Probleme der Dosimetrie bei hochzeiligen CT-Scannern

H.D. Nagel

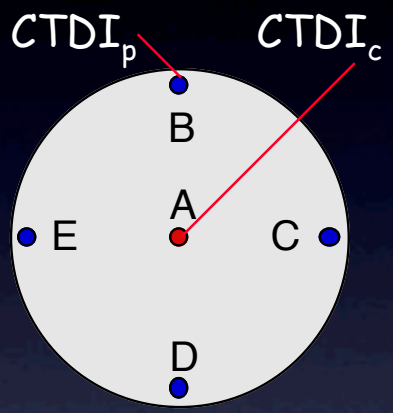
Dr. HD Nagel, Wissenschaft & Technik für die Radiologie
Buchholz

www.sascrad.de

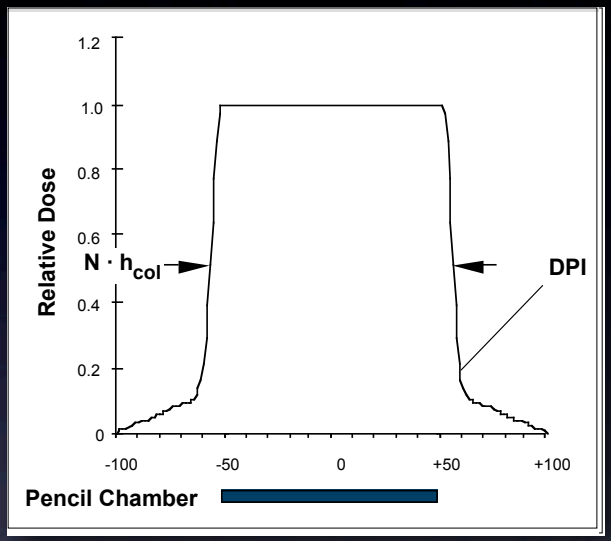
Agenda

- Grenzen der gegenwärtigen CT-Dosimetrie
- Literatur zum Thema
- $CTDI_{300}$-Konzept (Mori et al.)
- CTDI als Näherungswert für die Organdosis
- Neues CTDI-Konzept der IEC
- Neue AAPM CT-Dosis-Methodologie
- Schlussfolgerungen.

Grenzen der aktuellen CT-Dosimetrie



Meßorte



$$CTDI_{100} = \frac{1}{N \cdot h_{col}} \int_{-50}^{+50} D(z) \cdot dz = \frac{DPI}{BW}$$

DPI = Dosisprofil-Integral (in mGy·cm)
BW = nominelle Beamweite (in cm)

$$CTDI_{100} = \frac{DPI}{10}$$

if BW > 100 mm

?

Literatur zum Thema

A new look at CT dose measurement: Beyond CTDI

Robert L. Dixon[a)]
Department of Radiology, Wake Forest University School of Medicine, Winston-Salem, North Carolina 27157-1088

Med. Phys. 30 (2003), 1272-1280

Enlarged longitudinal dose profiles in cone-beam CT and the need for modified dosimetry

Shinichiro Mori, Masahiro Endo,[a)] Kanae Nishizawa, and Takanori Tsunoo
National Institute of Radiological Sciences, Chiba 263-8555, Japan

Takahiko Aoyama
School of Health Sciences, Nagoya University, Nagoya 461-8673, Japan

Hideaki Fujiwara and Kenya Murase
School of Allied Health Sciences, Faculty of Medicine, Osaka University, Osaka 565-0871, Japan

Med. Phys. 32 (2005), 1061-1069

Conversion factor for CT dosimetry to assess patient dose using a 256-slice CT scanner

S MORI, PhD, MPH, RT, K NISHIZAWA, PhD, MPH, M OHNO, MSc, MPH and M ENDO, PhD, MPH

BJR 79 (2006), 888-892

The trouble with $CTDI_{100}$

John M. Boone[a)]
Departments of Radiology and Biomedical Engineering, University of California Davis Medical Center, Ellison Building, 4860 Y Street, Suite 3100, Sacramento, California 95817

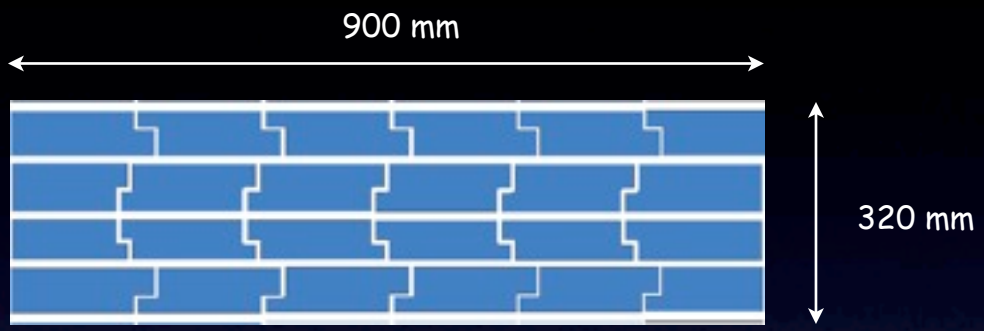
Med. Phys. 34 (2007), 1364-1371

Computed tomography dose assessment for a 160 mm wide, 320 detector row, cone beam CT scanner

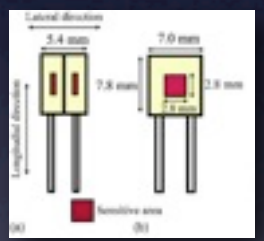
J Geleijns[1], M Salvadó Artells[2], P W de Bruin[1], R Matter[3], Y Muramatsu[4] and M F McNitt-Gray[5]

Phys. Med. Biol. 54 (2009), 3141-3159

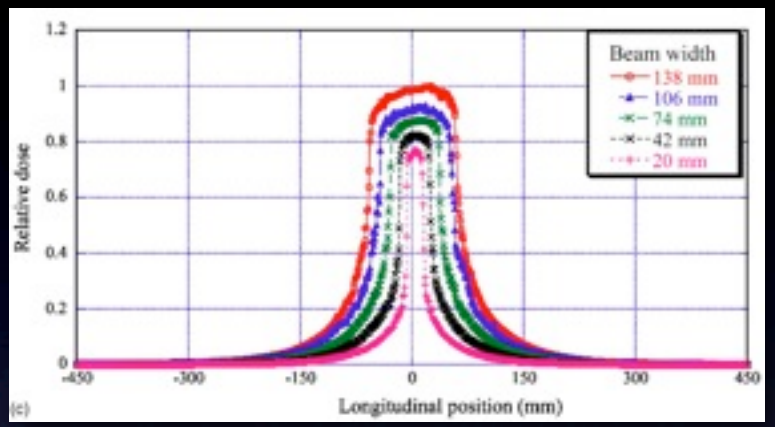
Mori: Dosimetrie am 256-Schicht-CT



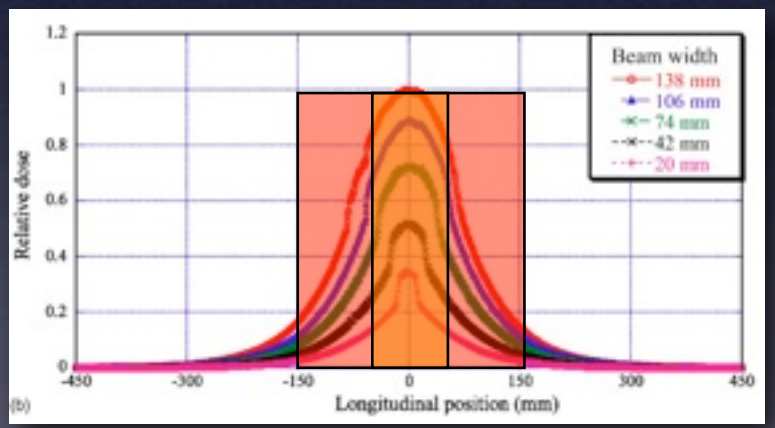
Körper-Dosimetriephantom (PMMA)
mit 900 mm Länge



