



BUNDESMINISTERIUM
FÜR GESUNDHEIT

VBDO

BURA

Bundesfachgruppe Radiologie der österreichischen Ärztekammer

Qualitätskriterien für Röntgenaufnahmen bei Kindern

Ein Leitfaden der AG Kinderradiologie



IMPRESSUM

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:

Bundesministerium für Gesundheit, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autoren

Prof. Dr. Richard Fotter
*Leiter der Klinischen Abteilung für Kinderradiologie
Vorstand der Universitätsklinik für Radiologie
Medizinische Universität Graz*

OÄ. Dr. Maria Sinzig
*Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie
Kinderradiologie
Klinikum – Klagenfurt am Wörthersee*

Dipl.-Ing. Günther Jost
*Stellvertretender Leiter Medizintechnik
Klinikum – Klagenfurt am Wörthersee*

Dipl.-Ing. Oliver Unterweger
*Leiter Stabsstelle Medizinphysik
Kärntner Krankenanstalten Betriebsgesellschaft*

RT Sabine Weissensteiner
*Klinische Abteilung für Kinderradiologie
Universitätsklinik für Radiologie
Medizinische Universität Graz*

Projektbetreuung im BMG

MR Mag. Manfred Ditto
*Bundesministerium für Gesundheit
Abteilung III/5 – Strahlenschutz*

Bestellmöglichkeiten

Diese Broschüre ist kostenlos beim Bundesministerium für Gesundheit erhältlich.

Bestelltelefon: 0810 81 81 64

E-Mail: broschuerenservice@bmg.gv.at

Internet: <http://www.bmg.gv.at>



Vorwort

Röntgenuntersuchungen sind ein wesentlicher und unverzichtbarer Bestandteil der diagnostischen Medizin. Bei sorgfältiger Anwendung überwiegt der Nutzen den möglicherweise durch die Strahlung verursachten Schaden bei weitem.

Sorgfältige Anwendung von Röntgenstrahlung bedeutet, dass nur unbedingt notwendige Untersuchungen durchgeführt werden. Auf eine entsprechend strenge Indikationsstellung ist also zu achten. Zur sorgfältigen Anwendung gehört auch, dass die Durchführung von Röntgenuntersuchungen so erfolgt, dass die benötigte diagnostische Information mit möglichst geringer Strahlendosis erzielt wird.

Röntgenuntersuchungen bei Kindern unterliegen anderen Anforderungen als solche bei Erwachsenen. Im Wesentlichen liegt dies an der unterschiedlichen Anatomie und an den oft verschiedenen klinischen Fragestellungen. Die Medizinische Strahlenschutzverordnung verlangt, dass diese Besonderheiten bei Röntgenuntersuchungen von Kindern berücksichtigt werden. Es sind daher bei solchen Untersuchungen entsprechend abgestimmte Röntgenverfahren anzuwenden.

Der vorliegende Leitfaden enthält konkrete Anleitungen für die Durchführung von pädiatrischen Röntgenuntersuchungen. Ein konsequentes Vorgehen nach diesen Anleitungen stellt sicher, dass die benötigte diagnostische Information mit möglichst geringer Strahlendosis erzielt wird.

Kinder sind strahlenempfindlicher als Erwachsene. Umso wichtiger ist es daher, auf eine sorgfältige Anwendung von Röntgenstrahlung bei Kindern zu achten. Ich bin überzeugt davon, dass der vorliegende Leitfaden einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung von pädiatrischen Röntgenuntersuchungen leisten kann.

Mein Dank gilt allen, die an diesem Leitfaden mitgewirkt haben, insbesondere den Autorinnen und Autoren.

Alois Stöger
Bundesminister für Gesundheit



Vorwort

Die Kinderradiologie ist in der EU, in der Europäischen Röntgengesellschaft und seit heuer auch in Österreich als klinische Subspezialität im Rahmen der Radiologie anerkannt. Vertrautheit mit den für Kinder spezifischen radiologischen Aspekten von Anatomie und Erkrankungen sowie der Strahlenschutz sind zwei für diese Patientengruppe absolut notwendige Voraussetzungen, um größtmöglichen Nutzen bei geringstmöglichem Risiko sowohl in diagnostischer aber auch invasiv interventioneller radiologischer Therapie zu garantieren.

Das Engagement und das unermüdliche Wirken der Autoren sowie die klare Strukturierung dieses Leitfadens stellt für alle in der Kinderradiologie tätigen Berufsgruppen eine elementare Unterstützung im Alltag dar und erfüllt somit auch ein Ziel, welches auch die Österreichische Röntgengesellschaft seit langem zu ihrem innersten Anliegen erklärt hat. Dass nämlich Untersuchungsabläufe standardisiert, mit dem größtmöglichen technischen „Know How“, entsprechenden apparativen Voraussetzungen, aber auch mit der damit verbundenen und notwendigen Expertise durchgeführt werden, sodass nicht nur die PatientInnen sondern auch die Eltern und Angehörigen eine zur Objektivierung von Befunden umfassende Darstellung der zu fordernden und erwartenden Parameter in schriftlicher Form in die Hand bekommen. Dieser Leitfaden Kinderradiologie ist Basis und Ansporn zugleich, in allen Segmenten unserer radiologischen Tätigkeiten in eben solcher Klarheit und Genauigkeit zu dokumentieren. Er sollte auch für die radiologische Fachausbildung von Anfang an bis hin zur Facharztprüfung als integrativer Bestandteil der Unterrichtsmaterialien und Basis des Lehrzielkataloges dienen.

Ich darf unsere Anerkennung und vor allem auch unsere Wertschätzung und Respekt allen Verantwortlichen von Herrn MR Mag. Manfred Ditto und seinem Team Herr Prof. Dr. Richard Fotter, Herr Dipl.-Ing. Günther Jost, Frau OÄ Dr. Maria Sinzig, Herr OA Dr. Gerald Pärtan, Herr Dipl.-Ing. Oliver Unterweger sowie Frau RT Sabine Weissensteiner gratulieren und beglückwünschen, dass dieser Leitfaden nahezu gleichzeitig mit der Anerkennung zur klinischen Subspezialität Kinderradiologie gestaltet wurde.

Prim. Univ.-Prof. Dr. Walter Hruby
Präsident der Österreichischen Röntgengesellschaft

Inhalt

Einleitung	1
1. Allgemeines	2
2. Aufnahmetechnik und Strahlenschutz in der Kinderradiologie	2
2.1 Lagerung und Immobilisierung	3
2.2 Feldgröße und Einblendung	3
2.3 Fokusgröße	4
2.4 Zusatzfilterung	4
2.5 Streustrahlenraster	4
2.6 Gering absorbierende Materialien	4
2.7 Röhrenspannung	5
2.8 Belichtungsautomatik	5
2.9 Abdeckung und Projektion	5
2.10 Durchleuchtung	6
3. Gute Aufnahmetechnik	8
4. Röntgengeräte	22
4.1 Röntgenaufnahmen – Statische Projektionsradiografie	22
4.2 Röntgendurchleuchtung – Dynamische Projektionsradiografie	25
5. Belichtungsdaten	26
6. Bildqualität	27
7. Kenngrößen von Detektorsystemen	27

Einleitung

Die drei Grundsätze im Strahlenschutz lauten: Rechtfertigung, Optimierung und Dosisbegrenzung. Da für medizinische Expositionen Dosisgrenzwerte nicht zweckmäßig sind, kommt den Prinzipien Rechtfertigung und Optimierung besondere Bedeutung zu.

Gemäß Medizinischer Strahlenschutzverordnung ist jede einzelne medizinische Exposition im Voraus auf ihre Rechtfertigung hin zu überprüfen. Dadurch sollen nicht notwendige Untersuchungen vermieden werden. Als Hilfestellung dafür gibt es in Österreich die „Orientierungshilfe Radiologie – Anleitung zum optimalen Einsatz der klinischen Radiologie“. Diese Broschüre wird vom Verlags- haus der Ärzte herausgegeben und bei Bedarf von den einschlägigen Ärzteverbänden aktualisiert. Sie enthält für alle wichtigen und häufigen klinischen Fragestellungen Empfehlungen, welche radiologischen Untersuchungsverfahren jeweils angezeigt sind. Ein eigener Abschnitt dieser Bro- schüre ist der Kinderradiologie gewidmet.

Das Prinzip der Optimierung fordert, dass die Dosis bei einer Untersuchung so niedrig zu halten ist, wie dies unter Berücksichtigung der benötigten diagnostischen Information vernünftigerweise erreichbar ist. Ein grobes Optimierungsinstrument, das primär ungewöhnlich hohe Patientendo- sen verhindern soll, sind die sogenannten Diagnostischen Referenzwerte. Für die Röntgendiagnos- tik stellen diese Werte jedoch keine Optimalwerte, sondern lediglich obere Dosis-Richtwerte dar. Mit optimierten Einstellungen können diese Werte in der Regel ohne Verlust an diagnostischer In- formation weit unterschritten werden. Es gibt Diagnostische Referenzwerte für Erwachsene und für Kinder verschiedener Altersstufen. Festgelegt sind sie in der Medizinischen Strahlenschutzver- ordnung.

