

# Anwendung von Patientenschutzmitteln bei CT-Untersuchungen



Prof. Dr. L. Heuser, Bochum  
Email: [Lothar.Heuser@rub.de](mailto:Lothar.Heuser@rub.de)  
website: [www.lheuser.de](http://www.lheuser.de)

RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM

**RUB**

# Praktischer Strahlenschutz ist wichtig, denn.....

- Der Anteil an CT-Untersuchungen wächst
- Die Strahlenexposition der Patienten nimmt zu
- Strahlenschutzmaterialien richtig eingesetzt, helfen, die Exposition zu reduzieren
- Es besteht ein grundlegender Unterschied zur Projektions-radiographie (= konventionelles Röntgen):

**CT hat eine umlaufende Strahlenquelle**

# Schutzmaßnahmen durch Technik

- Kristalldetektoren
- Röhrenstrommodulation
  - in x-, y- und z-Achse und
  - abhängig vom Pitch (Siemens Care Dose 4D)
- Iterative Rekonstruktionsverfahren
- Prospektives Gating (Herzdiagnostik)

# Schutzmaßnahmen durch den Anwender

- **Indikationsstellung**
  - Rechtfertigende Indikation
  - Alternative Verfahren (DVT, MRI, Sonographie)
- **Wahl der Untersuchungsparameter**
  - Scanlänge,
  - KV, mAs,
  - Pitch ,
  - Rekonstruktionsalgorithmus (Faktungskern)

- **Gantrywinkel**
- **Protektoren für**
  - Augenlinsen
  - Schilddrüse
  - Weibliche Brust
  - Gonaden

# Wichtig!!!

- Bei Mehrzeilen-CT mit großer Detektorbreite ist zu beachten, dass es durch OVERRANGING zur ***direkten Strahlenexposition größerer Körperareale kommen kann, die außerhalb der im Topogramm festgelegten Darstellungsbereiche liegen.***
- Das muss bei den Strahlenschutzmaßnahmen entsprechend berücksichtigt werden.
- Es macht daher Sinn, die an den Scanbereich angrenzenden Körperregionen durch Protektoren abzudecken

# Strahlenschutzmaßnahmen

- **Protektoren der einzelnen Organe**
  - Protektor der Augenlinsen
  - Schilddrüsenschutz
  - Protektor der weiblichen Brust
  - Reduktion der Uterusdosis durch Rundumschürze
  - Hodenkapseln

# Strahlenschutzmaßnahmen

## **Protektoren außerhalb des Untersuchungsbereiches**

- Sind unproblematisch, da sie keine Artefakte verursachen
- Haben eine Schutzwirkung von 30 – 90%
- Materialien: Blei, Barium, Wolfram, Wismut

# Strahlenschutzmaßnahmen

## Protektoren im Untersuchungsbereich

- Führen zu Artefakten, erhöhen die HU-Werte und verschlechtern das Signal - /Rauschverhältnis
- Reduzieren die Strahlenexposition der Organe um 30-45%
- Materialien: Barium, Wolfram, Wismut, Antimon
- Schaumstoffpolster zwischen Haut und Protektor reduzieren Artefakte





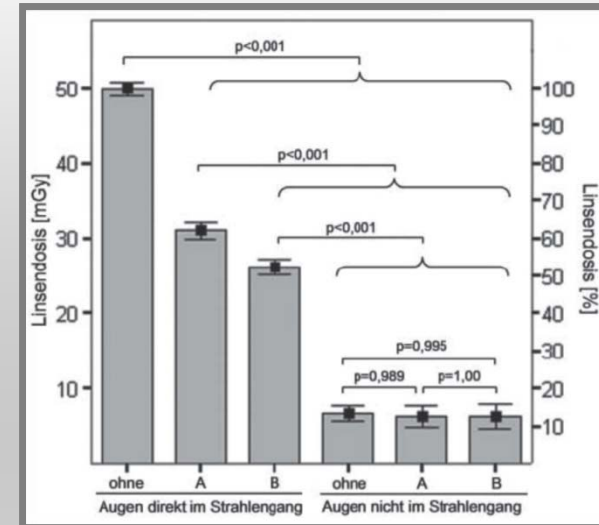
# Strahlenschutzmaßnahmen

- In der Projektionsradiographie werden Materialien mit hoher Ordnungszahl (z.B. Bleigleichwert von 1,0 mm Pb) verwendet
- Im Scanbereich der CT würden diese aber zu starken Artefakten führen (s. Zahnfüllungen)
- Materialien mit niedrigerer Ordnungszahl (z.B. Wismut) geben weniger Artefakte, können aber Reduktion der Organdosis von 30 – 45 % bewirken
- CTDI<sub>vol</sub>-reduzierende Maßnahmen
  - Generelle Reduzierung des Röhrenstroms
  - Organadaptierte Röhrenstrom-Modulation
  - Partieller Scan

# Protektion der Augenlinsen

## bei CT des Hirnschädels

- Dorsale Angulation der Gantry (bis zu 90% Dosisreduktion der Linse)
- Bei feststehender Gantry entsprechende Lagerung (=ventrale Angulation) des Schädels
- Bei Spiral-CT und Volumenscanning :
  - Reduktion von Kollimation und Pitch unter Beibehaltung des mAs-Produktes
  - Augenlinsenprotektor 38 – 48%

