

EVP Plus Software bietet modernste Bildverarbeitung für CR- und DR-Systeme

Einführung

Medizinisch-technische Radiologieassistenten (MTRAs) erwarten ein hohes Maß an Automatisierung und Effizienz in den von ihnen tagtäglich eingesetzten technischen Systemen, d. h., sie setzen eine minimale Interaktion mit der zugehörigen Modalitätensoftware voraus. Gleichzeitig müssen Radiologen so flexibel sein, dass sie die an ihrem Standort zur Diagnose gewünschten individuellen Anzeigeeinstellungen festlegen können.

Für den Bereich der Bildverarbeitungstechnologie besteht die ultimative Herausforderung also darin, einen hohen Automatisierungsgrad bei gleichzeitiger Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit zu erreichen. In Bezug auf die digitale Projektionsradiografie erweist sich diese Herausforderung als beträchtlich. Denn die Röntgenbilder der Patienten, die entweder über ein mit einem Flachdetektor ausgestattetes digitales

Radiografiesystem (DR) oder über ein mit photostimulierbarem Speicherleuchtstoff ausgestattetes Computer-Radiografiesystem (CR) aufgenommen werden, müssen verarbeitet werden, um sie in ein für die diagnostische Auswertung geeignetes Format zu übertragen.

Die CARESTREAM DirectView EVP Plus Software bewältigt diese an die digitale Projektionsradiografie gestellte Herausforderung bravourös. Mit EVP Plus werden hochwertige DR- und CR-Diagnosebilder automatisch verarbeitet und an das PACS-System weitergeleitet. Dies erfolgt auf Grundlage der für jeden Standort individuell festlegbaren Anzeigevoreinstellungen.

Bildverarbeitung mit EVP Plus

Abbildung 1 zeigt ein Flussdiagramm mit den sechs wichtigsten automatischen Verarbeitungsphasen des EVP Plus-Algorithmus.

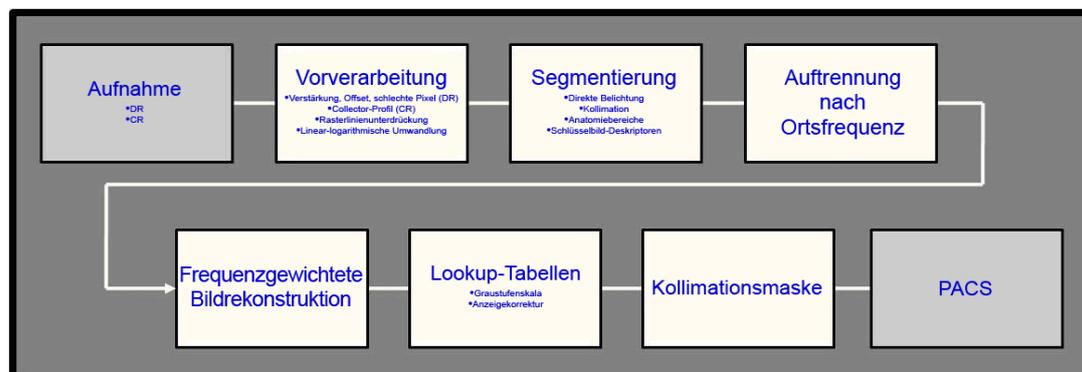


Abbildung 1 – Flussdiagramm der EVP Plus-Verarbeitungsprozesse

Während der Vorverarbeitung werden an den Rohpixeldaten verschiedene Korrekturen, etwa Anpassungen an Detektor-Verstärkung und Offset,

durchgeführt. Die Korrekturen ermöglichen, dass eine homogene Röntgenbelichtung auch als homogenes Signal über das Röntgenstrahlenfeld registriert wird. Die

White Paper | CARESTREAM DirectView EVP Plus Software

Vorverarbeitungsphase umfasst zudem die linear-logarithmische Umwandlung der Pixelwerte. Die logarithmische Konvertierung stellt sicher, dass die Form des Bildcodewert-Histogramms trotz variierender Belichtungswerte konstant bleibt, was eine zuverlässige und konsistente Verarbeitung ermöglicht. Falls bei der Bilderfassung ein stationäres Raster verwendet wird und das Bild ein Rasterlinienmuster aufweist, wird das Muster von der Vorverarbeitungssoftware erkannt und die Amplitude der Signalschwankungen wird abgeschwächt. Die Unterdrückung von Rasterlinien verhindert Aliasing-Artefakte wie Moiré-Effekte, wenn die Bildgröße zur Anzeige auf PACS-Monitoren geändert wird.