Der vorliegende Leitfaden soll mithelfen, bei pädiatrischen Röntgenuntersuchungen ein optimales Verhältnis zwischen erforderlicher diagnostischer Information und dafür benötigter Patientendo- sis zu erzielen. Neben allgemeinen Möglichkeiten zur Optimierung werden darin für häufig durch- geführte, ausgesuchte pädiatrische Röntgenaufnahmen spezielle standardisierte Qualitätskriteri- en angegeben. Diese Kriterien stehen in enger Beziehung zu den drei wesentlichsten Qualitäts- elementen der Bildgebung:

- Diagnostische Qualität des Röntgenbildes
- Strahlendosis für den Patienten
- Auswahl der Aufnahmetechnik

Erstellt wurde dieser Leitfaden, da es für die Kinderradiologie kaum umfassende Anleitungen gibt, und ein Bedürfnis bei den betroffenen Berufsgruppen danach besteht. Bei konsequenter Berück- sichtigung der Anleitungen dieses Leitfadens kann in der Kinderradiologie ohne großen Aufwand sehr viel an Dosis eingespart werden. Da Kinder besonders strahlenempfindlich sind, sollte ein be- sonderer Anreiz für alle in der Kinderradiologie tätigen Personen bestehen, die Vorgaben dieses Leitfadens im eigenen Bereich zu implementieren.

1. Allgemeines

Die Kenntnis der sich mit der Entwicklung des Kindes ändernden Anatomie ist besonders wichtig für die Optimierung von pädiatrischen Röntgenuntersuchungen. Diese Kenntnis ist Voraussetzung für die Vermeidung einer unkorrekten Patientenlagerung, die eine der häufigsten Ursachen inadäquater Bildqualität darstellt. Als Grundprinzip gilt daher, dass eine Exposition erst dann erfolgen darf, wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit eine exakte Positionierung des Kindes sichergestellt ist.

Eine hohe Qualität des Bildes ist eine generelle Forderung in der Röntgendiagnostik, die selbstverständlich auch für die Kinderradiologie gilt. Bei bestimmten Fragestellungen kann jedoch auf eine hohe Bildqualität zugunsten einer niedrigeren Dosis verzichtet werden. Solche Fragestellungen sind bei Kindern häufiger anzutreffen als bei Erwachsenen. Durch Anpassung der Bildqualität und damit der benötigten Dosis an die jeweilige Fragestellung kann also Dosis eingespart werden.

Ein spezifisch kinderradiologisches Problem sind nicht kooperative Kinder. Eine Aufnahme von ängstlichen, schreienden oder widerstrebenden Kindern kann eine große Herausforderung darstellen. Trotzdem gelten nicht kooperative Kinder nicht als Entschuldigung für Aufnahmen von schlechter Qualität, die oft noch mit einer inadäquat hohen Dosis verbunden sind. In den meisten dieser Fälle gelingt es, durch gute Vorbereitung und einfühlsames, aber entschlossenes und rasches Vorgehen, Aufnahmen ausreichender Qualität zu erzielen. Oft ist auch die Stillung von Hunger und Durst hilfreich (falls Nüchternheit erforderlich, jedoch nicht möglich).

2. Aufnahmetechnik und Strahlenschutz in der Kinderradiologie

Für Röntgenaufnahmen von Erwachsenen gibt es zahlenmäßige Beschreibungen der minimalen Grenzgrößen wichtiger Bilddetails (zB Struktur der Lungengefäße, Knochen trabekel), die normale oder abnormale anatomische Details erkennen lassen. Die Einführung solcher Größen ist bei Erwachsenen sinnvoll, für Röntgenaufnahmen bei Kindern unterschiedlicher Altersgruppen jedoch nicht zielführend.

Manchmal ist die Größe des entscheidenden Bildelementes bei Röntgenaufnahmen von Kindern viel kleiner als bei solchen von Erwachsenen. Dies gilt beispielsweise für das retikulo-granuläre Verschattungsmuster der Lunge bei Frühgeborenen mit idiopathischem Respiratory-Distress-Syndrom oder bei kleinsten Erkerfrakturen bei einem misshandelten Kind. In anderen Fällen der Kinderradiologie sind es wiederum viel größere Strukturen, die ein Bild diagnostisch aussagekräftig machen (zB Lage des Femurkopfes bei einer kongenitalen Hüftluxation).

Die Erfüllung von adäquaten Bildkriterien und einer guten Röntgenaufnahmetechnik sind der Garant dafür, dass wichtige Bilddetails nicht übersehen werden. Falls notwendig, sind im Einzelfall aber auch spezifische klinische Fragestellungen mit in Betracht zu ziehen. Diese können entsprechende Abweichungen von den allgemein gültigen Kriterien erforderlich machen.

Es kommt immer wieder vor, dass Röntgenaufnahmen zwar nicht alle Kriterien einer guten Bildqualität erfüllen, aber trotzdem alle klinischen Fragestellungen beantworten lassen. In solchen Fällen darf die Aufnahme unter keinen Umständen wiederholt werden. Eine Entscheidung darüber, ob eine Aufnahme zu wiederholen ist, darf nur der für den betreffenden Arbeitsplatz verantwortliche Arzt treffen. Falls notwendig, ist zuvor Rücksprache mit dem zuweisenden Arzt zu halten. Bei digitalen Röntgenbildern muss, ehe eine Aufnahme wiederholt wird, durch Nachbearbeitung des Bildes versucht werden, das Optimum an diagnostischer Aussagekraft zu erreichen. Alle

angefertigten Röntgenaufnahmen, und dazu zählen auch wiederholte Aufnahmen, müssen aus rechtlichen Gründen archiviert werden.

Werden Bildkriterien systematisch und häufig nicht erfüllt, sind die Ursachen dafür zu klären und die erforderlichen Abhilfemaßnahmen zu treffen.

Der Zeitrahmen für eine Kinderuntersuchung muss so bemessen sein, dass dem Kind bzw. den Eltern die Untersuchung ausreichend erklärt werden kann. Die Zeit, die dafür aufgebracht wird, ist gut angelegt und ermöglicht in vielen Fällen erst eine optimale Untersuchung, die alle notwendigen Qualitätskriterien erfüllt.

2.1 Lagerung und Immobilisierung

Sofern in der Folge keine besonderen Angaben gemacht werden, ist die Patientenpositionierung entsprechend den Standardtechniken, dem Alter und den verfügbaren Röntgengeräten vorzunehmen.

Für Thoraxaufnahmen ist gewöhnlich eine aufrechte Körperposition vorzuziehen. Allerdings erlaubt eine horizontale Patientenlagerung eine exaktere Positionierung, Zentrierung und Einblendung und damit einen besseren Strahlenschutz. Eine horizontale Lagerung kann somit günstiger sein als inadäquate Versuche, ein sich sträubendes Kind aufrecht zu positionieren.

Bei Aufnahmen von Säuglingen und Kleinkindern sind Vorrichtungen zu verwenden, die eine Immobilisierung ermöglichen. Dabei muss sichergestellt sein, dass

- das Kind sich nicht bewegen kann,
- der Zentralstrahl korrekt eingestellt werden kann und
- die Aufnahme in der erforderlichen Projektion angefertigt werden kann.

Kann eine Fixierung oder Bewegungseinschränkung nur durch eine Person erfolgen, muss diese über das mögliche Strahlenrisiko und das richtige Verhalten im Strahlenbereich aufgeklärt werden. Gemäß der Medizinischen Strahlenschutzverordnung sind dafür vorrangig Begleitpersonen (Eltern, Lehrer etc.) heranzuziehen. Beruflich strahlenexponierte Personen sollten nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden. Die haltenden Personen sind mit entsprechenden Strahlenschutzmitteln, wie Rundum-Schutzschürzen oder Schutzwände, vor der Streustrahlung zu schützen. Der Primärstrahlung dürfen sie nicht ausgesetzt werden.

2.2 Feldgröße und Einblendung

Eine inadäquate Feldgröße ist der häufigste Fehler in der pädiatrischen Röntgendiagnostik. Bei zu enger Einblendung können für die Fragestellung interessierende Körperregionen ausgeblendet und wesentliche Bilddetails verborgen bleiben. Eine zu weite Einblendung beeinträchtigt stark den Bildkontrast und das Auflösungsvermögen durch zunehmende Streustrahlung. Aus Sicht des Strahlenschutzes ist eine zu weite Einblendung besonders ungünstig, da sie zu einer unnötigen Exposition des Körpers außerhalb der interessierenden Region führt. Im Wesentlichen bestimmt die jeweilige Fragestellung den interessierenden anatomischen Bereich und damit die optimale Feldgröße.

