

Berechnungen zur Dosisabschätzung im CT

8. Fortbildungsseminar der APT, Magdeburg

PRICING	
Heart Scan	\$ 450.00
Lung Cancer Screening	\$ 400.00
Heart + Lung Scan	\$ 650.00
Body Scan	\$ 895.00
Virtual Colonoscopy	\$ 900.00
Body Scan + Virtual Colon	\$1,400.00
Osteoporosis Screening	\$ 199.00
Add Osteoporosis Test to any Scan	\$ 99.00
CT Coronary Angiography	CALL

Traditional CT Scans Also Performed

**InnerVision**SM
Take Charge of Your Health

InnerVision Body Scans Price List

Heart Scan	\$450.00
Lung Scan	\$400.00
Heart and Lung Scan	\$750.00
Full Body Scan	\$950.00
Brain Scan	\$200.00 *
Virtual Colonoscopy	\$950.00

InnerVision accepts major credit cards (VISA and Mastercard), checks with proper ID, and cash.

Gift Certificates are available. Call toll-free 866-5-BESURE (866-523-7873) for more information.

*Only included when having one of the other scans



Übersicht

- Dosisrelevante Scanparameter
 - Dokumentation nach §28 RöV
- Dosisberechnungen
 - „Hard“: die harte Tour, zu Fuß
 - „Soft“: Software zur Dosisberechnung
 - „Smart“: Dosisberechnung für unterwegs
 - „Easy“: Geräteanzeigen
- Ausblick.

Packages

CoreScore - Cost: \$845

- NeckScore
- HeartScore
- LungScore
- Abdominal/Pelvic Score
- CD of Images
- No Consultation (Images will be shown by the CT Technologist or Medical Assistant)

TotalScore - Cost: \$945

- SinusScore
- NeckScore
- HeartScore
- LungScore
- Abdominal/Pelvic Score
- BoneScore
- CD of Images
- No Consultation (Images will be shown by the CT Technologist or Medical Assistant)

UltraScore - Cost: \$1295

- TotalScore
- ColonScore
- CD of Images
- No Consultation (Images will be shown by the CT Technologist or Medical Assistant)

Relevante Dosisgrößen

- Gewichteter CTDI (CTDI_w)
 - Grund: Dosisreferenzwerte
- Dosislängenprodukt (DLP_w)
 - Grund: Dosisreferenzwerte
- Effektiver CTDI oder Volumen-CTDI (CTDI_{vol})
 - Grund: Anzeige an Scannerkonsolen
- Effektive Dosis (E)
 - Grund: Vergleich mit anderen Modalitäten
- Uterusdosis (D_{uterus})
 - Grund: Schwangerschaft.

Dosisrelevante Scanparameter

- Röhrenspannung U (kV)
- Röhrenstrom I (mA)

Leistungsquittierung CT für ZZ, Privat (geb. am 11.11.1966)

Leistung | Material | Film/Archivmedium | Protokoll

Thorax+Abdomen(Staging)

Datum: 13.05.2004 > Zeit: 15:38 h Dienst: N Arbeitsplatz: CT1 MTRA: STA Arzt:

Arztkontakt ? ☒ eingehende Beratung ? ☒
 Sympt.Unts. ? ☐ Beratung > 20 Min? ☐
 Konsil ? ☐ Allergieprophylaxe ? ☐
 zus. Lokalanästhesie ? ☐

Nr.	Name	Schichtdicke	Tischvorschub	Rec-Intervall	Scanrichtung	mA	mAs	RotTI	DLP	CTDI
1	C Thorax	3/2,5	15	2	caudal		100	0,5		
2	C Abdomen	3/2,5	15	2	caudal		165	0,5		
3	C									
4	C									
5	C									
6	C									

1. Injektionsprotokoll: 120 + 60 / 4 / CB / M / 10
 2. Injektionsprotokoll: + / / / / /

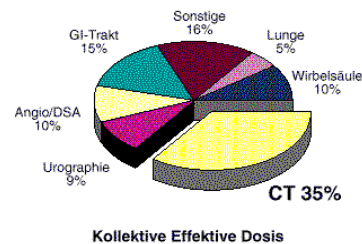
„Hard“: Tabellen, Papier und Rechner

Strahlenexposition in der Computertomographie

Grundlagen, Einflußfaktoren, Dosismittlung,
Optimierung, Zahlenwerte, Begriffe

Herausgegeben von Hans Dieter Nagel

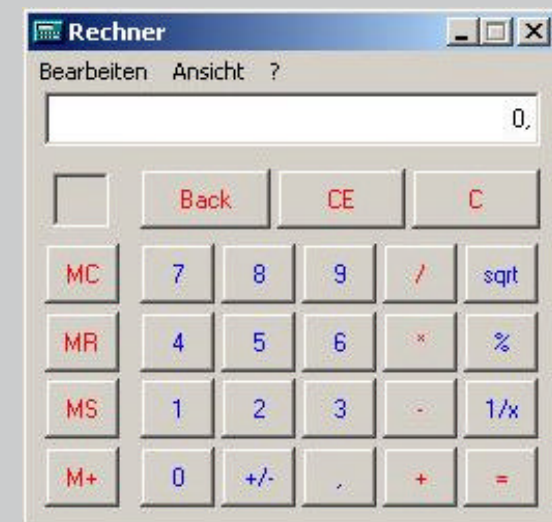
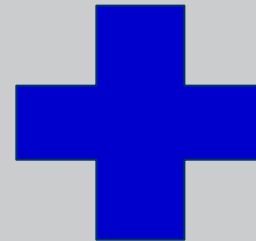
Mit Beiträgen von
M. Galanski
N. Hidajat
W. Maier
H.D. Nagel
Th. Schmidt



Zentralverband
Elektrotechnik- und
Elektronikindustrie e.V.