Im Anschluss an die Vorverarbeitung wird das Bild segmentiert. Dabei wird jedes Pixel einem der drei folgenden Bereiche zugeordnet: 1. diagnostisch relevante Anatomie, die im Allgemeinen dem Bereich in der Hautlinie entspricht, 2. Kollimation und 3. direkte Belichtung. In Abbildung 2 sind die drei segmentierten Hauptbereiche gekennzeichnet.



Abbildung 2 – Die drei segmentierten Bildbereiche

Innerhalb der Anatomie wird mithilfe von Algorithmen die Bewertung der für die Diagnose wichtigen Bereiche wie Knochen, Weichgewebe und freie Luft im Pleuraspalt verfeinert. In der Segmentierungsphase kommt es zu einer weitergehenden Identifizierung von relativ kleinen röntgenstrahlenundurchlässigen Bereichen in der Hautlinie, darunter Bleimarkierungen und Herzschrittmarker.

In der EVP Plus Software werden beim Ableiten der zur Verstärkung der Ortsfrequenz eingesetzten Parameter die Pixelwerte ignoriert, die den röntgenstrahlenundurchlässigen Bereichen

entsprechen. Außerdem werden Lookup-Tabellen für die optimale Grauwertwiedergabe generiert. Im Falle der computergestützten Radiografie ist es durchaus möglich, dass auf einer Speicherfolie mehrere belichtete Bereiche vorhanden sind. Die Software führt dann eine automatische Erkennung aller Bereiche durch und behandelt jeden belichteten Bereich als ein einzelnes Bild. Am Ende der Segmentierungsphase steht die Ausgabe einer Gruppe von Schlüsselbild-Deskriptoren (bei CR-Untersuchungen mit Mehrfachbelichtung mehrere Deskriptorsätze). Diese Schlüsselbild-Deskriptoren dienen zur signalabhängigen Bilddarstellung (Rendering).

Als Erstes erfolgt beim Rendering von Bildern die Zerlegung in mehrere Frequenzbänder. Hierbei handelt es sich um einen leistungsstarken Ansatz, der es ermöglicht, den Kontrast von verschiedenen großen Anatomiemerkmalen unabhängig voneinander zu verändern. Der relative Kontrast dieser Merkmale lässt sich anpassen, um bei jeder Untersuchungsart die für die diagnostische Auswertung gewünschte Darstellung zu erhalten. Die Zerlegung in Frequenzbänder beinhaltet einen Prozess, bei dem das Bild durch Erhöhung der Gradwerte sukzessiv unscharf gezeichnet und so eine Reihe tiefpassgefilterter Bilder erstellt wird. Anhand der sich hieraus ergebenden Bilder wird eine Bilderserie generiert, die die verschiedenen Ortsfrequenzbänder widerspiegelt. Jedes Frequenzband steht für einen bestimmten Bereich von verschiedenen großen anatomischen Merkmalen. Niedrigfrequenzbänder stellen beispielsweise große anatomische Kontrastvariationen, etwa zwischen dem Mediastinum und der Lunge, dar, Hochfrequenzbänder hingegen geringe Kontrastvariationen wie das Knochenbälkchen. Hochfrequenzbänder umfassen im Allgemeinen auch die mit dem Quantenrauschen verbundenen „Salt and Pepper“-Variationen.

