

Pädiatrische CT-Expositionspraxis in der Bundesrepublik Deutschland

Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage 2005/06

M. Galanski, H.D. Nagel, G. Stamm



Dienstanschriften der Autoren

Prof. Dr. med. Michael Galanski
Zentrum Radiologie der MHH
Diagnostische Radiologie
Carl-Neuberg-Straße 1
D-30625 Hannover

Dr. rer. nat. Hans Dieter Nagel
Philips Medizin Systeme GmbH
Wissenschaftliche Abteilung
Röntgenstr. 24
D-22335 Hamburg

Dr. rer. nat. Georg Stamm
Zentrum Radiologie der MHH
Experimentelle Radiologie
Carl-Neuberg-Str. 1
30625 Hannover

Die Durchführung der Umfrage erfolgte im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Vorhaben StSch 4470 „Ermittlung repräsentativer Daten der Patientenexposition bei häufigen pädiatrischen CT-Untersuchungen zur Festlegung von diagnostischen Referenzwerten“).

Der vorliegende Report wurde inhaltlich mit der Arbeitsgemeinschaft für Pädiatrische Radiologie in der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) abgestimmt.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Layout: H. D. Nagel, Hamburg, gesetzt auf Apple Macintosh mit Adobe PageMaker
Redaktionsschluß: 30.11.2006

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Summary	2
1. Einleitung	3
2. Organisation der Umfrage	4
3. Dosimetrie.....	5
3.1. Gewichteter CTDI.....	5
3.2. Volumen-CTDI	6
3.3. Dosislängenprodukt	6
3.4. Effektive Dosis.....	7
4. Ergebnisse	9
4.1. Allgemeine Ergebnisse.....	9
4.1.1 Phase I	9
4.1.2 Phase II	9
4.2. Dosimetrische Ergebnisse	12
4.3. Detaillierte Auswertungen	12
4.3.1 Dosisautomatik vs. manuelle Dosiseinstellung	12
4.3.2 Overranging-Effekte	12
4.3.3 Altersabhängige Dosisanpassung	13
4.3.4 Verwendung reduzierter Röhrenspannungen	18
4.3.5 Vergleich mit anderen Umfragen	18
5. Diskussion	21
6. Referenzwerte, Feedbackaktion	25
6.1. Vorschläge für diagnostische Referenzwerte	25
6.2. Vergleich mit anderen Referenzwerten	25
6.3. Feedbackaktion	26
7. Empfehlungen	27
Literatur	29
Anhang.....	I-XXIII

Zusammenfassung

Im Zeitraum September 2005 bis Mai 2006 wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine bundesweite Umfrage zur pädiatrischen CT-Expositionspraxis in Deutschland durchgeführt. Die Umfrage erfolgte als Fragebogenaktion, bei der zunächst 1640 Betreiber von CT-Geräten in Krankenhäusern und privaten Praxen angeschrieben und um Angaben zu Untersuchungshäufigkeiten in fünf Untersuchungsarten, differenziert nach 5 Altersgruppen, gebeten wurden. In einer zweiten Umfrageaktion wurde eine ausgewählte Anzahl von 72 Instituten, die mehr als zwei Drittel der gemeldeten jährlichen pädiatrischen CT-Untersuchungen repräsentieren, datailliert nach dosisrelevanten Daten (Geräteangaben, Scanprotokolle, untersuchungsbezogene Daten, Angaben zur Häufigkeit von Untersuchungen) befragt. Aus den Angaben für die einzelnen Scanprotokolle wurden die Dosiswerte individuell je nach Gerätetyp und Altersgruppe berechnet.

Bei Rücklaufquoten von rund 40% in Phase I und 58% in Phase II konnten repräsentative Ergebnisse für die häufigsten pädiatrischen CT-Untersuchungen ermittelt werden. Die wichtigsten Erkenntnisse dieser Umfrage sind:

- Der Anteil pädiatrischer Untersuchungen am Gesamtuntersuchungsaufkommen in der CT lag bei lediglich 1% und ist damit wesentlich geringer als andernorts (z.B. USA mit 6,5%).
- Häufigste Untersuchungsart war der Hirnschädel mit 52%, gefolgt von Thorax (17%) und Gesamtabdomen (7%); andere Untersuchungsarten waren dagegen selten (weniger als 5%).
- Die Altersgruppen 0 bis 5 Jahre, 6 bis 10 Jahre und 11 bis 15 Jahre waren mit Anteilen von 40%, 28% und 32% annähernd gleich stark vertreten.
- Pädiatrische CT-Untersuchungen erfolgten überwiegend in universitären Einrichtungen und mit neuester Gerätetechnologie (Mehrschicht-Spiralscanner mit Festkörperdetektor und Dosisanzeige, häufig auch mit Dosisautomatiken ausgestattet).
- Eine Anpassung der Expositionsparameter an das Alter bzw. das Körpergesicht der Patienten war allgemein üblich.

- Im Mittel erfolgte die Anpassung in einer moderaten Form, die sich mit den Ergebnissen dedizierter Studien deckt und weniger auf das objektiv messbare Rauschen denn auf das subjektive Rauschempfinden des Betrachters abgestimmt ist.
- Dosisautomatiken, an rund der Hälfte der beteiligten Geräte verfügbar, kamen nur teilweise zum Einsatz und hatten im Vergleich zur manuellen Anpassung der Expositionsparameter im Mittel geringfügig bis signifikant erhöhte Dosiswerte zur Folge.
- Patientengerechte Anpassung der Expositionsparameter führte zu einer deutlichen Verringerung der Dosis auf Basis des $CTDI_{vol}$; Dosisreduktionen auf Basis der Effektivdosis waren jedoch geringer bzw. entfielen, wenn zusätzlich das mit abnehmendem Alter steigende Risiko für die Induktion maligner Tumore in Betracht gezogen wurde.
- Im Vergleich zur englischen CT-Umfrage aus dem Jahr 2003 lagen die Ergebnisse dieser Umfrage beim Hirnschädel ähnlich hoch, beim Thorax dagegen signifikant niedriger.

Auf Basis der Ergebnisse dieser Umfrage wurden Vorschläge zur Aufstellung von Referenzdosiswerten gemacht, die sich an der 3. Quartile der ermittelten Dosiswerte orientieren. Zusätzlich wurde allen Teilnehmern der Umfrage eine Rückmeldung ihrer Ergebnisse erstattet („Feedbackaktion“), aus der die Höhe der von ihnen applizierten Dosis im Vergleich zu den vorgeschlagenen Referenzwerten ersichtlich wird.

Summary

A nation-wide survey on exposure practice in paediatric CT was conducted in Germany in the period from September 2005 until May 2006 on behalf of the ministry for environmental protection, conservation and nuclear safety. The survey was based on questionnaires that were first sent to 1640 users of CT scanners installed in hospitals and private practices, asking for the frequencies of five types of examinations, subdivided into five age groups. In a subsequent second survey, a selected number of 72 users, representing about two thirds of the annual paediatric CT examinations reported in phase I, were asked for detailed dose-relevant data (scanner data, scan protocols, examination-related data, examination frequencies). These data were used for individualized dose assessment, depending on the type of scanner and age of the patient.

With return rates of 40% in the first and 58% in the second part of the survey, representative results could be obtained for the five most frequent types of paediatric CT examinations. The most essential findings are:

- The percentage of paediatric CT examinations was in the order of only 1% and thus much smaller than elsewhere (e.g. USA with 6.5%)
- The most frequent type of examination was brain (52%), followed by chest (17%) and entire abdomen (7%); other types of examination were quite rare (less than 5%).
- The age distribution of paediatric CT examinations was almost uniform (0 to 5 years: 40%, 6 to 10 years: 28%, 11 to 15 years: 32%).
- The majority of paediatric CT examinations were conducted in university institutions and with latest CT technology (multi-slice spiral scanners with solid state detectors and dose display, often also equipped with devices for automatic dose control).
- Exposure settings were generally adapted to the age or weight of the patients.
- On average, the adaptation was made in a moderate fashion that is in accordance with dedicated studies and that is tailored rather with respect to the subjective noise impression of the radiologist than to the measured image noise.
- Devices for automatic dose control (ADC) were available on roughly 50% of scanners, but were not regularly used; compared to manually adapted dose settings, dose values resulting from the use of ADC devices were slightly to significantly higher.
- Patient-size dependent adaptation of exposure settings resulted in a significant dose reduction in terms of $CTDI_{vol}$; with respect to effective dose, however, dose was reduced to less extent or even not at all if the increased risk for induction of malignant tumours in children and newborn was taken into account.
- In comparison to the UK CT survey in 2003, similar results were found for brain examinations, while doses in chest examinations were significantly lower.

Based on the results of this survey, proposals were made for diagnostic reference levels that refer to the third quartile of the obtained dose values. In addition, feedback was given to all participants of the survey in such a way that the doses resulting from their scan protocol settings could be benchmarked against the proposed reference dose values.

1. Einleitung

Ungeachtet der erheblichen diagnostischen Vorteile, die die Computertomographie seit ihrer Einführung zu Beginn der 70er Jahre eindrucksvoll unter Beweis gestellt hat, ist diese Technik mit einer deutlich erhöhten Strahlenexposition für den Patienten verbunden. Neue und verbesserte Anwendungen, die durch die Einführung der Mehrschicht-CT ermöglicht wurden, haben die Attraktivität der Computertomographie nochmals gesteigert, was zu einer weiteren Zunahme der Untersuchungsfrequenzen geführt hat. In vielen Ländern trägt die CT mittlerweile zu mehr als 50% zur Strahlenexposition der Bevölkerung aus medizinischen Quellen bei, so beispielsweise auch in der Bundesrepublik Deutschland (BfS 2006).

Im Februar 2001 erschien im American Journal of Roentgenology eine Reihe von Beiträgen zur Thematik „pädiatrische CT-Untersuchungen“ (Rogers 2001, Brenner et al. 2001, Paterson et al. 2001). Darin wurde aufgezeigt, dass in den USA in der Mehrzahl dieser Untersuchungen die verringerte Strahlenschwächung bei Säuglingen und Kindern keine Berücksichtigung findet und die Scans mit den gleichen Expositionsparametern vorgenommen werden, die bei Erwachsenen üblich sind. Die daraus resultierende Strahlenexposition ist nicht nur unnötig hoch; infolge des geringeren Körperdurchmessers fällt die absorbierte Dosis noch höher aus als bei Erwachsenen.

In der Folgezeit wurden zahlreiche Empfehlungen veröffentlicht, in welcher Weise die Expositionsparameter in Abhängigkeit von Körpergröße, Körpergewicht oder Alter angepasst werden sollten (z.B. Huda et al. 2000, Donnelly et al 2001, Honnef et al. 2004). Des Weiteren bieten sämtliche CT-Hersteller in ihren Geräten Einrichtungen zur automatischen Dosisregelung (ADR) an, die die Expositionsparameter entsprechend der Schwächungseigenschaften des Patienten modifizieren (ImPACT 2005). Die Vielfalt unterschiedlicher Empfehlungen und differierender Regelungscharakteristiken macht es für den Anwender jedoch alles andere als einfach, diese Informationen und Innovationen zum Nutzen der Patienten umzusetzen.

Im Rahmen der ‚Konzertierten Aktion Dosisreduktion CT‘ wurden seit 1999 in der Bundesrepublik Deutschland eine Reihe von Projekten in Angriff genommen. Darunter befanden sich zwei bundesweite Umfragen zur CT-Expositionspraxis, 1999 zur Einzelschicht-CT (Galanski et al.

2000) und 2002 zur Mehrschicht-CT (Brix et al. 2003). Deren Ergebnisse bildeten die Grundlage für die mittlerweile etablierten Dosisempfehlungen (z.B. diagnostische Referenzwerte, BfS 2003). Was bislang fehlte, waren spezielle Daten zur CT-Anwendung in der Kinderheilkunde. Daher wurde 2005 vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine entsprechende Umfrage in Auftrag gegeben, die mehreren Zielen zugleich diene:

- Daten zu den gebräuchlichsten pädiatrischen CT-Untersuchungen und deren Häufigkeit zu gewinnen;
- den gegenwärtigen Stand der pädiatrischen CT zu dokumentieren;
- aufzuzeigen, ob und in welcher Weise die Expositionsparameter an das Alter der Patienten angepasst werden;
- diagnostische Referenzwerte für pädiatrische CT-Untersuchungen aufzustellen.

Die Ergebnisse dieser Umfrage sind in dem vorliegenden Bericht dokumentiert. Das folgende Kapitel beschreibt zunächst Organisation und Durchführung der Studie. In Kapitel 3 wird erläutert, wie die Berechnung von Dosiswerten aus den Expositionsparametern erfolgte. Die Ergebnisse der Umfrage werden in Kapitel 4 präsentiert und in Kapitel 5 kommentiert. Kapitel 6 beinhaltet Vorschläge zu diagnostischen Referenzwerten für pädiatrische CT-Untersuchungen und Einzelheiten zu den Rückmeldungen an die Teilnehmer der Umfrage („Feedback-Aktion“). In Kapitel 7 werden eine Reihe praktischer Empfehlungen im Hinblick auf eine dosisoptimierte Untersuchungstechnik gegeben. Ausführliche statistische Daten sind im Anhang zusammengestellt.

2. Organisation der Umfrage

Die Umfrage erfolgte in zwei aufeinander folgenden Schritten:

- In Phase I wurden insgesamt 1640 Radiologen in universitären, öffentlichen und privaten Krankenhäusern wie auch in privaten radiologischen Praxen gebeten, folgende Daten zur Häufigkeit der jährlich bei ihnen vorgenommenen CT-Untersuchungen zur Verfügung zu stellen: Gesamtzahl sämtlicher CT-Untersuchungen (alle Patienten sowie pädiatrische Patienten bis 10 Jahre), pädiatrische Patienten gegliedert nach 5 Altersgruppen (Frühgeborene, Neugeborene, bis 1 Jahr, bis 5 Jahre und bis 10 Jahre) und 5 Untersuchungsarten (Hirnschädel, Thorax, Oberbauch, Becken und Gesamtabdomen). Zweck dieser Aktion war die Identifizierung der Einrichtungen, an denen in einem nennenswerten Umfang pädiatrische CT-Untersuchungen erfolgen. Dadurch sollte der Aufwand für die zweite, detailliertere Phase der Umfrage reduziert und zugleich dafür gesorgt werden, dass die weitaus überwiegende Mehrzahl der in der Bundesrepublik vorgenommenen pädiatrischen CT-Untersuchungen erfasst wurden. Die Adressaten wurden dem Chefarztverzeichnis der Deutschen Röntgengesellschaft und dem Mitgliederverzeichnis des Berufsverbands der Radiologen entnommen. Der in Phase I verwendete Fragebogen ist im Anhang (Abb. A1) dokumentiert.
- In Phase II wurden insgesamt 72 radiologische Einrichtungen, die mit 68% gut zwei Drittel der in Phase I gemeldeten jährlichen pädiatrischen CT-Untersuchungen repräsentieren, um detaillierte Angaben zu den Scanprotokollen gebeten, die an ihren Geräten für pädiatrische CT-Untersuchungen benutzt werden. Es wurden nur solche Einrichtungen befragt, die in der ersten Phase mindestens 100 pädiatrische CT-Untersuchungen pro Jahr gemeldet hatten. Im Gegensatz zur ersten Phase wurde nun zusätzlich die Altersgruppe 11 bis 15 Jahre berücksichtigt; Früh- und Neugeborene wurden dagegen zu einer Gruppe zusammengefasst. Als Konsequenz aus den Ergebnissen der ersten Phase wurde das Spektrum der Untersuchungsarten um Lendenwirbelsäule und Gesichtsschädel/NNH erweitert, während Untersuchungsarten wie Oberbauch und Becken gestrichen wurden, da die relativen Häufigkeiten dieser beiden Untersuchungsarten für statistisch signifikante Aussagen zu gering waren. Der Fragebogen mit den interessierenden Parametern ist im Anhang dargestellt

(Abb. A2). Um den Prozentsatz fehlerbehafteter Daten zu minimieren, wurde zusätzlich ein ausführliches Erläuterungsblatt verschickt, das ebenfalls im Anhang dokumentiert ist (Abb. A3).

Die Angaben in den zurückgeschickten Fragebögen wurden auf Vollständigkeit und Konsistenz geprüft, wobei von gewissen Redundanzen in den Daten (beispielsweise Expositionsdaten und Dosisangaben) Gebrauch gemacht wurde. Falls erforderlich, erfolgten Rückfragen zwecks Komplettierung unvollständiger Daten, Korrektur von Inkonsistenzen oder Erläuterung unklarer Angaben.

3. Dosimetrie

Die dosimetrischen Berechnungen erfolgten in ähnlicher Form wie in den beiden vorangehenden deutschen CT-Umfragen in den Jahren 1999 und 2002 (Galanski et al. 2001, Brix et al. 2003). Hierzu wurden Berechnungsformeln, dosisrelevante Gerätedaten und Konversionsfaktoren verwendet, die in dem Werk "Strahlenexposition in der Computertomographie" (Nagel et al. 2002) zusammengestellt und in der neuesten Version des CT-Dosisrechnungsprogramms CT-Expo (Stamm und Nagel 2002) aktualisiert sind. Um den speziellen Anforderungen von Mehrschicht-CT-Geräten und pädiatrischen Patienten Rechnung zu tragen, mussten jedoch einige Modifikationen vorgenommen werden:

- Mit dem Aufkommen von Scannern, die eine zunehmend große Anzahl Schichten gleichzeitig erfassen können, lassen sich Overbeaming-Effekte (d.h. die Verlängerung des Scanbereichs im Spiralmodus zwecks Dateninterpolation am Anfang und Ende des Bereichs) nicht länger vernachlässigen. Dies betrifft insbesondere pädiatrische Untersuchungen mit relativ kurzen Scanlängen, bei denen sich die prozentuale Erhöhung des Dosislängenprodukts (DLP) besonders stark bemerkbar macht. Dazu wurde eine entsprechende Korrektur benutzt (Nagel 2005), wie sie bereits in der CT-Expo-Software (ab Version v1.4) implementiert ist.
- Um $CTDI_{vol}$ -Werte zu erhalten, die eine realistische Abschätzung der Organdosen und Vergleiche mit den Ergebnissen anderer Umfragen (z.B. Shrimpton et al. 2005) ermöglichen, erfolgten die Berechnungen für alle Altersgruppen bis 10 Jahre anhand des CTDI für das kleinere Standard-CT-Dosimetriephantom (Kopfphan-

tom). Die üblicherweise erhältlichen CTDI-Angaben für den Kopf berücksichtigen zwar den geringeren Patientendurchmesser, gelten aber nur für dann, wenn der Scan im Kopfmodus erfolgt. Pädiatrische CT-Untersuchungen im Rumpfbereich erfolgen dagegen üblicherweise im Rumpfmodus. Daher wurden für Scanner, die je nach Körperregion unterschiedliche Strahlenfilterungen einsetzen, spezielle Gerätedaten für diese Konstellation benötigt. D.h. es mussten CTDI-Messungen im Rumpfmodus mit dem kleineren 16-cm-Kopfphantom anstelle des sonst verwendeten 32-cm-Rumpfphantoms vorgenommen werden. Diese erfolgten an einem Siemens Sensation 4 (stellvertretend für Siemens-Geräte) und an einem GE LightSpeed 16 (stellvertretend für GE-Geräte).

- Tabellierte Konversionsfaktoren zur Berechnung von Organ- und Effektivdosiswerten für pädiatrische CT-Untersuchungen sind lediglich für ein 6 Wochen altes Neugeborenes („BABY“) und ein 7 Wochen altes Kind („CHILD“) erhältlich (Zankl et al. 1993). Um Effektivdosisberechnungen für alle in dieser Umfrage erfassten Altersgruppen zu ermöglichen, wurden auf Basis der Publikation von Khursheed et al. (2002) entsprechende Korrekturfaktoren ermittelt. Mit Hilfe dieser Korrekturfaktoren lassen sich Dosiswerte, die anhand der pädiatrischen Expositionsparameter zunächst für Erwachsene ermittelt wurden, für die jeweilige Altersgruppe umrechnen.

Dosisberechnungen für alle interessierenden CT-Dosisgrößen wurden auf folgende Weise vorgenommen:

3.1. Gewichteter CTDI

Der gewichte CTDI ($CTDI_w$, Einheit: mGy) errechnet sich über

$$CTDI_{w,H/B} = {}_nCTDI_{w,H/B} \cdot \left(\frac{U}{U_{ref}} \right)^{2.5} \cdot I \cdot t \cdot k_{OB} \quad (3.1)$$

wobei ${}_nCTDI_{w,H/B}$ der normierte gewichtete CTDI (Einheit: mGy/mAs) für Kopf- bzw. Rumpfmodus (H and B), U (in kV) die applizierte Röhrenspannung, U_{ref} (in kV) die Referenz-Röhrenspannung, für die die Gerätedaten des betreffenden Scanners gelten, $I \cdot t$ das elektrische Strom-Zeit-Produkt (mAs-Produkt) pro Rotation und k_{OB} der

Overbeaming-Korrekturfaktor, der den nicht zur Detektion genutzten Anteil des Strahlenbündels berücksichtigt, sind. Die Overbeaming-Korrektur erfolgt mittels

$$k_{OB} = \frac{(N \cdot h)_{ref} \cdot (N \cdot h_{col} + dz)}{N \cdot h_{col} \cdot ((N \cdot h)_{ref} + dz)} \quad (3.2)$$

wobei $(N \cdot h)_{ref}$ die Referenz-Strahlbreite, für die die Gerätedaten des betreffenden Scanners gelten, $N \cdot h_{col}$ die für das jeweilige Scanprotokoll verwendete Strahlbreite und dz der Overbeaming-Parameter, der die effektive Breite des

ungenutzten Anteils des Dosisprofils beschreibt (typischerweise 3 mm, abhängig vom Gerätetyp), sind.

Um zwischen CTDI-Werten unterscheiden zu können, die

im Rumpfmodus entweder für das kleinere 16-cm-Kopfphantom oder das größere 32-cm-Kopfphantom gelten, werden die entsprechenden CTDI-Werte mit $CTDI_{w16}$ bzw. $CTDI_{w32}$ bezeichnet.

3.2. Volumen-CTDI

Der Volumen-CTDI ($CTDI_{vol}$, Einheit: mGy) ist definiert als

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{p} \quad (3.3)$$

d.h. beim $CTDI_{vol}$ handelt es sich um den pitch-korrigierten gewichteten CTDI. Der $CTDI_{vol}$ ist gleichbedeutend mit der durchschnittlichen absorbierten Dosis (der „Intensität“ der Bestrahlung) innerhalb des Scanbereichs und gestattet eine ungefähre Abschätzung der Dosis von Organen, die vollständig innerhalb des Scanbereichs angesiedelt sind. Beim $CTDI_{vol}$ handelt es sich außerdem um die Dosisgröße, die an der Konsole aller neueren Scanner angezeigt wird. Ob der angezeigt $CTDI_{vol}$ für das kleinere oder größere CTDI-Meßphantom gilt, hängt bislang allein vom gewählten Scanmodus (Kopf oder Rumpf), nicht aber vom Durchmesser des Patienten ab. Dadurch wird die Dosis für pädiatrische Patienten bei CT-Untersuchungen der Rumpffregion anhand der angezeigten Dosiswerte üblicherweise um den Faktor 2 bis 3 unterschätzt. Aus diesem Grunde wurden sowohl $CTDI_{vol16}$ - wie auch $CTDI_{vol32}$ -Werte errechnet, um einerseits realistische

Dosisangaben zu liefern, andererseits aber auch einen Vergleich mit den angezeigten Dosiswerten zu ermöglichen.

Die hier verwendete Pitchdefinition befindet sich im Einklang mit der revidierten IEC-Norm 60601-2-44 ed. 2.0 (IEC 2001):

$$p = \frac{TV}{N \cdot h_{col}} \quad (3.4)$$

wobei TV der Tischvorschub pro Rotation und $N \cdot h_{col}$ die für das betreffende Scanprotokoll gewählte Strahlbreite sind. Diese universelle, für sämtliche Geräte geltende Pitchdefinition ergibt typische Pitchfaktoren zwischen 0,5 und 2,0. Sie wird mittlerweile an allen neueren Geräten verwendet, während an älteren MSCT-Geräten häufig noch Pitchfaktoren („Volumen-Pitch“ oder auch „Detektor-Pitch“ genannt) vorkommen, die um den Faktor N, der der Anzahl der gleichzeitig gescannten Schichten entspricht, höher ausfallen.

3.3. Dosislängenprodukt

Das Dosislängenprodukt erhält man aus dem $CTDI_{vol}$ und de Scanlänge mittels

$$DLP = CTDI_{vol} \cdot L_{tot} \quad (3.5)$$

wobei mit L_{tot} die gesamte Scanlänge (in cm) gemeint ist. Die Scanlängeninformation, die direkt oder indirekt auf den Bildern und an den meisten Scankonsolen angegeben ist, bezieht sich dagegen auf die Positionen der ersten und der letzten Schicht der Scanserie. Daher ist jeweils die Hälfte der (rekonstruierten) Schichtdicke h_{rec} an beiden Enden des Scanbereichs hinzuzuaddieren, um die Länge des Bereichs zu erhalten, der mit dem Satz von Bildern einer Scanserie abgedeckt ist. Wird die Untersuchung außerdem im Spiralmodus durchgeführt, muss infolge von Ovranging-Effekten ein zusätzlicher Betrag ΔL hinzuaddiert werden. Daher errechnet sich die Gesamt-Scanlänge L_{tot} über

$$L_{tot} = |erste - letzte Schicht position| + h_{rec} + \Delta L \quad (3.6)$$

ΔL wird gemäß

$$\Delta L = N \cdot h_{col} \cdot (m_{OR} \cdot p + b_{OR}) \quad (3.7)$$

errechnet, wobei m_{OR} und b_{OR} die Ovranging-Parameter sind, mit deren Hilfe sich die Pitchabhängigkeit von Ovranging-Effekten beschreiben läßt.

Sofern der Scanbereich einer Untersuchung partiell oder als Ganzes mehr als einmal gescannt wird, ergibt sich das Dosislängenprodukt $DLP_{Unters.}$ der Gesamtuntersuchung aus dem Dosislängenprodukt der Einzelserie durch Multiplikation mit der Anzahl n_{Ser} der Scanserien:

$$DLP_{Unters.} = DLP \cdot n_{Ser} \quad (3.8)$$

n_{Ser} kann im Kontext dieser Umfrage ein nicht-ganzzahliger Wert sein, falls eine der Scanserien nur einen Teil des Gesamtbereichs umfasst oder wenn Untersuchungen mit mehr als einer Phase nicht bei allen Patienten, sondern nur zu einem gewissen Anteil erfolgen.

3.4. Effektive Dosis

Die Effektive Dosis (E , Einheit: mSv) erhält man mittels

$$E = \frac{DLP_{H/B}}{P_{H/B}} \cdot f_{\text{mittel}} \cdot k_{CT(H/B)} \cdot f_{\text{Alter,Region}} \cdot \left(\frac{k_{CT,H}}{k_{CT,B}} \right)^x \quad (3.9)$$

wobei P_H und P_B die sogenannten "Phantom-Faktoren" sind, bei denen es sich um das Verhältnis aus dem gewichteten CTDI (ermittelt über CTDI-Messungen innerhalb des Standard-CT-Dosimetriephantoms) und dem entsprechenden CTDI-Wert frei in Luft, d.h. ohne Phantom, handelt, entweder im Kopf- (H) oder Rumpf-Scanmodus (B). f_{mittel} (Einheit: mSv/mGy·cm) ist der mittlere Konversionsfaktor zur Umrechnung vom DLP_{Luft} (auf Basis des CTDI frei in Luft) in die effektive Dosis E . Die hier verwendeten Werte für f_{mittel} wurden mit Hilfe eines Satzes tabellierter Organdosis-Konversionsfaktoren für männliche und weibliche Erwachsene (Zankl et al. 1991) für typische Scanbereiche von Standard-CT-Untersuchungen (d.h. Hirnschädel, Thorax etc.) ermittelt. Die zugrundeliegenden Konversionsfaktoren gelten für einen älteren Scannertyp (Somatom DRH), der zum Zeitpunkt der Erstellung der Konversionsfaktoren um 1990 weitverbreitet war. $k_{CT(H/B)}$ ist der Scannerfaktor, mit dessen Hilfe die Verwendung dieser älteren Konversionsfaktoren auch für andere Geräte ermöglicht wird, indem die dosisbestimmenden Merkmale dieser Geräte an die des Somatom DRH angepasst werden („Scanner-Matching“). $f_{\text{Alter,Region}}$ ist ein Korrekturfaktor, der von der Altersgruppe des Patienten sowie der Körperregion abhängt und aus den Daten der eingangs erwähnten Publikation von Khursheed et al. gewonnen wurde. Dieser Faktor trägt den Unterschieden zwischen Erwachsenen und Kindern in Bezug auf Patientengröße und Lage der Organe Rechnung. Der Ausdruck $(k_{CT,H} / k_{CT,B})^x$ kommt beim Scanner-Matching zusätzlich

ins Spiel, indem er der unterschiedlichen Patientengröße Rechnung trägt. Der Exponent variiert je nach Fall zwischen 1.5 (für Neugeborene) und 0 (für die Altersgruppe 11 – 15 Jahre). Im Kopf-Scanmodus ist $x = 0$ für alle Altersgruppen.

Wie beim DLP errechnet sich die Effektivdosis $E_{\text{Unters.}}$ für die gesamte Untersuchung, indem man die Effektivdosis der Scanserie mit der Anzahl n_{Ser} der Scanserien multipliziert:

$$E_{\text{Unters.}} = E \cdot n_{\text{Ser}} \quad (3.10)$$

Die dosisbestimmenden Gerätedaten der in dieser Umfrage vertretenen Scanner und die zur Dosisberechnung verwendeten Konversions- und Korrekturfaktoren sind in Tabellen A1 bis A3 im Anhang zusammengestellt. Mit Ausnahme der CTDI-Messungen zur Ermittlung der speziellen CTDI-Werte, die für das 16-cm-Phantom im Körper-Scanmodus gelten, wurden keine weiteren Dosismessungen vorgenommen. Stattdessen wurden die normierten CTDI-Werte herangezogen, wie sie in der CT-Expo-Software verwendet werden. Vergleichsstudien, entweder mit Hilfe unabhängiger TL-Dosismessungen in einem anthropomorphen Phantom (Brix et al. 2004) oder mittels Vergleich mit anderen CT-Dosisberechnungsprogrammen (Tack and Gevenois 2006), haben eine hinreichend gute Übereinstimmung gezeigt. Dies lässt den Schluß zu, dass sich die dosimetrischen Unsicherheiten des Berechnungsverfahrens im Rahmen der anderen Unsicherheiten der Studie bewegen. Auf individuelle Dosismessungen an jedem einzelnen der an der Umfrage beteiligten Geräte wurde verzichtet, da hiervon keine signifikante Verringerung der Gesamt-Unsicherheiten zu erwarten war.

4. Ergebnisse

4.1. Allgemeine Ergebnisse

4.1.1 Phase I

In Phase I antworteten 663 der 1640 angeschriebenen Adressaten (40% Rücklaufquote) und berichteten 3,2 Millionen CT-Untersuchungen, darunter 20900 pädiatrische CT-Untersuchungen bei Patienten bis zu einem Alter von 10 Jahren. Aus der Extrapolation der Daten früherer Erhebungen (1999 und 2002) lässt sich die Gesamtzahl installierter CT Geräte auf ca. 2500 und die Anzahl der jährlichen CT-Untersuchungen auf etwa 8,2 Millionen (bei ca. 100 CT Untersuchungen pro 1000 Einwohner und Jahr) abschätzen. Bezogen auf diese Zahlen entfielen auf die teilnehmenden Institute ca. 30% der installierten Geräte und ca. 40% aller CT-Untersuchungen.

