Protokolloptimierung für Kinder und neue Referenzwerte

(im Prinzip ja, aber)

Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Röntgengesellschaft

Physik und Technik
in der bildgebenden Diagnostik

Medizinische Hochschule
Hannover

Anteil pädiatrischer CT-Untersuchungen

Annahmen (aus vorangegangenen Umfragen)

- CT-Geräte: 2500
- Frequenz p.a.: 100 Unters. pro 1000 Ew.
- Untersuchungen p.a.: 8.2 Mio.

Phase I

- Adressaten: 1640
- Rücklaufquote: 663 (40%)
- Geräte: 696 (30%)
- Untersuchungen p.a.: 3.2 Mio. (40%)
- Päd. Unters. (bis **10** J): 20900

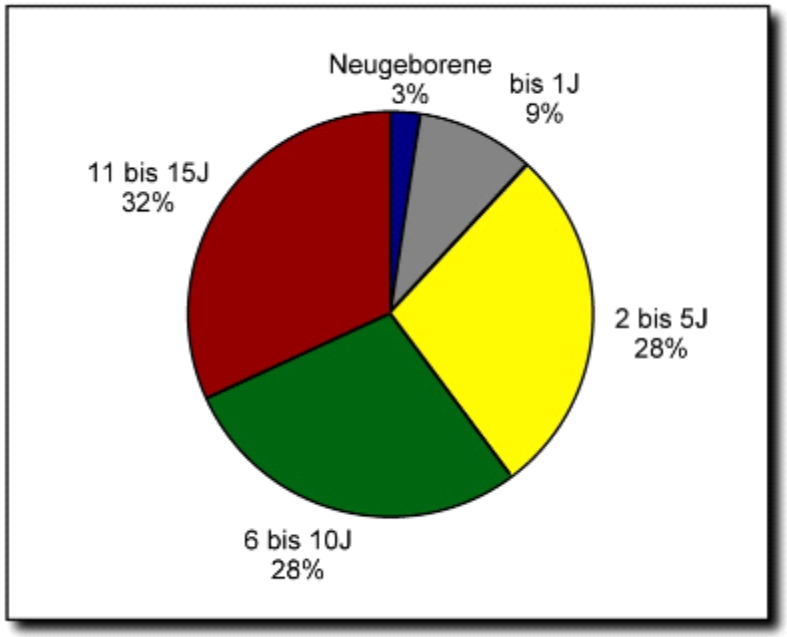
Phase II

- Adressaten: 72 (70% d. paed. Unters.)
- Rücklaufquote: 42 (58%)
- Geräte: 54 (2.2%)
- Untersuchungen p.a.: 0.4 Mio. (5%)
- Päd. Unters. (bis **10** J): 7040
- Päd. Unters. (bis **15** J): 10070 (x 1.43)

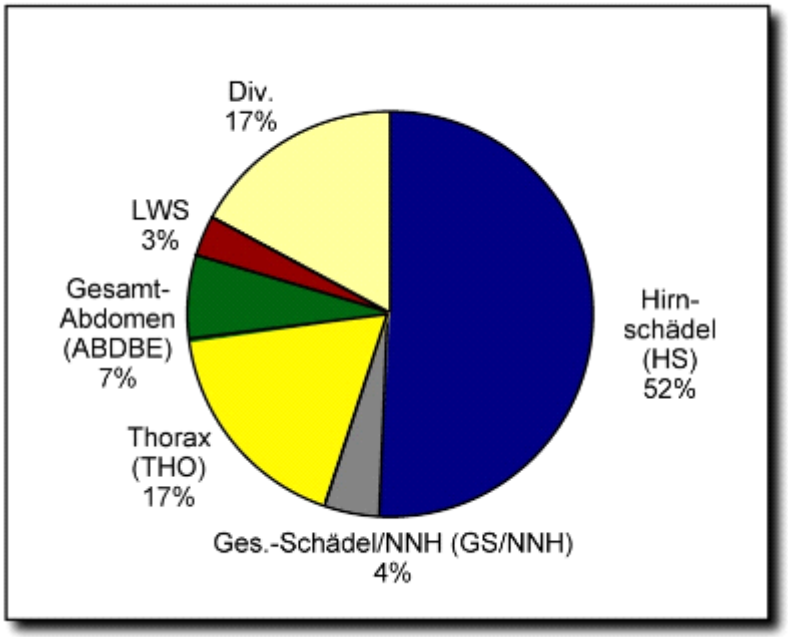
Hochrechnung

- 20900 Unters./a (bis 10J) x 1.43 = 30700 Unters./a (bis 15J)
- 30700 Unters./a (bis 15J) / 3.2 Mio (alle Altergruppen) **= 0.95% Anteil päd CT-Unters.**
- Zum Vergleich: international 6% (UNSCEAR 2000), USA 6.5% (NEXT 2000CT)

Alters- und Untersuchungsspektrum



Altersspektrum



Untersuchungsspektrum

Alle Haupt-Altersgruppen (0-5 J, 6-10 J, 11-15 J) in etwa gleichmäßig (je 1/3) vertreten

Überwiegend Kopfbereich; Thorax und Gesamtabdomen deultich weniger häufig

Referenzwerte Pädiatrie (Kopf)

(Umfrage 2005/6)

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 (290)	-
	≤ 1 Jahr	33	-	400 (390)	-
	2 - 5 Jahre	40	-	500 (520)	-
	6 - 10 Jahre	50	-	650 (710)	-
	11 - 15 Jahre	60	-	850 (920)	-
	> 15 Jahre	65	-	950 (1100)	-
Gesichtsschädel (Tumordiagnostik)	Neugeborene	9	-	70 (70)	-
	≤ 1 Jahr	11	-	95 (95)	-
	2 - 5 Jahre	13	-	125 (125)	-
	6 - 10 Jahre	17	-	180 (180)	-
	11 - 15 Jahre	20	-	230 (230)	-
	> 15 Jahre	22	-	250 (230)	-

Referenzwerte Pädiatrie (Rumpf)

(Umfrage 2005/6)