Sobald das Bild in Frequenzbänder aufgetrennt wurde, werden die Pixelwerte jedes Bands mit einem Verstärkungswert multipliziert, der den Kontrast der durch das Band wiedergegebenen Bildattribute (bei

White Paper | CARESTREAM DirectView EVP Plus Software

einem Verstärkungswert von $< 1,0$) deutlich erhöht oder verringert. In EVP Plus ist der Grad der Verstärkung oder Unterdrückung jedes Ortsfrequenzbands kein fester Wert. Vielmehr stellen die Frequenzbandverstärkungen eine Funktion der Belichtungswerte und des Kantenumfangs dar. Insbesondere verfügt EVP Plus über eine vom Kantenumfang abhängige Funktion, die die Verstärkung moduliert, um in der Umgebung von kontrastreichen Kanten auftretende Halo-Artefakte (Ringing-Artefakte) zu verringern. Bei diesem Ansatz werden feine Details optimiert – ohne eine übermäßige Betonung kontrastreicher Kanten, die für Halo-Artefakte anfällig sind (Abbildung 3).

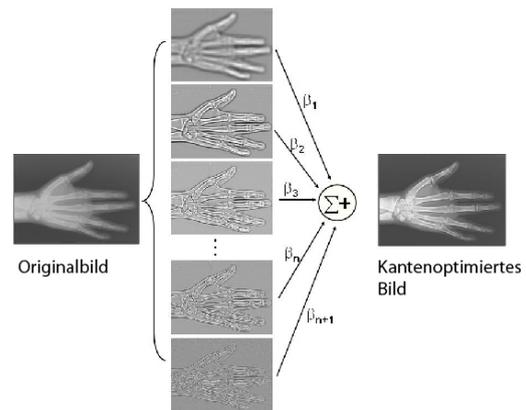


Abbildung 4 – Zerlegung in mehrere Frequenzbänder und frequenzoptimierte Rekonstruktion mit EVP Plus



3a – Halo-Artefakt 3b – Verarbeitung mit EVP Plus

Bei diagnostischen Aufnahmen ist das Rauschen in einem Röntgenbild in erster Linie auf das Quantenrauschen zurückzuführen. Mit nachlassender Röntgenstrahlenbelastung innerhalb des diagnostischen Bereichs verringert sich auch das Signal-Rausch-Verhältnis, wodurch das Bildrauschen zunimmt. Da das Erscheinungsbild des Rauschens mit der örtlichen Röntgenbelichtung variiert, benutzt EVP Plus eine höhere Rausch-Unterdrückung in den Bereichen mit niedrigerer Dosis.

Nach der Bearbeitung der Frequenzbänder werden die Bänder zur Rekonstruktion des frequenzoptimierten Bilds wieder zusammengefügt (Abbildung 4).

White Paper | CARESTREAM DirectView EVP Plus Software

Mithilfe der Schlüsselbild-Deskriptoren wird eine aus der Segmentierungsphase abgeleitete Graustufenskala erzeugt. Die Graustufenskala wird auf das frequenzoptimierte Bild angewendet und dient zur Kontrolle der Bildhelligkeit (durchschnittliche Dichte oder Luminanz) und des Kontrastumfangs (des zur Anzeige gerenderten Belichtungsbereichs).

Darüber hinaus ist die Graustufenskala-Lookup-Tabelle zwecks Bilddarstellung auf einem kalibrierten PACS-Monitor über eine standardmäßige Graustufenanzeigefunktion

(DICOM GSDF) zugeordnet. Es ist ebenfalls möglich, eine Kollimationsmaske auf das zur Anzeige bereite Bild anzuwenden.

Abbildung 5 zeigt zwei Beispiele, die die verbesserte Bilddarstellung in den verschiedenen Phasen der EVP Plus-Bildverarbeitung illustrieren. Von links nach rechts ist Folgendes zu sehen: das nicht verarbeitete Rohbild, das Bild nach der Anwendung der Graustufenskala, das frequenzoptimierte Bild und das zur Anzeige bereite Bild nach Anwendung der Kollimationsmaske.