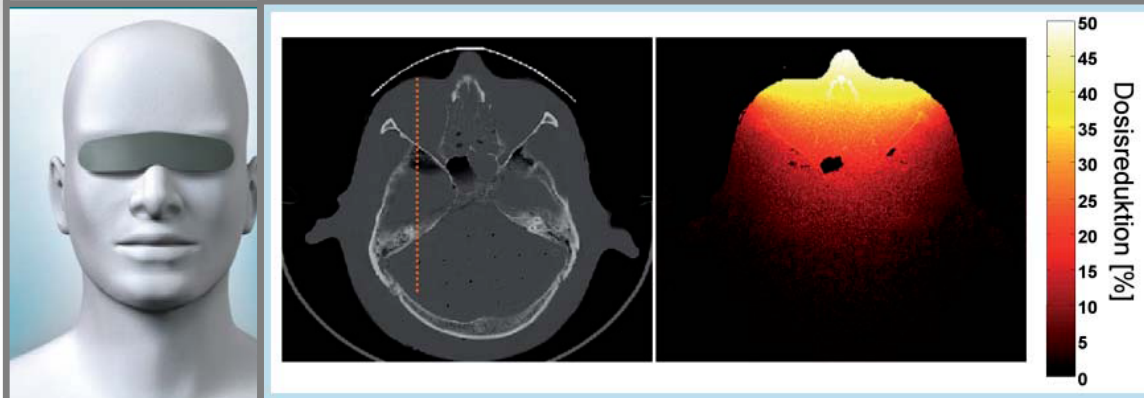


### TLD-Messung + Monte-Carlo-Simulation am anthropomorphen Phantom

Material A: Wismuth  
Material B: Wismuth, Gadolinium, Antimon, Wolfram

Aus:

Keil B et al. Fortschr Röntgenstr 2008; 180: 1047–1053



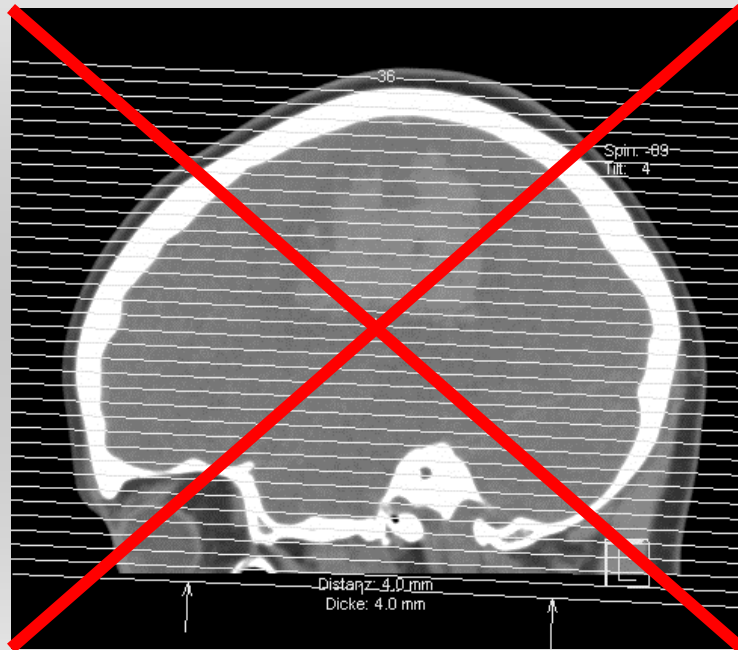
# Protektion der Augenlinsen

bei CT des Hirnschädels

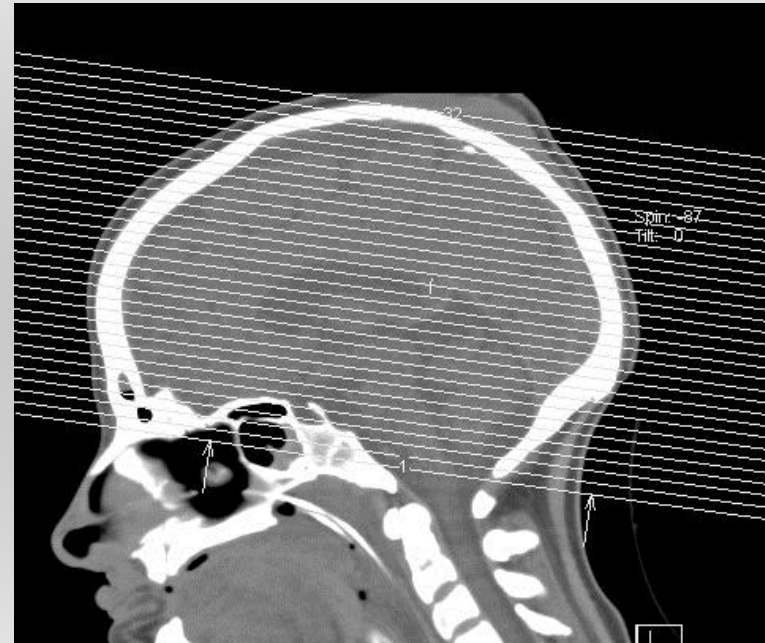


# Protektion der Augenlinsen

bei CT des Hirnschädels  
Korrekte Gantrykipfung



Falsch



Richtig



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der  
Strahlenschutzkommission  
Postfach 12 00 29  
D-52048 Bonn  
<http://www.ssk.de>

Strahlenschutz des Patienten bei CT-Untersuchungen des  
Schädels (Gantrykippung)