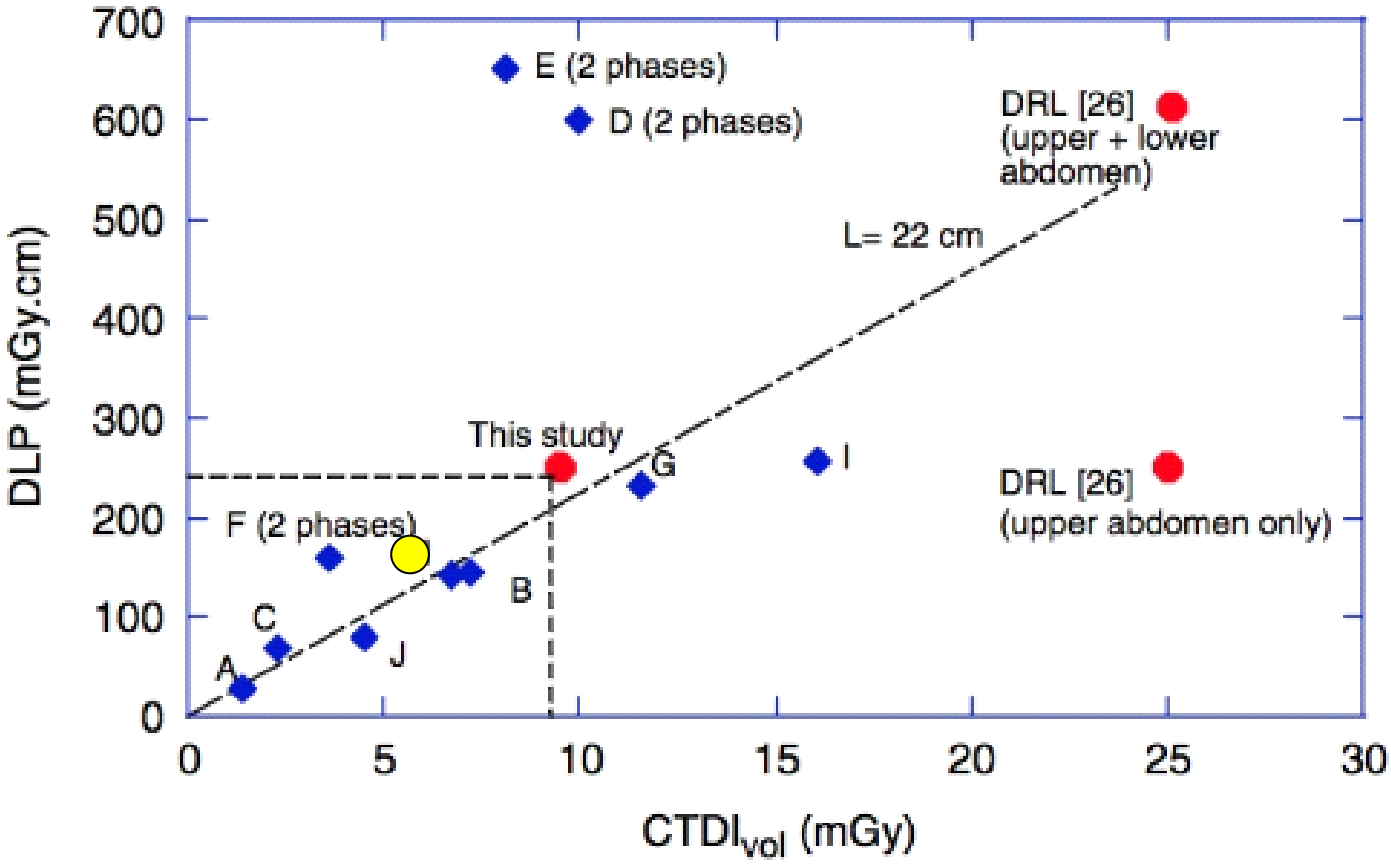
Untersuchungsart	Alters- bzw. Gewichtsklasse	*CTDI*$_{Vol}$-16 [mGy] #	*CTDI*$_{Vol}$-32 [mGy] #	*DLP*-16 * [mGy x cm]	*DLP*-32 * [mGy x cm]
Thorax	≤ 5 kg (Neugeborene)	3	1,5	40 (25)	20 (12)
	6 - 10 kg (≤ 1 Jahr)	4	2	60 (55)	30 (28)
	11 - 20 kg (2 - 5 Jahre)	7	3,5	130 (110)	65 (55)
	21 - 30 kg (6 - 10 Jahre)	10	5	230 (210)	115 (105)
	31 - 50 kg (11 - 15 Jahre)	-	8	-	230 (205)
	51 - 80 kg (> 15 Jahre)	-	12	-	400 (345)
Gesamt-Abdomen	≤ 5 kg (Neugeborene)	5	2,5	90 (55)	45 (27)
	6 - 10 kg (≤ 1 Jahr)	7	3,5	170 (145)	85 (70)
	11 - 20 kg (2 - 5 Jahre)	12	6	330 (255)	165 (125)
	21 - 30 kg (6 - 10 Jahre)	16	8	500 (475)	250 (270)
	31 - 50 kg (11 - 15 Jahre)	-	13	-	500 (500)
	51 - 80 kg (> 15 Jahre)	-	20	-	900 (980)

$CTDI_{vol16}$: Organdosis Bezug auf $CTDI_{vol32}$ wegen Dosisanzeige am Gerät !

Zeitplan

- **Umfrage 2005/2006**
  - Verlängerung wegen schwieriger Auswertung ca. 3 Monate
  - Ergebnisse an BfS Dez. 2006
  - Publikation Brennpunkt August/September 2007
- **Fachgespräch geplant 2007**
- **Anpassung der Referenzwerte 2010**
  - Absegnung durch BMU und Stellungnahme SSK A2

Referenzwerte Pädiatrie: Vgl. CH Abdomen



1-5 Jahre

F. R. Verdun et al., CT radiation dose in children: a survey to establish age-based diagnostic reference levels in Switzerland, Europ Radiol 2008, DOI 10.1007/s00330-008-0963-4

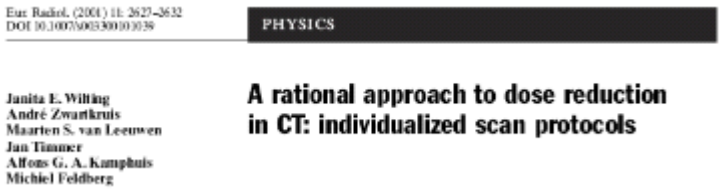
D:
$CTDI_{vol}$= 6 mGy
DLP = 165 mGy*cm

Referenzwerte Österreich

Tabelle 9: Diagnostische Referenzwerte für CT-Untersuchungen bei Kindern

CT-Untersuchung	Alter [Monate]	Dosis-Längen-Produkt [mGy·cm]	D
Schädel	0	300	300
	12	400	400
	60	600	500
	120	750	650
	180	900	850
Thorax	0	80	20
	12	100	30
	60	150	65
	120	180	115
	180	200	230

Gewichtsadaptation: in welcher Weise ?