Die bereinigte Anzahl der pädiatrischen CT-Untersuchungen (inklusive der Altersklasse 11 bis 15 Jahre) liegt bei etwa 30700. Hochgerechnet auf alle CT-Untersuchungen in Deutschland ergibt das einen Anteil von 0,95% an pädiatrischen CT-Untersuchungen. Mit den entsprechenden Unsicherheiten kann als erstes Ergebnis festgehalten werden, dass der relative Anteil pädiatrischer CT-Untersuchungen in der Größenordnung von etwa 1% liegt.

4.1.2 Phase II

72 Institute mit 102 CT-Geräten hatten in Phase I Untersuchungszahlen von mehr als 100 pädiatrischen CT-Unter-

suchungen pro Jahr angegeben und wurden deshalb in einer zweiten Umfrage gebeten, detaillierte Angaben zu den Untersuchungsprotokollen zu machen, die an ihren Geräten durchgeführt werden. Diese 72 Institute führten 21600, d.h. 70% der bereinigten Anzahl pädiatrischer CT-Untersuchungen aus Phase I durch. Die zweite Umfrage wurde von 42 Instituten beantwortet (Rücklaufquote 58%), die insgesamt 63 Geräte betrieben (62% von 102) und 10100 pädiatrische CT-Untersuchungen pro Jahr durchführten (47% von 21600). Die zu dieser Umfrage beitragenden Institute und die von Ihnen benutzten CT-Gerätetypen sind in Tabelle A4 im Anhang zusammengestellt.

Detaillierte Angaben zu Untersuchungsprotokollen wurden für 54 Geräte gemacht. Fast 2/3 der Rückläufe stammten dabei von universitären Einrichtungen, etwa 1/3 von allgemeinen Krankenhäusern; lediglich 4% wurden von Niederlassungs-Instituten beigesteuert. Pädiatrische CT-Untersuchungen werden demnach überwiegend in universitären Einrichtungen durchgeführt (Abb. 4.1). Bei der Mehrzahl der Geräte handelte es sich um Mehrschicht-Geräte zur gleichzeitigen Aufnahme von 2 oder mehr Schichten pro Rotation. Die prozentualen Anteile betragen 35% für 2- bis 6-Schichtgeräte, 39% für 8- bis 16-Schichtgeräte; nur 15% waren Einzelschicht-Geräte (Abb. 4.2). Das Spektrum der vertretenen Hersteller (Abb. 4.3) war ähnlich wie bei den früheren Umfragen. Etwa die Hälfte der Geräte war nicht älter als 4 Jahre; lediglich 1/3

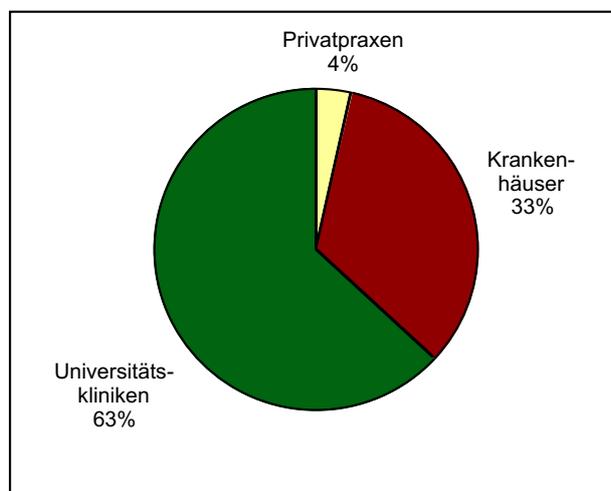


Abb. 4.1 Verteilung der teilnehmenden Institute

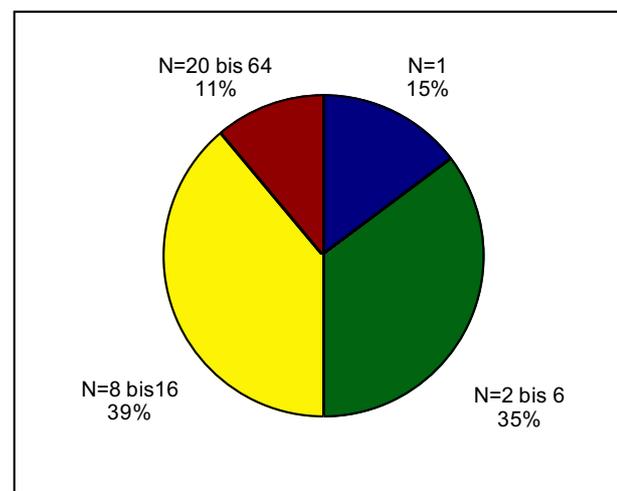


Abb. 4.2 Verteilung der Geräte (N = Anzahl der gleichzeitig aufnehmbaren Schichten)

war zwischen 4 und 7 Jahre alt, und nur 17% der Geräte waren älter als 7 Jahre (Abb. 4.4). Nahezu sämtliche Geräte (91%) waren mit einer Dosisanzeige ausgestattet (Abb. 4.5). Vorrichtungen zur automatischen Dosisregelung (ADR) waren an etwas mehr als der Hälfte der Geräte verfügbar, wurden aber nicht für alle Untersuchungsarten verwendet (Abb. 4.6).

Die Anzahl der pädiatrischen CT-Untersuchungen pro Jahr und Gerät variierte zwischen weniger als 100 und mehr als 600. Jeweils rund ein Viertel der Institute führten weniger als 100, zwischen 100 und 149, zwischen 150 und 249 und mehr als 250 Untersuchungen pro Jahr und Gerät durch (Abb. 4.7). Die mittlere jährliche Untersuchungsfrequenz aller teilnehmenden Institute aus Phase II lag bei 187 pädiatrischen CT-Untersuchungen pro Gerät. Der Anteil an pädiatrischen CT-Untersuchungen an der Gesamtuntersuchungszahl variierte zwischen weniger als 1% und mehr als 10%. Die beiden größten Gruppen (jeweils

1/3) fanden sich im Bereich 1 bis 2% und 2 bis 5% (Abb. 4.8). Drei der teilnehmenden Institute waren ausgewiesene Kinderkliniken, bei denen der Anteil von Untersuchun-

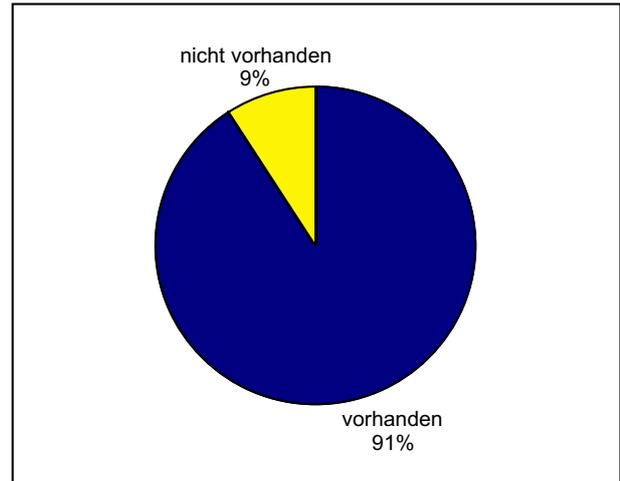


Abb. 4.5 Verfügbarkeit von Dosisanzeigen

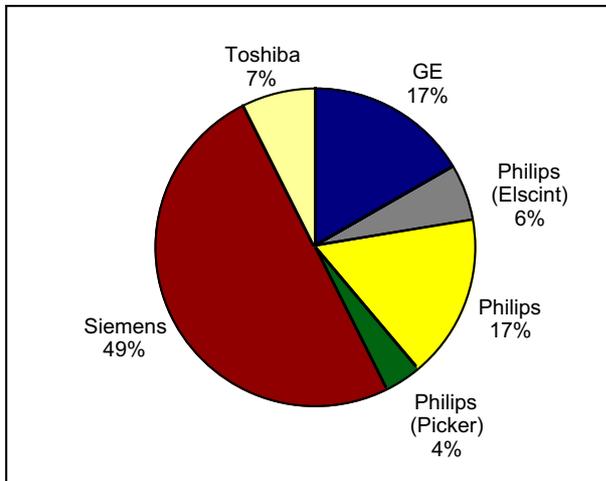


Abb. 4.3 Verteilung der Hersteller der in der Umfrage vertretenen Geräte

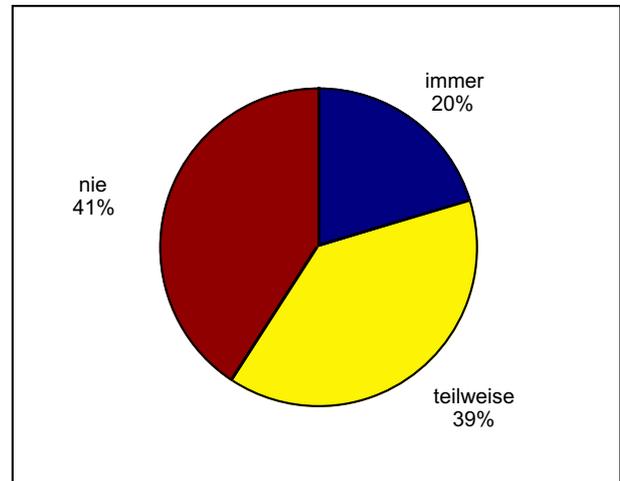


Abb. 4.6 Verwendung von Dosisautomatiken

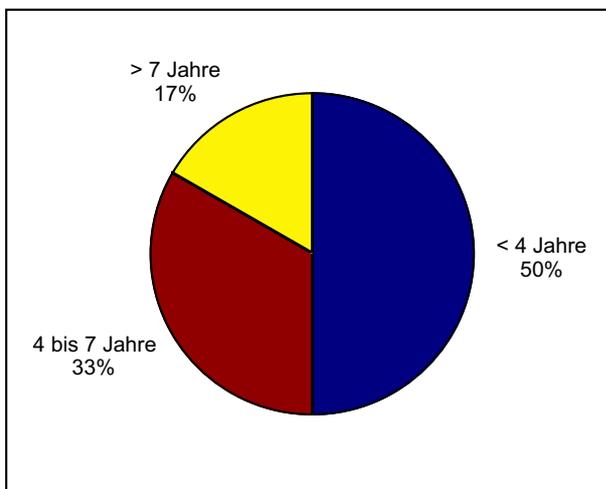


Abb. 4.4 Altersverteilung der Geräte

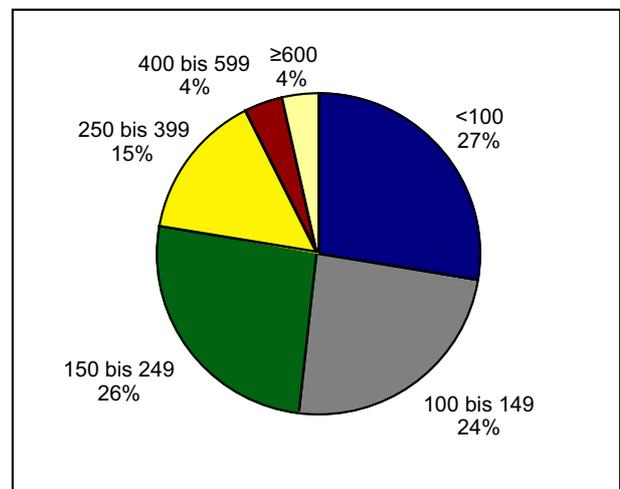


Abb. 4.7 Anzahl der jährlich pro Gerät durchgeführten pädiatrischen CT-Untersuchungen

gen an Kindern bis zu 15 Jahren mehr als 50% betrug. Der durchschnittliche Anteil pädiatrischer CT-Untersuchungen lag bei 2,5%.

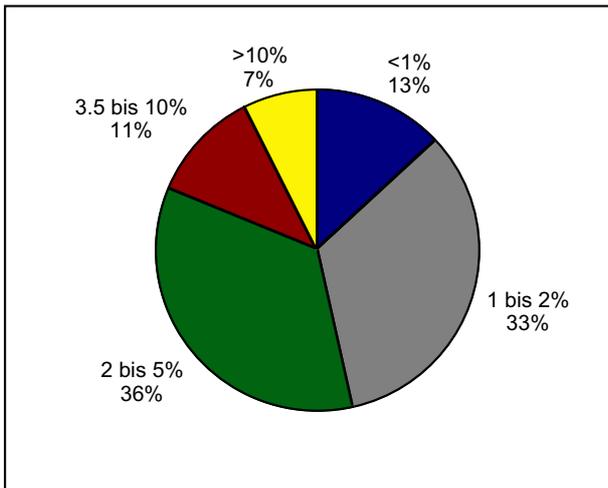


Abb. 4.8 Anteil der pädiatrischen CT-Untersuchungen pro Gerät

Hinsichtlich des Patientenalters (Abb. 4.9) waren die Anteile nahezu gleich auf die Altersgruppen bis zu 5 Jahren (40%), 6 bis 10 Jahre (28%) und 11 bis 15 Jahre (32%) verteilt. Nur ein kleiner Anteil der Untersuchungen wurde an Neugeborenen durchgeführt (3%). Die häufigste Untersuchungsart war die Routine-Schädeluntersuchung (52%), gefolgt von Thorax- (17%) und Abdomen-Untersuchungen (7%), letztere inklusive Becken (Abb. 4.10a). Untersuchungen der Wirbelsäule und des Gesichtsschädels waren relativ selten. Ein größerer Anteil (17%) konnte keiner der genannten fünf Untersuchungsarten zugeordnet werden. Bei Aufschlüsselung nach Patientenalter zeigt sich ein annähernd gleichförmiges Bild (Abb. 4.10b) mit Ausnahme der Neugeborenen, bei denen die Anteile der Untersuchungsarten Thorax und Gesamtabdomen im Vergleich zu den übrigen Altersgruppen höher sind.

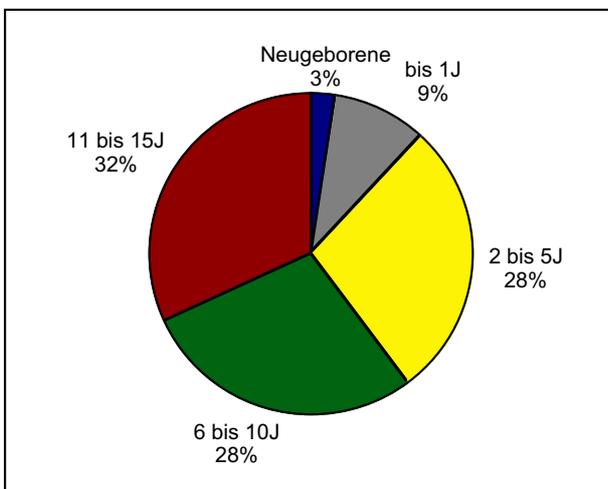


Abb. 4.9 Altersverteilung der pädiatrischen CT-Untersuchungen

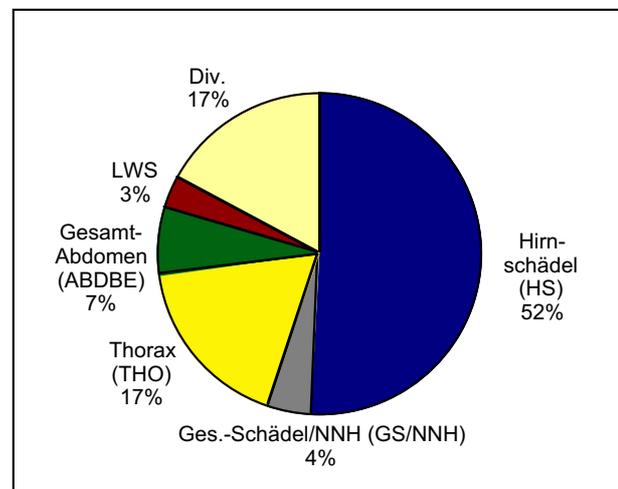


Abb. 4.10a Spektrum der pädiatrischen CT-Untersuchungen

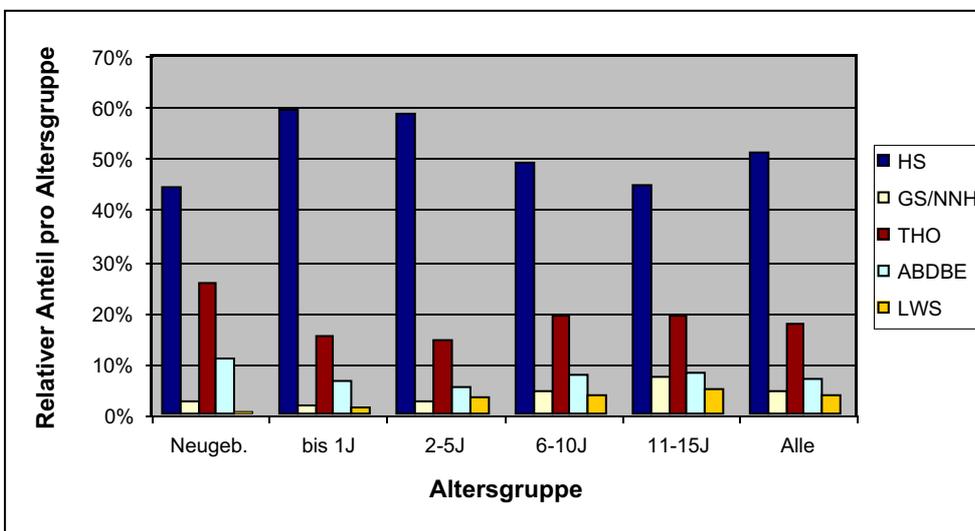


Abb. 4.10b Anteil der Untersuchungsarten je nach Altersgruppe

4.2. Dosimetrische Ergebnisse

Die Ergebnisse der dosimetrischen Auswertung sind in den Tabellen A5 bis A9 dargestellt. Die Werte in Tabelle A5 sind Mittelwerte, gruppiert nach Alter der Patienten. Zum Vergleich sind die Werte für erwachsene Patienten der zwei vorangegangenen Umfragen aus 1999 und 2002 mit aufgeführt. Für einige Altersklassen und Untersuchungsarten war die Anzahl an Rückmeldungen sehr gering. Deshalb sollten diese entsprechend kursiv markierten Ergebnisse mit Vorsicht betrachtet werden.

In Tabelle A6 finden sich die gleichen Werte, diesmal aber gruppiert nach Untersuchungsart. Auf diese Art wird un-

mittelbar deutlich, ob und wie die Dosiseinstellungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Altersgruppe angepasst wurden. Tabellen A7 und A8 enthalten die entsprechenden Werte für die 1. Quartile und den Median. In Tabelle A9 werden die Werte der 3. Quartile dargestellt, die als Basis für die Erstellung von Referenzwerten herangezogen werden können. Umfangreiches statistisches Material zu den einzelnen Untersuchungsarten ist den Tabellen A10 bis A14 zusammengestellt.

4.3. Detaillierte Auswertungen

4.3.1 Dosisautomatik vs. manuelle Dosiseinstellung

Wie bereits zuvor erwähnt, waren mehr als die Hälfte der beteiligten Geräte mit einer Dosisautomatik ausgestattet, die aber häufig nicht bei allen Untersuchungsarten zum Einsatz kam. Daher ist von Interesse, ob und wie weit sich die Dosiswerte bei Automatikbetrieb von denen bei manueller Einstellung unterscheiden.

In Abb. 4.11 ist der Anteil der Geräte, bei denen Dosisautomatiken eingesetzt werden, in Abhängigkeit von der Untersuchungsart dargestellt. Während bei Untersuchungen im Rumpfbereich etwa die Hälfte der Anwender mit Dosisautomatik arbeiten, ist es im Kopfbereich lediglich ein Viertel.

Das Verhältnis der Dosiswerte im Automatikbetrieb zu denen bei manueller Dosiseinstellung, gemittelt über alle

Altersgruppen, wird aus Abb. 4.12 ersichtlich. Im Allgemeinen fallen die Dosiswerte im Automatikbetrieb höher aus. Während die Dosiswerte bei Thorax- und Abdomenuntersuchungen nur geringfügig erhöht sind, unterscheiden sie sich in der Kopfbereich signifikant (+25% bei Automatikbetrieb). Bei Untersuchungen der Wirbelsäule waren die Dosiswerte im Automatikbetrieb im Durchschnitt um 70% höher.

4.3.2 Overranging-Effekte

Insbesondere bei Mehrschicht-CT-Geräten führen Overranging-Effekte (d.h. die Verlängerung des Scanbereichs im Spiralmodus zwecks Interpolation an beiden Grenzen des Bereichs) zu einer signifikanten Erhöhung des Dosislängenprodukts. Für die meisten MSCT-Geräte beläuft sich die Verlängerung ΔL des Scanbereichs auf ungefähr das 1,5-fache der gewählten Strahlbreite $N \cdot h_{col}$ (Nagel 2005).

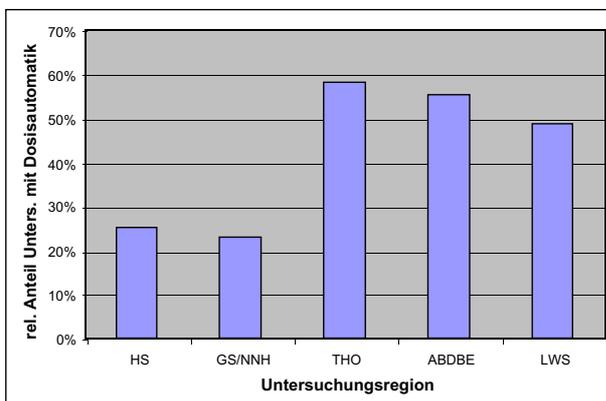


Abb. 4.11 Anwendungshäufigkeit von Dosisautomatiken je nach Untersuchungsart

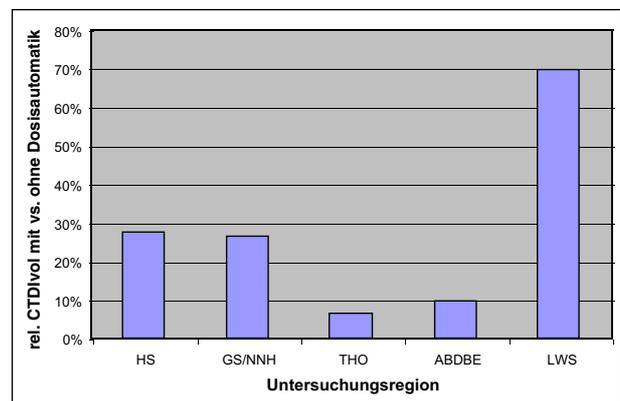


Abb. 4.12 Prozentuale Zunahme der Dosis ($CTDI_{vol}$) bei Verwendung von Dosisautomatiken im Vergleich zur manuellen Dosiseinstellung für die in dieser Umfrage erfassten Untersuchungsarten (Mittelwerte aller Altersgruppen)

Die prozentuale Erhöhung des DLP im Vergleich zum sequentiellen Scanmodus hängt zusätzlich von der Länge des Scans ab. Daher machen sich Overranging-Effekte bei pädiatrischen Patienten aufgrund der kürzeren Scanbereiche verstärkt bemerkbar.

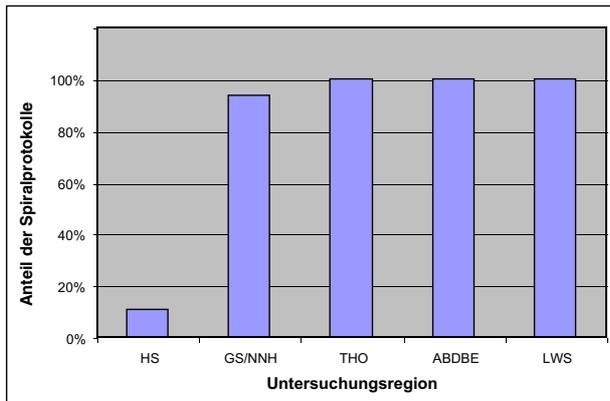


Abb. 4.13 Anteil der im Spiralmodus vorgenommenen Scanprotokolle für die in dieser Umfrage erfassten Untersuchungsarten (Mittelwerte aller Altersgruppen)

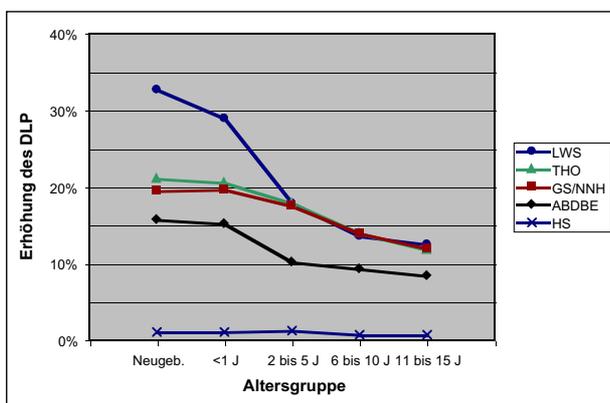


Abb. 4.14 Prozentuale Zunahme des DLP als Folge von Overranging-Effekten im Spiralmodus für die in dieser Umfrage erfassten Untersuchungsarten und Altersgruppen

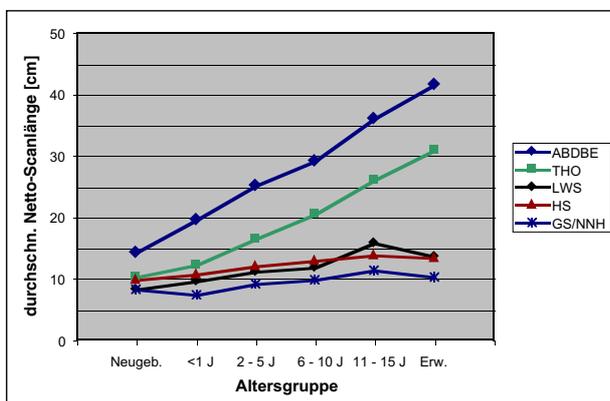


Abb. 4.15 Durchschnittliche Netto-Scanlänge für die in dieser Umfrage erfassten Altersgruppen und Untersuchungsarten

Wie in Abb. 4.13 dargestellt, werden alle oder die meisten pädiatrischen CT-Untersuchungen im Spiralmodus vorgenommen. Eine Ausnahme bildet der Hirnschädel, der zu 90% mit sequentieller Schnittführung gescannt wird. Daher sind Overranging-Effekte bei Hirnschädeluntersuchungen vernachlässigbar, während bei allen anderen Untersuchungsarten DLP-Erhöhungen zu verzeichnen sind, die sich im Mittel zwischen 10 und 20% bewegen (Abb. 4.14). Noch höhere Werte sind bei Wirbelsäulenuntersuchungen an Neugeborenen und Kleinkindern aufgrund der relativ kurzen Scanlängen zu verzeichnen. Mit zunehmendem Patientenalter verringert sich die Erhöhung des DLP, da die Scanlängen entsprechend größer ausfallen (Abb. 4.15). In Einzelfällen, d.h. bei MSCT-Geräten mit einer hohen Anzahl gleichzeitig erfassbarer Schichten (z.B. 64-Schicht-Geräte), muss jedoch wegen der vergrößerten Strahlbreite mit einer überdurchschnittlich hohen Zunahme des DLP gerechnet werden.

4.3.3 Altersabhängige Dosisanpassung

Da die Strahlenschwächung bei pädiatrischen Patienten aufgrund des kleineren Körperdurchmessers niedriger ausfällt, lässt sich eine adäquate Bildqualität mit verringerter Dosis erzielen. In den Abb. 4.16a bis e ist dargestellt, wie die Dosisinstellungen in Form des $CTDI_{vol}$ an das Körpergewicht der Patienten im Mittel angepasst wurden. Für Untersuchungen im Rumpfbereich wird zur Darstellung der $CTDI_{vol32}$ benutzt, da sich für ein bestimmtes CT-Gerät bei einer definierten Röhrenspannung dieselbe Abhängigkeit für das mAs-Produkt ergibt. Der in Abb. 4.17 gezeigte Zusammenhang zwischen Patientenalter und Körpergewicht, basierend auf den Somatogramm-Daten von Prader et al. (1989), wurde benutzt, um in Abb. 4.16 das Körpergewicht durch das Patientenalter zu ersetzen. Entsprechende Dosiswerte für Erwachsene (auf die sich das relative Dosisniveau von 100% bei 80 kg Körpergewicht bezieht) wurden der deutschen MSCT-Umfrage

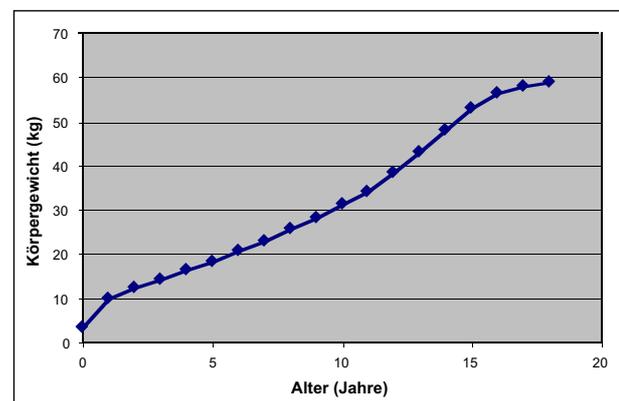


Abb. 4.17 Zusammenhang zwischen Patientenalter und Körpergewicht für männliche Patienten (aus Prader et al. 1989)

2002 (Brix et al. 2003) entnommen.

Zusätzlich finden sich in den Darstellungen entsprechende Kurven, die aus zwei Empfehlungen resultieren (Rogalla (2004) für Untersuchungen in der Rumpfregion und

Morgan (2003) für Untersuchungen im Kopfbereich). Für die drei häufigsten Untersuchungsarten (Hirnschädel, Thorax und Gesamtabdomen) ist eine gute Übereinstimmung zwischen den durchschnittlichen Werten dieser Umfrage und den genannten Empfehlungen zu verzeichnen.

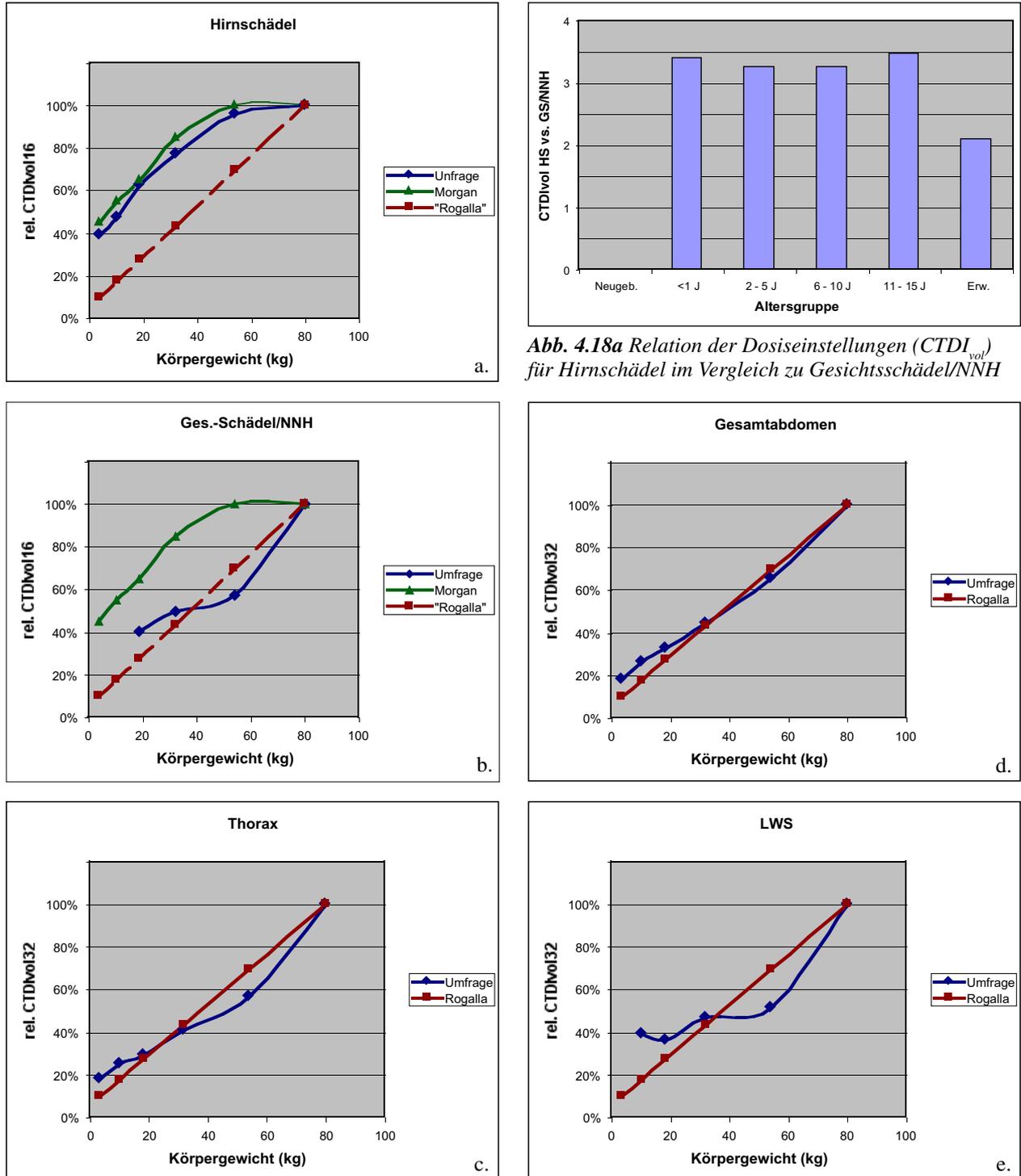


Abb. 4.16 Anpassung der DosisEinstellung an das Patientengewicht für die in dieser Umfrage erfassten Untersuchungsarten Hirnschädel (a), Gesichtsschädel/Nasennebenhöhlen (b), Thorax (c), Gesamtabdomen (d) und Lendenwirbelsäule (e). Relative Dosisangaben (Mittelwerte) in Form von $CTDI_{vol16}$ (a und b) und $CTDI_{vol32}$ (c bis e) beziehen sich auf die entsprechenden Mittelwerte der deutschen MSCT-Umfrage 2002 (=100%) für Erwachsene (80 kg). Entsprechende Dosiswerte, die aus den Empfehlungen von Morgan (2003) und Rogalla (2004) resultieren, sind zum Vergleich mit dargestellt.