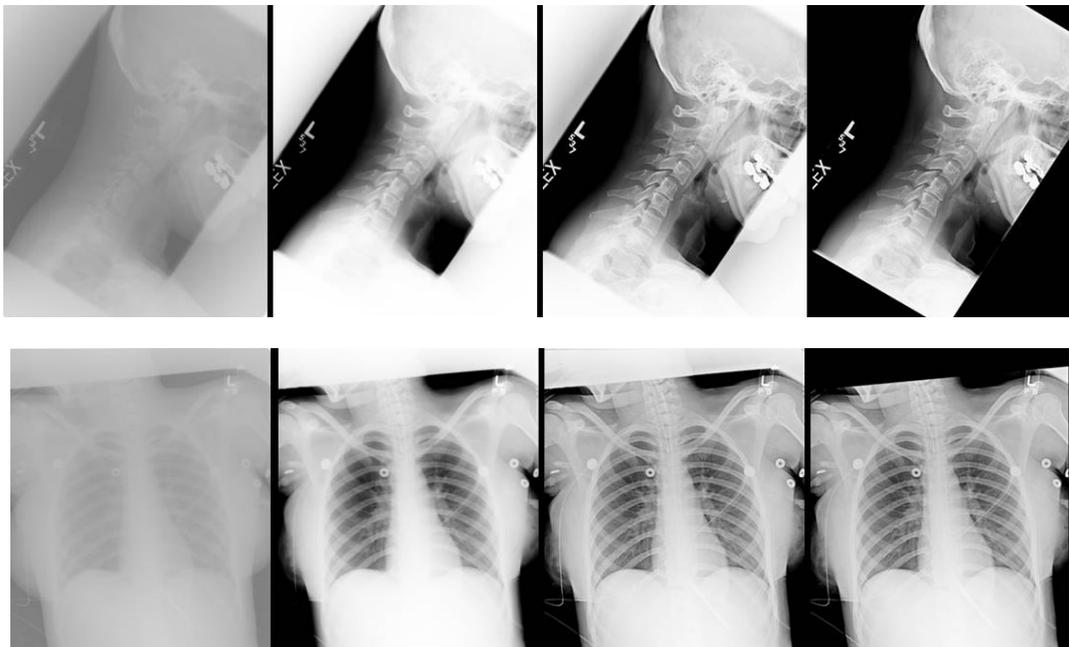


Abbildung 5 – Bildoptimierung von links nach rechts: das nicht verarbeitete Bild, Graustufenskala, Frequenzoptimierung, angewendete Kollimationsmaske

Einrichten von Voreinstellungen für die Bilddarstellung

CR- und DR-Systeme von Carestream verfügen über eine intuitive Benutzeroberfläche (Abbildung 6) mit unabhängigen Steuerelementen zur Einstellung von fünf grundlegenden Attributen in Bezug auf die Bildqualität: Helligkeit, Kontrastumfang, Detailkontrast, Schärfe und Rauschen.

Die Benutzeroberfläche kann, wie unten beschrieben (Abbildung 6), zur Erstkonfiguration der für eine klinische Einrichtung individuellen Anzeigevoreinstellungen verwendet werden. Nach der Festlegung der Voreinstellungen werden in EVP Plus die Bilder automatisch und der gewünschten Darstellung entsprechend verarbeitet.

White Paper | CARESTREAM DirectView EVP Plus Software



Abbildung 6 – Benutzeroberfläche mit unabhängigen Steuerelementen für Bildqualitätsattribute

Jedes Attribut der Bildqualität wird über einen Schieberegler im Präferenz-Editor gesteuert. Der Schieberegler „Helligkeit“ steuert die durchschnittliche Dichte (oder Luminanz) des Bilds. Durch einfaches Bewegen des Helligkeitsschiebereglers nach oben oder unten wird die Helligkeitsstufe erhöht oder verringert.