Die Anatomie eines Kindes ändert sich mit dem Alter entsprechend der variierenden Proportionen des wachsenden Körpers. Eine korrekte Einblendung erfordert daher vom röntgentechnischen Personal entsprechendes anatomisches Wissen. Neben der Anatomie und der Fragestellung hängt die Größe des interessierenden Areals auch stark von der vorliegenden Erkrankung ab. So können etwa die Lungenfelder bei einer Lungenüberblähung groß oder die Position des Zwerchfells bei

starkem Meteorismus oder chronischer Obstipation sehr hoch sein, was eine entsprechend weite Einblendung notwendig macht. Daher muss auch entsprechendes Basiswissen der pädiatrischen Pathologie vorhanden sein, um eine optimale Einblendung vornehmen zu können.

Die akzeptable minimale Feldgröße wird angegeben durch die anatomischen Details, die für eine bestimmte Untersuchung erkennbar sein müssen. Ein gewisser Sicherheitsabstand ist jedoch notwendig, damit das interessierende Areal auch verlässlich abgebildet wird. In der Neonatalperiode sollte dieser Sicherheitsabstand nicht größer als 1 cm, danach nicht größer als 2 cm sein. Diese Werte bestimmen die erlaubte maximale Feldgröße. Die Abbildung der „umgebenden Raumluft“ oder benachbarter Körperregionen (zB halber Thorax bei HWS-Aufnahmen) ist aus Strahlenschutzgründen absolut unzulässig.

Vorsicht ist bezüglich der Einblendung bei Röntgengeräten mit Formatautomatik geboten, denn diese Geräte blenden bei eingeschalteter Automatik immer auf das volle Filmformat auf.

Unzulässige Abweichungen zwischen Röntgenstrahl und Lichtvisier sollten im Rahmen der rechtlich vorgeschriebenen Konstanzprüfungen entdeckt werden. Bei Auftreten solcher Abweichungen sind entsprechende Abhilfemaßnahmen zu treffen.

Der eingblendete Rand muss auf dem Röntgenbild sichtbar sein. Ein nachträgliches, digitales Verändern des Bildrandes, bei dem die ursprüngliche Blendenstellung nicht mehr ersichtlich ist, ist nicht zulässig.

2.3 Fokusgröße

Die Fokusgröße sollte so gewählt werden, dass die Aufnahmeparameter (Belichtungszeit und kV) beim jeweiligen Fokus-Detektor-Abstand (FDA) optimal gewählt werden können. Es zeigt sich, dass nicht in allen Fällen der kleinere Fokus die ideale Lösung darstellt, da der kleinere Fokus längere Belichtungszeiten benötigt (Bewegungsunschärfe).

2.4 Zusatzfilterung

Für Extremitätenaufnahmen sollte eine Zusatzfilterung von 1 mm Aluminium und 0,1 mm Kupfer, für Aufnahmen des Körperstammes 1 mm Aluminium und je nach Situation mindestens 0,1 mm bis maximal 0,3 mm Kupfer verwendet werden. Die Absorption von 0,1 mm Kupfer entspricht bei Standard-kV etwa der Absorption von 3 mm Aluminium. Da Aluminium weniger spannungsabhängige Filtereigenschaften als Kupfer besitzt, wäre eine Zusatzfilterung von etwa 3,5 bis 4 mm Aluminium eine günstigere Alternative.

2.5 Streustrahlenraster

Bei Neugeborenen, Säuglingen sowie Kleinkindern ist die Verwendung eines Streustrahlrasters in den meisten Fällen nicht notwendig. In den Anleitungen für die einzelnen Untersuchungen ist angeführt, ob ein Streustrahlenraster erforderlich ist oder nicht. Bei Durchleuchtungsuntersuchungen ist ein solches Raster nur selten notwendig (meist erst jenseits des Volksschulalters).

2.6 Gering strahlenabsorbierende Materialien

Bei ortsfesten Röntgengeräten liegen in der Regel entsprechend strahlentransparente Patiententische vor. Bei Aufnahmen mit ortsveränderlichen Röntgengeräten ist aber zu prüfen, ob die verwendeten Liegen (Transportliegen, OP-Tische etc.) genügend strahlendurchlässig sind. Ist dies nicht der Fall, ist die Kassette zwischen dem Patienten und der jeweiligen Liege zu positionieren.

2.7 Röhrenspannung

Für Röntgenaufnahmen von Kindern sind in der Regel niedrigere kV als für Aufnahmen von Erwachsenen zu verwenden. Dies sollte aber nicht dazu führen, dass in der Kinderradiologie zu niedrige kV eingesetzt werden. Niedrigere als in diesem Leitfaden angegebene kV-Werte sollten keinesfalls verwendet werden.

2.8 Belichtungsautomatik

Kinder und Jugendliche variieren in Größe und Gewicht viel stärker als Erwachsene. So wiegen etwa prämatüre Neugeborene oft weniger als 1000 g, während Jugendliche mit mehr als 70 kg keine Seltenheit sind.

Bei Röntgenaufnahmen von Erwachsenen ist eine automatische Belichtungskontrolle im Allgemeinen hilfreich. Bei solchen von Kindern gilt dies jedoch nicht uneingeschränkt. Die meisten am Markt befindlichen Systeme haben relativ große, fixierte Ionisationskammern (Messkammern). Größe, Form und Lage der Messkammern erlauben meist nicht, die großen Unterschiede in Körpergröße und Körperproportionen bei Kindern und Jugendlichen abzudecken.

Beim Arbeiten mit Belichtungsautomatik ist daher besondere Vorsicht geboten. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass die richtige Messkammer angewählt und der Patient adäquat zu dieser Kammer positioniert wird. Weiters ist darauf zu achten, dass Bleigummiabdeckungen oder andere stark röntgendichte Materialien (zB Kontrastmittel in der Harnblase bei der MCU) nicht in das Messfeld der Belichtungsautomatik gelangen. Dadurch kommt es nämlich zu einer weitaus längeren Belichtungszeit, verbunden mit einer entsprechend höheren Dosis, als es für die Durchdringung der Körperstrukturen allein erforderlich wäre. Bei Untersuchungen mit Kontrastmittelgabe ist das „Einfrieren“ der Belichtungsautomatik am Anfang der Untersuchung (noch vor der Kontrastmittelfüllung) hilfreich.

Eine bessere Alternative zur Belichtungsautomatik ist die Eingabe von alters- bzw. gewichtsabhängigen Belichtungsdaten in die Organprogramme des Generators.

2.9 Abdeckung und Projektion

Um Kinder bei Röntgenuntersuchungen gegen äußere Streustrahlung und extrafokale Strahlung zu schützen, ist ihr Körper außerhalb des diagnostischen Feldes mit Bleigummi (Bleigleichwert mindestens 0,5 mm) entsprechend abzudecken. Die Bleiabdeckung ist in einem Abstand von 0,5 bis 1 cm vom Nutzstrahlenfeld zu positionieren. Eine Abdeckung weiter als 6 cm vom Nutzstrahlenfeld entfernt ist weitgehend ineffektiv.

Liegen die Gonaden innerhalb des Nutzstrahlenfeldes oder näher als etwa 5 cm daran, sollten sie entsprechend geschützt werden, sofern dies nicht zu einer Beeinträchtigung der notwendigen diagnostischen Information führt. Dies gilt auch für die Mictionscystourethrographie (MCU), bei der in der Regel bei Knaben Bleischalen bzw. Kapseln verwendet werden können.

Durch ordentlich angebrachte Hodenkapseln (Bleigleichwert 1 mm) kann die Gonadendosis um bis zu 95 % reduziert werden, sofern sichergestellt ist, dass der Hoden nicht durch einen Cremaster-Reflex aus dem Scrotum nach kranial steigt. Bei Mädchen kann mit einer Gonadenabdeckung (Bleigleichwert 1 mm) bis zu 50 % an Dosis eingespart werden, wobei hier auch eine fokussnahe Maske eine gute Möglichkeit zur Dosisreduktion darstellt. Freilich muss die jeweilige Fragestellung die Verwendung solcher Schutzmittel erlauben.

Das Nutzstrahlenfeld kann bei Röntgenaufnahmen des Abdomens in der Regel so begrenzt bleiben, dass die männlichen Gonaden außerhalb dieses Feldes liegen. Gleiches gilt gewöhnlich auch

für Aufnahmen des Beckens und sogar für die MCU. Für abdominelle Röntgenaufnahmen bei Mädchen ist ein Gonadenschutz nicht möglich. Für Beckenaufnahmen bei Mädchen ist ein Gonadenschutz zu verwenden, sofern es die jeweilige Fragestellung erlaubt.

Bei Röntgenuntersuchungen im Bereich der Augen mit hoher Dosis sollten die Augen entsprechend geschützt werden. Eine Möglichkeit dazu ist, p.a. Aufnahmen anstatt a.p. Aufnahmen zu machen. Wenn Alter und Kooperation des Patienten es erlauben, sind daher immer p.a. Aufnahmen vorzuziehen. Diese können in Bauchlage oder in aufrechter Position angefertigt werden. Die Augendosis kann damit in den meisten Fällen um 50 bis 70 % reduziert werden.

