



Digitale Pathologie

Worauf Sie bei der Auswahl von Monitoren für
den digitalen Pathologie-Workflow achten sollten



Einführung

Aktuell gibt es in den meisten Ländern der Welt keine rechtsverbindlichen Anforderungen an Monitore für die digitale Pathologie. Und wenn es keine Standards gibt, ist es gar nicht so leicht, zu erkennen, was die beste Lösung ist. Welcher Monitor ist technisch am besten geeignet? Wie viel Budget muss man für eine zukunftssichere Lösung einplanen? Ohne fachkundige Hilfe ist das ein komplexer und langwieriger Entscheidungsprozess.

Das japanische Unternehmen EIZO entwickelt und produziert seit 1968 hochwertige Monitore und Display-Lösungen für den Einsatz in teils hoch spezialisierten Märkten wie Office, Video- und Bildbearbeitung, Videoüberwachung, Industrie, Air Traffic Control und Medizin. In einem verwandten, medizinischen Bereich, den Monitorlösungen für die Radiologie, gehört EIZO zu den führenden Herstellern. Auch hier kommt es auf absolute Präzision an.

Um herauszufinden, welche Besonderheiten und Eigenschaften bei der Auswahl der Monitore für den digitalen Pathologie-Workflow zu beachten sind, hat EIZO viele Gespräche mit Herstellern und Anwendern aus der Pathologie geführt.

Das dabei gesammelte Wissen und die langjährige Kompetenz sowie Erfahrung bei der Herstellung und Vermarktung von Monitorlösungen ermöglichen EIZO, Sie zielführend zu beraten, ohne dabei die Performance Ihres Systems außer Acht zu lassen.

Dieser Leitfaden soll Ihnen die Besonderheiten und Eigenschaften aufzeigen, auf die Sie bei der Monitorauswahl für die Pathologie achten sollten.

Gerne beraten wir Sie auch persönlich und empfehlen Ihnen die optimale Lösung für Ihre speziellen Anforderungen.

Vorteile der digitalen Pathologie

Die Einführung der digitalen Pathologie bietet in vielerlei Hinsicht Vorteile, z. B.:

- ◆ eine schnellere Diagnose und genaue, gut erkennbare Bildwiedergabe
- ◆ Optimierung des Workflows ohne Qualitätsverluste
- ◆ eine höhere Patientensicherheit durch Unterstützung einer fehlerfreien Zuordnung der Schnittpräparate
- ◆ ein geringeres Risiko, Objektträger zu verlieren
- ◆ eine Vereinfachung der Konsultation zwischen Pathologen und des interdisziplinären Austauschs
- ◆ die potenzielle Unterstützung der Diagnose durch KI
- ◆ eine kosteneffizientere Ressourcennutzung

In einer digitalen Welt können Bilder und Videos sehr schnell ausgetauscht werden. Auf diese Weise spielen räumliche Beschränkungen und Entfernungen zwischen örtlichen Krankenhäusern, Hochschulen (für Ausbildung und Zweitmeinungen) sowie zwischen Arbeitsplatz und Home-Office keine Rolle mehr. Das sorgt für mehr Flexibilität und für eine größere Effizienz bei der Diagnose. Durch die digitale Pathologie wird die Telepathologie zu einer zugänglichen Praxis. Digitale Bilder verlieren im Laufe der Zeit nicht an Qualität und können beim Transport nicht beschädigt werden.

Zudem unterstützt der Einsatz von digitalen Werkzeugen wie beispielsweise Linealen zur Größenbestimmung bei der Diagnose.



Auflösung

Je höher die Auflösung des Monitors, desto mehr Details sind zu sehen. Bilder sind weniger verpixelt, haben schärfere Kanten und es werden mehr Inhalte auf einmal angezeigt.