Fachverband Elektromedizinische Technik



Dosisrelevante Gerätedaten

Modell	Gene- ration	Fokus-Achs- Abstand (mm)	Minimales mAs- Produkt	Gesamt- Filterung (mm)	Detektor Typ	Anord- nung	Spannung (kV)	Schicht- dicke (mm)	n CTDI _{Luft} (mGy/mAs)	16-cm-Phantom n CTDI _{w,H} (mGy/mAs)	P_H	32-cm-Phantom n CTDI _{w,B} (mGy/mAs)	P_B	Typ- Klasse	Quelle
CX/Q CX/S LX	3.	606	140 120 60	3,5Al+0,1Cu	Gas	symm.	120	10	0,20	0,15	0,75	0,08	0,40	II	a
SR4000 SR5000 SR7000	3.	606	65 50 30	3,5Al+0,1Cu	Gas	symm.	120	10	0,20	0,15	0,75	0,08	0,40	II	a
AV AV-Pf AV-EU AV-P1	3.	606	65 65 30 15	3,5Al+0,1Cu	Gas	symm.	120	10	0,20	0,15	0,75	0,08	0,40	II	a
AV-PS AV-E	3.	606	15 30	3,5Al+0,1Cu	FK	symm.	120	10	0,20	0,15	0,75	0,08	0,40	II	a
M EG	3.	475	20	3Al- ϵ q.	FK	asymm.	120	10	0,50	0,36	0,72	0,25	0,50	III ⁽²⁾ II ⁽³⁾	a
Secura	3.	606	2,5	3,5Al+0,1Cu	FK	symm.	120	10	0,20	0,15	0,75	0,08	0,40	II	a
Aura ⁽¹⁾	3.	515	10	1,5Al+ 0,07Cu	FK	asymm.	120	10	0,44	0,30	0,69	0,21	0,49	III ⁽²⁾ II ⁽³⁾	a

Anm.: ⁽¹⁾ A u s f Ÿ h ⁽²⁾ Kopf ⁽³⁾ Rumpf

Quellen: a : H e

Tab. A.2 bis A.8

Typklasse berücksichtigt scanner-spezifische Unterschiede

Geometrie, (Form-) Filter.

Gewichteter CTDI ($CTDI_w$)

Modell	...	Spannung (kV)	Schicht- dicke (mm)	$nCTDI_{Luft}$ (mGy/mAs)	16-cm-Phantom $nCTDI_{w,H}$ (mGy/mAs)	P_H	32-cm-Phantom $nCTDI_{w,B}$ (mGy/mAs)	P_B	Typ- Klasse
AV-PS AV-E	...	120	10	0,20	0,15	0,75	0,08	0,40	II

$$CTDI_{w,H/B} = nCTDI_{w,H/B} \cdot \left(\frac{U}{U_{ref}} \right)^{2,5} \cdot I \cdot t$$

Beispiel: Philips Tomoscan AV-PS
140 kV / 120 mA / 1,5 s
Rumpfreion

$$CTDI_{w,B} = 0,08 \cdot \left(\frac{140}{120} \right)^{2,5} \cdot 120 \cdot 1,5 = 21,2 \text{ mGy}$$

Dosislängenprodukt (DLP_w)

$$DLP_w = CTDI_w \cdot \frac{L}{p}$$

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

Beispiel:

Philips Tomoscan AV-PS

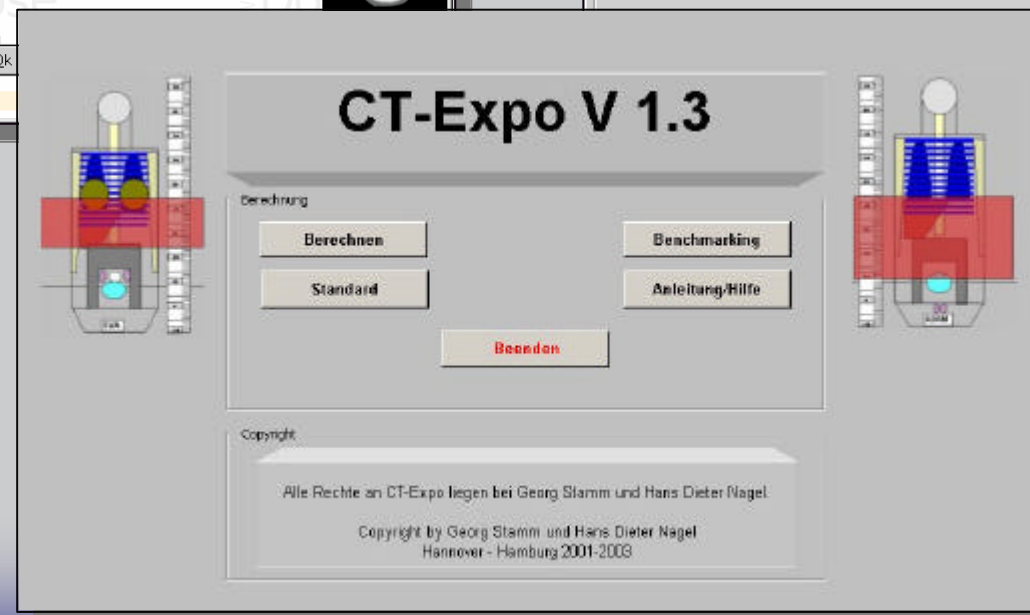
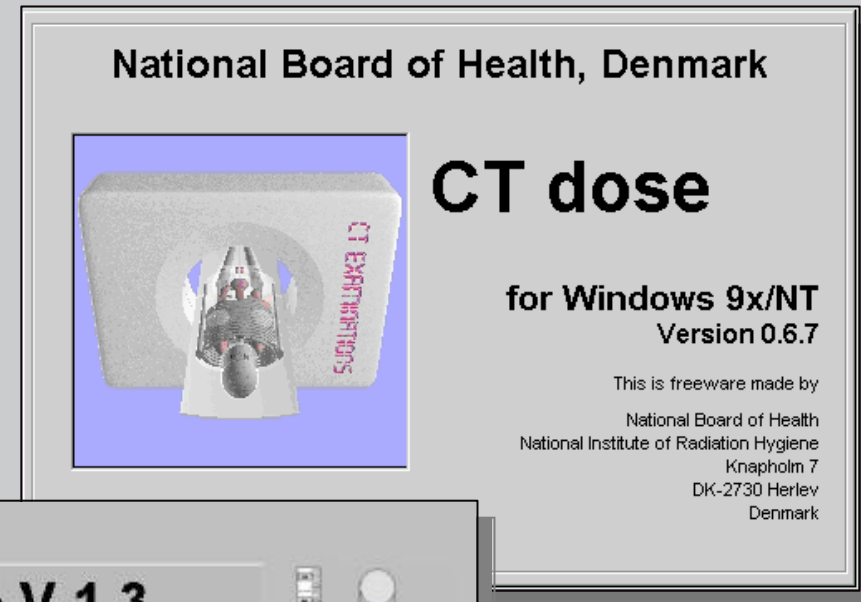
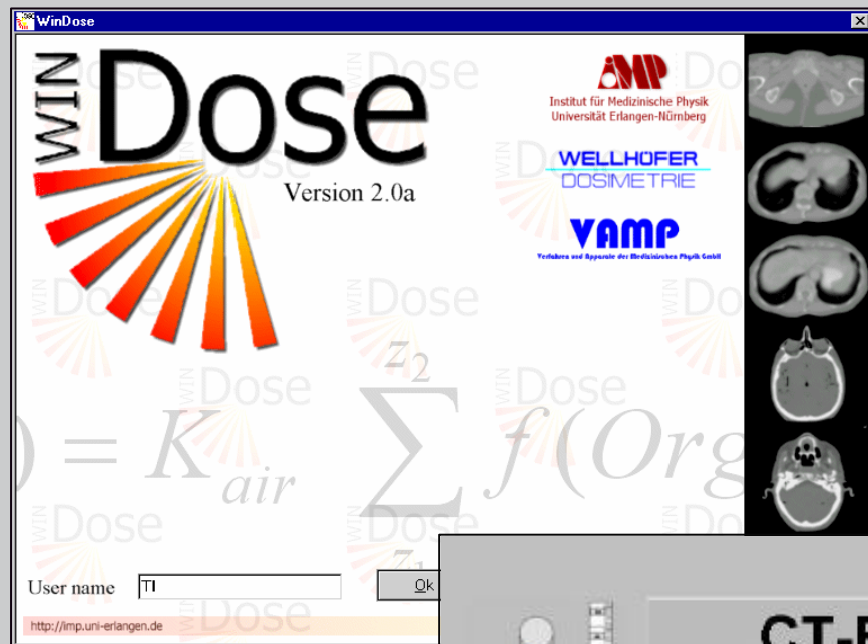
140 kV / 120 mA / 1,5 s / Rumpfbereich ($CTDI_w = 21,2 \text{ mGy}$)

$n = 30$, $h = 7 \text{ mm}$ TV = 10,5 mm $\rightarrow L = 31,5 \text{ cm}$, $p = 1,5$

$$DLP_w = 21,2 \cdot 30 \cdot 7 \cdot 10 = 445 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$$

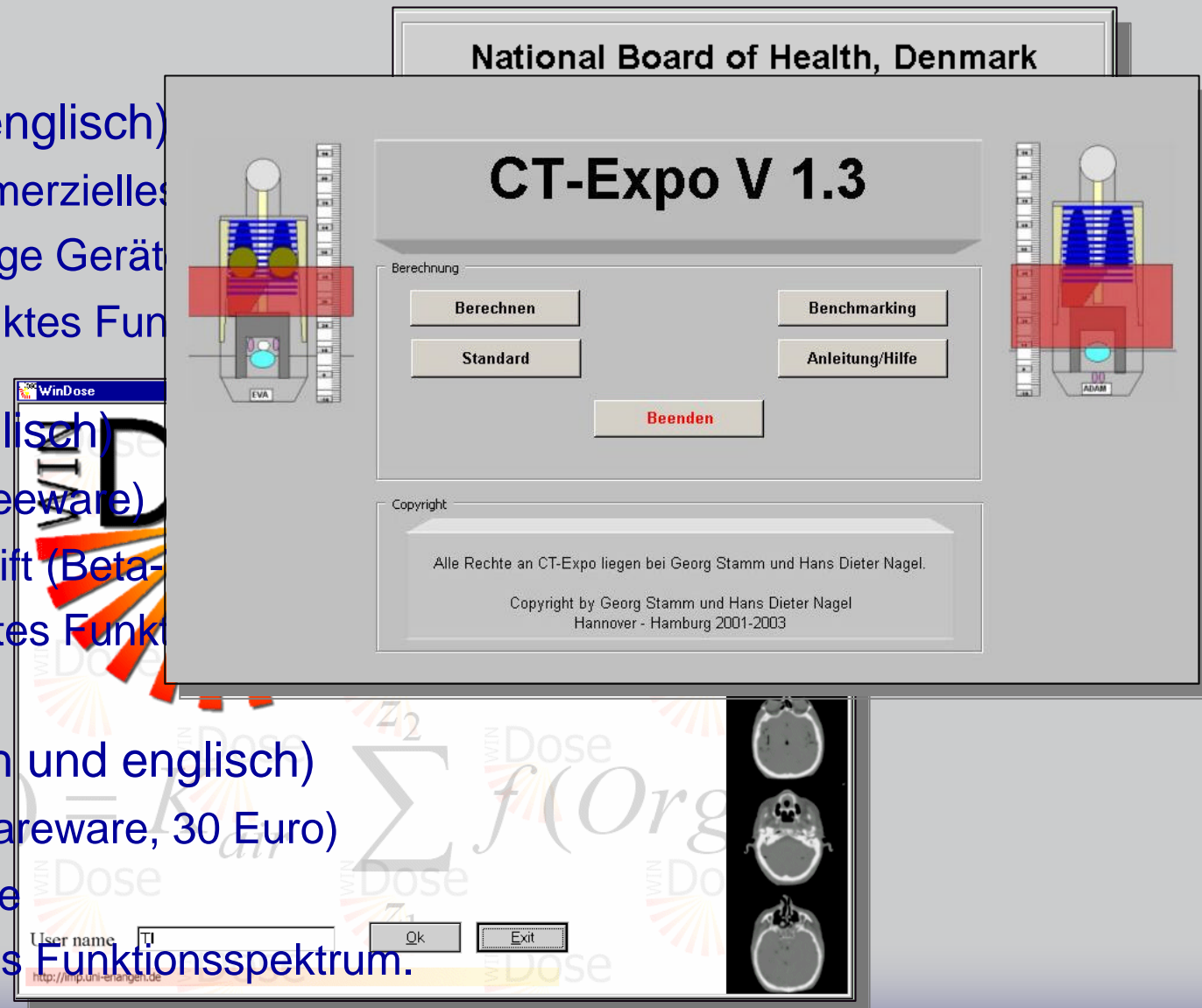
$$DLP_w = 21,2 \cdot \frac{31,5}{1,5} = 445 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$$