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

### 3 Empfehlungen

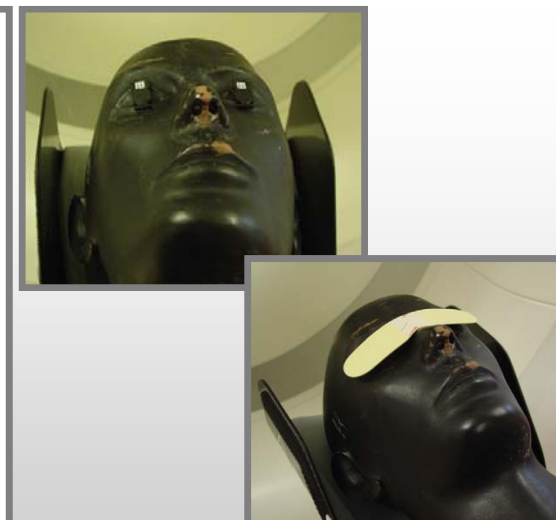
Die Strahlenschutzkommission empfiehlt den Anwendern von CT-Untersuchungen:

1. Untersuchungen des Gehirnschädels sollten gemäß den Leitlinien der BÄK immer mit gekippter Gantry oder durch eine entsprechende Kopflagerung so durchgeführt werden, dass die Linse nicht primär exponiert wird.
2. Bei Verfügbarkeit mehrerer CT-Scanner sollte organisatorisch geregelt sein, dass Untersuchungen des Gehirnschädels an Geräten mit verfügbarer Gantry-Kippung durchgeführt werden.
3. Durch eine Minimierung des Overranging mittels angepasster Reduktion von Kollimation und Pitch unter Beibehaltung des mAs-Produktes sollte die Dosis der Augenlinse bei Spiral-Technik reduziert werden.
4. Insbesondere bei Geräten, die das Overranging nicht minimieren können, sollte geprüft werden, ob Scan-Protokolle ohne Spiraltechnik (sequentielle Schichten) eingesetzt werden können.
5. Das Bedienpersonal des CT soll die Patienten bei Schädeluntersuchungen auffordern, während des Scans zu den Füßen zu schauen (Abstand der Linse zum Scanbereich).
6. Lässt es sich nicht vermeiden, dass die Augenlinsen im Scanbereich liegen, sollte durch aufgelegte Protektoren und/oder durch ventrale Strahlaustastung bzw. durch andere geeignete Maßnahmen, die einen gleichwertigen Schutz der Augenlinse gewährleisten, die Linsenexposition reduziert werden.
7. Das Bedienpersonal des CT muss nachweislich in die Maßnahmen zur Reduktion der Strahlenexposition der Augenlinsen eingewiesen sein. Insbesondere die Bedeutung von Overranging / Overbeaming und diesbezüglich mögliche Dosisreduktionsmaßnahmen müssen vermittelt werden.
8. Zum Erreichen der o. g. Maßnahmen müssen die speziellen Schutzmaßnahmen der Augenlinse in die existierenden Arbeitsanweisungen aufgenommen werden.

# Bismuth Shielding, Organ-based Tube Current Modulation, and Global Reduction of Tube Current for Dose Reduction to the Eye at Head CT<sup>1</sup>

Jia Wang, PhD  
 Xinhui Duan, PhD  
 Jodie A. Christner, PhD  
 Shuai Leng, PhD  
 Katharine L. Grant, PhD  
 Cynthia H. McCollough, PhD

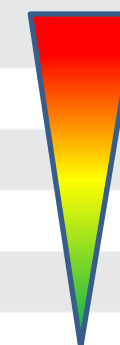
**Purpose:** To compare the dose and image quality of three methods for reducing the radiation dose to the eye at head computed tomography (CT): bismuth shielding, organ-based tube current modulation (TCM), and global reduction of the tube current.