Bei Gesichtsschädel/NNH fällt die Dosisanpassung stärker aus als empfohlen. Bei Wirbelsäulenuntersuchungen werden zwar auch geringere Werte als bei Erwachsenen

verwendet, aber ohne weitere Differenzierung nach Körpergewicht; d.h. Kleinkinder werden mit ähnlichen Dosisinstellungen exponiert wie 15 Jahre alte Jugendliche.

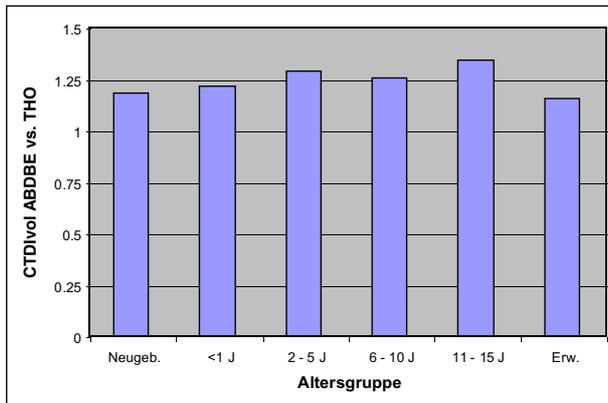


Abb. 4.18b Relation der Dosisinstellungen ($CTDI_{vol}$) für Gesamtabdomen im Vergleich zu Thorax

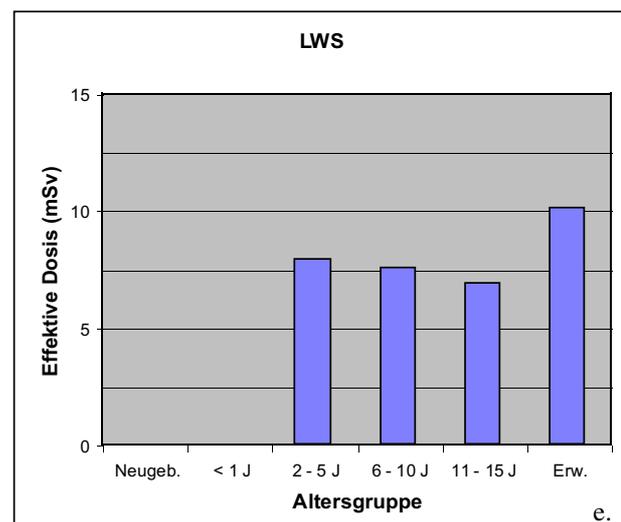
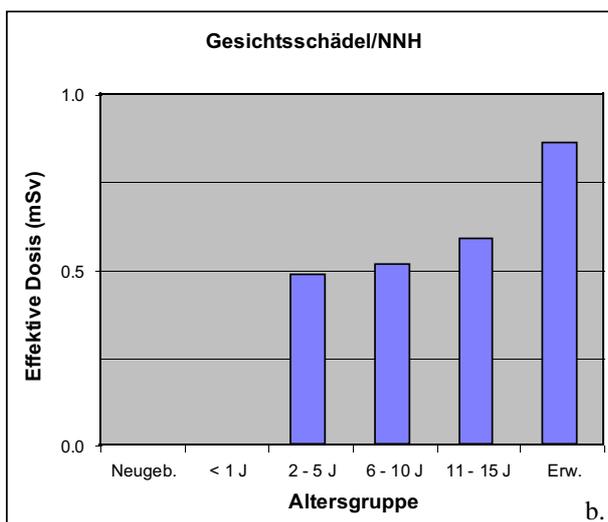
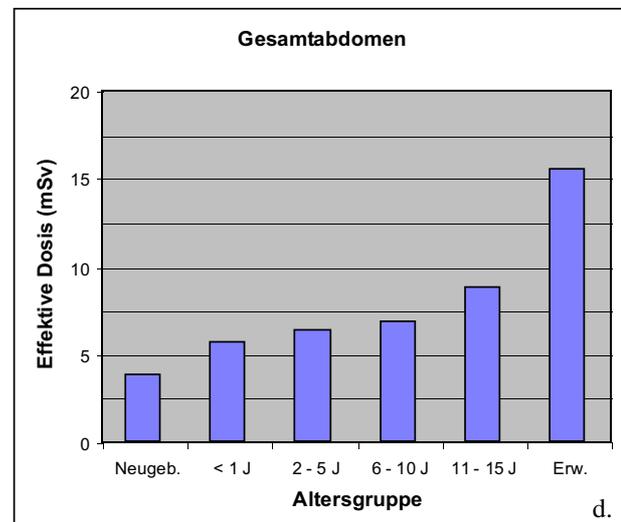
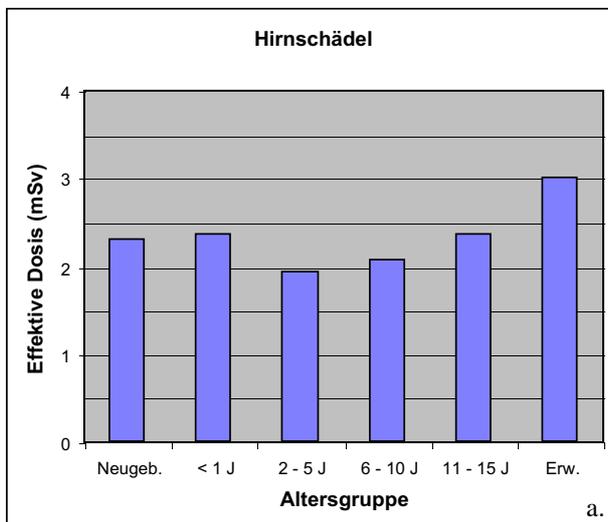
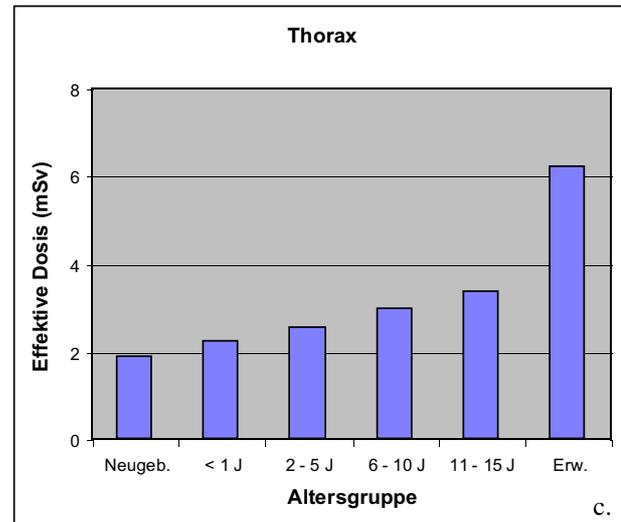


Abb. 4.19 Effektive Dosis (Mittelwerte) in Abhängigkeit vom Patientenalter für die CT-Untersuchungsarten Hirnschädel (a), Gesichtsschädel/Nasennebenhöhlen (b), Thorax (c), Gesamtabdomen (d) und Lendenwirbelsäule (e). Entsprechenden Mittelwerte für Erwachsene entstammen der deutschen MSCT-Umfrage 2002.

Im Gegensatz zum Hirnschädel weisen Untersuchungen im Bereich Gesichtsschädel/NNH einen hohen inhärenten Kontrast auf, der reduzierte Dosisinstellungen ermöglicht. Aus Abb. 4.18a, in der das Verhältnis der durchschnittlichen $CTDI_{vol16}$ -Werte für diese beiden Untersu-

chungsarten dargestellt ist, lässt sich entnehmen, dass die im Bereich Gesichtsschädel/NNH applizierten Dosiswerte um den Faktor 3 niedriger liegen. Für Untersuchung des Thorax im Vergleich zum Abdomen gelten ähnliche Überlegungen, wobei neben dem höheren inhärenten Kontrasts auch von der verringerten Strahlenschwächung Gebrauch gemacht werden kann. Wie aus Abb. 18b anhand des $CTDI_{vol32}$ -Verhältnisses jedoch ersichtlich wird, ist die Dosis bei Thoraxuntersuchungen gegenüber dem Abdomen nur um den Faktor 1,25, also nur geringfügig, reduziert.

Effektivdosiswerte in Abhängigkeit vom Patientenalter sind in den Abb. 4.19a bis e als Absolutwerte (d.h. in mSv) angegeben. Wie zuvor sind auch hier die Ergebnisse für Erwachsene aus der MSCT-Umfrage 2002, die als Bezug für die relativen Effektivdosiswerte in den Abb. 4.20a bis e dienen, mit angeführt. Diese Relativwerte sind einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung des mit abnehmen-

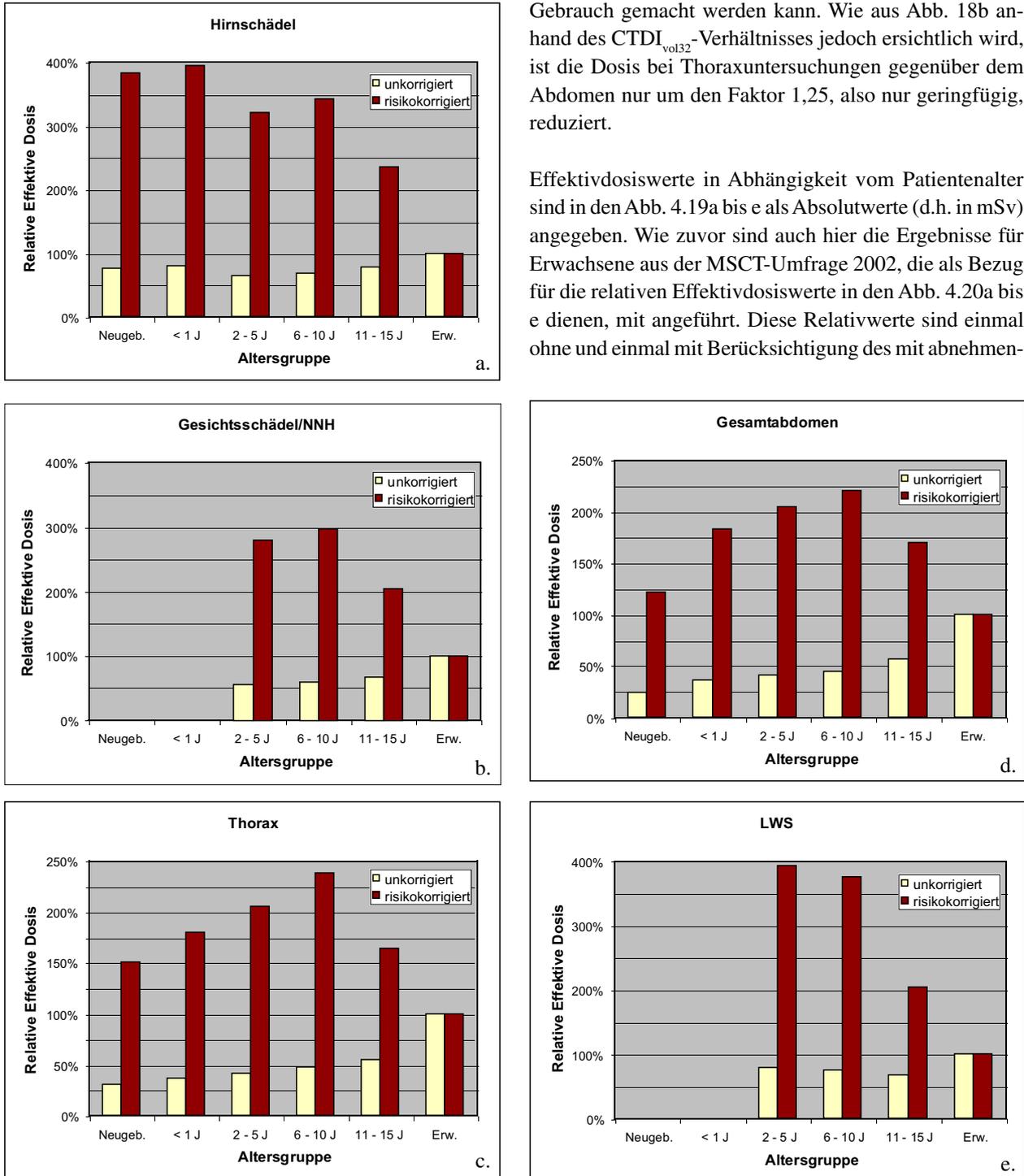


Abb. 4.20 Relative effektive Dosis in Abhängigkeit vom Patientenalter für die CT-Untersuchungsarten Hirnschädel (a), Gesichtsschädel/Nasennebenhöhlen (b), Thorax (c), Gesamtabdomen (d) und Lendenwirbelsäule (e). Relative Dosisangaben beziehen sich auf die entsprechenden Mittelwerte der deutschen MSCT-Umfrage 2002 (=100%) für Erwachsene und sind ohne und mit Berücksichtigung des je nach Alter unterschiedlich hohen Risikos für die Entstehung maligner Tumoren dargestellt. Entsprechende altersabhängige Risikofaktoren sind der ICRP-Publikation 60 (ICRP 1991) entnommen.

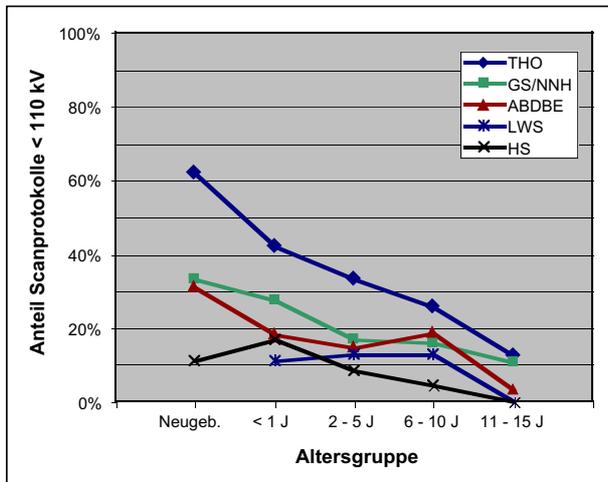


Abb. 4.21 Prozentualer Anteil der Scanprotokolle, bei denen Röhrensparnungen unter 110 kV verwendet werden, aufgeschlüsselt nach den in dieser Umfrage erfassten Untersuchungsarten und Altersgruppen.

dem Patientenalter steigenden Risikos für die Induktion malignen Tumoren dargestellt. Dazu wurden die altersabhängigen Risikofaktoren aus der ICRP-Publikation 60 (ICRP 1991) benutzt. Im Vergleich zu 50-jährigen Erwachsenen ist das relative Risiko nach ICRP in der Altersgruppe 10 bis 19 Jahre um den Faktor 3 und in der Altersgruppe unter 10 Jahre um den Faktor 5 erhöht. Trotz der auf adäquate Weise erfolgten Dosisanpassung bei jüngeren Patienten ist die Verringerung auf Basis der Effektivdosis weniger ausgeprägt, da bei definierten kV/mAs-Einstellungen die absorbierte Dosis mit abnehmendem Patientendurchmesser anwächst. Wenn zusätzlich noch das erhöhte Risiko für die Tumorinduktion berücksichtigt wird, ist auf Basis der risiko-korrigierten Effektivdosis sogar eine Zunahme im Vergleich zu Erwachsenen zu verzeichnen. Dies betrifft insbesondere Untersuchungen des Hirnschädels und der Wirbelsäule.

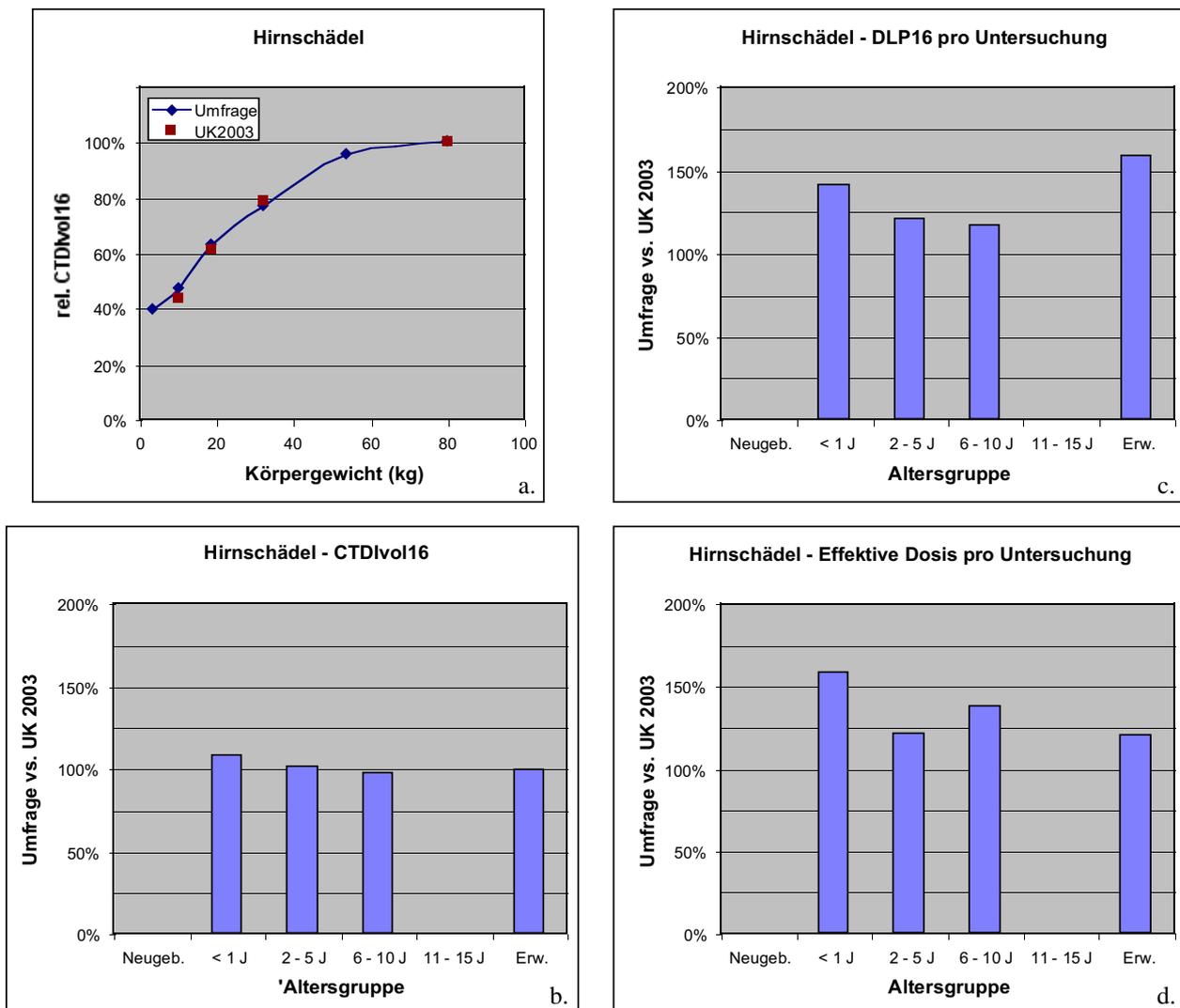


Abb. 4.22 Vergleich der Ergebnisse dieser Umfrage mit denen der britischen CT-Umfrage 2003 für die Untersuchungsart Hirnschädel: Dosisanpassung an das Patientengewicht (a); $CTDI_{vol16}$ (b), Dosislängenprodukt (c) und effektive Dosis (d). Die entsprechenden deutschen Mittelwerte für Erwachsene entstammen der deutschen MSCT-Umfrage 2002.

4.3.4 Verwendung reduzierter Röhrenspannungen

Veröffentlichungen zum Thema „Dosisreduzierung bei pädiatrischen CT-Untersuchungen“ enthalten häufig Empfehlungen zur Verwendung reduzierter Röhrenspannungen, d.h. 80 oder 100 kV anstelle der üblicherweise benutzten 120 kV. Daher ist es von Interesse, in welchem Umfang von diesen Empfehlungen Gebrauch gemacht wird. In Abb. 4.21 ist der Anteil der Scanprotokolle, bei denen Röhrenspannungen unter 110 kV zum Einsatz kommen, in Abhängigkeit vom Patientenalter dargestellt. Generell werden reduzierte Röhrenspannungen bevorzugt bei Neugeborenen und Kleinkindern und in geringerem Umfang bei Jugendlichen eingesetzt. Reduzierte Spannungen sind am häufigsten bei Thoraxuntersuchungen anzutreffen (35% im Durchschnitt), gefolgt von Gesichtsschädel/NNH (21%) und Gesamtabdomen (17%). Dagegen wird bei Untersuchungen des Hirnschädels und der Wirbelsäu-

le fast ausschließlich (in durchschnittlich mehr als 90% der Fälle) die übliche 120 kV-Einstellung beibehalten.

4.3.5 Vergleich mit anderen Umfragen

Bislang existiert lediglich eine Erhebung (britische CT-Umfrage von 2003, Shrimpton et al. 2005), in der Dosis-einstellungen bei pädiatrischen CT-Untersuchungen erfasst wurden. Allerdings wurden in dieser Umfrage weniger Untersuchungsarten (nur Hirnschädel und Thorax) und Altersgruppen (nur bis 1 Jahre, 2 bis 5 Jahre und 6 bis 10 Jahre) abgefragt. Bei Untersuchungen des Hirnschädels fallen die $CTDI_{vol16}$ -Werte und ihre Alters- bzw. Gewichtsabhängigkeit in beiden Umfragen ähnlich aus (Abb. 4.22a und b); DLP und Effektivdosis, beide für die Gesamtuntersuchung, sind bei unserer Umfrage etwas höher (Abb. 4.22c und d). Im Thoraxbereich sind unsere $CTDI_{vol32}$ -Werte dagegen niedriger (Abb. 4.23a), und die Dosisan-

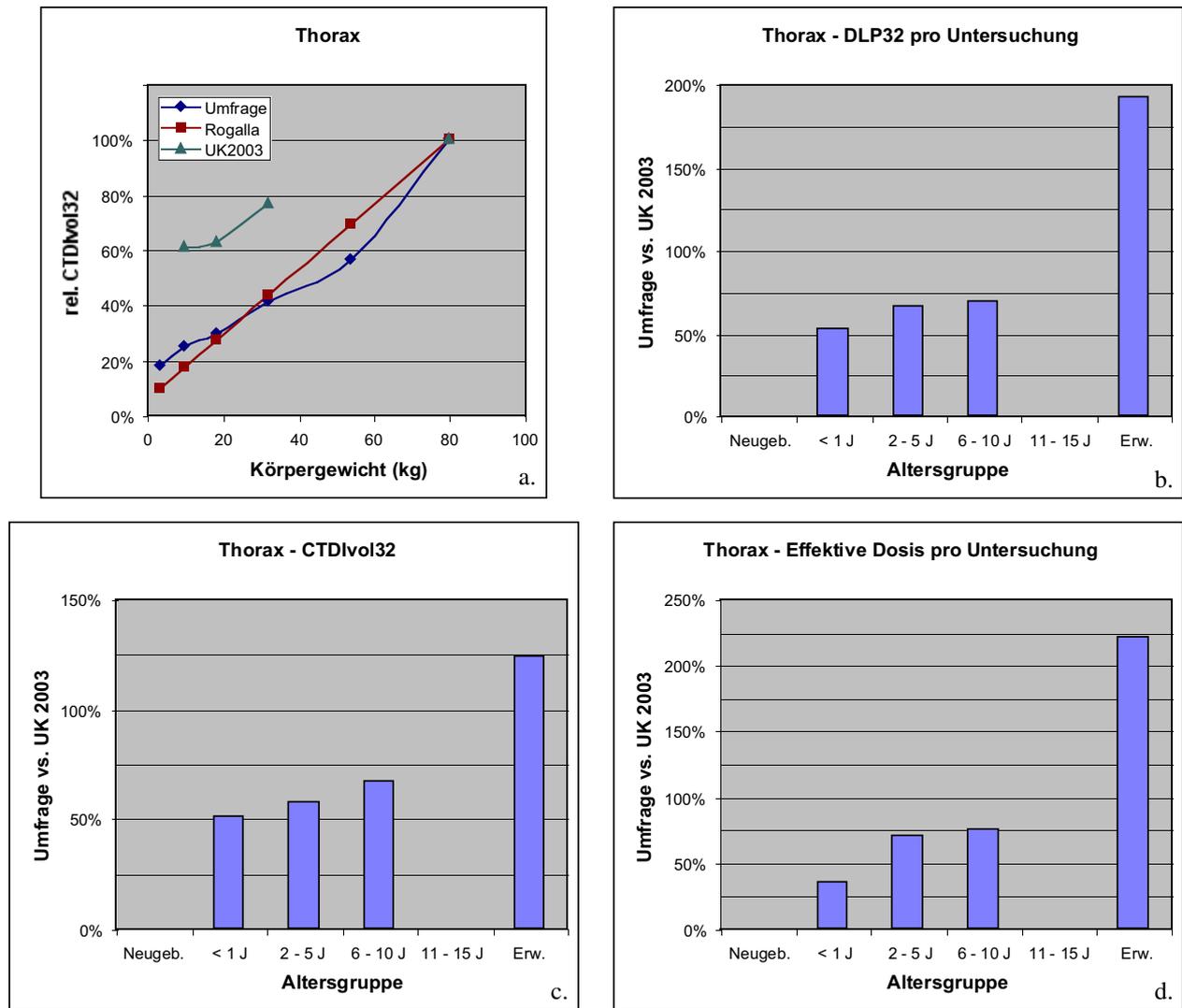


Abb. 4.23 Vergleich der Ergebnisse dieser Umfrage mit denen der britischen CT-Umfrage 2003 für die Untersuchungsart Thorax: Dosisanpassung an das Patientengewicht (a); $CTDI_{vol32}$ (b), Dosislängenprodukt (c) und effektive Dosis (d). Die entsprechenden deutschen Mittelwerte für Erwachsene entstammen der deutschen MSCT-Umfrage 2002.

passung an das Patientenalter bzw. -gewicht ist ausgeprägter (Abb. 4.23b). Dasselbe trifft auf das DLP und die Effektivdosis zu (Abb. 4.23c und d). Hinsichtlich der beiden integralen Dosisgrößen DLP und Effektivdosis ist ergänzend anzumerken, dass Overranging-Effekte bei der britischen Umfrage nicht berücksichtigt wurden und dass dort ein anderer Formalismus zur Berechnung der Effektivdosis verwendet wurde.

5. Diskussion

Als weltweit erste Umfrage ihrer Art hat die bundesweite Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06 eine Reihe interessanter neuer Erkenntnisse erbracht. Obwohl sich die Studie auf eine begrenzte Anzahl teilnehmender Institute stützt, von denen die meisten (75%) in universitären Einrichtungen angesiedelt sind, können die Ergebnisse als repräsentativ angesehen werden, da die überwiegende Mehrzahl pädiatrischer CT-Untersuchungen an diesen Institutionen erfolgt.

Im Gegensatz zu anderen Ländern, in denen auf Kinder bis 15 Jahre im Durchschnitt 6% aller CT-Untersuchungen entfallen (UNSCEAR 2000), ist der Anteil pädiatrischer CT-Untersuchungen in Deutschland mit rund 1% relativ gering. In absoluten Zahlen bedeutet dies bei einer Frequenz von insgesamt rund 100 CT-Untersuchungen pro 1000 Einwohnern (Galanski et al. 2001), dass sich unter 1000 Einwohnern pro Jahr lediglich ein Kind bis 15 Jahre einer CT-Untersuchung unterzieht. In den Vereinigten Staaten ist die Rate pädiatrischer CT-Untersuchungen bei einer jährlichen Frequenz von 160 CT-Untersuchungen pro 1000 Einwohner, davon 6,5% auf Kinder bis 15 Jahre entfallend (CRCPD 2006), dagegen rund 10mal so hoch. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Indikation für pädiatrische CT-Untersuchungen in Deutschland offensichtlich wesentlich restriktiver gehandhabt wird als in anderen Ländern.

Dosisrelevante Expositionsdaten wurden für Hirnschädel, Thorax, Gesamtabdomen, Gesichtsschädel/NNH und LWS, die in der ersten Phase der Studie als die fünf häufigsten Untersuchungsarten ermittelt wurden, erhoben. Andere Untersuchungsarten sind relativ selten und blieben daher außer Betracht. Die meisten pädiatrischen CT-Untersuchungen beschränken sich auf die Kopfregion (rund zwei Drittel); lediglich ein Drittel wird in der Rumpfregion vorgenommen. Insbesondere fällt der Anteil der Gesamtabdomen-Untersuchung, die bei Erwachsenen mit 25% eine relativ häufige Untersuchungsart darstellt und mit einer relativ hohen Effektivdosis (ca. 20 mSv) verbunden ist, im pädiatrischen Anwendungsbereich mit nur 7% wesentlich niedriger aus. Somit ist in Deutschland bei pädiatrischen CT-Untersuchungen nicht nur die absolute Anzahl, sondern auch die durchschnittliche Effektivdosis pro Untersuchung relativ klein. Die Altersverteilung selbst ist verhältnismäßig flach, d.h. die Untersuchungsfrequen-

zen fallen für alle Altersgruppen (bis 5 Jahre, 6 bis 10 Jahre und 11 bis 15 Jahre) in etwa gleich hoch aus.

In der Mehrzahl handelt es sich bei den Scannern, die für pädiatrische CT-Untersuchungen verwendet werden, um moderne CT-Geräte, d.h. Spiralscanner mit Festkörperdetektor. Davon sind wiederum die meisten MSCT-Geräte, die mehrere Schichten gleichzeitig erfassen können und entsprechend kurze Scanzeiten ermöglichen. Nahezu alle Scanner (mehr als 90%) verfügen über eine geräteseitige Dosisanzeige, mit der zumindest der Volumen-CTDI dargestellt wird. Die meisten der Geräte sind mit einer mehr oder weniger praxistauglichen Dosisautomatik ausgestattet; allerdings machen nur 20% der Anwender von diesen Einrichtungen durchgängig (d.h. bei sämtlichen pädiatrischen Scanprotokollen) Gebrauch. Während Dosisautomatiken bei der Hälfte aller Untersuchungen im Rumpfbereich zum Einsatz kommen, ist dies bei Untersuchungen im Kopfbereich nur zu einem Viertel der Fall.

Überraschenderweise fallen die Dosiswerte bei Untersuchungen, die mit Dosisautomatik erfolgen, eher höher aus als bei manueller Dosisvorwahl. Dies lässt sich teilweise mit der gegenwärtigen Funktionsweise einiger (aber nicht aller) Dosisautomatiken erklären, bei denen die Voreinstellung nicht etwa über die benötigte Dosis (bzw. das entsprechende mAs-Produkt) erfolgt, sondern vielmehr über die gewünschte Bildqualität, vertreten durch das Bildrauschen. Darüber hinaus arbeiten diese Automatiken in einer Weise, dass sie das einmal vorgewählte Bildrauschen bei Änderung fast aller Einstellparameter, die auf irgendeine Weise das Rauschen beeinflussen, konstant zu halten versuchen (ImPACT 2005). So führt bei diesen Automatiken eine Reduzierung der Schichtdicke oder die Verwendung eines schärferen Rekonstruktionsfilters unweigerlich zu einer höheren Dosis. Da aber gerade diese Parameter andere Bildqualitätsaspekte, wie beispielsweise den Bildkontrast, positiv beeinflussen, sollte das dabei erhöhte Rauschen nur in geringem Maße oder überhaupt nicht kompensiert werden.

In diesem Zusammenhang stellt sich zudem die Frage, wie die Dosis (bzw. stellvertretend hierfür das mAs-Produkt) an die Statur des Patienten angepasst werden sollte. In den vergangenen Jahren sind dazu zahlreiche Veröffentlichungen erschienen, deren Empfehlungen sich deutlich

voneinander unterscheiden: geringfügige Anpassung (z.B. Donnelly et al. 2001), moderate Anpassung (z.B. Rogalla 2004) oder ausgeprägte Anpassung (z.B. Huda et al. 2000). In Abb. 5.1a sind die Charakteristiken dieser Empfehlungen, d.h. die relativen Dosiswerte in Abhängigkeit vom Körpergewicht, dargestellt.

Aufgrund theoretischer Überlegungen (z.B. anhand der Halbwertschichtdicke, die im CT-Anwendungsbereich bei rund 4 cm Gewebe liegt) müssten die mAs-Einstellungen pro 4 cm Unterschied im gewebeäquivalenten Körperdurchmesser mit einem Faktor 2 angepasst werden. Auf diese Weise würde unabhängig vom Körperdurchmesser stets dasselbe Bildrauschen erzeugt. In einer grundlegenden Studie (Wilting et al. 2001), bei der die mAs-Einstellungen in dieser Weise manuell vorgewählt wurden, stellte sich jedoch heraus, dass diese Vorgehensweise in der Praxis nicht zu adäquaten Ergebnissen führt. Obwohl die resultierenden Bilder objektiv das gleiche Rauschen aufwiesen (Abb. 5.2a), fiel die subjektive Bewertung durch die befundenden Radiologen mit abnehmendem Patientendurchmesser zunehmend schlechter aus (Abb. 5.2b). Als Grund für diesen Befund wurde der abnehmende Anteil an Körperfett, das bildgebungstechnisch eine Art „natürliches Kontrastmittel“ darstellt, identifiziert. Daher ist es nicht ausreichend, für ein konstantes Rauschniveau zu sorgen. Vielmehr müssen Bilder dünnerer Patienten vergleichsweise weniger rauschbehaftet sein, um ein konstantes Kontrast-Rausch-Verhältnis sicherzustellen. Konsequenz hieraus ist, dass die Dosisanpassung auf „sanftere“ Weise, d.h. mit einem Faktor 2 pro 8 cm Dickenänderung, vorgenommen werden sollte.

Anhand des Zusammenhangs zwischen lateralem Körperdurchmesser und Patientengewicht (Abb. 5.1b), der aus

den Patientendaten einer großen deutschen Kinderklinik ermittelt wurde (Schneider 2003), wird deutlich, dass sich die moderate Dosisanpassung, wie sie von Rogalla empfohlen wird, nahezu perfekt mit der „Faktor 2 pro 8 cm“-Philosophie deckt. In der Praxis lässt sich diese Empfehlung, die mit einer einfachen Formel („Rogalla-Formel“) beschrieben wird, leicht umsetzen:

$$rel. \ mAs = \frac{Körpergewicht \ (in \ kg) + 5}{85} \quad (5.1)$$

Formel 5.1 kann beispielsweise dazu benutzt werden, um – ausgehend von den (optimierten) Dosisinstellungen für einen durchschnittlichen männlichen Erwachsenen mit etwa 80 kg Körpergewicht - einen Satz gewichtsadaptierter Scanprotokolle aufzustellen (z.B. 0 – 5 kg, 6 - 10 kg, 11 – 20 kg, 21 – 40 kg, 61 – 80 kg). Die Verwendung dieser Protokolle erfolgt dann anhand des Gewichts des Patienten. Eine nahezu identische Beziehung zwischen Patientengewicht und adaptierter mAs-Einstellung wurde von einer anderen Arbeitsgruppe aus der Technischen Hochschule Aachen publiziert (Honnef et al. 2004).

Das am meisten überraschende Ergebnis dieser Umfrage ist, wie die Gewichtsanpassung der Dosis in der Praxis erfolgt. Im Mittel wird bei Thorax- und Abdomenuntersuchungen entsprechend der Rogalla-Formel verfahren (s. Abb. 4.16c und d). Ebenso sollte bei Wirbelsäulenuntersuchungen vorgegangen werden. Zwar wurde auch hier mit reduzierten Dosiswerten gearbeitet, ohne jedoch weiter nach dem Alter zu differenzieren (Abb. 4.16e). Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass Wirbelsäulenuntersuchungen relativ selten sind und deshalb bei der Optimierung der Scanprotokolle weniger Aufmerksamkeit genossen haben.

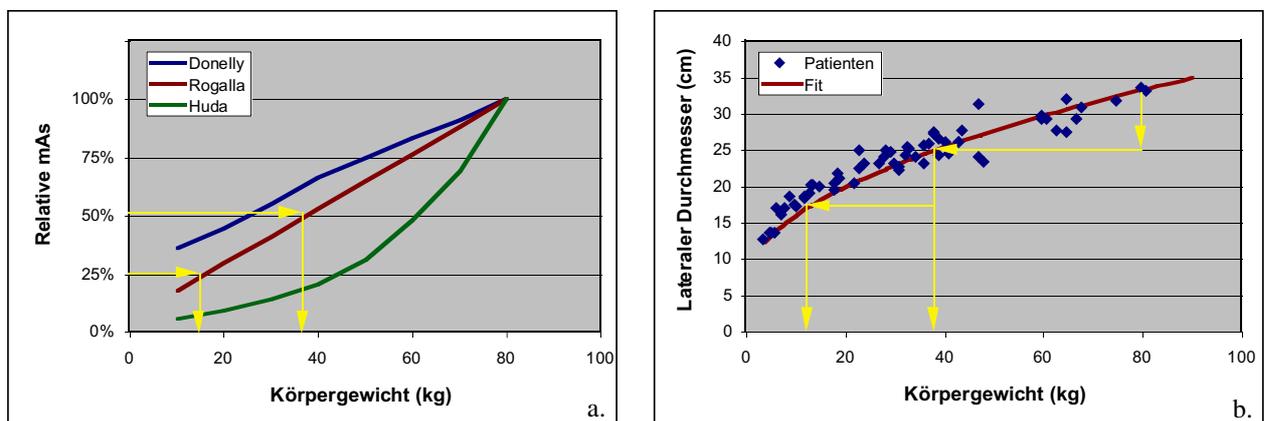


Abb. 5.1 Charakteristik von drei repräsentativen Empfehlungen zur Dosisanpassung an das Patientengewicht (a) und Beziehung zwischen lateralem Körperdurchmesser und Körpergewicht (b), basierend auf einer Datenerhebung in einer großen deutschen Kinderklinik (Schneider 2003). Die hellen Linien innerhalb der Graphiken verdeutlichen, dass sich die „Faktor 2 pro 8 cm“-Philosophie nahezu perfekt mit der moderaten Dosisanpassung, wie sie von Rogalla (2004) empfohlen wird, deckt.

Bei pädiatrischen CT-Untersuchungen im Kopfbereich wäre es dagegen nicht sinnvoll, eine Dosisanpassung entsprechend dem Körpergewicht vorzunehmen, da die Größe des Kopfes bei Neugeborenen und Kindern überproportional groß ausfällt. Stattdessen sollte die Dosisanpassung entsprechend dem Alter erfolgen. Dabei zeigte sich ebenso überraschend, dass die in dieser Umfrage gefundene Altersabhängigkeit der Dosisinstellungen für den Hirnschädel (Abb. 4.16a) nahezu deckungsgleich ist mit einer anderen Empfehlung, die in der Philips-Anwendergemeinde entwickelt wurde (Morgan 2003). Abb. 4.15a verdeutlicht auch, dass selbst eine moderate Anpassung entsprechend der Rogalla-Formel die Dosis zu stark reduzieren würde. Dagegen folgt die Abhängigkeit der Dosisinstellungen vom Patientenalter bei der Untersuchungsart Gesichtsschädel/NNH eher der Rogalla-Formel (Abb. 4.16b). Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass diese Untersuchungen ebenfalls vergleichsweise selten sind und dass – wie auch bei Erwachsenen – wenig Konsens über die adäquate Dosisinstellung besteht.

Gegenwärtig verwenden die Dosisautomatiken, die in den MSCT-Geräten von Philips und Siemens implementiert sind, eine moderate Dosisanpassung (d.h. mit einem Faktor 2 pro etwa 8 cm), wodurch für eine „adäquate“ Rauschkompensation gesorgt wird. Dagegen sind die Dosisautomatiken in den MSCT-Geräten von GE und Toshiba auf ein möglichst konstantes Rauschniveau ausgelegt, so dass die Dosisanpassung den eingangs erwähnten theoretischen Überlegungen folgt und entsprechend stärker ausfällt (d.h. mit einem Faktor 2 pro 4 cm).

In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass Dosisautomatiken per se keine Dosisreduktion garantieren, sondern lediglich eine Art „Gleichbehandlung“, d.h. sie beeinflussen lediglich die relativen, nicht aber die absoluten Dosisinstellungen. Absolute Dosisinstellungen werden jedoch nach wie vor durch die Präfe-

renzen des Anwenders bestimmt. Diese können dem Gerät entweder über die mAs-Vorwahl für einen Standardpatienten („Referenz-mAs-Regelung“, wie bei CT-Geräten von Philips und Siemens realisiert) oder über die Vorgabe eines bevorzugten Rauschniveaus (rauschbasierte Regelung, wie bei den CT-Geräten von GE und Toshiba implementiert) mitgeteilt werden. Während es hinsichtlich der adäquaten Dosis mittlerweile einen gewissen Konsens gibt (z.B. diagnostische Referenzwerte), der auf einfache Weise in die für das jeweilige Gerät zutreffenden mAs-Werte übersetzt werden kann, ist dies für die rauschbasierte Regelung wesentlich komplexer. Dies liegt zum einen daran, dass bisher keine etablierten Standards für ein adäquates Rauschniveau vorliegen, zum anderen, dass das Kontrast-Rausch-Verhältnis der eigentliche Bildqualitätsparameter ist, den es konstant zu halten gilt. Dies wird besonders deutlich, wenn Modifikationen bei Schichtdicke oder Patientendurchmesser erfolgen, bei denen sich auch der Kontrast ändert. Die Ergebnisse dieser Umfrage und der zitierten Arbeiten, die eine moderate Dosisanpassung favorisieren, sollten daher als Anregung für die betreffenden Hersteller verstanden werden, die Philosophie ihrer Dosisautomatiken sowohl hinsichtlich der Bedienbarkeit als auch der Regelungscharakteristik zu überdenken.

Obwohl die Ergebnisse dieser Umfrage zeigen, dass die Einstellungen für die lokale Dosis (d.h. den $CTDI_{vol}$) in adäquater Weise an das Alter bzw. das Körpergewicht des Patienten angepasst werden, nimmt die effektive Dosis im Vergleich zu den Werten für Erwachsene in geringem Umfang ab (Abb. 4.20a bis e). Berücksichtigt man außerdem noch die erhöhte Sensitivität für die Entstehung maligner Tumoren, dann wird die entsprechend risikokorrigierte Effektivdosis mit abnehmendem Patientenalter nicht kleiner, sondern eher größer. Daher sind adäquat vorgenommene Dosisanpassungen ein Muss, mit dem die Situation zwar verbessert, aber keineswegs gelöst werden

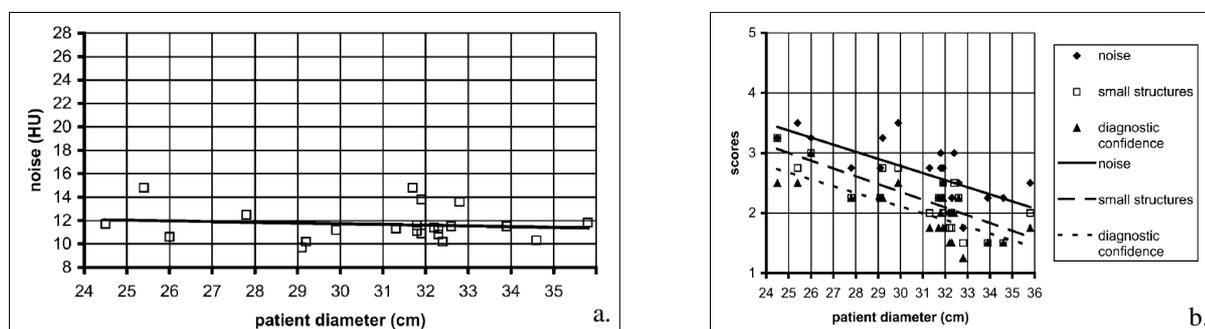


Abb. 5.2 Gemessenes Bildrauschen (a) und subjektive Bewertung von Bildrauschen, Erkennbarkeit kleiner Strukturen und diagnostischer Aussagekraft (b) für Scanprotokolle, bei denen die mAs-Einstellung manuell an den lateralen Patientendurchmesser angepasst wurde (entsprechend Faktor 2 pro 4 cm Dickendifferenz). Obwohl das objektive Bildrauschen für unterschiedliche Körperdurchmesser nahezu konstant war, fiel die subjektive Bewertung mit abnehmendem Körperdurchmesser zunehmend schlechter aus (Quelle: Wilting et al. 2001).

kann. Die Notwendigkeit, die Indikation für jede einzelne pädiatrische CT-Untersuchung sorgfältig zu stellen, ist nach wie vor gegeben.

Was die absoluten Dosiswerte betrifft, wird in der Untersuchungsregion Gesichtsschädel/NNH von den Reduktionsmöglichkeiten, die aufgrund des erhöhten inhärenten Kontrasts gegeben sind, sinnvoll Gebrauch gemacht, indem rund dreimal kleinere Dosiswerte als beim Hirnschädel verwendet werden. Bei Thoraxuntersuchungen fällt die Dosis gegenüber dem Abdomen jedoch nur unwesentlich (d.h. um einen Faktor 1,25) geringer aus. Eine stärkere Reduktion (Faktor 1,5 bis 2), wie sie beispielsweise von Rogalla (2004) und Honnef et al. (2004) empfohlen wird, ist aufgrund der verringerten Strahlenschwächung und des höheren inhärenten Kontrasts allemal gerechtfertigt.

Bei den an dieser Umfrage beteiligten CT-Geräte handelte es sich ausschließlich um Spiralscanner, und nahezu sämtliche Untersuchungen erfolgten im Spiralmodus. Einzige Ausnahme hiervon ist die Hirnschädeluntersuchung, die nach wie vor bevorzugt mit sequentieller Schnittführung vorgenommen wird. Anwender von Einzelschicht-Geräten führten ihre Spiralscans stets mit erhöhtem Pitch (1,5 und höher) durch. Bei der Mehrzahl der Mehrschicht-Geräte, d.h. bei denen, die nach dem sogenannten „Effektiv-mAs-Konzept“ arbeiten (d.h. MSCT-Geräte von Elscint, Philips und Siemens), hängt die Dosis allerdings nicht mehr vom Pitch ab, so dass der verwendete Pitchfaktor in diesem Kontext ohne Bedeutung ist. Bei Geräten, die dieses Konzept nicht verwenden (MSCT-Geräte von GE und Toshiba), führen erhöhte Pitchfaktoren zwar wie bisher zu einer Verringerung der Dosis; dies geschieht jedoch – anders als beim Einzelschicht-CT – zu Lasten der Bildqualität, indem ein erhöhtes Bildrauschen auftritt, sofern die mAs-Einstellungen nicht entsprechend manuell angepasst werden.

Wie zu erwarten ist, treten Overtopping-Effekte am stärksten bei Untersuchungen mit kurzem Scanbereich auf (d.h. Wirbelsäule und Gesichtsschädel/NNH), insbesondere bei Neugeborenen und Kleinkindern. Obwohl die durchschnittliche Zunahme des DLP gegenüber Untersuchungen im sequentiellen Scanmodus nicht dramatisch erscheint, muss darauf hingewiesen werden, dass Overtopping-Effekte bei echten 64-Schicht-Geräten relativ hoch ausfallen (d.h. rund 60% bei Wirbelsäulenuntersuchungen). Daher ist es vorteilhafter, diese Untersuchungen entweder im Sequenzmodus vorzunehmen oder die Geräte im 16-Schicht-Modus mit verringerter Strahlbreite zu benutzen.

Im Gegensatz zum $CTDI_{vol}$ werden die Werte integraler Dosisgrößen wie der Effektivdosis durch zwei weitere Faktoren bestimmt, die in starkem Maße von den Präferenzen der Anwender bestimmt werden (Scanlänge und Anzahl der Scanserien (d.h. Phasen)). Während multiphasische CT-Untersuchungen im pädiatrischen Anwendungsbereich äußerst selten sind (s. Tab. A5), fällt die durchschnittliche Scanlänge häufig signifikant größer aus, als anhand der anatomischen Gegebenheiten zu erwarten wäre, und war gelegentlich sogar größer als bei Erwachsenen. Daher besteht ein gewisses Dosisreduktionspotential durch restriktivere Vorwahl des Scanbereichs.

Lediglich eine Minderheit der Anwender verwendete Röhrenspannungen unter 110 kV. Im Gegensatz zum mAs-Produkt wirken sich Änderungen der Spannungseinstellung nicht nur auf die Quantität, sondern auch auf die Qualität der Strahlung aus. Bei CT-Angiographien sind niedrigere Spannungen eindeutig von Vorteil, da der Gewinn an Kontrast das verstärkte Bildrauschen mehr als kompensiert. Bei nativen Scans oder nicht ausschließlich vaskulären Untersuchungen mit KM-Gabe trifft dies jedoch nicht zu, weil der Kontrast in den nicht mit KM angereicherten Bereichen keine Zunahme erfährt und das erhöhte Bildrauschen nicht kompensieren kann. Zudem wird die weichere Strahlung von den Patienten in größerem Umfang absorbiert. Daher wirken sich reduzierte Spannungen bei nicht-vaskulären CT-Untersuchungen im Hinblick auf das Verhältnis zwischen Dosis und Bildqualität eher ungünstig aus. Empfehlungen zur Verwendung niedriger Röhrenspannungen sind vielmehr ein Relikt aus Zeiten, als mAs-Einstellungen nur in geringem Umfang reduziert werden konnten und eine zusätzliche Verringerung der Röhrenspannung einen Ausweg bildete. Heutige Geräte gestatten eine mAs-Vorwahl bis hinab zu 10 mAs, was – je nach Gerät – einem $CTDI_{vol32}$ von 0,5 bis 1 mGy entspricht. Daher besteht – mit Ausnahme der CTA – so gut wie keine Veranlassung, um von den üblichen 120 kV abzuweichen.

Vergleiche mit den Ergebnissen anderer Umfragen sind nur begrenzt möglich, da lediglich in der britischen Umfrage von 2003 Expositionsdaten im pädiatrischen Anwendungsbereich mit erfasst wurden. Während für den Hirnschädel ähnliche Werte wie hier gefunden wurden, waren die aus England gemeldeten Dosiswerte bei Thorax-Untersuchungen eher höher, und auch die Dosisanpassung war dort weniger ausgeprägt. Bemühungen zur Dosisoptimierung bei pädiatrischen CT-Untersuchungen scheinen somit hierzulande weiter entwickelt zu sein als andernorts.

6. Referenzwerte, Feedbackaktion

6.1. Vorschläge für diagnostische Referenzwerte

Vorschläge zu diagnostischen Referenzwerten in Form des Volumen-CTDI ($CTDI_{vol}$) und des Dosislängenprodukts pro Untersuchung ($DLP_{Unters.}$) für die in dieser Umfrage erfassten Altersgruppen und Untersuchungsarten sind in Tabelle A15 im Anhang zusammengestellt. Als Basis dienen die 3. Quartile der Umfrageergebnisse.

Aus einer Reihe von Gründen wurden die Werte der 3. Quartile allerdings nicht direkt, sondern in modifizierter Form verwendet:

- Bei einigen Untersuchungsarten (Gesichtsschädel/NNH, LWS), insbesondere bei den unteren Altersgruppen, war die Datenlage relativ dünn, so dass die Werte mit großen Streubreiten behaftet waren.
- Beim Thorax unterschieden sich die Dosiswerte nur geringfügig von denen beim Gesamtabdomen, d.h. sie waren insgesamt unnötig hoch.
- Bei den unteren Altersgruppen wurde von vielen Anwendern keine weitere Differenzierung vorgenommen, so dass Neugeborene oftmals mit denselben Parametern wie Ein- oder Fünfjährige gescannt wurden.

Die Modifikationen wurden daher wie folgt vorgenommen:

- Als Ausgangspunkt dienten zunächst die $CTDI_{vol}$ -Werte (3. Quartile) der MSCT-Umfrage 2002 für Hirnschädel und Gesamtabdomen; da der Wert für den Hirnschädel mit 79 mGy aber deutlich über dem derzeit geltenden

Referenzwert liegt und ohnehin als zu hoch bewertet wurde, wurde stattdessen der aktuelle Referenzwert von 60 mGy angesetzt.

- Für die anderen Untersuchungsarten wurden die entsprechenden, zunächst für Erwachsene geltenden $CTDI_{vol}$ -Werte abgeleitet, indem für den Bereich Gesichtsschädel/NNH ein Drittel des Hirnschädel-Werts, für den Bereich Thorax zwei Drittel des Gesamtabdomen-Werts und für den Bereich Wirbelsäule das 2,5-fache des Gesamtabdomen-Werts angesetzt wurde.
- Die Altersabhängigkeiten der $CTDI_{vol}$ -Werte wurden nach den Empfehlungen von Morgan (Kopfbereich) und Rogalla (Rumpfbereich), mit denen sich bereits bei der Analyse der Messdaten eine recht gute Übereinstimmung zeigte, gestaltet.
- Die DLP-Werte pro Untersuchung wurden über Multiplikation der zugehörigen $CTDI_{vol}$ -Werte mit den jeweiligen Mittelwerten für Netto-Scanlänge, Overranging und Anzahl der Scanserien gewonnen.

Die auf diese Weise modifizierten Vorschläge decken sich im allgemeinen gut mit den Werten der 3. Quartile der Umfrage. Größere Unterschiede sind lediglich dort zu verzeichnen, wo aus den eingangs genannten Gründen Anpassungsbedarf bestand. Die in Tabelle A15 zusammengestellten Werte sind in sinnvoller Weise abgestuft (moderate Gewichts- bzw. Altersanpassung) und in sich konsistent, d.h. die Relationen zwischen den einzelnen Untersuchungsarten sind im Einklang mit anderen Umfrageergebnissen und einschlägigen Publikationen.

6.2. Vergleich mit anderen Referenzwerten

Erste Vorschläge zu Referenzwerten bei pädiatrischen CT-Untersuchungen wurden im Jahre 2000 von Shrimpton et al. (2000) publiziert. Basis war eine europaweite Umfrage mit 40 Teilnehmern. Vergleichsmöglichkeiten ergeben sich für drei Altersgruppen (bis 1 Jahr, 2 bis 5 Jahre und 6 bis 10 Jahre) sowie drei Untersuchungsarten (Hirnschädel, Thorax und Gesamtabdomen). Die dort genannten Werte sind allesamt in Form des $CTDI_{w16}$ und des DLP_{16} pro Untersuchung angegeben. Zum Vergleich mit unserer Umfrage wurden die Werte in den $CTDI_{vol16}$ umgerechnet. Dabei wurde für den Hirnschädel ein Pitch von 1 und für

die beiden anderen, überwiegend in Spiraltechnik vorgenommenen Untersuchungsarten ein Pitch von 1,5 angenommen.

Ein Vergleich der Werte aus Shrimpton et al. (2000) mit unseren Vorschlägen wird aus Tabelle A16 im Anhang ersichtlich. Das Verhältnis einander entsprechender Werte ist in der Spalte „Ratio“ zu finden. Beim Hirnschädel sind die Werte in etwa vergleichbar, wobei unsere Vorschläge tendenziell etwas niedriger ausfallen. Lediglich beim DLP in der Altersgruppe bis 1 Jahr ist unser Vor-

schlag etwas höher, was in erster Linie an der mit 7,5 cm recht knapp bemessenen Scanlänge bei Shrimpton et al. liegt. Beim Thorax und Gesamtabdomen fallen unsere Vorschläge dagegen deutlich niedriger aus (Faktor 1,5 bis 4 je nach Altersgruppe und Dosisgröße).

Berücksichtigt man dabei, dass unseren Vorschläge lediglich eine moderate Alters- bzw. Gewichtsanpassung zugrunde liegt und beim Thorax nur eine leichte Modifikation im Vergleich zu den Abdomenwerten vorgenommen wurde, dann erscheinen die bei Shrimpton et al. genann-

ten Werte als eindeutig zu hoch. Ein möglicher Grund dürfte sein, dass diese Umfrage stattfand, bevor die Problematik nicht-adaptierter pädiatrischer Scanprotokolle größere Beachtung fand. In Ermangelung anderer Werte wurden diese Vorschläge zunächst in der aktuellen Fassung des CT-Leitfadens (Nagel und Vogel 2004) zur ersten Orientierung empfohlen. Mit den in Tabelle A15 genannten Vorschlägen stehen jetzt jedoch Werte zur Verfügung, die dem Dosisreduktionspotential im pädiatrischen CT wesentlich besser gerecht werden. Eine Überarbeitung des Leitfadens ist in Arbeit.

6.3. Feedbackaktion

Wie bereits bei den beiden vorangehenden Umfragen, erfolgte auch in diesem Fall eine Rückmeldung der Ergebnisse an sämtliche Teilnehmer der Umfrage. Die Mitteilung erfolgte in Form von Absolut- und Relativwerten, wobei sich die Relativwerte auf die vorgeschlagenen Referenzwerte für die betreffende Altersgruppe, Untersuchungsregion und Dosisgröße beziehen.

Dazu wurden den Umfrageteilnehmern die Dosiswerte ihrer Geräte, die auf Basis der von ihnen angegebenen Expositionsparameter errechnet worden sind, übermittelt. Hierzu erhielten die Teilnehmer drei Auswertblätter, die exemplarisch in den Abb. A4 bis A6 im Anhang dargestellt sind. Blatt 1 (Abb. A4) listet die angegebenen Scanprotokolle in der Form auf, in der sie Eingang in die Erhebung gefunden haben. Die lokalen Dosisgrößen $CTDI_w$ und $CTDI_{vol}$ hängen ausschließlich von Spannung (U), mAs-Produkt (Q), Strahlbreite ($N \cdot h_{col}$) und Pitch ab; sie gelten pro Scanserie. In die integralen Dosisgrößen Dosislängenprodukt (DLP) und Effektivdosis (E) gehen dagegen zusätzlich die Scanlänge (L) und die Anzahl der Serien (nser.) ein; sie beziehen sich stets auf die gesamte Untersuchung. Dabei erlaubt die effektive Dosis einen Vergleich mit konventionellen Untersuchungstechniken und mit der natürlichen Strahlenexposition (BRD: 2,1 mSv p.a.). In der Rubrik „Relativwerte“ ist für jede Untersuchungsart und Dosisgröße ein Prozentwert angegeben, der anzeigt, wie hoch der für den betreffenden Teilnehmer errechnete Wert im Vergleich zum (vorgeschlagenen) Referenzwert ausfällt.

Blatt 2 (Abb. A5) verdeutlicht diesen Sachverhalt noch einmal in graphischer Form. Aus Gründen der Übersichtlichkeit gelangen nur die beiden Referenz-Dosisgrößen $CTDI_{vol}$ und $DLP_{Unters.}$ zur Darstellung. Relative Dosiswerte über 100% bedeuten, dass sich für den betreffenden Teilnehmer ein Handlungsbedarf ergeben könnte. Dabei ist zu unterscheiden, ob dies für die lokale Dosis ($CTDI_{vol}$) oder die integrale Strahlenexposition ($DLP_{Unters.}$) oder für beide gilt. Im ersten Fall sollte vorrangig das mAs-Produkt reduziert werden; im zweiten Fall können dagegen mehrere Faktoren eine Rolle spielen. Blatt 3 (Abb. A6 a bis d) enthält daher Angaben, die genauere Rückschlüsse auf die Ursachen gestatten (akt. = Werte des betreffenden Teilnehmers, Ref. = Mittelwerte der Umfrage). Neben der lokalen Dosis kann dies - je nach Untersuchungsart - entweder eine überdurchschnittliche Scanlänge L, ein unterdurchschnittlicher Pitchfaktor p, eine überdurchschnittliche Anzahl der Scanserien pro Untersuchung oder eine ungünstige Kombination aller Faktoren sein. Da dünne Schichten (stärkeres Rauschen) häufig zu höheren mAs-Einstellungen verleiten, wird aus der vierten Darstellung (Schichtdicke) ersichtlich, ob dies in dem betreffenden Fall möglicherweise von Bedeutung ist.

Zusätzlich wurden den Teilnehmern ein Blatt mit Erläuterungen zur Interpretation und Verwendung der Ergebnisse aus der Datenerhebung ausgehändigt.

7. Empfehlungen

Im Hinblick auf eine dosisoptimierte Untersuchungstechnik in der pädiatrischen CT empfehlen wir die Beachtung folgender Hinweise.

A. Geräteauswahl

Pädiatrische CT-Untersuchungen sollten möglichst nur an modernen, dosissparenden Geräten durchgeführt werden, d.h. Spiralscannern mit Festkörperdetektoren. Mehrschicht (MSCT)-Geräte sind dabei insofern von Vorteil, als sich mit ihnen wesentlich kürzere Scanzeiten realisieren lassen als mit Einzelschichtgeräten.

B. Spannungswahl

Aufnahmespannungen unter 110 kV sollten nur dann verwendet werden, wenn der mAs-Einstellbereich nicht ausreicht, um die gewünschten niedrigen Dosiswerte zu realisieren (z.B. bei Thoraxuntersuchungen bei Neugeborenen und Kleinkindern). Ansonsten sollten die üblicherweise verwendete Spannungsstufe (110 bis 130 kV je nach Gerät) benutzt werden.

C. Kollimation bei MSCT-Geräten

Optimal für pädiatrische Anwendungen mit ihren vergleichsweise kürzeren Scanlängen ist eine Strahlbreite (Gesamtkollimation) zwischen 10 und 24 mm. Geringere Strahlbreiten sollten wegen der exzessiv ansteigenden Zusatzexposition durch Overbeaming (Überstrahlung des Detektors), größere Strahlbreiten wegen der Zunahme von Overranging-Effekten (Vor- und Nachlauf im Spiralmo-

du) nach Möglichkeit vermieden werden.

D. Pitchfaktor

Bei Einzelschicht-Geräten sollten Spiralscans mit einem erhöhten Pitch von 1,5 vorgenommen werden, woraus sich eine entsprechende Dosisreduktion ergibt. An Mehrschicht-Geräten, bei denen die mAs-Einstellung als „effektive mAs“ oder „mAs pro Schicht (mAs per slice)“ erfolgt (d.h. MSCT-Geräte von Elscint, Philips und Siemens), hat der Pitch praktisch keinen Einfluss auf die Höhe der Dosis, da bei Änderung des Pitchfaktors automatisch eine Anpassung der elektrischen mAs-Werte erfolgt. In diesen Fällen wird die Pitchwahl ausschließlich nach anderen Gesichtspunkten (Scangeschwindigkeit, Artefaktreduktion) vorgenommen. Dagegen wirkt sich bei MSCT-Geräten von GE und Toshiba, bei denen die mAs-Einstellung über elektrische mAs erfolgt, ein erhöhter Pitch zwar dosissparend aus, jedoch auf Kosten eines erhöhten Bildrauschens. Vorsicht ist bei diesen Geräten bei der Verwendung von Pitchfaktoren < 1 geboten, da die überlappende Scanweise mit einer entsprechend erhöhten Dosis einhergeht, sofern die elektrischen mAs nicht manuell entsprechend angepaßt (d.h. reduziert) werden. Aufschluß hierüber liefert die geräteseitige CTDI_{vol}-Anzeige, die ohne manuelle mAs-Anpassung entsprechend ansteigt.

E. Dosisanpassung

Die Anpassung der Expositionsparameter an das Alter bzw. Körpergewicht sollte in moderater Form (Faktor ±2 pro ca. 8 cm Dickendifferenz bei Untersuchungen im Rumpfbereich)

Altersgruppe	relatives mAs-Produkt	
	Hirnschädel	Gesichtschädel/NNH
Neugeb.	45%	15%
< 1 J	55%	18%
2 - 5 J	65%	22%
6 - 10 J	85%	28%
11 - 15 J	100%	33%
> 15 J	100%	33%

Tab. 7.1 Altersabgestufte mAs-Werte für pädiatrische CT-Untersuchungen im Kopfbereich. Ausgangspunkt (=100%) ist die optimierte mAs-Einstellung für die Untersuchungsart Hirnschädel bei Erwachsenen, die einem CTDI_{vol16} von höchstens 60 mGy entspricht.

Gewicht (kg)	ca.-Alter	relatives mAs-Produkt		
		Gesamt-Abdomen	Thorax	LWS
0 - 5	0 - 3 M	10%	7%	25%
6 - 10	4 M - 1 J	17%	10%	50%
11 - 20	2 - 5 J	30%	20%	75%
21 - 40	6 - 12 J	50%	33%	125%
41 - 60	13 - 18 J	75%	50%	200%
61 - 80	>18 J	100%	65%	250%

Tab. 7.2 Gewichtsabgestufte mAs-Werte für pädiatrische CT-Untersuchungen im Rumpfbereich. Ausgangspunkt (=100%) ist die optimierte mAs-Einstellung für die Untersuchungsart Gesamt-Abdomen bei Erwachsenen, die einem CTDI_{vol32} von höchstens 15 mGy entspricht.

bereich) vorgenommen werden. Zur Erstellung von Protokollsätzen mit entsprechend gewichts- bzw. altersabgestuften mAs-Werten können die Angaben in Tab. 7.1 und 7.2 benutzt werden.

F. Dosisautomatiken

Einrichtungen zur automatischen Dosisregelung sollten nur dann zum Einsatz kommen, wenn sichergestellt ist, dass die Dosisanpassung in moderater Form erfolgt. Die Dosisvoreinstellung („Referenz-mAs“) für die jeweilige Untersuchungsregion sollte unter dem in Tab. A15 genannten Referenzwert für Erwachsene bleiben. Automatiken mit rauschbasierter Regelung sind im pädiatrischen Anwendungsbereich sowohl wegen ihrer Regelcharakteristik (mAs-Faktor ± 2 pro 4 cm Dickenänderung) wie auch in ihrer Handhabung (Vorwahl der gewünschten Bildqualität anstelle der Dosis) eher problematisch, so dass stattdes-

sen besser eine manuelle Dosisanpassung, wie zuvor beschrieben, erfolgen sollte.

G. Dosisanzeige

Bislang zeigen alle CT-Geräte bei Untersuchungen, die im Rumpfmodus („body mode“) erfolgen, unabhängig vom Körperquerschnitt stets den $CTDI_{vol}$ an, der für das größere Rumpfphantom ($CTDI_{vol32}$) gilt. Für Optimierungszwecke müssen konsequenterweise die Referenzwerte auf Basis des $CTDI_{vol32}$ benutzt werden. Die in Tab. A15 für die Altersgruppen bis 10 Jahre zusätzlich angegebenen $CTDI_{vol16}$ -Werte haben derzeit nur informativen Charakter (z.B. zur Abschätzung der realen Organdosen). Dies könnte sich in Zukunft ändern, sofern die Normen dahingehend modifiziert werden, dass sich die Dosisanzeige primär am Durchmesser der untersuchten Körperregion und weniger am Scanmodus orientiert.

Literatur

- BfS (2003) Bundesamt für Strahlenschutz: Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungen vom 10. Juli 2003. Bundesanzeiger Nummer 143 vom 5.8.2003, 17503 – 17504
- BfS (2006) Bundesamt für Strahlenschutz: Jahresbericht 2004
- Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE (2001) Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from paediatric CT. *AJR*:176, 289-296
- Brix G, Nagel HD, Stamm G et al. (2003) Radiation exposure in multi-slice versus single-slice spiral CT: results of a nationwide survey. *Eur Radiol* 13:1979–1991
- Brix G, Lechel U, Veit R, Truckenbrodt R, Stamm G, Copenrath EM, Griebel J, Nagel HD (2004) Assessment of a theoretical formalism for dose estimation in CT. *Eur Radiol* 14: 1274–1285
- CRCPD (2006) Nationwide evaluation of X-ray trends 2000 computed tomography. CRCPD Publication #NEXT_2000CT-T (Download: <http://www.crcpd.org/NEXT.asp#2000>)
- Donnelly LF, Emery KH, Brody AS et al. (2001) Minimizing radiation dose for pediatric body applications of single-detector helical CT: strategies at a large children's hospital. *AJR*:176, 303-306
- Galanski M, Nagel HD, Stamm G (2000) Expositions-dosis bei CT-Untersuchungen: Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage. *Fortschr Roentgenstr* 172: M164 - M168 und M197 - 198
- Honnef D, Wildberger JE, Stargardt A et al. (2004) Mehrschicht-Spiral-CT (MSCT) in der Kinderradiologie: Dosisreduktion bei der Untersuchung von Thorax und Abdomen. *Fortschr Roentgenstr* 176: 1021–1030
- Huda W, Scalzetti EM, Levin G (2000) Technique factors and image quality as functions of patient weight at abdominal CT. *Radiology* 217:430–435
- ICRP (1991) 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, p. 176. Pergamon Press, Oxford
- IEC (2001) Medical Electrical Equipment - Part 2: Particular requirements for the safety of X-ray equipment for computed tomography. IEC-Standard 60601-2-44 ed. 2.0. International Electrotechnical Commission, Geneva
- ImPACT (2005) CT scanner automatic control systems. Report 05016. Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA), London
- Khursheed A, Hillier MC, Shrimpton PC, Wall BF (2002) Influence of patient age on normalized effective doses calculated for CT examinations. *Br J Radiol* 75: 819-830
- Morgan H (2003) Image quality improvement and dose reduction in CT pediatric imaging. *MedicaMundi* 46,3: 16-21
- Nagel HD, Galanski M, Hidajat N, Maier W, Schmidt T (2002) Strahlenexposition in der Computertomographie: Grundlagen, Einflußfaktoren, Dosismessung, Optimierung, Zahlenwerte, Begriffe. 3. überarbeitete und aktualisierte Ausgabe. CTB Publications, Hamburg (Kontakt: ctb-publications@gmx.de)
- Nagel HD, Vogel H (2004) Leitfaden zur Bewertung und Optimierung der Strahlenexposition bei CT-Untersuchungen. Download: www.strahlungheute.de
- Nagel HD (2005) Significance of overbeaming and over-ranging effects of single- and multi-slice CT scanners. *Biomedizinische Technik* 50, suppl. vol. 1, part 1: 395-396
- Paterson A, Frush DP, Donnelly LF (2001) Helical CT of the body: Are settings adjusted for pediatric patients? *AJR*:176, 297-301
- Prader A, Largo RH, Molinari L, Issler C (1989) Physical growth of Swiss children from birth to 20 years of age. *Helv. Paediat. Acta Suppl.* 52: 1-125
- Rogalla P (2004) pers. Mitteilung

Rogers LF (2001) Taking care of children: Check out the parameters used for helical CT. *AJR*: 176, 287

Schneider K (2003) pers. Mitteilung

Shrimpton PC Wall B (2000) Reference doses for paediatric computed tomography. *Radiation Protection Dosimetry* 90: 249-252

Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis M, Dunn M (2005) Doses from computed tomography (CT) examinations in the UK – 2003 review. Report NRPB-W67. National Radiological Protection Board, Chilton

Stamm G, Nagel HD (2002) CT-Expo – ein neuartiges Programm zur Dosisbewertung in der CT. *Fortschr Roentgenstr* 174: 1570–1576

Tack D, Gevenois PA (2006) Calculation of effective dose delivered by CT: Comparison of commercially available software tools. Zur Veröffentlichung eingereicht.

UNSCEAR (2000) Report of the United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation to the General Assembly. Annex D, p. 370. United Nations, New York

Wiltling JE, Zwartkruis A, van Leeuwen MS et al. (2001) A rational approach to dose reduction on CT: individual scan protocols. *Eur radiol* 11: 2627-2632

Zankl M, Panzer W, Drexler G (1991) The calculation of dose from external photon exposures using reference human phantoms and Monte Carlo methods part VI: Organ doses from computed to-mographic examinations. GSF report 30/91. GSF-Forschungszentrum, Oberschleißheim

Zankl M, Panzer W, Drexler G 1993 Tomographic anthropomorphic models part II: Organ doses from computed tomographic examinations in paediatric radiology. GSF report 30/93. GSF-Forschungszentrum, Oberschleißheim

Anhang

Hersteller	Scanner	N	U _{ref} (kV)	(N·h) _{ref} (mm)	Diverse			Kopf			Rumpf			Rumpf (paed.)		
					dz (mm)	m _{OR}	b _{OR}	CTDI _{w,H} (mGy/mAs)	P _H	k _{CT}	CTDI _{w,B32} (mGy/mAs)	P _{B32}	k _{CT}	CTDI _{w,B16} (mGy/mAs)	P _{B16}	k _{CT}
Elscint	CT Twin	2	120	20	0.8	0.73	0.23	0.105	0.59	0.70	0.043	0.24	0.50	0.105	0.59	0.70
GE	LightSpeed QX/i,-Plus	4	120	20	3	0.53	0.90	0.182	0.64	0.80	0.094	0.39	0.80	0.188	0.78	0.90
GE	LightSpeed VFX 16	16	120	20	3	0.38	1.02	0.182	0.64	0.80	0.094	0.39	0.80	0.188	0.78	0.90
GE	LightSpeed 16,-Pro	16	120	20	3	0.38	1.02	0.182	0.64	0.80	0.094	0.39	0.80	0.188	0.78	0.90
GE	LightSpeed VCT	64	120	40	3	0.47	0.74	0.201	0.64	0.80	0.097	0.39	0.80	0.201	0.64	0.80
Philips	CT Aura	1	120	10	1.4 ¹	2.00	-1.00	0.250	0.57	0.70	0.120	0.28	0.50	0.250	0.57	0.70
Philips	Brilliance 6	6	120	24	1.5	0.58	0.95	0.130	0.75	0.90	0.067	0.39	0.80	0.130	0.75	0.90
Philips	Mx8000 IDT, Brilliance 16	16	120	24	3	0.57	1.02	0.130	0.75	0.90	0.067	0.39	0.80	0.130	0.75	0.90
Philips	Brilliance 40/64	40/64	120	40	7 ²	0.54	1.18	0.110	0.75	0.90	0.057	0.39	0.80	0.110	0.75	0.90
Picker	PQ Series (Filter 0)	1	130	10	0	1.50	-1.00	0.168	0.44	0.60	0.112	0.29	0.50	0.168	0.44	0.60
Siemens	Somatom Plus 4 Series	1	120	10	1 ¹	2.00	-1.00	0.146	0.82	1.00	0.083	0.47	1.00	0.146	0.82	1.00
Siemens	Balance, Emotion (bis '00)	1	130	10	0.3 ¹	2.00	-1.00	0.270	0.76	0.90	0.150	0.42	0.80	0.270	0.76	0.90
Siemens	Balance, Emotion (nach '00)	1	130	10	0.3 ¹	2.00	-1.00	0.241	0.73	0.90	0.126	0.38	0.80	0.241	0.73	0.90
Siemens	Volume Zoom	4	120	20	1.7	0.31	1.11	0.200	0.76	0.90	0.083	0.49	1.00	0.143	0.84	1.00
Siemens	Sensation 4	4	120	20	1.7	0.31	1.11	0.190	0.76	0.90	0.077	0.44	1.00	0.132	0.76	0.90
Siemens	Sensation 10	10	120	18	2.5	1.01	1.01	0.177	0.75	0.90	0.074	0.44	1.00	0.127	0.76	0.90
Siemens	Sensation 16	16	120	24	3	1.01	1.01	0.184	0.76	0.90	0.076	0.45	1.00	0.131	0.77	0.90
Siemens	Sensation 64	32	120	24	16 ²	1.55	-0.16	0.134	0.74	0.90	0.065	0.36	0.80	0.134	0.74	0.90
Toshiba	Aquilion 4	4	120	20	3	4.00	-0.70	0.207	0.67	0.80	0.111	0.29	0.65	0.207	0.67	0.80
Toshiba	Aquilion 16	16	120	32	3	2.07	0.05	0.220	0.77	0.90	0.121	0.33	0.65	0.220	0.77	0.90
Bem.																

¹ nur für 1 mm Schichtkollimation
² nur zur Overbeaming-Korrektur

Tab. A1 Dosisbestimmende Daten der in der Umfrage vertretenen CT-Geräte (N = Anzahl der gleichzeitig getrennt voneinander erfassbaren Schichten; U_{ref} und (N·h)_{ref} = Referenz-Röhrenspannung bzw. -Strahlbreite, auf die sich die Angaben beziehen; dz = Overbeaming-Parameter; m_{OR} und b_{OR} = Overbeaming-Parameter; CTDI_{w,H} = normierter gewichteter CTDI für den Kopf-Scanmodus; CTDI_{w,B32} = normierter gewichteter CTDI für den Rumpf-Scanmodus, bezogen auf das 32cm Rumpffantom; CTDI_{w,B16} = normierter gewichteter CTDI für den Rumpf-Scanmodus, bezogen auf das 16cm-Kopffantom; P_H, P_{B32} und P_{B16} = Phantomfaktoren zur Umrechnung zwischen gewichtetem CTDI und Achsendosis, frei Luft; k_{CT} = Scannerfaktor)

Standarduntersuchungen		Anatomische Landmarken		Scanbereich				Länge (cm)		f_{mittel} (mSv/mGy*cm)	
Name	Abk.	cranial	caudal	(männl.)		(weibl.)		(m.)	(w.)	(m.)	(w.)
				von-bis	von-bis	von-bis	von-bis				
Hirnschädel	HS	Vertex	Schädelbasis	94	82	89	77	12	12	0.0022	0.0024
Gesichtsschädel/ NNH	GS/NNH	Stirnhöhlen- oberrand	Kauebene	89	78	85	74	11	11	0.0022	0.0024
Thorax	THO	C7 / T1	Sinus	69	41	65	39	28	26	0.0068	0.0088
Gesamtabdomen	ABDBE	Zwerchfellkuppe	Symphyse	43	0	41	0	43	41	0.0072	0.0104
LWS	LWS	L2/3	L3/4	35	29	33	27	6	6	0.0096	0.0108

Tab. A2 Standard-CT-Untersuchungen mit den zugehörigen anatomischen Grenzen, Scanlängen und mittleren Konversionsfaktoren, basierend auf den mathematischen Phantomen ‚ADAM‘ und ‚EVA‘ (Zankl et al. 1991)

Altersgruppe	$f_{\text{Alter, Region}}$			x
	Kopf und Hals	Thorax	Abdomen und Becken	
Neugeborene	3,53	3,90	4,47	1,5
bis 1 Jahr	2,63	2,70	2,94	1,0
2 bis 5 Jahre	1,51	2,03	2,12	1,0
6 bis 10 Jahre	1,25	1,53	1,55	0,5
11 bis 15 Jahre	1,05	1,11	1,10	0

Tab. A3 Korrekturfaktoren zur Umrechnung von Effektivdosiswerten für Erwachsene in solche für die jeweilige Altersgruppe und Untersuchungsregion. Entsprechende Werte wurden aus der Publikation von Khursheed et al. (2002) für den in dieser Umfrage verwendeten Berechnungsformalismus abgeleitet.

Ort	Institution	Abteilung	Herst.	Scanner	Schichten
				Typ	
Aachen	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16
Aachen	Universität	Neuroradiologie	Siemens	Volume Zoom	4
Baden-Baden	KHS.	Radiologie	Siemens	Emotion	1
Bonn	Universität	Radiologie	Siemens	Plus 4	1
Bonn	Universität	Radiologie	Philips	Mx8000 IDT	16
Bonn	Universität	Neuroradiologie	Philips	Brilliance 16	16
Dresden	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16
Düsseldorf	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 64	32
Düsseldorf	Universität	Neuroradiologie	Siemens	Volume Zoom	4
Erfurt	KHS.	Radiologie	GE	LightSpeed 16	16
Erfurt	KHS.	Radiologie	GE	LightSpeed QX/i	4
Erlangen	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 10	10
Frankfurt	Universität	Neuroradiologie	Philips	Brilliance 6	6
Frankfurt	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16
Freiburg	Universität	Neuroradiologie	Siemens	Sensation 16	16
Fulda	KHS.	Radiologie	GE	LightSpeed Plus	4
Fulda	KHS.	Radiologie	GE	LightSpeed 16 Pro	16
Giessen	Universität	Paed. Radiologie	Siemens	Balance	1
Greifswald	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16
Gummersbach	KHS.	Radiologie	Siemens	Sensation 4	4
Halle	Universität	Radiologie	Siemens	Volume Zoom	4
Halle	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 64	32
Hamburg-Heidberg	KHS.	Radiologie	Philips	Mx8000 IDT	16
Hannover	Universität	Neuroradiologie	GE	LightSpeed VFX16	16
Hannover	Universität	Radiologie	GE	LightSpeed VCT	64
Hannover	KHS. auf der Bult	Paed. Radiologie	Philips	Brilliance 6	6
Heidelberg	Universität	Radiologie	Siemens	Volume Zoom	4
Heidelberg	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16
Jena	Universität	Radiologie	GE	LightSpeed 16	16
Jena	Universität	Radiologie	GE	LightSpeed QX/i	4
Kassel	KHS.	Radiologie	Elscint	CT Twin	2
Leipzig	Universität	Radiologie	Siemens	Volume Zoom	4
Leipzig	Universität	Radiologie	Philips	Mx8000 IDT	16
Lübeck	Universität	Radiologie	Toshiba	Aquilion 4	4
Lübeck	Universität	Radiologie	Toshiba	Aquilion 16	16
Magdeburg	Universität	Radiologie	Toshiba	Aquilion 16	16
Mainz	Universität	Neuroradiologie	Picker	PQ5000	1
Mainz	Universität	Radiologie	Siemens	Volume Zoom	4
Mainz	Universität	Radiologie	Philips	Brilliance 64	64
Marburg	Universität	Radiologie	Siemens	Volume Zoom	4
Mönchengladbach	KHS.	Radiologie	Siemens	Emotion	1
München	Herzzentrum	Radiologie	Siemens	Sensation 64	32
München	Universität	Paed. Radiologie	Philips	Aura	1
München-Schwabing	KHS.	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16
München-Schwabing	KHS.	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16
Münster	KHS	Radiologie	Toshiba	Aquilion 64	64
Neubrandenburg	KHS.	Radiologie	Philips	Brilliance 10	10
Oldenburg	KHS.	Radiologie	Siemens	Plus 4	1
Stuttgart	Katharinen-KHS.	Radiologie	Picker	PQ5000	1
Stuttgart	Katharinen-KHS.	Radiologie	GE	LightSpeed Plus	4
Trier	KHS. Borom.	Radiologie	Siemens	Plus 4	4
Ulm	Universität	Radiologie	Elscint	CT Twin	2
Wiesbaden	RNS-Praxis	Radiologie	Elscint	CT Twin	2
Würzburg	Universität	Radiologie	Siemens	Sensation 16	16

Tab. A4 Institutionen und Geräte, deren Scanprotokolle in Phase II der Umfrage berücksichtigt wurden

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
Mittelwerte

Altersgruppe	Untersuchungsart	Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scannerie						Dosiswerte pro Untersuchung			Allgemeines							
		U [kV]	Qel [mAs]	tR [s]	N	hcol [mm]	Pitch	hrec [mm]	C	W	Fenster	Länge [cm]	Serien (Phasen)	CTDIw16 [mGy]	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIw32 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	Teilnehmer	Unters. Anteil	
Neugeborene	Hirnschädel	116	128	1,2	6,3	3,3	1,0	4,5	36	85	8,8	1,0	21,8	21,9	227	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	2,4	233	n.a.	2,2	2,4	27	112	1,1%
	Gesichtsschädel/NNH	108	81	0,9	11,4	1,2	1,4	2,4	399	1850	8,3	1,0	15,1	10,9	137	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,3	1,4	137	n.a.	1,3	1,4	9	6	0,1%
	Thorax	100	44	0,6	10,8	2,0	1,3	3,3	-88	746	10,1	1,0	4,5	3,6	46	2,5	2,0	25	1,6	2,1	46	25	1,6	2,1	21	64	0,6%	
	Gesamtabdomen	108	45	0,6	8,6	2,3	1,2	3,8	50	357	14,2	1,1	5,2	4,2	71	2,9	2,3	39	2,9	4,2	77	43	3,1	4,4	13	27	0,3%	
	LWS	118	61	0,8	12,3	1,5	1,3	2,5	575	2000	8,3	1,0	9,0	7,5	90	5,2	4,3	52	4,1	4,6	90	52	4,1	4,6	4	1	0,0%	
Bis 1 Jahr	Hirnschädel	115	162	1,2	6,7	3,5	1,0	5,4	36	85	10,7	1,0	26,4	26,2	302	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	2,3	323	n.a.	2,3	2,5	42	569	5,5%
	Gesichtsschädel/NNH	110	46	0,8	11,3	1,1	1,2	2,2	523	2273	7,3	1,0	7,5	7,7	68	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	68	n.a.	0,5	0,5	11	73	0,1%	
	Thorax	108	52	0,7	13,0	1,9	1,2	3,4	-127	812	12,3	1,0	6,0	5,4	77	3,1	2,8	40	1,9	2,4	81	42	1,9	2,5	31	143	1,4%	
	Gesamtabdomen	114	53	0,6	14,5	2,0	1,2	3,7	43	349	19,6	1,2	7,0	6,2	148	3,8	3,3	79	3,9	5,6	177	94	4,6	6,7	22	61	0,6%	
	LWS	116	118	0,9	11,7	1,4	1,1	2,1	434	1563	9,7	1,0	21,9	23,7	297	11,8	12,7	160	10,7	12,0	297	160	10,7	12,0	9	70	0,1%	
2 bis 5 Jahre	Hirnschädel	119	197	1,2	9,3	3,4	1,0	5,7	46	117	11,9	1,1	35,4	35,7	452	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	2,0	470	n.a.	1,9	2,1	48	1634	16,2%
	Gesichtsschädel/NNH	113	68	0,8	9,4	1,2	1,1	2,1	428	2023	9,1	1,0	11,1	10,8	116	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	116	n.a.	0,5	0,5	18	71	0,7%	
	Thorax	111	55	0,7	14,6	2,1	1,2	3,7	-102	747	16,4	1,0	7,0	6,1	116	3,7	3,2	61	2,2	2,8	120	63	2,2	2,9	36	397	3,9%	
	Gesamtabdomen	116	61	0,7	11,6	2,5	1,2	4,1	46	339	25,1	1,1	9,0	7,9	219	4,8	4,1	115	4,4	6,4	260	136	5,2	7,5	27	140	1,4%	
	LWS	118	133	1,1	9,9	1,6	1,2	2,0	437	1740	11,1	1,0	24,8	21,9	279	13,6	11,7	151	7,5	8,4	279	151	7,5	8,4	23	85	0,8%	
6 bis 10 Jahre	Hirnschädel	121	231	1,3	7,0	3,9	1,0	5,9	37	88	12,8	1,0	42,4	43,7	582	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,9	2,1	604	n.a.	2,0	2,2	44	1391	13,8%
	Gesichtsschädel/NNH	114	78	0,8	10,3	1,2	1,2	2,1	424	2042	9,8	1,0	13,1	13,2	147	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	147	n.a.	0,5	0,5	25	124	1,2%	
	Thorax	114	69	0,7	13,2	2,5	1,2	4,2	-103	740	20,4	1,0	10,5	8,5	194	5,5	4,5	102	2,6	3,3	196	103	2,6	3,3	39	543	5,4%	
	Gesamtabdomen	115	87	0,7	11,0	2,6	1,2	4,4	43	340	29,0	1,2	12,6	10,7	342	6,7	5,6	180	4,7	6,8	407	214	5,6	8,1	32	213	2,1%	
	LWS	119	167	1,0	8,5	1,5	1,1	2,2	482	1804	11,7	1,0	31,5	28,3	383	17,2	15,2	208	7,1	8,0	383	208	7,1	8,0	23	99	1,0%	
11 bis 15 Jahre	Hirnschädel	122	284	1,3	8,7	3,5	1,0	5,7	37	139	13,9	1,1	52,6	53,2	764	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	2,3	809	n.a.	2,2	2,5	44	1434	14,2%
	Gesichtsschädel/NNH	118	86	0,8	10,0	1,3	1,2	2,0	423	1995	11,4	1,0	15,7	15,4	201	n.a.	n.a.	n.a.	0,6	0,6	201	n.a.	0,6	0,6	28	231	2,3%	
	Thorax	119	90	0,7	13,7	2,6	1,2	4,4	-100	741	26,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	7,7	6,2	180	2,8	3,7	n.a.	186	2,9	3,8	40	613	6,1%	
	Gesamtabdomen	119	125	0,7	12,9	2,7	1,2	4,5	46	342	35,9	1,2	n.a.	n.a.	n.a.	10,1	8,3	328	5,4	7,9	n.a.	433	7,2	10,3	33	254	2,5%	
	LWS	121	149	0,9	11,8	1,4	1,0	1,8	386	1638	15,9	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	15,4	16,7	294	6,4	7,3	n.a.	294	6,4	7,3	26	149	1,5%	
Erwachsene (MSTC-Umfrage 2002)	Hirnschädel	122	317	1,4	2,8	5,7	1,0	7,3			13,2	1,3	58,4	55,6	881	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,3	2,6	1099	n.a.	2,9	3,1	104		
	Gesichtsschädel/NNH	123	123	0,9	3,2	1,7	1,1	2,4			10,2	1,0	28,2	26,7	298	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8	0,9	311	n.a.	0,8	0,9	102		
	Thorax	128	163	0,7	3,4	4,0	1,4	6,3			31,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	14,8	10,9	368	5,2	6,8	n.a.	381	5,4	7,0	108			
	Gesamtabdomen	121	200	0,7	3,3	4,3	1,3	6,6			41,9	1,5	n.a.	n.a.	n.a.	15,6	12,6	568	8,5	12,3	n.a.	848	12,7	18,4	106			
	LWS	130	285	1,2	3,1	2,3	1,0	2,8			13,5	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	30,3	32,4	474	9,5	10,7	n.a.	474	9,5	10,7	107			
Erwachsene (ESCT-Umfrage 1999)	Hirnschädel	127	327	2,2	1,0	8,4	1,0	8,4			12,3	1,5	57,1	56,3	676	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	2,0	980	n.a.	2,6	2,9	810		
	Gesichtsschädel/NNH	126	239	1,9	1,0	3,3	1,3	3,3			9,1	1,1	41,0	36,9	406	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,1	1,2	448	n.a.	1,2	1,3	792		
	Thorax	127	191	1,4	1,0	8,4	1,3	8,4			29,8	1,2	n.a.	n.a.	n.a.	18,4	15,4	417	5,8	6,9	n.a.	514	7,1	8,6	798			
	Gesamtabdomen	124	228	1,5	1,0	8,9	1,3	8,9			40,7	1,6	n.a.	n.a.	n.a.	20,9	17,9	751	10,9	15,0	n.a.	1236	17,9	24,7	791			
	LWS	131	317	2,4	1,0	3,3	1,1	3,3			6,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	39,2	38,4	230	4,4	4,9	n.a.	234	4,4	5,0	796			

Tab. A5 Mittelwerte der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT, sortiert nach Altersgruppen (Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen und Abkürzungen s. Tab. A.7); zum Vergleich sind die entsprechenden Werte für Erwachsene aus den Umfragen 1999 (ESCT) und 2002 (MSTC) mit aufgeführt.

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06

Mittelwerte

Untersuchungsart	Altersgruppe	Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scanserie				Dosiswerte pro Untersuchung				Allgemeines								
		U [kV]	Oel [mAs]	IR [s]	N	hcol [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	Fenster C	W	Länge [cm]	Phasen	CTDIw16 [mGy]	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIw32 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	Teilnehmer	Anteil		
Hirnschädel	Neugeborene	116	128	1,2	6,3	3,3	1,0	4,5	36	85	9,8	1,0	21,9	227	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	2,4	233	n.a.	2,2	2,4	27	112	1,1%	
	Bis 1 Jahr	115	162	1,2	6,7	3,5	1,0	5,4	36	85	10,7	1,0	26,4	302	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	2,3	323	n.a.	2,3	2,5	42	559	5,5%	
	1 bis 5 Jahre	119	197	1,2	9,3	3,4	1,0	5,7	46	117	11,9	1,1	35,4	452	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	2,0	470	n.a.	1,9	2,1	48	1634	16,2%	
	6 bis 10 Jahre	121	284	1,3	7,0	3,9	1,0	5,9	37	88	12,8	1,0	42,4	582	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,9	2,1	604	n.a.	2,0	2,2	44	1391	13,8%	
	11 bis 15 Jahre	122	291	1,3	8,7	3,5	1,0	5,7	37	139	13,9	1,1	52,6	764	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	2,3	809	n.a.	2,2	2,5	44	1434	14,2%	
	Erw. (MSCT 2002)	122	317	1,4	2,8	5,7	1,0	7,3			13,2	1,3	58,9	61,1	881	n.a.	n.a.	n.a.	2,3	2,5	1099	n.a.	2,9	3,2	104			
	Erw. (ESCT 1999)	127	327	2,2	1,0	8,4	1,0	8,4			12,3	1,5	57,1	67,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	2,0	981	n.a.	2,6	2,9	810			
Gesichtsschädel/MNH	Neugeborene	108	81	0,9	11,4	1,2	1,4	2,4	399	1850	8,3	1,0	15,1	137	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,3	1,4	137	n.a.	1,3	1,4	9	6	0,1%	
	Bis 1 Jahr	110	46	0,8	11,3	1,1	1,2	2,2	523	2273	7,3	1,0	7,5	68	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	68	n.a.	0,5	0,5	11	13	0,1%	
	1 bis 5 Jahre	113	68	0,8	9,4	1,2	1,1	2,1	428	2023	9,1	1,0	11,1	116	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	116	n.a.	0,5	0,5	18	71	0,7%	
	6 bis 10 Jahre	114	78	0,8	10,3	1,2	1,2	2,1	424	2042	9,8	1,0	13,1	147	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	147	n.a.	0,5	0,5	25	124	1,2%	
	11 bis 15 Jahre	118	86	0,8	10,0	1,3	1,2	2,0	423	1995	11,4	1,0	15,7	201	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,6	0,6	201	n.a.	0,6	0,6	28	231	2,3%	
	Erw. (MSCT 2002)	123	123	0,9	3,2	1,7	1,1	2,5			10,2	1,0	28,5	298	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8	0,9	311	n.a.	0,8	0,9	102			
	Erw. (ESCT 1999)	126	239	1,9	1,0	3,3	1,3	3,3			9,1	1,1	41,0	406	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,1	1,2	448	n.a.	1,2	1,3	792			
Thorax	Neugeborene	100	44	0,6	10,8	2,0	1,3	3,3	88	746	10,1	1,0	4,5	46	2,5	2,0	2,5	2,0	1,6	2,1	46	25	1,6	2,1	21	64	0,6%	
	Bis 1 Jahr	108	52	0,7	13,0	1,9	1,2	3,4	-127	812	12,3	1,0	6,0	77	3,1	2,8	3,1	2,8	4,0	1,9	2,4	81	42	1,9	2,5	31	143	1,4%
	1 bis 5 Jahre	111	55	0,7	14,6	2,1	1,2	3,7	-102	747	16,4	1,0	7,0	116	3,7	3,2	3,7	3,2	6,1	2,2	2,8	120	63	2,2	2,9	36	397	3,9%
	6 bis 10 Jahre	114	69	0,7	13,2	2,5	1,2	4,2	-103	740	20,4	1,0	10,5	194	5,5	4,5	5,5	4,5	10,2	2,6	3,3	196	103	2,6	3,3	39	543	5,4%
	11 bis 15 Jahre	119	90	0,7	13,7	2,6	1,2	4,4	-100	741	26,0	1,0	n.a.	n.a.	7,7	6,2	7,7	6,2	18,0	2,8	3,7	n.a.	186	2,9	3,8	40	613	6,1%
	Erw. (MSCT 2002)	128	163	0,7	3,4	4,0	1,4	6,3			31,0	1,0	n.a.	n.a.	14,9	11,0	14,9	11,0	368	5,2	6,8	n.a.	381	5,4	7,0	108		
	Erw. (ESCT 1999)	127	191	1,4	1,0	8,4	1,3	8,4			29,8	1,2	n.a.	n.a.	18,4	15,4	18,4	15,4	416	5,8	6,9	n.a.	514	7,1	8,6	798		
Gesamtabdomen	Neugeborene	108	45	0,6	8,6	2,3	1,2	3,8	50	357	14,2	1,1	5,2	71	2,9	2,3	2,9	2,3	3,9	2,9	4,2	77	43	3,1	4,4	13	27	0,3%
	Bis 1 Jahr	114	53	0,6	14,5	2,0	1,2	3,7	43	349	19,6	1,2	7,0	148	3,8	3,3	3,8	3,3	7,9	3,9	5,6	177	94	4,6	6,7	22	61	0,6%
	1 bis 5 Jahre	116	61	0,7	11,6	2,5	1,2	4,1	46	339	25,1	1,1	9,0	219	4,8	4,1	4,8	4,1	11,5	4,4	6,4	280	136	5,2	7,5	27	140	1,4%
	6 bis 10 Jahre	115	87	0,7	11,0	2,6	1,2	4,4	43	340	29,0	1,2	12,6	342	6,7	5,6	6,7	5,6	18,0	4,7	6,8	407	214	5,6	8,1	32	213	2,1%
	11 bis 15 Jahre	119	125	0,7	12,9	2,7	1,2	4,5	46	342	35,9	1,2	n.a.	n.a.	10,1	8,3	10,1	8,3	32,8	5,4	7,9	n.a.	433	7,2	10,3	33	254	2,5%
	Erw. (MSCT 2002)	121	200	0,7	3,3	4,3	1,3	6,6			41,9	1,5	n.a.	n.a.	15,6	12,7	15,6	12,7	568	8,5	12,3	n.a.	848	12,7	18,4	106		
	Erw. (ESCT 1999)	124	228	1,5	1,0	8,9	1,3	8,9			40,7	1,6	n.a.	n.a.	20,9	17,9	20,9	17,9	751	10,9	15,0	n.a.	1236	17,9	24,7	791		
LWS	Neugeborene	118	61	0,8	12,3	1,5	1,3	2,5	575	2000	8,3	1,0	9,0	90	5,2	4,3	5,2	4,3	5,2	4,1	4,6	90	52	4,1	4,6	4	7	0,0%
	Bis 1 Jahr	116	118	0,9	11,7	1,4	1,1	2,1	434	1563	9,7	1,0	21,9	297	11,8	12,7	11,8	12,7	16,0	10,7	12,0	297	160	10,7	12,0	9	10	0,1%
	1 bis 5 Jahre	118	133	1,1	9,9	1,6	1,2	2,0	437	1740	11,1	1,0	24,8	279	13,6	11,7	13,6	11,7	15,1	7,5	8,4	279	151	7,5	8,4	23	85	0,8%
	6 bis 10 Jahre	119	167	1,0	8,5	1,5	1,1	2,2	482	1804	11,7	1,0	31,5	383	17,2	15,2	17,2	15,2	20,8	7,1	8,0	383	208	7,1	8,0	23	99	1,0%
	11 bis 15 Jahre	121	149	0,9	11,8	1,4	1,0	1,8	386	1638	15,9	1,0	n.a.	n.a.	15,4	16,7	15,4	16,7	29,4	6,4	7,3	n.a.	294	6,4	7,3	26	149	1,5%
	Erw. (MSCT 2002)	130	285	1,2	3,1	2,3	1,0	2,9			13,5	1,0	n.a.	n.a.	30,5	32,6	30,5	32,6	47,4	9,5	10,7	n.a.	474	9,5	10,7	107		
	Erw. (ESCT 1999)	131	381	2,4	1,0	3,3	1,1	3,3			6,0	1,0	n.a.	n.a.	39,2	38,4	39,2	38,4	230	4,4	4,9	n.a.	234	4,4	5,0	796		

Tab. A6 Mittelwerte der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT, sortiert nach Untersuchungsarten (Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen und Abkürzungen s. Tab. A.7); zum Vergleich sind die entsprechenden Werte für Erwachsene aus den Umfragen 1999 (ESCT) und 2002 (MSCT) mit aufgeführt.

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
1. Quartile

Altersgruppe	Untersuchungsart		Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scannerie					Dosiswerte pro Untersuchung				Allgemeines				
	U [kV]	Qel [mAs]	IR [s]	N	hcol [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	C	W	Länge [cm]	Phasen	CTDIvol16 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	Teilnehmer	Unters.	Anteil	
Neugeborene	Hirnschädel	120	80	0,8	1,0	1,5	1,0	3,5	76	8,7	1,0	14,1	16,1	162	n.a.	n.a.	1,5	1,6	170	n.a.	1,6	1,7	27	112	1,1%	
	Gesichtsschädel/NNH	80	23	0,5	1,0	0,8	2,0	400	1500	5,0	1,0	3,3	4,3	40	n.a.	n.a.	0,4	0,4	40	n.a.	0,4	0,4	9	6	0,1%	
	Thorax	80	23	0,5	1,0	0,8	1,0	3,0	-250	350	8,8	1,0	2,1	2,0	25	1,1	1,1	0,9	1,1	25	14	0,9	1,1	21	64	0,6%
	Gesamtabdomen	90	30	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	40	350	13,0	1,0	4,3	3,1	49	2,2	1,8	1,9	2,7	49	28	1,9	2,7	13	27	0,3%
	LWS	118	59	0,8	1,2,3	0,8	1,3	2,0	300	1500	7,0	1,0	8,7	5,8	59	5,1	3,4	2,5	2,8	59	35	2,5	2,8	4	1	0,0%
Bis 1 Jahr	Hirnschädel	120	100	0,8	2,0	1,5	1,0	4,5	35	76	10,0	1,0	15,6	16,9	179	n.a.	n.a.	1,2	1,3	183	n.a.	1,3	1,4	42	559	5,5%
	Gesichtsschädel/NNH	105	30	0,5	3,0	0,8	1,3	400	1800	6,0	1,0	3,5	4,5	37	n.a.	n.a.	0,3	0,3	37	n.a.	0,3	0,3	11	13	0,1%	
	Thorax	100	28	0,5	4,0	0,8	1,0	2,9	-400	350	10,0	1,0	3,4	2,6	36	1,8	1,4	1,0	1,3	36	19	1,0	1,3	31	143	1,4%
	Gesamtabdomen	120	34	0,5	4,0	0,9	1,0	3,0	40	328	17,3	1,0	4,7	4,0	87	2,5	2,3	1,9	2,8	100	52	2,4	3,4	22	61	0,6%
	LWS	120	60	0,8	4,0	1,0	0,8	1,3	300	1500	9,0	1,0	8,7	6,3	71	5,1	3,4	2,6	2,9	71	41	2,6	2,9	9	10	0,1%
2 bis 5 Jahre	Hirnschädel	120	126	0,8	2,0	1,5	1,0	4,5	35	80	11,0	1,0	19,3	21,6	271	n.a.	n.a.	1,1	1,2	278	n.a.	1,1	1,2	48	1634	16,2%
	Gesichtsschädel/NNH	120	36	0,8	2,5	0,8	0,7	1,3	325	1525	7,1	1,0	4,8	6,1	51	n.a.	n.a.	0,2	0,2	51	n.a.	0,2	0,2	18	71	0,7%
	Thorax	100	30	0,5	4,0	0,9	1,0	3,0	-400	350	15,0	1,0	3,7	3,0	60	2,0	1,6	1,1	1,4	60	30	1,2	1,5	36	397	3,9%
	Gesamtabdomen	120	36	0,5	2,0	1,4	1,0	3,0	40	310	22,0	1,0	5,0	4,2	103	2,7	2,5	1,8	2,6	105	58	1,9	2,8	27	140	1,4%
	LWS	120	74	0,8	1,5	1,0	0,8	1,3	325	1500	10,0	1,0	9,3	8,7	105	5,3	5,1	2,6	3,0	105	54	2,6	3,0	23	85	0,8%
6 bis 10 Jahre	Hirnschädel	120	173	0,9	2,0	1,5	1,0	4,5	35	80	12,0	1,0	22,9	29,3	394	n.a.	n.a.	1,3	1,4	394	n.a.	1,3	1,4	44	1391	13,8%
	Gesichtsschädel/NNH	120	38	0,8	2,0	0,8	0,7	1,3	300	1500	8,1	1,0	5,7	5,5	68	n.a.	n.a.	0,2	0,2	68	n.a.	0,2	0,2	25	124	1,2%
	Thorax	105	39	0,5	3,0	0,9	1,0	3,0	-400	350	18,1	1,0	4,7	3,7	98	2,4	2,0	1,2	1,5	100	58	1,2	1,6	39	543	5,4%
	Gesamtabdomen	120	56	0,5	3,5	1,2	1,0	3,0	40	320	26,8	1,0	7,8	6,0	220	4,5	3,2	3,0	4,3	227	124	3,1	4,5	32	213	2,1%
	LWS	120	97	0,8	1,5	0,9	0,8	1,3	400	1500	10,0	1,0	12,9	11,7	147	6,9	6,4	2,8	3,2	147	80	2,8	3,2	23	99	1,0%
11 bis 15 Jahre	Hirnschädel	120	230	1,0	2,0	1,5	1,0	4,5	35	80	13,0	1,0	41,3	44,4	588	n.a.	n.a.	1,6	1,8	588	n.a.	1,6	1,8	44	1434	14,2%
	Gesichtsschädel/NNH	120	45	0,8	2,0	0,8	0,7	1,3	240	1500	9,3	1,0	7,1	7,8	94	n.a.	n.a.	0,3	0,3	94	n.a.	0,3	0,3	28	231	2,3%
	Thorax	120	56	0,5	3,5	1,3	1,0	3,0	-400	350	24,1	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	4,3	4,0	1,8	2,3	112	112	1,8	2,3	40	613	6,1%
	Gesamtabdomen	120	88	0,5	2,0	1,3	1,0	3,0	40	320	30,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	6,7	6,5	3,6	5,2	215	215	3,8	5,5	33	254	2,5%
	LWS	120	90	0,8	2,5	0,8	0,7	1,1	213	1500	12,3	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	7,3	7,4	2,6	3,0	120	120	2,6	3,0	26	149	1,5%

Bedeutung von Begriffen und Abkürzungen

U	Röhrenspannung (in kV)	E (m)	Effektive Dosis für männliche Patienten (in mSv)
Qel	elektrisches Strom-Zeit-Produkt (in mAs)	E (w)	Effektive Dosis für weibliche Patienten (in mSv)
IR	Rotationszeit (in s)	Teilnehmer	Anzahl der Geräte, an denen eine bestimmte Untersuchungsart in der betreffenden Altersgruppe durchgeführt wird
N	Zahl der pro Umdrehung gleichzeitig erfassten Schichten	Unters.	Anzahl der jährlichen Untersuchungen für die betreffende Altersgruppe
hcol	Schichtkollimation (in mm)	Unters.	Anzahl der jährlichen Untersuchungen für die betreffende Untersuchungsart und Altersgruppe
Pitch	Pitchfaktor	Anteil	Anteil der betreffenden Untersuchungsart und Altersgruppe (100% = sämtliche pädiatrische CT-Untersuchungen)
hrec	rekonstruierte Schichtdicke (in mm)		
Fenster	Fensterinstellung (C=Mitte, W=Weite)		

Tab. A7 Werte der ersten Quartile der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT, sortiert nach Altersgruppen.

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
Median

Altersgruppe	Untersuchungsart	Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scanserie						Dosiswerte pro Untersuchung				Allgemeines					
		U [kV]	Oel [mAs]	IR [s]	N	hcol [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	Window C	Window W	Länge [cm]	Phasen	CTDIw16 [mGy]	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIw32 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m) [mSv]	E (w) [mSv]	Teil-Unters.	Anteil	
Neugeborene	Hirnschädel	120	110	1,0	4,0	2,5	1,0	5,0	35	80	10,0	1,0	17,5	18,0	181	n.a.	n.a.	n.a.	1,7	1,8	190	n.a.	1,7	1,9	27	112	1,1%
	Gesichtsschädel/NNH	120	45	0,8	16,0	0,8	0,9	3,0	450	1700	9,0	1,0	4,6	4,5	51	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	51	n.a.	0,5	0,5	9	6	0,1%
	Thorax	100	30	0,5	10,0	1,5	1,2	3,0	40	400	10,0	1,0	4,0	3,1	35	2,0	1,6	18	1,2	1,2	35	18	1,2	1,6	21	64	0,6%
	Gesamtabdomen	120	34	0,5	10,0	1,5	1,1	3,0	50	350	14,0	1,0	4,7	4,4	64	2,7	2,3	36	2,5	3,6	64	36	2,9	4,2	13	27	0,3%
	LWS	120	60	0,8	16,0	1,1	1,5	2,5	500	1750	8,0	1,0	8,8	6,2	62	5,1	3,5	35	3,2	3,6	62	35	3,2	3,6	4	1	0,0%
Bis 1 Jahr	Hirnschädel	120	150	1,0	4,0	2,8	1,0	5,0	35	80	10,8	1,0	21,9	21,9	252	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	2,0	284	n.a.	1,8	2,0	42	559	5,5%
	Gesichtsschädel/NNH	120	40	0,8	16,0	0,8	0,8	3,0	500	2000	7,0	1,0	5,5	7,1	72	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	72	n.a.	0,5	0,5	11	13	0,1%
	Thorax	120	39	0,5	16,0	1,5	1,1	3,0	40	400	12,0	1,0	4,7	3,9	68	2,7	2,3	38	1,5	1,9	70	38	1,5	2,0	31	143	1,4%
	Gesamtabdomen	120	47	0,5	16,0	1,5	1,2	3,7	40	350	20,0	1,0	5,7	4,8	104	3,3	2,5	57	2,8	4,0	118	62	3,1	4,5	22	61	0,6%
	LWS	120	90	0,8	16,0	1,3	0,9	2,0	500	1500	10,0	1,0	9,8	11,8	195	5,4	6,8	113	5,8	6,5	195	113	5,8	6,5	9	10	0,1%
2 bis 5 Jahre	Hirnschädel	120	200	1,0	4,0	2,5	1,0	5,0	35	80	12,0	1,0	28,6	28,6	374	n.a.	n.a.	n.a.	1,5	1,6	411	n.a.	1,6	1,8	48	1634	16,2%
	Gesichtsschädel/NNH	120	49	0,8	11,0	1,0	0,8	2,0	425	2000	8,5	1,0	10,1	10,4	114	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,5	114	n.a.	0,5	0,5	18	71	0,7%
	Thorax	120	49	0,5	16,0	1,5	1,1	4,0	40	400	15,8	1,0	5,7	4,6	95	3,1	2,3	52	1,4	1,9	98	54	1,5	1,9	36	397	3,9%
	Gesamtabdomen	120	54	0,5	10,0	1,5	1,1	5,0	50	350	25,0	1,0	7,5	6,5	181	4,0	3,4	89	3,8	5,5	184	95	4,1	5,9	27	140	1,4%
	LWS	120	100	1,0	4,0	1,3	1,1	2,0	475	1600	11,0	1,0	14,9	11,8	160	7,6	6,1	76	4,0	4,5	160	76	4,0	4,5	23	85	0,8%
6 bis 10 Jahre	Hirnschädel	120	235	1,0	4,0	3,1	1,0	5,0	35	80	13,0	1,0	40,5	41,3	536	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	1,9	539	n.a.	1,8	2,0	44	1391	13,8%
	Gesichtsschädel/NNH	120	70	0,8	6,0	1,0	0,9	2,0	500	2000	9,0	1,0	11,7	10,7	114	n.a.	n.a.	n.a.	0,4	0,4	114	n.a.	0,4	0,4	25	124	1,2%
	Thorax	120	58	0,5	16,0	1,5	1,3	5,0	40	400	20,0	1,0	8,1	6,5	148	4,2	3,2	83	2,0	2,6	148	83	2,0	2,6	39	543	5,4%
	Gesamtabdomen	120	81	0,5	10,0	1,5	1,3	5,0	40	350	30,0	1,0	12,4	9,1	301	6,5	5,0	157	4,3	6,2	309	164	4,3	6,2	32	213	2,1%
	LWS	120	167	1,0	4,0	1,3	1,0	2,0	500	2000	12,0	1,0	31,3	23,8	259	17,1	13,5	143	5,3	6,0	259	143	5,3	6,0	23	99	1,0%
11 bis 15 Jahre	Hirnschädel	120	300	1,0	4,0	2,5	1,0	5,0	36	83	14,0	1,0	51,6	54,6	763	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	2,3	789	n.a.	2,2	2,4	44	1434	14,2%
	Gesichtsschädel/NNH	120	77	0,8	5,0	1,0	0,9	2,0	500	2000	10,0	1,0	13,1	12,9	164	n.a.	n.a.	n.a.	0,4	0,5	164	n.a.	0,4	0,5	28	231	2,3%
	Thorax	120	87	0,5	16,0	1,5	1,2	5,0	40	400	26,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	6,4	5,9	166	2,6	3,4	166	166	2,6	3,4	40	613	6,1%
	Gesamtabdomen	120	114	0,5	10,0	1,5	1,4	5,0	50	350	36,6	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	9,4	8,0	336	5,5	7,9	339	339	5,6	8,1	33	254	2,5%
	LWS	120	140	0,9	11,0	1,0	0,8	2,0	425	2000	16,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	11,1	10,8	207	4,3	4,9	207	207	4,3	4,9	26	149	1,5%

Bedeutung von Begriffen und Abkürzungen

U	Röhrenspannung (in kV)	Länge	Länge des abgebildeten Körperabschnitts (=Netto-Scanlänge) (in cm)	E (m.)	Effektive Dosis für männliche Patienten (in mSv)
Oel	elektrisches Strom-Zeit-Produkt (in mAs)	Serien	Anzahl der Scanserien (=Phasen)	E (w.)	Effektive Dosis für weibliche Patienten (in mSv)
IR	Rotationszeit (in s)	CTDIw16	Gewichteter CTDI für 16 cm Kopffantom (in mGy)	Teilnehmer	Anzahl der Geräte, an denen eine bestimmte Untersuchungsart in der betreffenden Altersgruppe durchgeführt wird
N	Zahl der pro Umdrehung gleichzeitig erfassten Schichten	CTDIvol16	Volumen-CTDI für 16 cm Kopffantom (in mGy)	Unters.	Anzahl der jährlichen Untersuchungen für die betreffende Altersgruppe
hcol	Schichtkollimation (in mm)	DLP16	Dosislängenprodukt für 16 cm Kopffantom (in mGy x cm)	Anteil	Anteil der betreffenden Untersuchungsart und Altersgruppe (100% = sämtliche pädiatrische CT-Untersuchungen)
Pitch	rekonstruierte Schichtdicke (in mm)	CTDIw32	Volumen-CTDI für 32 cm Rumpffantom (in mGy)		
hrec	fensterreinstellung (C=Mitte, W=Weite)	DLP32	Dosislängenprodukt für 32 cm Rumpffantom (in mGy x cm)		

Tab. A8 Medianwerte der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT, sortiert nach Altersgruppen.

**Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
3. Quartile**

Altersgruppe	Untersuchungsart	Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scanserie					Dosiswerte pro Untersuchung					Allgemeines						
		U [kV]	Qel [mAs]	IR [s]	N	hcol [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	W	C	Fenster	Länge [cm]	Phasen	CTDIw/16 [mGy]	CTDIvol/16 [mGy]	DLP/16 [mGy*cm]	CTDIw/32 [mGy]	CTDIvol/32 [mGy]	DLP/32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	DLP/16 [mGy*cm]	DLP/32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	Teilnehmer	Anteil	
Neugeborene	Hirnschädel	120	158	1,5	8,0	5,0	1,0	5,0	40	88	10,8	1,0	26,9	26,1	275	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,5	2,8	275	n.a.	2,5	2,8	27	112	1,1%
	Gesichtsschädel/NNH	120	60	1,0	16,0	1,0	1,5	3,0	500	2000	10,0	1,0	10,7	7,1	58	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,6	58	n.a.	0,5	0,6	9	6	0,1%
	Thorax	120	64	0,8	16,0	3,0	1,5	4,0	50	1250	10,6	1,0	5,6	4,2	47	3,2	2,1	26	1,8	2,3	47	26	1,8	2,3	21	64	0,6%	
	Gesamtabdomen	120	65	0,8	16,0	3,0	1,5	5,0	50	380	15,0	1,0	5,5	4,6	81	3,1	2,5	45	3,7	5,4	105	50	3,7	5,4	13	27	0,3%	
	LWS	120	62	0,8	16,0	1,9	1,5	3,0	775	2250	9,3	1,0	9,1	7,8	92	5,2	4,4	52	4,8	5,4	92	52	4,8	5,4	4	7	0,0%	
Bis 1 Jahr	Hirnschädel	120	200	1,5	8,0	5,0	1,0	7,5	40	84	11,0	1,0	38,5	33,6	393	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,7	2,9	393	n.a.	2,7	2,9	42	559	5,5%
	Gesichtsschädel/NNH	120	53	1,0	16,0	1,3	0,9	3,0	700	3100	8,5	1,0	9,4	10,8	84	n.a.	n.a.	n.a.	0,6	0,7	84	n.a.	0,6	0,7	11	73	0,1%	
	Thorax	120	60	0,8	16,0	2,5	1,5	5,0	50	1450	13,0	1,0	7,1	6,9	93	3,8	3,8	49	2,2	2,9	95	55	2,4	3,1	31	143	1,4%	
	Gesamtabdomen	120	66	0,8	16,0	2,5	1,5	5,0	50	365	20,0	1,4	8,6	6,8	164	4,9	3,9	82	4,0	5,8	191	111	4,3	6,2	22	61	0,6%	
	LWS	120	150	1,0	16,0	1,5	1,5	3,0	500	2000	10,0	1,0	39,2	39,2	564	19,6	22,8	282	20,7	23,2	564	282	20,7	23,2	9	70	0,1%	
2 bis 5 Jahre	Hirnschädel	120	266	1,5	13,0	5,0	1,0	7,6	40	95	12,5	1,0	51,4	49,0	611	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,5	2,7	640	n.a.	2,5	2,7	48	1634	16,2%
	Gesichtsschädel/NNH	120	79	1,0	16,0	1,3	1,3	3,0	600	3000	10,8	1,0	14,2	12,3	132	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,6	132	n.a.	0,5	0,6	18	71	0,7%	
	Thorax	120	67	0,8	16,0	2,5	1,5	5,0	50	1325	17,2	1,0	8,7	8,4	137	4,5	4,4	73	2,8	3,6	137	76	2,8	3,6	36	397	3,9%	
	Gesamtabdomen	120	82	0,8	16,0	3,8	1,5	5,0	50	350	28,1	1,0	10,7	8,3	261	6,1	4,7	147	4,6	6,6	274	155	4,8	6,9	27	140	1,4%	
	LWS	120	200	1,3	16,0	2,0	1,5	3,0	500	2000	12,5	1,0	38,6	33,4	483	21,6	20,3	278	12,6	14,2	483	278	12,6	14,2	23	85	0,8%	
6 bis 10 Jahre	Hirnschädel	120	300	1,5	12,0	5,0	1,0	8,0	40	95	13,5	1,0	55,5	58,0	711	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,3	2,6	784	n.a.	2,5	2,8	44	1391	13,8%
	Gesichtsschädel/NNH	120	100	1,0	16,0	1,5	1,5	3,0	600	3000	10,0	1,0	18,1	16,2	162	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,6	162	n.a.	0,5	0,6	25	124	1,2%	
	Thorax	120	89	0,8	16,0	5,0	1,5	5,0	50	1350	22,7	1,0	13,6	11,9	257	7,2	6,0	128	3,4	4,4	287	128	3,4	4,4	39	543	5,4%	
	Gesamtabdomen	120	111	0,8	16,0	5,0	1,5	5,0	50	350	31,6	1,0	16,3	13,7	477	8,8	7,4	227	5,9	8,5	489	227	7,5	10,8	32	213	2,1%	
	LWS	120	200	1,0	16,0	2,3	1,5	3,0	550	2000	12,0	1,0	47,3	37,3	524	26,2	22,6	306	10,6	11,9	524	306	10,6	11,9	23	99	1,0%	
11 bis 15 Jahre	Hirnschädel	120	350	1,5	16,0	5,0	1,0	7,5	40	96	14,6	1,0	65,2	64,5	920	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,5	2,8	1007	n.a.	2,9	3,2	44	1434	14,2%
	Gesichtsschädel/NNH	120	100	1,0	16,0	1,5	1,5	3,0	600	3000	13,6	1,0	22,5	18,8	243	n.a.	n.a.	n.a.	0,7	0,7	243	n.a.	0,7	0,7	28	231	2,3%	
	Thorax	120	110	0,8	16,0	5,0	1,5	5,0	50	1325	30,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	11,1	8,0	244	3,8	4,9	259	259	3,8	5,0	40	613	6,1%	
	Gesamtabdomen	120	149	0,8	16,0	5,0	1,5	5,0	50	350	40,0	1,5	n.a.	n.a.	n.a.	12,0	10,1	402	6,5	9,4	546	546	8,5	12,3	33	254	2,5%	
	LWS	120	200	1,0	16,0	1,9	1,4	2,0	500	2000	16,8	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	20,4	17,9	294	6,8	7,7	294	294	6,8	7,7	26	149	1,5%	

Bedeutung von Begriffen und Abkürzungen

U	Röhrenspannung (in kV)	E (m.)	Effektive Dosis für männliche Patienten (in mSv)
Qel	elektrisches Strom-Zeit-Produkt (in mAs)	E (w.)	Effektive Dosis für weibliche Patienten (in mSv)
IR	Rotationszeit (in s)	Teilnehmer	Anzahl der Geräte, an denen eine bestimmte Untersuchungsart in der betreffenden Altersgruppe durchgeführt wird
N	Zahl der pro Umdrehung gleichzeitig erfaßten Schichten	Unters.	Anzahl der jährlichen Untersuchungen für die betreffende Altersgruppe und Altersgruppe
hcol	Schichtkollimation (in mm)	Anteil	Anteil der betreffenden pädiatrischen CT-Untersuchungen (100% = sämtliche pädiatrische CT-Untersuchungen)
Pitch	Pitchfaktor		
hrec	rekonstruierte Schichtdicke (in mm)		
Fenster	Fensterstellung (C=Mitte, W=Weite)		

Tab. A9 Werte der dritten Quartile der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT, sortiert nach Altersgruppen.

