

# CT-Expo – ein neuartiges Programm zur Dosisvaluierung in der CT

G. Stamm<sup>1</sup>  
H. D. Nagel<sup>2</sup>

## CT-Expo – a Novel Program for Dose Evaluation in CT

### Zusammenfassung

CT-Expo ist eine neuartige Excel-Applikation zur Ermittlung von Patientendosiswerten bei CT-Untersuchungen. Grundlage sind Berechnungsverfahren, die bei der Auswertung der bundesweiten Umfrage zur CT-Expositionspraxis in 1999 verwendet wurden. Das Programm gestattet die Berechnung aller praxisrelevanten Dosisgrößen wie Achsendosis frei Luft, gewichteter CTDI, Dosislängenprodukt, effektive Dosis und Uterusdosis. Gegenüber existierenden Programmen zur CT-Dosisberechnung bietet CT-Expo zahlreiche Besonderheiten. Dazu zählen nach Geschlechtern getrennte Berechnungsmöglichkeiten für alle Altersgruppen (Erwachsene, Kinder, Säuglinge), Berücksichtigung aller existierenden CT-Geräte mit Korrektur von gerätetyp-spezifischen Einflüssen und die Möglichkeit zum Vergleich der Ergebnisse mit den Werten der bundesweiten CT-Umfrage. Drei getrennte Anwendungsmodulare bieten freie und standardisierte Dosisberechnung sowie eine umfassende Benchmarking-Funktion mit Hinweisen zur Dosisoptimierung. Das Programm ist sowohl in deutscher als auch in englischer Ausführung auf Shareware-Basis erhältlich. Zusätzliche Informationen und eine kostenlose Demo-Version können über die E-Mail-Adresse des Verfassers ([stamm.georg@mh-hannover.de](mailto:stamm.georg@mh-hannover.de)) bzw. über die Web-Adresse [http://www.mh-hannover.de/kliniken/radiologie/str\\_04.html](http://www.mh-hannover.de/kliniken/radiologie/str_04.html) bezogen werden.

### Schlüsselwörter

Computertomographie · Strahlenexposition · Dosisabschätzung · Qualitätssicherung · diagnostische Referenzwerte

### Abstract

CT-Expo is a novel MS Excel application for assessing the radiation doses delivered to patients undergoing CT examinations, based on computational methods that were used to analyze the data collected in the German survey on CT practice in 1999. The program enables the calculation of all dose quantities of practical value, such as axial dose free-in-air, weighted CTDI, dose-length product, effective dose and uterine dose. In contrast to existing programs for CT dose assessment, CT-Expo offers a number of unique features, such as gender-specific dose calculation for all age groups (adults, children, newborns), applicability to all existing scanner models including correction of scanner-specific influences, and the possibility of comparison with the results from the German CT survey on CT practice. Three different application modules offer free and standardized dose calculations as well as a comprehensive benchmarking section including guidance on dose optimization. The program is available as shareware in both German and English version. Additional information and a demo version free of charge can be requested via e-mail from the author's address [stamm.georg@mh-hannover.de](mailto:stamm.georg@mh-hannover.de) or from the web page [http://www.mh-hannover.de/kliniken/radiologie/str\\_04.html](http://www.mh-hannover.de/kliniken/radiologie/str_04.html).

### Key words

Computed tomography · radiation exposure · dose assessment · quality assurance · diagnostic reference levels

### Institutsangaben

<sup>1</sup> Diagnostische Radiologie, Arbeitsbereich Experimentelle Radiologie, Medizinische Hochschule Hannover  
<sup>2</sup> Abteilung Wissenschaft und Technik, Philips Medizin Systeme, Hamburg

### Korrespondenzadresse

Dr. rer. nat. GeorgStamm · Medizinische Hochschule Hannover, Exp. Radiologie · Carl-Neuberg-Straße 1 · 30625 Hannover · Tel.: + 49(0)511/532-2690 · Fax: + 49(0)511/532-3797 · E-mail: [stamm.georg@unk-hannover.de](mailto:stamm.georg@unk-hannover.de)

### Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2002; 174: 1570–1576 · © Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York · ISSN 1438–9029

## Einleitung

Neben den angiographischen, kardiologischen und interventionellen Prozeduren zählt die Computertomographie zu den Röntgenbildgebungsverfahren mit den höchsten Patientendosiswerten. Ein Grund hierfür ist sicherlich der im Vergleich zu herkömmlichen projektionsradiographischen Verfahren weitaus höhere Informationsgehalt der mit CT erzeugten Schnittbilder, der einen erhöhten Dosis Einsatz erfordert und in der Regel auch rechtfertigt. Ein anderer ist die häufig nicht vorhandene Kenntnis über die Höhe der damit verbundenen Strahlenexposition, ein weiterer das Fehlen eines geeigneten Vergleichsmaßstabs, mit dem sich die Verhältnismäßigkeit der applizierten Dosiswerte beurteilen lässt.

Aufgrund der fehlenden Information wird in der Praxis häufig mit unnötig hohen Werten gearbeitet, wie mit der 1999 durchgeführten bundesweiten Umfrage zur CT-Expositionspraxis [1] belegt werden konnte. Hauptziel dieser Umfrage war die Gewinnung repräsentativer Dosisdaten aus den abgefragten Scanprotokollen, um sie zur Aufstellung von diagnostischen Referenzwerten und als Grundlage für weiterführende Optimierungsstudien zu verwenden. Die abschließende Unterrichtung der Umfrageteilnehmer über die Höhe der bei ihnen anfallenden Dosiswerte (absolut und in Relation zum Durchschnitt aller Teilnehmer) war ein weiterer, wesentlicher Bestandteil der Aktion.

