

Digitalisierung von Röntgenbildern

Dieter Müller

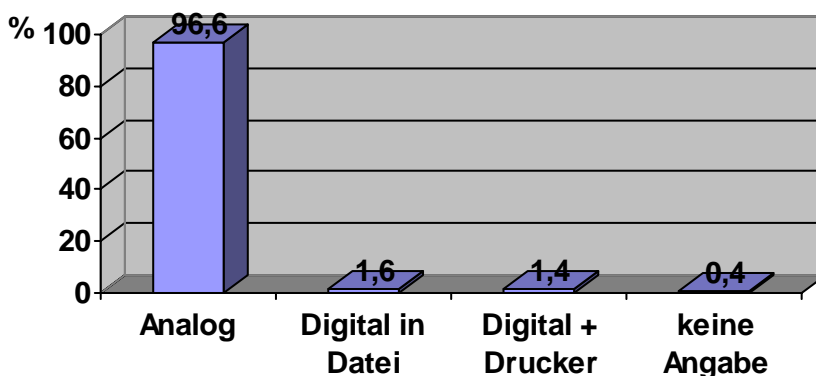
In Kürze

In vielen Praxen wird, wie eine Umfrage ergab, auf absehbare Zeit die klassische Röntgendiagnostik nicht durch die digitale Radiografie ersetzt werden. Dennoch braucht man auf die Vorzüge eines in digitaler Form vorliegenden Röntgenbildes nicht zu verzichten. Es ist heute nämlich ohne großen Aufwand möglich, einen Röntgenfilm zu digitalisieren. Die digitalisierten Röntgenaufnahmen lassen sich in Bilddateien organisieren und sind damit ständig verfügbar. Fast alle modernen Praxisverwaltungsprogramme bieten die Möglichkeit einer Verknüpfung der Bilddatei mit der Patientenhistorie. Damit sind die Röntgenaufnahmen online verfügbar. Tierbesitzern können Kopien der Bilddateien ausgehändigt werden, ohne dass die Original-Röntgenbilder außer Haus gehen. Elektronische Bilddateien lassen sich per E-Mail versenden und auf CDs oder DVDs dauerhaft archivieren. Die Digitalisierung mit Auflichtscannern ist möglich, am einfachsten und wirtschaftlichsten gelingt die Digitalisierung selbst großformatiger Röntgenbilder jedoch mit einer handelsüblichen Digitalkamera, wobei das Negativ vom Leuchtschirm abfotografiert wird. Die so erhaltenen Bilder sind bei Beachtung einiger Grundsätze von bestechender Qualität. Digitale Röntgenbilddateien können mit Bildbearbeitungsprogrammen mannigfach bearbeitet und optimiert werden. Der zweite große Anwendungsbereich ist die Telekonsultation. Bei besonders schwierig zu diagnostizierenden oder zweifelhaften Fällen kann man die Meinung eines Spezialisten einholen, dabei entfällt der heute noch weit verbreitete kostspielige Versand der Bilder per Post und deren spätere Rückgabe.

Umfrage zum digitalen Röntgen

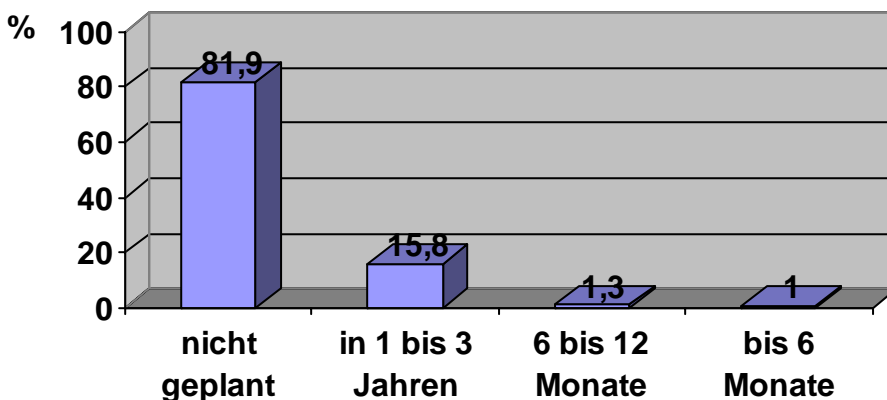
Im Oktober 2004 führte der Verein für Deutsche Schäferhunde (SV) e. V. eine Fragebogenaktion unter seinen HD Tierärzten zum digitalen Röntgen durch. Dabei wurden 3.320 Tierärzte mit Kleintierpraxen befragt, die Rücklaufquote war mit 22 % erstaunlich hoch, sodass die Ergebnisse durchaus als repräsentativ gesehen werden können. Demnach benutzen 96,6 % der Praxen eine analoge Röntgenanlage, nur 1,6 % ein digitales System mit Ausgabe über eine Datei und 1,4 % ein digitales System mit speziellem Drucker.

