

Dosisermittlung, Grenzwerte und Leitlinien

D. Gosch

Universitätsklinikum Leipzig A.ö.R.
Klinik für Diagnostische Radiologie

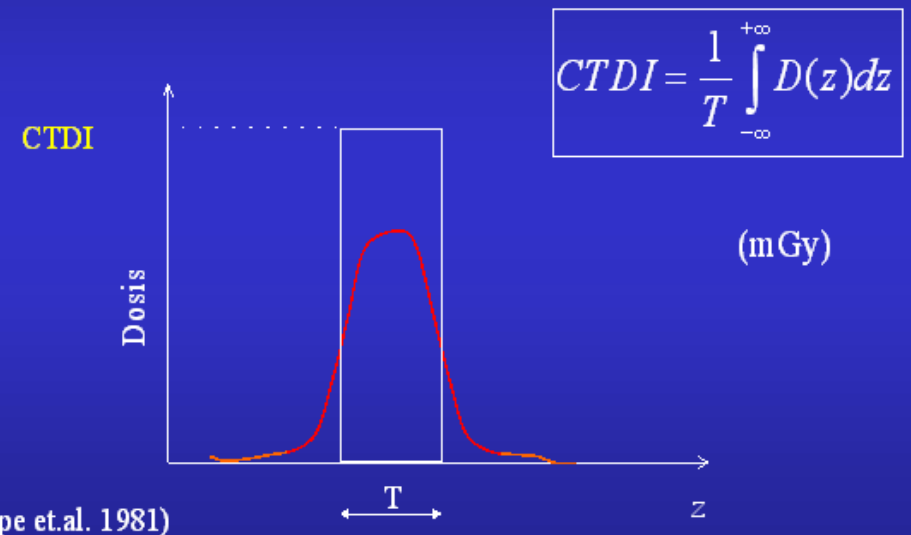
Gliederung

- Definitionen von CT-Dosisgrößen
- Messung der Dosisgrößen
- Bestimmung von Organdosen und der effektiven Dosis
- Grenzwerte bei CT
- Diagnostische Referenzdosiswerte

Warum spezielle Dosisgrößen bei CT ?

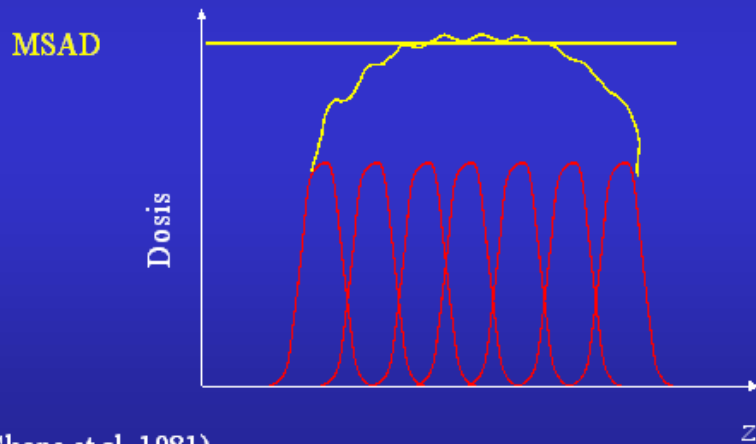
- Körper wird in dünnen transversalen Schichten nacheinander relativ homogen durchstrahlt (bei Projektionsradiographie starker Dosisabfall von Eintritts- zu Austrittsseite)
- dabei wird wegen der Streustrahlung, der Strahlendivergenz und der begrenzten Kollimation der Strahlung auch Strahlungsenergie in benachbarten Bereichen deponiert

Computed Tomography Dose Index (CTDI)



Multiple Scan Average Dose (MSAD)

(Maß für die mittlere Dosis im bestrahlten Volumen)



(Shope et.al. 1981)

Beziehung zwischen MSAD und CTDI

- MSAD = CTDI, falls pitch = 1 bzw. Tischvorschub = Schichtdicke
- MSAD = $1/p \cdot$ CTDI
- MSAD kann aus gemessenem CTDI ermittelt werden (nur 1 Scan für Messung notwendig)