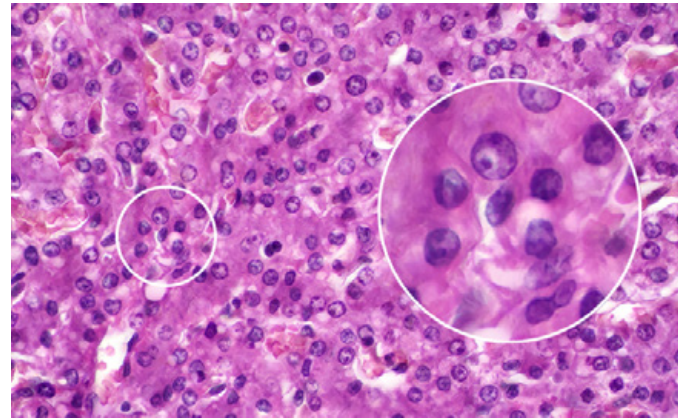
Die Auflösung eines Monitors beschreibt die Anzahl der Pixel, aus denen das Bild auf dem Bildschirm besteht. Ein Pixel ist das kleinste Element eines digitalen Bildes. Die Auflösung wird gemessen als die Anzahl der Pixel in der Breite multipliziert mit der Anzahl der Pixel in der Höhe (Breite x Höhe), die zur Erzeugung des Monitorbildes verwendet werden.

Bei großen Diagonalen mit hoher Auflösung können mehr Bildinhalte gleichzeitig dargestellt werden. Die Bilder sind weniger verpixelt und zeigen deutlichere Abgrenzungen. Bei zu hoher Auflösung und zu kleiner Bildschirmgröße werden Texte, Bilder und Werkzeuge zu klein angezeigt, um sie effektiv lesen und nutzen zu können. Um dem entgegenzuwirken, neigen die Benutzer dazu, die Skalierung in den Einstellungen des Betriebssystems anzupassen. Das führt jedoch zu ungenauen Bildern und unerwünschten Bildartefakten.

Bei der Betrachtung eines digital aufgenommenen Bildes, das z. B. von einem WSI-Scanner (Whole Slide Image) stammt, wird eine hohe Auflösung empfohlen: mindestens 4MP (2560x1600) auf einem 27-Zoll-Monitor, 6MP (3280x2048) auf einem 30-Zoll-Monitor

oder 8MP (3840x2160) oder höher auf einem 32-Zoll-Monitor, um ein optimales Maß an Details und Informationen für die pathologische Diagnostik beizubehalten.

Ein Pathologe wird bei der Untersuchung des WSI (Whole Slide Image) häufig bewegen. Das bedeutet bei einer digitalen Untersuchung einen häufigen Bildaufbau. Damit dieser schnell und reibungslos erfolgen kann, sind leistungsstarke Grafikkarten gefragt. Unsere Empfehlung: ELZO MED-XN-Grafikkarten.



Bildschirmgröße

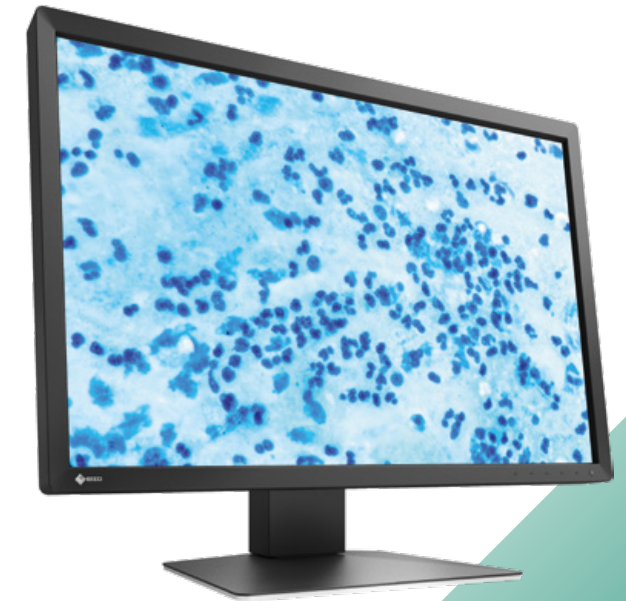
Der physische Arbeitsbereich und das Sichtfeld des Benutzers müssen bei der Auswahl der Bildschirmgröße berücksichtigt werden. Für die digitale Pathologie werden Monitore mit einer Größe zwischen 27 und 32 Zoll im Breitbildformat empfohlen, um das natürliche Blickfeld des Benutzers auszufüllen.

Ein 24-Zoll-Monitor füllt das natürliche Sichtfeld des Benutzers nicht aus. Ein größerer Bildschirm hingegen, z. B. mit 55-Zoll-Diagonale, würde den Benutzer dazu zwingen, ständig den Kopf zu bewegen, um das vollständige Bild zu sehen.

Die Erfahrung zeigt, dass sich Anwender in der Pathologie mit einem 27- bis 32-Zoll-Monitor am wohlsten fühlen. Denn damit wird die Notwendigkeit der Bildskalierung verringert, die zu ungenauen Bildern und unerwünschten Bildartefakten führen würde.

Mit der Auflösung ist das Seitenverhältnis eines Monitors verbunden. Das ist das Verhältnis zwischen der Breite und Höhe eines Bildes. Ausgedrückt wird das Seitenverhältnis durch zwei Zahlen, die durch einen Doppelpunkt getrennt werden, z. B. 4:3. Je näher die Zahlen beieinander liegen, desto „quadratischer“ ist das Bild (z. B. 4:3). Je weiter die Zahlen voneinander entfernt sind, desto „breiter“ ist es (z. B. 16:9).

Für die digitale Pathologie liefert ein Seitenverhältnis von 16:10 ein Bild, das dem eines Mikroskops und dem natürlichen Blickfeld des Menschen sehr nahekommt.



Arbeitsplatz

Das menschliche Auge kann nur eine begrenzte Datenmenge wahrnehmen. Um die besten Daten aus jedem Bild zu erhalten, müssen daher bei der Auswahl eines Monitors die Bildschirmgröße, die Auflösung und der Abstand zwischen dem Monitor und dem Benutzer am Arbeitsplatz berücksichtigt werden. Die Bildschirmgröße sollte in Relation zum Betrachtungsabstand gewählt werden.

Bildschirmgröße und Auflösung des Monitors sind gleichermaßen wichtig, wenn es darum geht, die perfekte Lösung für den pathologischen Arbeitsplatz zu finden. Eine Erhöhung der Auflösung, nicht aber der Bildschirmgröße, kann dazu führen, dass Texte, Bilder und Werkzeuge zu klein dargestellt werden, um sie effektiv lesen und nutzen zu können.



Bildhelligkeit

Monitore mit einer höheren Helligkeit als 300 cd/m^2 eignen sich besser für hell beleuchtete Räume mit viel Umgebungslicht.

Die Helligkeit oder die Leuchtdichte eines Bildschirms wird in der Regel in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) gemessen (eine Candela ist die Lichtstärke, die ungefähr der einer Kerze entspricht).

Ein JND (Just Noticeable Difference) ist ein „gerade noch wahrnehmbarer Unterschied“ bzw. die kleinste Veränderung in Farbe und Helligkeit, die ein menschliches Auge noch wahrnehmen kann. Je höher die Helligkeit eines Monitors eingestellt ist, desto mehr JNDs werden angezeigt. Dies ist entscheidend. Denn je mehr JNDs ein Monitor anzeigen kann, desto wahrscheinlicher ist es, dass kleinste Unterschiede innerhalb eines Bildes erkannt werden.

Der Bundesverband Deutscher Pathologen empfiehlt in der Pathologiediagnostik Monitore mit einer nominalen Bildhelligkeit von mindestens 300 cd/m^2 . Das entspricht in etwa der Wahrnehmung durch ein herkömmliches Mikroskop. Um eine dauerhaft gleichbleibende Helligkeit zu erreichen, werden von EIZO sogar Monitore empfohlen, die eine viel höhere Helligkeit erzeugen können, um Reserven für die Alterung des Gerätes und hellere Arbeitsumgebungen zu haben.

In einem hellen Raum sollte die Monitorhelligkeit sogar 300 cd/m^2 deutlich übersteigen, um eine ausreichende Zahl von JNDs erkennen zu können.

Kontrast

Ein dynamisches Kontrastverhältnis (z. B. 15000000:1) wird in der Regel für Fernsehgeräte im Haushalt verwendet, während für medizinische Monitore normalerweise statische Kontrastverhältnisse verwendet werden.

Der Kontrast eines Monitors stellt das Verhältnis zwischen den dunkelsten Schwarztönen und den hellsten Weißtönen dar. Ein statisches Kontrastverhältnis von 1000:1 bedeutet beispielsweise, dass die Helligkeit eines vollständig weißen Bildes 1000-mal höher als die Helligkeit eines vollständig schwarzen Bildes ist. Der Kontrast ist wichtig, damit der Pathologe Bilddetails wie Zellwände und Grenzflächen erkennen kann.

Bildschirme haben von Natur aus eine geringe Lichtstreuung. Daher kann es Unterschiede zwischen verschiedenen Monitoren geben, wenn es darum geht, wie schwarz die dunkelsten Schwarztöne sind. Die Helligkeit eines Monitors allein sagt deshalb nicht alles aus.