Die dabei benutzten Verfahren lieferten Anregung und Grundlage für die Entwicklung von CT-Expo, einem neuartigen Programm zur Dosisvaluierung in der CT. Zwar ist diese Software nicht die erste und einzige ihrer Art. Gegenüber anderen Programmen zur CT-Dosisberechnung (WinDose [2], CTDOSE [3], CT-Dose [4], CTDosimetry [5]) verfügt CT-Expo jedoch über eine Reihe von Eigenschaften, mit denen sich die Maßnahmen zur Dosisreduktion, die durch die Umfrage initiiert worden sind, von den CT-Anwendern in Eigenregie weiterführen lassen. Die wesentlichen Merkmale dieses Programms und seine Anwendungsmöglichkeiten sollen im Folgenden vorgestellt werden.

## Anforderungen an ein CT-Dosisberechnungsprogramm

Von einer CT-Dosissoftware wird prinzipiell erwartet, dass sie die Berechnung aller interessierenden Dosisgrößen für alle im Betrieb befindlichen CT-Geräte mit hinreichender Genauigkeit gestattet. Wie eine eingehende Bewertung der bisher angebotenen Programme hinsichtlich ihrer Eignung zur Auswertung der Umfragedaten ergab, wird diese Grundforderung von den existierenden Lösungen nur eingeschränkt erfüllt [6]. So bieten einige Programme Berechnungsmöglichkeiten lediglich für eine begrenzte Anzahl von Gerätetypen oder berücksichtigen nur unzureichend die unterschiedlichen dosisbestimmenden Geräteeigenschaften. Die meisten erlauben keine Unterscheidung nach Patientengeschlecht. Keines der getesteten Programme verfügt über Berechnungsmöglichkeiten für pädiatrische Anwendungen oder Orientierungshilfen für den Anwender. Auch gibt es bislang keine Software, die den besonderen Gegebenheiten bei Mehrschicht-CT-Geräten gerecht wird.

Um den CT-Anwender über die Höhe der mit seiner Arbeitsweise verbundenen Strahlenexposition zu informieren und ihm eine Einschätzung seiner Ergebnisse zu ermöglichen, sollte ein derartiges Programm folgende Eigenschaften besitzen:

- Berechnungsmöglichkeit für alle existierenden Scanner
- Regelmäßige Aktualisierung der dosisrelevanten Scannerdaten
- Berechnungsmöglichkeit für alle Altersgruppen (Erwachsene, Kinder, Säuglinge)
- Berechnung nach Geschlecht getrennt
- Korrektur von gerätetyp-spezifischen Einflüssen (Gerätekorrektur)
- Korrektur von Überstrahlungseffekten bei Mehrschicht-CT-Geräten
- Freie und standardisierte Dosisberechnung
- Möglichkeit zum Vergleich mit den Ergebnissen der bundesweiten CT-Umfrage
- Benchmarking-Funktion mit Hinweisen zur Dosisoptimierung

Darüber hinaus sollte das Programm weitgehend unabhängig von der verfügbaren Rechnerplattform verwendbar und zu einem Preis erhältlich sein, der für eine möglichst weite Verbreitung förderlich ist.

## Programmbeschreibung

Bei der Konzeption von CT-Expo wurde versucht, den eingangs genannten Anforderungen in vollem Umfang gerecht zu werden. CT-Expo ist eine in Visual Basic programmierte Excel-Applikation. Das Programm ist auf Windows-PCs (ab Windows 95) and Apple Macintosh-Rechnern (mindestens PPC, OS 7.5) lauffähig. Wegen der verwendeten Visual Basic-Module muss MS Excel ab Version Excel 97 (PC) bzw. Excel 98 (Mac) verfügbar sein.

## Dosisgrößen

CT-Expo gestattet die Berechnung folgender Dosisgrößen: Achsendosis frei Luft ( $CTDI_L$ ), gewichteter CTDI ( $CTDI_w$ ), Dosislängenprodukt ( $DLP_w$ ), effektive Dosis (E) nach ICRP 60 [7] und Uterusdosis ( $D_{uterus}$ ). Eine ausführliche Darstellung dieser Dosisgrößen und der Methoden zu ihrer Ermittlung findet sich im Fachbuch „Strahlenexposition in der Computertomographie“ [8]. Ausgewählt wurden ausschließlich solche Größen, die einen direkten Nutzen für den Anwender darstellen: zur Prüfung auf Einhaltung aktueller und künftiger Dosisvorgaben ( $CTDI_L$  bzw.  $CTDI_w$  und  $DLP_w$ ), zum Vergleich mit Expositionen aus anderen Quellen (E) und zur Beratung nach Exposition bei Schwangerschaft ( $D_{uterus}$ ). Auf die Berechnung anderer Organdosiswerte wurde bewusst verzichtet, da ihre Ermittlung mit erheblichen Unsicherheiten behaftet [9], ihre praktische Relevanz folglich fraglich ist und sie aufgrund ihrer Anzahl für die Übersichtlichkeit der Ergebnisse eher störend sind.

## Benötigte Daten

Um Dosisberechnungen vornehmen zu können, ist grundsätzlich die Kenntnis des CT-Geräts (Hersteller, Modell, Baujahr), des Patiententyps (Altersgruppe, Geschlecht), der Scanregion (Lage, Ausdehnung) und der dosisbestimmenden Scanparameter (Spannung, Röhrenstrom und Expositionszeit (ersatzweise mAs-

Produkt), Schichtdicke, Anzahl der gleichzeitig erfassten Schichten, Tischvorschub, Anzahl der Scanserien) erforderlich.

Ferner werden als Basisdaten die dosisrelevanten Gerätedaten und Konversionsfaktoren zur Organdosisbestimmung benötigt. Für die Gerätedaten wurden größtenteils die in „Strahlenexposition in der Computertomographie“ [8] zusammengestellten Datentabellen herangezogen, die überwiegend auf Herstellerangaben basieren. Wo Herstellerangaben nicht, nur unvollständig oder nicht widerspruchsfrei erhältlich waren, wurde auf die in CT-Dosimetrie [5] verwendeten Daten zurückgegriffen. Sämtliche Gerätedaten wurden auf den neuesten Stand gebracht. Für die Konversionsfaktoren wurden die von Zankl et al. mittels Monte-Carlo-Simulation erstellten Tabellenwerke für Erwachsene [10] und für Kinder bzw. Säuglinge [11] benutzt.

