

Die Computertomographie vor dem Hintergrund der neuen Röntgenverordnung

H.D. Nagel

Philips Medizin Systeme, Hamburg
Abt. Wissenschaft & Technik

CT-Historie

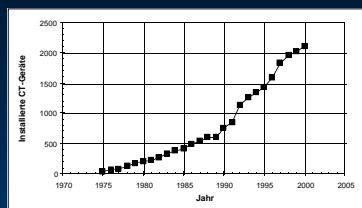


1972:
Erstes CT



2002:
16-Schicht-CT

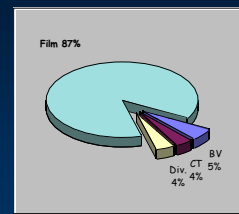
Anstieg der installierten CT-Geräte



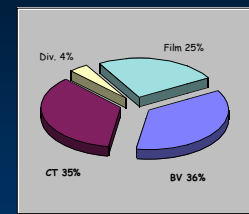
Stand 2000 (ca.-Angaben):

- Deutschland: 2100 Geräte
- Europa: 7000 Geräte
- Weltweit: 36000 Geräte

CT & Strahlenexposition



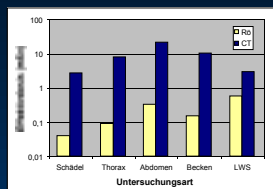
Anteile am Untersuchungsaufkommen



Anteile an kollektiver Effektivdosis

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz (1994)

CT & Strahlenexposition



- Effektivdosis CT-Untersuchungen erheblich höher als konv. Aufnahmetechnik
 - Unterschied typischerweise Faktor 70
 - Durchleuchtung: ca. 10 : 1
 - Koronarangiographie: ca. 1 : 1
- Mittlere Effektivdosis CT: rund 8 mSv pro Untersuchung
- 3,5-mal so viel wie natürliche Strahlenexposition in D (2,4 mSv pro Jahr).

Ursachen

- Mehr diagnostische Information, deshalb höherer Dosisbedarf

• aber:

- Digital = nicht inhärent sicher
- Fehlende „Belichtungsautomatik“
- Unzureichende Dosisinformation
- Anwendungsempfehlungen nicht optimiert

Hersteller

• ... und:

- Erhebliche Ausbildungsdefizite
- Kein Konsens über fragestellungsgerechte Dosis
- Zwang zum Produzieren „schöner“ Bilder

Anwender

• ... und:

- Einseitige Kontrolle der apparativen Seite
- Fehlende oder unzureichende Beratung
- Fehlende Anreize zur Dosisoptimierung.

Behörden

Euratom-Patientenrichtlinie ...

CT-relevante Passagen in Richtlinie 97/43/Euratom (1997):

- Einführung Diagnostischer Referenzwerte in §4(2)
- Dosisanzeige bei neuinstallierten Einrichtungen in §7(6)
- Adäquate Geräteausstattung bei Hochdosis-Untersuchungen in §9(1)
- Spezielle Ausbildung für Anwender von Hochdosis-Geräten in §9(2).

... und Umsetzung in der neuen RöV

- Einführung Diagnostischer Referenzwerte:
 - in §16 (Qualitätssicherung)
 - in §17a (Ärztliche Stellen)
- Dosisanzeige bei neuinstallierten Einrichtungen:
 - in §3 (Genehmigungsvoraussetzungen)
- Adäquate Geräteausstattung bei Hochdosis-Untersuchungen:
 - keine speziellen Anforderungen an CT
- Spezielle Ausbildung für Anwender von Hochdosis-Geräten:
 - keine speziellen Anforderungen an CT, aber
 - obligatorisch nach neuer Fachkunde-Richtlinie.

Konzertierte Aktion

- Initiative CT-Herstellerfirmen (Herbst 1997)
 - Dosisreduzierung auf das diagnostisch Erforderliche
 - Einbeziehung aller beteiligten Kreise
- Mai 1998: Gründung Konzertierte Aktion
 - Federführung: Deutsche Röntgengesellschaft
- Vielfältige Aktionen, u.a.
 - Fachliteratur
 - Umfragen
 - Optimierungsstudien
 - Beratungsmodelle
 - Dosisberechnungsprogramme
 - Kursangebote
- Zielsetzung
 - Befähigung der Anwender zum dosissparenden Umgang mit CT
 - Erhaltung der „Salonfähigkeit“ der CT.

Themen

- CT-Dosisproblematik
- CT-geeignete Dosisgrößen
- Referenzwerte
- Dosisanzeige
- Aus- und Weiterbildung.

Was ist Dosis ?

Dosis = mAs ?

Dosis = mGy !

Dosis = mGy/mAs ?

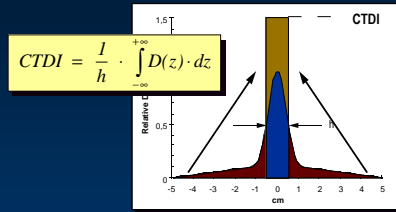
Dosis ist zwar proportional zum gewählten mAs Produkt, aber ...
 ... Dosis ist nicht „mAs“ (erhebliche Unterschiede je nach Gerät) ...
 ... und schon gar nicht „mA“ (unterschiedliche Rotationszeiten) ...
 ... oder „mGy/mAs“ (das ist Output, ein reines Gerätemerkmal) ...

Nur Angaben in „mGy“ repräsentieren eine Dosis !

CT-Dosisgrößen

- CTDI Computed Tomography Dose Index
- MSAD Multiple Scan Average Dose
- CTDI_{FB} CTDI nach amerikanischer Lesart
- CTDI_{ax} CTDI entsprechend ICC
- CTDI_{air} Achsendosis in Luft
- CTDI_w Gewichteten CTDI
- CTDI_{w,eff} Effektiver CTDI (=Volumen-CTDI)
- CTDI_{eff} Effektiver CTDI (=Volumen-CTDI)
- D₉₉ Dosislangenprodukt (pro Scanlinie bzw. pro Untersuchung)
- DLP Dosislangenprodukt einer Scanlinie bzw. einer Untersuchung
- dlp Effektive Dosis
- E Dosislangenprodukt bei der Einzelschichtmessung
- E_{eff} Effektive Dosis

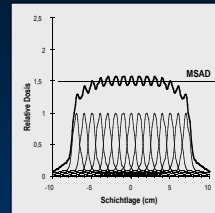
Was ist 'CTDI' ?



Dosisprofil entlang z-Achse (Patientenachse)

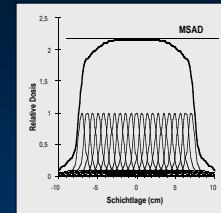
CTDI = „Computed Tomography Dose Index“
= Dosis in der Schicht incl. Beitrag der Ausläufer

Was bedeutet CTDI ?



h = 10mm, TV = 10mm, p = 1

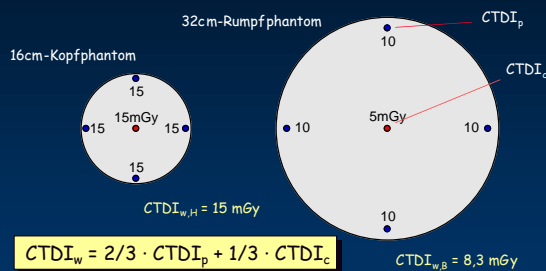
p=1:
MSAD = CTDI



h = 10mm, TV = 7 mm, p = 0,7

p<>1:
MSAD = CTDI / Pitch = CTDI_{eff}

Was ist 'Gewichteter CTDI' ?

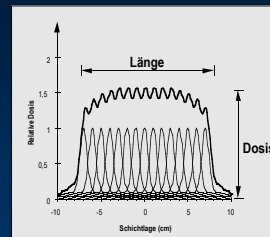


$$CTDI_w = 2/3 \cdot CTDI_p + 1/3 \cdot CTDI_c$$

$$CTDI_{w,B} = 8,3 \text{ mGy}$$

$CTDI_w$ = Maß für die lokale Dosis („Stärke“ der Exposition)
Leitgröße für CT (Referenzwerte)

Was ist 'Dosislängenprodukt' ?



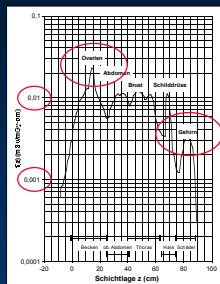
$$DLP_w = CTDI_w \cdot n \cdot h$$

$$= CTDI_{w,eff} \cdot L$$

($CTDI_{w,eff} = CTDI_w / Pitch$)

DLP_w = Maß für die integrale Strahlenexposition
(„Stärke“ und Ausdehnung der Exposition)
Leitgröße für CT (Referenzwerte)

Was ist 'Effektive Dosis' ?



$$E = \sum w_i \cdot D_{org,i}$$

- $D_{org,i}$: Organdosis
- w_i : Gewebe-Wichtungsfaktoren (zwischen 0,01 und 0,20)

$$E = DLP_w \cdot f_{mittel}$$

Grobe Abschätzung:
0,0025 mSv/mGy*cm (Kopf)
 $f_{mittel} \approx$ 0,0050 mSv/mGy*cm (Hals)
0,0175 mSv/mGy*cm (Rumpf)

Ermöglicht Vergleich mit anderen Strahlenexpositionen

Buchtip

„Strahlenexposition in der Computertomographie“



- Inhalt: Grundlagen, Einflußfaktoren, Dosismessung, Optimierung, Zahlenwerte, Begriffe
- Umfang: 96 Seiten (DIN A4)
- Neuaufgabe: August 2002
- Bezugsquelle: CTB Publications

Diagnostische Referenzwerte

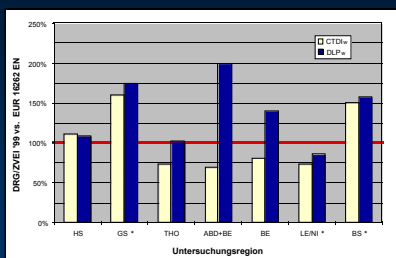
- Vorgabe: Euratom-Patientenrichtlinie
 - Definition: 3. Quartile einer repräsentativen Umfrage
- Dosisgrößen:
 - Gewichteter CTDI ($CTDI_w$)
 - Dosislängenprodukt (DLP_w)
- Charakter:
 - Kein Grenzwert, sondern ...
 - ... ernstzunehmende 'Richtgeschwindigkeit'
 - Nicht im Einzelfall, sondern im Mittel einzuhalten
- Verankerung: Novellierte RbV
 - Festlegung durch Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
 - Überwachung durch Ärztliche Stellen / Aufsichtsbehörden.

Bundesweite CT-Umfrage 1999



- Publikation: in RöFo Heft Okt. 2001
- Basis für deutsche Referenzwerte
- Zahlreiche Hinweise für dosisoptimierte Anfertigung
- Sonderdruck: erhältlich über ZVEI und CT...

EU-Vorschlag Referenzwerte (1999)



- Deutsche Werte aus bundesweiter CT-Umfrage 1999 (für komplette Unters.)
- EU-Werte (Report EUR 16262 N) veraltet oder nur bedingt repräsentativ (*).

Deutsche Referenzwerte

Untersuchungsregion	CTDI _w [mSv]		DLP _w [mSv·cm]	
	3. Quartil	1. Quartil	3. Quartil	1. Quartil
HS	40	30	300	200
Geschädel + Hals	30	20	150	100
Geschädel + Hals + Thorax	35	25	200	140
Thorax	20	15	100	70
Abdomen + Becken	20	15	100	70
Becken	10	7	50	35
Lendenwirbelsäule	10	7	50	35
Träger/Füßchen	10	7	50	35
Hand/Fuß	10	7	50	35
Hand/Fuß (S)	10	7	50	35
Hand/Fuß (L)	10	7	50	35
Hand/Fuß (R)	10	7	50	35
Hand/Fuß (L)	10	7	50	35
Hand/Fuß (R)	10	7	50	35
Hand/Fuß (L)	10	7	50	35
Hand/Fuß (R)	10	7	50	35

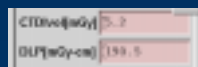
CT-Untersuchungsart	CTDI _w [mSv]	DLP _w [mSv·cm]
Hirnschädel	60	1050
Geschädel/ Nasennebenhöhlen *	35	300
Thorax	22	650
Abdomen	24	1500
Becken	28	750
Oberbauch	25	770
Lendenwirbelsäule **	47	280

- Vorschlag DRG/ZVEI (s. Umfragerport)
- 14 Standard-Untersuchungsregionen
 - 3. Quartile = Wert von 75% der Umfrageteilnehmer eingehalten
 - 1. Quartile = „Achievable Doses“ (NRPB 1999)
 - Unterschied: rund Faktor 2
- Korridor: 3. Quartile = "Grenzwert", 1. Quartile = "Sollwert".

Dosisanzeige



- Dosisgröße: $CTDI_{vol} = CTDI_w / Pitch = CTDI_{w,eff}$
 - Festgelegt in IEC-Norm 60601-1-44
 - Rückrechnung in $CTDI_w$ erforderlich!
 - $CTDI_w = CTDI_{vol} \cdot Pitch$
- $DLP_w = CTDI_{vol} \cdot L$ (L = Scanlänge)
 - Bei einigen Geräten auch Anzeige des DLP_w
- Dosisanzeige nur bei neueren Geräten
 - Nachrüstung in der Regel nicht möglich
 - Ersatz: Dosisberechnungsprogramme.



CT-Dosisberechnungsprogramm



- Universelle Programmlösung auf Basis von MS-Excel
- Für alle gängigen CT-Scanner und Patientengruppen
- Basierend auf bundesdeutscher CT-Umfrage
- Incl. Benchmarking und Hinweise zur Optimierung.