Der Schieberegler „Kontrastumfang“ steuert den Belichtungsbereich, der dem Anzeigebereich zugeordnet ist, ohne die Darstellung lokaler Details zu beeinflussen. Wird dieser Schieberegler nach oben bewegt, werden die sichtbaren Grautöne verstärkt; wird er

nach unten bewegt, werden die sichtbaren Grautöne schwächer.

Der Schieberegler „Detailkontrast“ steuert den lokalen Kontrast mittelgroßer Strukturen in einem Bild, z. B. die Zwischenräume zwischen Gelenken, Wirbeln und Rippen, ohne dabei den Kontrastumfang des Bilds zu beeinflussen. Durch Erhöhen des Schiebereglerwerts treten die mittelgroßen Strukturen im Bild deutlicher hervor, durch Senken des Werts treten diese Strukturen weniger stark hervor. Abbildung 7 zeigt die Unterschiede zwischen einer abhängigen und unabhängigen Steuerung von Kontrastumfang und Detailkontrast.

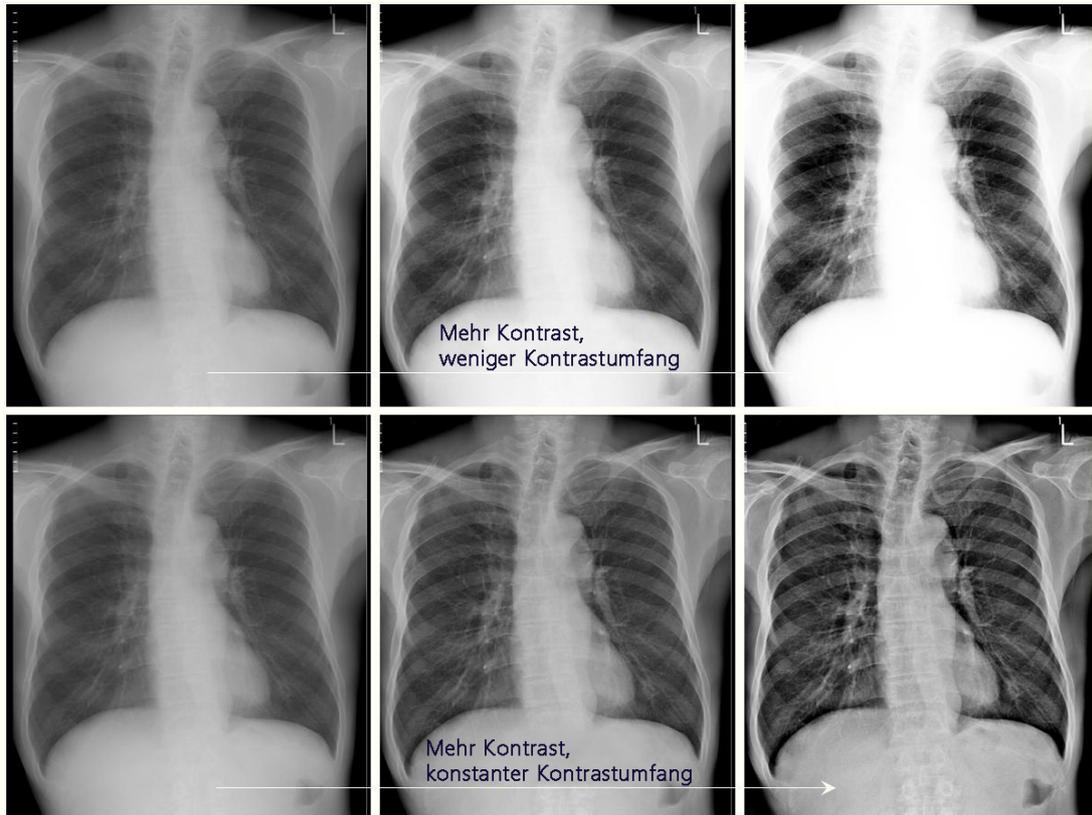


Abbildung 7 – Obere Reihe: herkömmliche Graustufenskalierung; durch eine Kontrasterhöhung verringert sich der dargestellte Belichtungsbereich (klassische Wechselbeziehung zwischen Kontrast/Kontrastumfang). Untere Reihe: Durch die Verarbeitung mit EVP Plus wird der gleiche erhöhte Kontrast erreicht, der darstellbare Belichtungsbereich bleibt dabei erhalten. EVP Plus ermöglicht eine unabhängige Steuerung von Kontrastumfang und Kontrast.

