

19. Forum MEDIZIN UND UMWELT, Solothurn 2012

# Strahlenexposition in der Computertomographie – Was man wissen sollte

**Christoph M. Heyer**

Institut für Diagnostische Radiologie, Interventionelle Radiologie  
und Nuklearmedizin

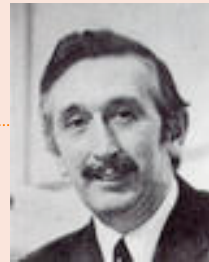
Kinderradiologie



stern Nr. 26, 22.6.2011

## CT

- 1957 Erste wissenschaftliche Beiträge zur CT
- 1971 Erste CT-Aufnahmen an einem Menschen
- 1974 Erster Ganzkörperscanner
- 1977 4. Gerätegeneration



- 1989 Spiral-CT
- 1992 2-Zeilen-Scanner
- 1998 4-Zeilen-Scanner
- 2001 16-Zeilen-Scanner
- 2002 32- und 40-Zeilen-Scanner
- 2003 64-Zeilen-Scanner
- 2005 Dual Source CT
- 2007 320-Zeilen-Scanner

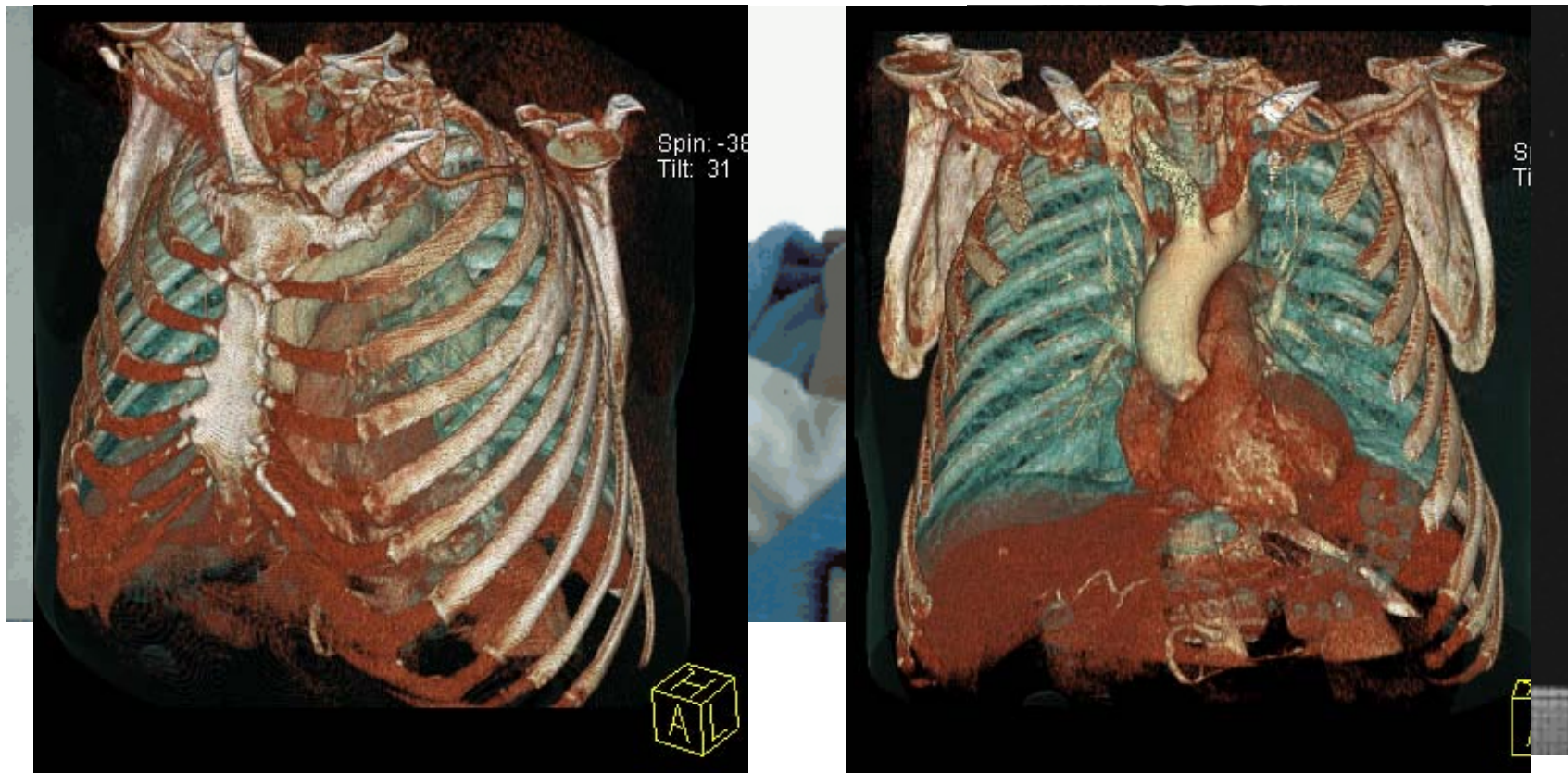
## MRT

- 1946 Erste Arbeiten zur Magnetresonanz
- 1973 Erste wissenschaftliche Beiträge zur MRT
- 1974 Verbesserte mathematische Verfahren
- 1977 Schnelle Gradienten (EPI)
- 1982 Fast Spin Echo-Sequenzen (FSE)
- 1985 Fast Low Angle Shot (FLASH)
- 1988 MR-Angiographie
- 1990 BOLD
- ab 1990 Zahlreiche neue MR-Sequenzen
- 1999 3,0 T-Scanner
- 2000 Offener 1,0 T-Scanner
- 2005 7,0 T-Scanner
- 2008 9,4 T-Scanner

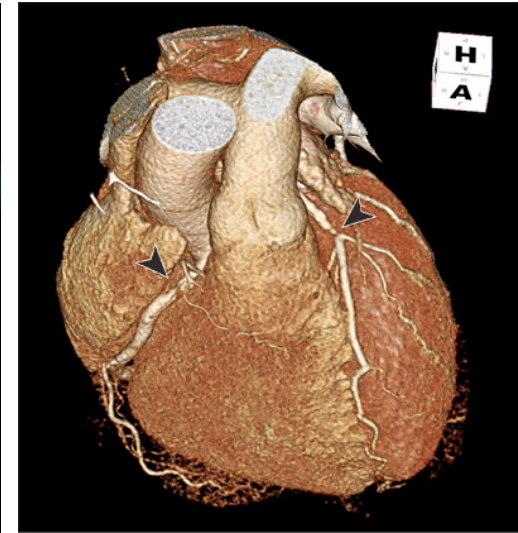
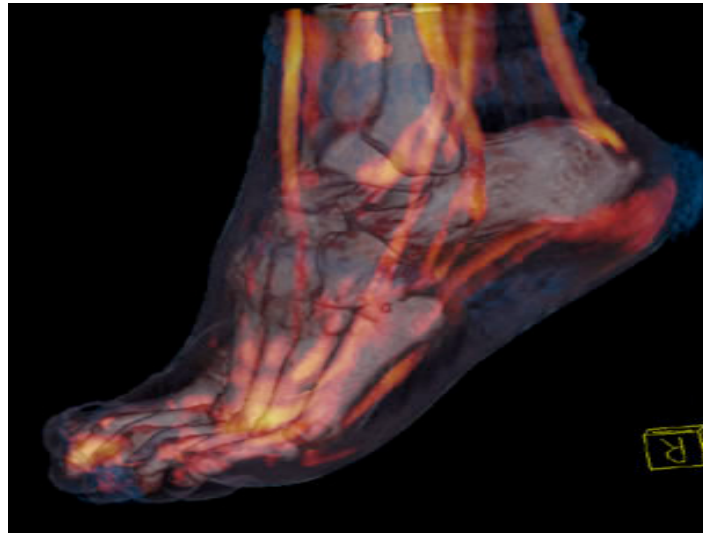
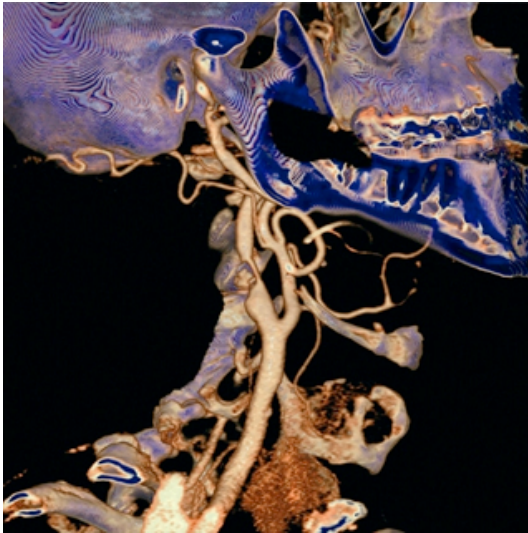
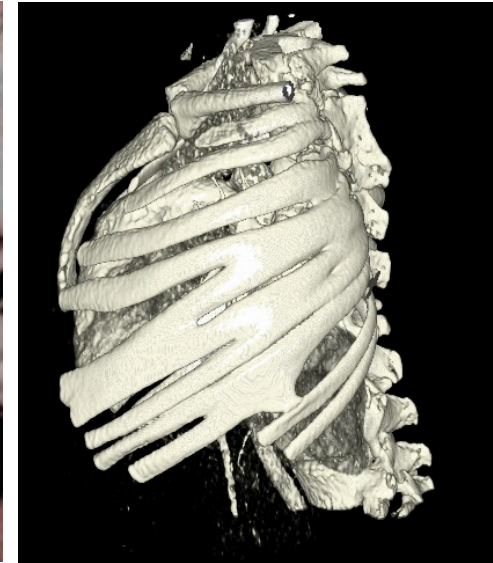
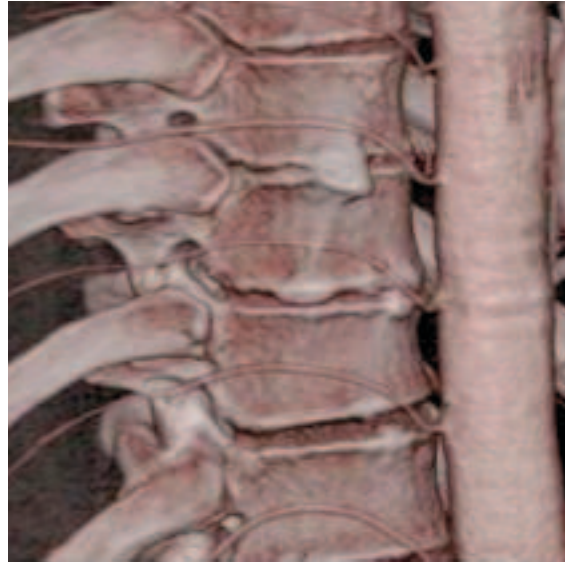
## Technische Entwicklung