Eur. Radiol. (2001) 11: 2627–2632
DOI 10.1007/s003300101039

PHYSICS

Janita E. Wilting
André Zwartkruis
Maarten S. van Leeuwen
Jan Timmer
Alfons G. A. Kamphuis
Michiel Feldberg

A rational approach to dose reduction in CT: individualized scan protocols

Wilting et al., Eur. Radiol. (2001), 11: 2627-32

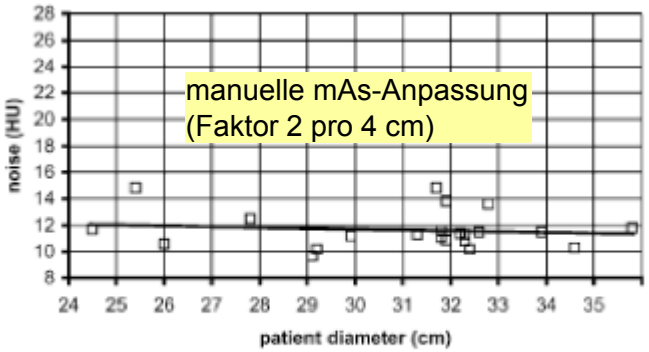


Fig. 3 Patient diameter and measured image noise for the protocol in which the dose is adjusted to the patient size. The noise is now independent of the patient diameter

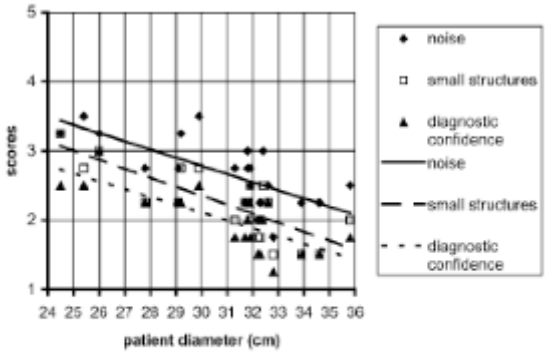
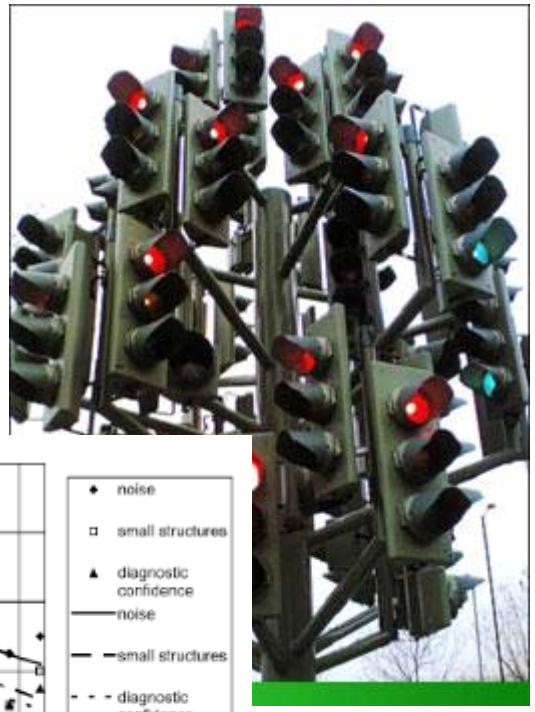


Fig. 4 Patient diameter and subjective scores for noise, visibility of small structures and diagnostic confidence for the protocol adjusted to patient size. Scores improve with the patient diameter. Again the scores for noise impression are the most critical



Objektive Bildqualität (Rauschmessung)

Subjektive Bildqualität (Rauscheindruck)

- Inhärenter Kontrast besser bei dicken Patienten höher (mehr Körperfett)
- Sanfte mAs-Anpassung (ca. Faktor 2 pro 8 cm) in der Praxis vorteilhafter.

Vorschläge für Dosisanpassungen

	Kopf	Thorax	Abdomen	
Tube current (in eff. mAs), adapted for age (years - head CT) or weight (kg - chest/abdomen CT)	<0.5: 85 0.5-3: 140 3-6: 225 >6: 350	<15: 15 15-24: 25 25-34: 35 35-44: 50 45-54: 75 >54: 100	<15: 25 15-24: 40 25-34: 60 35-44: 90 45-54: 125 >54: 155	16% 25% 38% 58% 80% 100%

Joern Sandstede: Pediatric CT, www.multislice-ct.com (2003)

Tabelle 5.2

Gewichts- / Altersgruppen
5 kg / 3 Monate
10 kg / 1 Jahr
15 kg / 3 Jahre
20 kg / 6 Jahre
30 kg / 9 Jahre
40 kg / 12 Jahre
50 kg / 14 Jahre
60 kg / 17 Jahre

Gabriel Haras: Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen

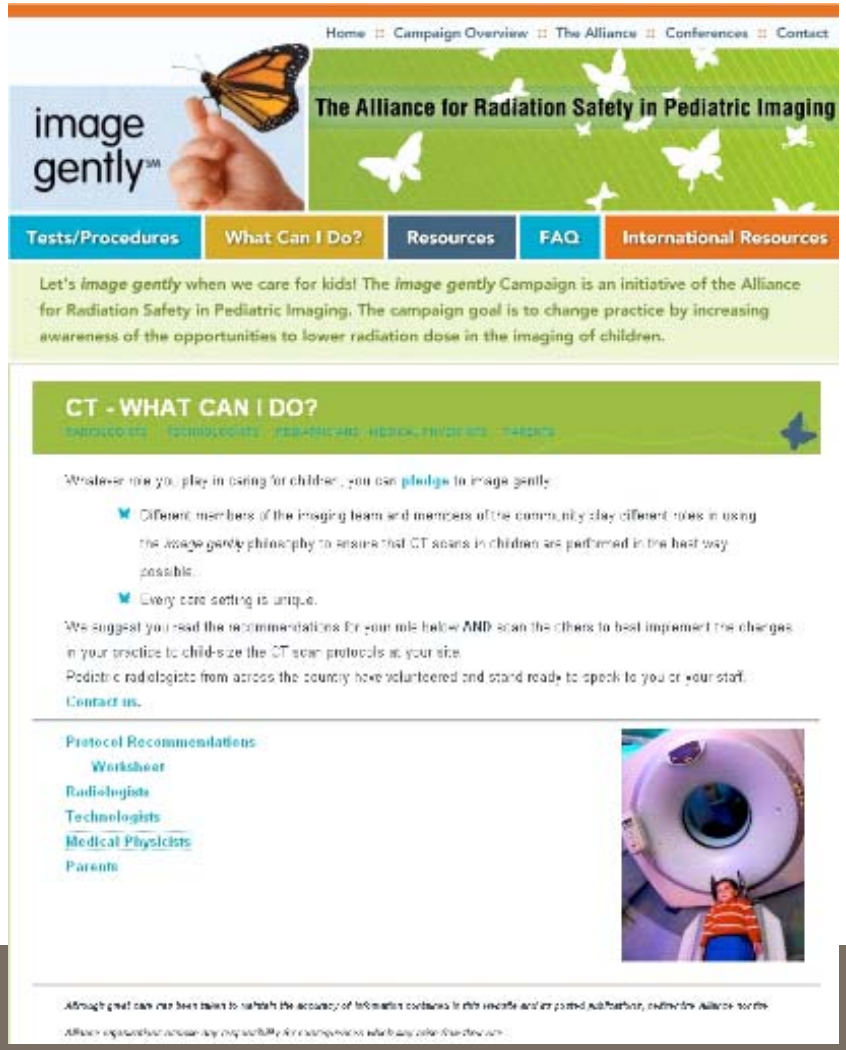
„Rogalla“-Formel

- **rel. mAs = (Gewicht [kg] + 5])/85**
- 78 kg: rel. mAs = 0,97
- 37 kg: rel. mAs = 0,49
- 13 kg: rel. mAs = 0,21

- Gewichtsadaptierte Protokolle:
  - 0 – 5 kg
  - 6 – 10 kg
  - 11 – 20 kg
  - 21 – 40 kg
  - 41 – 80 kg