Es gibt zwei Hauptmethoden zur Messung des Kontrastverhältnisses: die Messung des statischen und die des dynamischen Kontrastverhältnisses. Der statische Kontrast ist das Verhältnis von Weiß zu Schwarz auf einem Monitor ohne Anpassung der Hintergrundbeleuchtung (Helligkeit). Der dynamische Kontrast wird gemessen, indem man zunächst den Weißwert bei maximaler Hintergrund-

beleuchtung und anschließend den Schwarzwert bei minimaler Hintergrundbeleuchtung misst. Die meisten Monitore können kein Bild anzeigen, wenn die Hintergrundbeleuchtung auf Maximum oder Minimum gestellt ist.

Die Messung des statischen Kontrastverhältnisses gibt einen viel zuverlässigeren Hinweis auf den erreichbaren Kontrast innerhalb eines einzelnen Bildes.

Um eine gute Differenzierbarkeit in dunklen sowie hellen Bildbereichen zu gewährleisten, werden für die Pathologiediagnostik Bildschirme mit einem nominalen Kontrastverhältnis von mindestens 1000:1 (statisches Kontrastverhältnis) empfohlen. Der Pathologenverband rät bei der Verwendung zu einer mittleren Einstellung von Helligkeit und Kontrast.

Eine hellere Umgebung kann das reale Lichtverhältnis (das Verhältnis zwischen Schwarz und Weiß in der realen Welt) verringern, da vom Monitor reflektiertes Licht die dunkleren Töne überdeckt. Hier lautet die Empfehlung, das Umgebungslicht auf der Vorderseite des Monitors auf ein Minimum zu reduzieren.

Bildhomogenität und Bildwiederholfrequenz

Es ist wichtig, dass unregelmäßige Leuchtdichten auf der Bildschirmfläche ausgeglichen werden, damit eine gleichmäßige Darstellung gewährleistet ist. Egal, wo sich das Bild auf dem Monitor befindet.

Die **Homogenität** bezieht sich auf die Konsistenz von Helligkeit und Farbe über den gesamten Bildschirm. Es ist wichtig, dass Schwankungen und Unregelmäßigkeiten auf der gesamten Bildschirmfläche ausgeglichen werden, um ein einheitliches Bild auf der gesamten Bildschirmfläche zu erzeugen. Nur so sieht der Benutzer immer das gleiche Bild, egal wo es sich auf dem Monitor befindet. Mit der DUE-Funktion (Digital Uniformity Equalizer) können medizinische Monitore Helligkeits- und Farbunterschiede ausgleichen.

Inhomogenität führt dazu, dass ein Bild je nach Position auf dem Bildschirm unterschiedlich aussieht. Das könnte dazu führen, dass das Bild auf dem Monitor verschoben werden muss, um alle Bildinformationen verwerten zu können.

Herkömmliche Monitore verfügen nicht über eine Möglichkeit der digitalen Homogenitätssteuerung. Solche Standard-Büromonitore haben in der Regel eine inhomogene Leuchtdichte und weisen Flecken oder Schattierungen auf. Während dies bei Büro-Anwendungen keine Rolle spielt, ist die homogene Ausleuchtung für diagnostisch relevante Bildinhalte unerlässlich.



Mit DUE



Ohne DUE

Die **Bildwiederholfrequenz** eines Monitors definiert, wie oft pro Sekunde ein neues Bild generiert wird. Sie wird in Hertz (Hz) gemessen.

Die meisten WSI-Scanner erfassen in der Regel eine einzige Bildebene eines Objektträgers in einer sehr hohen Auflösung. Einige Scanner sind in der Lage, mehrere Bilder in verschiedenen Ebenen aufzunehmen und zu einem 3D-Bild zusammenzusetzen. Das Navigieren innerhalb eines Bildes und das Bewegen zwischen verschiedenen Ebenen profitieren von einer geeigneten Bildwiederholfrequenz.

Für medizinische Monitore empfiehlt EIZO eine Bildwiederholfrequenz von 60 Hz.

Kalibrierung

Medizinprodukte sollten vor dem Verlassen des Werks und auch während ihrer gesamten Nutzungsdauer einer angemessenen Qualitätskontrolle und Kalibrierung unterzogen werden. Die regelmäßige Qualitätssicherung stellt sicher, dass die pathologischen Diagnosen konsistent und zuverlässig sind, damit Vertrauen in die bereitgestellten Informationen besteht und die Gefahr von Fehldiagnosen verringert wird. Der Einsatz von kalibrierbaren Monitoren stellt sicher, dass auch zukünftige Standards eingehalten werden können.