1973: Matrix 80 x 80, 4 Minuten Rotationszeit,  
8 Graustufen, Bildbearbeitung über Nacht

2011: Matrix 512 x 512, 0,37 s Rotationszeit,  
bis zu 640 Schichten simultan akquiriert



# Das Potenzial der CT



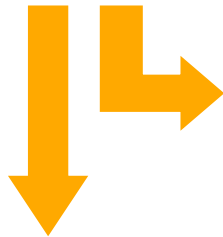
# Vorteile der CT

Hohe Bildauflösung (Längs- und Querschnitt)



**Detailgenaue Bildqualität**

Niedrige Rotationsdauer  
hohe Scangeschwindigkeit



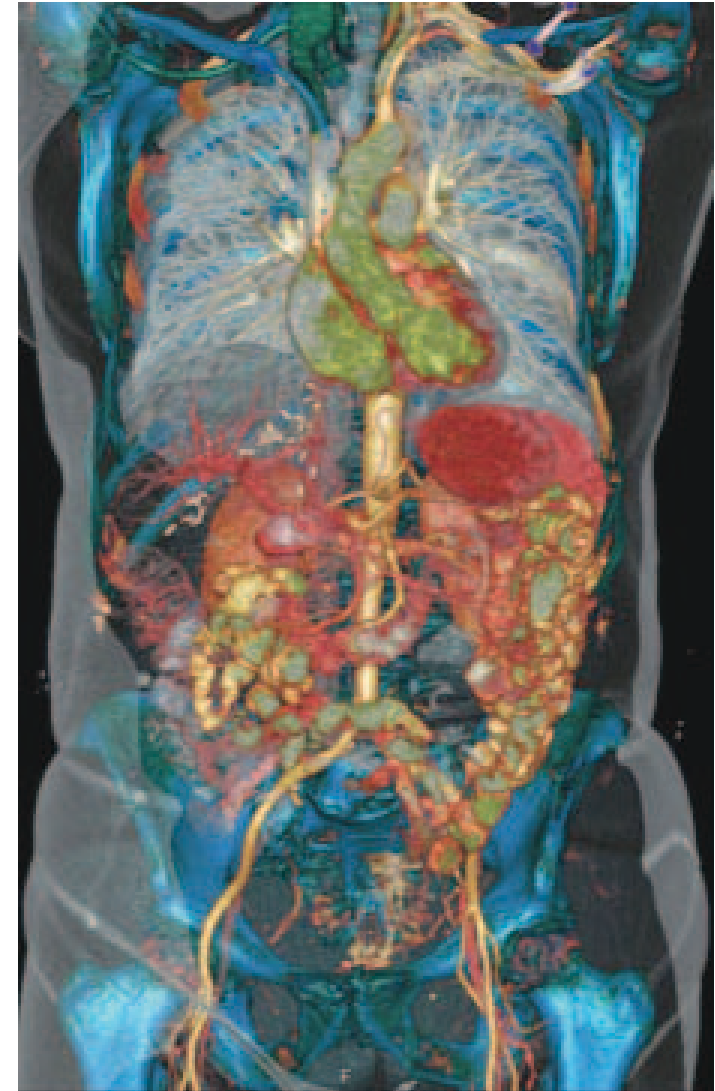
**Untersuchungsdauer**

**Kurze Untersuchungszeit**

**Geringere Strahlenexposition**



Der gläserne Mensch  
Franz Tschakert, 1930





**„... hat einen revolutionären, weil gesundheitlich nahezu unbedenklichen Computertomographen produziert. Die Berliner Werbeagentur ... lieferte die Idee, den CT aus Früchten und Pflanzen zu gestalten und beauftragte die Postproduktion ... mit der Umsetzung des Key Visuals. Der Auftritt und die ... Präsentation des Gerätes sollten einen "fruitylicious"-Look bekommen.“**

# CT und Strahlendosis



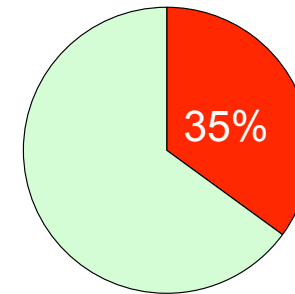
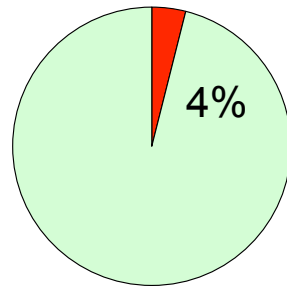
[www.bfs.de](http://www.bfs.de)



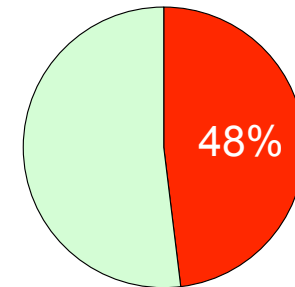
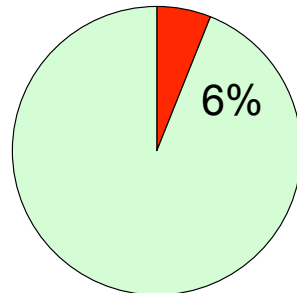
Anteil der CT an allen Untersuchungen

Anteil der CT an der Gesamtdosis

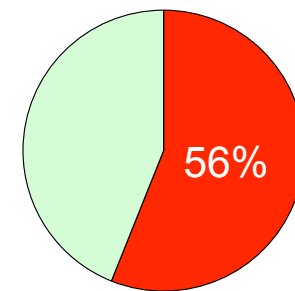
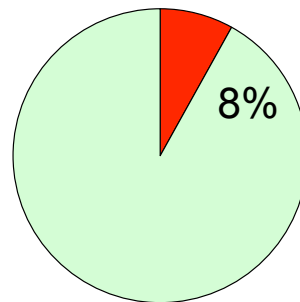
1994



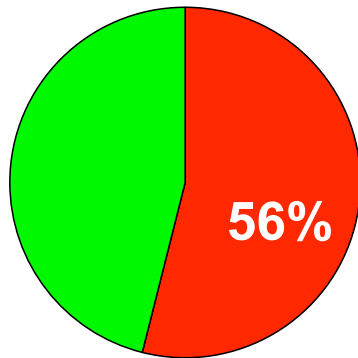
2001



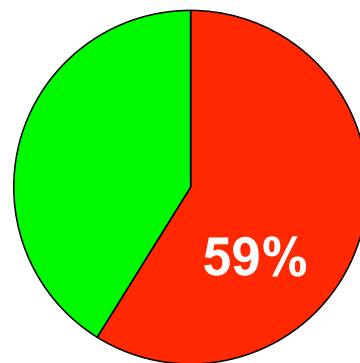
2007



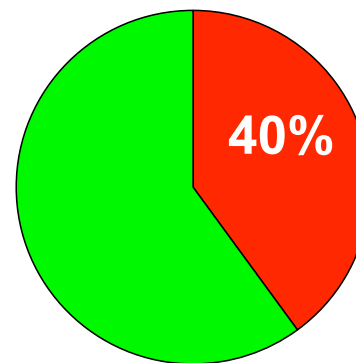
## Anteile der Dosis der CT an allen radiologischen Verfahren mit ionisierender Strahlung