B. Stöver, P. Rogalla CT-Untersuchungen bei Kindern, Radiologe 48 2008, 243 - 248

Image Gently: Ten Steps You Can Take to Optimize Image Quality and Lower CT Dose for Pediatric Patients



AJR 2010; 194: 858 - 873

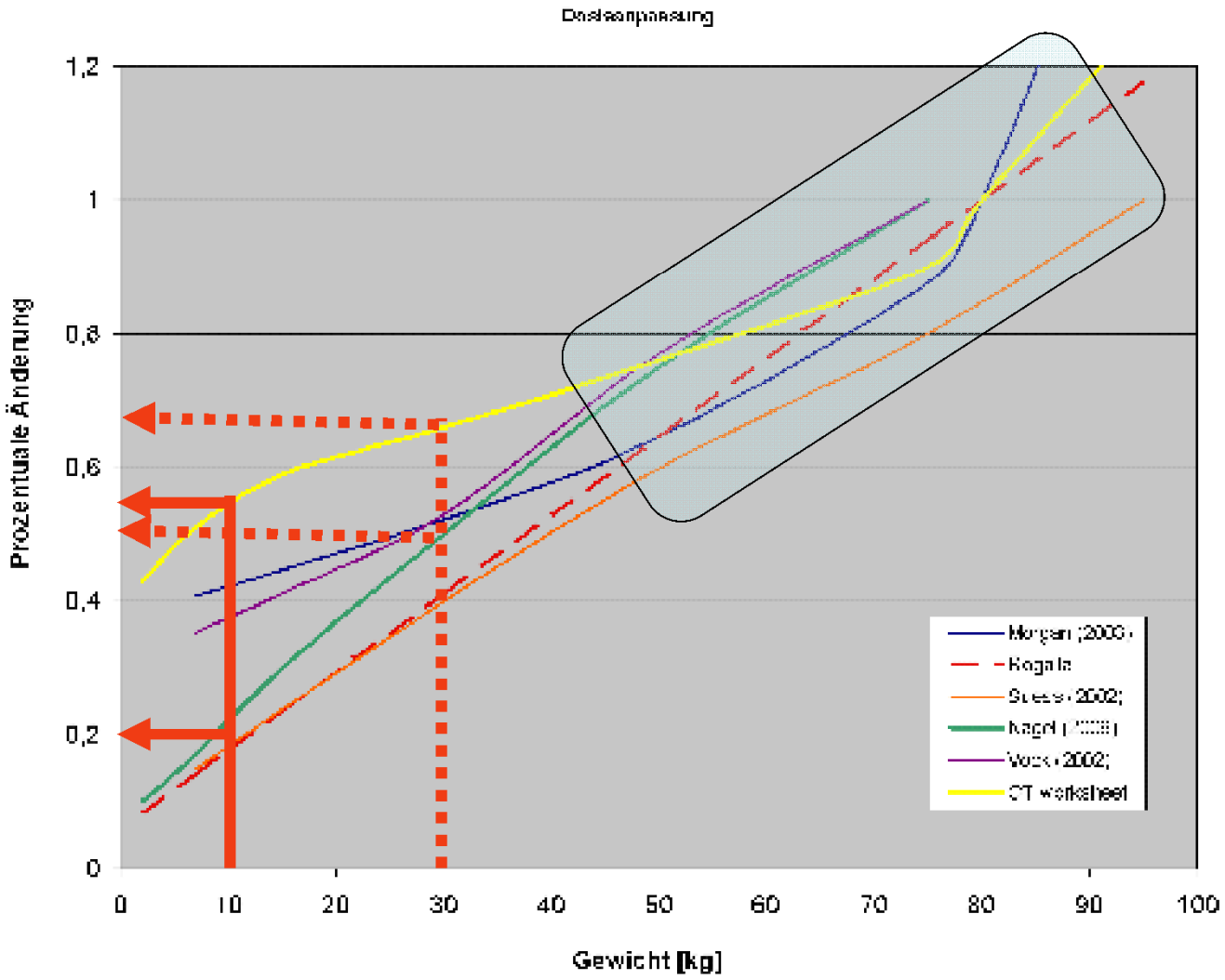
Excel-Worksheet zur Dosisanpassung
-Sehr moderate Anpassung
-Möglichkeit der ersten Protokolloptimierung

CT-Worksheet: Image Gently

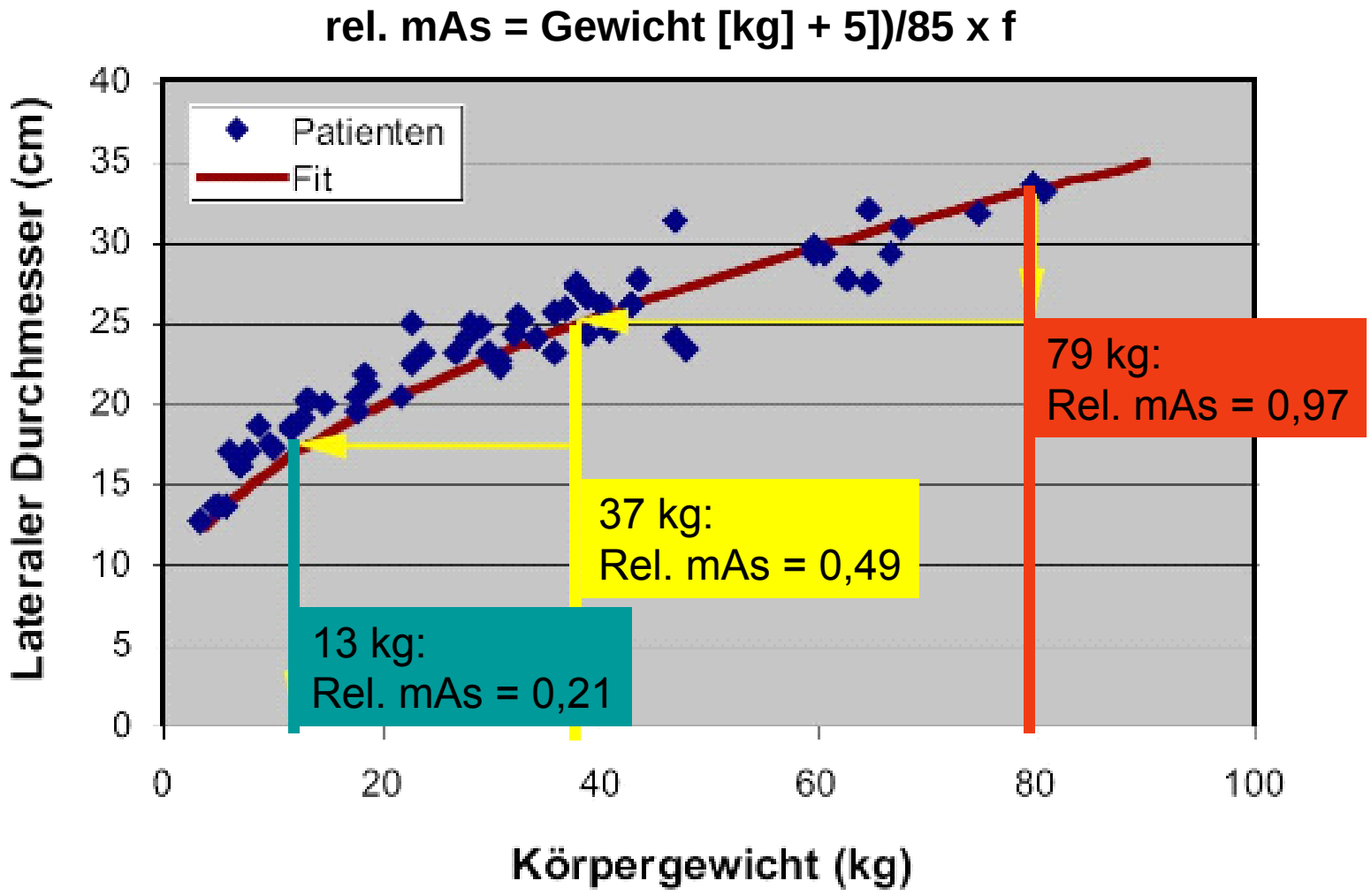
Abdomen Baseline:	kVp= *120*	mA= *200*	Time= *0.5* sec	Pitch Abdomen= 1	Pitch Thorax = 1
PA Thickness (cm)	Approx Age	Abdomen		Thorax	
		mAs Reduction Factor (RF)	Estimated mAs = BL x RF *(fill in)*	mAs Reduction Factor (RF)	Estimated mAs = BL x RF *(fill in)*
9	newborn	0.43	*43*	0.42	*42*
12	1 yr	0.51	*51*	0.49	*49*
14	5 yr	0.59	*59*	0.57	*57*
16	10 yr	0.66	*66*	0.64	*64*
19	15 yr	0.76	*76*	0.73	*73*
22	small adult	0.90	*90*	0.82	*82*
25	med adult	Baseline (BL)	100	0.91	*91*
31	large adult	1.27	*127*	1.16	*116*