Es gibt zwei Arten der Kalibrierung: Hardware- und Softwarekalibrierung. Bei der Hardwarekalibrierung wird direkt Einfluss auf die Monitoreinstellungen genommen. So werden unter anderem Helligkeit, Weißpunkt und Gammawert im Monitor korrigiert. Nötige Änderungen werden für eine sehr genaue Kalibrierung direkt in die LUT (Look-Up-Table) des Monitors geschrieben. Bei der Softwarekalibrierung werden die notwendigen Korrekturen in der Grafikkarte vorgenommen, die den Monitor ansteuert. Das hat zur Folge, dass der Monitor immer mit dem entsprechenden Computer verwendet werden muss, da ansonsten die Einstellungen verloren gehen. Die Genauigkeit der Hardwarekalibrierung ist höher als die der Softwarekalibrierung.

Die Helligkeit eines Monitors nimmt im Laufe der Zeit ab. Es ist jedoch wichtig, dass die Helligkeit/Leuchtdichte eines Monitors

auf einem gleichbleibenden Niveau gehalten wird. Regelmäßige Qualitätskontrollen und Kalibrierungen stellen eine konstant präzise Darstellung und eine einheitliche Bildwiedergabe an mehreren Standorten sicher.

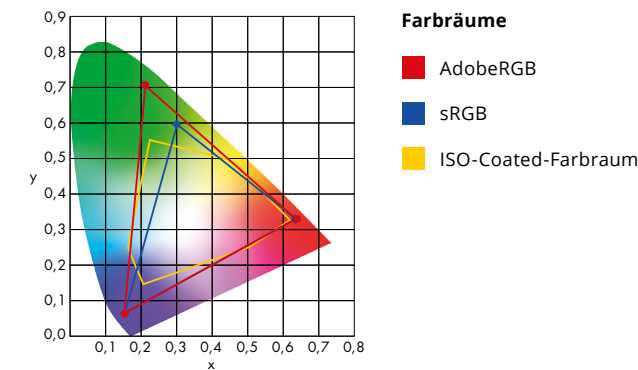


Farbe

Für die Arbeit der Pathologen ist es wichtig, dass alle Monitore den festgelegten Farbstandards entsprechen.

Da es momentan noch keine Standards für die Farbwiedergabe in der Pathologie gibt, ist es wichtig, dass regelmäßig Qualitätskontrollen erfolgen. Dabei sollten festgelegte Farbstandards wie zum Beispiel sRGB als Orientierung dienen und die Monitore unter Berücksichtigung der entsprechenden Lichtverhältnisse kalibriert werden. Dies kann bequem durch selbstkalibrierende Monitore erreicht werden.

Die wichtigsten Farbräume für die Bilderfassung und Bildwiedergabe sind sRGB, Adobe RGB, BT.2020 und DCI P3. In den meisten Fällen sind Produkte wie Monitore, Drucker, Digitalkameras und verschiedene Anwendungen so konfiguriert, dass sie die sRGB-Farbskala so genau wie möglich wiedergeben. Wenn zwei Geräte unterschiedliche Farbpaletten verwenden (z. B. ein WSI-Scanner und ein Monitor), unterscheidet sich die Farbwiedergabe.



Langlebigkeit

Medizinische Monitore zeichnen sich im Vergleich zu herkömmlichen Monitoren durch eine extra lange Lebensdauer aus. So können sie über lange Zeiträume intensiv genutzt werden. Denn es ist wichtig, dass sie konstant hohe Leistungen erbringen und im Idealfall der Austausch eines Monitors zeitgleich mit dem Ersatz anderer digitaler Pathologiegeräte, wie z. B. dem WSI-Scanner, zusammenfällt.

Empfohlen werden Monitore, die höhere Helligkeiten als nötig erzeugen können. Denn sie bieten Reserven für zukünftige strengere Helligkeitsanforderungen.

Außergewöhnlich lange Herstellergarantie: 5 Jahre inklusive Vor-Ort-Austauschservice

Medizinische Monitore von EIZO sind für eine lange Nutzungsdauer konzipiert – im Regelfall deutlich über der fünfjährigen Garantie. Mit fünf Jahren gewährleistet EIZO eine extralange Garantie. Verbunden mit dem Vor-Ort-Austauschservice bieten EIZO Monitore deshalb größtmögliche Investitionssicherheit und vermeiden gleichzeitig Servicekosten.