Si-PIN-Diode zur
Ermittlung des Dosisprofils



Dosisprofil am Phantomrand



Dosisprofil im Phantomzentrum

Befund:

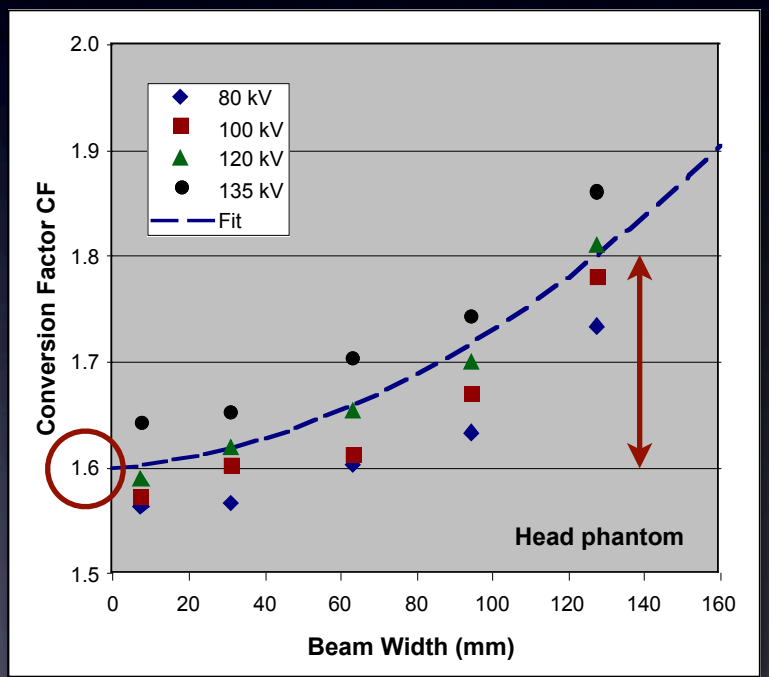
- Phantomlänge mind. 300 mm
- Messkammer mind. 300 mm
- damit 90%ige Erfassung des Dosisprofils

Q: Mori et al., Med. Phys. 32 (2005), 1061-1069

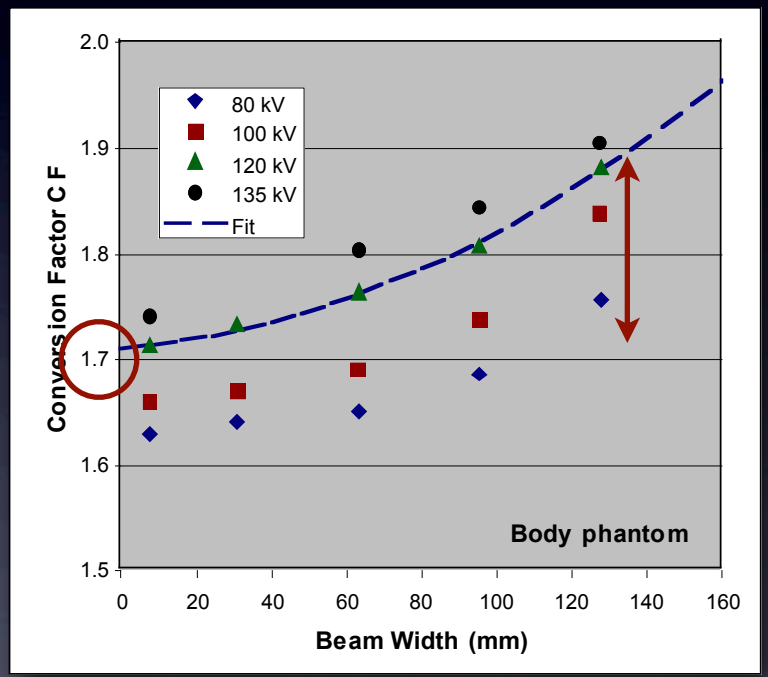
Mori et al.: DPI_{300} vs. DPI_{100}

Dosimetrie

- DPI_{100}: 100 mm lange Meßkammer, 14 cm langes Phantom (wie bisher)
- DPI_{300}: 300 mm lange Meßkammer, 30 cm langes Phantom (neu)



$CF_{Head} = DPI_{w,300,Head} / DPI_{w,100,Head}$

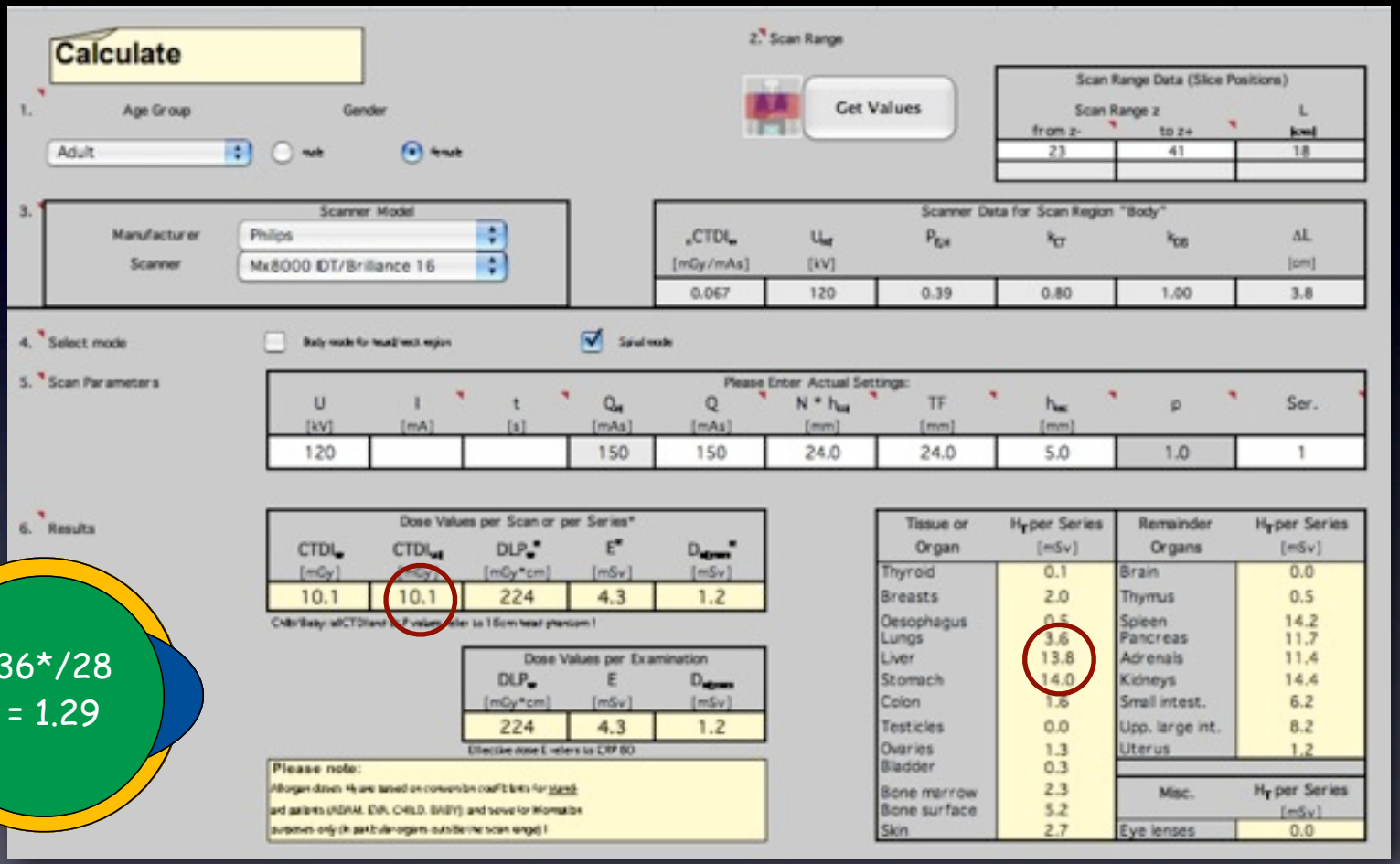


$CF_{Body} = DPI_{w,300,Body} / DPI_{w,100,Body}$

- ‚Long Range Effect (LRE)': Faktor 1.6 (Kopf) bzw. 1.7 (Rumpf)
- ‚Broad Beam Effect (BBE)': Faktor 1.1 @ 128 mm nom. Strahlbreite

Q: Mori et al.,
BJR 79 (2006), 888-892

CTDI vs. Organdosis



36*/28
= 1.29

* Wasser-Äquivalent von 32 cm PMMA

- Unterschiede u.a. bedingt durch Phantomquerschnitt < 32 cm
- $CTDI_{vol}$ gute Näherung für Organdosis ?