Ausgangspunkt: Baseline für normalen Erwachsenen
5 Jahre altes Kind: 59% der Werte für Erwachsenen

Dosisanpassung II



Dosisanpassung Faktor 2 pro 8 cm



Weitere Arbeiten zur Dosisoptimierung

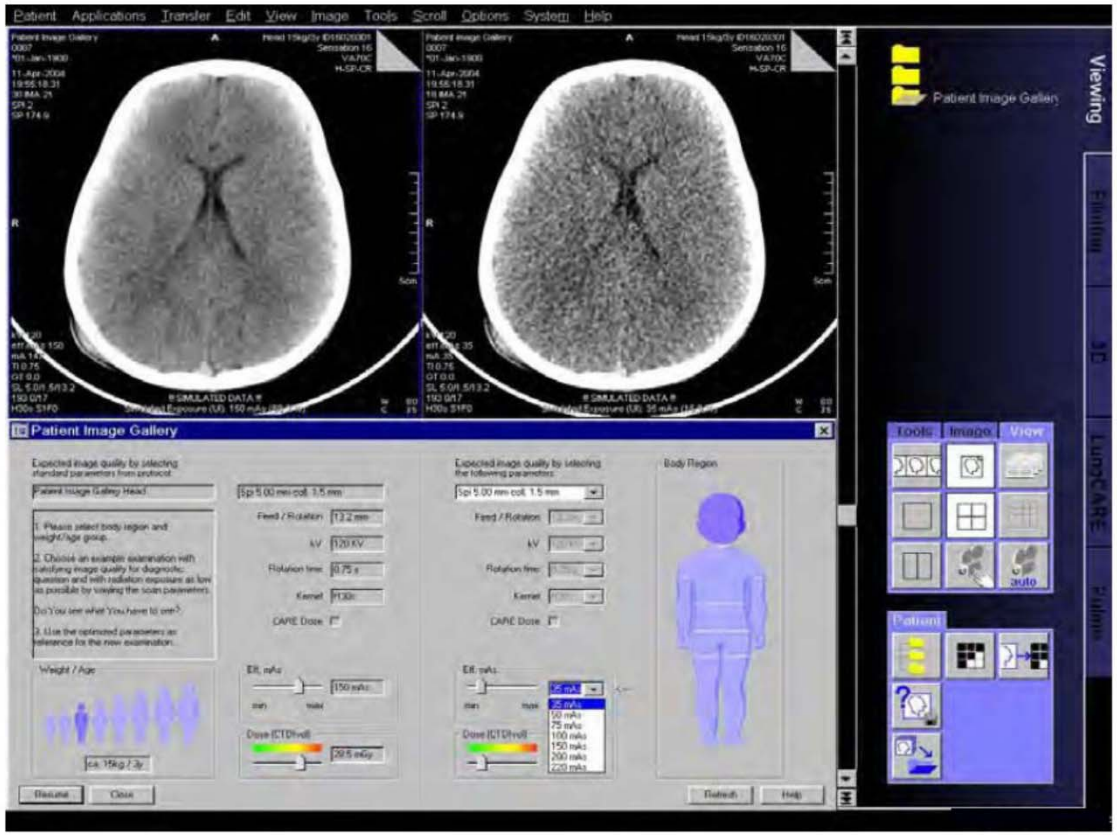


Abbildung 6.16
Patient Image Gallery Head 15 kg / 3 Jahre / **35 eff. mAs**

Gabriel Haras: Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen

Empfehlungen

- **Gesamtkollimation 10 bis 24 mm**
  - Kleiner: ungünstiger wegen Overbeaming
  - Größer: ungünstiger wegen Overranging
- **Pitch MSCT**
  - Effektive mAs: aus Dosisgesichtspunkten egal (Scangeschw., Artefaktreduktion)
  - Elektrische mAs: > 1, **Achtung: Bildrauschen**
  - Hoher Pitch: Bewegungsartefakte geringer
- **Moderate Dosisanpassung**
  - Faktor 2 pro 8 cm

Empfehlungen

- **kV verringern**
  - (Jod-) Kontrast erhöht, **Dosis geringer**
  - Aber: **anfälliger für Artefakte** (Aufhärtung)
  - **Rauschen höher**
- **Rotationszeit möglichst kurz**
  - Kürzere Scanzeit
  - Weniger Bewegungsartefakte
- **Mehrphasige Studien vermeiden**
- Dosisanzeige am Gerät: $CTDI_{vol32}/DLP_{32}$
- $CTDI_{vol16}$: Organdosis für Kinder bis 10 Jahre

kV Einstellung: Look-up Tabelle

Randbed. Rauschen	Sehr klein	Klein	Mittel	Groß	Sehr groß
1,00	80	100	100	120	120
1,25	80	100	100	100	100
1,50	80	80	80	100	100
2,00	80	80	80	100	100

http://www.aapm.org/meetings/2010CTS/ProgramInfo.asp

1,00: Routineuntersuchungen ohne KM
1,25: Routineuntersuchungen mit KM
1,50: CTA mit minimalen Randbedingungen bzgl. Rauschen
2,00: Untersuchungen ohne Vorgaben für bzgl. Rauscheindruck