CTDI - Definitionen

Dosisgröße	Integrationslänge	Meßmedium	Dosisangabe
CTDI _{alle}	unendlich	nicht festgelegt	nicht festgelegt
CTDI _{FDA}	14 x Schichtdicke	PMMA	Energiedosis in PMMA
CTDI ₁₀₀	100 mm	PMMA	Luftkerma
CTDI _{Luft}	100 mm	Luft	Luftkerma

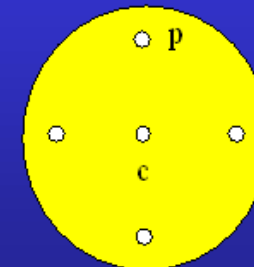
(Umrechnung CTDI_{FDA} in CTDI₁₀₀ siehe ImPACT)

$$\text{Normierter CTDI: } nCTDI = \frac{CTDI}{Q}; \quad Q : \text{mAs - Produkt}$$

Gewichteter CTDI

$$CTDI_w = \frac{1}{3}CTDI_{100,c} + \frac{2}{3}CTDI_{100,p}$$

Zylinder aus PMMA mit einem Durchmesser von 16 cm (Kopfphantom) oder 32 cm (Körperphantom) und einer Länge von mindestens 14 cm, mit Einsätzen parallel zur Achse zur Einbringung von Dosimetern in der Mitte und 1 cm von der äußeren Oberfläche

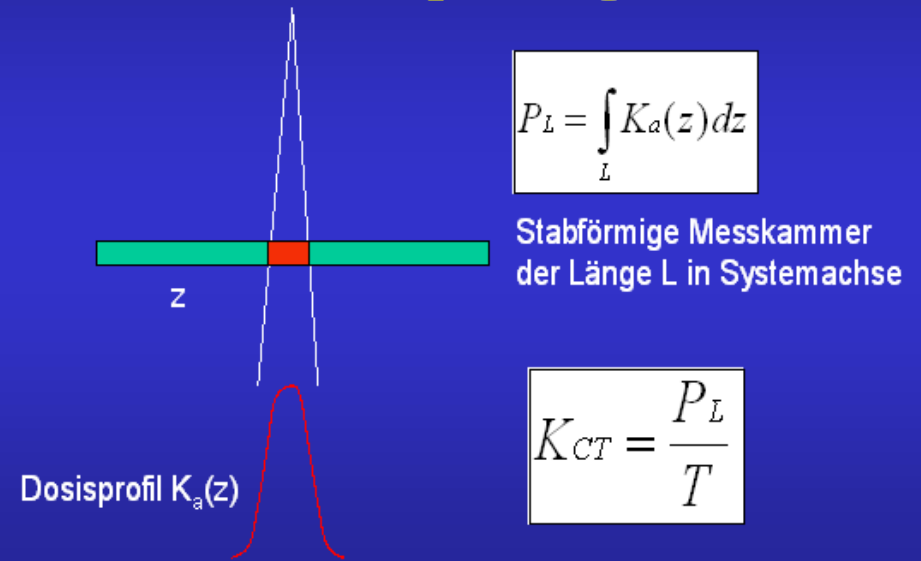


Effektiver CTDI

$$CTDI_{w,eff} = \frac{1}{p} CTDI_w \quad (p = \text{Pitch})$$

- IEC 60-601-2-44 fordert die Anzeige des $CTDI_w$ auf der Bedienkonsole des CT-Gerätes. Ist der Tischvorschub ungleich der Schichtdicke, sollte der $CTDI_{w,eff}$ angezeigt werden.
- Der effektive CTDI ist für die Ermittlung der Strahlenexposition der CT-Untersuchung wichtig.