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
Untersuchungsart Hirnschädel

Altersgruppe	Statistische Größe		Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scanserie						Dosiswerte pro Untersuchung			Allgemeines				
	U [kV]	Qel [mAs]	IR [s]	N	hcool [mm]	Pitch	hrec [mm]	C	W	Länge [cm]	Serien (Phasen)	CTDIw16 [mGy]	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIw32 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	Teilnehmer	Unters.	Anteil
Neugeborene	Mittelwert	116	128	1,2	6,3	3,3	1,0	4,5	36	85	9,8	1,0	21,8	21,9	227	n.a.	n.a.	2,1	2,4	2,1	2,4	2,2	2,4	27	112	1,1%
	Streuung	9%	52%	46%	113%	63%	15%	31%	12%	16%	14%	13%	58%	55%	58%	n.a.	n.a.	61%	61%	61%	61%	58%	58%			
	Minimum	90	40	0,8	1,0	0,5	0,5	2,5	28	70	7,2	1,0	3,9	3,9	34	n.a.	n.a.	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	Maximum	140	300	3,0	32,0	8,0	1,5	8,0	43	120	12,0	1,5	54,4	54,4	632	n.a.	n.a.	5,8	6,3	5,8	6,3	5,8	6,3			
	1. Quartile	120	80	0,8	1,0	1,5	1,0	3,5	35	76	8,7	1,0	14,1	16,1	162	n.a.	n.a.	1,5	1,6	1,5	1,6	1,7	1,9			
Median	120	110	1,0	4,0	2,5	1,0	5,0	35	80	10,0	1,0	17,5	18,0	181	n.a.	n.a.	1,7	1,8	1,7	1,8	1,9	2,0				
3. Quartile	120	158	1,5	8,0	5,0	1,0	5,0	40	88	10,8	1,0	26,9	26,1	275	n.a.	n.a.	2,5	2,8	2,5	2,8	2,9	2,8				
Bis 1 J	Mittelwert	115	162	1,2	6,7	3,5	1,0	5,4	36	85	10,7	1,0	26,4	26,2	302	n.a.	n.a.	2,1	2,3	2,1	2,3	2,3	2,5	42	559	5,5%
	Streuung	12%	51%	44%	112%	66%	16%	38%	12%	19%	13%	18%	62%	62%	66%	n.a.	n.a.	66%	66%	66%	66%	78%	78%			
	Minimum	80	25	0,8	1,0	0,5	0,5	2,5	28	60	7,2	1,0	4,8	4,8	48	n.a.	n.a.	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4			
	Maximum	140	320	3,0	32,0	10,0	1,5	10,0	43	150	15,0	2,0	83,0	83,0	896	n.a.	n.a.	6,0	6,6	6,0	6,6	9,6	10,6			
	1. Quartile	120	100	0,8	2,0	1,5	1,0	4,5	35	76	10,0	1,0	15,6	16,9	179	n.a.	n.a.	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,4			
Median	120	150	1,0	4,0	2,8	1,0	5,0	35	80	10,8	1,0	21,9	21,9	252	n.a.	n.a.	1,8	2,0	1,8	2,0	2,0	2,0				
3. Quartile	120	200	1,5	8,0	5,0	1,0	7,5	40	84	11,0	1,0	38,5	33,6	393	n.a.	n.a.	2,7	2,9	2,7	2,9	2,7	2,9				
2 bis 5 J	Mittelwert	119	197	1,2	9,3	3,4	1,0	5,7	46	117	11,9	1,1	35,4	35,7	492	n.a.	n.a.	1,8	2,0	1,8	2,0	1,9	2,1	48	1634	16,2%
	Streuung	8%	44%	48%	125%	75%	13%	38%	146%	175%	11%	18%	56%	53%	55%	n.a.	n.a.	56%	56%	56%	56%	55%	55%			
	Minimum	90	25	0,8	1,0	0,5	0,5	2,5	28	60	7,2	1,0	4,8	4,8	60	n.a.	n.a.	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3			
	Maximum	140	360	3,0	64,0	10,0	1,5	10,0	500	1500	15,0	2,0	83,0	83,0	1186	n.a.	n.a.	4,6	5,0	4,6	5,0	4,6	5,0			
	1. Quartile	120	126	0,8	2,0	1,5	1,0	4,5	35	80	11,0	1,0	19,3	21,6	271	n.a.	n.a.	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2			
Median	120	200	1,0	4,0	2,5	1,0	5,0	35	80	12,0	1,0	28,6	28,6	374	n.a.	n.a.	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,8				
3. Quartile	120	266	1,5	13,0	5,0	1,0	7,6	40	95	12,5	1,0	51,4	49,0	611	n.a.	n.a.	2,5	2,7	2,5	2,7	2,5	2,7				
6 bis 10 J	Mittelwert	121	231	1,3	7,0	3,9	1,0	5,9	37	88	12,8	1,0	42,4	43,7	582	n.a.	n.a.	1,9	2,1	1,9	2,1	2,0	2,2	44	1391	13,8%
	Streuung	7%	39%	45%	102%	71%	11%	36%	10%	18%	14%	12%	53%	51%	49%	n.a.	n.a.	50%	50%	50%	50%	51%	51%			
	Minimum	90	50	0,5	1,0	0,5	0,5	2,5	28	60	7,2	1,0	10,9	10,9	132	n.a.	n.a.	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5			
	Maximum	140	400	3,0	32,0	10,0	1,1	10,0	45	150	20,0	1,5	113,0	113,0	1424	n.a.	n.a.	4,8	5,3	4,8	5,3	4,8	5,3			
	1. Quartile	120	173	0,9	2,0	1,5	1,0	4,5	35	80	12,0	1,0	22,9	29,3	394	n.a.	n.a.	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3	1,4			
Median	120	235	1,0	4,0	3,1	1,0	5,0	35	80	13,0	1,0	40,5	41,3	536	n.a.	n.a.	1,8	1,9	1,8	1,9	1,8	2,0				
3. Quartile	120	300	1,5	12,0	5,0	1,0	8,0	40	95	13,5	1,0	55,5	58,0	711	n.a.	n.a.	2,3	2,6	2,3	2,6	2,5	2,8				
11 bis 15 J	Mittelwert	122	284	1,3	8,7	3,5	1,0	5,7	37	139	13,9	1,1	52,6	53,2	764	n.a.	n.a.	2,1	2,3	2,1	2,3	2,2	2,5	44	1434	14,2%
	Streuung	5%	29%	44%	100%	74%	12%	33%	16%	176%	15%	18%	37%	35%	36%	n.a.	n.a.	37%	37%	37%	37%	40%	40%			
	Minimum	110	50	0,8	1,0	0,5	0,6	2,5	20	60	7,2	1,0	10,9	10,9	178	n.a.	n.a.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
	Maximum	140	413	3,0	32,0	10,0	1,5	10,0	64	1500	20,0	2,0	113,0	113,0	1638	n.a.	n.a.	4,7	5,2	4,7	5,2	4,7	5,2			
	1. Quartile	120	230	1,0	2,0	1,5	1,0	4,5	35	80	13,0	1,0	41,3	44,4	588	n.a.	n.a.	1,6	1,8	1,6	1,8	1,6	1,8			
Median	120	300	1,0	4,0	2,5	1,0	5,0	36	83	14,0	1,0	51,6	54,6	763	n.a.	n.a.	2,1	2,3	2,1	2,3	2,2	2,4				
3. Quartile	120	350	1,5	16,0	5,0	1,0	7,5	40	96	14,6	1,0	65,2	64,5	920	n.a.	n.a.	2,5	2,8	2,5	2,8	2,9	3,2				

Tab. A10 Ergebnisse der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT für die Untersuchungsart Hirnschädel (Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen und Abkürzungen s. Tab. A.7).

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06 Untersuchungsart Gesichtsschädel/NNH																										
Altersgruppe	Statistische Größe			Untersuchungsparameter							Dosiswerte pro Scanserie					Dosiswerte pro Untersuchung				Allgemeines						
	U [kV]	Qel [mAs]	IR [s]	N	hcol [mm]	Pitch	Intsc [mm]	C	W	Fenster	Länge [cm]	Serien (Phasen)	CTDIw/16 [mGy]	CTDIvol/16 [mGy]	DLP16 [mGy·cm]	CTDIvol/32 [mGy]	DLP32 [mGy·cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	DLP16 [mGy·cm]	DLP32 [mGy·cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	Teilnehmer	Unters. Anteil	
Neugeborene	Mittelwert	108	81	0,9	11,4	1,2	1,4	2,4	399	1850	8,3	1,0	15,1	10,9	137	n.a.	n.a.	1,3	1,4	137	n.a.	1,3	1,4	9	6	0,1%
	Streuung	21%	143%	48%	92%	68%	100%	41%	83%	48%	54%	0%	172%	153%	202%	n.a.	n.a.	204%	204%	202%	n.a.	204%	204%	204%		
	Minimum	80	20	0,5	1,0	0,6	0,5	1,0	-250	150	3,0	1,0	2,9	3,2	20	n.a.	n.a.	0,2	0,2	20	n.a.	0,2	0,2			
	Maximum	140	385	1,5	32,0	3,0	5,0	4,0	850	3200	15,0	1,0	82,6	55,1	875	n.a.	n.a.	8,3	9,0	875	n.a.	8,3	9,0			
	1. Quartile	80	23	0,5	1,0	0,8	0,8	2,0	400	1500	5,0	1,0	3,3	4,3	40	n.a.	n.a.	0,4	0,4	40	n.a.	0,4	0,4			
Median	120	45	0,8	16,0	0,8	0,9	3,0	450	1700	9,0	1,0	4,6	4,5	51	n.a.	n.a.	0,5	0,5	51	n.a.	0,5	0,5				
3. Quartile	120	60	1,0	16,0	1,0	1,5	3,0	500	2000	10,0	1,0	10,7	7,1	58	n.a.	n.a.	0,5	0,6	58	n.a.	0,5	0,6				
Bis 1 J	Mittelwert	110	46	0,8	11,3	1,1	1,2	2,2	523	2273	7,3	1,0	7,5	7,7	68	n.a.	n.a.	0,5	0,5	68	n.a.	0,5	0,5	11	13	0,1%
	Streuung	15%	53%	39%	86%	54%	110%	42%	42%	39%	36%	0%	68%	45%	50%	n.a.	n.a.	50%	50%	50%	n.a.	50%	50%	50%		
	Minimum	80	23	0,5	1,0	0,6	0,5	1,0	500	500	3,5	1,0	3,3	4,0	23	n.a.	n.a.	0,2	0,2	23	n.a.	0,2	0,2			
	Maximum	120	100	1,5	32,0	2,5	5,0	3,2	850	3200	12,5	1,0	19,9	12,3	126	n.a.	n.a.	0,9	0,9	126	n.a.	0,9	0,9			
	1. Quartile	105	30	0,5	3,0	0,8	0,8	1,3	400	1800	6,0	1,0	3,5	4,5	37	n.a.	n.a.	0,3	0,3	37	n.a.	0,3	0,3			
Median	120	40	0,8	16,0	0,8	0,8	3,0	500	2000	7,0	1,0	5,5	7,1	72	n.a.	n.a.	0,5	0,5	72	n.a.	0,5	0,5				
3. Quartile	120	53	1,0	16,0	1,3	0,9	3,0	700	3100	8,5	1,0	9,4	10,8	84	n.a.	n.a.	0,6	0,7	84	n.a.	0,6	0,7				
2 bis 5 J	Mittelwert	113	68	0,8	9,4	1,2	1,1	2,1	428	2023	9,1	1,0	11,1	10,8	116	n.a.	n.a.	0,5	0,5	116	n.a.	0,5	0,5	18	71	0,7%
	Streuung	12%	84%	35%	74%	55%	92%	45%	58%	53%	32%	0%	77%	66%	67%	n.a.	n.a.	66%	66%	67%	n.a.	66%	66%			
	Minimum	80	9	0,5	1,0	0,8	0,3	1,0	40	350	4,9	1,0	1,7	4,0	32	n.a.	n.a.	0,1	0,1	32	n.a.	0,1	0,1			
	Maximum	120	250	1,5	16,0	3,0	5,0	3,2	850	3200	15,0	1,0	35,3	35,3	365	n.a.	n.a.	1,4	1,6	365	n.a.	1,4	1,6			
	1. Quartile	120	36	0,8	2,5	0,8	0,7	1,3	325	1525	7,1	1,0	4,8	6,1	51	n.a.	n.a.	0,2	0,2	51	n.a.	0,2	0,2			
Median	120	49	0,8	11,0	1,0	0,8	2,0	425	2000	8,5	1,0	10,1	10,4	114	n.a.	n.a.	0,5	0,5	114	n.a.	0,5	0,5				
3. Quartile	120	79	1,0	16,0	1,3	1,3	3,0	600	3000	10,8	1,0	14,2	12,3	132	n.a.	n.a.	0,5	0,6	132	n.a.	0,5	0,6				
6 bis 10 J	Mittelwert	114	78	0,8	10,3	1,2	1,2	2,1	424	2042	9,8	1,0	13,1	13,2	147	n.a.	n.a.	0,5	0,5	147	n.a.	0,5	0,5	25	124	1,2%
	Streuung	11%	72%	32%	91%	59%	82%	48%	59%	50%	27%	0%	72%	77%	83%	n.a.	n.a.	83%	83%	83%	n.a.	83%	83%			
	Minimum	80	9	0,5	1,0	0,5	0,3	0,5	30	270	6,0	1,0	1,7	3,6	35	n.a.	n.a.	0,1	0,1	35	n.a.	0,1	0,1			
	Maximum	130	250	1,5	32,0	3,0	5,0	4,0	850	3200	17,5	1,0	35,3	43,9	541	n.a.	n.a.	1,8	1,9	541	n.a.	1,8	1,9			
	1. Quartile	120	38	0,8	2,0	0,8	0,7	1,3	300	1500	8,1	1,0	5,7	5,5	68	n.a.	n.a.	0,2	0,2	68	n.a.	0,2	0,2			
Median	120	70	0,8	6,0	1,0	0,9	2,0	500	2000	9,0	1,0	11,7	10,7	114	n.a.	n.a.	0,4	0,4	114	n.a.	0,4	0,4				
3. Quartile	120	100	1,0	16,0	1,5	1,5	3,0	600	3000	10,0	1,0	18,1	16,2	162	n.a.	n.a.	0,5	0,6	162	n.a.	0,5	0,6				
11 bis 15 J	Mittelwert	118	86	0,8	10,0	1,3	1,2	2,0	423	1995	11,4	1,0	15,7	15,4	201	n.a.	n.a.	0,6	0,6	201	n.a.	0,6	0,6	28	231	2,3%
	Streuung	7%	73%	29%	90%	56%	76%	51%	60%	54%	27%	0%	76%	69%	80%	n.a.	n.a.	80%	80%	80%	n.a.	80%	80%			
	Minimum	100	15	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	40	80	7,5	1,0	2,8	3,6	35	n.a.	n.a.	0,1	0,1	35	n.a.	0,1	0,1			
	Maximum	140	282	1,5	32,0	3,0	5,0	4,0	850	3200	20,0	1,0	60,5	43,9	731	n.a.	n.a.	2,0	2,2	731	n.a.	2,0	2,2			
	1. Quartile	120	45	0,8	2,0	0,8	0,7	1,3	240	1500	9,3	1,0	7,1	7,8	94	n.a.	n.a.	0,3	0,3	94	n.a.	0,3	0,3			
Median	120	77	0,8	5,0	1,0	0,9	2,0	500	2000	10,0	1,0	13,1	12,9	164	n.a.	n.a.	0,4	0,5	164	n.a.	0,4	0,5				
3. Quartile	120	100	1,0	16,0	1,5	1,5	3,0	600	3000	13,6	1,0	22,5	18,8	243	n.a.	n.a.	0,7	0,7	243	n.a.	0,7	0,7				

Tab. A.11 Ergebnisse der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT für die Untersuchungsart Gesichtsschädel/NNH (Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen und Abkürzungen s. Tab. A.7).

**Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
Untersuchungsart Thorax**

Altersgruppe	Statistische Größe		Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scanserie					Dosiswerte pro Untersuchung					Allgemeines				
	U [kV]	Qel [mAs]	IR [s]	N	hool [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	Fenster		Länge [cm]	Series (Phasen)	CTDIw16 [mGy]	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIw32 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	Teilnehmer	Unters.	Anteil	
Neugeborene	Mittelwert	100	44	0,6	10,8	2,0	1,3	3,3	-88	746	10,1	1,0	4,5	3,6	2,5	2,0	25	1,6	2,1	46	25	1,6	2,1	21	64	0,6%	
	Streuung	16%	64%	32%	90%	66%	28%	36%	-334%	79%	19%	0%	71%	61%	74%	62%	75%	75%	75%	71%	75%	75%	75%				
	Minimum	80	15	0,3	1,0	0,5	0,8	1,0	-600	275	7,6	1,0	1,2	1,2	0,7	0,7	9	0,5	0,6	16	9	0,5	0,6				
	Maximum	120	105	1,0	32,0	5,0	2,0	6,0	500	2000	15,0	1,0	15,3	7,8	8,7	4,5	85	5,3	6,9	146	85	5,3	6,9				
1. Quartile	Median	80	23	0,5	1,0	0,8	1,0	3,0	-250	350	8,8	1,0	2,1	2,0	2,5	1,1	14	0,9	1,1	25	14	0,9	1,1				
	3. Quartile	100	30	0,5	10,0	1,5	1,2	3,0	40	400	10,0	1,0	4,0	3,1	3,5	2,0	18	1,2	1,6	35	18	1,2	1,6				
		120	64	0,8	16,0	3,0	1,5	4,0	50	1250	10,6	1,0	5,6	4,2	4,7	3,2	2,1	2,6	1,8	2,3	47	26	1,8	2,3			
Bis 1 J	Mittelwert	108	52	0,7	13,0	1,9	1,2	3,4	-127	812	12,3	1,0	6,0	5,4	7,7	3,1	2,8	1,9	2,4	81	42	1,9	2,4	31	143	1,4%	
	Streuung	15%	73%	31%	75%	76%	24%	47%	-227%	73%	29%	19%	69%	78%	81%	73%	77%	84%	84%	79%	76%	82%	82%				
	Minimum	80	10	0,3	1,0	0,5	0,7	0,6	-600	275	7,0	1,0	1,2	1,2	2,0	0,7	12	0,4	0,5	20	12	0,4	0,5				
	Maximum	140	160	1,0	32,0	5,0	2,0	6,5	500	2000	25,0	2,0	17,6	21,1	36,0	8,7	10,6	18,0	8,6	11,1	36,0	18,0	8,6	11,1			
1. Quartile	Median	100	28	0,5	4,0	0,8	1,0	2,9	-400	350	10,0	1,0	3,4	2,6	1,8	1,4	19	1,0	1,3	36	19	1,0	1,3				
	3. Quartile	120	39	0,5	16,0	1,5	1,1	3,0	40	400	12,0	1,0	4,7	3,9	6,8	2,7	2,3	3,8	1,5	1,9	70	38	1,5	2,0			
		120	60	0,8	16,0	2,5	1,5	5,0	50	1450	13,0	1,0	7,1	6,9	9,3	3,8	3,8	4,9	2,2	2,9	95	55	2,4	3,1			
2 bis 5 J	Mittelwert	111	55	0,7	14,6	2,1	1,2	3,7	-102	747	16,4	1,0	7,0	6,1	11,6	3,2	6,1	2,2	2,8	120	63	2,2	2,8	36	397	3,9%	
	Streuung	14%	60%	30%	101%	76%	22%	40%	-268%	76%	19%	18%	65%	72%	69%	70%	67%	73%	73%	68%	66%	72%	72%				
	Minimum	80	20	0,5	1,0	0,5	0,7	0,6	-600	275	10,0	1,0	1,7	1,7	30	1,0	0,7	0,5	0,7	30	12	0,5	0,7				
	Maximum	140	158	1,0	64,0	8,0	1,8	6,5	500	2000	25,0	2,0	24,2	22,5	40,7	14,1	11,3	20,3	7,3	9,4	40,7	20,3	7,3	9,4			
1. Quartile	Median	100	30	0,5	4,0	0,9	1,0	3,0	-400	350	15,0	1,0	3,7	3,0	6,0	2,0	1,6	1,1	1,4	60	30	1,2	1,5				
	3. Quartile	120	49	0,5	16,0	1,5	1,1	4,0	40	400	15,8	1,0	5,7	4,6	9,5	3,1	2,3	5,2	1,4	1,9	98	54	1,5	1,9			
		120	67	0,8	16,0	2,5	1,5	5,0	50	1325	17,2	1,0	8,7	8,4	13,7	4,5	4,4	7,3	2,8	3,6	137	76	2,8	3,6			
6 bis 10 J	Mittelwert	114	69	0,7	13,2	2,5	1,2	4,2	-103	740	20,4	1,0	10,5	8,5	19,4	5,5	4,5	2,6	3,3	196	103	2,6	3,3	39	543	5,4%	
	Streuung	13%	55%	28%	110%	78%	22%	38%	-264%	77%	17%	16%	75%	71%	67%	71%	67%	70%	70%	66%	66%	69%	69%				
	Minimum	80	23	0,5	1,0	0,5	0,7	1,0	-600	200	15,0	1,0	2,0	2,0	49	1,0	1,0	0,6	0,8	49	25	0,6	0,8				
	Maximum	140	203	1,0	64,0	8,0	1,8	8,0	500	2000	30,0	2,0	31,0	25,5	60,3	16,5	14,0	33,2	8,7	11,2	60,3	33,2	8,7	11,2			
1. Quartile	Median	105	39	0,5	3,0	0,9	1,0	3,0	-400	350	18,1	1,0	4,7	3,7	9,8	2,4	2,0	1,2	1,5	100	58	1,2	1,6				
	3. Quartile	120	58	0,5	16,0	1,5	1,3	5,0	40	400	20,0	1,0	8,1	6,5	14,8	4,2	3,2	8,3	2,0	2,6	14,8	8,3	2,0	2,6			
		120	89	0,8	16,0	5,0	1,5	5,0	50	1350	22,7	1,0	13,6	11,9	25,7	7,2	6,0	12,8	3,4	4,4	25,7	12,8	3,4	4,4			
11 bis 15 J	Mittelwert	119	90	0,7	13,7	2,6	1,2	4,4	-100	741	26,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	7,7	6,2	2,8	3,7	n.a.	186	2,9	3,8	40	613	6,1%	
	Streuung	11%	46%	34%	107%	76%	25%	44%	-271%	76%	19%	15%	n.a.	n.a.	n.a.	57%	47%	47%	47%	n.a.	53%	53%	53%				
	Minimum	80	26	0,5	1,0	0,5	0,6	1,0	-600	275	14,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	1,9	1,6	0,9	1,2	n.a.	53	0,9	1,2				
	Maximum	140	203	1,5	64,0	8,0	2,0	8,0	500	2000	37,0	2,0	n.a.	n.a.	n.a.	17,2	14,0	41,6	6,2	8,0	n.a.	47,5	8,0	10,3			
1. Quartile	Median	120	56	0,5	3,5	1,3	1,0	3,0	-400	350	24,1	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	4,3	4,0	1,8	2,3	n.a.	112	1,8	2,3				
	3. Quartile	120	87	0,5	16,0	1,5	1,2	5,0	40	400	26,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	6,4	5,9	16,6	2,6	3,4	n.a.	166	2,6	3,4			
		120	110	0,8	16,0	5,0	1,5	5,5	50	1325	30,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	11,1	8,0	24,4	3,8	4,9	n.a.	259	3,8	5,0			

Tab. A12 Ergebnisse der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT für die Untersuchungsart Thorax (Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen und Abkürzungen s. Tab. A.7).

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
Untersuchungsart Gesamttabomen

Altersgruppe	Statistische Größe		Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scannerie						Dosiswerte pro Untersuchung				Allgemeines				
	U [kV]	Qel [mAs]	IR [s]	N	hool [mm]	Pitch	hrec [mm]	C	W	Länge [cm]	Serien (Phasen)	CTDIw16 [mGy]	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIw32 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	Teilnehmer	Unters. Anteil		
Neugeborene	Mittelwert	108	45	0,6	8,6	2,3	1,2	3,8	50	357	14,2	1,1	5,2	4,2	7,1	2,9	2,3	39	2,9	4,2	77	43	3,1	4,4	13	27	0,3%
	Streuung	17%	55%	32%	79%	61%	22%	35%	46%	13%	18%	17%	41%	38%	48%	41%	49%	57%	57%	57%	50%	52%	54%	54%			
	Minimum	80	25	0,5	1,0	0,8	2,0	30	300	10,0	1,0	1,2	1,6	1,6	3,1	0,7	0,9	18	1,0	1,4	31	18	1,0	1,4			
	Maximum	120	110	1,0	16,0	5,0	1,5	6,0	122	458	20,0	1,5	8,8	7,8	162	5,1	4,5	94	6,8	9,9	162	94	6,8	9,9			
Bis 1 J	1. Quartile	90	30	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	40	350	13,0	1,0	4,3	3,1	4,9	2,2	1,8	28	1,9	2,7	49	28	1,9	2,7			
	Median	120	34	0,5	10,0	1,5	1,1	3,0	50	350	14,0	1,0	4,7	4,4	64	2,7	2,3	36	2,5	3,6	64	36	2,9	4,2			
	3. Quartile	120	65	0,8	16,0	3,0	1,5	5,0	50	380	15,0	1,0	5,5	4,6	81	3,1	2,5	45	3,7	5,4	105	50	3,7	5,4			
	Mittelwert	114	53	0,6	14,5	2,0	1,2	3,7	43	349	19,6	1,2	7,0	6,2	148	3,8	3,3	79	3,9	5,6	177	94	4,6	6,7	22	61	0,6%
2 bis 5 J	Streuung	12%	53%	41%	99%	71%	21%	37%	16%	10%	18%	30%	53%	75%	95%	49%	68%	87%	104%	104%	93%	86%	101%	101%			
	Minimum	80	14	0,3	1,0	0,6	0,8	3,0	300	13,0	1,0	1,8	1,3	3,9	0,9	0,6	1,9	1,1	1,6	39	19	1,1	1,6				
	Maximum	120	126	1,5	64,0	5,0	1,6	5,0	400	28,0	2,0	18,5	23,1	705	9,0	11,2	342	20,4	29,5	705	342	20,4	29,5				
	1. Quartile	120	34	0,5	4,0	0,9	1,0	3,0	40	328	17,3	1,0	4,7	4,0	87	2,5	2,3	47	1,9	2,8	100	52	2,4	3,4			
6 bis 10 J	Median	120	47	0,5	16,0	1,5	1,2	3,7	40	350	20,0	1,0	5,7	4,8	104	3,3	2,5	57	2,8	4,0	118	62	3,1	4,5			
	3. Quartile	120	82	0,8	16,0	3,8	1,5	5,0	50	350	28,1	1,0	10,7	8,3	261	6,1	4,7	147	4,6	6,6	274	155	4,8	6,9			
	Mittelwert	116	61	0,7	11,6	2,5	1,2	4,1	46	339	25,1	1,1	9,0	7,9	219	4,8	4,1	115	4,4	6,4	260	136	5,2	7,5	27	140	1,4%
	Streuung	8%	64%	37%	114%	77%	21%	40%	18%	13%	19%	23%	70%	77%	79%	67%	71%	73%	89%	89%	112%	106%	116%	116%			
11 bis 15 J	Minimum	90	1	0,4	1,0	0,6	0,8	1,0	30	200	15,0	1,0	0,1	0,0	1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	1	0	0,0	0,0			
	Maximum	130	200	1,5	64,0	8,0	1,5	8,0	400	35,0	2,0	24,8	27,2	777	13,3	13,6	388	15,8	22,8	1553	777	30,7	44,4				
	1. Quartile	120	36	0,5	2,0	1,4	1,0	3,0	40	310	22,0	1,0	5,0	4,2	103	2,7	2,5	58	1,8	2,6	105	58	1,9	2,8			
	Median	120	54	0,5	10,0	1,5	1,1	5,0	50	350	25,0	1,0	7,5	6,5	181	4,0	3,4	89	3,8	5,5	184	95	4,1	5,9			
6 bis 10 J	3. Quartile	120	82	0,8	16,0	3,8	1,5	5,0	50	350	28,1	1,0	10,7	8,3	261	6,1	4,7	147	4,6	6,6	274	155	4,8	6,9			
	Mittelwert	115	87	0,7	11,0	2,6	1,2	4,4	43	340	29,0	1,2	12,6	10,7	342	6,7	5,6	180	4,7	6,8	407	214	5,6	8,1	32	213	2,1%
	Streuung	11%	45%	29%	107%	76%	22%	35%	21%	13%	18%	30%	50%	52%	55%	49%	50%	52%	55%	55%	78%	75%	77%	77%			
	Minimum	80	15	0,5	1,0	0,6	0,7	1,0	30	200	15,0	1,0	3,1	2,2	49	1,5	1,1	25	0,7	1,0	99	49	1,3	1,9			
11 bis 15 J	Maximum	130	200	1,0	64,0	8,0	1,5	8,0	400	40,0	2,0	29,7	22,2	756	16,5	12,2	410	10,8	15,6	1512	756	20,6	29,7				
	1. Quartile	120	56	0,5	3,5	1,2	1,0	3,0	40	320	26,8	1,0	7,8	6,0	220	4,5	3,2	117	3,0	4,3	227	124	3,1	4,5			
	Median	120	81	0,5	10,0	1,5	1,3	5,0	40	350	30,0	1,0	12,4	9,1	301	6,5	5,0	157	4,3	6,2	309	164	4,3	6,2			
	3. Quartile	120	111	0,8	16,0	5,0	1,5	5,0	50	350	31,6	1,0	16,3	13,7	477	8,8	7,4	227	5,9	8,5	489	227	7,5	10,8			
11 bis 15 J	Mittelwert	119	125	0,7	12,9	2,7	1,2	4,5	46	342	35,9	1,2	n.a.	n.a.	n.a.	10,1	8,3	328	5,4	7,9	n.a.	433	7,2	10,3	33	254	2,5%
	Streuung	5%	42%	35%	118%	81%	22%	43%	20%	12%	18%	33%	n.a.	n.a.	n.a.	43%	38%	44%	44%	44%	n.a.	71%	70%	70%			
	Minimum	90	50	0,5	1,0	0,6	0,7	1,0	30	220	18,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	3,1	2,9	101	1,6	2,4	n.a.	101	1,6	2,4			
	Maximum	130	249	1,5	64,0	8,0	1,5	8,0	400	40,0	2,4	n.a.	n.a.	18,8	17,5	694	11,7	16,9	1388	22,5	32,5	1388	22,5	32,5			
11 bis 15 J	1. Quartile	120	88	0,5	2,0	1,3	1,0	3,0	40	320	30,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	6,7	6,5	204	3,6	5,2	n.a.	215	3,8	5,5			
	Median	120	114	0,5	10,0	1,5	1,4	5,0	50	350	36,6	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	9,4	8,0	336	5,5	7,9	n.a.	339	5,6	8,1			
	3. Quartile	120	149	0,8	16,0	5,0	1,5	5,0	50	350	40,0	1,5	n.a.	n.a.	n.a.	12,0	10,1	402	6,5	9,4	n.a.	546	8,5	12,3			

Tab. A13 Ergebnisse der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT für die Untersuchungsart Gesamttabomen (Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen und Abkürzungen s. Tab. A.7).

Deutsche Umfrage zur pädiatrischen CT 2005/06
Untersuchungsart Lendenwirbelsäule

Altersgruppe	Statistische Größe		Untersuchungsparameter										Dosiswerte pro Scanserie					Dosiswerte pro Untersuchung					Allgemeines				
	U [kV]	Qel [mAs]	IR [s]	N	hool [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	hinc [mm]	C	W	Länge [cm]	Series (Phasen)	CTDIw16 [mGy]	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIw32 [mGy]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (w.) [mSv]	Teilnehmer	Unters.	Anteil
Neugeborene	Mittelwert	118	61	0,8	12,3	1,5	1,3	2,5	575	2000	8,3	1,0	9,0	7,5	90	5,2	4,3	52	4,1	4,6	90	52	4,1	4,6	4	1	0,0%
	Streuung	4%	9%	15%	61%	71%	29%	23%	59%	35%	19%	0%	6%	39%	63%	3%	39%	64%	56%	56%	63%	64%	56%	56%			
	Minimum	110	55	0,8	1,0	0,8	2,0	300	1500	7,0	1,0	8,7	5,8	5,1	59	3,4	3,4	35	2,5	2,8	59	35	2,5	2,8			
	Maximum	120	68	1,0	16,0	3,0	1,5	3,0	1000	3000	10,3	1,0	9,8	11,8	175	5,4	6,8	102	7,4	8,4	175	102	7,4	8,4			
Bis 1 J	1. Quartile	118	59	0,8	12,3	0,8	1,3	2,0	300	1500	7,0	1,0	8,7	5,8	59	5,1	3,4	35	2,5	2,8	59	35	2,5	2,8			
	Median	120	60	0,8	16,0	1,1	1,5	2,5	500	1750	8,0	1,0	8,8	6,2	62	5,1	3,5	35	3,2	3,6	62	35	3,2	3,6			
	3. Quartile	120	62	0,8	16,0	1,9	1,5	3,0	775	2250	9,3	1,0	9,1	7,8	92	5,2	4,4	52	4,8	5,4	92	52	4,8	5,4			
Bis 5 J	Mittelwert	116	118	0,9	11,7	1,4	1,1	2,1	434	1563	9,7	1,0	21,9	23,7	297	11,8	12,7	160	10,7	12,0	297	160	10,7	12,0	9	10	0,1%
	Streuung	9%	56%	15%	56%	49%	34%	39%	69%	55%	14%	0%	77%	86%	82%	74%	83%	80%	87%	87%	82%	80%	87%	87%			
	Minimum	90	55	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	50	270	6,9	1,0	5,7	5,8	68	2,9	3,3	35	2,1	2,4	68	35	2,1	2,4			
	Maximum	120	225	1,0	16,0	3,0	1,5	3,0	1000	3000	12,0	1,0	47,8	52,3	570	26,3	26,2	332	22,7	25,5	570	332	22,7	25,5			
2 bis 5 J	1. Quartile	120	60	0,8	4,0	1,0	0,8	1,3	300	1500	9,0	1,0	8,7	6,3	71	5,1	3,4	41	2,6	2,9	71	41	2,6	2,9			
	Median	120	90	0,8	16,0	1,3	0,9	2,0	500	1500	10,0	1,0	9,8	11,8	195	5,4	6,8	113	5,8	6,5	195	113	5,8	6,5			
	3. Quartile	120	150	1,0	16,0	1,5	1,5	3,0	500	2000	10,0	1,0	39,2	39,2	564	19,6	22,8	282	20,7	23,2	564	282	20,7	23,2			
6 bis 10 J	Mittelwert	118	133	1,1	9,9	1,6	1,2	2,0	437	1740	11,1	1,0	24,8	21,9	279	13,6	11,7	151	7,5	8,4	279	151	7,5	8,4	23	85	0,8%
	Streuung	9%	70%	34%	97%	53%	32%	44%	59%	51%	31%	0%	88%	91%	88%	94%	90%	87%	90%	90%	88%	87%	90%	90%			
	Minimum	90	26	0,5	1,0	0,6	0,5	0,6	40	270	5,0	1,0	3,4	4,6	52	2,0	2,7	27	1,5	1,6	52	27	1,5	1,6			
	Maximum	140	400	2,0	32,0	3,0	2,0	3,2	1000	4000	20,0	1,0	70,5	69,8	821	44,8	34,9	411	21,7	24,4	821	411	21,7	24,4			
6 bis 10 J	1. Quartile	120	74	0,8	1,5	1,0	0,8	1,3	325	1500	10,0	1,0	9,3	8,7	105	5,3	5,1	54	2,6	3,0	105	54	2,6	3,0			
	Median	120	100	1,0	4,0	1,3	1,1	2,0	475	1600	11,0	1,0	14,9	11,8	160	7,6	6,1	76	4,0	4,5	160	76	4,0	4,5			
	3. Quartile	120	200	1,3	16,0	2,0	1,5	3,0	500	2000	12,5	1,0	38,6	33,4	483	21,6	20,3	278	12,6	14,2	483	278	12,6	14,2			
11 bis 15 J	Mittelwert	119	167	1,0	8,5	1,5	1,1	2,2	482	1804	11,7	1,0	31,5	28,3	383	17,2	15,2	208	7,1	8,0	383	208	7,1	8,0	23	99	1,0%
	Streuung	10%	53%	36%	98%	59%	35%	49%	66%	54%	31%	0%	65%	65%	72%	70%	64%	73%	70%	70%	72%	73%	70%	70%			
	Minimum	90	53	0,5	1,0	0,5	0,7	0,5	40	270	6,0	1,0	7,3	6,5	84	3,8	3,6	47	1,6	1,8	84	47	1,6	1,8			
	Maximum	140	400	2,0	32,0	3,0	2,0	5,0	1500	4000	20,0	1,0	71,5	69,8	969	44,8	34,9	563	17,1	19,2	969	563	17,1	19,2			
11 bis 15 J	1. Quartile	120	97	0,8	1,5	0,9	0,8	1,3	400	1500	10,0	1,0	12,9	11,7	147	6,9	6,4	80	2,8	3,2	147	80	2,8	3,2			
	Median	120	167	1,0	4,0	1,3	1,0	2,0	500	2000	12,0	1,0	31,3	23,8	259	17,1	13,5	143	5,3	6,0	259	143	5,3	6,0			
	3. Quartile	120	200	1,0	16,0	2,3	1,5	3,0	550	2000	12,0	1,0	47,3	37,3	524	26,2	22,6	306	10,6	11,9	524	306	10,6	11,9			
11 bis 15 J	Mittelwert	121	149	0,9	11,8	1,4	1,0	1,8	386	1638	15,9	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	15,4	16,7	294	6,4	7,3	n.a.	294	6,4	7,3	26	149	1,5%
	Streuung	5%	66%	27%	113%	61%	40%	47%	63%	54%	51%	0%	n.a.	n.a.	n.a.	90%	114%	127%	125%	125%	n.a.	127%	125%	125%			
	Minimum	110	17	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	40	270	6,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	3,2	24	0,5	0,6	n.a.	24	0,5	0,6			
	Maximum	140	500	1,5	64,0	3,0	2,0	3,2	1000	4000	49,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	69,1	100,5	1979	42,7	48,1	n.a.	1979	42,7	48,1			
11 bis 15 J	1. Quartile	120	90	0,8	2,5	0,8	0,7	1,1	213	1500	12,3	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	7,3	7,4	120	2,6	3,0	n.a.	120	2,6	3,0			
	Median	120	140	0,9	11,0	1,0	0,8	2,0	425	2000	16,0	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	11,1	10,8	207	4,3	4,9	n.a.	207	4,3	4,9			
	3. Quartile	120	200	1,0	16,0	1,9	1,4	2,0	500	2000	16,8	1,0	n.a.	n.a.	n.a.	20,4	17,9	294	6,8	7,7	n.a.	294	6,8	7,7			

Tab. A14 Ergebnisse der deutschen Umfrage zur pädiatrischen CT für die Untersuchungsart Lendenwirbelsäule (Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen und Abkürzungen s. Tab. A.7).

