

8. Anforderungen an Bildwiedergabegeräte (BWG) aus ärztlicher Sicht

Die objektgerechte Abbildung und zuverlässige Beurteilbarkeit normaler und pathologisch veränderter Körperabschnitte sind für die ärztliche Diagnostik und Therapie von entscheidender Bedeutung. Die Anforderungen an die Bildinformation und Bildqualität sind in den Leitlinien der Bundesärztekammer und der Europäischen Kommission als organotypische Bildmerkmale, Strukturen und Bilddetails beschrieben. Die optimale Darstellung einschließlich der Bildverarbeitung ist die Voraussetzung für eine objektbestimmte Wahrnehmung, Betrachtung, ärztliche Befundung und integrierende Beurteilung. Dabei werden, abhängig von der Fragestellung, unterschiedliche Anforderungen an die Leuchtdichte, Grauwertwiedergabe (Kontrast), Verarbeitung, Anzahl (Matrix) und Größe der Bildelemente (Pixel) sowie die Fläche (Bildformat) des dargestellten Bildes gestellt.

Die in der medizinischen Diagnostik eingesetzten Bildarbeitsplätze und Bildwiedergabegeräte (BWG) werden gemäß DIN V 6868-57 nach den Kriterien „Maximalkontrast“ und „Größe der darzustellenden Matrix“ in technische Anwendungskategorien unterteilt. Die technische Bildqualität der Bildwiedergabegeräte wird im Bezug auf Leuchtdichte, Orts- und Kontrastauflösung, Geometrie und Artefakte beurteilt. Abhängig von der ärztlichen Fragestellung, vom bilderzeugenden Gerät, den dargestellten Objekten, den Betrachtungsbedingungen und der Zweckbestimmung dienen sie im Rahmen der Diagnostik entweder der diagnoserelevanten Befundung oder der informativen Betrachtung insbesondere schon befundeter Bilder, der Demonstration und Bildverteilung.

8.1 Definition von Befundung und Betrachtung

Die **Befundung** durch den Arzt umfasst die Erkennung, Beschreibung und Beurteilung der diagnoserelevanten Bildinhalte mit den organotypischen Bildmerkmalen, Details und kritischen Strukturen zur Beantwortung der diagnostischen Fragestellungen und als Grundlage für ärztliche Entscheidungen.

Die **Betrachtung** erfasst die Bildmerkmale und Inhalte von schon befundeten Bildern im Rahmen der ärztlichen Information, Demonstration und Kontrolle. Die Darstellung diagnoserelevanter Bildinhalte kann bei der Betrachtung durch verringerte Orts- und Kontrastauflösung und/oder geringere Leuchtdichte eingeschränkt sein.

Bildwiedergabegeräte müssen entsprechend ihrer Zweckbestimmung für die Befundung vom Strahlenschutzverantwortlichen gekennzeichnet sein.

Die Qualität der dargestellten medizinischen Bilder wird entscheidend durch Leuchtdichte, Maximalkontrast und Matrix des BWG bestimmt. Die maximale Leuchtdichte (L_{\max}) muss bei BWG für Befundung mindestens 200 cd/m^2 , ausgenommen bei Farbbildschirmen, bei BWG für Betrachtung mindestens 120 cd/m^2 betragen. Der Maximalkontrast für die Befundung muss in der Anwendungskategorie A größer als 100, in der Anwendungskategorie B größer als 40 sein (Definition Anwendungskategorie: s. DIN-V6868-57). Es ist zu beachten, dass der Maximalkontrast keine ausschließliche Eigenschaft des Bildwiedergabegerätes ist, sondern in erheblichem Umfang von den Betrachtungsbedingungen, vor allem von der Umgebungsbeleuchtungsstärke abhängt, die deshalb insbesondere für BWG zur Befundung nach der Abnahmeprüfung möglichst konstant gehalten werden sollte (z. B. durch eine automatische Regelung).

Bildarbeitsplätze und Bildwiedergabegeräte für die Befundung müssen die Möglichkeiten zur Bildbearbeitung (Zoom, Pan) beinhalten, um alle Pixel der Akquisitionsmatrix darzustellen und die diagnostischen Bildinhalte zu erfassen. Häufig übersteigt die Anzahl der aufgenommenen Bildpunkte und Graustufen die Möglichkeit des Bildwiedergabesystems. Wenn die Größe der akqui-

rierten Bildmatrix die darstellbare Matrix des Bildschirmes übersteigt, wird das Bild zunächst in einer Übersichtsdarstellung mit eingeschränkter Auflösung dargestellt. Auf diese Einschränkung sollte auf dem Bildschirm hingewiesen werden. Der gesamte Bildinhalt der akquirierten Matrix muss aber durch Einsatz der Zoomfunktion ausschnittsweise in voller räumlicher Auflösung (Zoomfaktor 1 : 1, d. h. Pixel für Pixel ohne Interpolation) unter Verzicht auf die Gesamtübersicht dargestellt werden können.

Auch der akquirierte Umfang der Pixelwerte muss in der Regel nicht Stufe für Stufe in Grauwerten dargestellt werden, weil dies in vielen Fällen die Leistungsfähigkeit des menschliche Sehsystems (ca. 100 Helligkeitsstufen) weit übersteigen würde. Die Grauwertdarstellung muss aber den organabhängigen Gesamtumfang erfassen, Kontraständerungen sind mit der Fenstertechnik zu erreichen; dabei wird ein Ausschnitt der Pixelwerte mit dem ausgewählten Kontrast dargestellt.

Einblendung des dargestellten Bildes sowie reduzierte Leuchtdichte in der Bildumgebung und Bildbeschriftung sind Voraussetzungen für eine optimale Bilderkennung. Die alphanumerischen Zeichen dürfen diagnoserelevante Bildteile nicht überdecken.

Für die diagnostische Befundung von Bildern der digitalen Projektionsradiographie sind in der Regel Bildwiedergabegeräte der Anwendungsklasse A erforderlich, außer bei Durchleuchtungs- und Kontrastmitteluntersuchungen des Verdauungstraktes. Für die Befundung und Beurteilung der Aufzeichnungen der Computertomographie genügt die Anwendungsklasse B.

Für die informative Betrachtung schon befundeter Bilder und zur diagnostischen Orientierung wird ein ausreichendes Ergebnis mit Bildwiedergabegeräten der Anwendungsklasse B erreicht.

8.2 Wiedergabekennlinie

Die Bildwiedergabegeräte von Bildarbeitsplätzen müssen eine diagnostisch vergleichbare Bilddarstellung ermöglichen, welche die nicht-lineare Helligkeitswahrnehmung des visuellen Systems des Menschen berücksichtigt. Dies macht über Helligkeits- und Kontrastregelung die Einstellung einer entsprechenden Wiedergabekennlinie zur Umsetzung der Eingangssignale in geeignete Leuchtdichtewerte für die Wahrnehmung durch den Befunder und Betrachter notwendig. Häufig verwendete Wiedergabekennlinien sind durch den DICOM-Standard oder die CIE-Kurve (siehe DIN V 6868-57) definiert. Diese Einstellungen erfolgen durch geeignete Justage des Bildwiedergabegerätes und/oder durch Look-Up-Tabelle (LUT). Diese Anpassung geschieht durch die Wahl geeigneter Look-Up-Tabellen, die durch das bildgebende Gerät oder andere Elemente der Bildkette (z. B. Graphikkarte, Framebuffer, etc.) bereitgestellt werden. Nach DICOM geschieht dies durch Verwendung einer sogenannten „Presentation LUT“. Diese angepasste Einstellung ist zu fixieren. Aufbauend auf dieser standardisierten Grundeinstellung können dann – im Zusammenarbeit zwischen Hersteller/Lieferanten und Anwender – während der Einarbeitungsphase modalitäts- oder aufgabenspezifische Darstellungskennlinien für die Bildwiedergabe festgelegt und optimiert werden, um die erforderliche diagnostische Bildqualität bei „klinischen Referenzbildern“ und bei Patientenuntersuchungen zu erzeugen. Die gespeicherten „klinischen Referenzbilder“ können für die Qualitätssicherung zusätzlich zur geforderten Konstanzprüfung herangezogen werden.

8.3 Wahl der technischen Anwendungskategorie und der Matrix des Bildwiedergabegerätes

In den Tabellen 8.1 und 8.2 sind untersuchungsspezifische Anforderungen an die Bildwiedergabegeräte für die Befundung und Betrachtung der digitalen Projektionsradiogramme und der Computertomographie aufgeführt. Den Anwendungen sind die technischen Anwendungskategorien A und B zugeordnet.