„Soft“: Dosisberechnungsprogramme



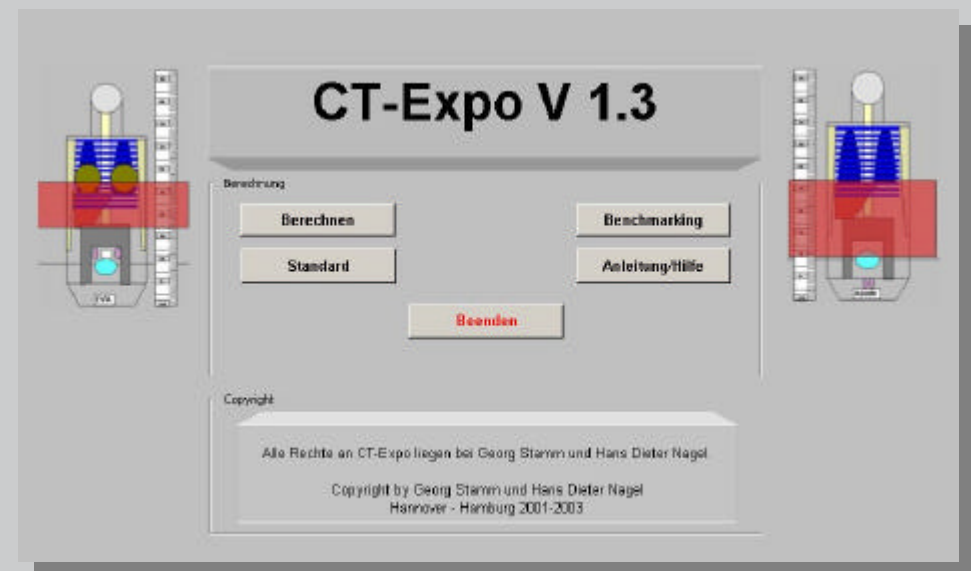
„Soft“: Dosisberechnungsprogramme

1. WINDose (nur englisch)
 - Teuer (kommerzielles)
 - Nur für wenige Geräte
 - Eingeschränktes Funktionspektrum
2. CT dose (nur englisch)
 - Kostenlos (Freeware)
 - Nicht ausgereift (Beta-Version)
 - Eingeschränktes Funktionspektrum
3. CT-Expo (deutsch und englisch)
 - Preiswert (Shareware, 30 Euro)
 - Für alle Geräte
 - Umfangreiches Funktionsspektrum.



Realisierung

- MS-EXCEL - Applikation (PC und MAC)
(lauffähig ab EXCEL 97)
- Steuerung durch VBA-Makros
- Für alle Scannertypen
- Für alle Patientengruppen
 - Inkl. Kinder und Säuglinge
- Modularer Aufbau
 - 'Berechnen'
 - 'Standard'
 - 'Benchmarking'
- Inkl. Online-Hilfe und ausführlichem PDF-Handbuch
- Update Garantie für mind. 5 Jahre.



Modul 'Berechnen'

Berechnen

Zoom in Zoom out Goto Start Berechnen Scan-Bereich Standard Vergleich Benchmarking Speichern/Drucken Zurücksetzen Hilfe

Berechnen

2. Scanbereich

1. Altersgruppe Geschlecht Übertragen

Erwachsener
Erwachsener
Kind
Säugling

☐ männlich ☒ weiblich

3. Scannertyp

Hersteller Gerät

Siemens
Somatom Plus 4-Serie
Somatom 2
Somatom DR1/2/3
Somatom CR
Somatom DRH
Somatom DRG
Somatom HiQ
Somatom AR-Serie
Somatom Plus/-S/Classic
Somatom Plus 4-Serie
Somatom Plus 4 VZ
Somatom Access

4. Scanparameter

Bitte aktuelle Werte eingeben:

t	I * t	Q	N * h	TV	p	Ser.
[s]	[mAs]	[mAs]	[mm]	[mm]		
1	200	0	10,0	15,0	1,5	1

6. Ergebnisse

Scan bzw. pro Serie*

CTDI _{w,eff}	CTDI _w	DLP _w *	E*	D _{uterus} *
[mGy]	[mGy]	[mGy*cm]	[mSv]	[mSv]
8,0	12,0	328	6,9	10,7