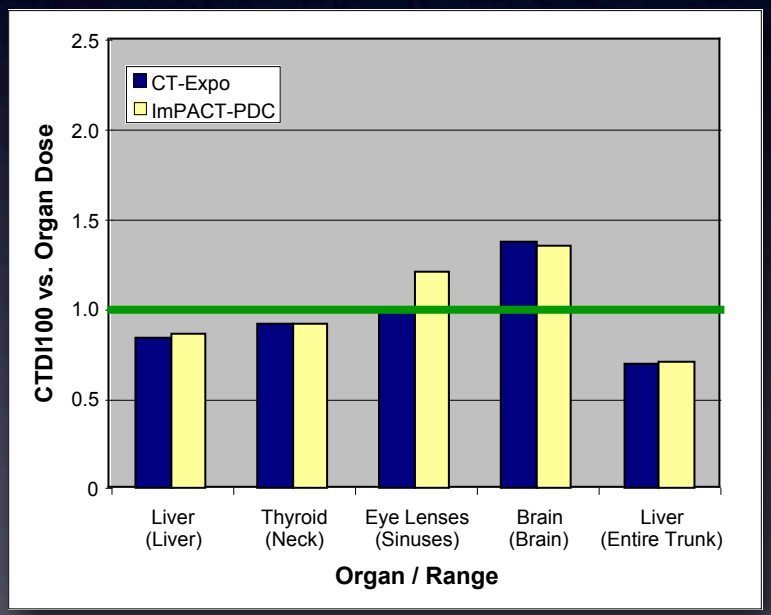
CTDI vs. Organdosis

Scanner:

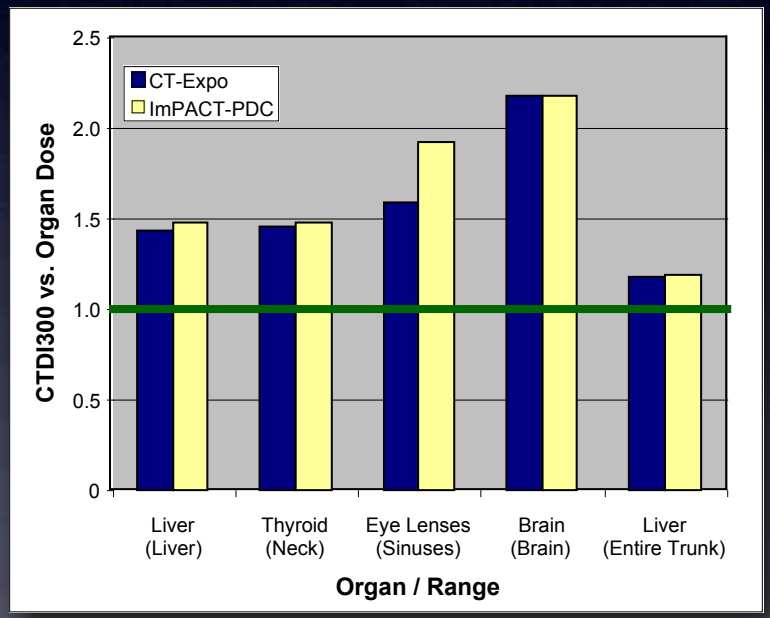
- Elscint CT Twin
- GE LightSpeed 16
- Philips Brilliance 16
- Picker PQ2000
- Siemens Sensation 16
- Toshiba Aquilion 16

Bedingungen:

- 120 kV
- 10 mm Strahlbreite



$CTDI_{100}$ vs. Organdosis



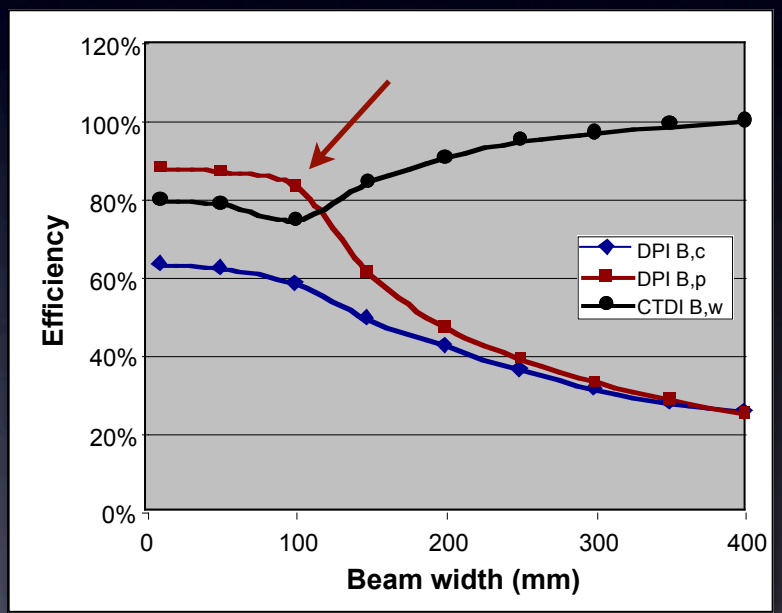
$CTDI_{300}$ vs. Organdosis

- Mit $CTDI_{300}$ signifikante Überschätzung der Organdosis
- Argument für Beibehaltung der $CTDI_{100}$-Dosimetrie.

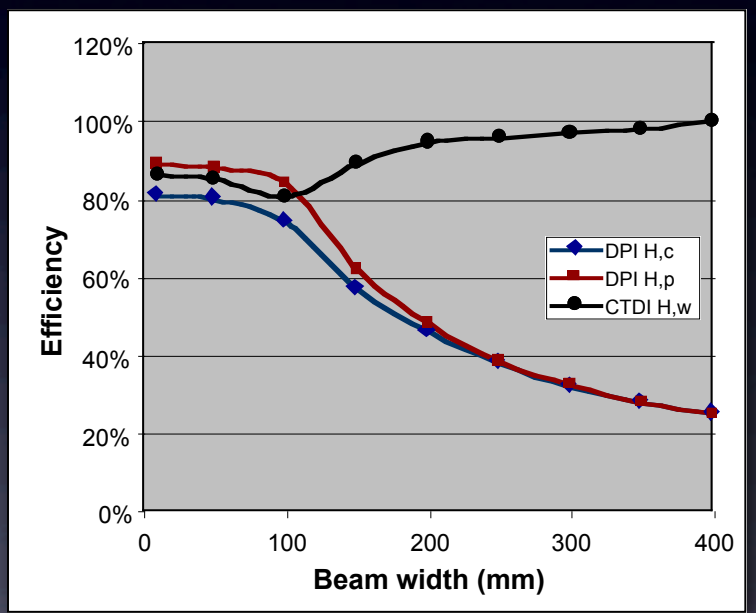
Boone: MC-Simulation bis 400 mm BW

Dosimetrie

- $DPI_{100/inf}$: 100 mm lange Meßkammer, unendlich langes Phantom
- $DPI_{inf/inf}$: unendlich lange Meßkammer, unendlich langes Phantom
- Efficiency = $DPI_{100/inf}$ / $DPI_{inf/inf}$