Da das wachsende Mammagewebe besonders strahlenempfindlich ist, ist hier die Anwendung dosissparender Verfahren besonders wichtig. Auch hier ist nach Möglichkeit die p.a. Projektion der a.p. Projektion vorzuziehen. Während dies bei Thoraxaufnahmen allgemein akzeptiert ist und, sofern nicht die Klinik dagegen spricht, auch durchgeführt wird, ist dies bei Wirbelsäulenaufnahmen leider noch nicht die Regel. Hier müssen also auch p.a. Aufnahmen die a.p. Aufnahmen ersetzen, insbesondere auch deshalb, da bei Wirbelsäulenaufnahmen meist erheblich höhere Dosen als bei Thoraxaufnahmen anfallen.

Wenn immer die Art der Aufnahme es erlaubt, ist auch das Schilddrüsengewebe durch entsprechende Abdeckungen und Auswahl geeigneter Projektionen zu schützen. Dies gilt insbesondere für das Zahnröntgen und für Aufnahmen des Gesichtschädels.

2.10 Durchleuchtung

Gepulste Durchleuchtung

Moderne Durchleuchtungsgeräte bieten heute die Möglichkeit der gepulsten Durchleuchtung (generator- oder röhrenseitig gepulst) mit bis zu 25 Pulsen/sec. Die Pulsfrequenz und das Verhältnis Puls zu Pulspause („Strahlung ein“ zu „Strahlung aus“) ist der jeweiligen medizinischen Fragestellung anzupassen. Meist lässt sich auch mit reduzierter Bildfrequenz (7,5 oder 3 Pulse/sec) ein hinreichend stabiles Bild erzeugen. Freilich ist die benötigte Bildfrequenz immer abhängig von den Bewegungen im darzustellenden im Bild.

Bildverstärker: elektronenoptische Formatumschaltung („ZOOM“)

Großformatige Röntgen-Bildverstärker (BV) haben die Möglichkeit der Formatumschaltung. Dabei wird die elektronenoptische Verkleinerung abgeschwächt und ein konzentrischer Bildausschnitt formatfüllend am Monitor dargestellt. Damit können ohne Abstandsänderung (Röhre-Patient-BV) Details vergrößert und mit höherer Bildqualität wiedergegeben werden.

Allerdings steigt – unter Voraussetzung eines mit konstanter Einblendung untersuchten Körperbereiches – dabei auch der Dosisbedarf (grob um das Doppelte bei Bildvergrößerung um zwei Zoomstufen). Deshalb sollte nach Möglichkeit mit dem größtmöglichen BV-Durchmesser respektive ohne elektronenoptisches Zoomen untersucht werden, selbstverständlich in Kombination mit einer strengen Einblendung.

Lediglich bei Geräten ohne Einblendungsmöglichkeit kann durch Verwendung eines kleineren BV-Durchmessers respektive stärkerer Zoom-Stufe gegenüber einem nicht eingblendeten großformatigen BV-Durchleuchtungsfeld (theoretisch) Dosis gespart werden. Geräte ohne Einblendungsmöglichkeit sollten aber in der Kinderradiologie nicht verwendet werden.

Bei Durchleuchtungsgeräten mit modernen digitalen Flachdetektoren ist hingegen kein vermehrter Dosisbedarf durch Verwendung der Zoomfunktion gegeben.

Dosisleistungsregelung mit Objekterkennung

Moderne Durchleuchtungsgeräte verfügen über eine Dosisleistungsregelung mit Objekterkennung. Diese Einrichtung ermöglicht über mehrere Messfelder die Erkennung von Bewegungen und starkem Kontrast (zB durch Metall) im Strahlengang und steuert automatisch die Dosisleistung. Grundsätzlich bietet diese Einrichtung eine Möglichkeit zur Dosisoptimierung. Es ist jedoch bei ihrer Verwendung unbedingt darauf zu achten, dass keine stark röntgendichten Materialien (zB Kontrastmittel) in die Messfelder der Dosisleistungsregelung gelangen. Dies würde nämlich zu einer starken Erhöhung der Dosisleistung und damit auch der Patientendosis führen. Insbesondere gilt dies für die kontrastmittelgefüllte Harnblase bei der MCU.

Dokumentation von Einzelbildern und Bildserien

Moderne Durchleuchtungsgeräte mit gepulster Durchleuchtung und digitaler Bildspeicherung bieten die Möglichkeit einer digitalen Dokumentation als „Schuss“ am Detektor (BV oder Flatpanel) oder durch Abspeichern des Durchleuchtungsbildes (Last Image Hold – LIH). Wenn möglich, ist LIH einer Dokumentation als „Schuss“ vorzuziehen.

Verglichen mit den früher bei kontinuierlicher Durchleuchtung verwendeten Aufzeichnungssystemen („Zielaufnahme“ auf Film) ist der Dosisbedarf pro Bild bzw. Bildserie dieser modernen Systeme wesentlich geringer.

3. Gute Röntgenaufnahmetechnik

In diesem Abschnitt werden für häufig durchgeführte, ausgesuchte pädiatrische Röntgenaufnahmen die jeweiligen diagnostischen Anforderungen (Bildkriterien) angeführt und Angaben für eine gute Röntgenaufnahmetechnik gemacht.

Thorax – Neugeborene

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	am Höhepunkt der Einatmung
1.2	Wiedergabe des Thorax ohne Rotation und Kippung
1.3	Wiedergabe des Thorax muss reichen von der zervikalen Trachea bis TH12/L1 (ein Teil des Abdomens kann inkludiert sein für spezielle Anforderungen, wie zB unklare Thoraxpathologie, die möglicherweise in Zusammenhang mit einem abdominellen Prozess steht)
1.4	die vaskulären Strukturen in der zentralen Hälfte der Lungen sind sichtbar, aber nicht eindeutig klar abgegrenzt
1.5	klare Abgrenzung der Trachea und der prox. Bronchien
1.6	klare Abgrenzung des Zwerchfells und der Sinus phrenico-costales
1.7	Wirbelsäule, paraspinale Strukturen, retrocardiale Lunge und Mediastinum sind sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	Rückenlage a.p.
2.1	Untersuchungseinheit	abhängig von den klinischen Voraussetzungen: <ul style="list-style-type: none">• auf der Station: Inkubator• im Röntgen: Aufnahmetisch – Obertisch
2.2	Fokusgröße	kleiner Fokus, immer jedoch < 1,3
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	keines
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 200 – 400
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	90 – 120 cm
2.7	Röhrenspannung	60 – 70 kV
2.8	Belichtungsautomatik	ohne
2.9	Belichtungszeit	≤ 5 ms
2.10	Abdeckung	Rundum-Bleigummiabdeckung des Abdomens inkl. Gonaden; fahrbare Bleiwand zum Abschirmen der unmittelbar angrenzenden Inkubatoren

Thorax - jenseits der Neugeborenenperiode bis 60 kg

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	durchgeföhrt bei max. Inspiration, ausgenommen Fremdkörperaspiration
1.2	Wiedergabe des Thorax ohne Rotation und Kippung
1.3	Wiedergabe des Thorax muss sich erstrecken von der zervikalen Trachea bis T12/L1
1.4	die vaskulären Strukturen in den zentralen 2/3 der Lungen sind sichtbar, aber nicht eindeutig klar abgegrenzt
1.5	Trachea und die prox. Bronchien sind sichtbar, aber nicht eindeutig klar abgegrenzt
1.6	Zwerchfell und costo-phrenischer Winkel sind klar abgegrenzt
1.7	Wirbelsäule, paraspinale Strukturen, retrocardiale Lungenabschnitte und Mediastinum sind sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	a. inkooperative Patienten: Rückenlage a.p. b. kooperative Patienten: aufrecht p.a.
2.1	Untersuchungseinheit	a. Aufnahmetisch b. Wandstativ
2.2	Fokusgröße	≥ 0,6 mm, ≤ 1,3 mm; wenn vorhanden Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	keines
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400 – 600
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	a. 100 – 120 cm b. 140 – 160 cm
2.7	Röhrenspannung	60 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	Bei Säuglingen und kleinen Kindern vorzugsweise ohne Automatik; wenn mit Automatik, dann mit beiden lateralen Kammern (Geometrie der Messkammern beachten)
2.9	Belichtungszeit	≤ 20 ms
2.10	Abdeckung	Rundum-Bleigummiabdeckung des Abdomens inkl. Gonaden

Thorax - Kinder und Jugendliche ab 60 kg

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

(wie bei *Thorax - jenseits der Neugeborenenperiode bis 60 kg*)

1.1	durchgeführt bei max. Inspiration, ausgenommen Fremdkörperaspiration
1.2	Wiedergabe des Thorax ohne Rotation und Kippung
1.3	Wiedergabe des Thorax muss sich erstrecken von der zervikalen Trachea bis T12/L1
1.4	die vaskulären Strukturen in den zentralen 2/3 der Lungen sind sichtbar, aber nicht eindeutig klar abgegrenzt
1.5	Trachea und die prox. Bronchien sind sichtbar, aber nicht eindeutig klar abgegrenzt
1.6	Zwerchfell und costo-phrenischer Winkel sind klar abgegrenzt
1.7	Wirbelsäule, paraspinale Strukturen, retrocardiale Lungenabschnitte und Mediastinum sind sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	aufrecht p.a.
2.1	Untersuchungseinheit	Wandstativ
2.2	Fokusgröße	≥ 0,6 mm; wenn vorhanden Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	ja, bewegtes
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	150 – 180 cm
2.7	Röhrenspannung	110 – 120 kV
2.8	Belichtungsautomatik	Automatikbetrieb mit beiden lateralen Kammern
2.9	Belichtungszeit	≤ 20 ms
2.10	Abdeckung	Rundum-Bleigummiabdeckung des Abdomens inkl. Gonaden

Thorax seitlich - jenseits der Neugeborenenperiode

Die Projektion wird nicht routinemäßig eingesetzt, sondern nur bei speziellen Indikationen.