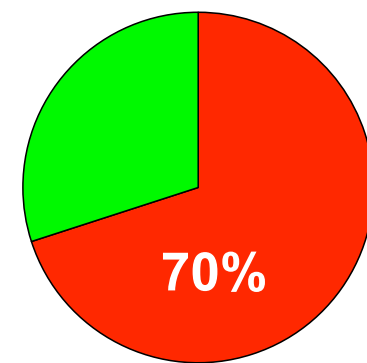
Deutschland



Norwegen



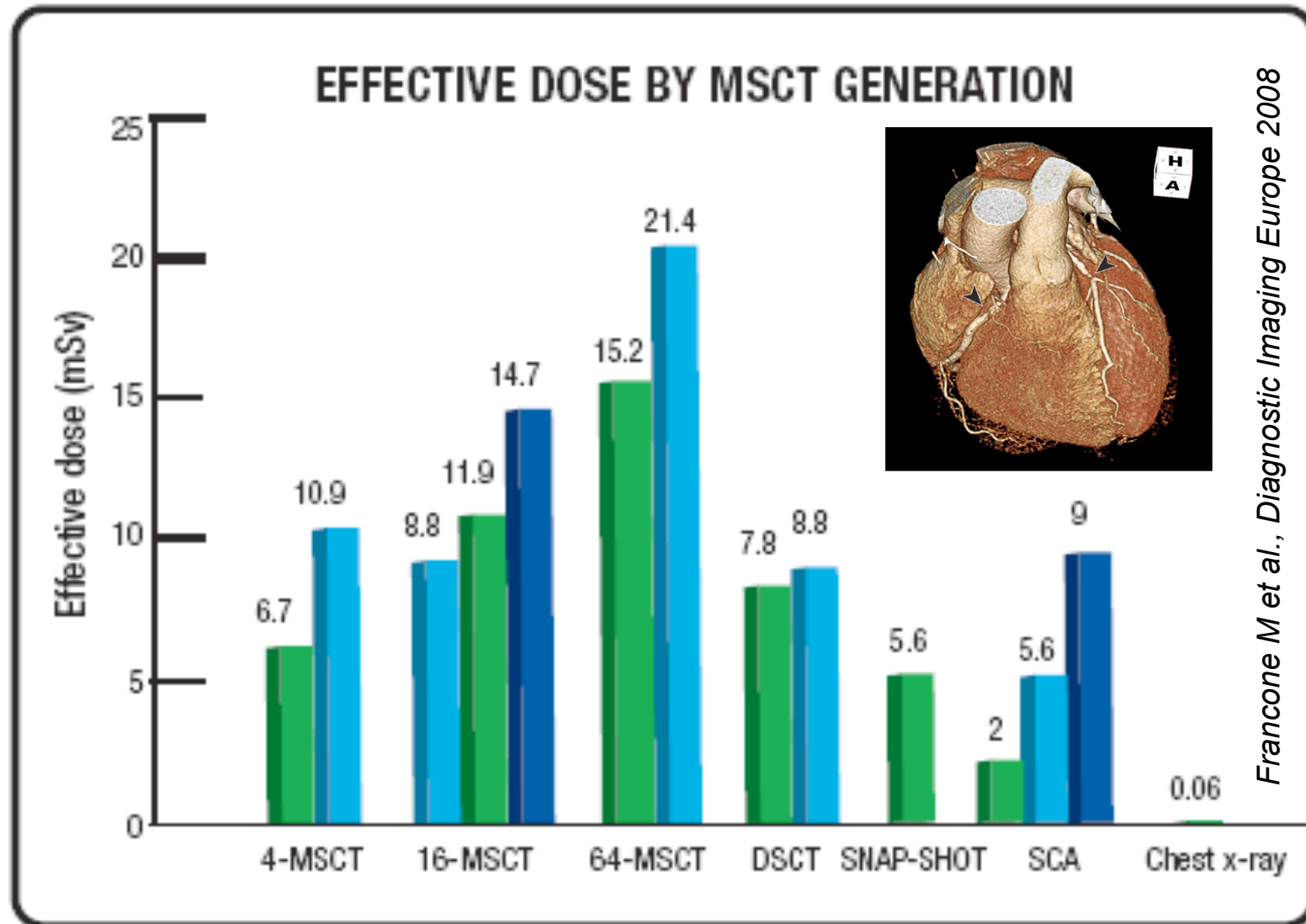
Großbritannien



U.S.A.

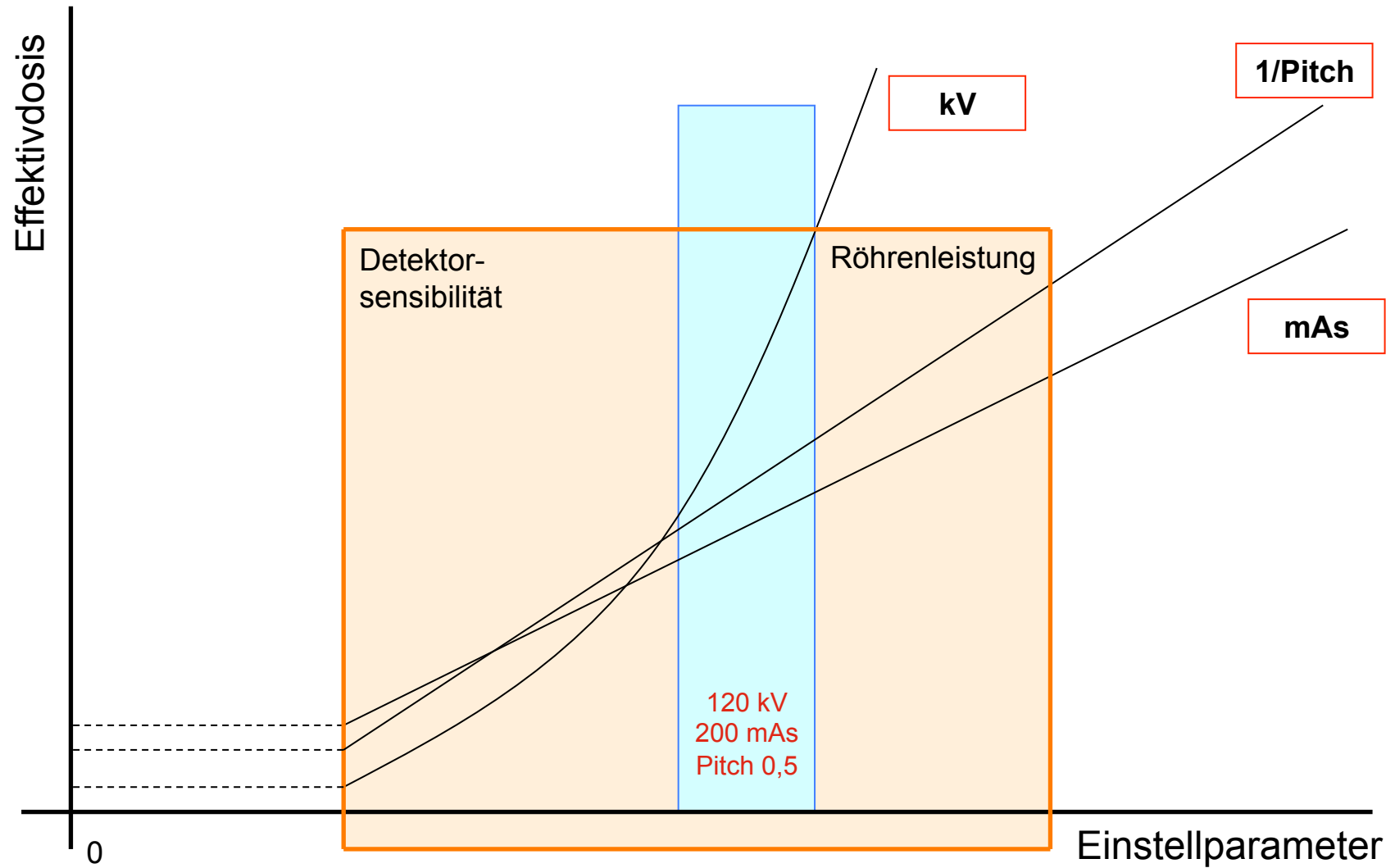


# Dosis bei der Kardio-CT



<b>Röntgen- untersuchung</b>	<b>Effektivdosis (mSv)</b>	<b>Anzahl von Thoraxaufnahmen mit vergleichbarer Exposition</b>
Röntgen Extremitäten	0,01	0,5
Röntgen Thorax	0,02	1
Röntgen Schädel	0,07	3,5
Röntgen BWS	0,7	35
CT Schädel	2 – 4	115
CT Thorax	4	200
CT Abdomen	10	500
CT Herz	20	1000
CT Thorax Schulkind ohne Dosiskorrektur	8 – 12	600
CT Thorax Säugling ohne Dosiskorrektur	bis 30	1500