Optimierungsvorschläge

Tabelle 3
Vorgehen bei der Protokollwahl für die kindliche CT [5, 6, 7, 8, 9, 20]

Schritt		Kommentar
1. Indikation		Alternativen? Bildgebung überhaupt? Bildgebung ohne Strahlen? Intervall vor Verlauf?
2. Klärung: erforderliche/akzeptable Qualität?		Frage: Niedrig– oder Hochkontrastregion? Dickste vertretbare Schichtdicke? Kann Rauschen in Kauf genommen werden?
3. Protokolloptimierung	mAs senken:	
	– Pauschal	Gewichtsabhängig [3]/durchmesserabhängig [9]
	– In z-Achse angepasst	Anhand Topogramm oder interaktiver Dosismodulation
	– In xy-Ebene angepasst	Für jeweils nächste Rotation dem Querschnitt angepasst: z.B. auf Schulterhöhe in anteroposteriorer Richtung reduzierte Dosis, evtl. auch auf Thoraxhöhe anterior (weibliche Brustdrüse)
	– Dosisautomatik [23]	Bediener wählt nur Signal-Rausch-Verhältnis
	Minimale Rotationszeit	Beim Kind meist möglich (genügende Röhrenleistung)
	Pitch >1	Vor allem für 1-Zeilen-Geräte sinnvoll; bei Mehrzeilendetektoren integriert, weniger wichtig
	kVp	Beim Kind evtl. <120 kVp genügend, kaum je 140 kVp
	Minimales Volumen	Nur diagnostisch interessierende Körperbereiche
	Keine Mehrphasen-CT	Lineare Dosiszunahme mit Zahl der Phasen (nativ, arteriell/venös/spät nach Kontrastmittel, Funktions-CT)
	Abdeckung	– Im Direktstrahlbereich evtl. Schilddrüse, Mamma, Augenlinse – Außerhalb gegen äußere Streustrahlen
4. Nachverarbeitung	Rekonstruktionsalgorithmus	Falls genügend, weicher wählen: senkt Rauschen
	Schichtdicke	Falls genügend, dicker wählen: senkt Rauschen

Fortschritte in der Computertomographie

P. Vock · Institut für Diagnostische Radiologie der Universität Bern

CT-Exposition beim Kind: Geht das Erwachen der Amerikaner auch uns Europäer an?

Radiologe 42 (2002)
697 - 702

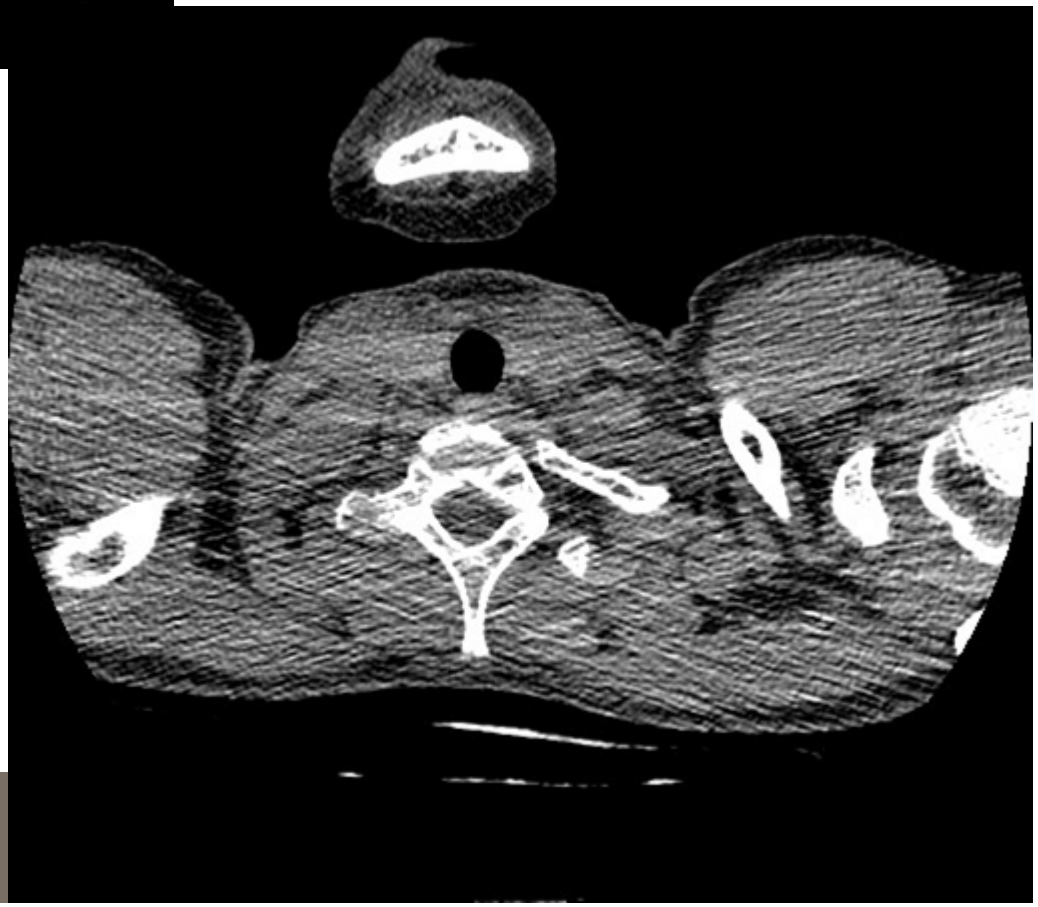
Beispiel (15-Jähriger)

Dosisbericht

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	S374.250-S70.650	2.98	104.10	Body 32
5	Helical	S374.250-S70.650	2.98	104.10	Body 32
			Total Exam DLP:	208.20	

120 kV, 40 mAs, Pitch 1, 64 x 0,625

E = 5 mSv



Referenzwerte:
6-10 Jahre: 115 mGy * cm
11-15 Jahre: 230 mGy * cm

Beispiel (14-Jähriger)

Dosisbericht

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	S260.000-S33.600	1.31	32.75	Head 16
5	Helical	S260.000-S33.600	1.31	32.63	Head 16
			Total Exam DLP:	65.38	

