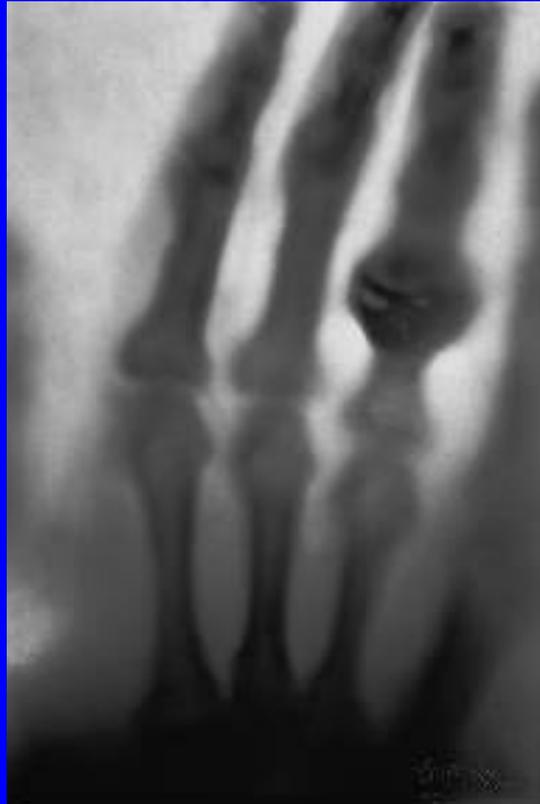
45 mm dickes PMMA-Phantom



Röntgenaufnahmen

Hand von
Bertha Röntgen
22.12.1895

20 min. „Durch-
leuchtungszeit“



Am 18.12.1895 erschien bei der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Würzburg seine Mitteilung „Über eine neue Art von Strahlen“, die er X-Strahlen nannte.

“Hält man die Hand zwischen den Entladungsapparat und den Schirm, so sieht man die dunklen Schatten der Handknochen in dem nur wenig dunkleren Schattenbild der Hand.”

Bereits am 23.01.1896 enthielt die Wiener Presse die erste Verkaufsanzeige für Röntgenapparate.



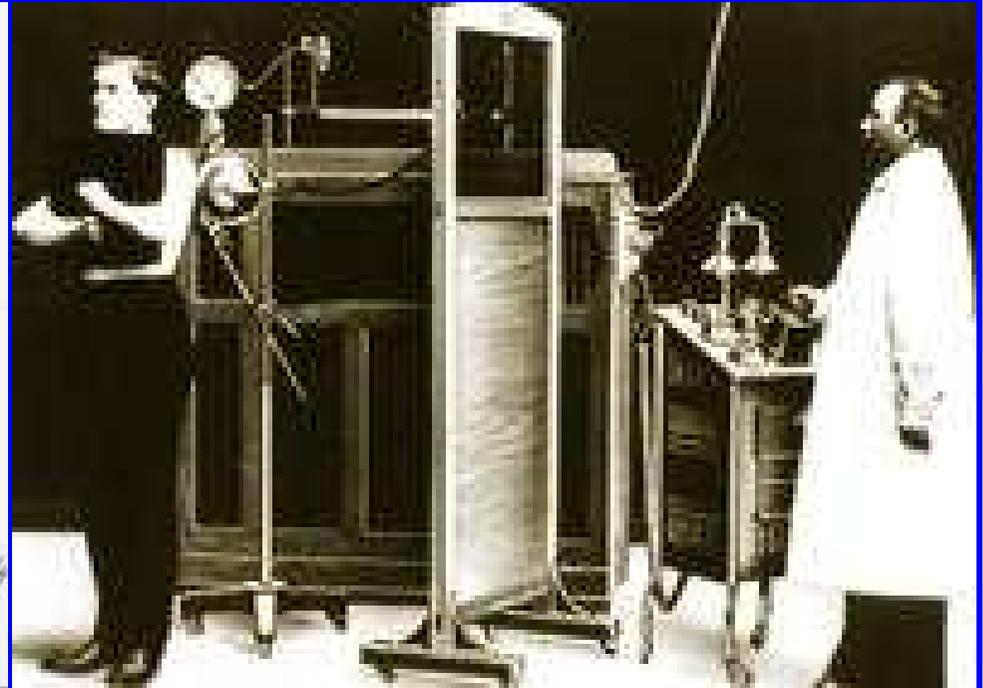
Röntgenaufnahmen



23. 1.1896 Alfred von Kolliker



14. Februar 1896



„Durchleuchtungslaboratorium des Hofrat Behrens im Hause Berghof“

Im **Januar 1896** entstehen in verschiedenen europäischen Städten die ersten medizinisch relevanten Röntgenaufnahmen.

Februar 1896: Der Schotte John MacIntire fertigt die erste Aufnahme eines lebenden Herzens an.

März 1896: MacIntire erstellt den ersten Röntgenfilm. Er zeigt die Bewegung eines Froschschenkels.

Juni 1896: L. Zehnder in Freiburg und D.C. Miller in Cleveland, USA, zeigen die ersten aus Einzelaufnahmen zusammengesetzten Ganzkörperaufnahmen.

1902: G.E. Pfahler und C.K. Mills präsentieren die erste Aufnahme eines Schädeltumors.

1905: F. Voelker und A. von Lichtenberg gelingt die erste Röntgendarstellung von Nieren.



Diagnostische Referenzwerte **Röntgenaufnahmen** (Bundesamt für Strahlenschutz)

Aufnahme	<i>DFP</i> [#] [cGy x cm ²] bzw. [μGy x m ²]	Dosis-Flächen-Produkt (Priorität) [cGy x cm ²]	Einfalldosis [mGy]	Oberflächendosis [mGy]
Schädel ap/pa*	65	110	3,7	5,0
Schädel lat**	60	100	2,3	3,0
Thorax pa	16	20	0,21	0,3
Brustwirbelsäule ap	130	220	5,2	7,0
Brustwirbelsäule lat	170	320	9,0	12
Lendenwirbelsäule ap	230	320	7,4	10
Lendenwirbelsäule lat	420	800	22	30
Becken ap	300	500	7,0	10
	<i>AGD</i> ^{##} [mSv]			
Mammographie (cc und mlo) ^{***}	2,5	-	-	10



Diagnostische Referenzwerte **pädiatrische Röntgenaufnahmen** (BfS)

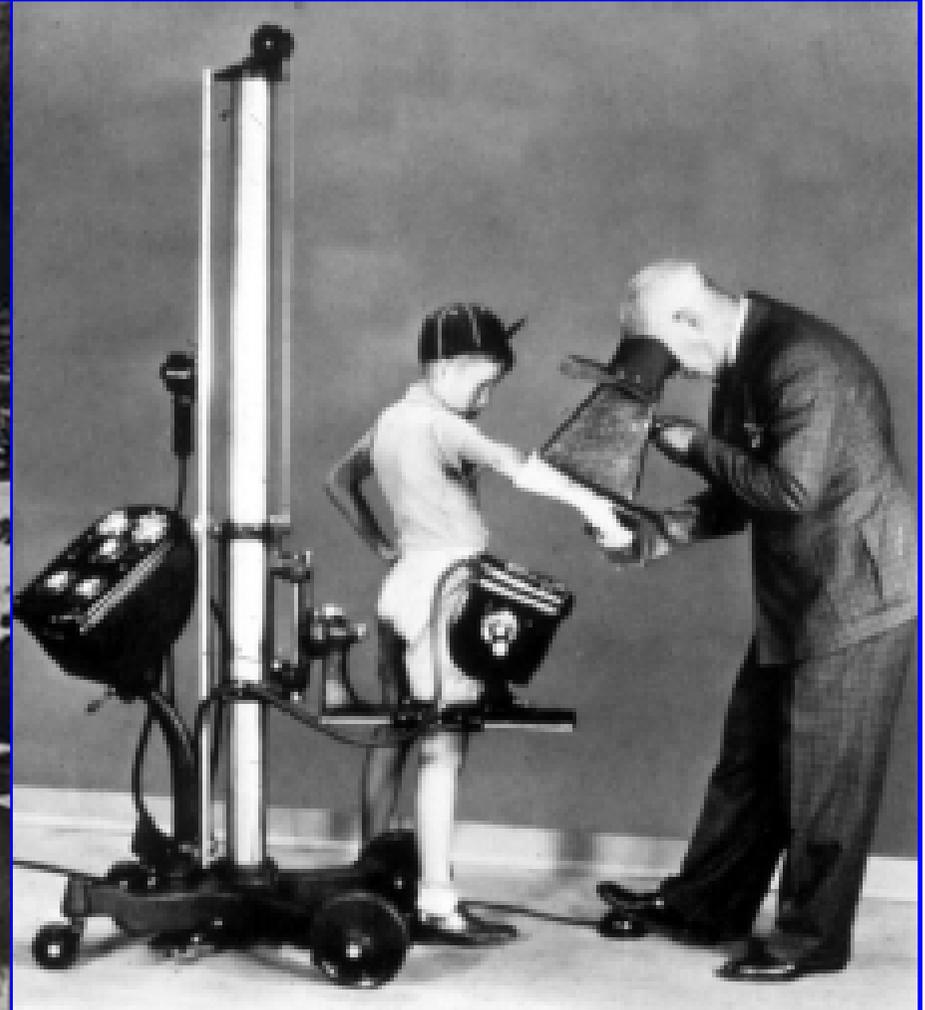
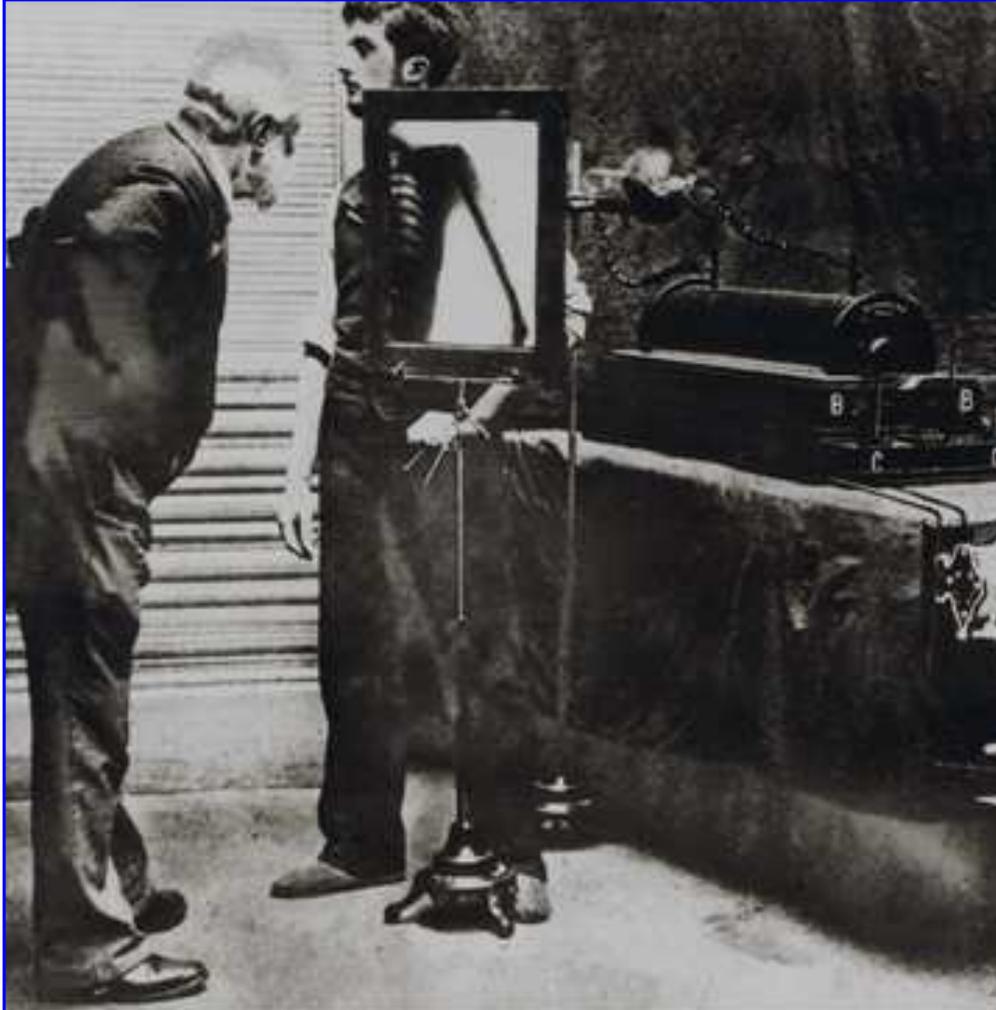
Tab. 4: Diagnostische Referenzwerte für pädiatrische Röntgenuntersuchungen

Untersuchungsart	Alter	Dosis-Flächen-Produkt [cGy x cm ²]
Thorax ap/pa *	Frühgeborene (ca. 1000 g)	0,3
	Neugeborene (ca. 3000 g)	0,8
	10 ± 2 Monate	2
	5 ± 2 Jahre	3
	10 ± 2 Jahre	4
Thorax lateral	5 ± 2 Jahre	7
	10 ± 2 Jahre	8
Becken ap *	5 ± 2 Jahre	25
	10 ± 2 Jahre	30
Schädel ap*	10 ± 2 Monate	30
	5 ± 2 Jahre	40
Schädel lateral	10 ± 2 Monate	30
	5 ± 2 Jahre	30
Miktions-Cysto-Urographie **	Neugeborene (ca. 3000 g)	60
	10 ± 2 Monate	90
	5 ± 2 Jahre	120
	10 ± 2 Jahre	240

<i>DFP</i> [cGy x cm ²] bzw. [μGy x m ²]
0,3
0,5
1,5
2,5
3,5
4
6
15
25
20
30
20
25
10
20
30
60



Röntgendurchleuchtung



Diagnostische Referenzwerte **Durchleuchtung** (BfS)

Tab. 2: Diagnostische Referenzwerte für Durchleuchtungsuntersuchungen bei Erwachsenen

Untersuchungsart	Dosis-Flächen-Produkt [Gy x cm ²]	Durchleuchtungszeit [min]	<i>DFP</i> [cGy x cm ²] bzw. [μGy x m ²]
Dünndarm	70	-	4400
Kolon Kontrasteinlauf	70	-	3700
Phlebographie Bein-Becken	9	-	500
Arteriographie Becken-Bein	85	-	6400

* Perkutane Transluminare Angioplastie
 ** Perkutane Transluminare Card-Angioplastie

BfS Juni 2010

BfS Juli 2003



Röntgendurchleuchtung

Strahlenexposition / Bildqualität abhängig von:

- kV + Filterung (Strahlenqualität) patientenabhängig
- Fokus-Bildwandler-Abstand, Fokus-Haut-Abstand untersucherabhängig
- Patientenschwächung patientenabhängig
- Aufnahmeformat (Einblendung) untersucherabhängig
- “Geräte”-Absorption (u. a. Streustrahlenraster) definiert
- Dosis am Bildwandler definiert

variable „Parameter“

1. Patient

2. Untersucher





Abbildung 2: Fortgeschrittenes Röntgenpoikiloderm



Abbildung 3: Strahlenulcus, handtellergröÙes, infiltriertes Erythem, im Zentrum 5 DM große Nekrose

Wolff et al. Radiodermatitiden nach kardiologischen Interventionen (Dt. Ärzteblatt 101 Heft 3 Januar 2004)



interventionell tätiger Arzt:

Kenntnisse über die Energiedosis der Haut des Patienten, um:

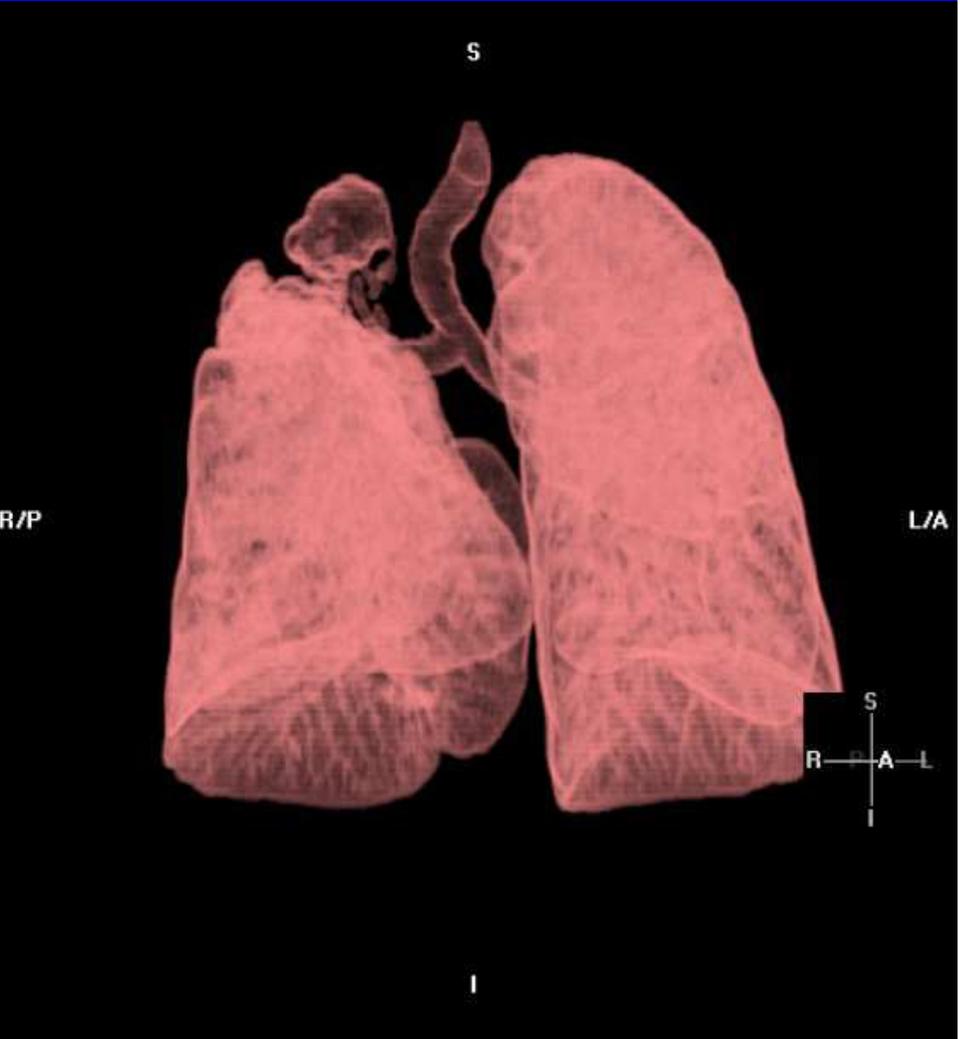
- Eine unnötige Strahlenexposition der Haut zu vermeiden
- In der Lage zu sein, die Abschätzung der Hautdosis aufzuzeichnen, wenn diese dem Schwellwert nahe kommt, ihn erreicht oder ihn überschreitet
- Zu bestimmen, wann die Nachsorge des Patienten eine Überwachung auf ernste strahleninduzierte Hautwirkungen beinhalten sollte

(Einbeziehung eines Medizinphysikers gem. ICRP 85)





Computertomographie



Diagnostische Referenzwerte Computertomographie

(BfS) $CTDI_{vol}$ Dosisindex Dosislängenprodukt

CT-Untersuchungsart	$CTDI_{vol}^*$ [mGy] zur Orientierung	DLP^{**} [mGy x cm] pro Scanserie
Hirnschädel	65 (60)	950 (1050)
Gesichtsschädel (Tumordiagnostik)	22	250
Gesichtsschädel (Sinusitis)	9 (35)	100 (360)
Lendenwirbelsäule (Bandscheibe axial)	42 (47)	250 (280)
Lendenwirbelsäule (Knochen-Spirale)	16	500
Oberbauch	20 (25)	450 (770)
Becken	20 (28)	450 (750)

BfS Juni 2010

(in Klammern alte Werte BfS 2003)

Lokale Dosis

$CTDI_{vol} * L * \text{Anzahl der Serien}$



Tab. 5: Diagnostische Referenzwerte für pädiatrische CT-Untersuchungen pro Scanserie

Untersuchungsart	Alters- bzw. Gewichtsklasse	$CTDI_{Vol-16}$ [mGy] [#]	$CTDI_{Vol-32}$ [mGy] [#]	$DLP-16^*$ [mGy x cm]	$DLP-32^*$ [mGy x cm]
Hirnschädel	Neugeborene	27	-	300	-
	≤ 1 Jahr	33	-	400	-
	2 - 5 Jahre	40	-	500	-
	6 - 10 Jahre	50	-	650	-
	11 - 15 Jahre	60	-	850	-
	> 15 Jahre	65	-	950	-
Gesichtsschädel (Tumordiagnostik)	Neugeborene	9	-	70	-
	≤ 1 Jahr	11	-	95	-
	2 - 5 Jahre	13	-	125	-
	6 - 10 Jahre	17	-	180	-
	11 - 15 Jahre	20	-	230	-
	> 15 Jahre	22	-	250	-
Thorax	≤ 5 kg (Neugeborene)	3	1,5	40	20
	6 - 10 kg (≤ 1 Jahr)	4	2	60	30
	11 - 20 kg (2 - 5 Jahre)	7	3,5	130	65
	21 - 30 kg (6 - 10 Jahre)	10	5	230	115
	31 - 50 kg (11 - 15 Jahre)	-	8	-	230
	51 - 80 kg (> 15 Jahre)	-	12	-	400
Gesamt-Abdomen	≤ 5 kg (Neugeborene)	5	2,5	90	45
	6 - 10 kg (≤ 1 Jahr)	7	3,5	170	85
	11 - 20 kg (2 - 5 Jahre)	12	6	330	165
	21 - 30 kg (6 - 10 Jahre)	16	8	500	250
	31 - 50 kg (11 - 15 Jahre)	-	13	-	500
	51 - 80 kg (> 15 Jahre)	-	20	-	900

BfS Juni 2010



Strahlenschäden: Temporärer



Info:

Temporärer Haarausfall ca. 3 Wochen nach 3 bis 5 Gy

Permanenter Haarausfall nach > 7 Gy einmalig oder 50 bis 60 Gy fraktioniert

Linsentrübung nach 2-10 Gy

Ursache ??



Mehr als 200 Patienten bei Computertomographie verstrahlt **Dienstag, 13. Oktober 2009**

Los Angeles (AP) In einer Klinik in Los Angeles sind 206 Patienten während einer Computertomographie verstrahlt worden. Etwa 40 Prozent von ihnen litten unter Folgen wie Haarausfall. Die Patienten wurden einer um das Achtfache überhöhten Radioaktivität ausgesetzt, wie das Cedars-Sinai Medical Center am Montag mitteilte. Ursache des Unfalls war offenbar eine Computerpanne, die beim Zurücksetzen des Geräts auftrat. Dadurch wurde ein überhöhter Standardwert für die abzugebende Strahlung festgelegt. Der Fehler blieb 18 Monate lang unentdeckt. Die amerikanische Gesundheitsbehörde FDA forderte in einer Eilanweisung alle Krankenhäuser an, ihre Sicherheitsprotokolle der CT-Anlagen zu überprüfen.

© 2009 The Associated Press.



Safety Investigation of CT Brain Perfusion Scans: Initial Notification

Date Issued: October 8, 2009

Audience: CT facilities, Emergency Medicine Physicians, Radiologists, Neurologists, Neurosurgeons, Radiologic Technologists, Medical Physicists, Radiation Safety Officers

Medical Specialties: Emergency Medicine, Radiology

Device: Multi-slice CT machines.

Summary of Problem and Scope:

FDA has become aware of radiation overexposures during perfusion CT imaging to aid in the diagnosis and treatment of stroke.

Over an 18-month period, 206 patients at a particular facility received radiation doses that were approximately eight times the expected level. Instead of receiving the expected dose of 0.5 Gy (maximum) to the head, these patients received 3-4 Gy. In some cases, this excessive dose resulted in hair loss and erythema.

Recommendations for Hospitals and CT Facilities:

FDA encourages every facility performing CT imaging to review its CT protocols and be aware of the dose indices normally displayed on the control panel. These indices include the volume computed tomography dose index (abbreviated *CTDI_{vol}*, in units of "milligray" or "mGy") and the dose-length product (*DLP*, in units of "milligray-centimeter" or "mGy-cm").

For each protocol selected, and before scanning the patient, carefully monitor the dose indices displayed on the control panel.



Computertomographie

Strahlenexposition / Bildqualität abhängig von:

1. apparative

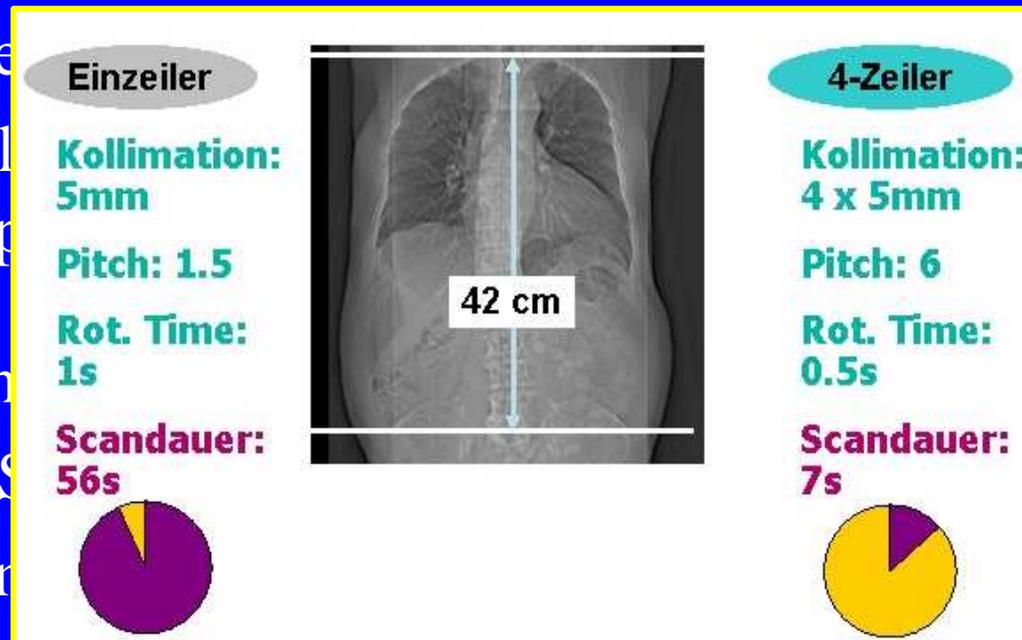
Strahlenqual

Detektoremp

2. anwendun

mA(s), kV, S

Faltungskern



anlänge),

Was ist der "Pitch"-Faktor?

$$\text{Pitch } p = \frac{\text{Tischvorschub}}{\text{Gesamt - Kollimation}} = \frac{TV}{N \cdot h}$$

Beim Spiral-CT können die Schichtkollimation (= nominelle Schichtdicke) und der Tischvorschub unabhängig voneinander variiert werden.

Der "Pitch"-Faktor ist das Verhältnis von Tischvorschub pro Rotation zur Schichtkollimation.

Je höher der Pitch desto geringer die (rel.) Strahlenexposition, je höher der Pitch desto länger ist der verfügbare Scanbereich (begrenzt durch die Scandauer).

Kontrolle



DIN 6809-7 klinische Dosimetrie

Dosis-Flächen Produkt:

$$P_F = \int_E K_a \times A_E$$

- E - Schnittebene im Strahlenfeld
- A_E - Fläche in der Schnittebene
- $\int_E K_a$ - Flächenintegral der Luftkerma in der Schnittebene (Ionisationskammer)

Unsicherheit 29%

Zertifizierungen der ÄS im Jahre 2010



ÄRZTEKAMMER
WESTFALEN-LIPPE

Zertifikat

Überprüfung vom 14.06.2010
gemäß §17a RöV (In der Fassung vom 18.06.2002)

Betreiber: Augusta-Kranken-Anstalt gGmbH
Bergstr. 26
44791 Bochum

Röntengerät: Komb. Aufn.-DL-Gereät "Sireskop 5" (GID 37400)
Haus 2, Rö.-Ablg., EG, Raum 8, Durchleuchtungsraum

Überprüfungsumfang: Röntgenbilder von Menschen
Konstanzprüfung Digitales Aufnahmesystem
Konstanzprüfung der DFR
Konstanzprüfung der Durchleuchtung

Die Überprüfung der am 14.06.2010 vorgelegten Unterlagen hat ergeben, dass die Vorgaben zum Regelwerk in der Diagnostischen Radiologie erfüllt sind. Der Betreiber hat nachgewiesen, dass die technischen und medizinischen Voraussetzungen geeignet sind, dem Stand der Technik entsprechende Röntgenuntersuchungen bei soweit wie möglich reduzierter Röntgenstrahlendosis durchzuführen. Dieses Zertifikat verliert seine Gültigkeit mit Abschluss der nächsten Überprüfung nach §17a RöV, spätestens jedoch am 13.06.2012.

Münster, 14.06.2010

Prof. Dr. med. Wolf-Dieter Reinbold
Vorsitzender
Ärztliche Stelle W-L (RöV)

Dr. med. Theodor Windhorst
Präsident



ÄRZTEKAMMER
WESTFALEN-LIPPE

Zertifikat

Überprüfung vom 10.06.2010
gemäß §17a RöV (in der Fassung vom 18.06.2002)

Betreiber: Augusta-Kranken-Anstalt gGmbH
Bergstr. 26
44791 Bochum

Röntengerät: Mammographiegerät "Mammotest Plus/S" (Biopsien)
(GID 51379)
Mammodiagnostisches Institut, Erdgeschoss, Biopsieraum

Überprüfungsumfang: Röntgenbilder von Menschen
Konstanzprüfung an Bildokumentationssystemen
Konstanzprüfung Digitales Aufnahmesystem
Konstanzprüfung der Bildwiedergabegeräte (BWG)

Die Überprüfung der am 10.06.2010 vorgelegten Unterlagen hat ergeben, dass die Vorgaben zum Regelwerk in der Diagnostischen Radiologie erfüllt sind. Der Betreiber hat nachgewiesen, dass die technischen und medizinischen Voraussetzungen geeignet sind, dem Stand der Technik entsprechende Röntgenuntersuchungen bei soweit wie möglich reduzierter Röntgenstrahlendosis (ALARA-Prinzip der Röntgenverordnung) durchzuführen. Dieses Zertifikat verliert seine Gültigkeit mit Abschluss der nächsten Überprüfung nach §17a RöV, spätestens jedoch am 09.06.2012.

Münster, 10.06.2010

Prof. Dr. med. Wolf-Dieter Reinbold
Vorsitzender
Ärztliche Stelle W-L (RöV)

Dr. med. Theodor Windhorst
Präsident

Praktischer Strahlenschutz

Aufgaben und Ziele

Die Aufgabe des Strahlenschutzes ist es, Menschen und Umwelt vor Schäden durch ionisierende Strahlen in einem vertretbaren Maß zu bewahren (**ALARA-Prinzip**).