32 cm Body Phantom



16 cm Head Phantom

$$CTDI_{100} = \frac{DPI}{BW}$$

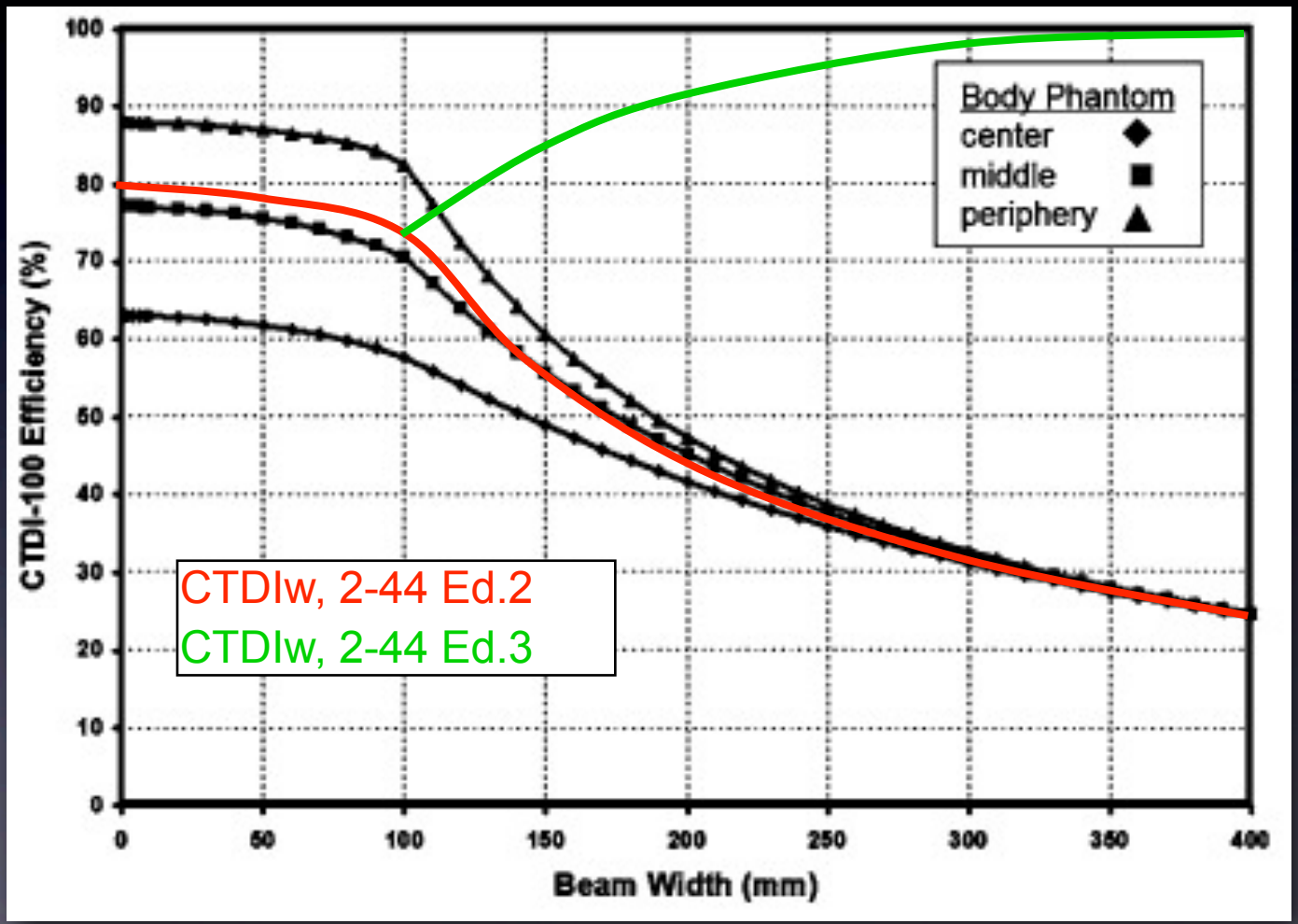
falls BW ≤ 100 mm

$$CTDI_{100} = \frac{DPI}{10}$$

falls BW > 100 mm

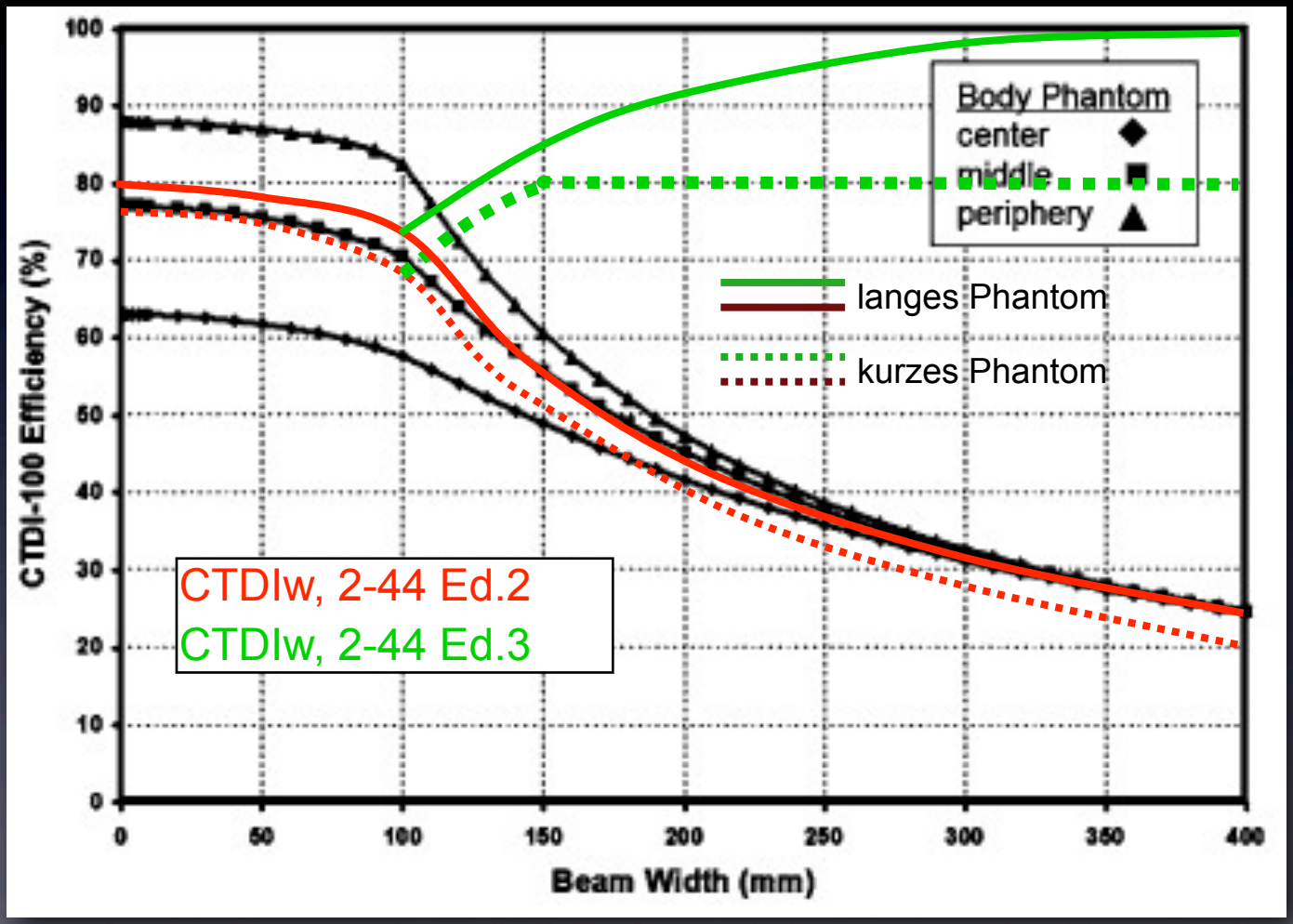
Q: Boone, Med. Phys. 34 (2007), 1364-1371