100 kV, 12 mAs, Pitch 1, 32 x 0,625

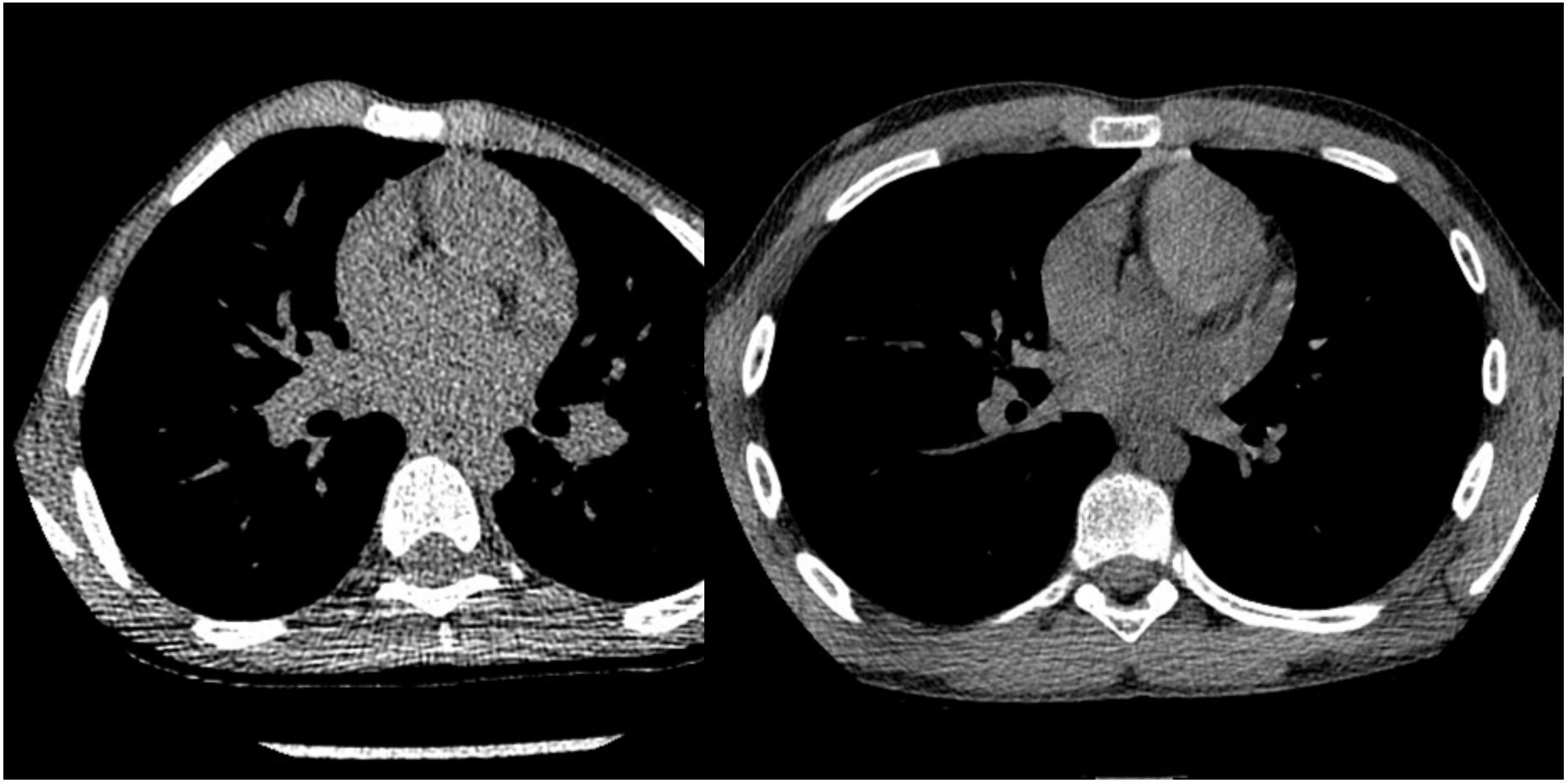
E = 0,8 mSv

Referenzwerte:
6-10 Jahre: 115 mGy * cm
11-15 Jahre: 230 mGy * cm

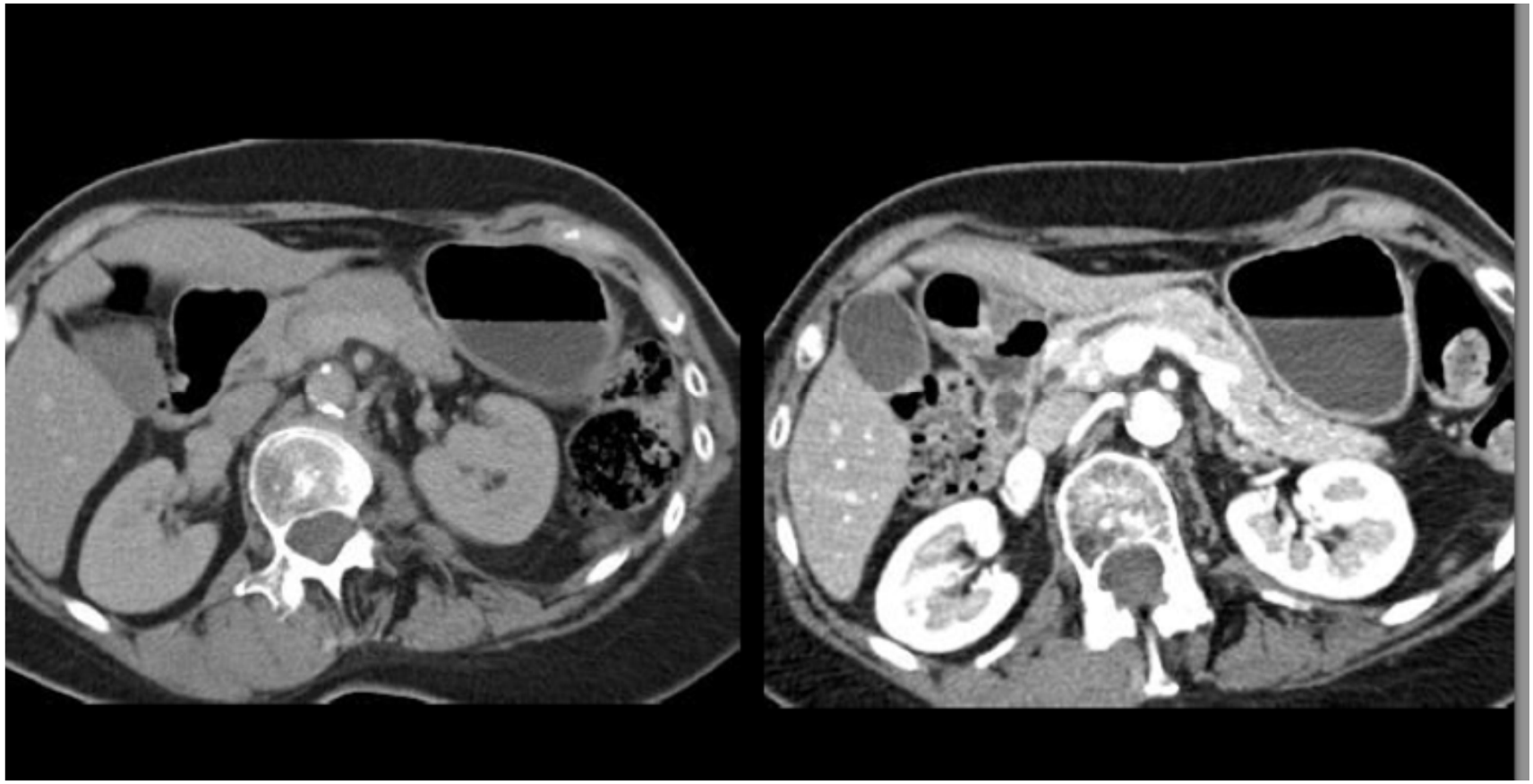
Beispiel

$CTDI_{vol}$ = 1,31 mGy, DLP = 32,7 mGy * cm

$CTDI_{vol}$ = 2,98 mGy, DLP = 104 mGy * cm

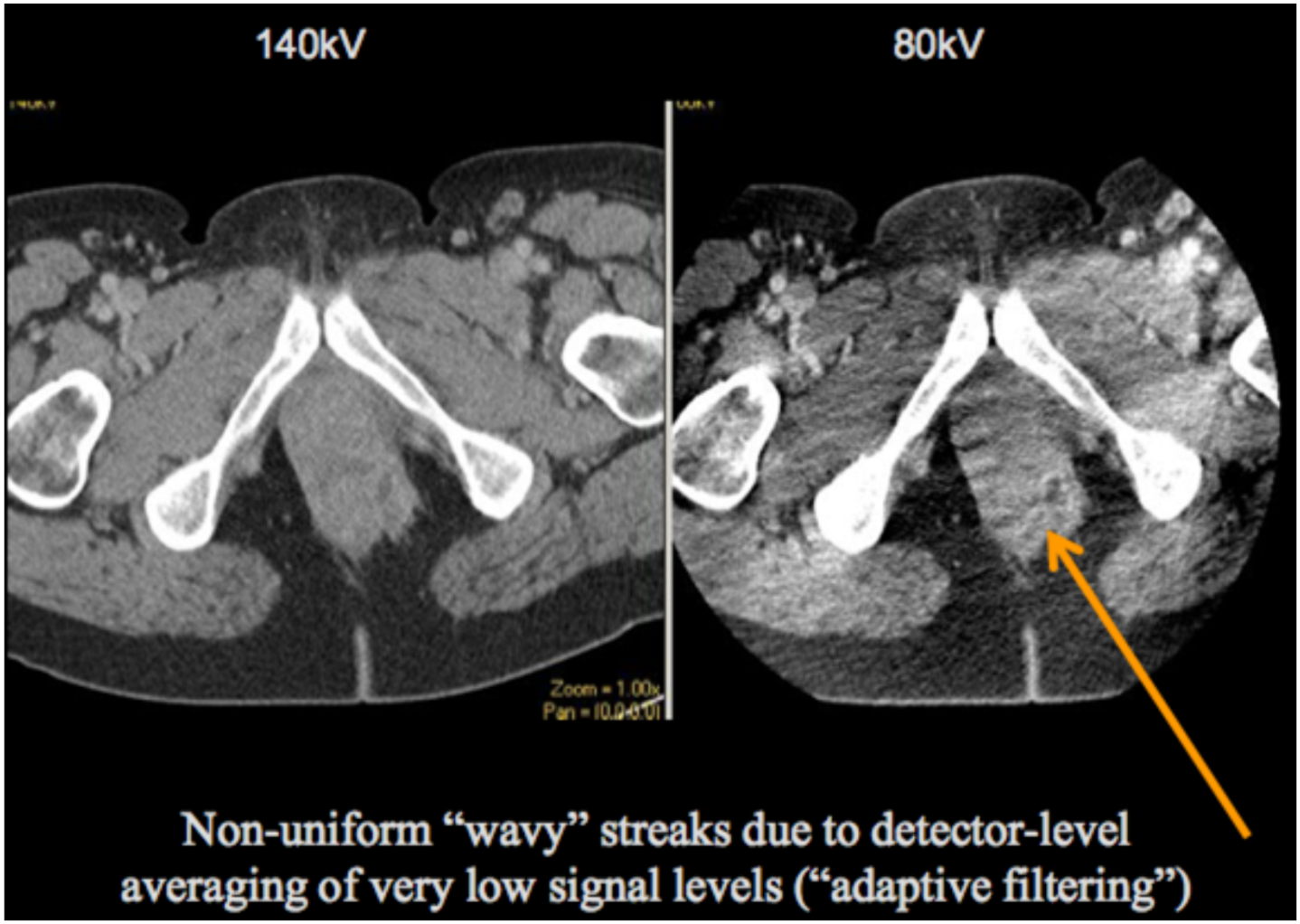


Niedrige kV – besserer Jod-Kontrast



http://www.aapm.org/meetings/2010CTS/ProgramInfo.asp

Niedrige kV – Rauschen und Artefakte



http://www.aapm.org/meetings/2010CTS/ProgramInfo.asp

Dosisabschätzung Kinder E/DLP

Table 3. Normalized values of effective dose per dose–length product (DLP) over various body regions and (standard) patient ages [33]

Region of body	Effective dose per DLP (mSv (mGy cm)$^{-1}$) by age				
	0 year old[a]	1 year old[a]	5 year old[a]	10 year old[a]	Adult[b]
Head and neck	0.013	0.0085	0.0057	0.0042	0.0031
Head	0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021
Neck	0.017	0.012	0.011	0.0079	0.0059
Chest	0.039	0.026	0.018	0.013	0.014
Abdomen and pelvis	0.049	0.030	0.020	0.015	0.015
Trunk	0.044	0.028	0.019	0.014	0.015

[a]All data normalized to $CTDI_w$ measured in the 16 cm diameter CT dosimetry phantom.
[b]Data for the head and neck regions normalized to $CTDI_w$ in the 32 cm diameter CT dosimetry phantom.

Quelle:
Shrimpton et al.
Br J Radiol 79 (2006), 968

Dosisabschätzung Kinder

- Notwendig:
- k-Koeffizient (E = k * DLP)
- Verwendetes Phantom

Dosisbericht

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	S352.250-S78.250	0.64	19.61	Head 16
			Total Exam DLP:	19.61	

Dosisbericht

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	S374.250-S70.650	2.98	104.10	Body 32
5	Helical	S374.250-S70.650	2.98	104.10	Body 32
			Total Exam DLP:	208.20	

Neue Referenzwerte

- Konventionell:
  - Erwachsene **-20 bis -50 %**
  - Kinder **-20 bis -80%**
- CT-Erwachsene
  - $CTDI_{vol}$ nur noch als Orientierungshilfe
  - Erwachsene **-30** bis **+8%** (Schädel und Abdomen)
  - **DLP jetzt nur noch pro Serie**, in der Regel Reduktion
- CT-Kinder
  - Anpassungen gegenüber den 2005/2006 ermittelten Werten

Neue Referenzwerte

CT-Untersuchungsart	*$CTDI_{Vol}$* * [mGy] zur Orientierung	*DLP* ** [mGy x cm] pro Scanserie	*Werte aus 2003*
Hirnschädel	65	950	1050
Gesichtsschädel (Tumordiagnostik)	22	250	360
Gesichtsschädel (Sinusitis)	9	100	--
Thorax	12	400	650
Lendenwirbelsäule (Bandscheibe axial)	42	250	280
Lendenwirbelsäule (Knochen-Spirale)	16	500	--
Oberbauch	20	450	770
Abdomen	20	900	1500
Becken	20	450	750

Web-Links

- http://mayoresearch.mayo.edu/ctcic/educational-resources.cfm
- http://www.aapm.org/meetings/2010CTS/ProgramInfo.asp
- http://www.imagegently.org
- http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/Radiology.htm

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !