

# **Dosisbestimmende Faktoren und dosisreduzierende Maßnahmen in der Computertomographie**

*H. D. Nagel*

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

## **Beitrag zur Zeitschrift “Strahlenschutzpraxis” Ausgabe 1/2011**

Obwohl lediglich mit 6% am Untersuchungsaufkommen in der Röntgendiagnostik beteiligt, trägt die Computertomographie mit mehr als 50% überproportional zur Strahlenexposition der bundesdeutschen Bevölkerung bei [1]. Wesentliche Ursache hierfür ist das dreidimensionale Bildgebungsverfahren, mit dem überlagerungsfreie Schnittbilder erzeugt werden. Hierzu ist eine Vielzahl an Projektionen aus unterschiedlicher Richtung erforderlich. Obwohl jeder dieser Projektionen nur weniger Dosis als eine konventionelle Röntgenaufnahme auskommt, ist es die Anzahl der benötigten Projektionen (rund 1000), die eine wesentliche höhere Dosis bedingt.

Wie Umfragen gezeigt haben [2,3], ist die Strahlenexposition einer CT-Untersuchung - verglichen mit konventionellen Aufnahmen derselben Körperregion - derzeit rund 50mal höher. Wie hoch sie im Einzelnen ausfällt, hängt von drei Faktoren ab:

- der Dosiseffizienz von Gerät und Bildprozessierung,
- der erforderlichen Dosis in Abhängigkeit von Patientenanatomie und diagnostischer Fragestellung sowie
- der zur Bildakquisition und -prozessierung verwendeten Einstellparameter.

Als digitale Bildgebungsmodalität waren Computertomographen, gemessen an konventionellen Röntengeräten, technologisch von jeher vergleichsweise fortschrittlich ausgelegt. Durch Verbesserung der apparativen Ausstattung konnte die Dosiseffizienz im Laufe der Entwicklung weiter gesteigert werden. Ein wesentlicher Schritt war dabei die Ablösung der Gasdetektoren durch Festkörperdetektoren (Effizienzgewinn: 30% und mehr [4]), die vor rund 10 Jahren im Zuge der Einführung der Mehrschicht-

CT-Technologie endgültig vollzogen wurde. Ebenfalls vor gut 10 Jahren kamen die ersten Geräte auf den Markt, die über eine Dosisautomatik verfügen. Als digitale Modalität benötigt die CT zwar keinen ‚Belichtungsautomaten‘; das Fehlen einer solchen Einrichtung bedeutete aber, dass bei schlanken Patienten und weniger dichten Körperabschnitten von der möglichen Verringerung der Dosis nur dann Gebrauch gemacht wurde, wenn sie vom Anwender bewusst vorgenommen wurde. Wie alle anderen Röntengeräte müssen neue Computertomographen seit 2003 über eine Dosisanzeige verfügen, die sowohl die lokale Dosis (CTDIvol) als auch die integrale Strahlenexposition (Dosislängenprodukt (DLP)) angibt.

Mehrschicht-CT-Geräte besitzen im Vergleich zu Einzelschicht-CT-Geräten viele Vorteile. Hinsichtlich der Strahlenexposition weisen sie jedoch zwei Nachteile auf, die zuvor nicht oder nicht in vergleichbarem Ausmaß existierten [5]: ‚Overbeaming‘ (die systembedingte Überstrahlung des mehrzeiligen Detektors) und ‚OVERRANGING‘ (der erforderliche Vor- und Nachlauf im Spiralmodus mit entsprechender Verlängerung der bestrahlten Körperregion). Die damit verbundenen Dosiserhöhungen wurden durch rauschärmere Detektorelektroniken und dosiseffizientere Verfahren der Datenaufbereitung (‚z-Filterung‘) jedoch weitestgehend kompensiert. Zusätzlich verfügen die allerneuesten Geräten über spezielle apparative Maßnahmen zur Reduktion des OVERRANGINGS.

Im Zuge der Etablierung der Mehrschicht-CT-Technologie, aber auch durch die mittlerweile vollzogene Digitalisierung der Röntgendiagnostik bedingt, ist die Bildbefundung an Filmen weitgehend Vergangenheit. Monitorbefundung ermöglicht eine Reihe nachträglicher Bildbearbeitungsmaßnahmen in Echtzeit (z.B. Bildaddition, Glättung / Schärfung), die bei sachgerechter Anwendung eine Bildakquisition mit überhöhter Dosis vermeiden helfen. In jüngster Zeit sind Verfahren entwickelt worden, die entweder bei der Bildnachverarbeitung oder bereits bei der Bildrekonstruktion eine Reduzierung des Bildrauschens bewirken und Scans mit verringerter Dosis ermöglichen. Allerdings sind diese Verfahren derzeit noch überwiegend in der Erprobung. Erste Studien deuten aber darauf hin, dass damit selbst bei Niedrigkontrast-Fragestellungen eine Dosisreduktion von 30 bis 50% realisierbar ist; bei Hochkontrast-Fragestellungen lassen sich möglicherweise noch höhere Dosiseinsparungen realisieren.

Wie hoch der Dosisbedarf einer Untersuchung ist, hängt – neben der individuellen Patienten-anatomie – von den Bildqualitäts-Anforderungen der jeweiligen Fragestellung ab. Niedrigkontrast-Fragestellungen zur Darstellung geringer Dichteunterschiede (z.B. Gehirn, Leber, Pankreas, Bandscheibe) erfordern generell ein geringeres Bildrauschen, wozu mehr Dosis benötigt wird. Umgekehrt ist bei hochkontrastigen Fragestellungen (Nasennebenhöhlen, Skelett, Lungenparenchym) zur Bildgebung deutlich weniger Dosis erforderlich. Ähnliches gilt für Verlaufskontrollen, bei denen häufig die Vorinformation der Erstuntersuchung mitgenutzt werden kann.

Ein wesentlicher dosisbestimmender Faktor sind die in der Praxis verwendeten Expositions- und Bildauswertungsparameter (wie Spannung, mAs-Produkt, Kollimation, Schichtdicke, Rekonstruktionsfilter, Fenstereinstellung). Zwar werden die Geräte bereits ab Werk mit einer Vielzahl unterschiedlicher Scanprotokolle ausgeliefert, die in puncto Dosis jedoch häufig noch Spielraum nach unten aufweisen. Zusätzlich können sie vom Anwender modifiziert werden – im Hinblick auf die resultierende Dosis je nach Präferenz sowohl nach unten wie auch nach oben. Hinzu kommen zwei Faktoren, die ausschließlich anwenderbedingt sind: die Länge des exponierten Körperabschnitts sowie die Anzahl der Scanserien, die beispielsweise zur Darstellung unterschiedlicher Kontrastmittelphasen gefahren werden. Umfragen [2,3] haben aufgezeigt, dass von Anwender zu Anwender erhebliche Unterschiede bei der Höhe des letztlich maßgeblichen Dosislängenprodukts bestehen, die durch Unterschiede in der Dosis-effizienz der verwendeten Geräte allein nicht erklärbar sind.

Bereits Mitte der 90er Jahre zeichnete sich ab, dass die Computertomographie die mit Abstand größte Herausforderung für den Strahlenschutz in der medizinischen Bildgebung darstellt. Auf Initiative der Gerätehersteller wurde 1998 die ‚Konzertierte Aktion Dosisreduktion in der CT‘ ins Leben gerufen. Sie hat unter Federführung der Deutschen Röntgengesellschaft eine Vielzahl nützlicher Ergebnisse zur Verringerung der Strahlenexposition bereitgestellt [6], u.a. repräsentative Daten, die 2003 zur erstmaligen Festlegung von diagnostischen Referenzwerten verwendet wurden.

Trotz der zwischenzeitlich etablierten apparativen Verbesserungen und aller Bemühungen zum dosissparenden Arbeiten muss mit einer gewissen Ernüchterung festgestellt werden, dass sich die durchschnittliche Dosis pro CT-Untersuchung (rund 8

mSv) in den vergangenen 10 Jahren nicht wesentlich verringert hat. Deutlich wurde dies anhand der kürzlich vom Bundesamt für Strahlenschutz veröffentlichten, novelierten Referenzwerte für CT-Untersuchungen [7]. Basis sind die Expositions- und Dosisdaten, die von den Ärztlichen Stellen im Rahmen der obligatorischen Qualitätskontrolle ermittelt wurden. Wie Abb. 1 zeigt, sind die Werte im Mittel ähnlich hoch wie die Vorschläge im Report zur bundesweiten CT-Umfrage vor 10 Jahren [2]. Hierfür dürften vielerlei Ursachen verantwortlich sein, wie Referenzwerte, die sich eher an nicht optimalen Gegebenheiten (Geräteausstattung, Scanprotokolle) orientieren, fehlende Anreize zur Unterschreitung der Mindestanforderungen, fehlende Verpflichtung zur einschlägigen Schulung von Anwendern mit älterer Fachkunde etc. Auch fordern Dosisautomatiken noch einen hohen Beachtungsaufwand, der ohne ausreichende Einweisung in der Praxis zu unnötig hohen Grundeinstellungen oder zum Verzicht auf Einsatz der Automatiken führt.