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	durchgeführt bei max. Inspiration
1.2	wirklich seitliche Projektion
1.3	Sichtbarkeit der Trachea, inkl. zervikale Trachea und Hauptbronchien
1.4	Zwerchfellkuppeln, Sternum und BWS sichtbar, aber nicht eindeutig klar abgegrenzt

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	aufrecht (im Liegen nur ausnahmsweise, worauf hier aber nicht speziell eingegangen wird)
2.1	Untersuchungseinheit	Wandstativ
2.2	Fokusgröße	$\geq 0,6$ mm, $\leq 1,3$ mm; wenn vorhanden Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	keines, mit Ausnahme spezieller Indikationen und bei Jugendlichen mit Hartstrahltechnik und bewegtem Raster
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400 - 600
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	140 – 160 cm
2.7	Röhrenspannung	<ul style="list-style-type: none">• ohne Raster: 60 – 80 kV• mit Raster: 100 – 120 kV zusätzlich auch altersabhängig
2.8	Belichtungsautomatik	<ul style="list-style-type: none">• unter 12 Monaten vorzugsweise ohne• über 12 Monate mit lateraler Messkammer
2.9	Belichtungszeit	≤ 40 ms
2.10	Abdeckung	Rundum-Bleigummiabdeckung des Abdomens inkl. Gonaden

Schädel

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	symmetrische Wiedergabe des Schädels, speziell der Schädelkalotte, der Orbitae und der Schläfenbeine (Ausnahme prämatüre Craniosynostose)
1.2	Projektion des Oberrandes der Schläfenbeinpyramide in die untere Hälfte der Orbita
1.3	Nasennebenhöhlen entsprechend dem Alter sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt
1.4	Tabula externa der gesamten Schädelkalotte klar abgegrenzt
1.5	Sichtbarkeit der Schädelnähte

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	a. im Liegen a.p. b. im Sitzen p.a. (günstiger für die Linsenbelastung, ist aber sehr oft nicht möglich - Kooperation, Verletzungsgrad)
2.1	Untersuchungseinheit	a. Aufnahmetisch – Obertisch b. Wandstativ
2.2	Fokusgröße	kleiner Fokus oder Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	a. keines (bis 6 Monate) stehendes Raster (ab 6 Monate) b. bewegtes Raster
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400 (200)
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	100 – 140 cm
2.7	Röhrenspannung	65 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	a. ohne b. mittlere Messkammer
2.9	Belichtungszeit	≤ 100 ms
2.10	Abdeckung	Schilddrüsenschutz

Schädel seitlich

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	Tabula interna und externa der gesamten Schädelkalotte und des Bodens der Sella turcica entsprechend dem Alter klar abgegrenzt
1.2	Übereinanderprojektion der Orbitadächer und des vorderen Teiles des großen Keilbeinflügels
1.3	vaskuläre Kanäle und Spongiosastruktur des Knochens entsprechend dem Alter klar abgegrenzt
1.4	Nähte und Fontanellen entsprechend dem Alter sichtbar

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	a. im Liegen (Immobilisierung erforderlich) b. im Sitzen (sehr oft nicht möglich - Kooperationsgrad)
2.1	Untersuchungseinheit	a. Aufnahmetisch – Obertisch b. Wandstativ
2.2	Fokusgröße	kleiner Fokus oder Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	a. keines (bis 6 Monate) stehendes Raster (ab 6 Monate) b. bewegtes Raster
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400 (200)
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	100 – 140 cm
2.7	Röhrenspannung	65 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	c. ohne d. zentrale Messkammer
2.9	Belichtungszeit	≤ 100 ms
2.10	Abdeckung	Schilddrüsenschutz

Becken - Neugeborene und Säuglinge

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	keine Kippung: Wiedergabe der Y-Fuge in derselben horizontalen Linie wie das 5. Sakralsegment oder Oberrand des Ossifikationszentrums des Os ischii und Os pubis sind übereinander projiziert
1.2	keine Rotation: Eine vertikale Linie durch die Mitte des Sakrums muss durch die Mitte der Symphyse verlaufen oder die Darmbeinschaukeln und die Foramina obturatoria müssen perfekt symmetrisch dargestellt sein
1.3	Wiedergabe des Femurhalses in einer Standardposition, die nicht durch Außenrotation beeinträchtigt wird; wenn eine funktionelle Aufnahme für eine Instabilität erforderlich ist, sollte sie mit voller Innenrotation und 45 ° Abduktion erfolgen
1.4	Sichtbarkeit der periartikulären Fettstreifen

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	Rückenlage a.p.
2.1	Untersuchungseinheit	Aufnahmetisch
2.2	Fokusgröße	kleiner Fokus oder Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	keines
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400 – 600
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	100 cm
2.7	Röhrenspannung	60 – 70 kV
2.8	Belichtungsautomatik	mittlere Messkammer
2.9	Belichtungszeit	≤ 20 ms
2.10	Abdeckung	sofern diagnostisch möglich: <ul style="list-style-type: none">• Gonadenkapseln bei Knaben• Gonadenmasken oder entsprechende Strahlenschutzbehelfe bei Mädchen

Becken - (Klein-)Kinder (älter 12 Monate) und Jugendliche

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	symmetrische Wiedergabe des Beckens
1.2	Sichtbarkeit des Sacrums und der Foramina sacralia (nicht erfüllbar, wenn ein Gonadenschutz bei Mädchen eingesetzt wird)
1.3	unterer Anteil des Sacroiliacalgelenkes sichtbar (nicht in Erwägung zu ziehen bei weiblichem Gonadenschutz), aber nicht klar abgegrenzt
1.4	Femurhals sollte nicht verdreht sein
1.5	Spongiosastruktur und Corticalis sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt
1.6	Sichtbarkeit der Trochanteren entsprechend dem Alter
1.7	Sichtbarkeit der periartikulären Fettstreifen

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	Rückenlage a.p.
2.1	Untersuchungseinheit	Aufnahmetisch
2.2	Fokusgröße	großer Fokus oder Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	bewegtes Raster
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	100 – 120 cm
2.7	Röhrenspannung	65 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	beide laterale Messkammern
2.9	Belichtungszeit	≤ 100 ms
2.10	Abdeckung	sofern diagnostisch möglich: <ul style="list-style-type: none">• Gonadenkapseln bei Knaben• Gonadenmasken bei Mädchen

Anmerkung:

Bei orthopädischen Fragestellungen ist das Becken (eingebildet auf Femurköpfe und Oberrand Crista iliaca) oft mit einer Beinganz- oder WS-Aufnahme kombiniert, die im Stehen angefertigt wird (Beinlängendifferenz, Beckenschiefstand).

Segmente der Wirbelsäule

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	Grund- und Deckplattenflächen als einzelne Linie im Bereich des Zentralstrahles sichtbar
1.2	Sichtbarkeit der Zwischenwirbelräume in der Ebene des Zentralstrahles
1.3	Bogenwurzeln klar abgegrenzt
1.4	Sichtbarkeit der hinteren Wirbelanteile (Gelenksfortsätze, Zwischenwirbelanteile, Wirbelbögen und Processus spinosus)
1.5	Processus transversus entsprechend dem Alter sichtbar
1.6	Corticalis und Spongiosastruktur entsprechend dem Alter klar abgegrenzt
1.7	benachbarte Weichteilstrukturen sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	a. Rückenlage a.p. b. im Stehen p.a.
2.1	Untersuchungseinheit	a. Aufnahmetisch b. Wandstativ
2.2	Fokusgröße	kleiner Fokus oder Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	<ul style="list-style-type: none"> • keines (unter 12 Monate) • bewegtes Raster (ab 12 Monate)
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	a. 100 – 120 cm b. 120 – 150 cm
2.7	Röhrenspannung	65 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	zentrale Messkammer
2.9	Belichtungszeit	≤ 100 ms
2.10	Abdeckung	Gonadenschutz bei beckennahen Aufnahmen

Anmerkungen:

- a. Eine Verteilung oder Verlagerung von Darmgas kann durch Komprimieren des Abdomens erreicht werden (bei Aufnahmen der Lendenwirbelsäule und des Sacrus wichtig). Dadurch kann auch die Bewegungsunschärfe und die Strahlenbelastung reduziert werden!
- b. Bei Aufnahmen im Stehen ist die p.a. Projektion vorzuziehen (sofern es die klinische Fragestellung erlaubt). Dies gilt insbesondere bei BWS-Aufnahmen, da dadurch die Strahlenbelastung des radiosensitiven Mammagewebes reduziert werden kann!