Qualitätssicherungssoftware

Eine Qualitätssicherungssoftware für medizinische Monitore hilft Prüfungen nach nationalen und internationalen Qualitätsstandards durchzuführen und den Monitor auf die spezifische Arbeitsumgebung anzupassen.

Serverbasierte Lösungen ermöglichen darüber hinaus eine zentrale Verwaltung und damit ein effizientes Qualitätsmanagement aller im Netzwerk verbundenen Monitore. Alle gesammelten Informa-

tionen können an einem zentralen Ort zusammengeführt, Berichterstattungen erleichtert und Probleme gelöst werden. Zudem können zukünftig in Kraft tretende Standards einfach implementiert werden, um sicherzustellen, dass diese für alle Monitore angewendet werden.



Zusammenfassung

Auflösung

Je höher die Auflösung des Monitors, desto mehr Details sind zu sehen. Bilder sind weniger verpixelt, haben schärfere Kanten und es werden mehr Inhalte auf einmal angezeigt.

Bildschirmgröße

Für die digitale Pathologie werden Monitore mit einer Größe zwischen 27 und 32 Zoll im Breitbildformat empfohlen, um das natürliche Blickfeld des Benutzers auszufüllen.

Arbeitsplatz

Um die besten Daten aus jedem Bild zu erhalten, müssen daher bei der Auswahl eines Monitors die Bildschirmgröße, die Auflösung und der Abstand zwischen dem Monitor und dem Benutzer am Arbeitsplatz berücksichtigt werden.

Bildhelligkeit

Der Bundesverband Deutscher Pathologen empfiehlt in der Pathologiediagnostik Monitore mit einer nominalen Bildhelligkeit von mindestens 300 cd/m². Das entspricht in etwa der Wahrnehmung durch ein herkömmliches Mikroskop. Um eine dauerhaft gleichbleibende Helligkeit zu erreichen, werden von EIZO sogar Monitore empfohlen, die eine viel höhere Helligkeit erzeugen können, um Reserven für die Alterung des Gerätes und hellere Arbeitsumgebungen zu haben.

Kontrast

Um eine gute Differenzierbarkeit in dunklen sowie hellen Bildbereichen zu gewährleisten, werden für die Pathologiediagnostik Bildschirme mit einem nominalen Kontrastverhältnis von mindestens 1000:1 (statisches Kontrastverhältnis) empfohlen. Der Pathologenverband rät bei der Verwendung zu einer mittleren Einstellung von Helligkeit und Kontrast.

Bildhomogenität

Inhomogenität führt dazu, dass ein Bild je nach Position auf dem Bildschirm unterschiedlich aussieht. Das könnte dazu führen, dass das Bild auf dem Monitor verschoben werden muss, um alle Bildinformationen verwerten zu können.

Bildwiederholfrequenz

Für medizinische Monitore empfiehlt EIZO eine Bildwiederholfrequenz von 60Hz.

Kalibrierung

Die regelmäßige Qualitätssicherung stellt sicher, dass die pathologischen Diagnosen konsistent und zuverlässig sind, damit Vertrauen in die bereitgestellten Informationen besteht und die Gefahr von Fehldiagnosen verringert wird.

Farbe

Für die Arbeit der Pathologen ist es wichtig, dass alle Monitore den festgelegten Farbstandards entsprechen.

Langlebigkeit

Medizinische Monitore zeichnen sich im Vergleich zu herkömmlichen Monitoren durch eine extra lange Lebensdauer aus. So können sie über lange Zeiträume intensiv genutzt werden.

Qualitätssicherungssoftware

Eine Qualitätssicherungssoftware für medizinische Monitore hilft Prüfungen nach nationalen und internationalen Qualitätsstandards durchzuführen und den Monitor auf die spezifische Arbeitsumgebung anzupassen.

Haben Sie noch Fragen?

Gerne beraten wir Sie bei der Auswahl der richtigen Monitorlösung und stellen Ihnen auf Wunsch eine kostenlose Teststellung zur Verfügung.

Finden Sie Ihre lokalen Vertriebspartner oder EIZO Ansprechpartner: **eizo.eu/contact**

Copyright © 2026 EIZO Europe GmbH, Belgrader Str. 2, 41069 Mönchengladbach, Deutschland.
Alle Rechte, Irrtümer und Änderungen sind vorbehalten. Letzte Aktualisierung: August 2026