Dosis frei Luft in der Systemachse K_{CT} (Abnahmeprüfung)



Dosislängenprodukt (DLP)

$DLP = CTDI_w * L$ (mGy*cm); L: Scanlänge
(Maß für die Strahlenexposition der CT-Untersuchung)

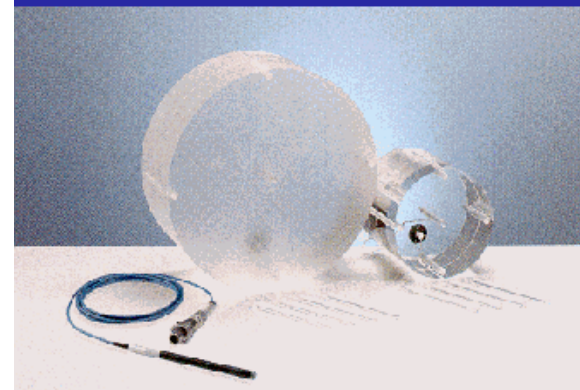
$$DLP = CTDI_w * T * N;$$

N: Schichtanzahl
T: Schichtdicke

$$DLP = CTDI_{w,n} * T * A * t;$$

$CTDI_{w,n}$: $CTDI_w$ auf 1 mAs normiert
A: Röhrenstrom (mA)
t: Aufnahmezeit (s)

Messung des $CTDI_w$ (Konstanzprüfung)



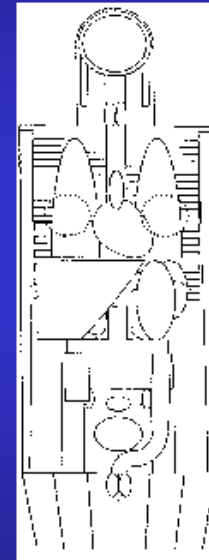
Nach DIN EN 1223-2-6 seit 1.4.2000 für alle CT-Geräte halbjährlich und nach größeren Wartungsarbeiten zu messen

Masse etwa 4 bzw. 15 kg
Preis etwa 5 - 6 TDM +
Dosimeter (> 7 TDM)

Bestimmung von Organdosen

- Messung an Patienten
- Phantommessungen
- Mathematische Methoden
(Monte Carlo Rechnungen an mathematischen Phantomen)

Berechnung von Organdosen



$$D_{organ} = CTDI_{Luft} \cdot p \cdot \sum \frac{D_f}{V}$$

p : Packungsfaktor (1/Pitch)

V : Bestrahltes Volumen

D_f : Konversionsfaktor für

Organ f in mGy/mGy

(NRPB - SR250)

Phantommessungen



- Alderson - Phantom
- gewebeäquivalente Kunststoffscheiben mit menschlichem Skelett
- entspricht nicht dem Referenzmenschen
- Phantome teuer, Messungen sehr aufwendig

Programme zur Organdosisberechnung

- CTDOSE: John LeHeron, National Radiation Laboratory, New Zealand
- P-Dose/CT Module. Evaluation of Organ Doses for CT Examinations. CyberQual S.R.L. Goriza, Italy
- WinDose: Scanditronix Wellhofer Dosimetry
- CTDosimetry.xls
@ <http://www.impactscan.org/ctdosimetry.htm>,
N Keat, ImPACT, UK

Mathematische Phantome

Name	Alter	Geschl.	Größe	Gewicht	Herkunft (Jahr)	Region	Organe
---		weiblich			Vanderbilt University (1984)	Ganzkörper	32
BADY	6 W.	weiblich	57	4.2	GSF (1987)	Ganzkörper	56
CHLD	7	weiblich	116	21.7	GSF (1988)	Ganzkörper	61
ALDERSON					GSF (1988)	Kopf und Rumpf	4
Yale (Zubral) Phantom		männlich	178	70.2	Yale University (1990)	Kopf - Obersch.	53
NORMAN		männlich	170	70.0	NRP3 (1995)	Ganzkörper	38
Oboro		männlich	170	66	JACRI/OGT (1996)	Ganzkörper	122
GOLEM	38	männlich	176	68.9	GSF (1996)	Ganzkörper	121
Adelaide	14	weiblich			Flinders Univ., S. Australia (1999)	Rumpf	26
Visite Hurrar	39	männlich	180	103.2	National Library of Med. (1999)	Ganzkörper	1400
VISHUM	39	männlich	180	103.2	GSF (1999)	Kopf - Obersch.	131
PA*012f20 (Helga)	26	weiblich	170	61	GSF (1999)	Kopf - Obersch.	62
PA*013f40 (Dorcas)	40	weiblich	170	79.3	GSF (1999)	Ganzkörper	62
PA*017m40 (Frank)	48	männlich			GSF (2000)	Kopf und Rumpf	60
PA*015f40 (Irene)	32	weiblich	~63	~50	GSF (in Bearbeitung)	Ganzkörper	62
PA*066f10 (Jo)	8	weibl./herm.	130	34	GSF (in Bearbeitung)	Ganzkörper	64