Der Schieberegler „Schärfe“ steuert die Darstellung feinerer Strukturen, z. B. von Knochenbälkchen, Lungenzeichnungen und Verkalkungen. Abbildung 8 zeigt die durch Anpassungen mit dem Schieberegler „Schärfe“ erzielte Wirkung.

Durch Erhöhen dieses Schiebereglerwerts treten diese feineren Strukturen deutlicher hervor, während durch einen geringeren Wert diese Strukturen weniger stark betont werden.

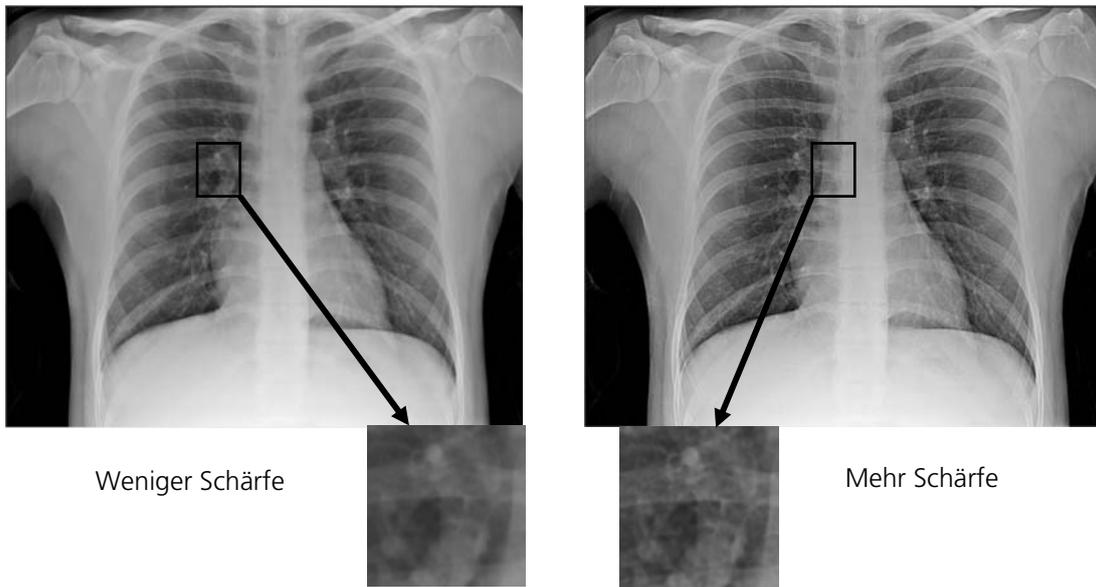


Abbildung 8 – Wirkung einer Werterhöhung des Schiebereglers „Schärfe“ auf die Darstellung feinerer Bildstrukturen

Schließlich wird über den Schieberegler „Rauschen“ das auf das Bild angewendete Niveau der Rauschunterdrückung gesteuert. Auch hier gilt dasselbe Maß an Benutzerfreundlichkeit: Durch einen geringeren Schiebereglerwert wird das Rauschen minimiert, durch einen höheren

Schiebereglerwert fällt die Rauschunterdrückung geringer aus, sodass Bereiche mit niedrigeren Belichtungswerten stärker vom Bildrauschen betroffen sind. Abbildung 9 zeigt die durch eine niedrigere Einstellung des Schiebereglers „Rauschen“ erzielte Wirkung.