Zur Dosisberechnung stehen drei unterschiedliche Anwendungsmodule zur Verfügung: „Berechnen“, „Standard“ und „Benchmarking“. Der Wechsel zwischen den einzelnen Modulen und Ergänzungsblättern erfolgt über eine Navigationsleiste am oberen Rand des jeweiligen Arbeitsblatts.

### Modul „Berechnen“

Das Modul „Berechnen“ gestattet die freie Dosisberechnung für alle Alters- und Geschlechtsgruppen. Das entsprechende Excel-Arbeitsblatt ist in Abb. 1 dargestellt. Die Festlegung des Scanbereichs kann direkt durch Eingabe der Koordinaten der unteren und oberen Scangrenze in die entsprechenden Felder vorgenommen werden. Diese Art der Eingabe sollte allerdings nur von erfahrenen Anwendern benutzt werden, die mit dem Aufbau der GSF-Phantome „ADAM“, „EVA“, „CHILD“ und „BABY“ und der Lage der einzelnen Organe in diesen Phantomen vertraut sind [9,10].

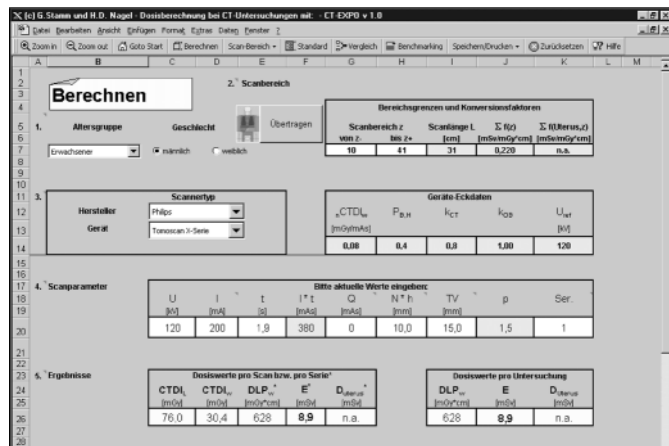


Abb. 1 Excel-Arbeitsblatt für das Anwendungsmodul „Berechnen“. Dieses Modul gestattet Dosisberechnungen für alle Patiententypen bei freier Wahl des Scanbereichs.

Für alle anderen Anwender steht eine graphische Eingabemöglichkeit zur Verfügung. Hierzu wechselt man über eine Navigationsleiste zum Arbeitsblatt „Scan-Bereich“. Je nach Wahl der Altersgruppe wird entweder das Blatt „Erwachsene“ (Abb. 2) oder „Kind-Baby“ (analog zu Abb. 2) bereitgestellt. Die Festlegung des Scan-Bereichs geschieht mit Hilfe von Pfeiltasten. Als Ori-

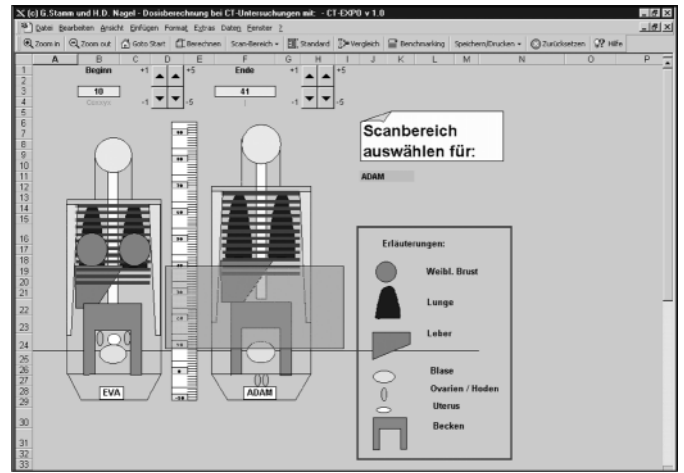


Abb. 2 Excel-Arbeitsblatt „Scan-Bereich“ zur graphischen Festlegung von Lage und Ausdehnung der Scan-Region. Als Orientierungshilfen dienen die eingezeichneten Hauptorgane, anatomische Landmarken (Wirbelkörper) und die z-Koordinaten. Ein ähnliches Arbeitsblatt steht für Dosisabschätzungen bei Patienten mit kleineren Abmessungen (Kinder und Säuglinge) bereit.

tierungshilfen stehen die eingezeichneten Hauptorgane, anatomische Landmarken (Wirbelkörper) sowie die z-Koordinaten zur Verfügung.

Die Bereitstellung der erforderlichen Gerätedaten und Konversionsfaktoren erfolgt automatisch gemäß der Wahl von Patienten- und Gerätetyp sowie Lage und Ausdehnung der Scan-Region. Die bereitgestellten Werte können zur Information den entsprechend gekennzeichneten, nicht veränderbaren Feldern entnommen werden.

Nach Eingabe der erforderlichen Scanparameter werden die errechneten Dosiswerte im unteren Bereich des Arbeitsblattes dargestellt. Die Darstellung erfolgt getrennt nach Werten für die Einzelserie und für die komplette Untersuchung.

### Modul „Standard“

Das Modul „Standard“ bietet eine standardisierte Dosisberechnung für vorab definierte Standard-CT-Untersuchungen bei Erwachsenen. Da die Untersuchungsregion damit bereits feststeht, ist eine Festlegung der Scangrenzen (wie im Modul „Berechnen“) nicht erforderlich. Das zugehörige Arbeitsblatt zeigt Abb. 3.