Dosiswerte pro Untersuchung

DLP _w	E	D _{uterus}
[mGy*cm]	[mSv]	[mSv]
492	10,4	16,1

Bereichsgrenzen und Konversionsfaktoren

Scanbereich z	Scanlänge L	$\Sigma f(z)$	$\Sigma f(\text{uterus}, z)$
von z- bis z+	[cm]	[mSv/mGy*cm]	[mSv/mGy*cm]
0 41	41	0,434	0,596

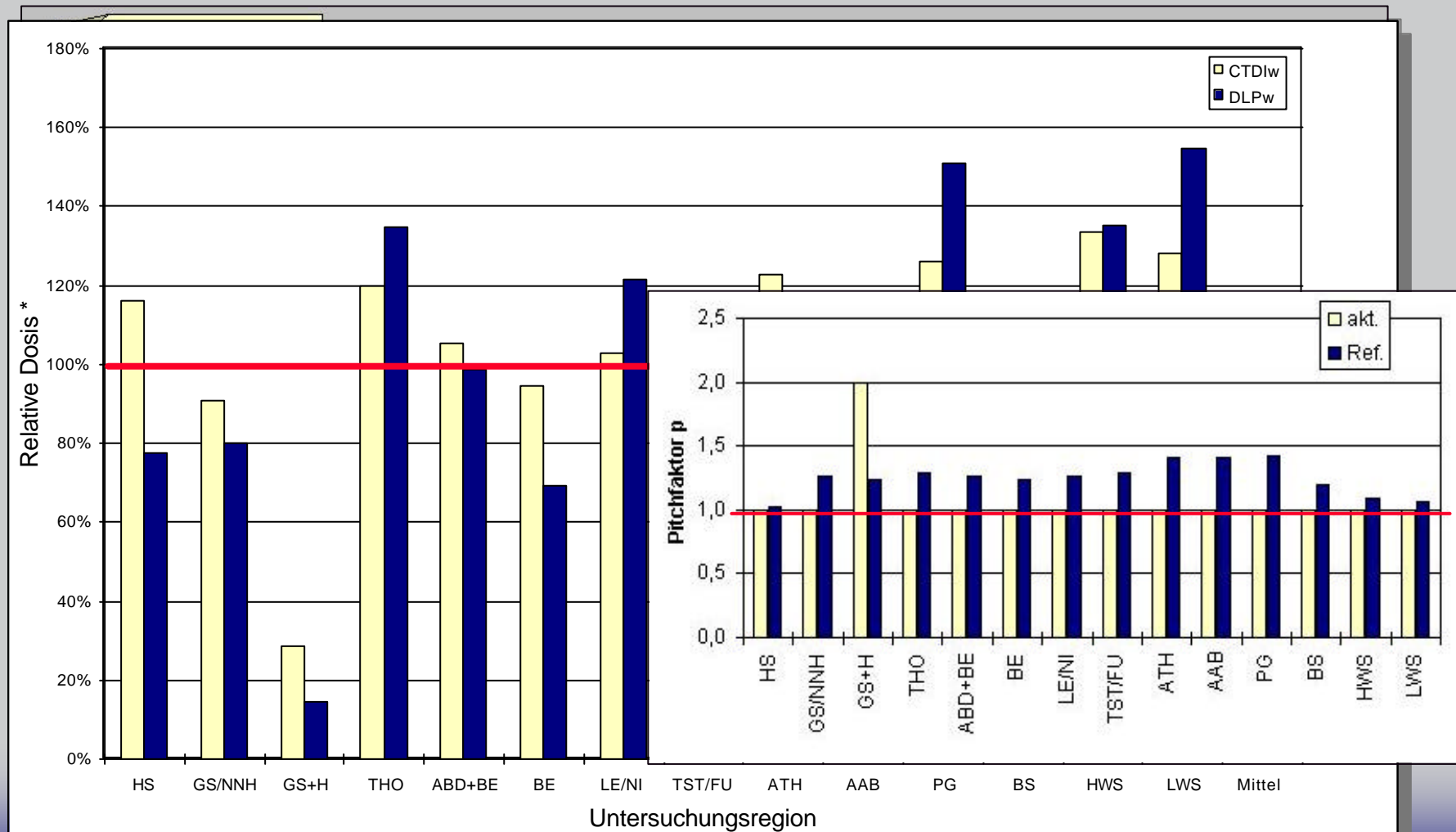
Geräte-Eckdaten

$n\text{CTDI}_w$	$P_{B,H}$	k_{CT}	k_{OB}	U_{ref}
[mGy/mAs]				[kV]
0,083	0,47	1	1,00	120

Modul 'Benchmarking'

Benchmarking

Zoom in Zoom out Goto Start Berechnen Scan-Bereich Standard Vergleich **Benchmarking** Speichern/Drucken Zurücksetzen Hilfe



„Smart“: Berechnungen auf dem Palm



-
-
-
-

Eingabe

Info

Scanner LightSpeed

< >

nCTw PH kCT Refs

Rumpf	0.094	0.39	0.8	U:	120
Kopf	0.182	0.64	0.8	N:	4
dz1/dz2	4	/	3	h:	5

Neu Löschen Berechnen Anzeigen

APPLICATIONS MENU CALCULATOR FIND

abcde 12345

Eingabe von Scannerdaten und Konversionsfaktoren

Berechnen

U[kV]	120	kOB	1.13
mAs	100		
N*h [mm]	10		
Länge [cm]	20		
Pitch	1.5		

CTDI_w 10.62 [mGy]
DLP_w 141.6 [mGy*cm]
Eff. D 2.09 / 3.25 [mSv]

<< Zurück Info

Alle
Adomen+Becken
Becken
Gesamter Rumpf
Hirnschädel
HWS
Leber-Niere
LWS

APPLICATIONS
MENU
abcde
12345
CALCULATOR
FIND

Rumpf
Kopf

- Eingabe der Untersuchungsdaten
- Auswahl der Region
 - Mittlere Konversionsfaktoren!

CTDI_w 10.62 [mGy]
DLP_w 141.6 [mGy*cm]
Eff. D 1.80 / 3.25 [mSv]

<< Zurück

Info

Neu berechnen

„Easy“: Geräteseitige Dosisanzeige

$$CTDI_{w,eff} = \frac{CTDI_w}{Pitch \cdot p}$$

- Mittlere Dosis im gescannten Volumen
- Norm DIN/EN 60601-1-44 auch $CTDI_{Vol}$ (Volumen-CTDI)
- Basis für geräteseitige Dosisanzeige an neueren Scannern
- Achtung! Bezeichnung nicht eindeutig
- Werte teilweise falsch, z.B. $CTDI_{w,B}$ für Halsregion.

CTDI_{vol}[mGy] 8.2

DLP[mGy·cm] 190.5

The screenshot shows a CT scanner control panel with the following parameters:

- Eff mAs: 120
- kV: 120
- Scanzeit: 13.07 s
- Delay: 4 s
- CTDI_w: 13.68 mGy
- 1.25 1.0 mm Schicht
- 110 Anzahl Bilder
- 24.0° Kippung
- Kommentar: HWS
- Tisch: Beginn 29.0, Position -271.5, Ende -58.5, Höhe 125.0, Craniocaudal

A 3D volume rendering of the scanned area is visible on the right side of the panel.

Ausblick: „Belichtungssteuerung“

Automatic dose reduction

Scan Plan

import from OD

Current Image Info:

PATIENT 35 (F)
1957-04-08 0100019287

ScanId 1

TbPos 57.0 TbHgt 137.2
Exam 1998-09-16 14:13:00

S AVEU 512*512
N HF S
Thk 3.0 Sclength 500.0
Speed ... Filter 3
120 kV 100 mA 0.0 s

diameters

mAs_at_120kV	mAs_at_140kV
28.85	22.68
27.61	21.75
26.44	20.85
26.04	20.56
25.49	20.13
26.65	21.02
31.20	24.46
37.52	29.21
45.96	35.51
52.49	40.35
59.47	45.50

from all slices):

meter[cm]	mAs_at_120kV	mAs_at_140kV
23.74	57.39	43.91
25.40 -->	74.38	56.43
25.66 -->	78.14	59.17