Röntgengeräte bei HD-Tierärzten

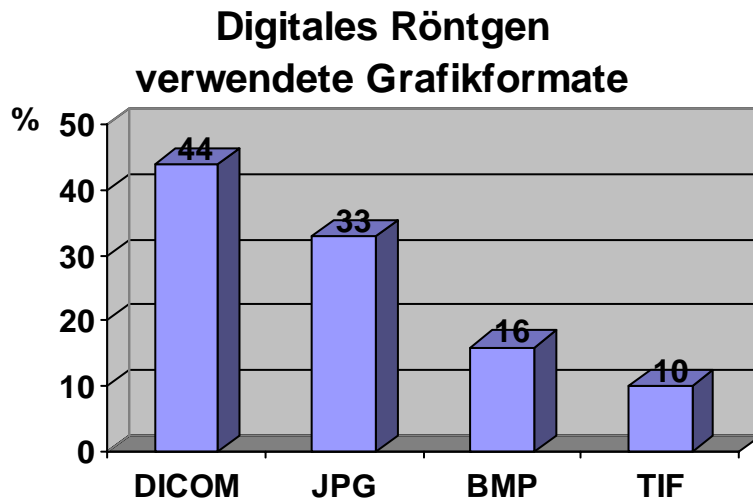


Die Praxen wurden auch befragt, ob sie eine Umstellung auf ein digitales Röntgensystem in ansehbarer Zeit planten. Dies verneinten 81,9 %; wohingegen 15,8 % angaben sich dies in den nächsten 1 bis 3 Jahren vorzunehmen.

Geplante Umstellung auf digitales Röntgen



Bei der Frage nach dem beim digitalen Röntgen verwendeten Grafikformat gaben 44 % an, das DICOM Format einzusetzen, 30 % das JPG Format, 10 % das TIF Format und 16 % das BMP Format.



Aus diesen Ergebnissen lässt sich unschwer erkennen, dass die analogen Röntgensysteme keineswegs „out“ sind, sondern noch lange Zeit den Markt dominieren werden. „Die Investition in eine digitale Röntgenanlage rechnet sich erst ab einem Aufkommen von über 1.500 pro Jahr“ führt Dr. Kai Kreling in der Zeitschrift Pferdespiegel (1 - 2005) aus, „darunter ist die Investition betriebswirtschaftlich nicht rentabel. Die Qualität des Röntgenbildes ist kein Argument für digitales Röntgen - konventionelles und digitales Röntgen sind qualitativ sicher vergleichbar.“

Es lohnt sich deshalb zweifellos, sich Gedanken darüber zu machen, wie konventionelle Röntgenfilme in der Kleintierpraxis am besten digitalisiert werden können. Wenn die Digitalisierung mit vertretbarem Aufwand bei guter Qualität gelingt, profitieren die Praxen von vielen wesentlichen Vorteilen der digitalen Radiografie, ohne gewaltige Investitionen schultern zu müssen. Marketingmäßig gesehen geraten sie nicht ins Hintertreffen, wenn mit der digitalen Röntgentechnik geprahlt wird. Dem Kunden ist es ziemlich gleichgültig, wie die Röntgenbefunde zustande gekommen sind, für ihn zählen in erster Linie die digitalen Bilder, die ihm auf einem Datenträger ausgehändigt werden. Wenn die Bilder dank des JPG Formats auch auf dem heimischen PC verwendet werden können wird dies nicht als Nachteil empfunden; das professionelle DICOM Format muss hingegen mit einer speziell beigefügten Reader-Software betrachtet werden und bringt dem Tierbesitzer in den meisten Fällen keine Vorteile.

Digitalisierte Filmmradiografie

Die digitalisierte Filmmradiografie (DFR) stellt eine Möglichkeit dar, konventionelle Röntgenbilder nachträglich zu digitalisieren. Im allgemeinen werden verschiedene

Verfahren der Digitalisierung angewendet.