**Radiology:** 2012, 262: (1) 191-198

## Doses to the Eye Surface with Different Scanning Techniques

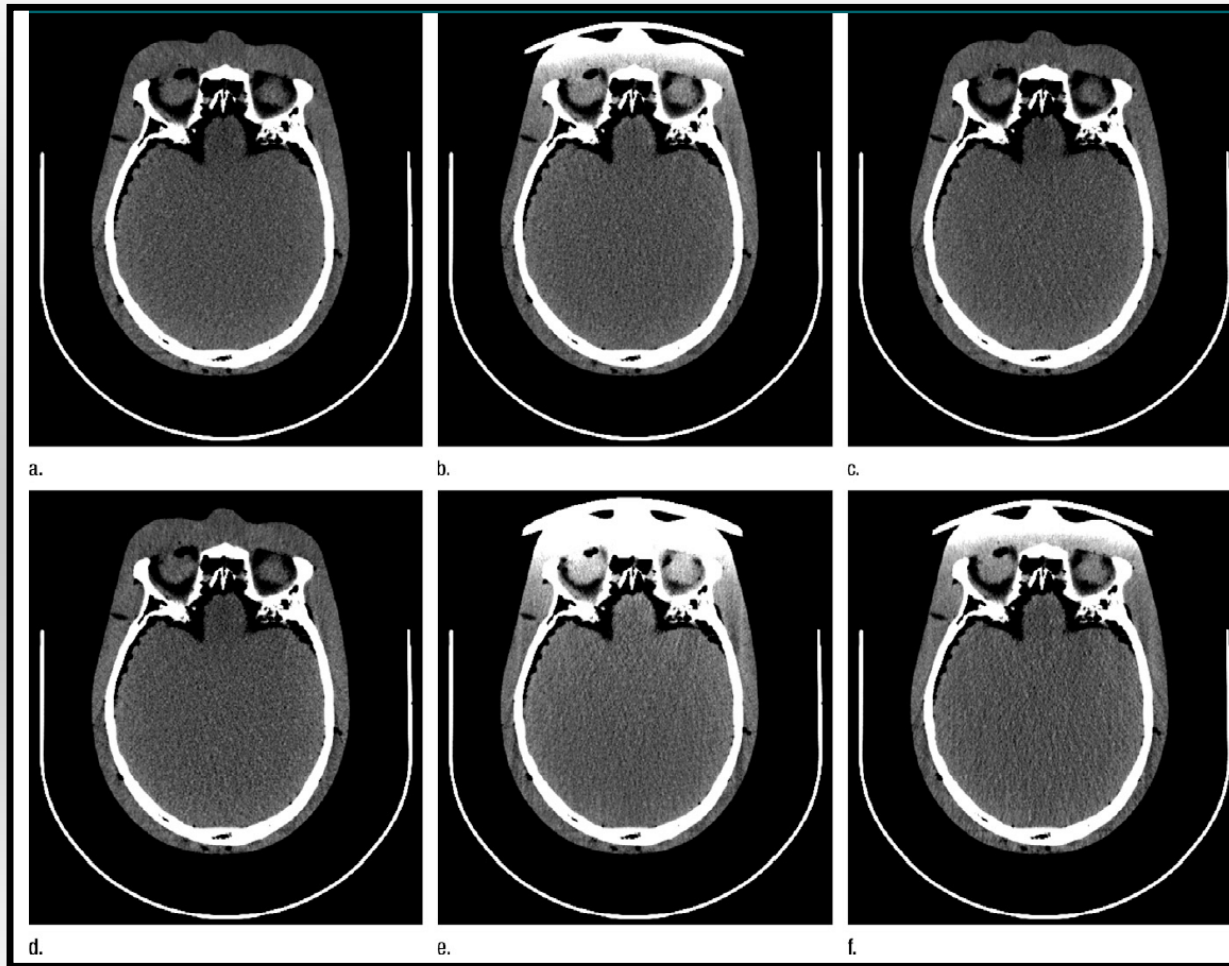
Scanning Technique	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)*	Dose to the Eye (mGy) <sup>†</sup>	Mean Absolute Difference between Two Eyes (mGy)
Reference	38.18	32.16 ± 1.62	0.14
Bismuth shielding (one layer)	38.18	23.66 ± 0.41	0.38
Organ-based TCM	37.57	22.39 ± 0.47	0.51
Decreased tube current	27.19	22.44 ± 0.98	1.64
Bismuth shielding (two layers)	38.18	18.53 ± 0.66	0.79
Bismuth shielding and organ-based TCM	37.88	17.05 ± 0.44	0.68



\* CTDI<sub>vol</sub> = volume CT dose index.

<sup>†</sup> Data are averages ± standard deviations.

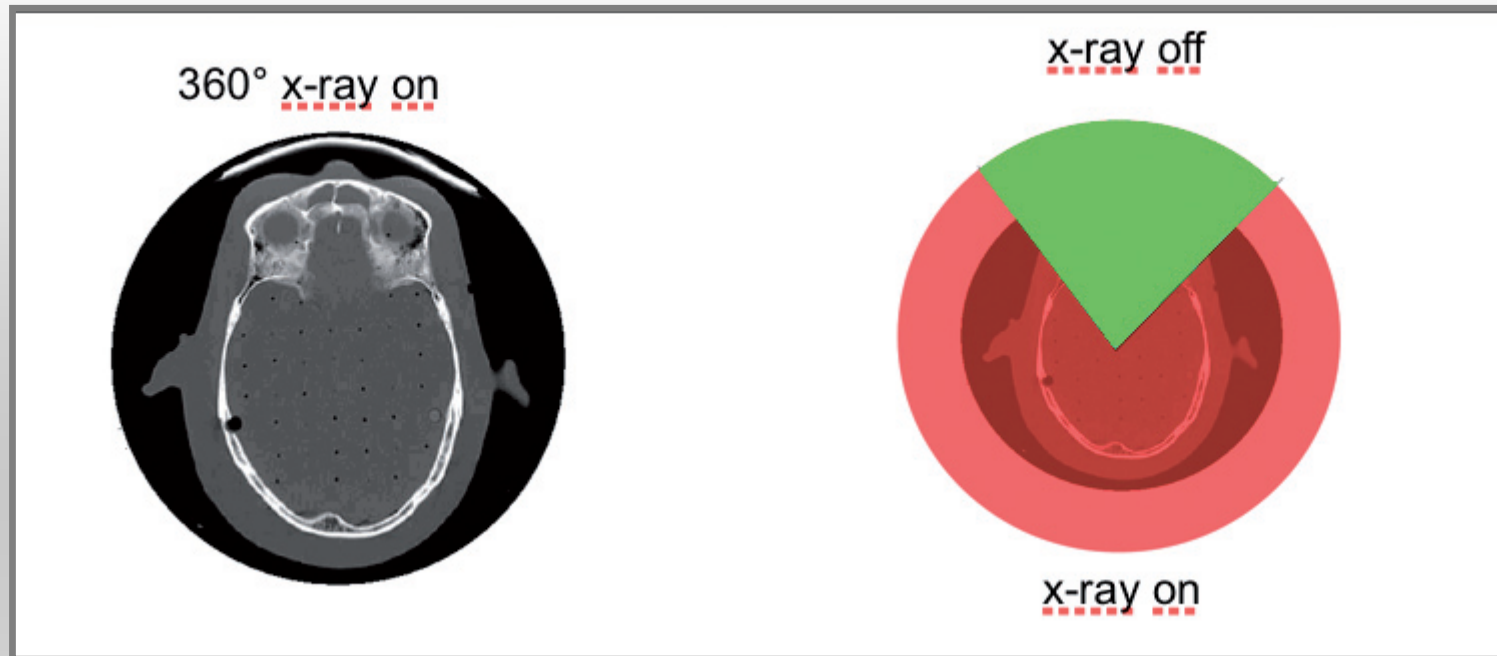
# Auswirkung des verschiedenen Verfahren der Dosisreduktion auf das Signal- / Rauschverhältnis