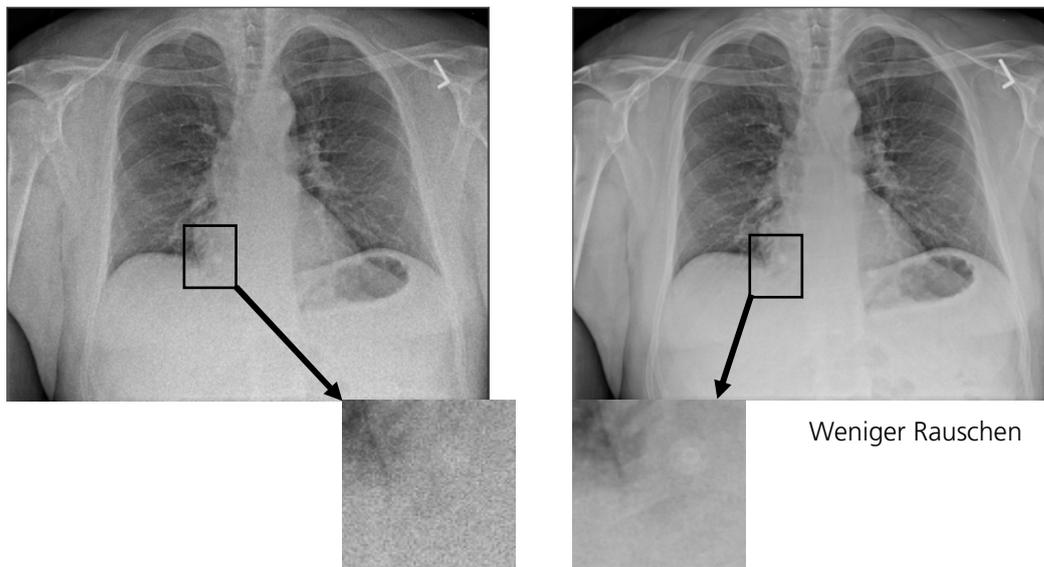


Abbildung 9 – Weniger Rauschen durch einen geringeren Schiebereglerwert

White Paper | CARESTREAM DirectView EVP Plus Software

EVP Plus bietet verschiedene vordefinierte Anzeigen mit unterschiedlichen Werten für Helligkeit, Kontrastumfang, Detailkontrast, Schärfe und Rauschen. Bildgebende Einrichtungen können zunächst eine Ansicht aus diesen vordefinierten Einstellungen wählen und dann Untersuchungen mithilfe von einfachen und intuitiven Steuerelementen an ihre eigenen Voreinstellungen anpassen.

Zusammenfassung

Die EVP Plus Software von Carestream ermöglicht in Verbindung mit einer intuitiven Benutzeroberfläche eine hoch automatisierte, moderne Bildverarbeitung für DR- und CR-Systeme. Nach der Softwareinstallation können Benutzer für jede an ihrem Standort durchgeführte Art der Röntgenuntersuchung problemlos individuelle Voreinstellungen für die Darstellung „anwählen“. Sobald EVP Plus konfiguriert ist, liefert diese Software automatisch Röntgenbilder, die der für die jeweilige Untersuchung bevorzugten Bilddarstellung entsprechen.

Literaturnachweis

1. X. Wang und H. Luo, Automatic and exam-type independent algorithm for the segmentation and extraction of foreground, background, and anatomy regions in digital radiographic images, Proc. SPIE 5370, 1427–1434 (2004).
2. X. Wang, J. Luo, R. Senn und D. Foos, Method for recognizing multiple radiation fields in computed radiography, Proc SPIE 3661, 1625–36 (1999).
3. M. E. Couwenhoven, R. A. Senn, D. H. Foos, Enhancement method that provides direct and independent control of fundamental attributes of image quality for radiographic imagery, SPIE Medical Imaging Proceedings; 5367, 474-481, 2004.
4. A. K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, 1989.
5. J. C. Dainty, R. Shaw, Image Science, Academic Press, London, NY, San Francisco, 1974.
6. H. H. Barret, W. Swindell, Radiological imaging: the theory of image formation, detection and processing, Academic Press, New York, NY, 1981.