- Methoden, die ein Videosystem verwenden, zeichnen sich durch kurze Verarbeitungszeiten aus. Die Video- oder Digitalkamera wandelt optische in elektrische Signale um.
- Laser-Filmdigitalisierer erlauben eine zeilenförmige Abtastung der konventionellen Röntgenfilme unter Verwendung von speziellen optischen Einrichtungen zur Übermittlung des Laserstrahles.
- Bei Durchlicht-Scannern, wird das hinterleuchtete Röntgenbild von einem CCD-Zeilenscanner nach dem Prinzip des Fotoeffektes in Abhängigkeit des einfallenden Licht digitalisiert.

Es gibt professionelle Röntgenfilmscanner, die die digitalen Bilddateien im DICOM 3.0 Format automatisch mit 12 bzw. 16 Bit Graustufen abspeichern. Sie sind für die Humanmedizin konzipiert und erreichen unter Verwendung spezieller Anpassungen eine Auflösung bis zu 4096 Graustufen. Es gibt eine Vielzahl von Modellen, die unterschiedlichsten Ansprüche hinsichtlich Auflösung und Einsatzzweck gerecht werden. Leider sind diese Geräte durch die Bank kostspielig.



Abb. 1: Cobra 312 T Thorax Scanner, Auflösung 357*714 (Fa. D.L.B. Mainz)



Abb. 2: Scanner M II X DIN A 3 Format, Auflösung 1400*2800 (Fa. D.L.B. Mainz)



Abb. 3: Thorax Scanner inkl. Leuchtkasten, Auflösung 570*570 (Fa. D.L.B. Mainz)

Handelsübliche Consumer-Flachbrett-Scanner sind bisweilen mit einem Durchlichtaufsatz versehen, der dazu dienen soll Film-Negative zu digitalisieren. Bei Tests in der Praxis stellt sich jedoch heraus, dass die Ergebnisse, die mit diesen Systemen erzielt werden, qualitativ nur sehr bescheidenen Ansprüchen genügen, da die optische Auflösung und Leistungsfähigkeit zu gering sind. Um Röntgenbilder auch auf dem PC im Detail ansehen zu können, reichen die 256 Graustufen der normalen Scanner nicht aus. Hochgerechnete interpolierte Auflösungen sind trügerisch; sie bringen keine besseren Ergebnisse. Im Fachhandel werden modifizierte Durchlichtscanner speziell für die Tiermedizin angeboten, die in Kombination mit einer speziellen Software die Digitalisierung und Bearbeitung von Röntgenbildern ermöglichen (vergrößern, verkleinern, Graustufen verändern, rotieren, zoomen, Beschriften, Längenmessungen, Winkelmessungen und Archivierung). Diese Scanner arbeiten nicht nach dem DICOM Standard und sind wesentlich günstiger als Profiscanner. Leider sind dafür aber auch von ihrer optischen Auflösung von 8 Bit (256 Graustufen) mit den 12 bzw. 16 Bit-Profiscannern nicht vergleichbar. Vor einer Investition in diese Geräte sollte eine ausführliche Erprobung stehen, um festzustellen ob mit den erzielbaren Ergebnissen die eigenen Ansprüche erfüllt sind und das Preis-Leistungsverhältnis stimmt.

DICOM

In der Humanmedizin sind DICOM Geräte und Systeme unabdingbar. Dieser internationale Standard (**D**igital **I**maging **C**ommunications in **M**edicine) gewährleistet nicht nur die Standardisierung und damit Austauschbarkeit der Bilddateien, sondern auch deren Fälschungssicherheit. Die im Bild enthaltenen Informationen bleiben immer unveränderbar. Bei der Speicherung wird jedes Bild individualisiert, d.h. durch Speicherung zusätzlicher Informationen im Bild, den **UIDs (Unique IDentifiers)**, wird das Bild einzigartig und unverwechselbar. Mindestens vier dieser **UIDs** sind obligatorisch:

1. Identifikation des Herstellers des Bildes
2. Identifikation nach Ort und Zeit
3. Identifikation einer Serie von Bildern innerhalb einer Untersuchung