Untersuchungsart	Altersgruppe	CTDIvol16 (mGy)	DLP16 (mGy x cm)	CTDIvol32 (mGy)	DLP32 (mGy x cm)
Hirnschädel	Neugeborene	27	290	n.a.	n.a.
	bis 1 Jahr	33	390	n.a.	n.a.
	1 bis 5 Jahre	40	520	n.a.	n.a.
	6 bis 10 Jahre	50	710	n.a.	n.a.
	11 bis 15 Jahre	60	920	n.a.	n.a.
	über 15 Jahre	60	1100	n.a.	n.a.
Gesichts- Schädel/NNH	Neugeborene	9	70	n.a.	n.a.
	bis 1 Jahr	11	95	n.a.	n.a.
	1 bis 5 Jahre	13	125	n.a.	n.a.
	6 bis 10 Jahre	17	180	n.a.	n.a.
	11 bis 15 Jahre	20	230	n.a.	n.a.
	über 15 Jahre	20	230	n.a.	n.a.
Thorax	Neugeborene	2	25	1	12
	bis 1 Jahr	3,5	55	1,7	28
	1 bis 5 Jahre	5,5	110	2,7	55
	6 bis 10 Jahre	8,5	210	4,3	105
	11 bis 15 Jahre	n.a.	n.a.	6,8	205
	über 15 Jahre	n.a.	n.a.	10	345
Gesamt-Abdomen	Neugeborene	3	55	1,5	27
	bis 1 Jahr	5	145	2,5	70
	1 bis 5 Jahre	8	255	4	125
	6 bis 10 Jahre	13	475	6,5	240
	11 bis 15 Jahre	n.a.	n.a.	10	500
	über 15 Jahre	n.a.	n.a.	15	980
LWS	Neugeborene	7,5	85	3,7	42
	bis 1 Jahr	13	165	6,5	85
	1 bis 5 Jahre	20	270	10	135
	6 bis 10 Jahre	32	430	16	215
	11 bis 15 Jahre	n.a.	n.a.	26	380
	über 15 Jahre	n.a.	n.a.	37	530

Tab. A15 Vorschläge zu diagnostischen Referenzwerten für pädiatrische CT Untersuchungen; Angaben zum DLP gelten für komplette Untersuchungen.

Untersuchungs- region	Altersgruppe	CTDI _{w16}	CTDI _{vol16} *	CTDI _{vol16}	Ratio	DLP ₁₆	DLP ₁₆	Ratio
		Shrimpton 2000 (mGy)	Shrimpton 2000 (mGy)	Umfrage D2005/06 (mGy)		Shrimpton 2000 (mGy x cm)	Umfrage D2005/06 (mGy x cm)	
Hirnschädel	bis 1J	40	40	33	0,83	300	390	1,30
	2 bis 5J	60	60	40	0,67	600	520	0,87
	6 bis 10J	70	70	50	0,71	750	710	0,95
Thorax	bis 1J	20	13	3,5	0,27	200	55	0,28
	2 bis 5J	30	20	5,5	0,28	400	110	0,28
	6 bis 10J	30	20	8,5	0,43	600	210	0,35
Gesamtabdomen **	bis 1J	20	13	5	0,38	500	145	0,29
	2 bis 5J	25	17	8	0,47	610	255	0,42
	6 bis 10J	30	20	13	0,65	1300	475	0,37

* Annahme Pitch 1 bei HS und 1.5 bei THO und ABDBE

** DLP-Werte Gesamtabdomen Shrimpton2000 = Summe Abdomen + Becken

Tab. A16 Vergleich der vorgeschlagenen Referenzwerte (Umfrage D2005/06) mit den Werten aus der Publikation von Shrimpton et al. (Shrimpton2000). „Ratio“ bezeichnet das Verhältnis D2005/06 zu Shrimpton2000.

Institut	CT-Gerät	Hersteller	Typ	Inbetriebnahme	Unters. pro Jahr														
Anspruchspartner für Rückfragen? Tel. oder e-mail (1)		Monat: Jahr:				(2)													
Altersgruppe Früh-/Neugeborene	Untersuchungsregion	ca. Länge [cm]	Modus [Seq/Spl]	U [kV]	I oder Q [mA/mAs]	Automatik [Bezeichnung]	tR [s]	N	hcol [mm]	TV [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	RI [mm]	Recon-Filter	Fenster C/W	Serien	Dosisanzeige (14) CTDIvol [mGy] DLP [mGy*cm]	ca. Anteil [%]	
	Hirnschädel																		
	Thorax																		
	Gesamtes Abdomen																		
	Wirbelsäule																		
	NNH																		
	Sonstige Indikationen: (3)																		
Altersgruppe bis 1 Jahr	Untersuchungsregion	ca. Länge [cm]	Modus [Seq/Spl]	U [kV]	I oder Q [mA/mAs]	Automatik [Bezeichnung]	tR [s]	N	hcol [mm]	TV [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	RI [mm]	Recon-Filter	Fenster C/W	Serien	Dosisanzeige (14) CTDIvol [mGy] DLP [mGy*cm]	ca. Anteil [%]	
	Hirnschädel																		
	Thorax																		
	Gesamtes Abdomen																		
	Wirbelsäule																		
	NNH																		
	Sonstige Indikationen: (3)																		
Altersgruppe bis 5 Jahre	Untersuchungsregion	ca. Länge [cm]	Modus [Seq/Spl]	U [kV]	I oder Q [mA/mAs]	Automatik [Bezeichnung]	tR [s]	N	hcol [mm]	TV [mm]	Pitch [mm]	hrec [mm]	RI [mm]	Recon-Filter	Fenster C/W	Serien	Dosisanzeige (14) CTDIvol [mGy] DLP [mGy*cm]	ca. Anteil [%]	
	Hirnschädel																		
	Thorax																		
	Gesamtes Abdomen																		
	Wirbelsäule																		
	NNH																		
	Sonstige Indikationen: (3)																		

Abb. A2a Seite 1 des Fragebogens zur Erfassung der Scanprotokolle und Untersuchungsfrequenzen in Phase II der Umfrage

Seite 2

Institut																				
Altersgruppe	Untersuchungsregion	ca. Länge [cm] (3)	Modus [Seq/Spil] (4)	U [kV]	I oder Q [mA/mAs] (5)	Automatik [Bezeichnung] (5)	tR [s] (6)	N (7)	hcol [mm] (8)	TV [mm] (9)	Pitch [mm] (9)	hrec [mm] (9)	RI [mm] (10)	Recon-Filter (11)	Fenster C/W (12)	Serien (13)	Dosisanzeige (14) CTDIvol [mGy] DLP [mGy*cm]	ca. Anteil [%] (2)		
bis 10 Jahre	Hirnschädel																			
	Thorax																			
	Gesamtes Abdomen																			
	Wirbelsäule																			
	NNH																			
Sonstige Indikationen: (3)																				

Altersgruppe	Untersuchungsregion	ca. Länge [cm] (3)	Modus [Seq/Spil] (4)	U [kV]	I oder Q [mA/mAs] (5)	Automatik [Bezeichnung] (5)	tR [s] (6)	N (7)	hcol [mm] (8)	TV [mm] (9)	Pitch [mm] (9)	hrec [mm] (9)	RI [mm] (10)	Recon-Filter (11)	Fenster C/W (12)	Serien (13)	Dosisanzeige (14) CTDIvol [mGy] DLP [mGy*cm]	ca. Anteil [%] (2)			
bis 15 Jahre	Hirnschädel																				
	Thorax																				
	Gesamtes Abdomen																				
	Wirbelsäule																				
	NNH																				
Sonstige Indikationen: (3)																					

Abb. A2b Seite 2 des Fragebogens zur Erfassung der Scanprotokolle und Untersuchungsfrequenzen in Phase II der Umfrage

Erläuterungen zum Fragebogen pädiatrisches CT

Allgemeine Hinweise:

- Wenn Sie mehrere Geräte betreiben, füllen Sie bitte für jeden Scanner einen eigenen Fragebogen aus.
- In das Feld „Sonstige Indikationen“ tragen Sie bitte nur die Untersuchungen ein, deren prozentualer Anteil an den gesamten pädiatrischen CT-Untersuchungen 10% und mehr beträgt.

Typische Scanbereichsgrenzen:

Region	Obere Grenze	Untere Grenze
Hirnschädel	Vertex	Schädelbasis
Thorax	C7/D1	Sinus
Gesamtes Abdomen	Zwerchfellkuppe	Symphyse

Um eine hohe Qualität der ermittelten Daten sicherzustellen und die Zahl der erforderlichen Rückfragen zu minimieren, bitten wir Sie, die folgenden Erläuterungen sorgfältig zu lesen und beim Ausfüllen des Fragebogens unbedingt zu beachten:

- 1) Bitte geben Sie bitte **unbedingt** einen **Ansprechpartner** für Rückfragen an.
- 2) Soweit möglich, machen Sie bitte verlässliche Angaben zur Gesamtzahl an pädiatrischen Untersuchungen pro Jahr (**Beispiel: 350**) und zum prozentualen Anteil der einzelnen Untersuchungsregionen (bezogen auf die Gesamtzahl aller pädiatrischen CT-Untersuchungen).
- 3) Bitte geben Sie in dem Feld „**ca. Länge**“ die typische ungefähre **Länge des Scanbereichs** (nicht die des Übersichtsradiogramms (Topogramm o.ä.)) in [cm] an. Unter „**Sonstige Indikationen**“ tragen Sie bitte nur die Untersuchungen ein, die mit einer relativen Häufigkeit von größer 10% durchgeführt werden. Mögliche Untersuchungsarten wären beispielsweise Wirbelsäule (HWS, BWS) oder NNH. Machen Sie bitte für jede der infragekommenden Untersuchungen getrennte Angaben. **Beispiel: 17 (cm)**.
- 4) Im Feld „**Modus**“ geben Sie bitte an, ob die Untersuchung mit **sequentieller Schnittführung** („Seq.“) oder als **Spiralscan** („Spi.“) vorgenommen wird. **Beispiel: Spi**.
- 5) Bitte achten Sie beim Feld „**I oder Q [mA/mAs]**“ besonders darauf
 - a) dass Sie die **Röhrenstrom- bzw. mAs-Werte** angeben, die an Ihrem Scanner angezeigt werden. **Beispiel: 125 (mAs)**.
 - b) die Umrechnung mA in mAs oder in elektrische bzw. effektive mAs wird von uns vorgenommen.
 - c) Wenn Ihr Gerät über eine ‚Dosisautomatik‘ verfügt (z.B. ‚DoseRight‘ o.ä) geben Sie bitte im Feld „**Automatik [Bezeichnung]**“ die von Ihnen verwendete Form der **Dosisautomatik** an. **Beispiel: DoseRight DOM**.
 - d) **Achtung: Bei Verwendung einer Dosisautomatik geben Sie bitte die typischen mA bzw. mAs-Werte an, die sich für die jeweilige Patientengruppe und Untersuchungsregion im Durchschnitt ergeben!**

Abb. A3a Seite 1 der Erläuterungen zum Fragebogen in Phase I der Umfrage

6) Mit „**tR**“ ist die verwendete **Rotationszeit** gemeint, nicht die Gesamt-Scanzeit. **Beispiel: 0,75s.**

7) Im Feld „**N**“ geben Sie bitte die **Anzahl der gleichzeitig gescannten Schichten** an. **Beispiel: 16.**

8) Für die Schichtkollimation „**hcol**“ tragen Sie bitte die **Dicke der Einzel-Kollimation** ein, mit der der Scan vorgenommen wird, also bei einem Scan mit z.B. 4 x 2,5 mm entsprechend 2,5 mm. **Beispiel: 2,5 (mm).**

9) Im Feld „**TV**“ bzw. „**Pitch**“ geben Sie bitte – je nachdem, was Ihr Gerät anzeigt – entweder den **Tischvorschub** (bzw. Inkrement) in [mm] pro Rotation (nicht die Tischgeschwindigkeit (in [mm/sec])) oder den **Pitchfaktor** an. **Beispiel: 7 (mm) bzw. 1,5.**

10) Für das Feld „**hrec**“ machen Sie bitte entsprechenden Angaben zur **Schichtdicke**, zu der die beim Scanvorgang akquirierten Daten **rekonstruiert** werden, ob also z.B. bei einem Scan von 4 x 1,25 die Schichten auch als solche rekonstruiert werden oder ob eine Rekonstruktion in Form von 2,5 mm dicken Schichten erfolgt. Das **Rekonstruktionsintervall** (Feld „**RI**“) bezeichnet dagegen, in welchem Schichtabstand zueinander dann die Bilder erzeugt werden. **Beispiel: 5 (mm).**

11) Im Feld „**Recon.-Filter**“ geben Sie bitte die Bezeichnung des **Rekonstruktionsfilters** (= Faltungskern, Kernel o.ä.) an, mit dem die Bilder Rekonstruiert werden. **Beispiel: AH40.**

12) Im Feld „**Fenster**“ bitte die jeweiligen CT-Werte für **Fenstermitte** (C) und **Fensterweite** (W) angeben, mit denen die Befundung routinemäßig vorgenommen wird. **Beispiel: 40/100.**

13) Die Anzahl der „**Serien**“ bezieht sich darauf, ob Sie in einer Untersuchungsregion mehrere Scans durchführen (z.B. nativ und mit KM würde 2 Serien entsprechen). Wird eine Untersuchung dagegen in mehreren Abschnitten gefahren (z.B. ‚Gesamter Rumpf‘ als Thorax + Oberbauch + Becken), so entspricht das nur einer Serie. Erstreckt sich die 2. Serie nur über einen Teil der 1. Serie, so geben Sie dies bitte als Bruchteil an (z.B. 1. Serie = gesamtes Abdomen, 2. Serie = Oberbauch ergibt insgesamt 1,5 Serien).

14) Die modernen Scanner sollten alle über eine Dosisanzeige (mindestens Volumen-CTDI ($CTDI_{vol} = \text{gewichteter CTDI} / \text{Pitch}$), teilweise auch Dosislängenprodukt (DLP)) am Gerät verfügen. Bitte tragen Sie in das Feld „**Dosisanzeige**“ die an Ihrem Scanner angezeigten Werte in den im Fragebogen angegebenen Maßeinheiten für jeweils eine komplette Scanserie ein. **Beispiel: 10,5 (mGy) und 211 (mGy*cm).**

Sollten Ihrerseits noch Rückfragen bestehen, so scheuen Sie nicht die Kontaktaufnahme mit Herrn Dr. Stamm (Tel. 0511/532-2690) oder Herrn Dr. Nagel (Tel. 040/ 5078-2742).

Abb. A3b Seite 2 der Erläuterungen zum Fragebogen in Phase I der Umfrage

Umfrage pädiatrische CT 2005/2006

Institut: AAA Ort: BBB		Hersteller: CCC Gerätetyp: DDD		Inst.-Jahr: 2002 Monat: 12		Dosisanzeige: Dosisautomatik		J TW		Unters. p.a. ges.: 9000 Unters. p.a. päd.: 149												
Alters- gruppe	Untersuchungsregion	Untersuchungsparameter						Dosiswerte pro Scanserie				Dosiswerte pro Untersuchung				Relativwerte						
		U [kV]	Qeff [mAs]	N	hcol [mm]	Pitch [hrec]	L [cm]	Serien (Phasen)	CTDIvol16 [mGy]	DLP16 [mGy*cm]	CTDIvol32 [mGy]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (f.) [mSv]	DLP16 [mGy*cm]	DLP32 [mGy*cm]	E (m.) [mSv]	E (f.) [mSv]	CTDIvol [mGy]	DLP [mGy*cm]	E [mSv]	
Neugeborene	Hirnschädel	120	140	4	4,5	1,0	4,5	9,0	1,0	18,9	178	n.a.	n.a.	1,7	1,8	178	n.a.	1,7	1,8	70%	62%	63%
	NNH	120	30	16	0,8	0,8	1,0	3,0	1,0	4,3	21	n.a.	n.a.	0,2	0,2	21	n.a.	0,2	0,2	48%	30%	31%
	Thorax	120	17	16	1,5	1,2	1,0	10,0	1,0	2,2	31	1,1	16	1,2	1,5	31	16	1,2	1,5	111%	126%	142%
	Gesamtabdomen	120	35	16	1,5	1,0	2,0	14,0	1,0	4,6	82	2,3	42	3,8	5,4	82	42	3,8	5,4	152%	148%	188%
	Wirbelsäule	WS0J																				
bis 1 Jahr	Hirnschädel	120	140	4	4,5	1,0	4,5	9,0	1,0	18,9	178	n.a.	n.a.	1,2	1,4	178	n.a.	1,2	1,4	57%	46%	47%
	NNH	120	30	16	0,8	0,8	1,0	3,5	1,0	4,3	23	n.a.	n.a.	0,2	0,2	23	n.a.	0,2	0,2	39%	24%	24%
	Thorax	120	17	16	1,5	1,2	1,0	12,0	1,0	2,2	36	1,1	19	0,9	1,2	36	19	0,9	1,2	63%	65%	73%
	Gesamtabdomen	120	35	16	1,5	1,0	2,0	20,0	1,0	4,6	109	2,3	56	3,1	4,5	109	56	3,1	4,5	91%	75%	112%
	Wirbelsäule	WS1J																				
2 bis 5 Jahre	Hirnschädel	120	210	4	4,5	1,0	4,5	10,8	1,0	28,3	319	n.a.	n.a.	1,3	1,4	319	n.a.	1,3	1,4	71%	61%	62%
	NNH	120	40	16	0,8	0,8	1,0	6,0	1,0	5,8	45	n.a.	n.a.	0,2	0,2	45	n.a.	0,2	0,2	44%	36%	35%
	Thorax	120	23	16	1,5	0,9	1,0	14,0	1,0	3,0	53	1,5	27	1,0	1,3	53	27	1,0	1,3	54%	48%	49%
	Gesamtabdomen	120	50	16	1,5	1,0	2,0	21,0	1,0	6,5	162	3,4	84	3,3	4,8	162	84	3,3	4,8	81%	64%	85%
	Wirbelsäule	WS5J																				
6 bis 10 Jahre	Hirnschädel	120	280	4	4,5	1,0	4,5	12,6	1,0	37,7	493	n.a.	n.a.	1,6	1,8	493	n.a.	1,6	1,8	75%	69%	70%
	NNH	120	50	16	0,8	0,8	1,0	7,6	1,0	7,2	68	n.a.	n.a.	0,2	0,2	68	n.a.	0,2	0,2	42%	38%	39%
	Thorax	120	38	16	1,5	0,9	1,0	19,0	1,0	4,9	113	2,5	58	1,5	1,9	113	58	1,5	1,9	58%	54%	55%
	Gesamtabdomen	120	80	16	1,5	1,0	2,0	27,0	1,0	10,4	322	5,4	166	4,6	6,6	322	166	4,6	6,6	80%	68%	68%
	Wirbelsäule	WS10J																				
11 bis 15 Jahre	Hirnschädel	120	330	4	4,5	1,0	4,5	14,4	1,0	44,5	661	n.a.	n.a.	1,8	2,0	661	n.a.	1,8	2,0	74%	72%	69%
	NNH	120	60	16	0,8	0,8	1,0	9,0	1,0	8,7	94	n.a.	n.a.	0,3	0,3	94	n.a.	0,3	0,3	43%	41%	41%
	Thorax	120	55	16	1,5	0,9	1,0	21,0	1,0	n.a.	n.a.	3,7	91	1,4	1,8	n.a.	91	1,4	1,8	54%	45%	46%
	Gesamtabdomen	120	120	16	1,5	1,0	2,0	30,0	1,0	n.a.	n.a.	8,0	273	4,4	6,4	n.a.	273	4,4	6,4	80%	55%	57%
	Wirbelsäule	WS15J																				

Anmerkungen: Relativangaben (in %) beziehen sich jeweils auf die von uns vorgeschlagenen Referenzwerte für die betreffende Untersuchungsart. Altersgruppe und Dosisgröße; die Bezeichnungen "16" und "32" bei CTDIvol- und DLP-Angaben bezeichnen den Durchmesser (in cm) des jeweils zugrundeliegenden Dosimetriephantoms

Abb. A4 Beispiel für Rückmeldebogen mit Scanparametern, absoluten und relativen Dosiswerten (Begriffe und Abkürzungen s. Tab. A7).

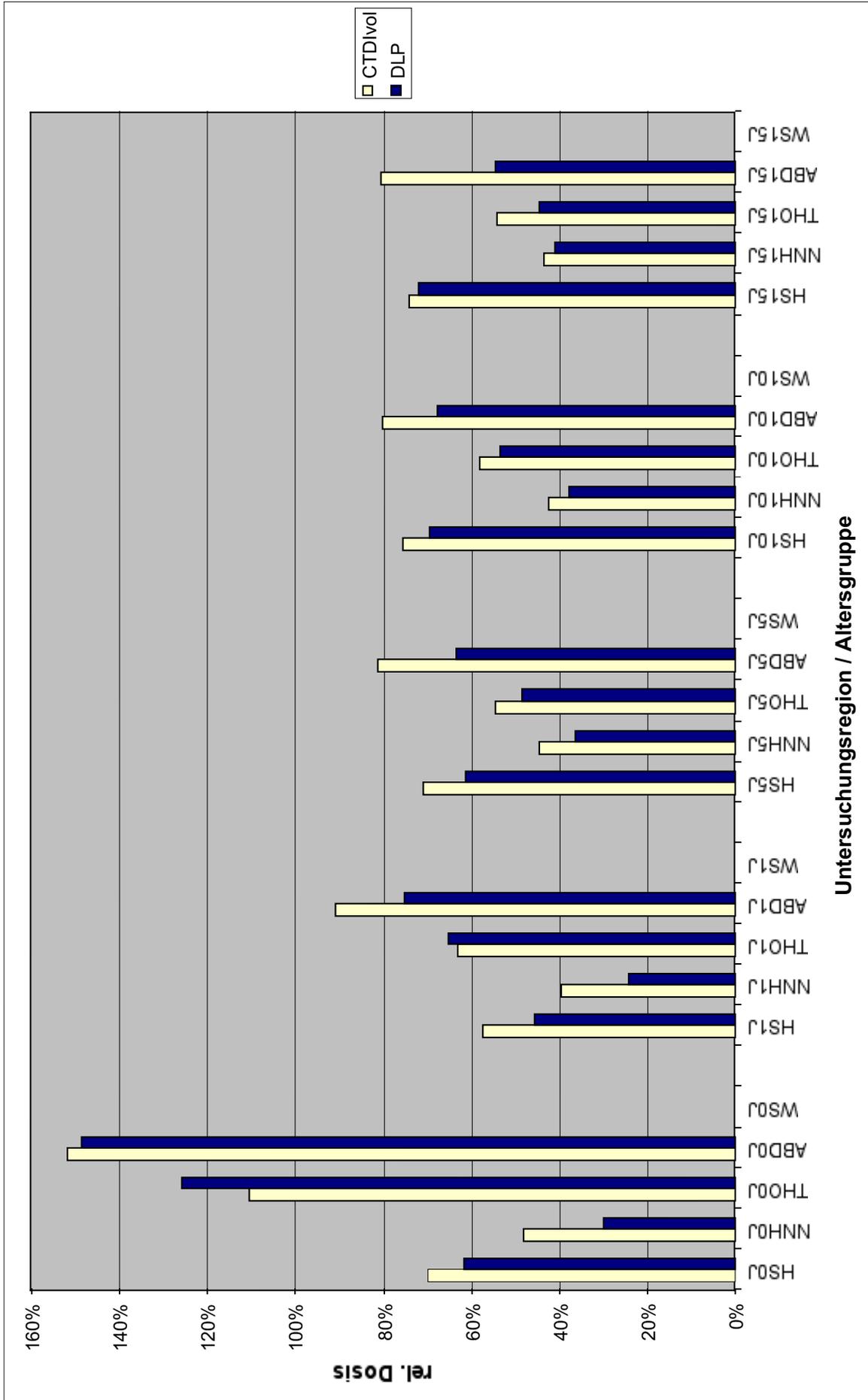


Abb. A5 Darstellung der relativen Dosiswerte in den beiden Größen Volumen-CTDI (CTDI_{vol}) und Dosislängenprodukt pro Untersuchung (DLP) für das in Abb. A4 gezeigte Beispiel. Das 100%-Niveau entspricht den vorgeschlagenen Referenzwerten für pädiatrische CT-Untersuchungen in der jeweiligen Untersuchungsregion und Altersgruppe.

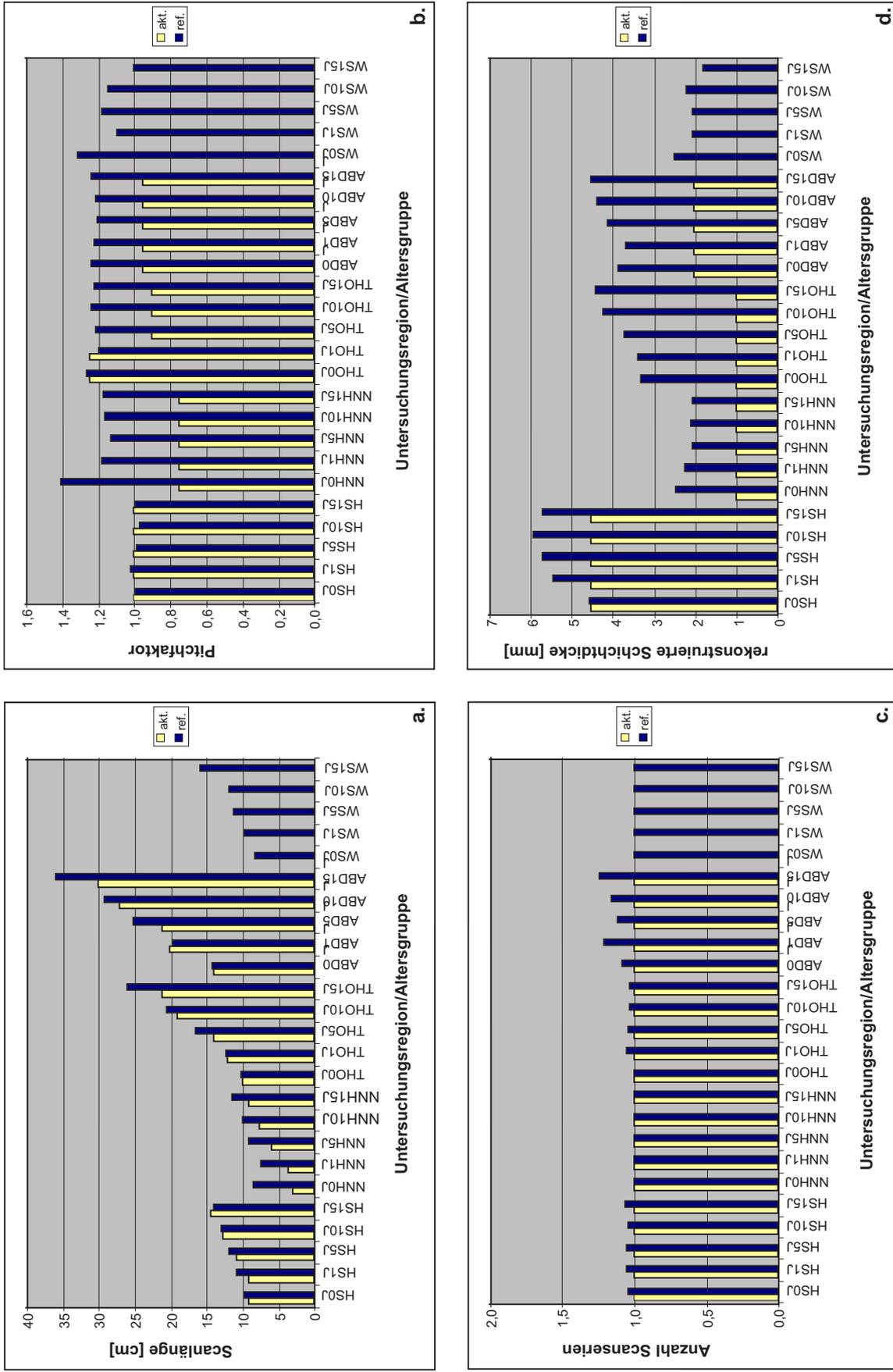


Abb. A6 Gegenüberstellung der Werte des betreffenden Teilnehmers aus Abb. A4 und der Umfrage-Mittelwerte von Scanlänge (a), Pitchfaktor (b), Anzahl der Serien (c) und rekonstruierter Schichtdicke (d). Im Bedarfsfall lassen sich hieraus die Ursachen für überhöhte Dosiswerte identifizieren.