

Dosismanagement

H. D. Nagel, Philips Medizin Systeme, Hamburg, Abt. Wissenschaft & Technik

Einleitung

Diagnostische und interventionelle Prozeduren, die unter Durchleuchtungskontrolle vorgenommen werden, haben in den vergangenen Jahren rapide an Stellenwert gewonnen. Damit einhergegangen ist eine zunehmende Komplexität der dabei verwendeten Methoden. Längere Durchleuchtungszeiten und umfangreichere Bildserien haben daher zu einem signifikanten Anstieg der damit verbundenen Strahlenexposition geführt. Für den Patienten kann dies in Extremfällen bedeuten, daß trotz sorgfältiger Vorgehensweise die Gefahr für strahlenbedingte Hautschädigungen besteht. Aufgrund seiner Nähe zum Patienten ist der Anwender ebenfalls einer erhöhten Strahlenexposition ausgesetzt.

Obwohl die Strahlenexposition nicht das einzige Risiko darstellt, das mit derartigen Prozeduren verbunden ist, ist die Vermeidung unnötiger Strahlenexpositionen bei allen Durchleuchtungstechniken dennoch oberstes Gebot. Apparativer Strahlenschutz kann hierfür zwar wesentliche Voraussetzungen liefern, ist aber allein noch nicht ausreichend. Unterschiedliche Fragestellungen bedingen, daß die optimale Relation zwischen Dosis und Bildqualität von Fall zu Fall neu bestimmt werden muß. Dem Anwender kommt daher die entscheidende Rolle zu. Er allein bestimmt letztlich, in welcher Weise und in welchem Umfang von den apparativen Möglichkeiten zur Dosisreduktion Gebrauch gemacht wird. Die Kombination aus verfügbaren apparativen Mitteln und adäquatem, situationsgerechtem Einsatz dieser Mittel bezeichnet man als *Dosismanagement*.

Dosismanagement mit der Zielsetzung, unnötige Strahlenexposition zu vermeiden, beinhaltet Maßnahmen zur räumlichen, zeitlichen und spektralen Begrenzung der Strahlung, zur Wahl der erforderlichen Dosis- und Dosisleistungswerte, zur optimalen Verwertung der Bildinformation und zur Unterrichtung des Anwenders über die Höhe der Strahlenexposition.

Räumliches Dosismanagement

Unter *räumlichem Dosismanagement* sind alle Maßnahmen zur räumlichen Begrenzung des Strahlenbündels und zur optimalen Gestaltung der Abstandsverhältnisse zwischen Strahlenquelle, Patient, Bildempfänger und anwesendem Personal zu verstehen. Die Bestrahlung von Körperpartien, die vom Bildempfänger nicht erfaßt werden können, erhöht das Strahlenrisiko ohne jeglichen medizinischen Nutzen. Heutige Röntgenanlagen verfügen in der Regel über eine *Formatautomatik*, die das Strahlenbündel automatisch auf das Format des jeweiligen Bildempfängers (Kassette, Bildverstärker) einschränkt. Dies gilt auch bei Formatumschaltung des Bildverstärkers und Veränderung des Abstands zwischen Strahlenquelle und Bildempfänger. Hierdurch wird von vornherein dafür gesorgt, daß nur das einer Bestrahlung ausgesetzt wird, was später auch gesehen werden kann.

Ebenso sollte grundsätzlich auch nur das bestrahlt werden, was gesehen werden muß. Das Strahlenfeld sollte sich daher ausschließlich auf Areale beschränken, die von unmittelbarem klinischen Interesse sind. Durch zusätzliche *manuelle Einblendung* kann der Anwender den

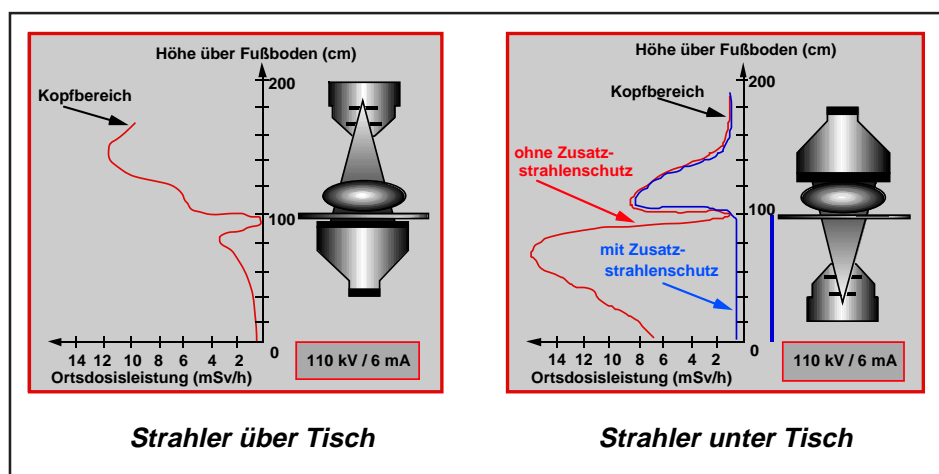


Abb. 1
Räumliches Dosismanagement - Optimale Anordnung des Röntgenstrahlers.

Umfang unnötiger Strahlung weiter reduzieren und zugleich die Bildqualität steigern. Verwendung von semi-transparenten Blenden und Ausgleichsfiltern zielt in dieselbe Richtung.

Durch Umschalten des Bildverstärkers auf ein kleineres Eingangsformat läßt sich die räumliche Auflösung des Bildes verbessern. Die Abbildungsverhältnisse erfordern jedoch, daß dabei die Dosis, d.h die Intensität innerhalb des Strahlenbündels, angehoben wird. Da die Formatautomatik aber zugleich dafür sorgt, daß die Größe des Strahlenfelds entsprechend verkleinert wird, steigt das Dosisflächenprodukt insgesamt nicht an. Bei einigen Anlagen wird nur eine moderate Dosisanhebung vorgenommen, so daß das Dosisflächenprodukt trotz Formatverkleinerung sogar eher abnimmt. Problematisch kann die formatbedingte Dosiserhöhung lediglich bei langwierigen Interventionen werden, bei denen die Patientendosis in die Nähe des Schwellwerts für deterministische Hautschädigungen kommt. Keinesfalls sollte die Formatumschaltung jedoch als bequemes Mittel zur Einstellung der Feldgröße verwendet werden, da sich hierbei das Dosisflächenprodukt nicht in der gewohnten Weise verringert.

Streustrahlenraster sind wirksame Mittel zur Verbesserung der Bildqualität, da sie in großem Umfang verhindern, daß die im Patienten erzeugte Streustrahlung den Bildempfänger erreicht. Von Nachteil ist, daß dabei gleichzeitig bis zur Hälfte der Nutzstrahlung verlorengeht. Die Bilanz wird umso ungünstiger, je dünner das durchstrahlte Körpervolumen wird. Bei einigen Anlagen kann der Anwender das Streustrahlenraster ohne Verwendung von Werkzeugen entfernen und wieder anbringen. Wo dies der Fall ist, sollte insbesondere bei pädiatrischen Fragestellungen davon Gebrauch gemacht werden.

Kurze Abstände zwischen Strahlenquelle und Bildempfänger steigern einerseits die Leistungsfähigkeit der Röntgenanlage, lassen andererseits die Patientendosis überproportional ansteigen und verringern zudem die Bildschärfe. Große Abstände zwischen Patient und Bildempfänger reduzieren zwar die Streustrahlung und ergeben eine geometrische Vergrößerung, jedoch auch hier zu Lasten der Strahlenexposition. Unter Strahlenschutzgesichtspunkten sind daher größtmögliche Abstände zwischen Strahlenquelle und Patient sowie geringstmögliche Abstände zwischen Patient und Bildempfänger geboten. Hiervon sollte nur in begründeten Ausnahmefällen (z.B. Vergrößerungstechnik) abgewichen werden.

Streustrahlung aus dem Patienten ist die hauptsächliche Ursache für die Strahlenexposition des Personals. Die höchste Streustrahlenintensität ist stets auf der Seite zu finden, wo das Nutzstrahlenbündel auf den Patienten trifft. Der Anwender ist daher am besten geschützt, wenn er möglichst Projektionen benutzt, bei denen sich der Röntgenstrahler unter dem Patienten bzw. auf der gegenüberliegenden Seite des Tisches befindet (Abb. 1).

Räumliches Dosismanagement umfaßt schließlich auch die Platzierung des Personals im Raum und die Verwendung von zusätzlichen Strahlenschutzmitteln. Personal, das nicht unmittelbar am Patienten benötigt wird, sollte soweit wie möglich Abstand von Röntgenstrahler und Tisch halten. Dies gilt insbesondere während der Anfertigung von Aufnahmeserien. Streustrahlenschilder sind bei adäquater Anwendung von großem Nutzen. Je näher sie zum Strahlenbündel platziert werden, umso größer fällt der resultierende Streustrahlenschatten aus und umso geringer ist der störende Einfluß auf die Tätigkeit des Anwenders.

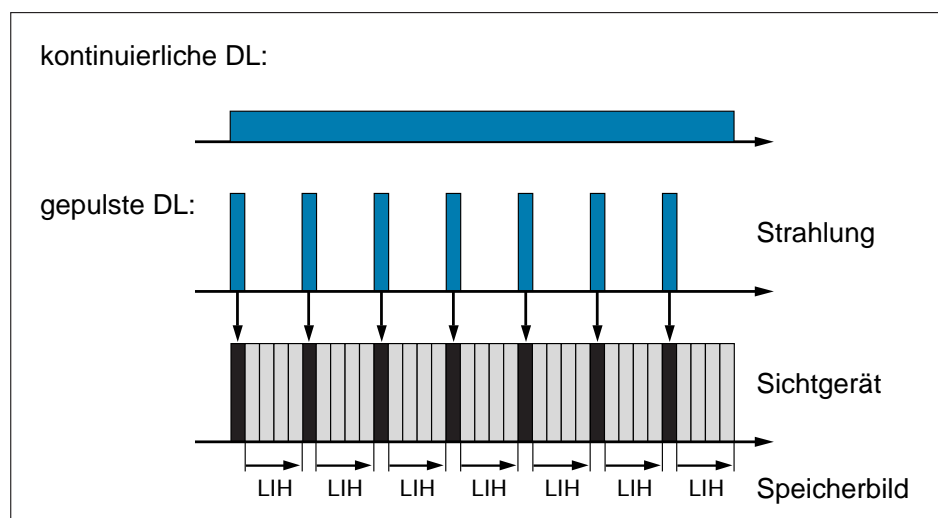


Abb. 2
Zeitliches Dosismanagement – Dosisersparung durch gepulste Durchleuchtung.

Zeitliches Dosismanagement

Zum zeitlichen Dosismanagement zählen alle Maßnahmen, die eine Verringerung der Netto-Strahlzeit bei Durchleuchtung bezwecken. Die automatische Dosisleistungsregelung stellt hierfür eine wesentliche apparative Hilfe dar. Sie befreit den Anwender von der zeitraubenden Notwendigkeit, die Anlage bei jeder Änderung der Transparenzverhältnisse neu einstellen zu müssen. Strom und Spannung folgen dabei einer eingepprägten Regelkennlinie solange, bis die vom Bildverstärker angeforderte Dosisleistung wieder stimmt.

Eine äußerst effiziente Methode zur Dosisreduktion für Patient und Personal ist das Abschalten der Strahlung in allen Phasen einer Prozedur, bei denen keine dynamischen Vorgänge beobachtet werden müssen. Moderne Durchleuchtungsanlage verfügen heute über Möglichkeiten zur elektronischen Speicherung des jeweils letzten Durchleuchtungsbildes (Last Image Hold). Das auf dem Bildschirm eingefrorene Bild läßt sich beliebig lange betrachten, ohne daß dabei Dosis anfällt. Erst wenn der Anwender entscheidet, daß neue Information benötigt werden, muß wieder Strahlung appliziert werden.

Ein neueres, sehr effektives Dosisparmittel stellt die gepulste Durchleuchtung dar. Pulsung bedeutet, daß Strahlung nicht mehr kontinuierlich, sondern in Form kurzer ‚Röntgenblitze‘ abgegeben wird. Dazu wird die Röhre in regelmäßiger Folge abwechselnd ein- und ausgeschaltet. Die Pulsung erfolgt dabei automatisch entweder im Generator oder in einer speziellen Röntgenröhre mit zusätzlicher Hilfselektrode (Gittersteuerung). Elektronische Bildspeicherung wie beim Last Image Hold sorgt dafür, daß auch in den Strahlpausen ein Bild

auf dem Monitor erscheint (Abb. 2). Der Dosispareffekt basiert im wesentlichen darauf, daß sich der Anwender mit einer zeitlich ausgedünnten Bildinformation begnügt, indem er anstelle eines Films eine Art Diavorführung akzeptiert. Die Dosisersparungen fallen dabei umso größer aus, je mehr ‚Mut zur Lücke‘ sich der Anwender in Abhängigkeit von der Fragestellung leisten kann, d.h. je niedriger er die Pulsfrequenz wählt.

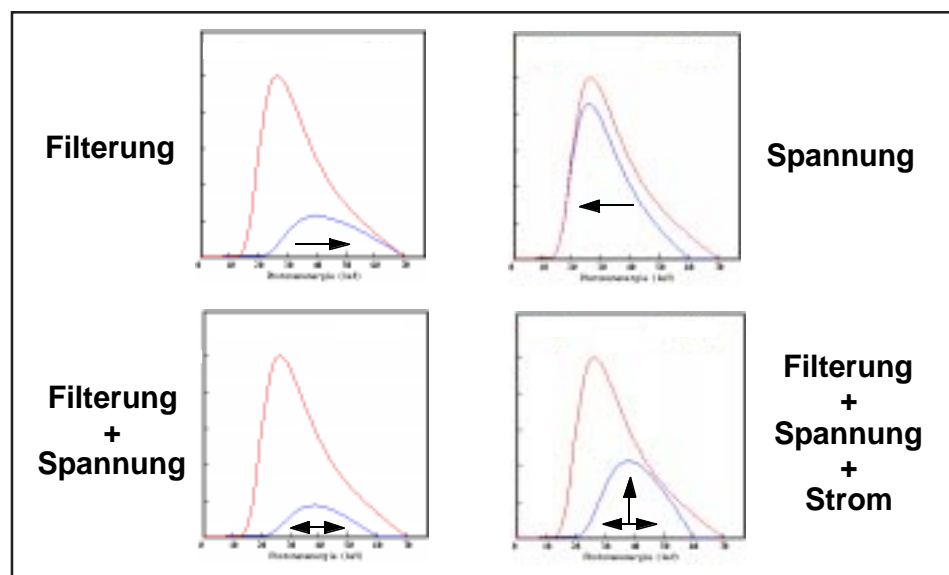
Aus sehphysiologischen Gründen ist mit ausgeprägten Dosisersparungen eigentlich erst bei niedrigen Pulsfrequenzen von weniger als 5 Pulsen/s zu rechnen. Die Praxis zeigt aber, daß auch bei höheren Pulsfrequenzen mit reduzierter Dosis gearbeitet werden kann: Die Kürze der Pulse sowie eine optimale Extraktion der Bildinformation durch das Bildverstärker-Fernsehsystem sorgen für schärfere, kontrastreichere Bilder von bewegten Objekten, als es bei kontinuierlicher Durchleuchtung der Fall sein kann. Damit läßt sich eine gewisse Zunahme des Bildrauschens, die mit der Herabsetzung der Dosis verbunden ist, mehr als wettmachen.

Weitere Mittel zum zeitlichen Dosismanagement sind die Verwendung von Referenzbildern (Roadmapping) zur Beschleunigung der Katheterführung und die Speicherung der Projektionsparameter, die eine schnelle Repositionierung des Abbildungssystems ohne zusätzliche Strahlenexposition ermöglicht.

Spektrales Dosismanagement

Die Zusammensetzung des Strahlenspektrums besitzt einen überaus starken Einfluß auf die Relation zwischen Dosis und Bildqualität. Die weichen, niederenergetischen Anteile ergeben zwar hohe Kontraste, werden aber rasch im Patienten absorbiert und sind im wesentli-

Abb. 3
Spektrales Dosismanagement – Beeinflussung des Strahlenspektrums durch Filterung, Röhrenspannung und Röhrenstrom.



chen für die Strahlenexposition verantwortlich. Die harten, hochenergetischen Anteile besitzen dagegen eine hohe Durchdringungsfähigkeit, tragen dadurch nur wenig zur Dosis bei, produzieren aber entsprechend kontrastärmere Bilder. *Spektrales Dosismanagement* umfaßt alle Maßnahmen, die das Verhältnis der nicht bildgebenden, weichen Anteile im Strahlungsspektrum zugunsten der bildgebenden Anteile verringern. Röhrenspannung und Filterung sind die Mittel, mit denen sich hierauf Einfluß nehmen läßt.

Bei Durchleuchtung stellt sich die Röhrenspannung normalerweise in Abhängigkeit von der Strahlentransparenz der betreffenden Körperpartie automatisch ein. Bei einigen Anlagen kann man jedoch zwischen mehreren Regelkennlinien wählen. Dabei werden Strom und Spannung in unterschiedlicher Weise variiert, wodurch sich die relative Gewichtung von Strahlenexposition und Bildqualität verändern läßt. Kennlinien, die hohe Durchleuchtungsströme mit niedrigen Spannungen kombinieren (Hochkontrast-Kennlinien), führen zu verbessertem Kontrast, erhöhen jedoch gleichzeitig die Patientendosis. Kennlinien, bei denen niedrige Ströme mit hohen Spannungen gepaart sind, haben dagegen den umgekehrten Effekt (Pädiatrie-Kennlinien). Der Anwender sollte daher die Charakteristiken dieser Kennlinien und die daraus resultierenden Konsequenzen kennen und entsprechend der Fragestellung einsetzen.

Filter, die in das Strahlenbündel zwischen Strahler und Patient eingebracht werden, bewirken eine überproportionale Schwächung der weichen Strahlungsanteile im Spektrum. Je nach Material und Dicke des Filters (häufig werden 0.1mm Kupfer verwendet) läßt sich vor al-

lem die Hautdosis in größerem Umfang verringern. Bei älteren Anlagen ist die Anwendung von Filtern nur möglich durch Anbringung zusätzlichen Materials am Blendenaustritt oder durch manuelle Betätigung eines Filterrades in der Blendeneinrichtung. Neuere Anlagen verfügen zunehmend über eine fernbediente Filteranwahl, die gelegentlich auch – je nach gewählter Betriebsart automatisch erfolgen kann.

Neben der angestrebten Dosisreduktion weist Filterung jedoch zwei unerwünschte Nebenwirkungen auf: Schwächung der bildgebenden Anteile und Aufhärtung des Spektrums. Dies wirkt sich nachteilig auf die Leistungsfähigkeit der Röhre und auf ihr Kontrastgebungsverhalten aus. Automatische Durchleuchtungssysteme reagieren hierauf üblicherweise in der Form, daß die fehlende Leistung durch eine entsprechende Erhöhung der Durchleuchtungsspannung nachgeschoben wird. Dadurch verschärft sich die Situation hinsichtlich des Kontrastes zusätzlich und zwingt zu Kompromissen.

Bei einigen Röntgenanlagen ist die Filteranwendung vollständig automatisiert. Dabei wird der Filtereinsatz weniger von strahlenhygienischen Gesichtspunkten, sondern vielmehr von Leistungsaspekten bestimmt, ohne daß der Anwender darauf Einfluß nehmen kann. Dabei tritt die paradoxe Situation ein, daß speziell bei großen Objektdicken, wo Filterung am meisten nützt und am wenigsten schadet, ohne Filter gearbeitet werden muß. Filterung sollte vom Anwender daher in Kenntnis der damit verbundenen Nebenwirkungen gezielt eingesetzt werden, so wie dies bei der Anwahl unterschiedlicher Regelkennlinien der Fall ist.

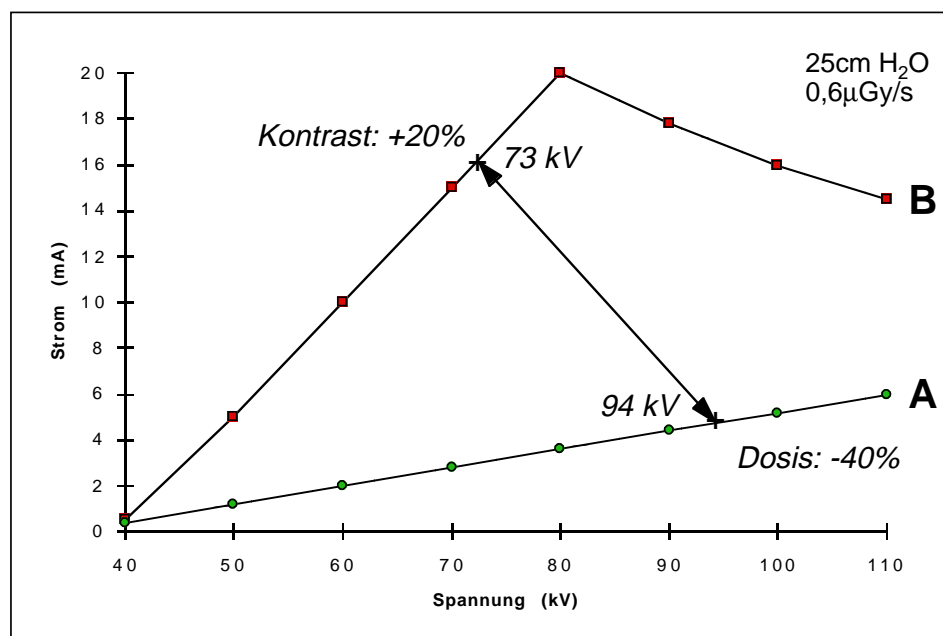


Abb. 4
Quantitatives Dosismanagement – Beeinflussung der Patientendosis durch Wahl der Durchleuchtungskennlinie.

Einige Durchleuchtungssysteme verfügen jedoch über Röntgenstrahler mit großen Leistungsreserven. Dies ermöglicht zum einen die Verwendung dicker Filter (bis zu 0.5 mm Kupfer) bei allen Objektdicken und zum anderen eine Regelkennlinie, die für vergleichsweise niedrigere Spannungen sorgt. Indem der erforderliche Leistungsnachschub nicht über eine Erhöhung der Spannung, sondern über eine Erhöhung des Stroms bei gleichzeitiger Absenkung der Spannung realisiert wird, kann der Kontrastverschlechterung durch eine Änderung des Spektrums auf der ‚harten‘ Seite entgegengewirkt werden (Abb. 3). Bei geeigneter Auslegung läßt sich damit durch Filterung Dosis sparen, ohne irgendwelche Kompromisse bei der Bildqualität eingehen zu müssen. In einer anderen Betriebsart kann der Anwender die Leistungsreserven des Strahlers auch so einsetzen, daß eine Verbesserung des Kontrastes erzielt wird, ohne daß dabei die Patientendosis notwendigerweise ansteigt. In diesem Fall sorgt eine moderate Filterung dafür, daß die dosis erhöhende Wirkung niedriger Spannungen durch Änderung des Spektrums auf der ‚weichen‘ Seite kompensiert wird.

Quantitatives Dosismanagement

Quantitatives Dosismanagement beinhaltet alle Maßnahmen, mit denen die Höhe der Patientendosis direkt beeinflusst werden kann. Mit der Dosis bzw. die Dosisleistung, die dem Bildempfänger zugeführt wird, lassen sich Bildqualität und Patientendosis auf direkte Weise beeinflussen: Das Kontrast-Rausch-Verhältnis ändert sich mit der Wurzel aus der Anzahl der Röntgenquanten, die gleichbedeutend mit der Dosis bzw. Dosisleistung sind. Die Patientendosis ist dabei in der Regel proportional zur Bildempfängerdosis. Lediglich bei gleichzeitiger Änderung des Spektrums (durch Filterung oder Spannung) führt eine Verdopplung oder Halbierung der Dosis

auf der Bildempfängerseite nicht unbedingt zu einer entsprechenden Erhöhung bzw. Verringerung der Strahlenexposition des Patienten.

Die Möglichkeiten für den Anwender, auf die Doseinstellung Einfluß zu nehmen, variieren von Anlage zu Anlage. Bei einigen Geräten lassen sich Dosis- und Dosisleistungsbedarf des Bildempfängers in weitem Umfang verändern. Bei anderen Systemen wird herstellerseitig bereits eine Vorauswahl getroffen, indem anwendungsspezifische Aufnahme- und Durchleuchtungsprogramme mit unterschiedlichen Doseinstellungen, die sich an den diagnostischen Erfordernissen orientieren, bereitgestellt werden. Häufig findet man Drei-Stufen-Dosiskonzepte, bestehend aus einem Normal-Mode, einer zweiten Betriebsart mit halber Dosis und reduzierter Bildqualität und einer dritten Betriebsart mit doppelter Dosis und besserer Bildqualität. Dabei muß nicht notwendigerweise die Bildempfängerdosis verändert werden. Unterschiedliche Patientendosiswerte lassen sich auch mit indirekten Methoden erreichen, die bereits diskutiert worden sind: Beispielsweise durch spektrale Änderungen, indem man die Dosisstufen mit unterschiedlicher Zusatzfilterung oder mit unterschiedlichen Regelkennlinien verknüpft (Abb. 4). Oder durch Änderung der Bildfrequenz bei Serienaufnahmen und bei gepulster Durchleuchtung. Eine weitere Möglichkeit, die weiter unten besprochen wird, ist die Addition von Bildern.

Wegen der weitgehenden Uneinheitlichkeit der Mittel zur Dosis- und Dosisleistungswahl sollte der Anwender mit den Möglichkeiten, die sein Röntgensystem bietet, gut vertraut sein. Da die Dosiswahl immer zugleich eine Wahl der Bildqualität ist, sollten die Konsequenzen hinsichtlich Rauschen, Kontrast und zeitlicher Auflösung

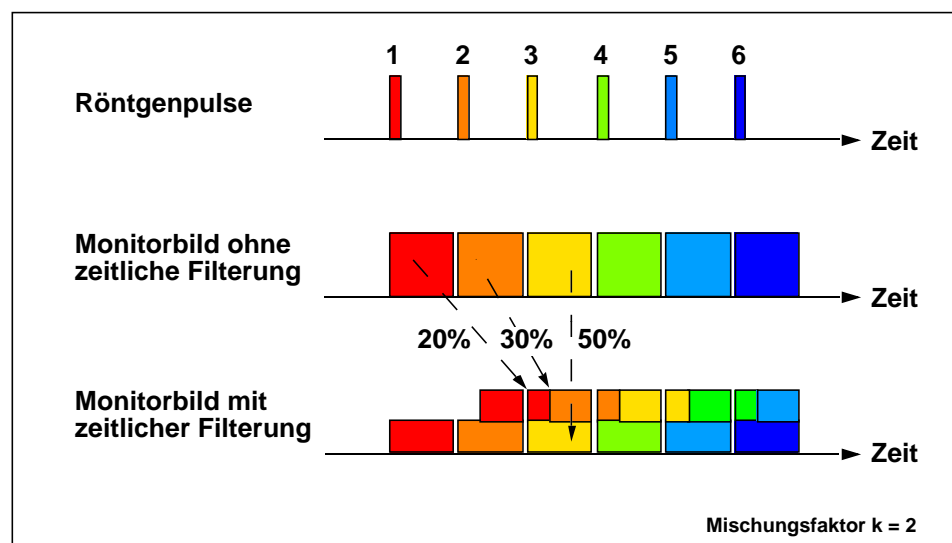


Abb. 5
Quantitatives Dosismanagement – rekursive (zeitliche) Filterung als Mittel der Bildaddition

bekannt sein, um eine fragestellungsgerechte Entscheidung treffen zu können.

Qualitatives Dosismanagement

Moderne Durchleuchtungsanlagen arbeiten heute in der Regel digital. Damit verbunden sind vielfältige Möglichkeiten zur Speicherung und Nachbearbeitung der einmal gewonnenen Bilder, die Rückwirkungen auf die für die Bilderstellung erforderliche Dosis besitzen. Qualitatives Dosismanagement beinhaltet die unter Dosisgesichtspunkten optimale Verwertung der Bildinformation mit Hilfe der Digitaltechnik.

Mit dem Last Image Hold wurde bereits eine dosissparende Funktion genannt, die von der Bildspeicherung profitiert. Eine andere Funktion ist das sog. ‚Dynamic Fluoro Grab‘; darunter versteht man die Möglichkeit, Bilder aus einer gespeicherten Durchleuchtungsszene beliebig herauszugreifen und als Standbilder zu verwenden. Besonders lohnend ist diese Funktion in Verbindung mit gepulster Durchleuchtung: Aufgrund der erhöhten Dosis pro Einzelbild und der Kürze der Pulse zeichnen sich die zugehörigen Fluoro-Grab-Bilder durch gesteigerte Schärfe und verringertes Rauschen aus. Für eine Reihe von Fragestellungen ist die Bildqualität so gut, daß auf Anfertigung von Zielaufnahmen verzichtet und die dafür benötigte Dosis gespart werden kann.

Digitale Bildverarbeitung bietet die Möglichkeit, bestimmte Bildqualitätsaspekte hervorzuheben. Dazu zählen beispielsweise Kontrastanhebung, Glättung, Kantenanhebung, Subtraktion und zeitliche Filterung. Häufig erfolgt die Verbesserung eines Aspektes zu Lasten eines anderen. Für das Dosismanagement ist Bildverarbeitung insofern von Bedeutung, daß der Anwender damit eine zusätzliche Möglichkeit bekommen hat, um das Verhältnis zwischen Dosis und Bildqualität zu beeinflussen.

Bildaddition oder -integration ist ein probates Mittel zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses. Alternativ läßt sich dieses Verfahren auch zur Dosisreduzierung einsetzen. Eine für die Durchleuchtung äußerst interessante Bildintegrationsmethode ist die rekursive (oder zeitliche) Filterung. Rekursive Filterung ist eine besondere Form der Bildaddition, bei der das jeweils aktuellste Bild mit seinen Vorgängern in absteigender Gewichtung vermischt wird, bevor es zur Darstellung auf dem Monitor gelangt (Abb. 5).

Die dabei erzielbaren Dosiseinsparungen sind erheblich, besonders dann, wenn dies in Verbindung mit gepulster Durchleuchtung bei niedrigen Bildfrequenzen erfolgt. Von beträchtlichem Nachteil ist jedoch, daß bewegte Objekte und Bilddetails nur noch mit deutlich verringertem Kontrast und mit verringerter zeitlicher Auflösung, d.h. mit starken Nachzieheffekten, dargestellt werden können (Abb. 6). Dies schränkt die Anwendbarkeit bei dynamischen Vorgängen mehr oder weniger stark ein.

Bei den meisten Anlagen hat der Anwender keine Möglichkeit, Art und Ausmaß der Bildaddition selbst zu bestimmen. Vielmehr muß er sie bei Anwahl einer bestimmten Betriebsart quasi mitkaufen. Es ist daher wichtig, daß der Anwender die Einschränkungen, die mit dem Mittel der rekursiven Filterung verbunden sind, genau kennt und die erforderlichen Kompromisse nur bei bewegungsunkritischen Fragestellungen eingeht.

Informatives Dosismanagement

Ähnlich wie im Straßenverkehr ist die Bereitstellung von Informationen über aktuelle Dosisleistungswerte und die akkumulierte Patientendosis eine wesentliche Voraussetzung für eine situationsgerechte Vorgehensweise (informatives Dosismanagement). Die Strahlenexposition des Patienten wird dabei durch die Dosisgröße *Dosisflächenprodukt* (DFP) ausgedrückt. Damit wird

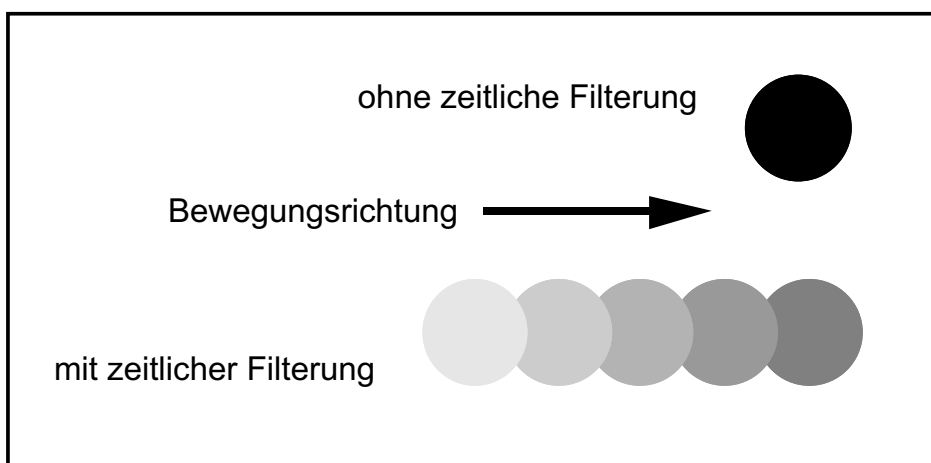


Abb. 6
Nachzieheffekte bei Verwendung der rekursiven (zeitlichen) Filterung, die bei bewegten Vorgängen zu Bewegungsunschärfen und verringerter Kontrastwiedergabe führen.

nicht nur die Intensität der Strahlung, sondern auch ihre räumliche Ausdehnung erfaßt. Das Dosisflächenprodukt gilt allgemein als das bestgeeignete dosimetrische Maß für das Strahlenrisiko, das mit einer Untersuchung verbunden ist.

Das DFP kann bei laufendem Betrieb mitgemessen oder aus den Generator- und Blendeneinstellungen automatisch mitberechnet werden. Es ist von variablen Faktoren wie dem Abstand zwischen Strahlenquelle und Patient unabhängig. Entscheidend ist dabei, in welcher Form die Dosisinformation vermittelt wird. Während der Prozedur ist eine Anzeige der DFP-Leistung im Untersuchungsraum (analog zur Geschwindigkeit), die während der Strahlpausen vom akkumulierten DFP (analog zur zurückgelegten Distanz) abgelöst wird, optimal. Die dosismäßigen Auswirkung von Änderungen bei Durchleuchtungsmodus, Feldgröße oder Filterung werden damit für den Anwender unmittelbar erfahrbar. Nach erfolgter Prozedur liefert ein Untersuchungsreport, bei dem das applizierte DFP mit den verschiedenen Phasen einer Prozedur in Verbindung gebracht wird, wichtige Aufschlüsse für künftige Vorgehensweisen. Hierbei ist eine Ausweisung der Dosisbeiträge, getrennt nach Durchleuchtung und Aufnahmeserien bzw. Zielaufnahmen, von großem Nutzen.

Ähnlich wie bei der Dosiswahl ist die Situation bei der Dosisinformation alles andere als einheitlich. Dies beginnt bereits bei der Maßeinheit, wo zwischen $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$ und $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ so ziemlich alle Abstufungen vorkommen, bis zur Ausgestaltung von Dosisanzeige und Dosisreport. Für den Anwender ist es daher wichtig, die an seiner Anlage verwendete Maßeinheit zu kennen, da er sonst Gefahr läuft, bei Vergleichen mit Dosiswerten anderer Anlagen oder Referenzwerten aus der Literatur Fehlschlüssen aufzusitzen.

Resumée

Moderne Durchleuchtungsanlagen bieten eine umfangreiche Palette apparativer Möglichkeiten für ein effizientes Dosismanagement. Maßnahmen mit großem Einsparungspotential sind häufig mit ebenso großen Kompromissen hinsichtlich der resultierenden Bildqualität verbunden. Die unterschiedlichen Qualitätsanforderung diagnostischer und interventioneller Maßnahmen lassen eine automatisierte Anwendung der apparativen Maßnahmen zur Dosisreduzierung nur innerhalb gewisser Grenzen zu. Effizientes Dosismanagement ist daher vor allem eine Frage des Könnens auf Seiten des Anwenders. Profunde Kenntnis der gegebenen apparativen Möglichkeiten ist hierfür unabdingbar.