- a) Referenzscan
- b) Wismut-Protektor
- c) Röhrenstrom-Modulation
- d) Generelle RöhrenstromReduktion
- e) 2x Wismut-Protektor
- f) Wismut-Protektor und Röhrenstrom-Modulation

Wang J et al: *Radiology*: 2012, 262: (1) 191-198

# Dosisreduktion durch „Partiellen Scan“



Schädelphantom mit Linsenschutz und 360° Strahlenexposition (links), Beispiel zu Möglichkeiten der Dosisreduktion durch partiellen Scan (rechts)



# Protektion der Schilddrüse

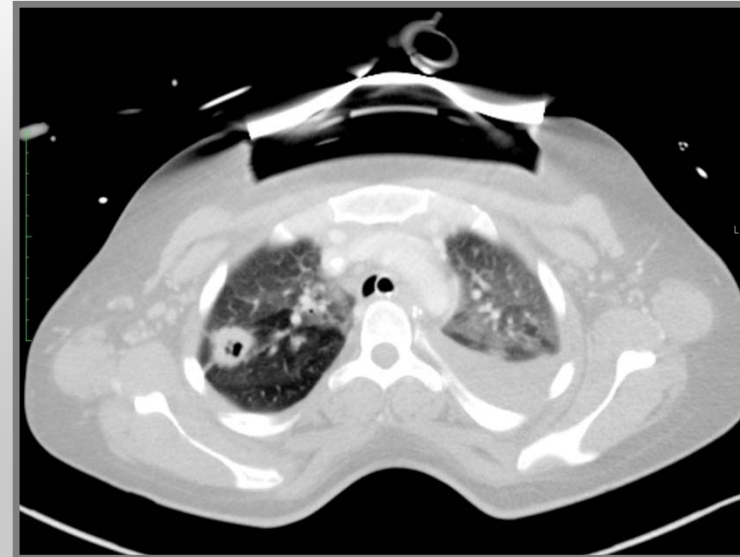


## Dosisreduktion

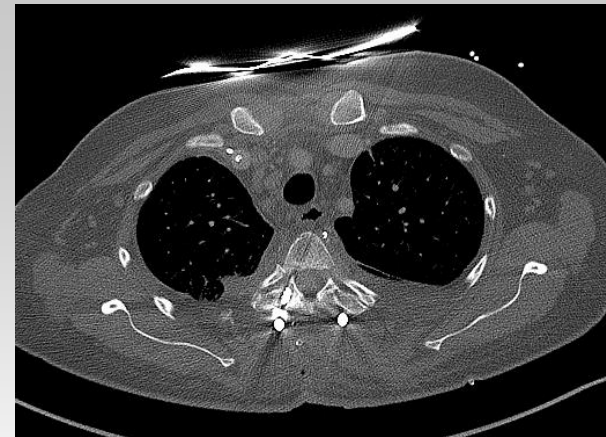
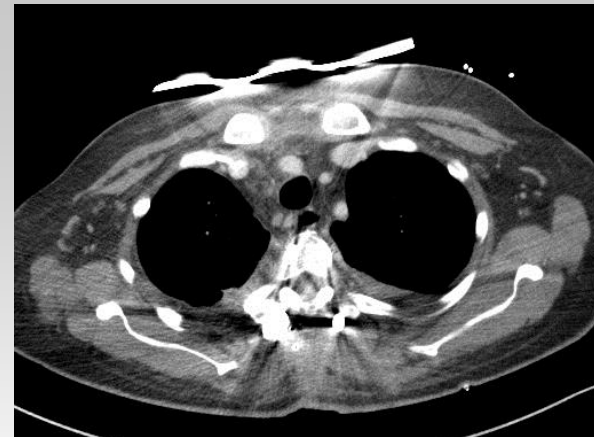
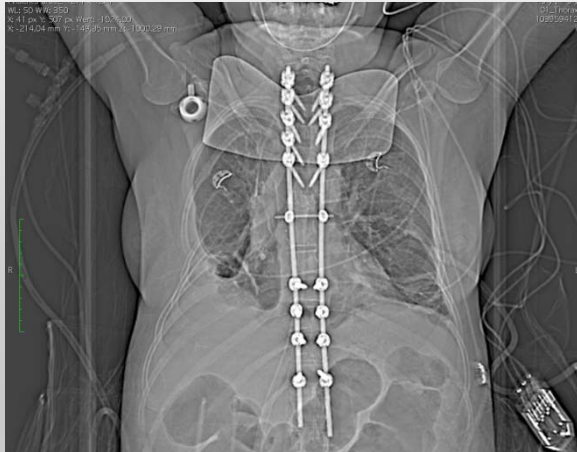
<b>Schilddrüse:</b>	31,3% ohne Abstandshalter 35,8% mit Abstandshalter
<b>Haut:</b>	40,2% ohne Abstandshalter 45,5% mit Abstandshalter
<b>Bildrauschen:</b>	x 12 ohne Abstandshalter x 2 mit Abstandshalter

Thomas C: Dosisreduktion in der Multidetektor-  
Computertomographie. Dissertation Aachen 2007