# Dosis und mAs, kV etc.



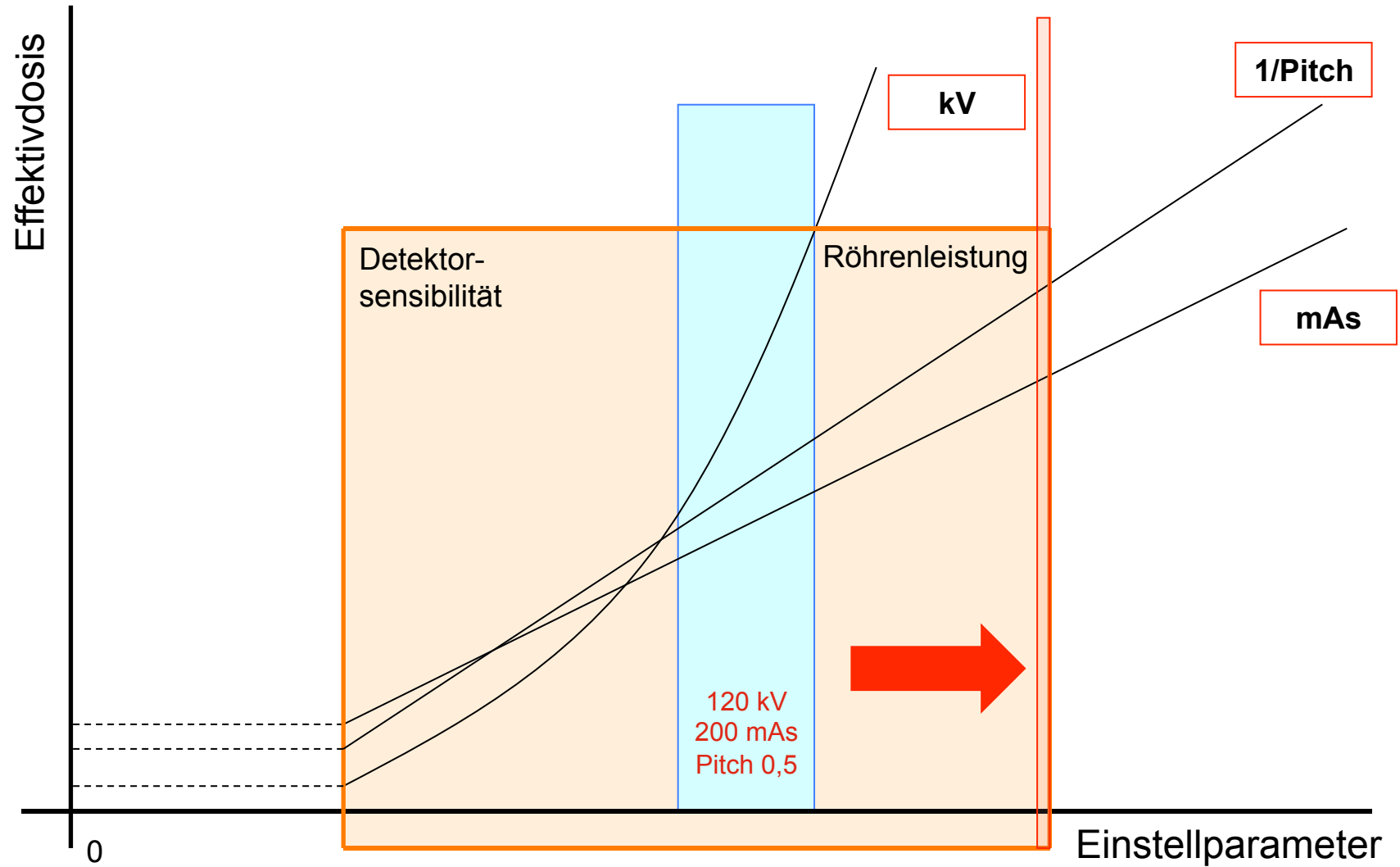


**$V_{\max}$  250 km/h (abgeregelt)**



**368 kW (500 PS),  $V_{\max}$  312 km/h**

# Dosis und mAs, kV etc.



# Mehrphasen-CT



1. Nativ-Scan

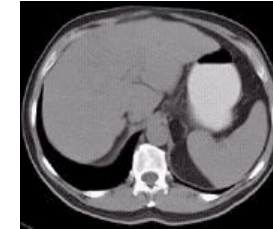
← *Intravenöse KM-Injektion*

2. Früh-arterielle Phase

3. Portalvenöse Phase

4. systemvenöse Phase

5. Spätphase (Urographie)



500 Patienten mit 978 Abdomen-CTs nachuntersucht

Einphasen-Scan: n=192 (38%)

Mehrphasen-Scan: n=308 (62%)

**nicht indiziert: n=263 (85%)**

Mittlere Dosis: 34 mSv ± 24 mSv

**Dosis der nicht indizierten Scans: 16 ± 9 mSv**

20% der Patienten: > 50 mSv

1,4% der Patienten: > 100 mSv



# Was wissen die Patienten?



**GESUNDHEIT VORSORGE**

**ALLES BESTENS**  
Franz Beckenbauer vor einem virtuellen Untersuchungsbild – er ist topfit und kerngesund

**DIAGNOSEKLINIK MÜNCHEN.** Hier werden Herzkranke mit modernster Technik untersucht

**Der Kaiser zeigt**

**DUO DER PROFIS** Franz Beckenbauer und Diagnosearzt Bernad Dörflinger vor dem modernen Hochleistungs-CT, mit dem der Kaiser untersucht wurde

**E**in strahlender Frühlingstag in München – strahlend auch das Lächeln von Fußballlegende Franz Beckenbauer, 58, als er aus den Untersuchungsräumen der Diagnoseklinik München kommt. Nach einem blitzschnellen Hightech-Check hat er es sozusagen offiziell, dass er kerngesund ist.

der virtuellen Diagnostik können wir den menschlichen Körper von innen in kurzer Zeit vollständig abbilden, erfassen und damit Krankheiten zielgenau aufspüren.

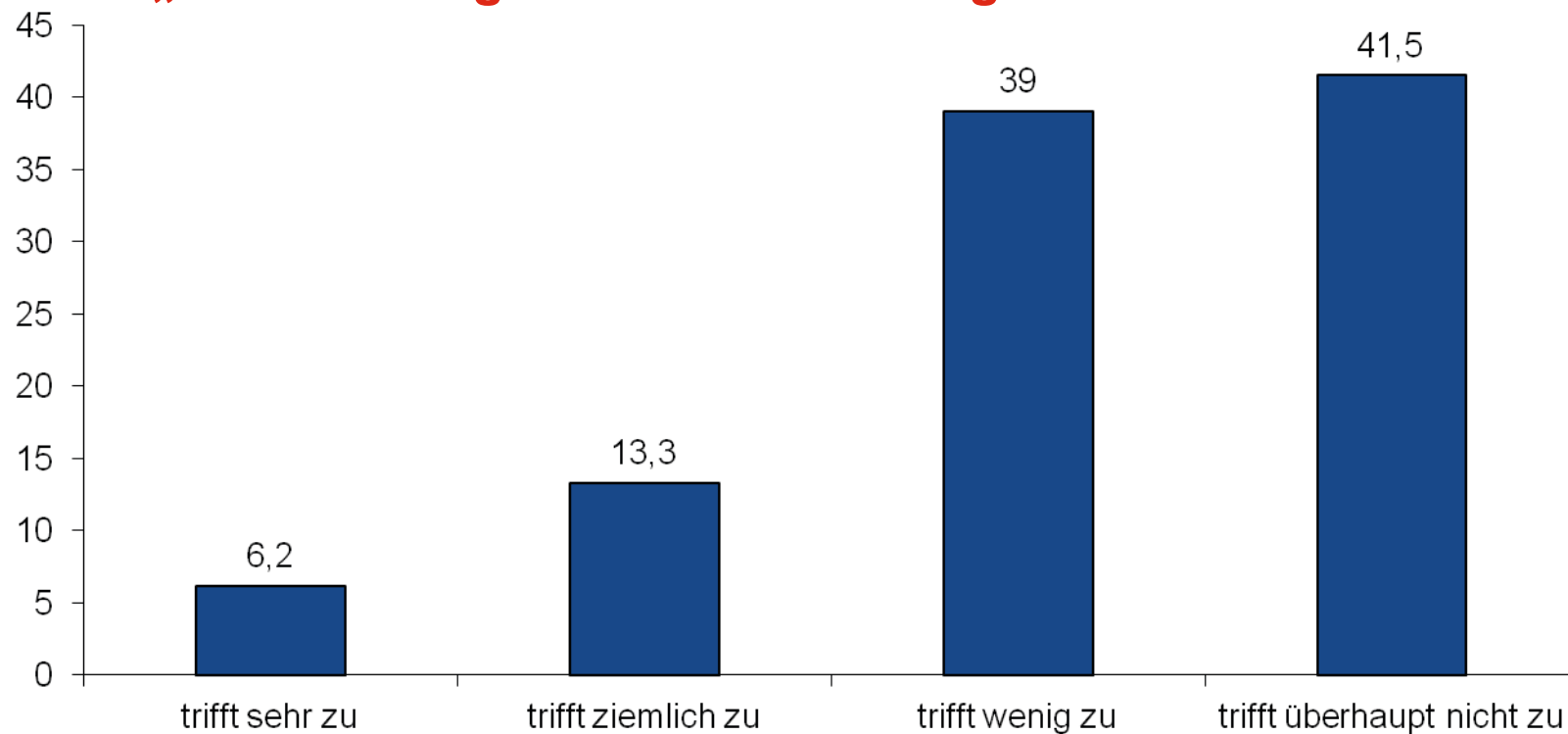
**Virtuell bedeutet: Nicht der Arzt untersucht, sondern der Computer?**  
Nein. Der Arzt untersucht, die

„Ein strahlender Frühlingstag in München – strahlend auch das Lächeln von Fußballlegende Franz Beckenbauer, 58, als er aus den Untersuchungsräumen der ... kommt. Nach einem blitzschnellen Hightech-Check hat er es sozusagen offiziell, dass er kerngesund ist.“

# Wie denken die Patienten?

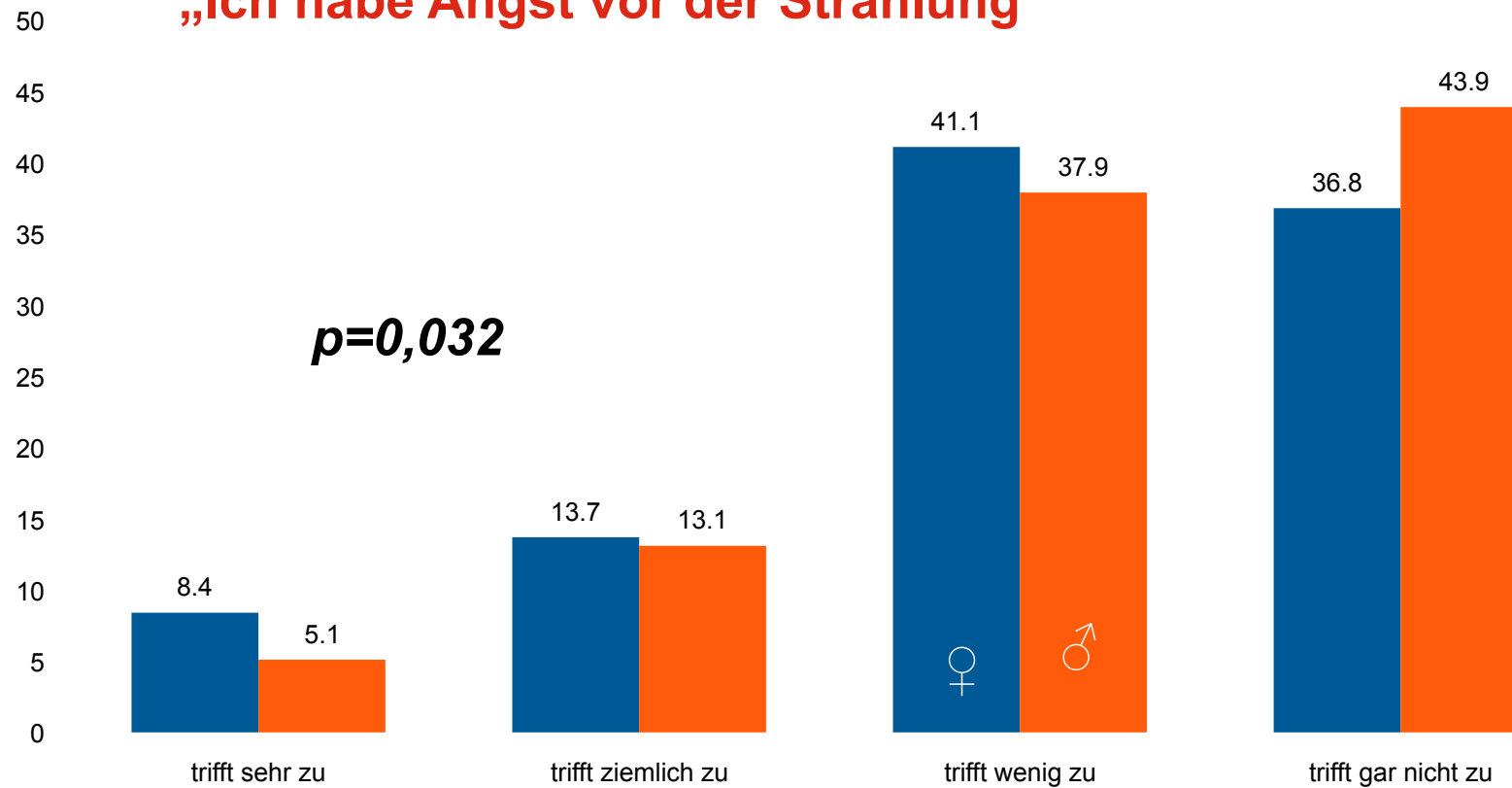
852 befragte Patienten vor geplanter CT-Untersuchung (04/11 – 08/11)

## „Ich habe Angst vor der Strahlung“



# Wie denken die Patienten?

## „Ich habe Angst vor der Strahlung“



## *Doctor's Knowledge of Radiation Exposure: Questionnaire Study*

130 Teilnehmer, korrekte Einschätzung der Dosis einer konventionellen Röntgenthoraxaufnahme: 0%, Strahlendosis unterschätzt: 97%, Strahlendosis Sono/MRT: 5% / 9%

*Shiralkar S et al., BMJ 2003*

## *Diagnostic CT Scans: Assessment of Patient, Physician, and Radiologist Awareness of Radiation Dose and Possible Risks*

	CT < CR	CT > CR	CT = 100 - 400 x CR
Patienten (n=67)	28%	71%	0%
Radiologen (n=39)	5%	94%	13%
Nicht-Radiologen (n=45)	7%	92%	22%

*Lee CI et al., Radiology 2004*

## *Peer Assessment of Pediatric Surgeons for Potential Risks of Radiation Exposure from Computed Tomography Scans*

Responder-Rate: 20%, Strahlendosis der CT unterschätzt: > 75%

*Rice HE et al., J Pediatr Surg 2007*

## Einschätzung der Strahlenbelastung radiologischer Thorax-Verfahren: Was ist Nichtradiologen bekannt?

Awareness of Radiation Exposure of Thoracic CT Scans and Conventional Radiographs: What Do Non-Radiologists Know?

*Heyer CM, Peters SA, Lemburg SP, Nicolas V, Fortschr Röntgenstr 2007, 179(3):261-267*

Entwurf eines Fragebogen mit sechs Fragen zur Effektivdosis von Thoraxuntersuchungen

Angaben zur Person (Berufserfahrung, Fachrichtung, Position)

Zielgruppe: Alle klinisch tätigen Ärzte des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil, Fachrichtungen Anästhesie, Chirurgie, Innere Medizin und Neurologie

Direkte Interviews, anonymisierte Dokumentation

6 Antwortmöglichkeiten (multiple choice); Zufall: 17%

**1. Wie hoch schätzen Sie die durchschnittliche Strahlenbelastung (Effektivdosis) einer Röntgen-Thoraxaufnahme in 2 Ebenen beim Erwachsenen ein?**

- |   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0,001 – 0,01 mSv | <input type="checkbox"/> 0,01 – 0,1 mSv | <input type="checkbox"/> 0,1 – 1 mSv |
| <input type="checkbox"/> 1 – 10 mSv       | <input type="checkbox"/> 10 – 100 mSv   | <input type="checkbox"/> > 100 mSv   |

**2. Wie schätzen Sie die folgenden Untersuchungen im Vergleich der durchschnittlichen Strahlenbelastung (Effektivdosis, „>“, „=“ oder „<“) bei Erwachsenen ein?**

Röntgen-Thorax in 2 Ebenen	—	Standard Thorax-CT
Röntgen-Thorax in 2 Ebenen	—	Thorax HR-CT
Standard Thorax-CT	—	Thorax Embolie-CT
Low dose Thorax-CT	—	Kernspintomographie Thoraxorgane
Low dose Thorax-CT	—	Röntgen-Thorax in 2 Ebenen

**3. Wie schätzen Sie die durchschnittliche Strahlenbelastung (Effektivdosis) des konventionellen Thorax-CT beim Erwachsenen ein?**

- |   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0,001 – 0,01 mSv | <input type="checkbox"/> 0,01 – 0,1 mSv | <input type="checkbox"/> 0,1 – 1 mSv |
| <input type="checkbox"/> 1 – 10 mSv       | <input type="checkbox"/> 10 – 100 mSv   | <input type="checkbox"/> > 100 mSv   |

**4. Wie schätzen Sie die durchschnittliche Strahlenbelastung (Effektivdosis) des kardialen CT („Herz-CT“) zur Beurteilung der Koronarien beim Erwachsenen ein?**

- |   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0,001 – 0,01 mSv | <input type="checkbox"/> 0,01 – 0,1 mSv | <input type="checkbox"/> 0,1 – 1 mSv |
| <input type="checkbox"/> 1 – 10 mSv       | <input type="checkbox"/> 10 – 100 mSv   | <input type="checkbox"/> > 100 mSv   |

**5. Wie schätzen Sie die durchschnittliche Strahlenbelastung (Effektivdosis) des Thorax-CT beim Säugling ein, wenn ein Standard-Erwachsenenprotokoll angewandt wird?**

- |   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0,001 – 0,01 mSv | <input type="checkbox"/> 0,01 – 0,1 mSv | <input type="checkbox"/> 0,1 – 1 mSv |
| <input type="checkbox"/> 1 – 10 mSv       | <input type="checkbox"/> 10 – 100 mSv   | <input type="checkbox"/> > 100 mSv   |

**6. Ordnen Sie bitte die folgenden Untersuchungen nach ihrer jeweiligen Strahlenbelastung, von der geringsten („1“) bis zur höchsten („5“):**

- \_\_\_ Natürliche Strahlung (kosmische Strahlung etc.) / Jahr
- \_\_\_ Moderne Röntgen-Thoraxaufnahme in 2 Ebenen
- \_\_\_ Standard Thorax-CT
- \_\_\_ Kernspintomographie der BWS
- \_\_\_ Röntgen Abdomenübersicht in 2 Ebenen

Assistenzarzt     Oberarzt     Chefarzt     Sonstige: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Jahre berufliche Tätigkeit    Fachrichtung: \_\_\_\_\_