Für die Matrix des Bildschirms sind Richtwerte (Pixel) angegeben, die als gerundete Angaben auf Grund der medizinischen Fragestellung bei Erhaltung der diagnostischen Aussage erhöht oder erniedrigt werden können. Der Richtwert ($\geq 1000 \times \geq 1000$) wird in der Regel durch eine Matrix des Bildschirms von 1024 x 1280 oder 1280 x 1600 erfüllt, der Richtwert ($\geq 2000 \times \geq 2000$) in der Regel durch eine Matrix des Bildschirms von 2048 x 2560.

Für die Betrachtung schon befundeter medizinischer Bilder am BWG kann die Bildqualität der medizinischen Fragestellung und diagnostischen Erfordernis angepasst werden (siehe Tab. 8.2).

8.4 Digitale Projektionsradiographie

Die gut wahrnehmbare Darstellung der organotypischen Bildmerkmale und Details ist die Voraussetzung für die Befundung der diagnoserelevanten Bildinhalte. Hierbei ist zu bedenken, dass ein großer Teil vor allem der kleineren Bildstrukturen als Folge der Projektionstechnik Produkte der Superposition sind und so nur zum Teil anatomische Elemente als Einzelstrukturen darstellen.

Die medizinischen Bilder sollen auf dem Bildwiedergabegerät wie beim Röntgenfilm ohne diagnostisch relevanten Informationsverlust wiedergegeben werden, insbesondere darf das Bildwiedergabegerät die diagnostisch wichtige Orts- und Kontrastauflösung nicht einschränken.

Bei der Übermittlung der Bilddaten vom Detektor zum Bildwiedergabegerät muss gewährleistet sein, dass die Akquisitionsmatrix in vollem Umfang auf dem Bildschirm dargestellt werden kann. Für den Fall, dass die Akquisitionsmatrix größer als die Matrix des Bildschirms ist, muss eine der Akquisitionsmatrix entsprechende vergrößerte Wiedergabe von Teilbereichen des Bildes durch die Zoomfunktion erreicht werden können.

Werden Bilder unter Verlust an Auflösung verkleinert, beispielsweise um mehrere Bilder gleichzeitig auf dem Bildschirm betrachten zu können, so muss die maximale Auflösung durch die Zoomfunktion in der Form wiederherstellbar sein, dass ein Pixel in der Akquisitionsebene einem Pixel auf dem Bildschirm entspricht.

Zur Befundung sollen die Bilder auf dem Bildschirm im Quer- oder Hochformat (z. B. 3:4 oder 4:5), abhängig von der ärztlichen Fragestellung, in diagnostisch erforderlicher Größe, in Relation zum Aufnahmeformat höchstens aber in Höhe und Breite um den Faktor 0,7 verkleinert, wiedergegeben werden (Darstellungsformat). Um den Informationsgehalt des Bildes vollständig wahrnehmen zu können, müssen die Bildelemente (Pixel) so dargestellt werden, dass bei günstigem Betrachtungsabstand (deutliche Sehweite) eine ausreichende Ortsauflösung durch das Auge gewährleistet ist.

Aus diesen Gesichtspunkten ergeben sich Mindestanforderungen für die Größe des Bildschirms, die in der Tabelle 8.1 für die einzelnen Anwendungsbereiche angegeben sind. Dabei ist zu beachten, dass die Diagonale des *sichtbaren* Bereichs des Bildschirms (siehe Tabelle 8.1, Spalte 6) klei-

ner ist als die von den Herstellern meist in Zoll angegebene Diagonale des Bildwiedergabegerätes (siehe Tabelle 8.1, Spalte 7).

Die Bilder der einzelnen Körperregionen weisen Bildmerkmale und kritische Strukturen auf, deren Darstellung und Erkennbarkeit diagnostisch besondere Bedeutung zukommt. Im Projektionsradiogramm sind vor allem im Niederkontrastbereich die kleinen kontrastarmen nodulären Bildelemente, die feinen retikulären und linearen Strukturen und die flächenhaften geringen Leuchtdichtedifferenzen diagnostisch bedeutsam.

Die Leitlinien der Bundesärztekammer und der Europäischen Kommission beschreiben für die einzelnen radiologisch - diagnostischen Untersuchungen die organspezifischen Bildmerkmale, Details und kritische Strukturen, die für das folgende ärztliche Handeln wichtig sind.