Neues CTDI-Konzept IEC



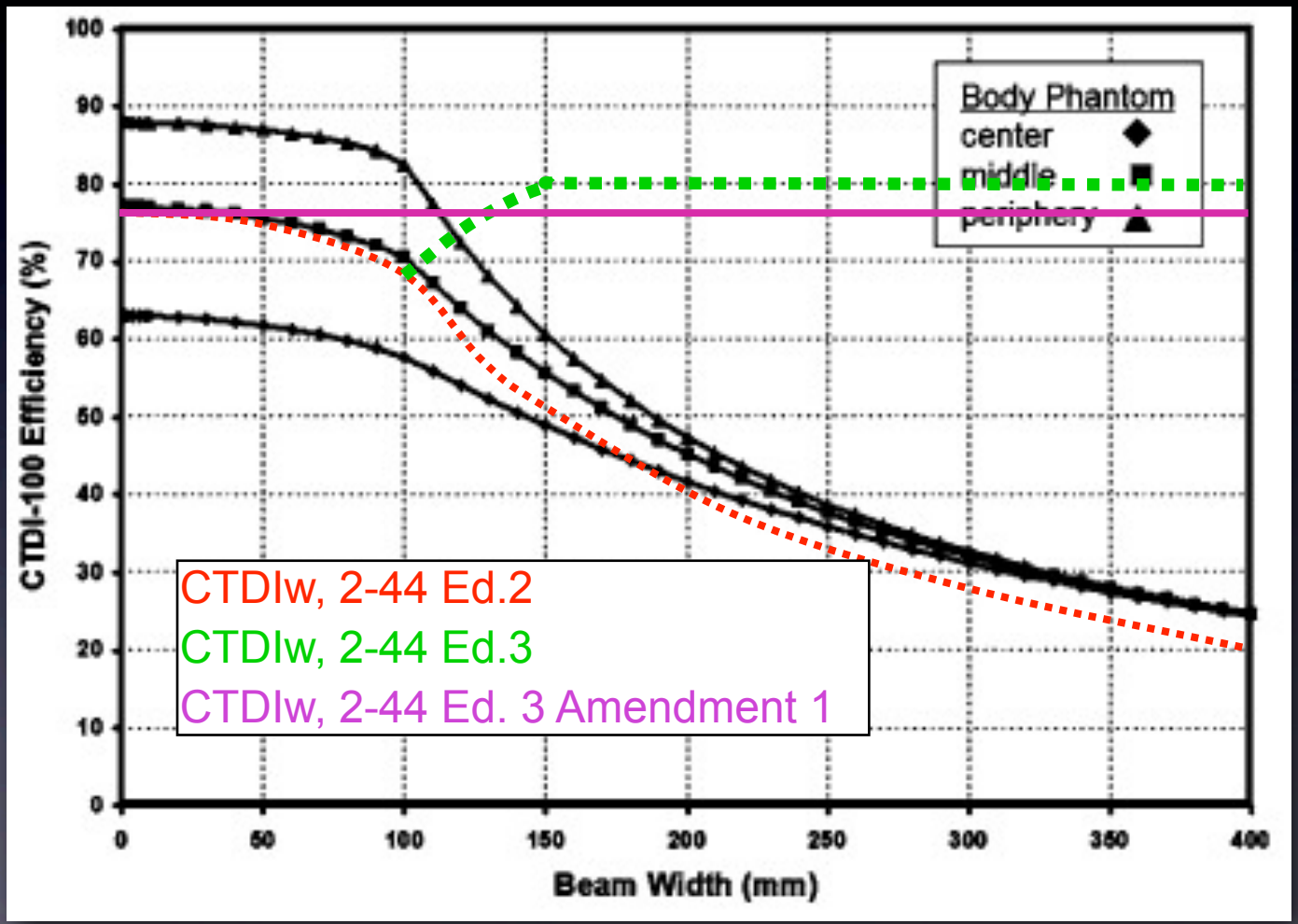
Q: C. Suess, AA6-Sitzung Herbst 2009

Neues CTDI-Konzept IEC



Q: C. Suess, AA6-Sitzung Herbst 2009

Neues CTDI-Konzept IEC



Q: C. Suess, AA6-Sitzung Herbst 2009

Neues CTDI-Konzept IEC

Für Beamweiten NxT bis 40 mm:

$$CTDI_{100} = \int_{-50\,mm}^{+50\,mm} \frac{D(z)}{N \times T}\, dz$$

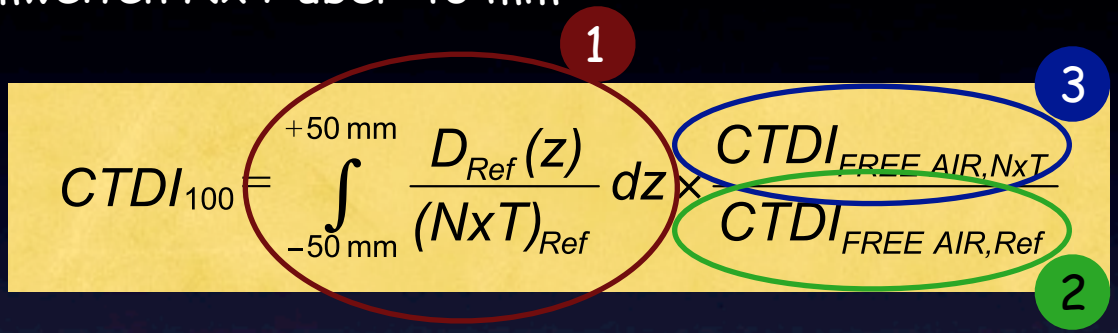
Für Beamweiten NxT über 40 mm:

$$CTDI_{100} = \int_{-50\,mm}^{+50\,mm} \frac{D_{Ref}(z)}{(NxT)_{Ref}}\, dz \times \frac{CTDI_{FREE\ AIR,NxT}}{CTDI_{FREE\ AIR,Ref}}$$

Q: C. Suess, AA6-Sitzung Herbst 2009

Neues CTDI-Konzept IEC

Für Beamweiten NxT über 40 mm:



Verfahren

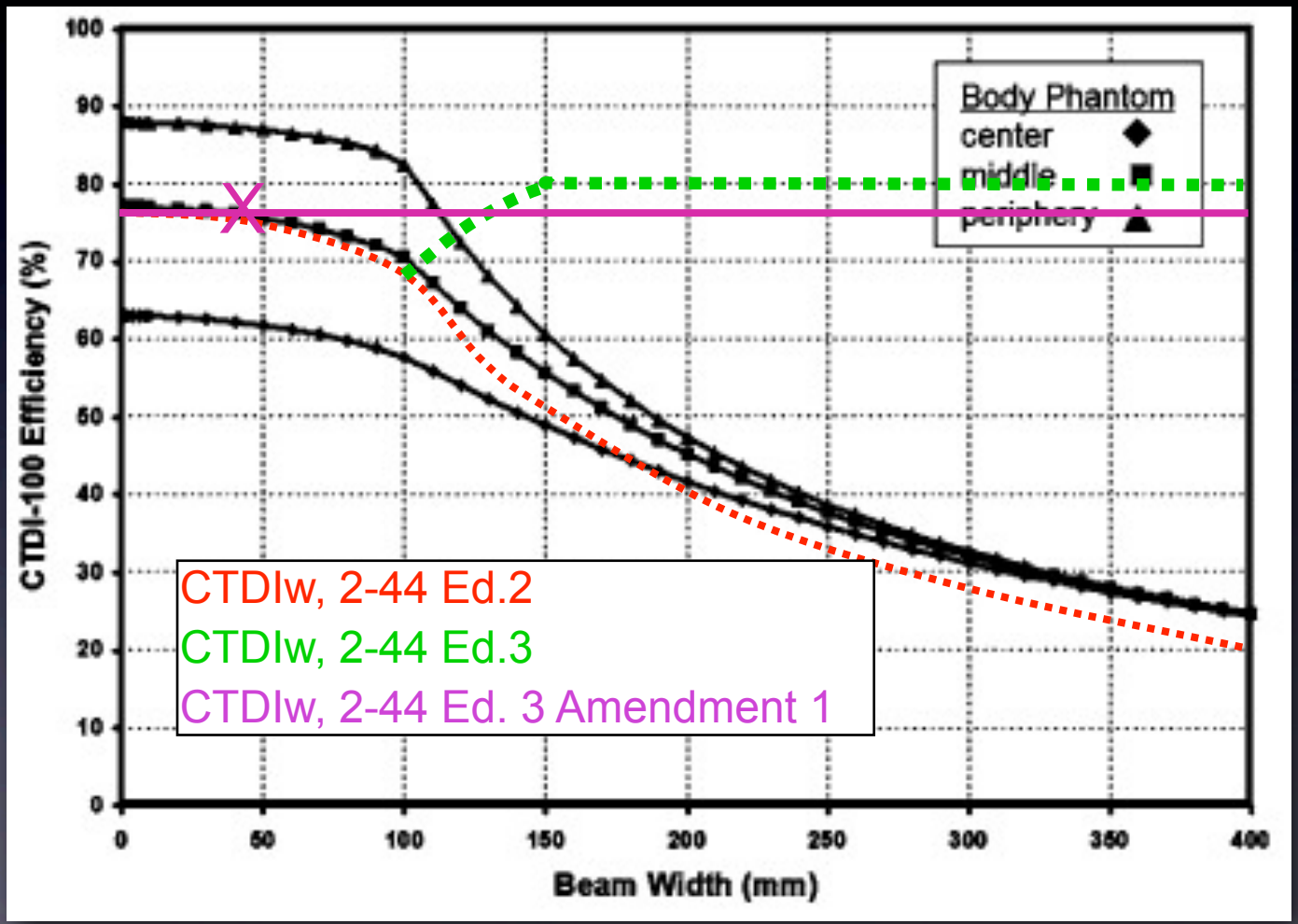
1. CTDI-Messung im Phantom wie bisher, mit max. 40 mm Beamweite (Ref.)
2. CTDI-Messung frei Luft bei Referenz-Beamweite mit langer Messkammer *
3. CTDI-Messung frei Luft bei Beamweiten > 40 mm mit langer Messkammer *

mittels Schritt 2 und 3 Korrektur des Overbeamings

* Messkammerlänge mindestens 40 mm länger als Beamweite

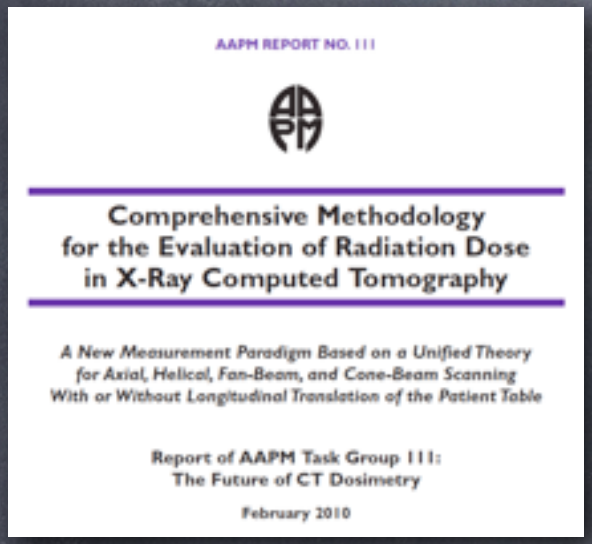
Q: C. Suess, AA6-Sitzung Herbst 2009

Neues CTDI-Konzept IEC

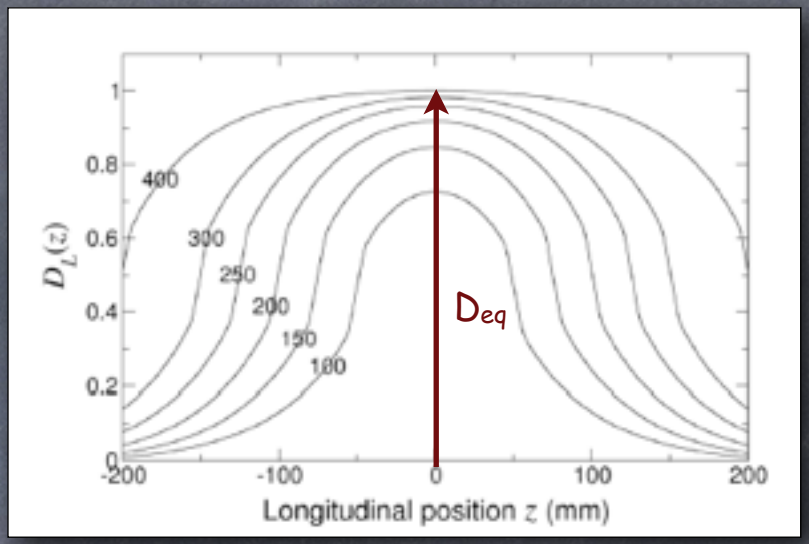


Q: C. Suess, AA6-Sitzung Herbst 2009

Neue AAPM CT-Dosis-Methodologie



AAPM-Report 111 (Feb. 2010)



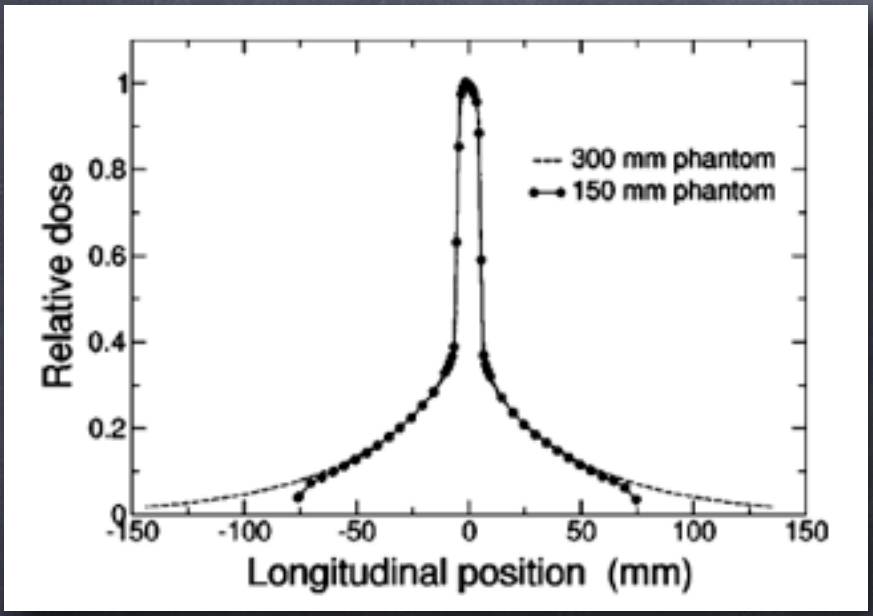
Q: Nakonechny et al., Med Phys. 32: 98-109 (2005)