Zur Auswahl stehen insgesamt 15 Untersuchungsregionen. Diese sind größtenteils mit denen identisch, die Gegenstand der bundesweiten CT-Umfrage waren. Wie im Modul „Berechnen“ werden alle erforderlichen Basisdaten automatisch bereitgestellt und zur Information angezeigt.

Zur Eingabe der Scanparameter stehen drei getrennte Zeilen zur Verfügung. Hiermit können die Gegebenheiten bei komplexen, aus mehreren Scanserien mit unterschiedlichen Protokolleinstellungen bestehenden Untersuchungen berücksichtigt werden. Falls sich die Scanlängen der einzelnen Serien von den vorab definierten Standardlängen unterscheiden, kann die Voreinstellung durch Überschreiben der betreffenden Werte korrigiert werden.

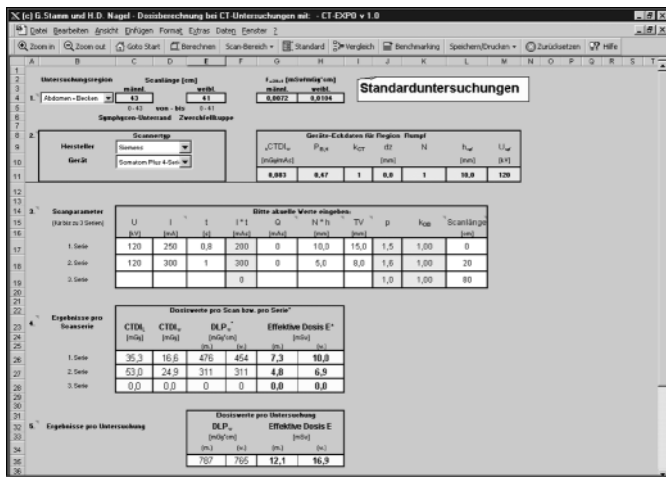


Abb. 3 Excel-Arbeitsblatt für das Anwendungsmodul „Standard“. Dieses Modul erlaubt beschleunigte Dosisberechnungen durch Verwendung vordefinierter Standard-Untersuchungsregionen.

Die Berechnung der Dosiswerte erfolgt für weibliche und männliche Patienten gleichzeitig. Die Ergebnisse werden für die einzelnen Scanserien und für die gesamte Untersuchung getrennt dargestellt.

Über die Navigationsleiste lässt sich ein zusätzliches Arbeitsblatt „Vergleich“ aufrufen. Dieses Arbeitsblatt enthält eine Gegenüberstellung der errechneten Ergebnisse mit den entsprechenden Durchschnittswerten der bundesweiten CT-Umfrage. Die Gegenüberstellung erfolgt zum einen in absoluter Form (Dosiswerte pro Scanserie), zum anderen in Relativform. Dabei werden die errechneten Ergebnisse als Prozentwert des entsprechenden Umfrage-Mittelwerts angegeben.

### Modul „Benchmarking“

Mit dem Modul „Benchmarking“ wird der Anwender in die Lage versetzt, seine Scanprotokolle für sämtliche 14 Standard-Untersuchungsregionen, die im Rahmen der bundesweiten Umfrage zur CT-Expositionspraxis abgefragt worden sind, einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen. Auf diese Weise ergibt sich ein Überblick über die Dosiswerte, die aus der an der betreffenden Einrichtung geübten Anwendungspraxis resultieren, und eine Orientierungshilfe, wie diese Werte im Vergleich zum derzeitigen Anwendungsstandard einzustufen sind.

Das zugehörige Arbeitsblatt ist in Abb. 4 dargestellt. Wie im Modul „Standard“ sind Lage und Ausdehnung der einzelnen Scan-Regionen vorab definiert, wobei für die Scanlänge der tatsächliche Wert einzugeben ist. Die Eingabe der Scanparameter erfolgt in ähnlicher Form wie im Modul „Berechnen“. Rechts von den Eingabefeldern befinden sich die Ergebnisfelder. Sie enthalten sowohl die absoluten Dosiswerte als auch (wie im Arbeitsblatt „Vergleich“) die Relativwerte, bezogen auf die Mittelwerte der CT-Umfrage für die jeweilige Untersuchungsregion und Dosisgröße. Das ungewichtete Mittel dieser Relativwerte liefert eine summarische Information über das Dosisniveau, auf dem an der betreffenden Einrichtung gearbeitet wird.

Die Relativwerte der beiden Dosisgrößen gewichteter CTDI und Dosislängenprodukt, die künftig als Leitgrößen (diagnostische

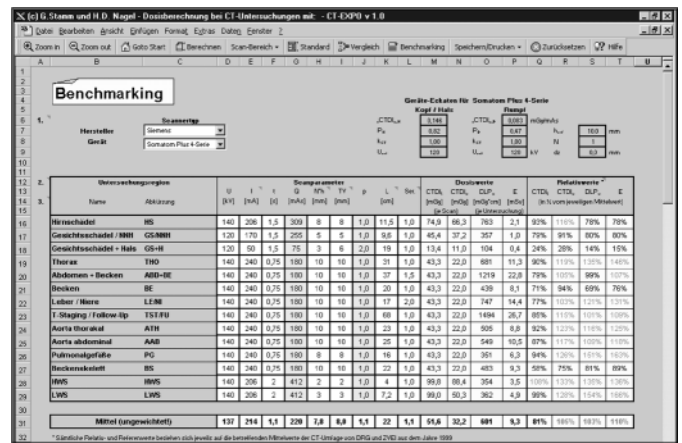


Abb. 4 Excel-Arbeitsblatt für das Anwendungsmodul „Benchmarking“. Dieses Modul erlaubt Dosisberechnungen und -vergleiche mit den Ergebnissen der bundesweiten CT-Umfrage auf einen Blick für insgesamt 14 Standard-CT-Untersuchungsregionen.