Normalized: 75.51% |

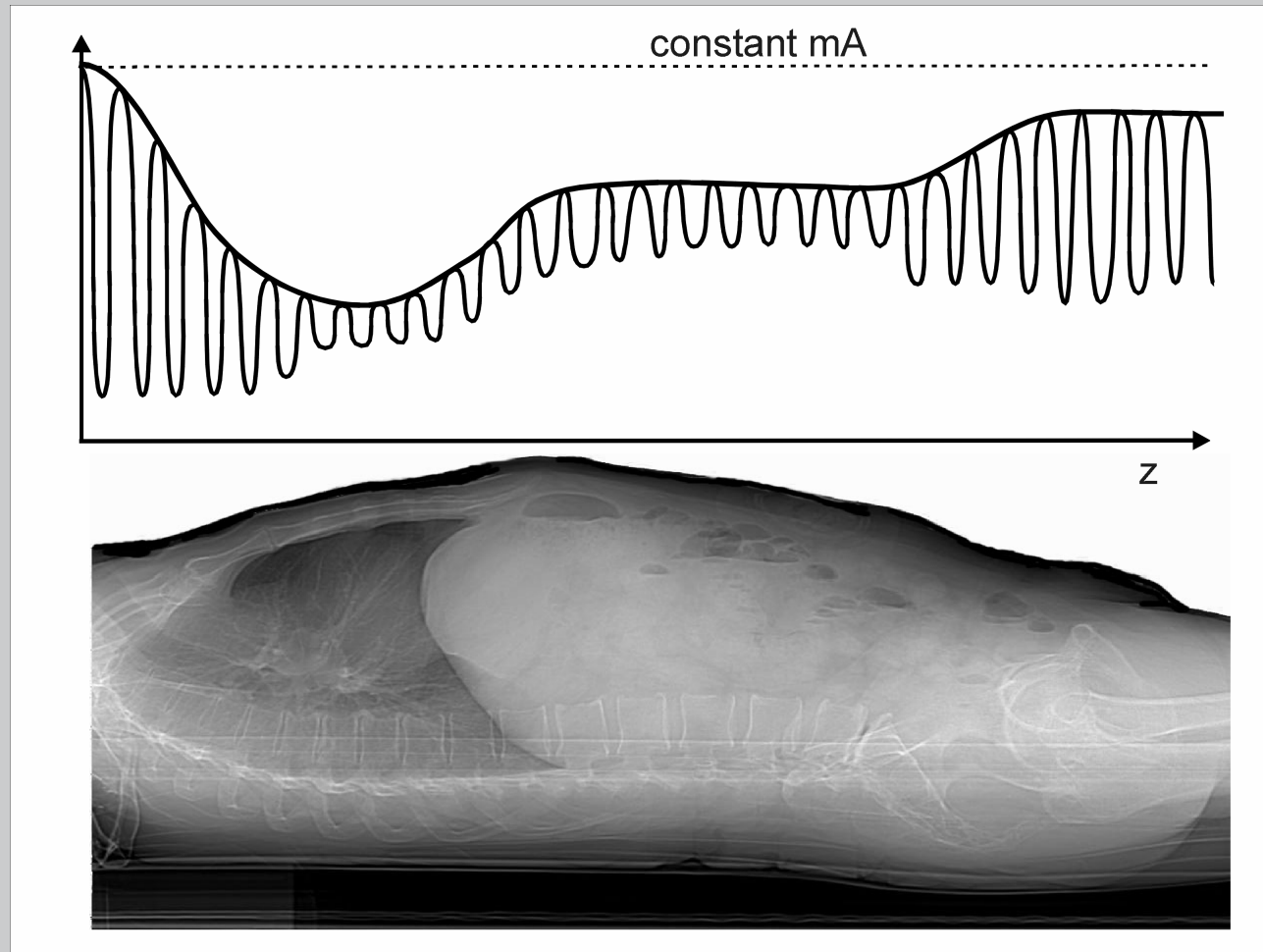
ADVICE --> kV mAs

120 75

Probleme I: Röhrenstrommodulation

- Automatische Stromanpassung an Körperquerschnitt (sinusförmig oder adaptiv)
- Dosisreduktion 10 – 40% (je nach Region)
- Nur bei stark elliptischen Querschnitt
- Berechnen mit Maximalwert liefert konservative Abschätzung.

Probleme II: Belichtungsautomatik



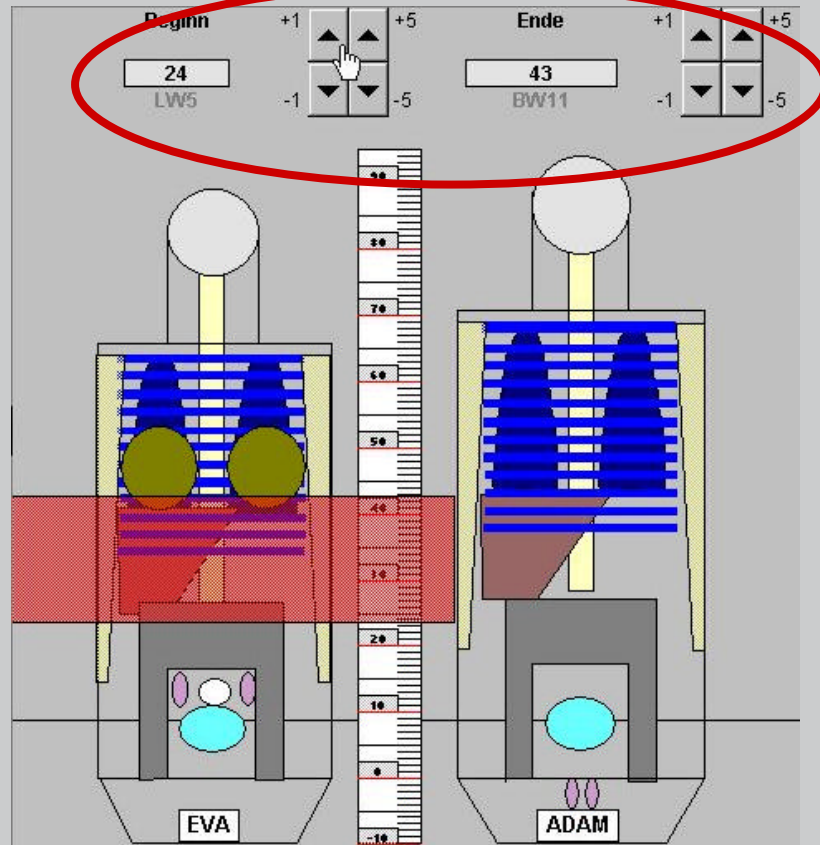
Probleme II: Belichtungsautomatik

- Automatische Stromanpassung in Patientenlängsrichtung
 - Vorteil bei kombinierten Protokollen (Thorax + Abdomen, Abdomen + Becken)
- Berechnung für jede einzelne Schicht?
- Mittlerer CTDI_w für gesamte Untersuchung?
- DLP in der Konsolenanzeige
 - Berechnung eines mittleren mAs-Produkts liefert brauchbare Abschätzung.