Segmente der Wirbelsäule seitlich

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	Grund- und Deckplattenflächen als einzelne Linien im Bereich des Zentralstrahles sichtbar
1.2	vollständige Überlagerung der posterioren Ränder der Wirbelkörper
1.3	Bogenwurzeln und Foramina intervertebralia sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt
1.4	Sichtbarkeit der hinteren Wirbelanteile
1.5	Processus spinosus entsprechend dem Alter sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt
1.6	Corticalis und Spongiosastruktur entsprechend dem Alter klar abgegrenzt
1.7	benachbarte Weichteile sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	a. Rückenlage mit horizontalem Strahlengang b. in Seitenlage (sofern klinische Fragestellung und Kooperation des Patienten es zulassen)
2.1	Untersuchungseinheit	Aufnahmetisch
2.2	Fokusgröße	kleiner Fokus oder Variofokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	a. keines (bis 12 Monate) stehendes Raster (ab 12 Monate) b. bewegtes Raster
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	100 – 120 cm
2.7	Röhrenspannung	60 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	a. ohne b. zentrale Messkammer
2.9	Belichtungszeit	≤ 200 ms
2.10	Abdeckung	Gonadenschutz bei beckennahen Aufnahmen

Gesamte Wirbelsäule

Nur bei strenger Indikationsstellung; zumeist orthopädische Fragestellung (zB Skoliose)

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	die Aufnahme muss die Schädelbasis, das Os coccygis und die Darmbeinschaufeln zeigen
1.2	Wirbelkörper und Bogenwurzeln sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt
1.3	Sichtbarkeit der hinteren Wirbelkörperanteile
1.4	Processus spinosus und Processus transversus entsprechend dem Alter sichtbar, aber nicht klar abgegrenzt

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	a. im Liegen a.p. b. im Stehen p.a.
2.1	Untersuchungseinheit	a. Aufnahmetisch – Obertisch b. - Wandstativ - Wandstativ mit spezieller Kassette - Wandstativ mit Scanmöglichkeit
2.2	Fokusgröße	großer Fokus
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	keines (Fragestellung meist Skoliose)
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400 (600)
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	a. 100 – 120 cm b. 150 – 200 cm
2.7	Röhrenspannung	60 – 90 kV
2.8	Belichtungsautomatik	ohne
2.9	Belichtungszeit	≤ 800 ms
2.10	Abdeckung	Gonadenschutz

Anmerkung:

Verlaufskontrollen bei Skoliosepatienten können oft beschränkt werden auf den Abschnitt von C 7 bis zur Crista iliaca!

Abdomen

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	Abdomen vom Zwerchfell bis zum Tuber ossi ischii inkl. der lateralen Bauchwand sichtbar, aber nicht eindeutig scharf abgegrenzt
1.2	properitonealer Fettstreifen entsprechend Alter sichtbar, aber nicht scharf abgegrenzt
1.3	Sichtbarkeit der Nierenaußenkonturen entsprechend Alter und Darmgasverteilung
1.4	Sichtbarkeit des Psoasbegleitstreifens entsprechend Alter und Darmgasverteilung

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	Rückenlage a.p.
2.1	Untersuchungseinheit	Aufnahmetisch
2.2	Fokusgröße	<ul style="list-style-type: none">• kleiner Fokus (bis 12 Monate)• großer Fokus oder Variofokus (ab 12 Monate)
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	<ul style="list-style-type: none">• keines (bis 12 Monate)• bewegtes Raster (ab 12 Monate)
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	100 – 120 cm
2.7	Röhrenspannung	60 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	<ul style="list-style-type: none">• zentrale Messkammer (bis 12 Monate)• beide laterale Messkammern (ab 12 Monate)
2.9	Belichtungszeit	≤ 50 ms
2.10	Abdeckung	<ul style="list-style-type: none">• Gonadenkapseln bei Knaben• Rundum-Bleigummiabdeckung des Thorax (reduziert die Strahlenexposition des radiosensitiven Mammagewebes und des Knochenmarks im Sternum und den Rippen)

Harntrakt (ohne KM)

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN - BILDKRITERIEN

1.1	gesamter Harntrakt vom oberen Nierenpol bis zur Blasenbasis und der prox. Harnröhre sichtbar
1.2	Sichtbarkeit der Nierenaußenkontur entsprechend dem Alter
1.3	Sichtbarkeit des Psoasbegleitstreifens entsprechend dem Alter
1.4	klare Abgrenzung der Knochenstrukturen

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	Rückenlage a.p.
2.1	Untersuchungseinheit	Aufnahmetisch
2.2	Fokusgröße	<ul style="list-style-type: none">• kleiner Fokus (bis 12 Monate)• großer Fokus oder Variofokus (ab 12 Monate)
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	<ul style="list-style-type: none">• keines (bis 12 Monate)• bewegtes Raster (ab 12 Monate)
2.5	Detektor	falls FFS Empfindlichkeitsklasse 400
2.6	Fokus-Detektor-Abstand	100 – 120 cm
2.7	Röhrenspannung	60 – 80 kV
2.8	Belichtungsautomatik	<ul style="list-style-type: none">• zentrale Messkammer (bis 12 Monate)• beide laterale Messkammern (ab 12 Monate)
2.9	Belichtungszeit	≤ 50 ms
2.10	Abdeckung	<ul style="list-style-type: none">• Gonadenkapseln bei Knaben• Rundum-Bleigummiabdeckung des Thorax (reduziert die Strahlenexposition des radiosensitiven Mammagewebes und des Knochenmarks im Sternum und den Rippen)

Anmerkung:

Konventionelles i.v. Pyelogramm nur bei strenger Indikationsstellung (fast nur noch bei V.a. Nephro-/Ureterolithiasis); nahezu alle anderen Fragestellungen sollten bei Kindern mittels MR-Urographie abgeklärt werden.

Harntrakt - Miktionszystouretrographie (MCU)

DIAGNOSTISCHE ANFORDERUNGEN

Unbedingt Durchleuchtungskontrolle. Durchleuchtung sollte intermittierend unter guter Einblendung erfolgen. Bei Durchleuchtungsgeräten mit Bildverstärker darf bei der Verwendung der BV-Formatumschaltung (Zoom) die kontrastmittelgefüllte anatomische Region nicht im Zentrum des DL-Bildes liegen, da es dann durch die Dosisleistungsregelung (Belichtungsautomatik) zu einer Dosiserhöhung und zum „Überstrahlen“ kommt.

DOKUMENTATION

1.1	Dokumentation der Harnblase zu Füllungsbeginn (zB Ureterocele), bei Pathologie während der Füllungsphase (wie ungehemmte Detrusorkontraktionen)
1.2	Dokumentation des uretero-vesikalen Überganges am Ende der Füllungsphase in Schrägposition (zB Reflux, paraureterale Blasendivertikel, evertierte Ureterocele)
1.3	Dokumentation der Harnröhre bei Miktion
1.4	Dokumentation der Nierenregion nach Miktion (Reflux; cave: Sichtbarkeit des intrarenalen Refluxes nimmt mit zunehmender Strahlungshärte ab)
1.5	Dokumentation der Harnblase nach Miktion (Reflux, Restharn)

BEISPIEL FÜR GUTE RÖNTGENAUFNAHMETECHNIK

2.0	Patientenposition	Rückenlage a.p. Ausnahmen: a. Schrägposition zur Dokumentation des uretero-vesicalen Überganges b. Miktion: - Knaben in seitlicher Position - Mädchen in Rückenlage
2.1	Untersuchungseinheit	Durchleuchtungsanlage
2.2	Fokusgröße	≤ 1,3 mm
2.3	Zusatzfilterung	1 mm Aluminium + 0,1 – 0,2 mm Kupfer
2.4	Streustrahlenraster	in der Regel keines
2.5	Dokumentation	last image hold (LIH); nur Urethra bei Miktion mit Einzelschuss
2.6	Detektorabstand	möglichst nahe am Patienten
2.7	Röhrenspannung	65 – 80 kV
2.8	Belichtungszeit	so kurz als möglich
2.9	Strahlenschutz	prinzipiell Hodenkapseln für Knaben; sie dürfen aber zu keiner Verlängerung der Durchleuchtungszeit führen

Anmerkungen:

- Körperwarmes ionisches oder nicht ionisches Kontrastmittel muss aus einer Höhe von unter 70 cm über Tischniveau mit einer Tropfgeschwindigkeit von etwa 15 ml/min in die Blase instilliert werden. Antibiotische Harnwegsinfektprophylaxe post MCU.
- Es gibt auch Refluxuntersuchungen mit Ultraschall und Ultraschallkontrastmitteln (Mictionsurosonographie – MUS), auf die hier aber nicht eingegangen wird.