Referenzwerte) fungieren werden, sind in graphischer Form dargestellt (Abb. 5). Mit Hilfe zusätzlicher Darstellungen (Abb. 6) lassen sich diejenigen Scanparameter identifizieren, deren Werte signifikant von der allgemein geübten Praxis abweichen und die als mögliche Ursache für überdurchschnittlich hohe Dosiswerte in Frage kommen. Hierzu werden die verwendeten Einstellungen für Scanlänge, Pitch, Anzahl der Scanserien und Schichtdicke mit den entsprechenden Mittelwerten der CT-Umfrage verglichen.

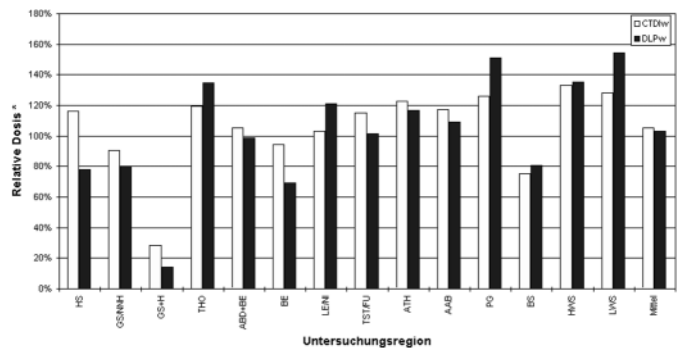


Abb. 5 Darstellung der im Anwendungsmodul „Benchmarking“ berechneten relativen Dosiswerte in den beiden Größen gewichteter CTDI ( $CTDI_w$ ) und Dosislängenprodukt ( $DLP_w$ ). Bei jeder Untersuchungsart entsprechen 100% dem jeweiligen Durchschnitt aller Umfrageteilnehmer. Aus dieser Art der Darstellung wird ersichtlich, bei welchen Untersuchungsarten ggf. ein Optimierungsbedarf besteht.

### Sonstiges

Das Programm lässt sich weitgehend intuitiv bedienen. Als Bedienungshilfen stehen ein ausführliches Bedienerhandbuch im PDF-Format, eine Kurzanleitung (über „Hilfe“ direkt erreichbar) sowie verdeckte Kommentare an wichtigen Eingabefeldern zur Verfügung.

Alle Arbeitsblätter mit den darin enthaltenen Eingaben und Ergebnissen können auf Drucker ausgegeben werden. Außerdem kann die im Modul „Benchmarking“ benutzte Tabelle (Abb. 4) als eigene Excel-Datei archiviert werden.

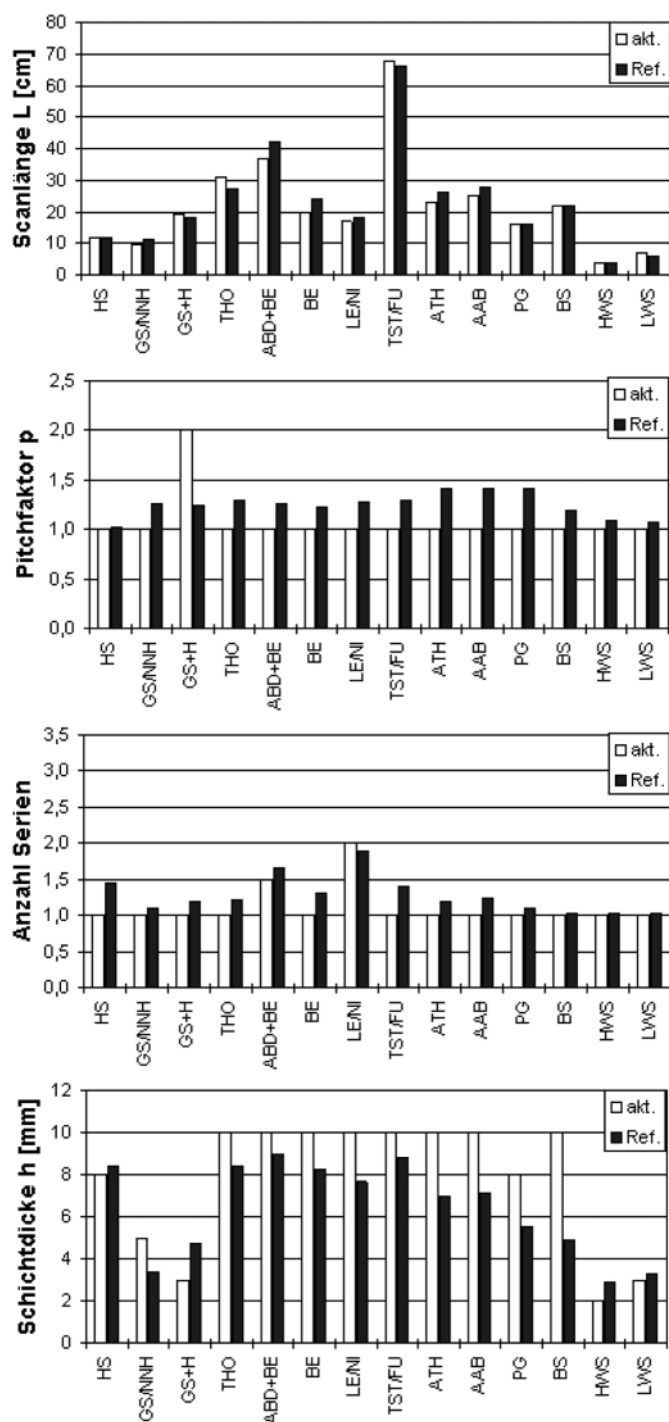


Abb. 6 Gegenüberstellung der im Anwendungsmodul „Benchmarking“ eingegebenen aktuellen Werte („akt.“) für die Scanparameter Scanlänge, Pitchfaktor, Anzahl der Serien und Schichtdicke und der entsprechenden Mittelwerte der bundesweiten Umfrage zur CT-Expositionspraxis. Der Vergleich dieser Werte gestattet Rückschlüsse auf mögliche Gründe für übermäßig hohe Dosiswerte.