Universelle Methodologie für die CT-Dosimetrie

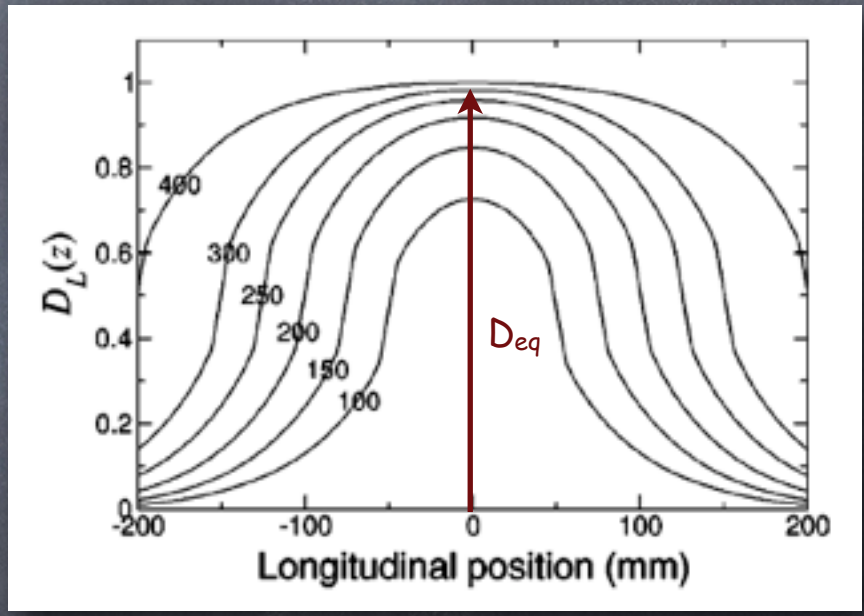
- anwendbar für alle Scannertypen (incl. Conebeam-CT)
- und sämtliche Scanmodi (Sequenz, Spiralmodus, stationäre Scans)
- basierend auf dem Konzept von Dixon (2003)
- Messung der Punktdosis anstelle des Dosisprofil-Integrals
- Verwendung der 'equlibrium dose' D_{eq} als fundamentale Dosisgröße.

Neue AAPM CT-Dosis-Methodologie

Equilibrium Dose



Einzelscan-Dosisprofil im Phantomzentrum für 150 und 300 mm Phantomlänge



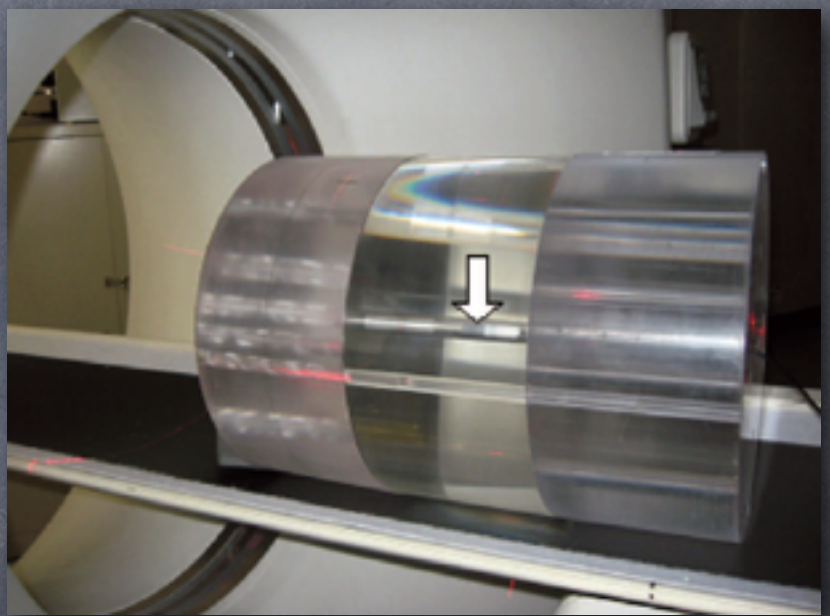
Kumulatives Dosisprofil im Phantomzentrum für Spiralscans unterschiedlicher Länge L

Q: Nakonechny et al., Med Phys. 32: 98-109 (2005)

Neue AAPM CT-Dosis-Methodologie

Dosimetrie

0.6 cm^3 'Farmer'-Ionisationskammer zur Messung der Punktdosis



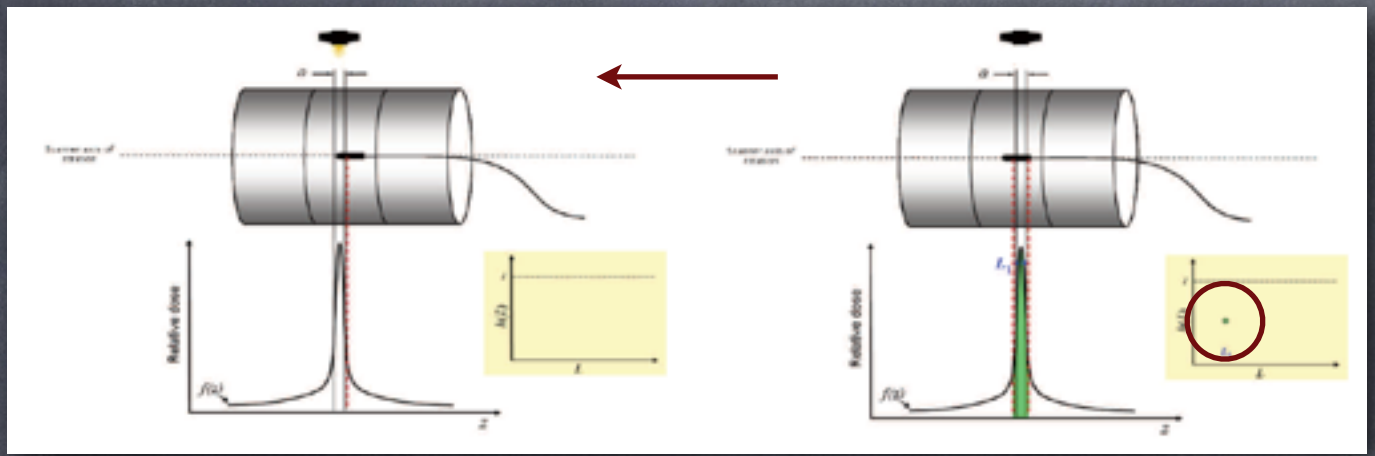
Dosismessung in einem 450 mm langen Plexiglasphantom (hier: mittig)

Dosismessung

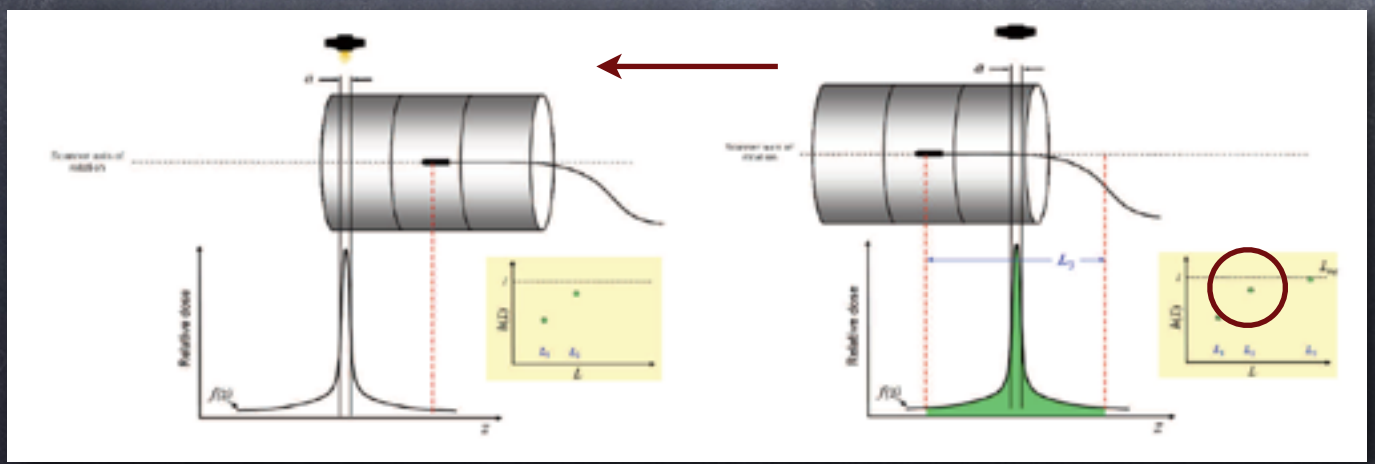
- Kumulative Dosis $D_L(0)$ mit Tischbewegung (Spiral- oder Sequenzmodus)
- Einzelscan-Dosis f(0) bei stationären Scans (ohne Tischbewegung).