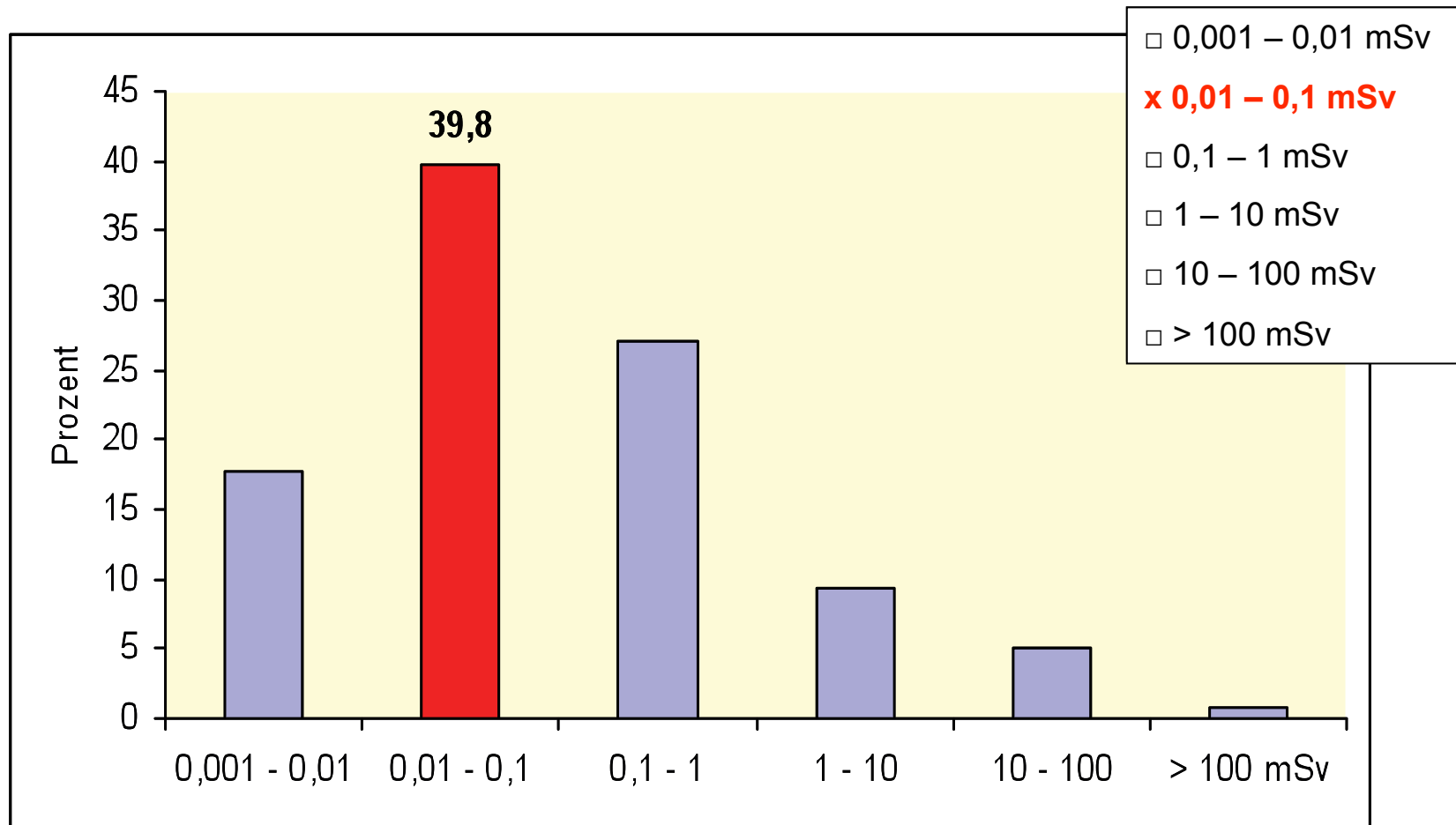
Röntgen Thoraxaufnahme  
Standard Thorax-CT  
Thorax HRCT  
Kardio-CT  
Thorax-CT Kind

Angefragte Ärzte            n=124  
davon teilgenommen    n=119 (98%)

Anästhesie            12 (10%)  
Chirurgie            51 (43%)  
Innere Medizin    44 (37%)  
Neurologie            12 (10%)  
Assistenzärzte        78 (66%)  
Ober-/Chefarzte      41 (34%)

Berufserfahrung: Δ 8,2 Jahre  
(0,3 – 32 Jahre)

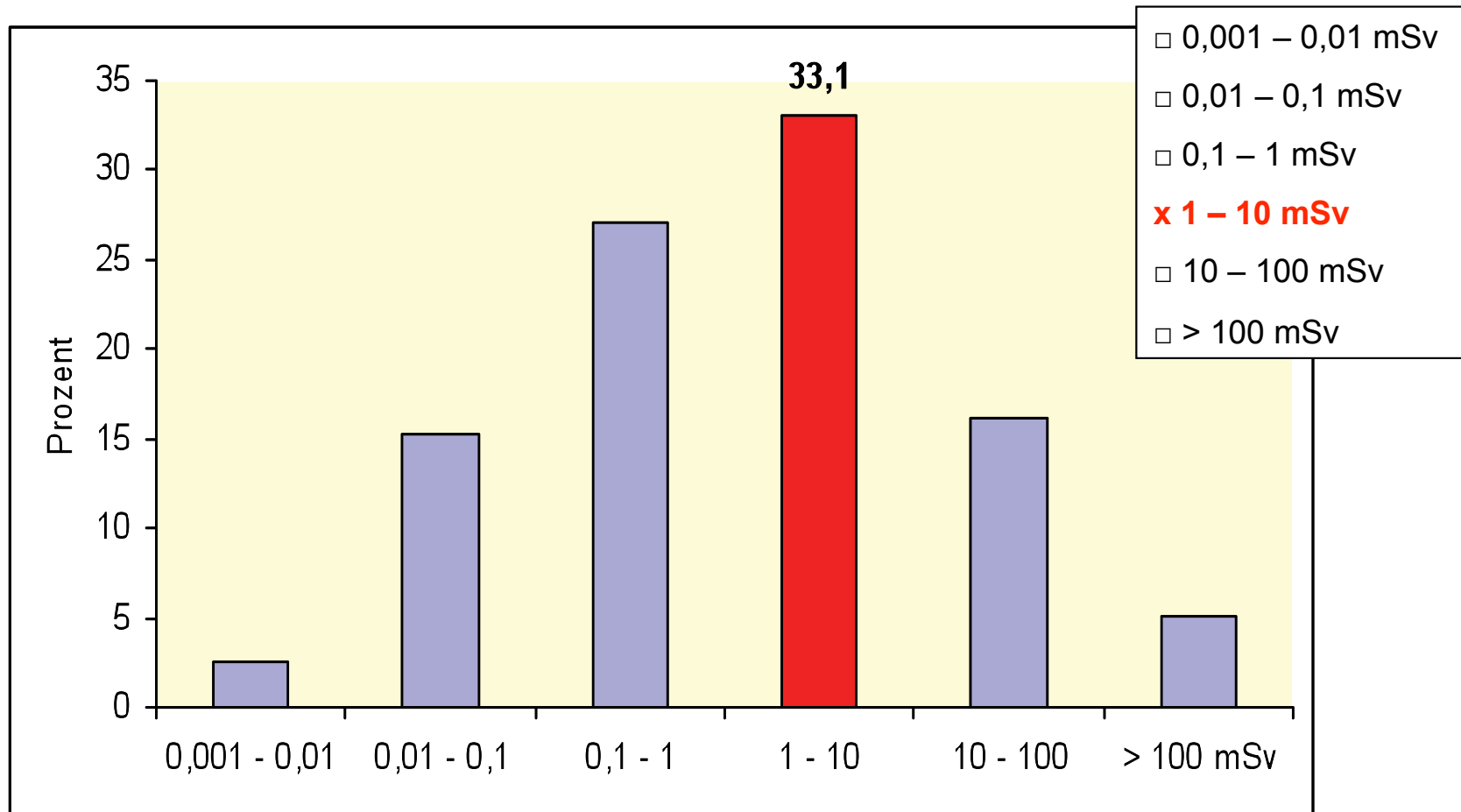
Vollständige Bögen: 116/119 (98%)  
708 auswertbare Antworten