### Anwendungsmöglichkeiten

Mit den drei Modulen lässt sich das gesamte Spektrum der bei CT-Anwendungen anfallenden Fragen zur Strahlenexposition abdecken. Die einzelnen Module weisen folgende Anwendungsschwerpunkte auf:

### Modul „Berechnen“

Beim Anwendungsmodul „Berechnen“ handelt es sich um den Universalmodus. Er bietet die größtmögliche Flexibilität hinsichtlich Patiententyp, Patientengeschlecht und Scan-Region. Dosisberechnungen bei pädiatrischen CT-Untersuchungen sind nur in diesem Modul möglich. Dasselbe gilt für die Berechnung der Uterusdosis. Lage und Ausdehnung der Scan-Region sind beliebig in Schritten von 1 cm einstellbar.

Neben Dosisberechnungen für bestimmte Fragestellungen eignet sich dieses Modul in idealer Weise für Lern- und Unterrichtszwecke. Durch gezielte Variation der Eingabeparameter wird die Auswirkung bestimmter Maßnahmen auf die Dosis unmittelbar verdeutlicht. Des Weiteren lassen sich Dosisvergleiche zwischen unterschiedlichen Geräten unter Verwendung der für das jeweilige Gerät üblichen Scanprotokolle anstellen. Ein Vergleich der Dosiseffizienz der betreffenden Geräte ist damit jedoch nicht möglich, da die dazu erforderliche Bestimmung von Bildqualitätsmerkmalen den Rahmen des Programm übersteigt. Für Patienten unterschiedlicher Altersgruppen (Erwachsene, Kinder, Säuglinge) lassen sich die aus einer bestimmten Parameterwahl resultierenden Dosiswerte im Vergleich studieren. Die Ergebnisse können dazu verwendet werden, die bei pädiatrischen Anwendungen erforderliche Dosisanpassung vorzunehmen.

### Modul „Standard“

Durch die vereinfachte Festlegung der Scan-Region und den damit verbundenen Zeitgewinn eignet sich das Modul „Standard“ speziell zur untersuchungsbegleitenden Dosisermittlung. Hinzu kommt die Möglichkeit, die Daten komplexer, mehrere Serien umfassender Untersuchungen getrennt einzugeben und auszurechnen.

Die weitaus überwiegende Zahl der installierten CT-Geräte lässt sich auf diese Weise mit einer Dosisanzeige ausstatten, die sonst nur bei den allerneuesten Geräten zu finden ist. Tatsächlich ist diese „Ersatzlösung“ jedoch weitaus informativer als die geräte-seitige Anzeige, da außer dem gewichteten CTDI auch noch andere, wesentlich aussagefähigere Dosisgrößen ermittelt werden. Außerdem können die resultierenden Dosiswerte unmittelbar mit den Durchschnittswerten der CT-Umfrage verglichen werden.

Da Berechnung und Vergleich der Werte vor der eigentlichen Untersuchung vorgenommen werden können, lassen sich Fehldeklarationen erkennen und korrigieren. Durch die Möglichkeit, den Inhalt des Arbeitsblatts auszudrucken, kann der Aufzeichnungspflicht nach § 28 RöV in einfacher Weise nachgekommen werden.

### Modul „Benchmarking“

Die im Modul „Benchmarking“ angebotenen Berechnungen und Darstellungen sind weitestgehend mit denen der CT-Umfrage und der abschließenden Feedback-Aktion identisch. Auf diese Weise wird der Anwender in die Lage versetzt, die damit begonnenen Qualitätssicherungsmaßnahmen in Eigenregie weiterzuführen oder erstmalig vorzunehmen.

Ein Benchmarking der verfügbaren Standard-Untersuchungsprotokolle sollte vorzugsweise in den folgenden Situationen vorgenommen werden:

- unmittelbar nach Inbetriebnahme eines neu installierten Geräts zur Bewertung der vom Hersteller vorprogrammierten Scanprotokolle;
- zur Ermittlung und Dokumentation des Status quo bei bereits installierten Geräten;
- nach Optimierungsmaßnahmen zur Verifizierung und Dokumentation der Ergebnisse;
- auf Anfrage (z. B. durch die Ärztliche Stelle) zum Nachweis der eigenen Expositionspraxis.

Die graphischen Darstellungen der Ergebnisse liefern wertvolle Hinweise zur Optimierung der Scanprotokolle. Dies soll exemplarisch anhand der Abb. 4–6, in denen die Daten und Ergebnisse eines Umfrageteilnehmers dargestellt sind, verdeutlicht werden.

Zwar liegt das ungewichtete Mittel der relativen Dosiswerte nur knapp über dem Durchschnitt. Für einen Anwender eines modernen Spiralscanner sind die Werte dennoch signifikant überhöht. Anwender derartiger Geräte kommen nach den Ergebnissen der Umfrage im Durchschnitt mit rund 1/3 weniger Dosis aus.

Eine eingehende Analyse zeigt, dass die Dosisüberhöhung bereits für die lokalen Dosisgrößen  $CTDI_L$  und  $CTDI_w$  gegeben ist, ohne dass dies durch Verwendung übermäßig dünner Schichten erzwungen ist. Auffällig ist ferner, dass in der Regel mit erhöhten Spannungswerten (140 kV) gearbeitet wird, die einen überproportionalen Dosisoutput zur Folge haben. Die Vermutung liegt nahe, dass bei diesem Anwender ein grundsätzliches Missverständnis über den Zusammenhang zwischen Röhrenspannung und Patientendosis, der sich in der CT anders als in der konventionellen Projektionsradiographie gestaltet, vorliegt. Außerdem fällt auf, dass so gut wie nie mit erhöhtem Pitch gearbeitet wird, obwohl ein Spiralscanner zur Verfügung steht.