4. Röntgengeräte

Im Folgenden wird ein Überblick über die Komponenten, technischen Spezifikationen und Eigenschaften von typischerweise für Röntgenaufnahmen und Röntgendurchleuchtungen verwendeten Geräten gegeben.

4.1 Röntgenaufnahmen – Statische Projektionsradiografie

Ortsfeste Röntgenaufnahmegeräte

Generatoren

- heute fast ausschließlich sogenannte Konvertergeneratoren (Multipuls) im Einsatz
- Hochspannung mit geringer Welligkeit, kurze Schaltzeiten < 2 ms
- Leistung von 50 – 80 kW

Belichtungsautomatik

Ionisationsmesskammern mit einzeln anwählbaren 3 bis 5 Messkammern; in der Regel keine „Kindermesskammern“ mit spezieller Geometrie verfügbar

Röntgenstrahler

Obertischröhre 125 – 150 kV

Brennfleckgröße (Fokusgröße):

- kleiner Brennfleck (Feinfokus: ca. 0,3 – 0,6 mm)
 - geringere Leistung (mA)
 - kleine geometrische Unschärfe
 - längere Belichtungszeit pro mAs-Produkt
- großer Brennfleck (Grobfokus: ca. 0,8 – 1,5 mm)
 - größere Leistung (mA)
 - größere geometrische Unschärfe
 - kürzere Belichtungszeit pro mAs-Produkt
- variabler Brennfleck (Variofokus)
 - Brennfleckgröße zwischen kleinem und großem Brennfleck

Filterung

In der Regel ist eine Zusatzfilterung von 1 mm Aluminium plus 0,1 – 0,2 mm Kupfer zu verwenden.

Untersuchungseinheit

- (Raster-)Aufnahmetisch (Bucky-Tisch)
 - Aufnahme auf die Buckylade mit bewegtem Raster oder ohne Raster (Raster ist wechselbar und entfernbar)
 - Aufnahme Obertisch mit stehendem Raster oder ohne Raster
- Krankenbett, Transportliege, Inkubator etc.
 - Aufnahme ohne oder mit stehendem Raster
- (Raster-)Wandstativ (Bucky-Wandstativ)
 - Aufnahme mit bewegtem Raster oder ohne Raster (Raster ist wechselbar und entfernbar)

Streustrahlenraster

- Streustrahlenraster haben longitudinal zur Körperachse ausgerichtete Bleilamellen

- carbonbeschichtete Streustrahlenraster benötigen bis zu 30 % weniger Dosis als Aluminiumstreustrahlenraster mit sonst gleichen Parametern
- bei fokussierten Rastern muss der Fokus-Detektor-Abstand (FDA) bekannt sein und beachtet werden, da sonst die Neigung der Bleilamellen nicht mit der Divergenz der Nutzstrahlung übereinstimmt, und somit mehr Nutzstrahlung abgeschwächt wird

Rastereinsatz bei Film-Folien-Systemen und CR-Systemen:

- bewegtes Raster
- empfohlene Lamellenzahl N: 36 bis max. 40/cm
- Schachtverhältnis: r8 bis max. r10 (höheres Schachtverhältnis vermeiden, da daraus eine höhere Strahlenbelastung resultiert)

Bei bewegten Rastern (Raster-Aufnahmetisch, Raster-Wandstativ) kommt es durch die motorische Bewegung der Rasterlade selbst bei kurzen Belichtungszeiten zur erwünschten Verwischung der Bleilamellen des Rasters.

Rastereinsatz bei Flachdetektorsystemen:

- stehendes Raster gemäß Firmenvorgaben verwenden (Abweichungen von Firmenempfehlungen nicht empfehlenswert)
- empfohlene Lamellenzahl N: mind. 60 bis max. 80/cm
- Schachtverhältnis: r12 bis r17

Bei direkten und indirekten Flachdetektorsystemen werden generell Viellinienraster (zB 70 Linien/cm) verwendet, um Wechselwirkungen zwischen Raster und Abbildungsmatrix zu vermeiden. Bei stehenden Rastern mit niedrigerem Schachtverhältnis und niedriger Lamellenzahl kann es durch Überlagerung der Detektor- und Rasterstrukturen zu unerwünschten Bildartefakten kommen (sogenannte Moiré-Muster). Je nach Bildmatrixgröße können diese Moiré-Muster im Bild unter anderem durch Anpassung der Liniendichte des Rasters an die Bildmatrix unterdrückt werden.

Abbildungssysteme – Detektoren

Analoge Systeme – FFS (Film-Folien-System, Kassetten)

Kombination eines doppelseitig beschichteten Röntgenfilmes mit zwei Verstärkerfolien. Die Folien konvertieren Röntgenquanten in Licht und verbessern dadurch die Ausbeute im Vergleich zum Film ohne Verstärkerfolien wesentlich (der Film wird zu ca. 97 % durch das von den Folien emittierte Licht geschwärzt).

Als Lumineszenzstoffe sind in Verwendung: Gd₂O₂S:Tb, CaWO₄, LaOBr:Tb

Es gibt Folien mit unterschiedlicher Empfindlichkeit (Verstärkung):

- Empfindlichkeitsklasse 400 - 600: hochverstärkend
(kürzere Belichtungszeit, schlechtere Auflösung ca. 2,4 LP/mm)
- Empfindlichkeitsklasse 200: universal
- Empfindlichkeitsklasse 100: hochauflösend
(längere Belichtungszeit, bessere Auflösung ca. 3,4 LP/mm)

erforderliche Belichtung (entspricht der Dosis): a : b : c = ca. 0,5 : 1 : 2

Digitale Systeme

CR – Computed Radiography

(Speicherfoliensysteme, Kassetten; auch digitale Lumineszenzradiografie)

Die Röntgenquanten bewirken in der Speicherfolie (Material: BaFBr:Eu) eine Anregung von Ladungsträgern, wodurch die Bildinformation in der Kassette latent gespeichert bleibt (ca. 6 – 8 h).

Für den Ausleseprozess wird ein eigenes Lesegerät (Reader) benötigt. Die angeregten Ladungsträger emittieren Licht, das punkt- und zeilenweise gemessen, analog-digital gewandelt und einem Bildrechner zugeführt wird. Im Regelfall erfolgt die Auslesung der Folie einseitig, es gibt aber auch beidseitig auslesbare.

Sonderform der CR: Nadelkristalldetektor (CsBr) in genormten Röntgenkassetten

DR – Digitale Radiografie

(Flachdetektor = flat panel detector)

Die DR benötigt keine Kassetten und keine separaten Auslese- bzw. Entwicklungsgeräte. Ein Röntgenbild in digitaler Form steht innerhalb weniger Sekunden zur Verfügung. Es gibt direkte und indirekte Detektorsysteme:

Direkte Flachdetektorsysteme

Hier findet eine Konversion der Röntgenquanten in elektrische Ladung in einem für Röntgenstrahlung empfindlichen Photoleiter statt. Diese Ladung wird vom TFT-Array reihenweise ausgelesen, analog-digital gewandelt und in einem Computer weiterverarbeitet. Die breiteste Verwendung als Photoleiter hat amorphes Selen, in der TFT-Matrix: amorphes Silizium.

Primäre Anwendung der direkten Flachdetektorsysteme ist die Mammografie.

Indirekte Flachdetektorsysteme

Hier erfolgt zunächst eine Konversion der Röntgenquanten in Licht in einem Szintillator. Dieses Licht wird danach durch Photodioden in elektrische Ladung umgewandelt, die dann durch das TFT-Array wie bei den direkten Systemen ausgelesen wird. Als Szintillatoren werden Nadelkristalle (CsI) oder Pulver (Gadoliniumoxisulfid, GOS), in der TFT-Matrix amorphes Silizium verwendet.

Ortsveränderliche Röntgenaufnahmegeräte

Generator

- Leistung bis 15 kW
- Steckdosen- oder Batterieversorgung
- Schaltzeiten < 5 ms

Belichtungsautomatik

Meist ohne Belichtungsautomatik

Röntgenstrahler

Meist nur eine Brennfleckgröße verfügbar

Filterung

In der Regel ist eine Zusatzfilterung von 1 mm Aluminium plus 0,1 – 0,2 mm Kupfer zu verwenden.

Untersuchungseinheit

Krankenbett, Transportliege, Inkubator, (OP-)Tisch etc.

Streustrahlenraster

Kein Raster; sofern indiziert: stehendes Raster

Abbildungssysteme – Detektor(en)

Siehe ortsfeste Röntgenaufnahmegeräte

4.2 Röntgendurchleuchtung – Dynamische Projektionsradiografie

Ortsfeste Röntgendurchleuchtungsgeräte

Generatoren

Vergleichbar mit ortsfesten Aufnahmegräten. Generatoren für DL-Untersuchungen benötigen zusätzliche Einrichtungen, etwa für BV-TV. Möglichkeit der gepulsten DL sollte verfügbar sein.