ED unterschätzt von 18% der Befragten

ED überschätzt von 42% der Befragten

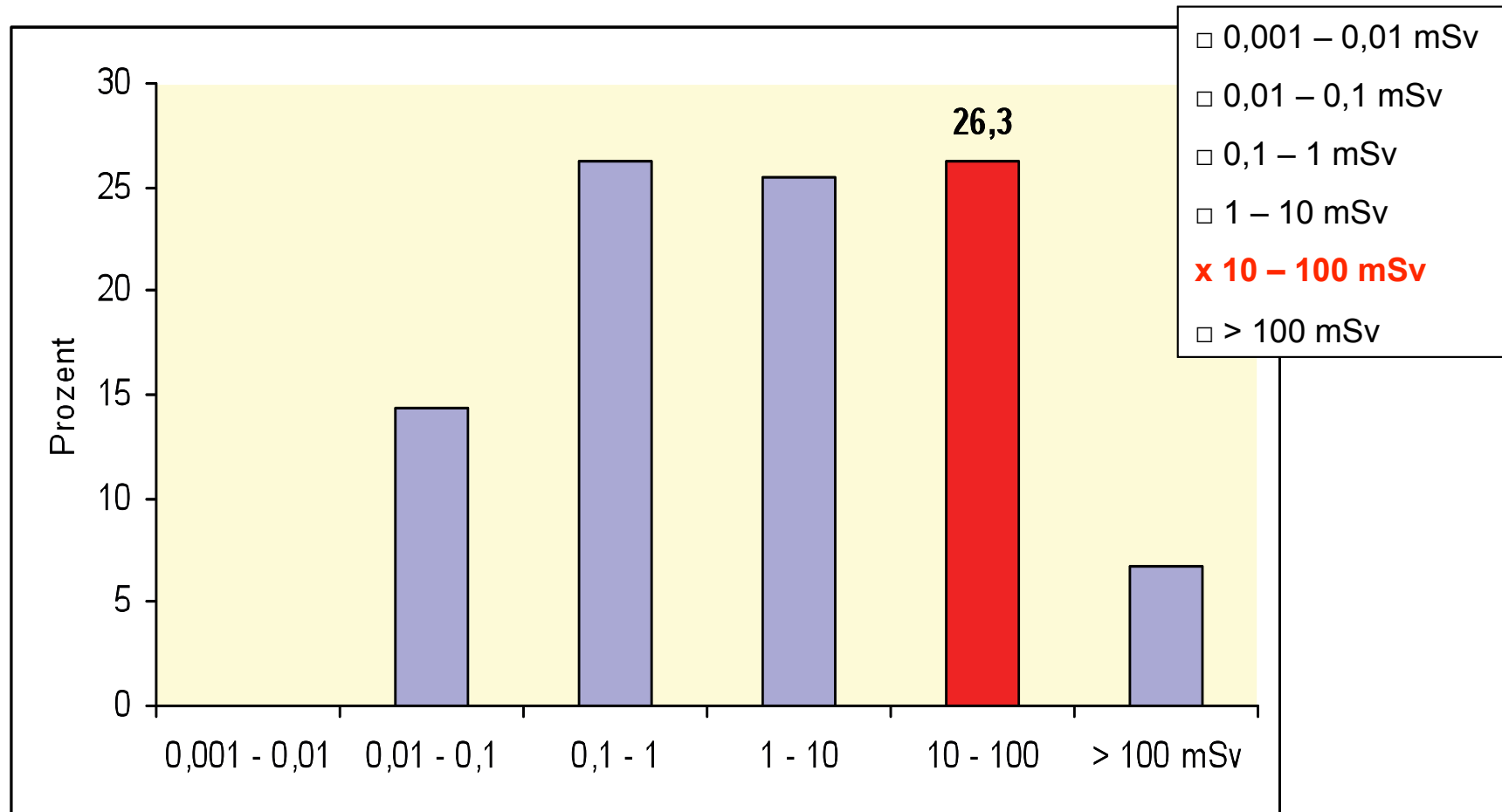
# ED Standard CT-Thorax



ED unterschätzt von 44% der Befragten

ED überschätzt von 22% der Befragten

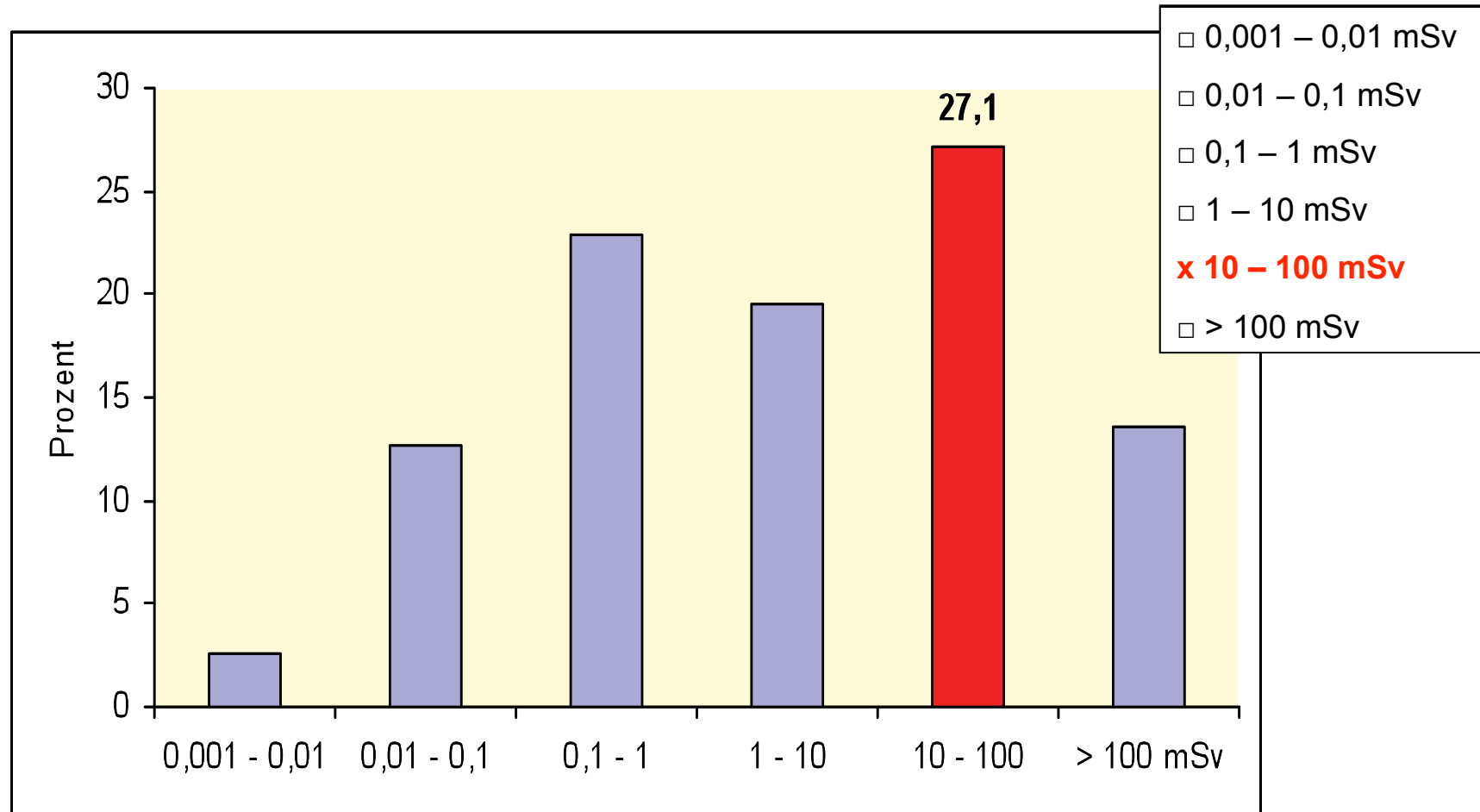




ED unterschätzt von 66% der Befragten

ED überschätzt von 7% der Befragten

# ED CT-Thorax Säugling



ED unterschätzt von 57% der Befragten

ED überschätzt von 14% der Befragten

# Zusammenfassung

## 124 befragte Krankenhausärzte

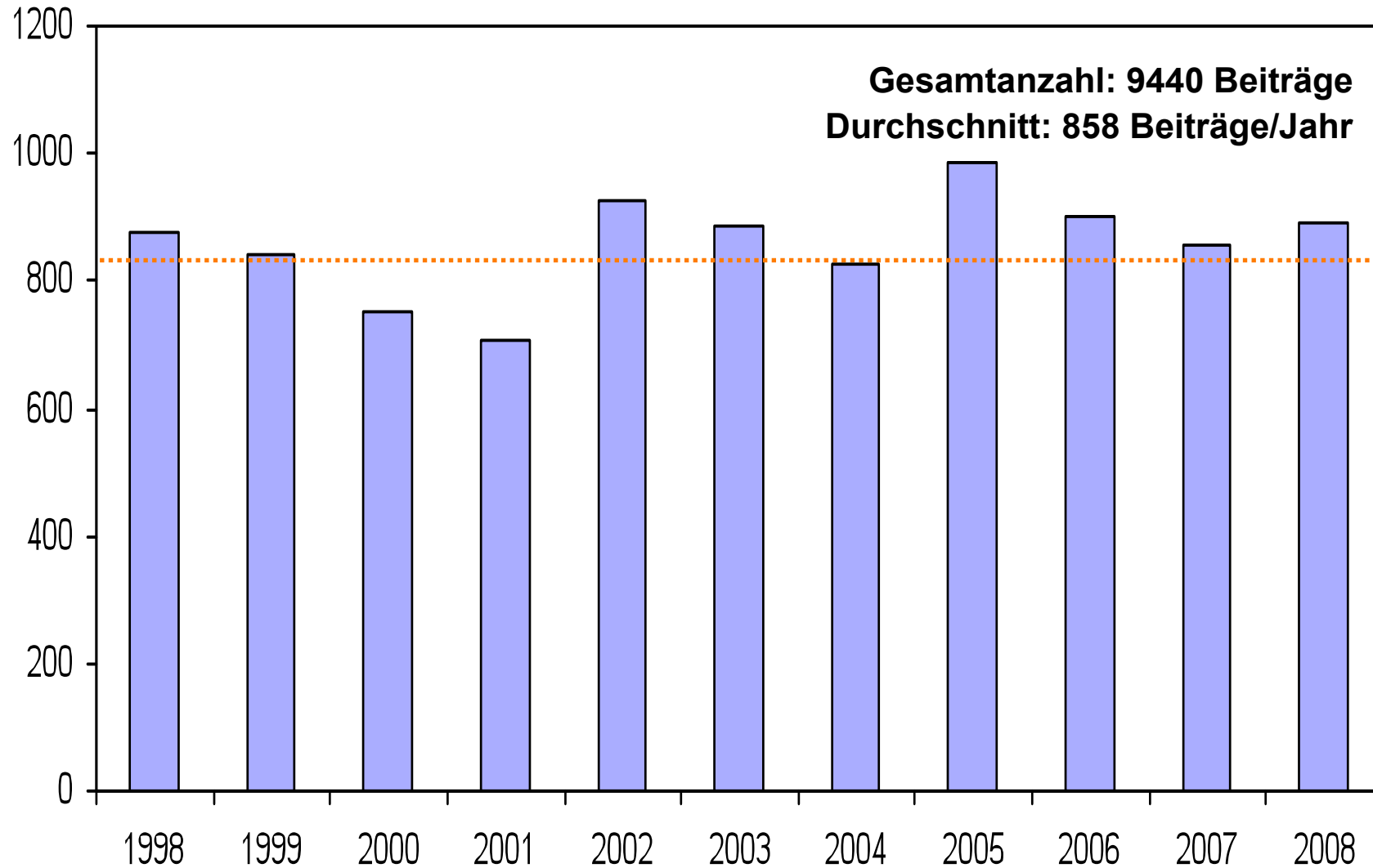
UNTERSUCHUNG	ED korrekt	ED unterschätzt	ED überschätzt
Röntgen Thorax	40%	18%	42%
CT Thorax	33%	44%	22%
Kardio-CT	26%	66%	7%
CT Säugling	27%	57%	14%