Sinnvolle Optimierungsmaßnahmen bestehen zum einen in einer Reduktion der mAs-Produkte auf Werte, die zu einem relativen  $CTDI_w$  von rund 70% führen, und in einer Erhöhung des Pitchfaktors auf 1,5 für alle Untersuchungsregionen mit Ausnahme von Hirnschädel, HWS und LWS. Nach Durchführung dieser Maßnahmen würde der betreffende Anwender bei einem mittleren Dosisniveau von rund 70% ( $CTDI_w$ ) bzw. 50% ( $DLP_w$ ) arbeiten, d. h. die integrale Strahlenexposition ( $DLP_w$  und Effektivdosis E) wäre damit nur noch halb so groß wie zuvor.

Die Verwendungsmöglichkeiten von CT-Expo beschränken sich nicht allein auf den Kreis der CT-Anwender (Radiologen, MTRA). Speziell das Anwendungsmodul „Benchmarking“ dürfte für alle mit der CT befassten Personen, die eine beratende oder überwachende Funktion wahrnehmen, von großem Nutzen sein: Service- und Applikationspersonal der CT-Firmen, Medizinphysiker, Sachverständige sowie Mitarbeiter von Ärztlichen Stellen und Aufsichtsbehörden.

## Genauigkeit der Dosisberechnungen

Grundsätzlich gelten alle Dosisberechnungen nur für Standardpatienten mit Abmessungen, die mit denen der Phantome, die den einzelnen Dosisgrößen zugrunde liegen, weitgehend identisch sind. Individuelle, auf den einzelnen Patienten abgestellte Dosisberechnungen sind damit nicht möglich.

Die Genauigkeit der vorgenommenen Dosisberechnungen hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab. Eine ausführliche Darstellung dieser Einflüsse und eine Abschätzung der daraus resultierenden Berechnungsfehler ist im Anhang des Bedienerhandbuchs zu finden. Im Allgemeinen sollte die Genauigkeit bei den messtechnisch bestimmbareren Dosisgrößen ( $CTDI_L$ ,  $CTDI_w$ ,  $DLP_w$ ), die im Wesentlichen durch die Unsicherheiten der dosisrelevanten Gerätedaten gegeben ist, besser als  $\pm 10$ –15% sein. Für die nur mittels Umrechnung bestimmbareren Dosisgrößen (Effektiv- und Uterusdosis) muss mit größeren Unsicherheiten von  $\pm 20$ –30% gerechnet werden, da zusätzlich die Fehlereinflüsse der verwendeten Konversionsfaktoren und deren Aufbereitung in die Berechnung eingehen.

Die unter Umständen größte Fehlerquelle stellt jedoch die Eingabe der Scanparameter dar. Aufgrund der Erfahrungen, die mit den eingegangenen Fragebögen im Rahmen der Umfrageaktion gewonnen wurden, wurden in das Bedienerhandbuch ausführliche Beschreibungen der einzelnen Eingabegrößen und Hinweise auf mögliche Fehler aufgenommen. Bei Beachtung dieser Hinweise sollten sich Eingabefehler weitestgehend vermeiden lassen.

Darüber hinaus ist mit Fehlern unbekannter Größe zu rechnen, wenn das betreffende Gerät in der Zwischenzeit modifiziert worden ist. Zumindest sollten sich die Auswirkungen von herstellerseitigen Modifikationen, die alle Geräte (oder eine Teilmenge) eines bestimmten Gerätetyps betreffen, reduzieren lassen. Daher werden regelmäßig Aktualisierungen der dosisrelevanten Gerätedaten vorgenommen, die auch zwischenzeitlich neu auf den Markt gekommene Geräte berücksichtigen. Dieser Service erfolgt für alle registrierten Anwender von CT-Expo kostenlos und ist für den Zeitraum bis zum 31.12.2006, je nach Interesse auch darüber hinaus, garantiert.

## Schlussbemerkung

CT-Expo ist ein neuartiges Programm zur Dosisevaluierung in der CT. Eine Vielzahl praxisrelevanter Funktionen macht dieses Programm zu einem universellen Werkzeug für alle, die sich berufsbedingt mit der CT befassen. CT-Expo ermöglicht nicht nur die üblichen Dosisberechnungen, sondern liefert auch wertvolle Orientierungshilfen zur Bewertung der ermittelten Dosiswerte und Hinweise zur Dosisoptimierung. Für den Großteil der installierten Geräte ist CT-Expo die einfachste und zugleich informativste Lösung zur Nachrüstung einer Dosisanzeige – eine Maßnahme, die im Hinblick auf die unmittelbar bevorstehende Einführung diagnostischer Referenzwerte äußerst sinnvoll ist. Eine fortlaufende Aktualisierung der zur Berechnung benötigten Gerätedaten ist garantiert.

CT-Expo ist als kostengünstiges Shareware-Programm erhältlich. Weitere Informationen sowie eine kostenlose Demo-Version können beim Verfasser unter der E-Mail-Adresse [stamm.georg@mh-hannover.de](mailto:stamm.georg@mh-hannover.de) bzw. über die Web-Adresse [http://www.mh-hannover.de/kliniken/radiologie/str\\_04.html](http://www.mh-hannover.de/kliniken/radiologie/str_04.html) angefordert werden.