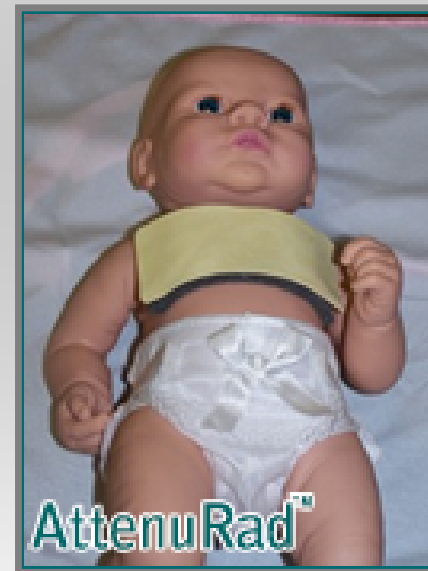
# Protektion der Schilddrüse



# Protektion der Schilddrüse



# Protektion der weiblichen Brust



# Methoden der Dosisreduktion im CT des Thorax bei der weiblichen Brust

- Messungen am Phantom -

a Referenzscan

b Wismut-Protektor

c partieller Scan

d Röhrenstrom-Modulation



Reduktion 50%, Rauschen + 40%, Artefakte



Reduktion 50%, WS-Dosis deutlich höher

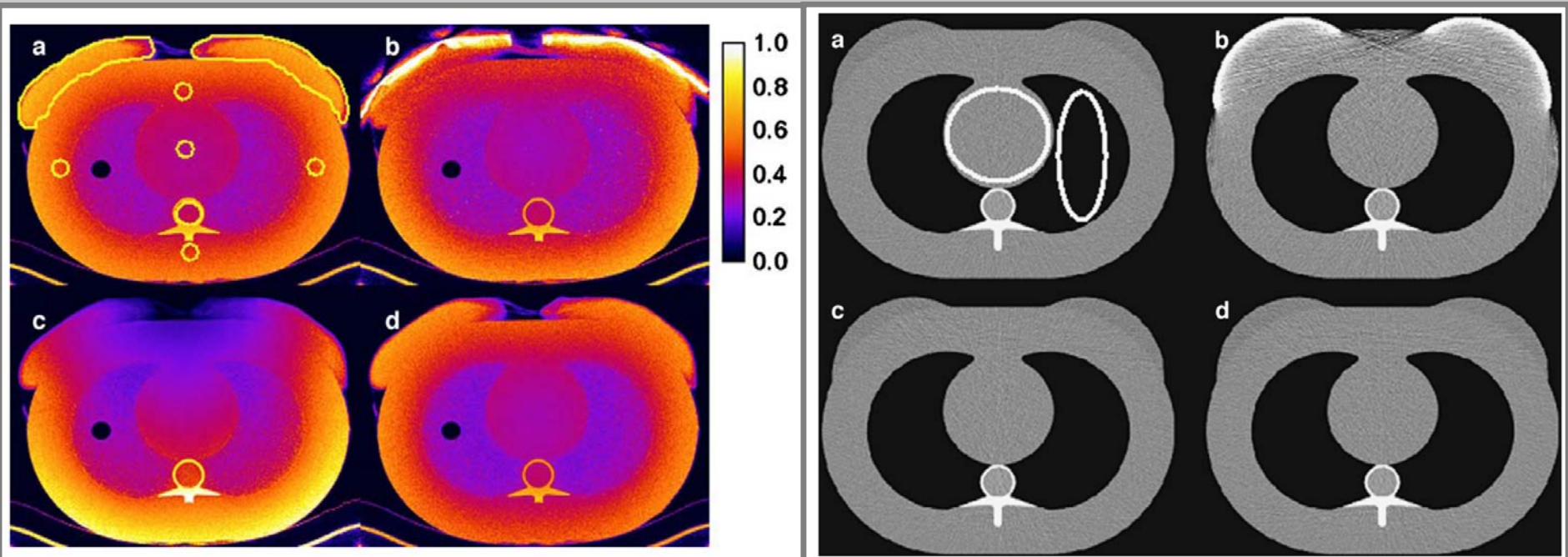


Reduktion 10%, Keine Artefakte

Vollmar S, Kalender WA: Eur Radiol (2008) 18: 1674–1682

Dosisverteilung

Effekt auf das Signal- / Rauschverhältnis



# Protektor vs. KV-Reduktion

**Breast dose reduction options during thoracic CT: influence of breast thickness.**

Revel MP<sup>1</sup>, Fitton I, Audureau E, Berzakoun J, Lederlin M, Chabi ML, Rousset P.

## Author information

### Abstract

**OBJECTIVE:** Little is known about the effectiveness of dose reduction options according to breast thickness. The purpose of this phantom study was to compare the effects on dose and noise of bismuth shielding versus a low kilovoltage for different breast thicknesses.

**MATERIALS AND METHODS:** CT acquisitions were performed first at 120 kVp (reference acquisition), then at 120 kVp with shielding and at 100 kVp without shielding on a phantom with three different prosthetic breast thicknesses, corresponding to the minimum, median, and maximum values first measured in a sample of 30 female thoracic CT examinations, which were randomly selected. Breast doses were measured with optically stimulated luminescence dosimeters placed on and beneath the prosthetic breast. For noise evaluation, the CT number SDs were measured within six ROIs at increasing depths.