4. Identifikation der mit dem Bild verbundenen Datei

Mit diesen Kriterien können auch bei reproduzierten Bildern immer die Herkunft des Patienten, das Datum und die Aufnahmeparameter erkannt werden. Ein aus medizinisch und forensischer Sicht in der Humanmedizin absolut notwendiger Vorgang. Trotz dieser Einzigartigkeit des Bildes kann es durch Anwendung bestimmter Algorithmen analysiert und bearbeitet werden, solange diese nur in die Beziehung einzelner Pixel zueinander eingreifen um auch subtile Informationen des Bildes sichtbar zu machen. Die Originalinformationen werden bei DICOM also niemals verändert; es werden keine Pixel verändert, gelöscht oder verschoben. Zur Betrachtung von DICOM Bildern benötigt man einen speziellen Viewer, da es sich um keine PC-üblichen Bildformate handelt. DICOM Bilder lassen sich auf vielfältige Weise mit Spezialprogrammen bearbeiten und analysieren. Die vorgenommenen Änderungen sind jedoch nicht in der DICOM Datei speicherbar, d.h. nach Schließen der Datei fällt diese wieder in den Ausgangszustand zurück, die Modifikationen gehen verloren.

In der Tiermedizin stellt sich natürlich sofort die Frage, ob angesichts der nicht unerheblichen Kosten eine Bilddigitalisierung und Archivierung unbedingt nach dem DICOM Standard erfolgen muss. Die Investitionen in entsprechende Hardware und Software sind beträchtlich, denn es handelt sich um keinen millionenfach verbreiteten Consumer Standard sondern um einen medizinischen Standard. Für forensische Zwecke in der Tiermedizin (Pferdemedizin, Ankaufsuntersuchungen, HD-Röntgen etc.) wird man um den DICOM Standard nicht herumkommen, falls man auf analoge Röntgendokumente verzichten möchte. Ganz anders stellt sich die Problematik jedoch in den meisten Fällen der Digitalisierung analoger Bilder in der Kleintierpraxis dar. Hier ist aus pragmatischen Gründen der unveränderliche Beweis der Einzigartigkeit des Bildes nicht erforderlich. Die Tierärztin oder der Tierarzt haften ohnehin wie bei Attesten dafür, dass keine Bildmanipulationen vorgenommen wurden.



Abb. 4: Bildmanipulationen sind außerhalb von DICOM jederzeit möglich. Die Frakturlinie im linken Bild wurde mit einem Bildverarbeitungsprogramm problemlos beseitigt.

Im Praxisalltag geht es vor allem darum, analoge Bilder in guter Qualität zu digitalisieren und zu archivieren; wobei natürlich gewährleistet sein muss, dass eine Bildzuordnung jederzeit möglich ist. Diese Kriterien können mit dem Speichern der Bilddateien in einem der PC-üblichen Formate wie JPG oder TIF erfüllt werden. Wenn gewünscht, kann mit Bildbearbeitungsprogrammen zudem ein so genanntes Wasserzeichen eingebrannt werden, das den Urheber und Eigentümer der Bilddatei identifizieren hilft.

Bildformate zur Archivierung

Digitalisierte Bilder sollten vorteilhafter Weise in einem allgemein üblichen PC-Format gespeichert werden - in Formaten, die von Bildbearbeitungsprogrammen und Windows-Betriebssystemen gelesen werden können. Dazu gehören das in allen Digitalkameras übliche JPG Format und das TIF Format. Ersteres hat den unbestreitbaren Vorteil der erheblichen Komprimierung der Bilddateien, bei jeder Bildbearbeitung, bei jeder erneuten Speicherung gehen jedoch Pixel verloren, sodass die Qualität immer mehr abnimmt. Bei der JPG Komprimierung sollte grundsätzlich immer die höchste Qualitätstufe gewählt werden und nicht die maximale Kompression zur Einsparung von Speicherplatz. TIF Dateien sind, da unkomprimiert, wesentlich größer, besitzen jedoch den Vorzug bei einer Bearbeitung und erneuten Speicherung keine Verluste zu erleiden. Das Adobe Photoshop Format PSD oder das RAW (Rohdateien-Format) moderner digitaler Spiegelreflexkameras werden von professionellen Anwendern bevorzugt. Die Speicherung in anderen Bildformaten wie BMP, GIF, PCD, PDF, PICT oder TARGA sind zwar möglich aber nicht empfehlenswert, da man sich damit immer Nachteile erkauft.