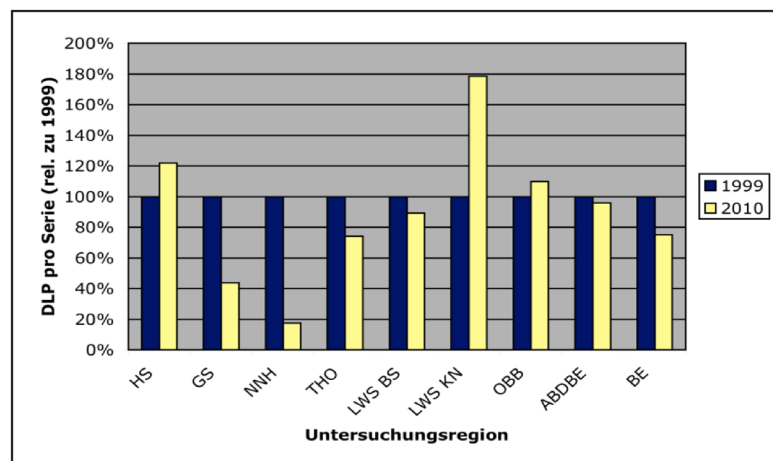


Abb. 1 Vergleich der aktualisierten Referenzwerte 2010 [7] (Basis: DLP pro Scanserie) mit den entsprechenden Vorschlägen im Umfragerport 1999 [2] für die Untersuchungsregionen Hirnschädel (HS), Gesichtsschädel (GS), Nasennebenhöhlen (NNH), Thorax (THO), Lendenwirbelsäule (LWS, BS = Bandscheibe, KN = knöchern), Oberbauch (OBB), Gesamtabdomen (ABDBE) und Becken (BE).

So hilfreich apparative Maßnahmen zur Dosisreduzierung auch sind, so wenig stellen sie eine Garantie für das damit Erreichbare dar. Gerade digitale Bildgebungsverfahren ohne selbstregulierende Mechanismen, wie sie noch in der konventionellen Röntgendiagnostik mit Film-Folien-Kombinationen in Form von Fehlbelichtungen und Filmkosten gegeben waren, bergen immer die Gefahr der Überdosierung zum Zweck der Erzeugung zu vieler und unnötig ‚schöner‘ Bilder. Daher sind Maßnahmen zur Schu-

lung und Beratung der Anwender zwecks Optimierung der Scanprotokolle, die mit einer gewissen Verbindlichkeit einhergehen, vonnöten, um das vorhandene Dosisreduktionspotential in der CT tatsächlich zu nutzen. Probate Rezepte hierfür stehen seit längerem bereit [8]; die entsprechenden Randbedingungen wären allerdings noch zu schaffen.

## Literatur

- [1] Jahresbericht 2007 des Bundesamts für Strahlenschutz. Download: [www.bfs.de/bfs/druck/jahresberichte/jb2007\\_komplett.pdf](http://www.bfs.de/bfs/druck/jahresberichte/jb2007_komplett.pdf)
- [2] 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 (PDF-Version: [www.sascrad.de/page13.php](http://www.sascrad.de/page13.php))
- [3] Brix G, Nagel HD, Stamm G, Veit R, Lechel U, Griebel J, Galanski M. Radiation exposure in multi-slice versus single-slice spiral CT: results of a nationwide survey. Eur. Radiol 2003; 13: 1979 - 1991
- [4] van der Haar T, Klingenberg-Regn K and Hupke R. Improvement of CT Performance by UFC Detector Technology. In: Krestin GP and Glazer GM (Eds.). Advances in CT IV. Berlin: Springer Verlag, 1998: 9 - 15
- [5] Nagel, H.D., 2005. Significance of overbeaming and overranging effects of single- and multi-slice CT scanners. In: Proceedings of the International Congress on Medical Physics, Nuremberg. Bio-medizinische Technik, 50, 395-396.
- [6] Nagel, H.D., Blobel, J., Brix, G., et al. 5 Jahre konzertierte Aktion Dosisreduktion CT - was wurde erreicht, was ist noch zu tun? Fortschr. Röntgenstr. 2004; 176:1683-1694 (PDF-Version: [www.sascrad.de/page13.php](http://www.sascrad.de/page13.php))
- [7] Bundesamt für Strahlenschutz. Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenuntersuchungen vom 22. Juni 2010. Bundesanzeiger vom 28. Juli 2010 ([www.bfs.de/de/ion/medizin/referenzwerte02.pdf](http://www.bfs.de/de/ion/medizin/referenzwerte02.pdf))
- [8] Nagel HD, Vogel H Leitfaden zur Bewertung und Optimierung der Strahlenexposition bei CT-Untersuchungen - 3. überarbeitete und aktualisierte Ausgabe, 2010 (PDF-Version: [www.sascrad.de/page13.php](http://www.sascrad.de/page13.php))