**RESULTS:** Taking into account all breast thicknesses, the average breast dose was reduced by 42.1% with shielding and by 33.0% at 100 kVp ( $p=0.009$ ). In-depth noise increased less with shielding (19.0% vs 32.1%,  $p<0.0001$ ). For 1-cm breast thickness, the breast dose fell by 46.5% and 29.7% with shielding and 100 kVp, respectively ( $p=0.01$ ), and in-depth noise increased by 19.5% and 33.9% ( $p=0.01$ ). The corresponding values for 2-cm breast thickness were -38.5% and -30.1%, ( $p=0.02$ ) and 16.5% and 33.5% ( $p=0.001$ ), whereas those for 4-cm thickness were -40.6% and -40.5% ( $p=0.95$ ) and 20.7 and 29.2% ( $p=0.02$ ).

**CONCLUSION:** Greater breast dose reduction is achieved by shielding for breast thicknesses less than 4 cm. Regardless of breast thickness, shielding leads to a smaller increase in in-depth noise.

Am J Roentgenol. 2015; 204(4): 421-8.

## Reduktion der Mama-Dosis im Thorax-CT

120 KV + Protektor = 42,1%  
100 KV o. Protektor = 33,0%

# Reduktion der Röhrenspannung (KV)

## CT of the Abdomen with Reduced Tube Voltage in Adults: A Practical Approach<sup>1</sup>

Adeel R. Seyal, MD  
Atilla Arslanoglu, MD  
Samir F. Abboud, MD  
Azize Sahin, MD  
Jeannie M. Horowitz, MD  
Vahid Yaghmai, MD

RadioGraphics 2015; 35:0000-0000

Published online 10.1148/rfg.2015150048

Content Codes: **CT** **GI** **PH** **SQ**

<sup>1</sup>From the Department of Radiology, Northwestern University-Feinberg School of Medicine, 676 N Saint Clair St, Suite 800, Chicago, IL 60611. Recipient of a Certificate of Merit award for an education exhibit at the 2014 RSNA Annual Meeting. Received March 5, 2015; revision requested April 9 and received May 14; accepted July 2. For this journal-based SA-CME activity, the authors A.R.S. and A.A. have provided disclosures (see p 0000); all other authors, the editor, and the reviewers have disclosed no relevant relationships. **Address correspondence to V.Y.** (e-mail: v-yaghmai@northwestern.edu).

©RSNA, 2015

### SA-CME LEARNING OBJECTIVES

After completing this journal-based SA-CME activity, participants will be able to:

- Explain the benefits of lowering the tube voltage setting at CT.
- Discuss the approach to the design of protocols that use low tube voltage in

Recent innovations in computed tomographic (CT) hardware and software have allowed implementation of low tube voltage imaging into everyday CT scanning protocols in adults. CT at a low tube voltage setting has many benefits, including (a) radiation dose reduction, which is crucial in young patients and those with chronic medical conditions undergoing serial CT examinations for disease management; and (b) higher contrast enhancement. For the latter, increased attenuation of iodinated contrast material improves the evaluation of hypervascular lesions, vascular structures, intestinal mucosa in patients with bowel disease, and CT urographic images. Additionally, the higher contrast enhancement may provide diagnostic images in patients with renal dysfunction receiving a reduced contrast material load and in patients with suboptimal peripheral intravenous access who require a lower contrast material injection rate. One limitation is that noisier images affect image quality at a low tube voltage setting. The development of denoising algorithms such as iterative reconstruction has made it possible to perform CT at a low tube voltage setting without compromising diagnostic confidence. Other potential pitfalls of low tube voltage CT include (a) photon starvation artifact in larger patients, (b) accentuation of streak artifacts, and (c) alteration of the CT attenuation value, which may affect evaluation of lesions on the basis of conventional enhancement thresholds. CT of the abdomen with a low tube voltage setting is an excellent radiation reduction technique when properly applied to imaging of select patients in the appropriate clinical setting.

©RSNA, 2015 • radiographics.rsna.org

**Vorteile:**  
Geringere Patientendosis  
Höherer Jodkontrast

RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM

RUB

# Reduktion der Röhrenspannung (KV)

## Lebermetastasen bei Kolorektalem CA (w. 60 J.)



a.

a) CT bei 120KV und 220 mAS

*Effektive Dosis: 17,6 mSv*

*HU-Werte Leber: 133, Pfortader: 231*



b.

b) FU-CT bei 100 KV und 241 mAs

*Effektive Dosis: 8,9 mSv*

*HU-Werte Leber: 159, Pfortader: 280*

Seyal AR: CT of the Abdomen with Reduced Tube Voltag in Adults:  
Apractical Approach: RadioGraphics 2015; 35: 0000–0000



# Automatische Einstellung der Röhrenspannung

## Effect of Automated Attenuation-based Tube Voltage Selection on Radiation Dose at CT: An Observational Study on a Global Scale<sup>1</sup>

James V. Spearman, BSc  
U. Joseph Schoepf, MD  
Marietta Rottenkolber, Dipl-Stat  
Ivo Driesser, BSc  
Christian Canstein, Dipl-Phys  
Kolja M. Thierfelder, MD, MSc  
Aleksander W. Krazinski, BSc  
Carlo N. De Cecco, MD, PhD  
Felix G. Meinel, MD

**Purpose:** To evaluate the effect of automated tube voltage selection (ATVS) on radiation dose at computed tomography (CT) worldwide encompassing all body regions and types of CT examinations.

**Materials and Methods:** No patient information was accessed; therefore, institutional review board approval was not sought. Data from 86 centers across the world were analyzed. All CT interactions were automatically collected and transmitted to the CT vendor during two 6-week periods immediately before and 2 weeks after implementation of ATVS. A total of 164 323 unique CT studies were analyzed. Studies were categorized by body region and type of examination. Tube voltage and volume CT dose index (CTDI<sub>vol</sub>) were compared between examinations performed with ATVS and those performed before ATVS implementation. Descriptive statistical methods and multilevel linear regression models were used for analysis.