Röntgenbild Digitalisierung mit der Digitalkamera

Zunächst erscheint der Gedanke, ein Röntgennegativ mit Hilfe einer Digitalkamera vom Betrachtungsbildschirm einfach abzufotografieren reichlich trivial und unprofessionell. Bei näherer Beschäftigung mit dem Thema stellt sich jedoch heraus, dass man mit dieser simplen Technik bei Beachtung einiger Regeln durchaus professionelle Ergebnisse erzielen kann. Die erreichbare digitale Bildqualität ist weit besser als beim Digitalisieren mit 8 BIT Durchlichtscannern.



Abb. 5: Röntgenbild Digitalisierung mit einer Spiegelreflexkamera

Voraussetzung ist allerdings das Benutzen einer qualitativ hochwertigen Digitalkamera mit einer Mindestauflösung von mindestens 3 Megapixeln. Die besten Ergebnisse werden von Kameras mit großen Qualitätsobjektiven erzielt. Das sind in erster Linie digitale Spiegelreflex-Kameras, bei denen der aufzunehmende Bildausschnitt mit dem Sucherbild absolut identisch ist. Bei einem Vergleichstest der Zeitschrift *Veterinary Radiology* wurde die lineare Auflösung und der Graustufenumfang an Hand eines Röntgentestbildes überprüft, das aus einem Abstand von 30 cm aufgenommen wurde. Dabei schnitt die Canon EOS D 300 Spiegelreflex-Digitalkamera am besten ab (konnte alle 20 Graustufen abbilden bei 7,7 LP/mm), gefolgt von Modellen der Nikon Coolpix 995 und der Sony DSC-F 707. Billige Kameras, so stellte sich heraus, sind für die Teleradiologie keine akzeptable Wahl. Dennoch sind mit hochwertigen digitalen Sucherkameras durchaus brauchbare Digitalisierungsergebnisse zu erzielen. Vor einer Neuanschaffung sollten einige Gesichtspunkte unbedingt beachtet werden, um einen Fehlkauf zu vermeiden.

- Wichtig ist, dass sowohl die automatische Bildbelichtung als auch die Autofokus Funktion abschaltbar sind. Häufig versagen nämlich diese für ganz andere Aufgaben konzipierten Systeme bei der Aufnahme von schwarz-weißen Bildinformationen mit hohen Helligkeitsunterschieden, wie sie Röntgenbildern besitzen.

- Die Kamera sollte über einen Schwarz-Weiß-Modus verfügen.
- Das Objektiv sollte von sehr guter Qualität und lichtstark sein. Ein weiter Zoom-Bereich ist nicht wichtig.
- Mini-Digitalkameras im Westentaschenformat sind bisweilen sehr schick, eignen sich aber für unsere Zwecke nur bedingt.
- Die automatische Blitzaktivierung muss ausschaltbar sein.



Abb. 6: Fotografieren vom Leuchtschirm; optimale Ergebnisse bei abgedunkelter Umgebung.



Abb. 7: Die Blitzlichtfunktion muss wegen der Reflexionen deaktiviert werden.

Regeln zum Fotografieren von Röntgenbildern

- Immer die geringste Kompression und höchste Bildauflösung (maximale Bildgröße) der Digitalkamera auswählen.
- Schwarz-Weiß-Modus der Kamera verwenden (sofern vorhanden), sonst wird ein Farbbild aufgenommen, das grünstichig ist. Man kann mit einer Bildverarbeitungssoftware das Farbbild in ein Graustufenbild umwandeln.
- Makro-Modus verwenden (sofern vorhanden).
- Alle Lichtquellen der Umgebung löschen. Die besten Bilder erreicht man im abgedunkelten Raum.
- Das Röntgenbild am Leuchtschirm vollständig an allen Rändern einblenden um unerwünschtes Streulicht zu vermeiden. Ggf. selbst hergestellte Schablonen verwenden. Dies ist die wichtigste Regel, um die Bildqualität zu verbessern!
- Niemals den Blitz verwenden! Die Blitzfunktion der Kamera muss deaktiviert

werden.