Belichtungsautomatik / automatische Dosisleistungsregelung (ADR)

Ionisationsmesskammern oder Leuchtdichtemessung bei BV-TV

Röntgenstrahler

Siehe Strahler für ortsfeste Aufnahmegeräte

Filterung

Siehe Filterung für ortsfeste Aufnahmegeräte

Untersuchungseinheit

- DL-Gerät Obertisch
 - größerer Fokus-Detektor-Abstand (FDA) möglich
 - Schrägeinstrahlung möglich
 - exakte Positionierung der Blenden durch Lichtvisier
 - ungünstigere Streustrahlenverhältnisse für Arzt und RT am Tisch als bei Untertischgeräten
- DL-Gerät Untertisch
 - beschränkter Fokus-Detektor-Abstand (FDA) und Patientenzugang
 - Sichtbarmachung der Blendenstellung vor Strahlungsaktivierung mit konventionellem Lichtvisier nicht möglich
 - bessere Streustrahlenverhältnisse für Arzt und RT am Tisch als bei Obertischgeräten
- DL-Gerät multifunktionell („C-Bogen“)
 - Obertisch und Untertisch möglich
 - Fokus-Detektor-Abstand (FDA) fix vorgegeben

Streustrahlenraster

Stehendes, entfernbares Raster (Verwendung nur in Ausnahmefällen notwendig)

Abbildungssystem – Detektoren

Analog-Digital-Systeme

BV-TV-Kette: Röntgenbildverstärker erzeugt und verstärkt ein Leuchtdichtebild, das mittels Fernsehkamera (Röhrenkamera oder CCD) in ein elektrisches Signal umgewandelt und am Monitor

dargestellt wird. Kameras haben entweder analoge Ausgänge (die nachträglich digitalisiert werden können) oder digitale Ausgänge.

Digitale Systeme

DR (Digitale Radiografie = Flachdetektor = flat panel detector)

Vergleichbar mit ortsfesten Röntgengeräten; Detektoren für DL-Geräte müssen in der Lage sein, bis zu 25 Bilder/sec auszulesen (dynamische Untersuchung).

Ortsveränderliche Röntgendurchleuchtungsgeräte („C-Bögen“)

Generator

- Leistung bis 15 kW
- Möglichkeit der gepulsten DL sollte verfügbar sein

Belichtungsautomatik / automatische Dosisleistungsregelung (ADR)

Siehe ortsfeste DL-Geräte

Röntgenstrahler

- Geräte bis ca. 5 kW: Stehanodenröhre: 1 oder 2 Brennflecke
- Geräte bis ca. 15 kW: Drehanodenröhre: 2 Brennflecke

Filterung

Zumeist keine Cu-Zusatzfilterung

Untersuchungseinheit

Krankenbett, Transportliege, Inkubator, OP-Tisch etc.

Streustrahlenraster

Meist fixes, stehendes Raster

Detektoren

Siehe ortsfeste DL-Geräte

5. Belichtungsdaten

Die erforderlichen Belichtungsdaten (kV, mA, ms bzw. mAs-Produkt) hängen insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- dem Patienten (Dicke, Zusammensetzung)
- den Betriebsdaten der Röntgenröhre (Welligkeit der Hochspannung, Filterung etc.)
- dem Streustrahlenanteil (eingblendete Feldgröße, Patientendicke, Eigenschaften des Streustrahlenrasters)
- dem Fokus-Detektor-Abstand (FDA); früher Fokus-Film-Abstand (FFA)
- den Detektoreigenschaften (Dynamik, DQE); siehe Kapitel 7

6. Bildqualität

Es wird unterschieden zwischen:

- objektiver Bildqualität: messbar (Physik)
- subjektiver Bildqualität: nicht messbar (Arzt, Umgebung)

Ortsauflösung (räumliche Auflösung, Schärfe)

Die Ortsauflösung ist ein Maß für die Fähigkeit, zwei nahe beieinander liegende, kontrastreiche Objekte aufzulösen. Die Ortsauflösung ist insbesondere gegeben durch:

- geometrische Unschärfen durch die Brennfleckgröße
- Bewegungsunschärfen (Patient)
- Detektorauflösung

Kontrastauflösung (Dichteauflösung, Kontrast)

Die Kontrastauflösung ist ein Maß für die Fähigkeit, geringe Kontrastunterschiede aufzulösen. Die Kontrastauflösung ist insbesondere gegeben durch:

- Belichtungsdaten
- Detektoreigenschaften
- Rauschen

7. Kenngrößen von Detektorsystemen

Maximale Ortsauflösung

Angegeben in LP/mm. Bei analogen Systemen von der Korngröße, bei digitalen von der Pixelgröße (μm) abhängig.

MTF = MÜF (Modulationstransferfunktion, Modulationsübertragungsfunktion)

Die MTF gibt an, wie verschieden starke Kontraste im Objekt (Patient) durch das bildgebende System wiedergegeben werden.

Die ideale MTF wäre 100 % (max. mögliche Kontrastdarstellung). Die MTF ist abhängig von der Ortsauflösung und nimmt mit zunehmender Ortsauflösung ab. Sie ist daher kein Einzelwert. In der Regel wird die MTF als Kurve dargestellt.

DQE (Detective Quantum Efficiency, detektive Quantenausbeute)

Detektor-Kenngröße, die neben der Bildqualität auch den Grundsatz der Dosisoptimierung berücksichtigt. Die DQE ist ein Maß dafür, wie viele der auf den Detektor einfallenden Röntgenquanten zum gewonnenen Bild beitragen. Die DQE stellt das Verhältnis des Quadrates des Signal-Rausch-Verhältnisses am Ausgang zu jenem am Eingang dar.

Ein idealer Detektor hätte eine DQE von 100 % (jedes Röntgenquant wird in relevante Bildinformation umgewandelt). Die DQE ist abhängig von der Ortsauflösung (nimmt mit zunehmender Ortsauflösung ab) und von der Strahlenqualität (kV, Filterung). Sie ist daher kein Einzelwert. In der Regel wird die DQE als Kurve dargestellt, wobei eine Kurve jeweils nur für eine bestimmte Strahlenqualität und Dosis gültig ist.

Eine bessere DQE kann entweder zur Steigerung der Bildqualität (bei gleicher Dosis) oder zur Dosisreduzierung (bei gleicher Bildqualität) genutzt werden.

Dynamikbereich

Der Dynamikbereich ist die Beziehung zwischen Belichtungsdaten und Bildsignal (analog: Schwärzung, Leuchtdichte; digital: Signalstärke). Diese Beziehung wird als Kurve dargestellt.

Bei FFS ist diese Kurve nur in einem schmalen Bereich linear (S-Kurve). Hier besteht also die Gefahr einer Über- bzw. Unterbelichtung.

Bei digitalen Systemen (CR und DR) ist diese Beziehung in einem sehr großen Belichtungsbereich linear. Dadurch ergibt sich eine relative Unempfindlichkeit gegenüber Fehlbelichtungen bzw. können dadurch verschiedene Empfindlichkeitsklassen (100 bis 800) „simuliert“ (eingestellt) werden. Wegen des großen linearen Bereiches besteht bei digitalen Systemen die Gefahr einer Überbelichtung. Eine solche führt zu nicht notwendig hohen Dosen und ist daher aus Sicht des Strahlenschutzes unbedingt zu vermeiden.

Vergleich der Detektorsysteme für Röntgenaufnahmen (statische Radiografie):

	FFS	CR	DR
Dynamikbereich	ca. 25 – 100 : 1	ca. 300 – 10000 : 1	ca. 300 – 10000 : 1
Ortsauflösung (LP/mm)	2,5 – 8	2,5 – 5 Nadelkristalldetektor: größer	2,5 – 3,5
Pixelgröße (µm)	Filmkörnung	200 – 100 Nadelkristalldetektor: kleiner	200 – 145
DQE bei 0 LP/mm	20 – 35 %	20 – 35% Nadelkristalldetektor: 50 – 60 %	60 – 70 %
Bildauslesung	Filmentwicklung	Kassettenlesegerät	selbstaulesend
Bildnachbearbeitung	nein	ja	ja
elektronische Bildverteilung bzw. Bildspeicherung (PACS)	nur durch Einscannen	ja	ja

Anmerkung: Es gibt keine speziellen „Kinderdetektoren“

Der vorliegende Leitfaden enthält Anleitungen für eine sorgfältige Durchführung von Röntgenaufnahmen bei Kindern. Er richtet sich an alle daran beteiligten Berufsgruppen. Ein Vorgehen nach diesen Anleitungen stellt sicher, dass die benötigte diagnostische Information mit möglichst geringer Strahlendosis erzielt wird.

www.bmg.gv.at