Across all types of CT examinations and body regions, CTDI<sub>vol</sub> was 14.7% lower in examinations performed with ATVS (n = 30313) than in those performed before ATVS implementation (n = 79275). Relative reductions in mean CTDI<sub>vol</sub> were most notable for temporal bone CT (-36.1%), peripheral runoff CT angiography (-48.6%), CT of the paranasal sinus (-39.6%), cerebral or carotid CT angiography (-36.4%), coronary CT angiography (-25.1%), and head CT (-23.9%). An increase in mean CTDI<sub>vol</sub> was observed for renal stone protocols (26.2%) and thoracic or lumbar spine examinations (6.6%). In the multilevel model with fixed effects ATVS and examination type, and the interaction of these variables and the random effect country, a significant influence on CTDI<sub>vol</sub> for all fixed effects was revealed (ATVS,  $P = .0031$ ; examination type,  $P < .0001$ ; interaction term,  $P < .0001$ ).

ATVS significantly reduces radiation dose across most, but not all, body regions and types of CT examinations.

Spearman et al, *Radiology*: Volume 000: Number 0—□ □ □ 2016

# Protektion der Gonaden

## Hodenkapseln

Die Verwendung von Hodenkapseln bei *gonadennahen* Untersuchungen führt zu einer deutlichen Reduktion der Strahlenexposition.

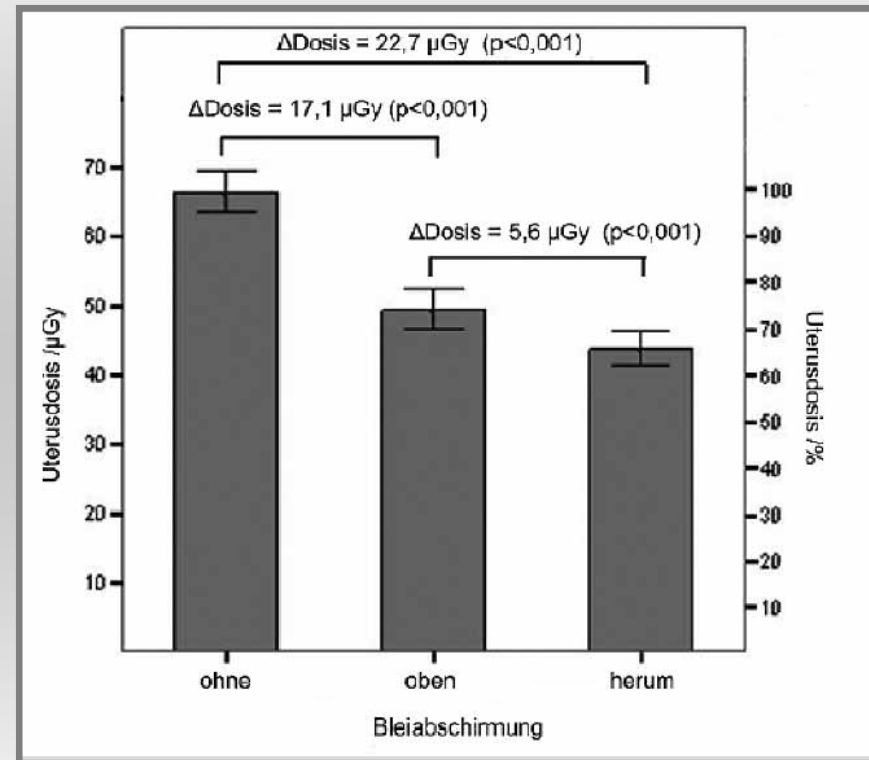
In mehreren Studien wurde mit Dosismessungen eine **Einsparung der Gonadendosis von ~ 87-95 % der Dosis** gegenüber der Durchführung ohne Hodenkapseln bei gonadennahen Untersuchungen dargelegt (Nagel et al., Melchert et al., Hidajat et al.).

# Protektion der Gonaden

## Reduktion der Uterusdosis durch Rundumschürze

Die Uterusdosis konnte bei der Verwendung von Rundumschürzen (Bleigleichwert von 0,5 mm Pb) **bei Thoraxuntersuchungen** um mehr als 30 % gesenkt werden.

Diplomarbeit aus der Klinik für Strahlendiagnostik des Universitätsklinikums Gießen Marburg, Standort Marburg, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Physik und Strahlen-schutz – IMPS der Fachhochschule Gießen-Friedberg



# Take Home Points

## Möglichkeiten der Dosisreduktion sind:

- Reduktion von Röhrenspannung (KV) und –strom (mA) bzw. organ-adaptierte Modulation des Röhrenstroms
- Gantrykipfung bzw. entsprechende Kopflagerung bei Schädel-CT
- Partieller Scan
- Einsatz von Protektoren

# Take Home Points

## Einsatz von Protektoren:

- Führt zu einer deutlichen Dosisreduktion
- Soll bei Spiral-CT-Akquisition grundsätzlich in den an den Scanbereich angrenzenden Arealen erfolgen
- Ist im Scanbereich mit Artefakten, Erhöhung der HU-Werte und vermehrtem Bildrauschen verbunden.
- Abstandshalter (Schaumstoff) verringern Artefakte deutlich
- Kombination mit Röhrenstrom-Modulation bewirkt stärkste Dosisreduktion