## 134 befragte Pädiater

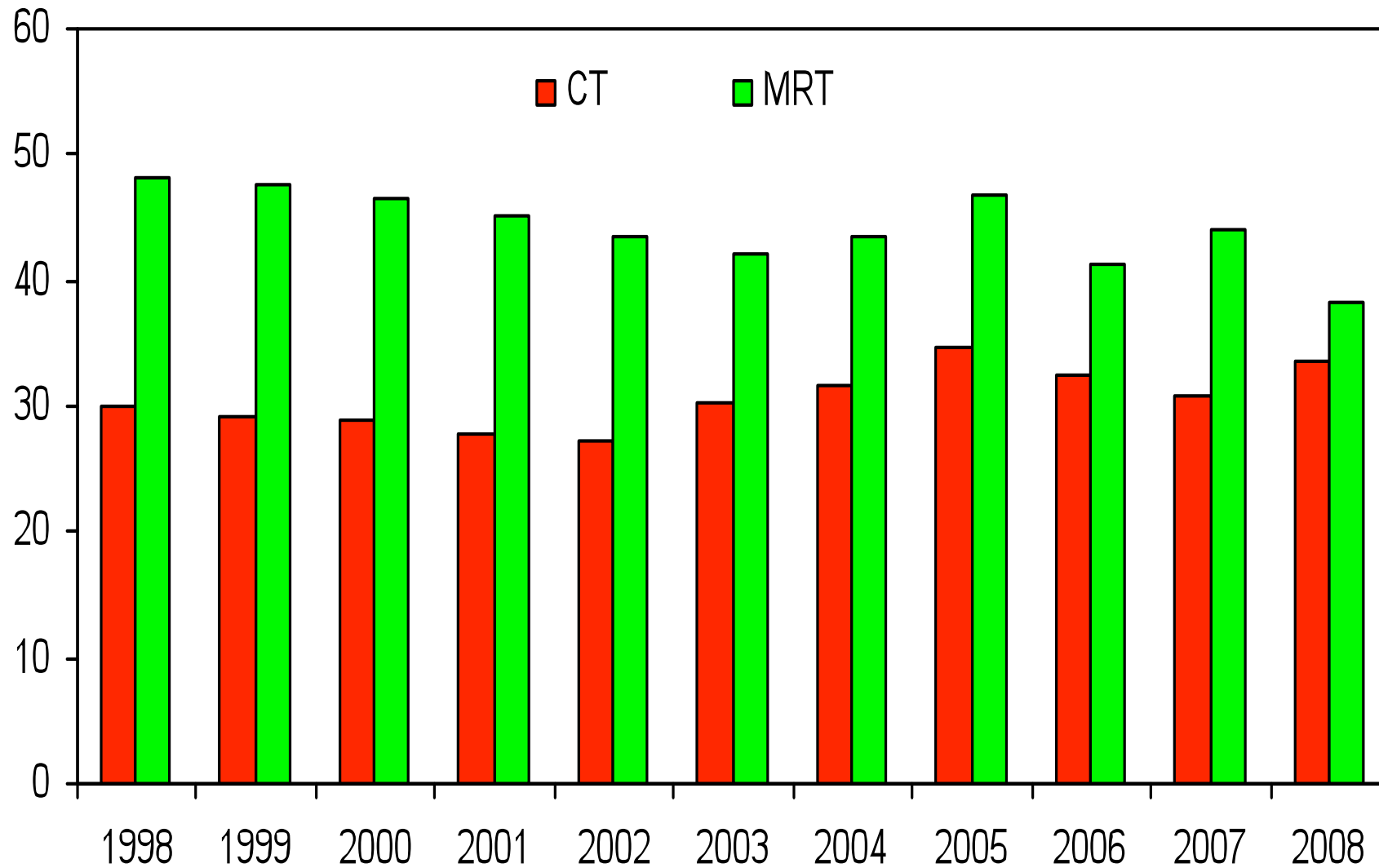
*Heyer CM et al., Eur J Radiol, 2009*

UNTERSUCHUNG	ED korrekt	ED unterschätzt	ED überschätzt
Röntgen Thorax	58%	6%	36%
CT Thorax	41%	28%	31%
Kardio-CT	34%	54%	12%
CT Säugling	35%	56%	9%

# Dosis beim DRK

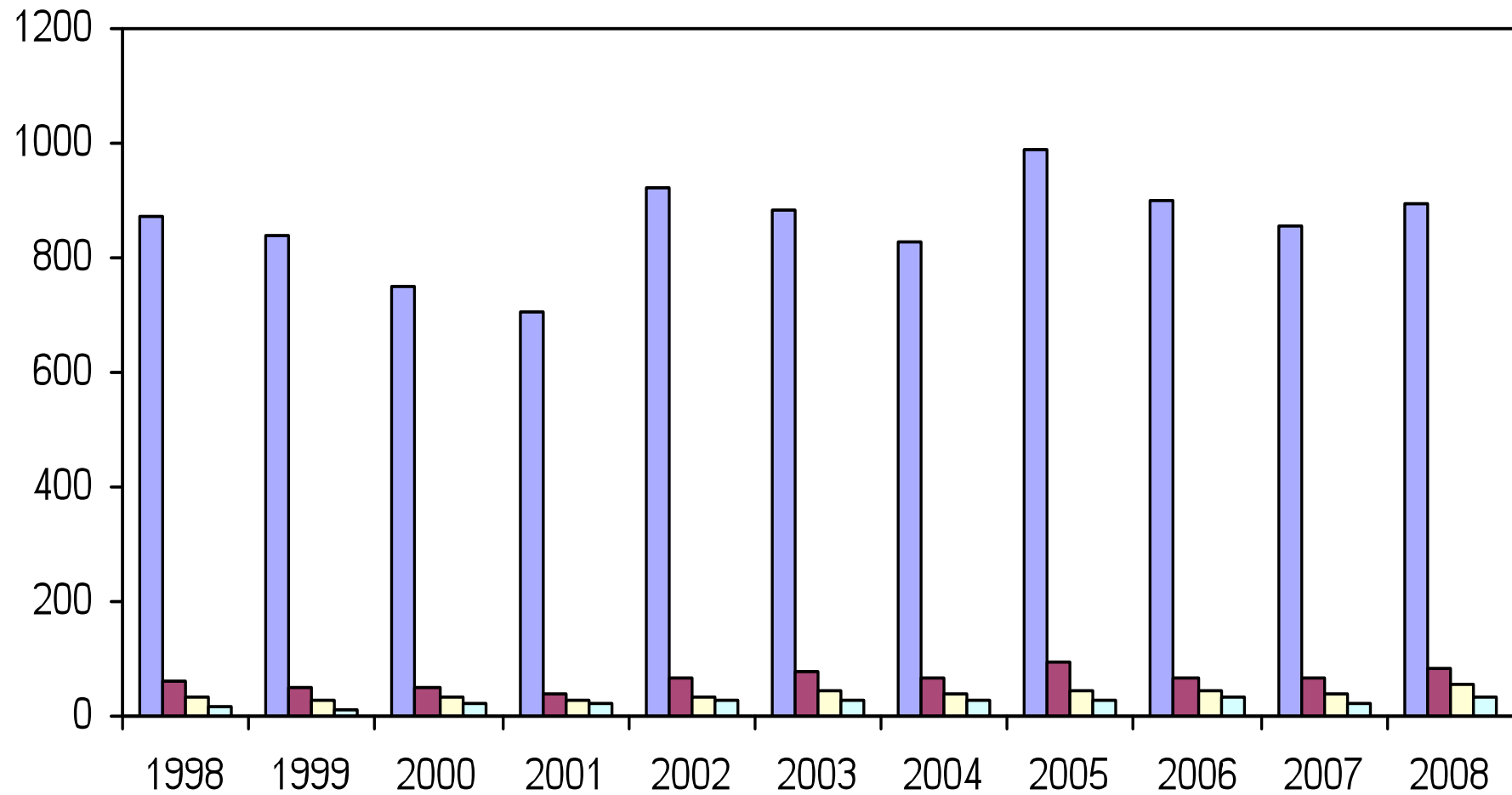


# Dosis beim DRK



# Dosis beim DRK

- Gesamtanzahl
- Strahlendosis erwähnt
- Strahlendosis Hauptthema
- Dosisreduktion Hauptthema



Die Mehrzeilentechnologie hat die CT revolutioniert und ihr eine sehr eindrucksvolle Renaissance beschert

Die Methode ist durch hohes Auflösungsvermögen, geringe Akquisitionzeiten und komplexe Bildnachverarbeitungsmöglichkeiten charakterisiert

Mit dem Zuwachs an Bildinformationen ist eine z.T. erhebliche Erhöhung der Patientendosis verbunden

Die CT ist daher heute die mit Abstand größte Quelle effektiver Dosis in der diagnostischen Radiologie; der Trend ist anhaltend

Die Einschätzung der Dosis von CT-Untersuchungen bereitet Ärzten erhebliche Probleme – unabhängig von Berufserfahrung und Fachrichtung

Von Seiten der Radiologie sind weitere Anstrengungen notwendig, Wissenslücken seitens der zuweisenden Ärzte zu schließen, um damit unnötige Strahlenexpositionen ihrer Patienten zu vermeiden

Have a seat Kermit. What I'm about to tell you might come as big shock ...



**Vielen Dank!**