Feb 2001

(Quelle: Zankl, GSF)

ImPACT CT Dosimetry Calculator

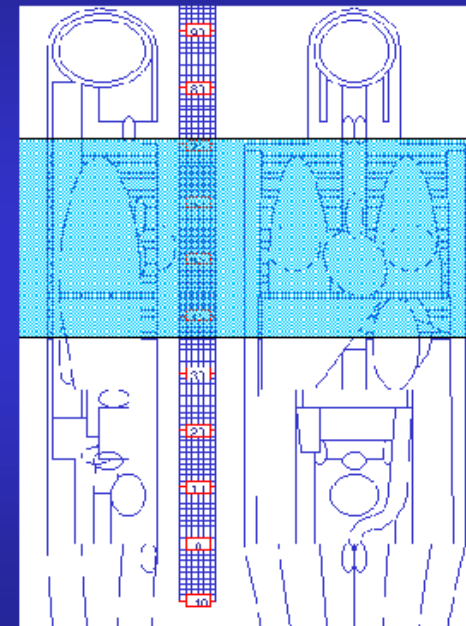
Scan Parameters:

kV	120	kV	
mA	250	mA	
Rotation time	1	s	
mAs / Slice	250	mAs	
Slice Width	10	mm	
Pitch	1		
Start Position	36	cm	Get From Phantom Diagram
End Position	71	cm	Diagram
CTDI (air)	Look up	17,5	mGy/100mAs
CTDI (soft tissue)		18,7	mGy/100mAs

ImPACT CT Dosimetry Calculator

Scanner Model:		
Manufacturer:	Siemens	
Scanner:	Siemens Somatom Plus 4 Series	
kV:	120	
Scan Region:	Body	
Data Set	MCSET16	Update Data Set
Current Data	MCSET16	
Patient:		
Patient Sex:		

ImPACT CT Dosimetry Calculator



ImPACT CT Dosimetry Calculator

	Adrenals	Brain	Breasts	Eye Lenses	Gall Bladder	Stomach	Small Intestine	Upper Large Intestine	Lower Large Intestine
$\Sigma_w D_r$	0,400	0,007	0,500	0,0100	0,112	0,250	3,014	0,010	0,000
H_T	21,790	0,346	23,370	0,481	5,239	11,954	3,654	0,874	0,155
	Heart	Kidneys	Liver	Lungs	Ovaries	Pancreas	Skin	Spleen	Testicles
$\Sigma_w D_r$	0,595	0,120	0,338	0,615	0,003	0,353	3,145	0,323	0,000
H_T	27,781	5,605	15,785	28,759	0,153	16,181	6,788	15,324	0,003
	Thymus	Thyroid	Urinary Bladder	Uterus	Head Region	Trunk Region	Leg Region	Skeleton	Red Marrow
$\Sigma_w D_r$	0,652	0,249	0,001	0,003	0,073	0,310	1,000	0,371	0,196
H_T	30,476	11,656	0,042	0,158	3,405	14,485	3,001	17,304	9,151

Abschätzung der Effektiven Dosis E aus dem DLP

Körperregion	E / DLP (mSv/mGy*cm)
Kopf	0,0023
Thorax	0,017
Abdomen	0,015
Becken	0,019

European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography, EUR 16262, May 1999