- So nahe wie möglich an das Bild herangehen; nicht aus der Entfernung mit Zoomfunktion arbeiten.
- Immer mehrere Bilder (mindestens zwei) anfertigen. Das erste Bild sollte den gesamten Bildausschnitt umfassen, die weiteren die relevanten Ausschnitte im Detail.
- Ein Stativ benutzen! Die beste Bildschärfe erreicht man in der Fotografie bei einem Schließen der Blende (z. B. 16). Daraus und aus der Dunkelheit des Röntgenbildes folgt eine lange Belichtungszeit. Auch geübte Fotografen schaffen es kaum bei Belichtungszeiten, die größer als 1/30 Sekunde sind, verwackelungsfreie Bilder aufzunehmen. Wenn möglich einen Fern- bzw. Drahtauslöser benutzen, da selbst das Drücken des Auslösers auf einem Stativ zu Verwackelungen führen kann.
- Die digitalisierten Röntgenbilder auf dem Computer betrachten. Die Minibildschirme der Digitalkameras erlauben keine repräsentative Beurteilung der erzielten Bildqualität.
- JPG Format der Kamera verwenden. Formate wie RAW von Canon können nur mit Spezialsoftware gelesen werden.

Voraussetzung für die gute Digitalisierung ist selbstverständlich ein gutes korrekt belichtetes und entwickeltes Röntgenbild. Ein qualitativ insuffizientes flaes Röntgenbild kann auch durch Digitalisierung und Nachbearbeitung nicht viel besser werden. Am Anfang wird man immer mit seiner Kamera ein wenig experimentieren müssen, um die optimalen Ergebnisse zu erzielen.



Abb. 8: Abbildungen von Knochenstrukturen der Extremitäten sind unproblematisch zu fotografieren.



Abb. 9: Bei Ganzkörperaufnahmen von Katzen können Thorax und Abdomen in einer einzigen Aufnahme gut dargestellt werden.



Abb. 10: Der harte Kontrast von Implantaten an Extremitäten bereitet beim Digitalisieren keine Schwierigkeiten.

Generell neigt die Belichtungsautomatik von Digitalkameras dazu, die Röntgenbilder falsch zu interpretieren. Aufnahmen vom Abdomen sind am unproblematischsten, schon bei Gliedmaßenaufnahmen und Detaildarstellung von knöchernen Strukturen kann man feststellen, dass entweder der Knochen zu hell (überstrahlt) erscheint oder die Umgebung zu dunkel ist. Deshalb sollte man die vollautomatische Bildbelichtung deaktivieren und auf einen manuellen Aufnahmemodus umschalten. Am besten wählt man den AV Modus (=Zeitautomatik, bei manueller Blendenwahl). In dem AV Modus wählt man den gewünschten Blendenwert (möglichst > 8 , wegen der Erhöhung der Abbildungsleistung). Die Kamera stellt eine für die Motivhelligkeit geeignete Verschlusszeit automatisch ein. Bei der Digitalisierung von Röntgenbildern geht es darum eine möglichst große Schärfentiefe zu erzielen, deshalb ergeben niedrige Blendenzahlen (z. B. Blende 4), die man vielleicht wählt, um die Dunkelheit des Objekts zu kompensieren immer schlechtere und flauere Bilder.

Die Blitzfunktion ist zum Fotografieren von Röntgenbildern wegen der dabei entstehenden Reflexionen völlig ungeeignet. Daraus resultiert der Zwang zu langen Belichtungszeiten und damit der Zwang zum Stativ, falls die Belichtungszeiten länger als 1/30 Sekunde werden. Selbst bei einer manuellen Blendenwahl kann es vorkommen, dass man verschiedene Einstellungen ausprobieren muss, bis man das optimale Ergebnis erhalten

hat.

Autofokusprobleme

Preiswertere Digitalkameras besitzen meist nur ein einziges in Bildmitte angeordnetes Autofokus-Feld und versagen deshalb häufig bei der Scharfstellung von Röntgenbildern. Hochwertige Kameras besitzen hingegen 7 oder mehr Autofokusfelder, die das Bild abtasten; sie haben bei der Scharfstellung weit weniger Probleme. Man kann darüber hinaus auch noch einzelne Autofokusfelder auswählen, die für die Schärfeneinstellung herangezogen werden sollen.

Wenn die automatische Scharfstellung versagt, kann man sich mitunter mit der Schärfenspeicherfunktion behelfen. Das Autofokus-Messfeld wird auf einen dezentralen kontrastreichen Bildausschnitt gerichtet, wobei der Auslöser nicht ganz sondern nur halb gedrückt wird. Damit speichert man den anvisierten Schärfebereich. Bei halb gedrücktem Auslöser richtet man sodann die Kamera auf den Mittelpunkt des Röntgenbildes und drückt den Auslöser ganz durch. Bei geringem Kontrast, schwachem Licht, Gegenlicht und starker Reflexion versagen auch die besten Autofokussysteme. Hier hilft nur die manuelle Scharfstellung. Leider gibt es bei vielen Digitalkameras jedoch keine Möglichkeit der manuellen Scharfstellung bzw. Deaktivierung des Autofokus.