Neue AAPM CT-Dosis-Methodologie

Messung der kumulativen Dosis $D_L(0)$ mit Tischbewegung

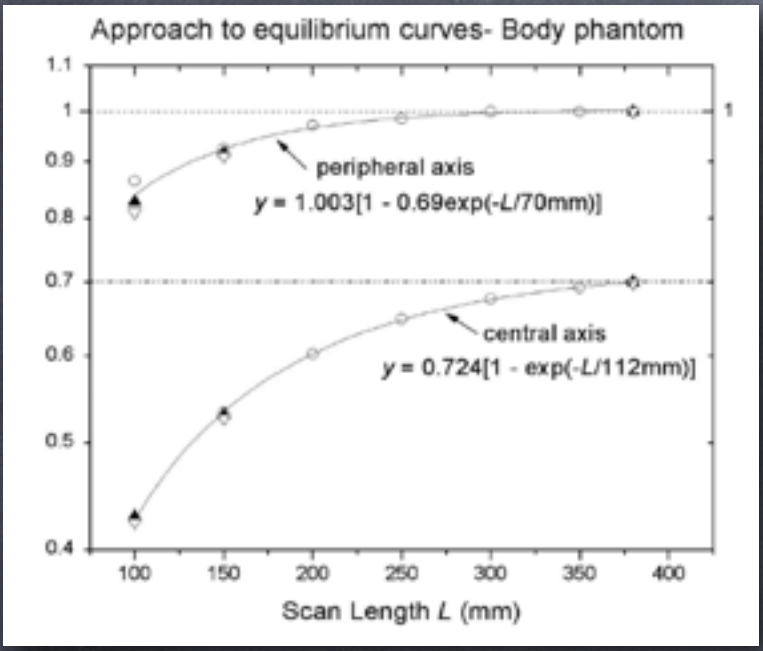


Kurzer Scanbereich



Langer Scanbereich

Neue AAPM CT-Dosis-Methodologie



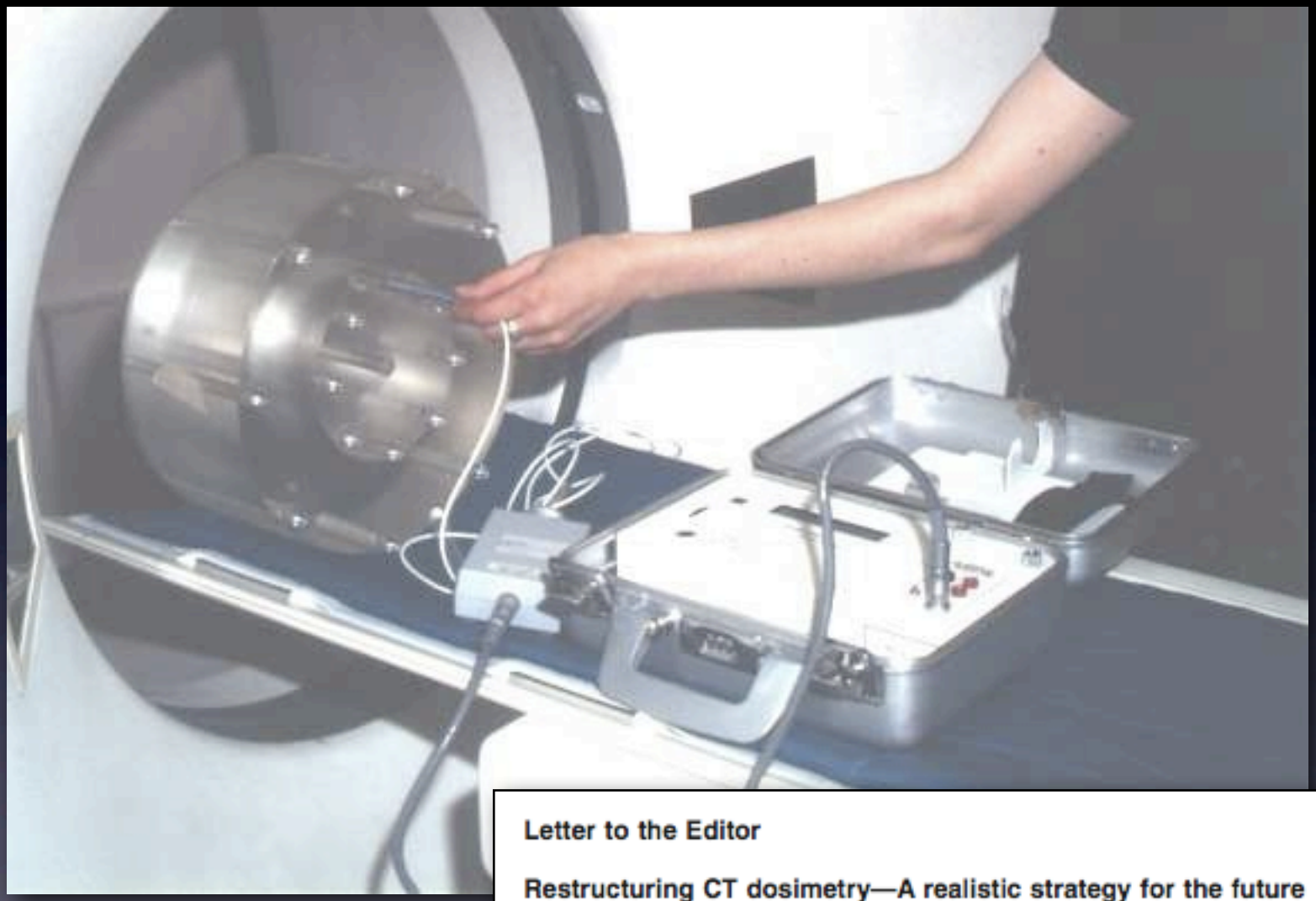
Kumulative vs. Equlibrium-Dosis in Abhängigkeit von der Scanlänge (Ref.: randseitige Equlibriu-Dosis)

D_{eq} vs. $CTDI_{100}$

- ähnliche Konsequenzen wie mit $CTDI_{300}$
- Berücksichtigung des 'long range effect'
- Werte signifikant höher als bisher
- repräsentativ für Ganzkörperscans und kleine Organe (z.B. Uterus)
- signifikante Überschätzung für typische Scanlängen und ausgedehnte Organe.

Zusammenfassung

- $CTDI_{100}$-Dosimetrie diskutabel bei mehr als 4cm Strahlbreite
  - spätestens, wenn Strahlbreite > 100 mm
- Mori et al.-Daten: erhebliche Probleme bereits bei 10 mm (?)
  - ‚Long range effect': Faktor 1.6-1.7 unabhängig von Strahlbreite
  - für begrenzte Scans und Organe nicht relevant
  - $CTDI_{100}$ gute Näherung für Organdosis
- ‚Broad beam effect' vergleichsweise klein
  - nur Faktor 1.1 bei 128 mm nomineller Strahlbreite
- $CTDI_{300}$ anstelle von $CTDI_{100}$?
  - signifikante Überschätzung der Organdosis
- Neues IEC-Konzept: Beibehaltung des $CTDI_{100}$
  - In 601-2-44 Ed. 3: Normierung auf 10 cm, wenn Strahlbreite > 100 mm
  - In 601-2-44 Ed. 3 Am. 1: Korrektur über frei-Luft-Messung bei BW > 40 mm
- Vorteil: alles andere bleibt wie bisher
  - Phantome, Referenzwerte, Konversionsfaktoren etc.



Letter to the Editor

Restructuring CT dosimetry—A realistic strategy for the future Requiem for the pencil chamber

(Received 30 October 2005; revised 21 July 2006; accepted for publication 21 July 2006; published 27 September 2006)

[DOI: 10.1118/1.2336504]

Dixon, Med. Phys. 33 (2006), 3973-76

?