ImPACT CT Dosimetry Calculator

Organ	w_T	H_T	$w_T \cdot H_T$
Gonads	0,2	0,078	0,016
Bone Marrow (red)	0,12	9,151	1,098
Colon	0,12	0,155	0,019
Lung	0,12	28,759	3,451
Stomach	0,12	11,954	1,434
Bladder	0,05	0,042	0,002
Breast	0,05	23,370	1,169
Liver	0,05	15,785	0,789
Esophagus (Thymus)	0,05	30,476	1,524
Thyroid	0,05	11,656	0,583
Skin	0,01	6,788	0,068
Bone Surface	0,01	17,304	0,173
Remainder 1	0,025	6,629	0,166
Remainder 2	0,025	6,629	0,166
Total Effective Dose (mSv)			10,657

Beispiel für Dosisabschätzung

- 25 x 10mm Schichten im Abdomen, $CTDI_w = 30$ mGy
- $DLP = 30 \text{ mGy} \times 25 \text{ cm} = 750 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$
- $E = 750 \text{ mGy} \cdot \text{cm} \times 0,015 \text{ mSv/mGy} \cdot \text{cm} = 11,25 \text{ mSv}$
- Das entspricht der natürlichen Strahlenexposition von etwa 5 Jahren.
- Das individuelle Risiko an Krebs zu versterben, erhöht sich um etwa 0,06 % von 25 % auf 25,06 %.

Dosisgrenzwerte bei CT

- Leitlinien der BÄK zur Qualitätssicherung in der CT: Dosis frei Luft in der Systemachse darf nicht mehr als **50 mGy** betragen.
- Richtlinie für Sachverständigenprüfung nach RöV (Rw 13), Anlage I: Mit Ausnahme von CT-Untersuchungen des Schädels und der Wirbelsäule müssen Untersuchungen des Abdomens und des Thorax mit Standardparametern durchgeführt werden, bei denen eine Dosis von **50 mGy** frei Luft in der Systemachse nicht überschritten wird.

Maximales mAs-Produkt

- Thoraxuntersuchung , 120 kV,
10 mm Schichtdicke, 10 mm Tischvorschub
- $n \text{CTDI}_{\text{Luft}} = 0,2 \text{ mGy/mAs}$
(aus Abnahmeprüfung oder Tabellen)
- Max. mAs-Produkt = $50 \text{ mGy} / 0,2 \text{ mGy/mAs}$
= **250 mAs**

Diagnostische Referenzdosiswerte

- Empfohlene Dosiswerte für typische röntgen-diagnostische Untersuchungen an einer Gruppe von Patienten mit Standardmaßen oder an Standardphantomen mit für die jeweilige Untersuchungsart geeigneten Röntgeneinrichtungen.
- Die Euratom-Patientenrichtlinie verpflichtete alle Mitgliedsstaaten, Referenzdosiswerte bis 13.5.2000 aufzustellen.

Diagnostische Referenzdosiswerte

Untersuchung	CTDI _w (mGy)	DLP _w (mGy*cm)
Kopf	60	1050
Thorax	30	650
Abdomen	35	780
Becken	35	570

European Guidelines on Quality Criteria for
Computed Tomography, EUR 16262, May 1999

Zusammenfassung

- Die wichtigste Dosisgröße in der CT ist der CTDI.
- Der $CTDI_{Luft}$ wird bei der Abnahmeprüfung und der $CTDI_w$ wird bei der Konstanzprüfung gemessen.
- Aus dem $CTDI_{Luft}$ können Organdosen berechnet und aus dem DLP kann die effektive Dosis abgeschätzt werden.
- Der Grenzwert für CT-Untersuchungen des Thorax und des Abdomen (außer WS) ist 50 mGy frei Luft in der Systemachse.
- Diagnostische Referenzdosiswerte sind für die BRD derzeit noch nicht festgelegt.

Literatur

- Nagel HD. Strahlenexposition in der Computertomographie. ZVEI-Verlag, 1999
- Kalender WA. Computertomographie. Publics MCD Verlag München, 2000
- ImPACT (<http://www.impactscan.org>)