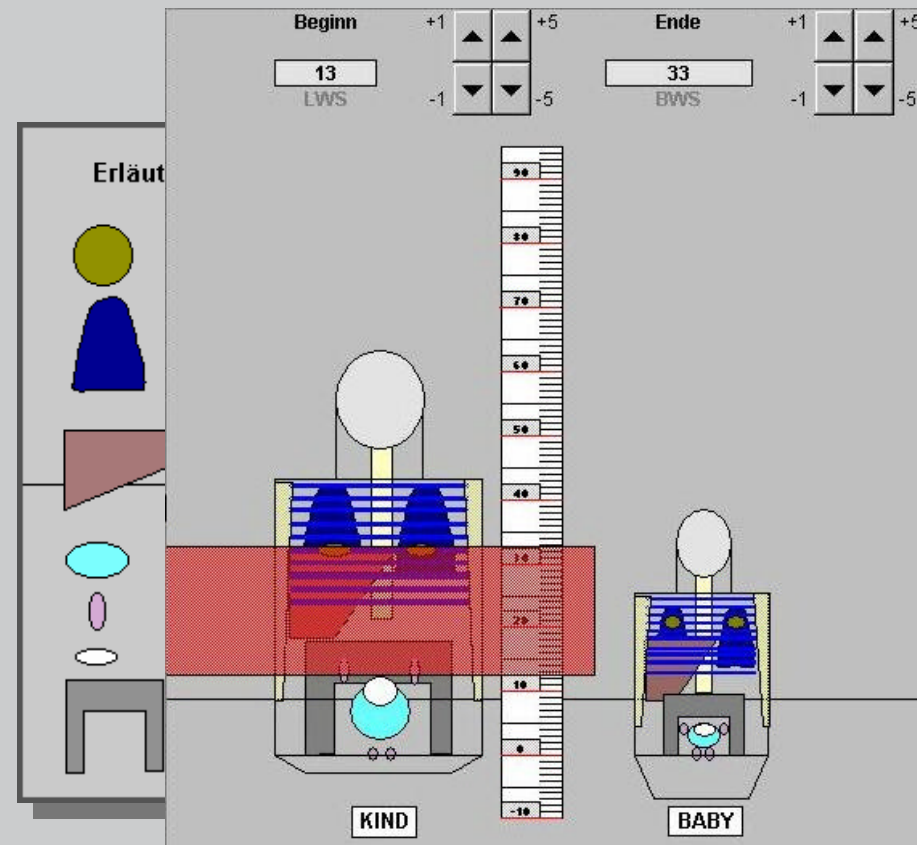
Zusammenfassung

- Dosisberechnung CT: keine Geheimwissenschaft
- Basisdaten alle vorhanden
- Relevante Dosisgrößen
 - Gewichteter CTDI_w bzw. Volumen CTDI_{vol}
 - Dosislängenprodukt DLP
 - (Effektive Dosis, Uterusdosis)
- Dosissoftware
 - Erhebliche Erleichterung
 - Kontrollinstrument
 - Dosisoptimierung
- „Belichtungsautomatik“
 - ist bei modernen Geräten verfügbar
 - bringt aber auch neue Probleme.

Eingabe Scanbereich



Erwachsene (w./m.)



Kinder / Säuglinge



Uterusdosis (D_{Uterus})

$$D_{\text{Uterus}} = CTDI_L \cdot \frac{1}{p} \cdot k_{CT(H)}$$

Beispiel:

Philips Tomoscan AV-PS, Klasse II

Typ-Klasse	Gerätefaktor k_{CT}	
	Kopf/Hals	Rumpf
0	1,10	1,25
I	1,00	1,00
II	0,90	0,80
III	0,80	0,70
IV	0,70	0,60
V	0,60	0,50

$$\sum f(\text{Uterus}, z) = 0,592 \text{ mSv} / \text{mGy}$$

$$D_{\text{Uterus}} = 49 \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 0,90 \cdot 0,592 = 17 \text{ mSv}$$

Anatomische Landmarke	Schichtlage (cm)	Konversionsfaktor (mSv/mGy·cm)
LW2	33 bis 34	0,0007
	32 bis 33	0,0010
	31 bis 32	0,0012
LW3	30 bis 31	0,0016
	29 bis 30	0,0019
	28 bis 29	0,0024
	27 bis 28	0,0028
	26 bis 27	0,0034
LW4	25 bis 26	0,0042
	24 bis 25	0,0051
	23 bis 24	0,0061
LW5	22 bis 23	0,0075
	21 bis 22	0,0095
	20 bis 21	0,0112
	19 bis 20	0,0138
	18 bis 19	0,0169
	17 bis 18	0,0208
	16 bis 17	0,0259
	15 bis 16	0,0320
	14 bis 15	0,0560
	13 bis 14	0,0916
Sacrum	12 bis 13	0,0886
	11 bis 12	0,0447
	10 bis 11	0,0303
	9 bis 10	0,0249
	8 bis 9	0,0199
	7 bis 8	0,0166
	6 bis 7	0,0135
	5 bis 6	0,0113
	4 bis 5	0,0091
	3 bis 4	0,0076
Tuber ischii	2 bis 3	0,0060
	1 bis 2	0,0047
	0 bis 1	0,0039
	-1 bis 0	0,0030
Beckenboden	-2 bis -1	0,0024

Umrechnungsfaktoren

Körperabschnitt	Erwachsene		Kinder (7
	(weibl.)	(männl.)	(weibl.)
Schädel	0,0022	0,0020	0,0028
Hals	0,0051	0,0047	0,0056
Thorax	0,0090	0,0068	0,018
Oberbauch	0,010	0,0091	0,020
Becken (*)	0,011	0,0062	0,018
gesamtes Abdomen (*)	0,010	0,0072	0,019

(*) ohne Direktbestrahlung der Keimdrüsen bei männlichen Patienten

Tab. 3.1:
Mittlere Konversionsfaktoren f_{mittel}
Kinder: Faktor 2
Säuglinge: Faktor 3

Tab. 6.3:
Uterusdosis-Konversionsfaktoren $f(\text{Uterus}, z)$

Anatomische Landmarke	Schichtlage (cm)	Konversionsfaktor (mSv/mGyácm)
LW5	25 bis 26	0,0042
	24 bis 25	0,0051
	23 bis 24	0,0061
	22 bis 23	0,0075
Sacrum	21 bis 22	0,0095
	20 bis 21	0,0112
	19 bis 20	0,0138
	18 bis 19	0,0169
	17 bis 18	0,0208
	16 bis 17	0,0259
	15 bis 16	0,0320
	14 bis 15	0,0560
	13 bis 14	0,0916
	12 bis 13	0,0886
Sacrum	11 bis 12	0,0447
	10 bis 11	0,0303
	9 bis 10	0,0249
	8 bis 9	0,0199
Coccyx	7 bis 8	0,0166
	6 bis 7	0,0135
	5 bis 6	0,0113
	4 bis 5	0,0091
	3 bis 4	0,0076
	2 bis 3	0,0060
	1 bis 2	0,0047
Tuber ischii	0 bis 1	0,0039
Symphyse		

Gerätefaktoren

- Erforderlich für: Effektivdosis, Uterusdosis
- Konversionsfaktoren basieren auf einem einzigen, älteren Scannertyp
- Korrektur scanner-spezifischer Unterschiede:
 - Geometrie, Strahlenfilter, Formfilter
 - Unterschiedliche Faktoren für Kopf/Hals- bzw. Rumpfreion
 - Einteilung in 6 Typklassen.

Typ- Klasse	Gerätefaktor k_{CT}	
	Kopf/Hals	Rumpf
0	1,10	1,25
I	1,00	1,00
II	0,90	0,80
III	0,80	0,65
IV	0,70	0,50
V	0,60	0,40

Tab. A.1