## Literatur

- <sup>1</sup> Galanski M, Nagel HD, Stamm G. CT-Expositionspraxis in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage im Jahre 1999. *Fortschr Röntgenstr* 2001; 173: R1 – R66
- <sup>2</sup> Kalender WA, Schmidt B, Zankl M, Schmidt M. A PC program for estimating organ dose and effective dose values in computed tomography. *Europ Radiol* 1999; 9: 555 – 562
- <sup>3</sup> LeHeron JC. CTDOSE – a computer program to enable the calculation of organ doses and dose indices for CT examinations. Christchurch, New Zealand: Ministry of Health, National Radiation Laboratory, 1993
- <sup>4</sup> National Institute of Radiation Hygiene. CT dose calculation software „CT-Dose“. Herlev: National Institute of Radiation Hygiene. [ctdose@sis.dk](mailto:ctdose@sis.dk), 1999
- <sup>5</sup> Imaging Performance Assessment of CT-Scanners Group. *ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator v. 0.99 j.* London: ImPACT. <http://www.impactscan.org>,
- <sup>6</sup> Tack D. Comments on Kalender et al.: A PC program for estimating organ dose and effective dose values in computed tomography. *Europ Radiol* 2001; 11: 2641 – 2642 und Kalender WA, Schmidt B. Reply to D. Tack: A PC program for estimating organ dose and effective dose values in computed tomography. *Europ Radiol* 2001; 11: 2643
- <sup>7</sup> International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. Oxford: Pergamon Press, 1991
- <sup>8</sup> Nagel HD (Hrsg), Galanski M, Hidajat N, Maier W, Schmidt T. *Strahlenexposition in der Computertomographie – Grundlagen, Einflussfaktoren, Dosismittlung, Optimierung, Zahlenwerte, Begriffe*. 3. Aufl. Hamburg: CTB Publications. [ctb-publications@gmx.de](mailto:ctb-publications@gmx.de), 2002
- <sup>9</sup> Hidajat N, Vogel T, Schröder RJ, Felix R. Berechnete Organdosen und effektive Dosis für die computertomographische Untersuchung des Thorax und des Abdomens: Sind diese Dosen realistisch? *Fortschr Röntgenstr* 1996; 164: 382 – 387
- <sup>10</sup> Zankl M, Panzer W, Drexler G. The Calculation of Dose from External Photon Exposures Using Reference Human Phantoms and Monte Carlo Methods Part VI: Organ Doses from Computed Tomographic Examinations. Oberschleißheim: GSF-Forschungszentrum. GSF-Bericht, 1991: 30
- <sup>11</sup> Zankl M, Panzer W, Drexler G. Tomographic Anthropomorphic Models Part II: Organ Doses from Computed Tomographic Examinations in Paediatric Radiology. Oberschleißheim: GSF-Forschungszentrum. GSF-Bericht, 1993: 30

## Buchbesprechung

**CT of the Peritoneum.** Medical Radiology, Diagnostic Imaging  
A. Rossi, G. Rossi  
2001. 409 S., 425 Abb., Geb. Springer, Berlin, 223,63 €  
ISBN 3-540-41400-2

Dieses Buch beschäftigt sich mit einer häufig vernachlässigten Struktur – dem Peritoneum und zwar seiner Abbildung mit Hilfe der Computertomographie. Die ganz wesentliche Voraussetzung für das Verständnis von Krankheitsbildern, die das Peritoneum betreffen, besteht in der Kenntnis der komplexen anatomischen Zusammenhänge des Bauchfells mit den abdominalen Organen und der Bauchwand. Insbesondere die Schaffung der zahlreichen Räume im Abdomen hat wesentliche Konsequenzen für die Ausbreitung von Erkrankungen und erst die Kenntnis der anatomischen Gegebenheiten ermöglicht die sichere differenzialdiagnostische Einordnung und dann die Wahl des geeigneten therapeutischen Vorgehens. Die ersten 135 Seiten des vorliegenden Werkes sind dementsprechend der Anatomie, der Physiologie und Pathophysiologie im allgemeinen gewidmet sowie speziell auf die Computertomographie ausgerichtet. Axiale Standardschnitte der CT werden hierbei durch zahlreiche anschaulich gestaltete Zeichnungen und mehrfarbige Skizzen sowie auch durch Angiographien in der Darstellung der Anatomie unterstützt. Sowohl 3D-Oberflächenreformation als auch Multiplanare Reformationen von Originalcomputertomographiedatensätzen tragen weiter dazu bei, dass der Leser ein dreidimensionales Verständ-

nis der komplexen Anatomie gewinnt. Allerdings sollten in der nächsten Ausgabe die Legenden, welche zum Teil zahlreiche Fehler beinhalten, genau überarbeitet werden. Des weiteren sollten die im Prinzip erfreulich zahlreichen Beschriftungen nicht als Abkürzungen erfolgen, die dann wiederum in Legenden auf anderen Seiten nachgeschlagen werden müssen. Hier würde die direkte Beschriftung mit Sicherheit ein flüssigeres Lesen und Lernen gestatten. Mit dem zweiten Teil des Buches, den die Autoren mit „Primären und sekundären Pathologien des Peritoneums“ titulieren, eröffnet sich dem Leser eine wahre Fundgrube an systematisch geordneten Fällen. Auch hier nutzen die Autoren alle Möglichkeiten der dreidimensionalen Rekonstruktionstechniken der CT, um die verschiedenen Krankheitsbilder jeweils in ihrem gesamten Ausmass abzubilden. Besonders erfreulich ist es außerdem, dass nicht an der Anzahl der durchweg hochqualitativen Abbildungen gespart wurde. Die Nebeneinanderstellung von jeweils zahlreichen axialen CT-Schnitten in verschiedenen anatomischen Höhen erlaubt auch anhand der Originalbilder die schnelle und praxisnahe Erfassung der Ausbreitung der dargelegten Erkrankungen. Diese Erkrankungen umfassen ein enorm breites Spektrum, das nahezu alles einschließt, was das Peritoneum berührt. Alleine diese ausführliche Fallsammlung macht das Buch nicht nur zu einer Fund- sondern auch zu einer Goldgrube für alle, die im klinischen Alltag die CT einsetzen.

A. Bucker, Aachen