ALARA: “to keep all exposure **As Low As Reasonably Achievable**”

Die Ziele des Strahlenschutzes sind:

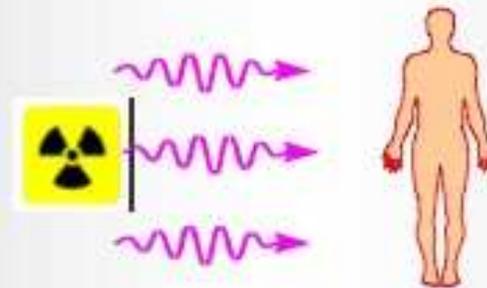
- deterministische - vorher bestimmbare - Strahlenschäden auszuschließen
- die Wahrscheinlichkeit für stochastische - mutmaßliche - Strahlenschäden auf ein vertretbar kleines Maß zu begrenzen



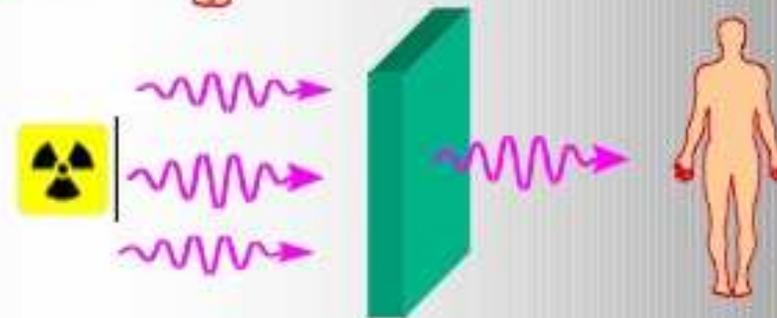
Praktischer Strahlenschutz

Die drei „A's“ des Strahlenschutzes

Abstand halten



Abschirmung verwenden



Aufenthaltszeit begrenzen



Jede Röntgenuntersuchung ist ein Eingriff in die körperliche Unversehrtheit des Patienten

Dieser Tatbestand der
Körperverletzung
bedarf der
Rechtfertigung



**RöV: Rechtfertigende Indikation
Fachkunde!**



Rechtfertigende Indikation

Orientierungshilfe für bildgebende Untersuchungen

– Einleitung und Tabellen –

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 231. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 9./10.12.2008

Strahlenschutzkommission
Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29 D-53048 Bonn
<http://www.ssk.de>



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



**TABELLEN –
Klinische Fragestellungen und empfohlene Untersuchungsverfahren....**

- A. Kopf (einschließlich HNO-Probleme)
- B. Hals
- C. Wirbelsäule.....
- D. Knochenskelett und Muskulatur
- E. Herz-Kreislaufsystem
- F. Thorax
- G. Verdauungssystem.....
- H. Urologisches System, Nebennieren und Urogenitaltrakt
- I. Gynäkologie und Geburtshilfe
- J. Brusterkrankung
- K. Trauma
- L. Onkologie
- M. Kinder
- N. Interventionelle Radiologie



1. Wiederholung von Untersuchungen, die bereits zuvor durchgeführt wurden, z. B. in einem anderen Krankenhaus oder ambulant

In diesem Fall sollte alles versucht werden, die zuvor angefertigten Aufnahmen zu erhalten. In Zukunft könnte hierbei die Übertragung elektronischer Daten hilfreich sein.

WURDE DIESE ART VON UNTERSUCHUNG SCHON EINMAL DURCHGEFÜHRT?

2. Durchführung von Untersuchungen, deren Befunde vermutlich keinen Einfluss auf die Behandlung haben

Dies gilt für Untersuchungen, bei denen entweder der erwartete „positive“ Befund im Normalfall irrelevant ist (z.B. ist der Befund der „degenerativen Wirbelsäulenveränderungen“ ab dem mittleren Alter so „normal“ wie graue Haare), und für Untersuchungen, bei denen ein positiver Befund äußerst unwahrscheinlich ist

IST DIESE UNTERSUCHUNG WIRKLICH ERFORDERLICH?

3. Zu häufige Untersuchungen

d.h., bevor eine Progression oder eine Rückbildung der Erkrankung zu erwarten ist oder bevor die Ergebnisse einen Einfluss auf die Therapie haben können.

IST DIESE UNTERSUCHUNG JETZT ERFORDERLICH?

4. Anforderung des falschen Diagnoseverfahrens

Die bildgebenden Verfahren entwickeln sich rasch weiter. Häufig kann es von Nutzen sein, die geplante Untersuchung mit einem Radiologen oder Nuklearmediziner zu besprechen, bevor sie angefordert wird. Über das adäquate Untersuchungsverfahren entscheidet der anwendende Arzt.

IST DIES DAS BESTE VERFAHREN?

5. Zweckdienliche klinische Informationen und die Fragen, die das bildgebende Verfahren klären soll, werden nicht mitgeteilt

Derartige Versäumnisse können dazu führen, dass die falsche Technik angewendet wird (z.B. das Weglassen eines wesentlichen Strahlengangs).

LIEGEN DIESE INFORMATIONEN VOR?

6. Zu häufige Anwendung

Manche Ärzte verlassen sich häufiger auf bildgebende Verfahren als andere. Manche Patienten lassen sich gerne untersuchen.

WERDEN ZU VIELE UNTERSUCHUNGEN DURCHGEFÜHRT?