Diese müssen unter Beachtung der Fragestellung nach den Erfordernissen der medizinischen Wissenschaft mit der geeigneten Aufnahmetechnik und einer niedrigen Patientenexposition beurteilbar auf dem Bildschirm dargestellt sein.

8.5 Digitale BV-Radiographie (Durchleuchtung)

Die Durchleuchtungen können unter sehr unterschiedlichen technischen und medizinischen Bedingungen durchgeführt werden. Die mobilen C-Bogengeräte haben wechselnde Aufstellungsorte, der Abstand des Objektes zum BV-Eingang variiert stark, die Umgebungsbeleuchtungsstärke ist auch während der Untersuchung sehr unterschiedlich. Die Qualitätssicherung erfolgt nach Abschnitt 9.1 dieser Richtlinie und nach DIN 6868-4 (siehe auch Abschnitt 3.2.14). Bei stationären Durchleuchtungsanordnungen und speziellen C-Bogengeräten soll das BWG die Forderungen der Anwendungskategorie B erfüllen.

8.6 Computertomographie

Für die Befundung einschließlich Beurteilung von Aufnahmen der Computertomographie sind unter Berücksichtigung der Fragestellung und der Leitlinien zur Computertomographie der Bundesärztekammer und der Europäischen Kommission Bildwiedergabegeräte der Anwendungskategorie B ausreichend. Die Qualitätssicherung erfolgt nach DIN V 6868-57 und nach Abschnitt 3.2.14 dieser Richtlinie.

8.7 Arbeitsbedingungen

Von den in Abschnitt 3.1.3.8 aufgezählten Ausnahmen abgesehen, erfolgt für BWG die Abnahmeprüfung nach DIN V 6868-57 und die Konstanzprüfung nach Abschnitt 3.2.14 dieser Richtlinie.

Eine arbeitstägliche visuelle Überprüfung mit bereitstehenden technischen (SMPTE oder nach IEC) und „klinischen Testbildern“ durch den anwendenden Arzt wird empfohlen.

Die Umgebungsbedingungen am Ort der Aufstellung des Bildwiedergabegerätes oder Bildarbeitsplatzes wie die Raumbelichtung und Reflexionen sollen die Betrachtungsbedingungen möglichst gering beeinflussen. Vorteilhaft sind eine selbsttätige Kontrolle des BWG und der Regelung der Umgebungsbeleuchtungsstärke.

Die für die Darstellung medizinischer Informationen genutzte Fläche des Bildschirms eines Bildwiedergabegerätes darf keine Artefakte oder Schriftüberlagerung aufweisen, die zur Beeinträchtigung der Diagnostik führen können. Alle Bereiche außerhalb des dargestellten Bildes einschließlich der Beschriftung sollten abzdunkeln sein.

Eine Verbesserung der Darstellung von Bereichen verminderter Auflösung kann, wenn die Akquisitionsmatrix größer als die dargestellte Matrix ist, durch die Ausschnittbildvergrößerung (Zooming) erreicht werden. Ihre routinemäßige Anwendung im Alltag ist aber relativ zeitaufwendig.

Die beurteilbare Darstellung in mehreren Ebenen sowie der Vergleich mit früher durchgeführten Untersuchungen und Kontrolluntersuchungen erfordern eine Bildwiedergabe in gleicher Qualität hinsichtlich Grauwerten, Kontrast und Auflösung. Daher wird empfohlen, für die Befundung mindestens zwei gut abgestimmte parallel eingesetzte Bildwiedergabegeräte bereitzuhalten.

8.8 Schlussbemerkung zum Kapitel 8

Die Qualität des Bildwiedergabegerätes bzw. Bildarbeitsplatzes, die eine möglichst uneingeschränkte Wahrnehmung, fachliche Befundung und diagnostische Beurteilung der primären oder bearbeiteten Bilder mit den Bildmerkmalen und Bilddetails ermöglichen soll, deren Darstellung und Qualität die Leitlinien der Bundesärztekammer fordern, wird durch Bildwiedergabegeräte mit zweckbestimmter Anwendung erreicht. Die untersuchungsspezifischen Anforderungen sind in Tabelle 8.1 für verschiedene Körperregionen und Methoden nach dem gegenwärtigen Stand aufgeführt.

Werden an einem Bildarbeitsplatz Aufnahmen aus verschiedenen Anwendungsbereichen befundet, so gelten jeweils die höheren Anforderungen.

Wenn die Wiedergabegeräte nur zur informativen **Betrachtung** bei schon vorliegendem Befund, bei Demonstration und zum orientierenden Vergleich der Bilder verwendet werden, wie es an Nichtbefundungsplätzen in der Regel der Fall ist, liefert allgemein ein BWG der Anwendungskategorie B eine ausreichende Bildinformation. Wichtig ist, dass auch hier die Umgebungsbedingungen (Raumhelligkeit, Reflexion) keine wesentliche Verschlechterung der Wiedergabequalität verursachen und der Maximalkontrast größer als 40 erhalten bleibt, so dass der Arzt eine ausreichende Information für sein Handeln erhält (siehe Tabelle 8.2).

Tabelle 8.1: Mindestanforderungen an Bildwiedergabegeräte (Monitore) für die Befundung

Diese Anforderungen gelten nicht für die BWG von Durchleuchtungsgeräten mit Kassettenaufnahmetechnik und von C-Bogengeräten nach Prüfberichtsmuster Nr. 2.2.4 SV-RL.

1	technische Parameter						
	2	3	4	5	6	7	
Körperregion / Methoden	Anwendungs-kategorie	Max. Leucht-dichte (cd/m ²) ²⁾	Maximal-kontrast	Matrix des Bildschirmes (Richtwerte) ¹⁾	Diagonale des sichtbaren Bereiches des BWG (cm)	Diagonale des BWG nach Hersteller-angabe (Zoll) CRT LCD	
Thorax	A	> 200	> 100	≥2000 x ≥2000	≥ 52	≥ 21	≥ 19
Extremitäten	Übersicht	A	> 200	> 100	≥1000 x ≥1000	≥ 43	≥ 19
Schädel		Feinstruktur	A	> 200	> 100	≥2000 x ≥2000	≥ 43
HWS, BWS, LWS, Becken	A	> 200	> 100	≥1000 x ≥1000	≥ 43	≥ 19	≥ 17
Abdomen, Harntrakt	A	> 200	> 100	≥1000 x ≥1000	≥ 43	≥ 19	≥ 17
Mammographie	A	> 200	> 100	≥2000 x ≥2000	≥ 43	≥ 19	≥ 17
Kardiographie	B	> 120	> 40	≥500 x ≥500	≥ 34	≥ 15	≥13,5
Angiographie	B	> 120	> 40	≥1000 x ≥1000	≥ 43	≥ 19	≥ 17
Magen, Darm	B	> 120	> 40	≥1000 x ≥1000	≥ 43	≥ 19	≥ 17
Dig. BV-Radiographie	B	> 120	> 40	≥1000 x ≥1000	≥ 43	≥ 19	≥ 17
CT (allgemein)	B	> 120	> 40	≥1000 x ≥1000	≥ 34	≥ 17	≥ 15
In der Zahnheilkunde	B	> 120	> 40	≥1000 x ≥768	≥ 38	≥ 17	≥ 15

- 1) Für die Befundung des Thorax und Schädels kann auch ein BWG mit einer im Vergleich zu den Werten in Spalte 5 kleineren Matrix eingesetzt werden unter der Bedingung, dass die Funktion Zoom 1 : 1 (pixeltreu) genutzt wird.
- 2) Der tatsächliche Wert der maximalen Leuchtdichte muss bei optimal vorgegebener Umgebungbeleuchtungsstärke so eingestellt werden, dass der maximale Bildkontrast gewährleistet ist.

Tabelle 8.2: Vorschläge für Anforderungen an Bildwiedergabegeräte (Monitore) für die Betrachtung schon befundeter Bilder und deren Demonstration (gelten nicht für die Zahnheilkunde)

1	technische Parameter (empfohlene Werte)						
	2	3	4	5	6	7	
Körperregion / Methoden	Anwendungs-kategorie	Max. Leucht-dichte (cd/m ²)	Maximal-kontrast	Matrix des Bildschirmes (Richtwerte)	Diagonale des sichtbaren Bereiches des BWG (cm)	Diagonale des BWG nach Hersteller-angabe (Zoll) CRT LCD	
Alle Körperregionen und alle geeigneten Methoden	B	> 120	> 40	≥1000 x ≥1000	≥ 34	≥ 15	≥ 13,5
Angiographie, Kardiographie	B	> 120	> 40	≥500 x ≥500	≥ 34	≥ 15	≥ 13,5