	Rö	N	
a) Akute Rückenschmerzen ohne neurologische Symptomatik u.a. Warnsymptome	MRT	N	
	CT	N	
b) Akute Rückenschmerzen mit neurologischer Symptomatik	MRT	P	
	CT	P	Nur, wenn MRT nicht verfügbar
	Rö	W	In Abh. von der klinischen Symptomatik. Indiziert bei V.a. Spondylitis ankylosans, V.a. Spondylolyse, bei therapierefraktären Beschwerden
c) Chronische oder therapierefraktäre Rückenschmerzen	MRT	P	Bei therapierefraktären Beschwerden
	CT	P	Nur, wenn MRT nicht verfügbar, oder bei Kontraindikation für MRT
	Nuk	W	Skelettszintigraphie: V.a. Infektion
d) Rückenschmerzen mit Warnsymptomen z.B. bei:	Rö	P	Basisuntersuchung; Ausschluss ossärer Veränderungen
• Auftreten im Alter von < 20 oder > 55 Jahren	MRT	P	Ergänzend auch bei negativem Rö-Befund
• Neurologischen Defiziten inklusive Reithosenanästhesie und Sphinkter- oder Gangstörungen		W	MRT Methode der Wahl (primär) bei
• Ausgedehntem neurologischem Defizit			• Reithosenanästhesie
• Früherer Tumorerkrankung	Nuk	S	• schwerer oder progressiver Beeinträchtigung der Motorik
• Allgemeinem Unwohlsein			• ausgedehnten neurologischen Defiziten (Notfall)
• HIV-Infektion			Skelettszintigraphie: Ausschluss Infektion; primärer -, sekundärer Knochentumor
• Gewichtsabnahme			PET bei Spondylitis
• I.v.-Drogenmissbrauch			
• Kortikosteroiden			

§ 24 Berechtigte Personen

(1) Personen, die als Ärzte approbiert sind oder denen die Ausübung des ärztlichen Berufs erlaubt ist

1. und die für das Gesamtgebiet der Röntgenuntersuchung... die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz besitzen

Personen, die als Ärzte oder Zahnärzte approbiert sind oder denen die Ausübung des ärztlichen oder zahnärztlichen Berufs erlaubt ist

2. die für das Teilgebiet der Anwendung der Röntgenstrahlung, in dem sie tätig sind, die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz besitzen

3. ohne Fachkunde nur unter ständiger Aufsicht und in Verantwortung von (1) oder (2) und mit erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz

Technische Durchführung

- Personen nach (1)
- Personen mit Erlaubnis nach § 1 Nr. 2 MTA Gesetz
- Personen mit staatlich anerkannter Ausbildung und Fachkunde RÖV
- Personen in Ausbildung (Aufsicht (1) Nr. 1 oder 2 und Kenntnisse Strahlenschutz)
- Personen mit abgeschlossener sonst. med. Ausbildung (Aufsicht (1) Nr. 1 oder 2 und Kenntnisse Strahlenschutz)



Richtlinie
Fachkunde und Kenntnisse im Strahlenschutz
bei dem Betrieb von Röntgeneinrichtungen
in der Medizin oder Zahnmedizin
vom
22. Dezember 2005

Übergangsregelungen: differieren je nach ÄK !!

Diese Richtlinie gilt für alle Ärztinnen und Ärzte, die am 1. März 2006 mit dem Erwerb der Fachkunde Strahlenschutz nach Röntgenverordnung (RöV) begonnen haben.

Alle diejenigen, die bereits vor dem 1. März 2006 mit dem Erwerb der Fachkunde begonnen haben (Teilnahme am Einführungskurs), konnten die Fachkunde nach der alten Richtlinie bis 30.06.2007 erwerben.

Ärzte:

Fachkunde = Sachkunde + Kurse im Strahlenschutz



Kurse im Strahlenschutz für Ärzte

Wichtig !! Sofort absolvieren

Kursgebühren
ca. 50€

7 Kurse zum Erwerb der erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz für Ärzte

7.1 Kurs für Ärzte

Dauer mindestens 8 Stunden, bezogen auf das jeweilige Anwendungsgebiet, davon 4 Stunden theoretische Unterweisung (mit Bescheinigung)

1 Grundkurs im Strahlenschutz für Ärzte und Medizinphysik-Experten

Dauer - einschließlich praktischer Übungen und Prüfung –24 Stunden

2 Spezialkurse

2.1 Spezialkurs im Strahlenschutz bei der Untersuchung mit Röntgenstrahlung (Diagnostik)

Dauer - einschließlich Übungen und Prüfung - 20 Stunden

Voraussetzung für die Teilnahme ist die erfolgreiche Teilnahme am Grundkurs

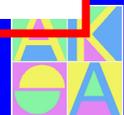
2.2 Spezialkurs Computertomographie

Dauer - einschließlich Prüfung - 4 Stunden

2.3 Spezialkurs Interventionsradiologie

Dauer - einschließlich Prüfung - 4 Stunden

Kursgebühren
ca. 700€



Kurse im Strahlenschutz für Ärzte

Muss ich die Strahlenschutzkurse selbst bezahlen
oder **übernimmt die Klinik diese Kosten?**

Nein - Die Röntgenverordnung ist ein **personenbezogenes** Gesetz, d.h. Sie selbst haben die daraus entstehenden Verpflichtungen hinsichtlich Ihrer Berufsausübung zu erfüllen.

Die Fachkundebescheinigung ist Ihre persönliche Qualifikation, die Sie –
zwar mit der Auflage der regelmäßigen Aktualisierung - auf Lebenszeit erwerben.

Aber es sicherlich richtig, dass der Krankenhausträger als Strahlenschutzverantwortlicher
Vorteile aus Ihrer persönlichen Qualifikation zieht.

Viele Krankenhäuser übernehmen die vollen Kosten der Kursbesuche, allerdings auch
häufig in Abhängigkeit der Dauer der weiteren Beschäftigung in entsprechender Position.

Eine Verpflichtung zur Übernahme der Kosten **besteht nicht !**

Fragen Sie in Ihrer Klinik nach!