Automatische Belichtung

Die gleichen Probleme wie bei der automatischen Scharfstellung treten bei der automatischen Belichtung auf. Schwarz-weiße Röntgennegative mit ihren enormen Bildinformationen in Form von feinsten Graustufendifferenzen sind keine idealen Objekte für eine automatische Belichtung. Oft erscheinen die Ergebnisse auf dem Computer-Bildschirm enttäuschend, obwohl ursprünglich eine exzellente Röntgenaufnahme vorlag und die Kamera optimal eingestellt war. Auch seitens der Computer- und Software-Konfiguration war alles in Ordnung. Wo liegt nun der vermeintliche Fehler?



Abb. 11: Becken ventro-dorsal. Bei der Normalbelichtung wird der Knochentumor im Ilium nicht optimal dargestellt.



Abb. 12: Durch digitale Bearbeitung der Bilddatei lassen sich wichtige Bildinformationen individuell herausfiltern.



Abb. 13: Der Knochentumor aus Abb. 11; in der lat.-lat. Ansicht bei Normalbelichtung.



Abb. 14: Durch Korrektur der Helligkeits- und Kontrastwerte erscheinen die dorsalen Beckenstrukturen überstrahlt, die relevanten Bereiche des Ilium mit Weichteilumgebung sind jedoch besser dargestellt.



2005.01.06_Zierke,Willi_
Pfote Tumor Setter.jpg

Abb. 15: Das Ergebnis der Digitalisierung sollte nicht auf dem Display der Digitalkamera sondern auf dem PC beurteilt werden.

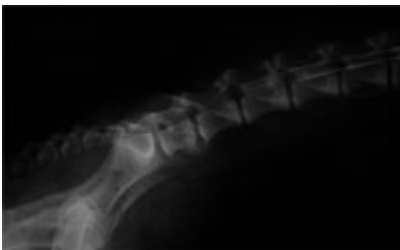


Abb. 16: Myelografie-Studien sind bei der Digitalisierung eine Herausforderung. Hier ist der lumbosakrale Übergang optimiert.



Abb. 17: Gleicher Patient wie in Abb. 16; Optimierung auf die Kontrastmittelsäule; der lumbosakrale Übergang erscheint überstrahlt.

Thoraxaufnahmen

Anhand von Thorax-Röntgenbildern, die am schwierigsten fotografisch zu erfassen sind, soll die Problematik erläutert werden. Auf dem Leuchtschirm sehen die Röntgenbilder wie aus dem Lehrbuch aus und dennoch erscheinen auf den digitalen Gegenstücken entweder die Lungenfelder total schwarz (das Herz hingegen ist optimal wiedergegeben), oder die Lungenfelder erscheinen optimal dargestellt (die Herzsilhouette hingegen total überbelichtet). Man mag verzweifeln, insbesondere dann, wenn man früher Thorax-Röntgenaufnahmen mit einem schwarz-weiß Diafilm analog abfotografiert hat und dabei dieses Phänomen nicht kannte. Dennoch arbeiten alle fotografischen und digitalen Systeme völlig fehlerfrei! Die Digitalkamera ist einfach nicht in der Lage, Herz und Lunge in einer einzigen digitalen Aufnahme korrekt darzustellen. Hierfür gibt es eine Reihe von

Gründen. Die Chips von Digitalkameras besitzen einen geringeren Kontrastumfang als analoge Filme. Bei Alltagsmotiven stört das nur selten, wer jedoch Motive mit starken Kontrasten wie Thoraxaufnahmen (und z. B. Nachtaufnahmen) fotografiert, hat ein Problem. Die Sensortechnologie der meisten Digitalkameras erlaubt lediglich einen Dynamikumfang von ca. 8 bis 9 Blendenstufen. Das bedeutet, dass es bei Motiven mit starken Kontrasten unmöglich ist, diese naturgetreu abzubilden. Deshalb wird entweder die Herzsilhouette richtig belichtet und dafür sind die Lungenfelder schwarz oder es sind die Lungen-Details gut erkennbar, dafür wird das Herz überbelichtet und erscheint weiß. Besonders bei den Langzeitbelichtungen zur Digitalisierung von Röntgenbildern ergeben sich starke Kontraste. Helle knöcherne Strukturen und dunkle Schatten wollen gleichzeitig aufs Bild. Dies gelingt jedoch mit der Digitalkamera nur bedingt, das Bild wird von der Belichtung her also immer ein Kompromiss bleiben. Solche Kompromisse sind natürlich schlecht für eine diagnostische Befundung. Deshalb sollte ein analoges Thorax Röntgenbild immer zweimal digital fotografiert werden:

1. Aufnahme: Lungenfelder optimal belichtet (Herz erscheint weiß)
2. Aufnahme: Herzsilhouette optimal belichtet (Lunge erscheint schwarz)

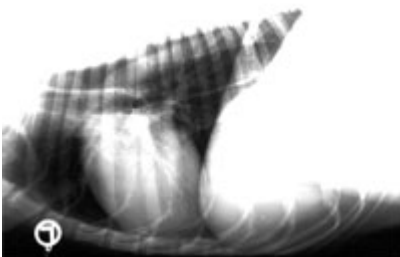


Abb. 18: Thoraxaufnahme mit Fokussierung auf die Lungenbereiche. Die Herzsilhouette ist überstrahlt.

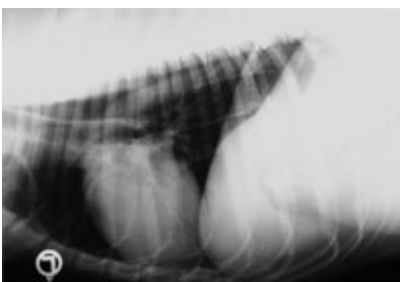


Abb. 19: Thoraxaufnahme mit Fokussierung auf das Herz. Die Lungenfelder erscheinen eher schwarz.

Belichtungskorrektur

Viele höherwertige Digitalkameras (z. B. alle EOS-Modelle von Canon) haben eine Belichtungskorrekturfunktion, mit der die Belichtung um bis zu zwei Blendenstufen nach oben und unten korrigiert werden kann. Die Belichtungsmesser in den Kameras

orientieren sich an dem 18 % Grau-Standard, daraus resultiert, dass manche Objekte zu hell oder zu dunkel wiedergegeben werden.

- Bei Röntgenbildern mit vielen hellen Bildpartien ist eine Korrektur in den Plusbereich erforderlich (z. B. Blende 8 => 11)
- Bei Röntgenbildern mit vielen dunklen Motivpartien ist eine Korrektur in den Minusbereich erforderlich (z.B. Blende 8 => 5,6).

Die Korrektur kann entweder mit der Belichtungskorrekturfunktion oder mit dem Messwertspeicher vorgenommen werden. Durch die Messwertspeicherung kann der interessierende Teil des Röntgenbildes (Herz oder Lunge) angemessen und gespeichert werden (bei Canon Kameras Sternchen Taste). Anschließend wird wieder auf den Bildmittelpunkt zurückgeschwenkt und der Auslöser ganz durchgedrückt.

Filmempfindlichkeit

Die Einstellung der Filmempfindlichkeit (ISO Empfindlichkeit) kann bei digitalen Spiegelreflexkameras zwischen ISO 100 bis 1600 eingestellt werden. Je höher der Wert, desto höher ist die Lichtempfindlichkeit. Deshalb eignen sich hohe ISO Werte für bewegte Motive und Aufnahmen bei dunklen Lichtverhältnissen und theoretisch deshalb auch für Röntgenfilmaufnahmen. Leider hat die Sache einen Pferdefuß; Aufnahmen mit hohen ISO Werten enthalten sehr viel mehr Bildstörungen als Aufnahmen mit 100 oder 200 ISO, sodass das Bild unscharf oder grobkörnig erscheint. Andererseits wird die Aufnahme durch eine geringe ISO Empfindlichkeit feiner, benötigt aber als Ausgleich eine längere Belichtungszeit. Da wir bei der Digitalisierung von Röntgennegativen auf eine maximale Detailauflösung Wert legen, müssen wir eine niedrige ISO Empfindlichkeit wählen, wir können nicht durch eine hohe Empfindlichkeit die Belichtungszeit verkürzen. Ein weiterer Grund für die Verwendung eines Stativs.

Die ISO Empfindlichkeit sollte beim Fotografieren von Röntgenbildern auf 100 ISO eingestellt werden.

Bildübertragung auf den PC

Die Digitalkamera sollte so eingestellt werden, dass die Speicherung im JPG (JPEG) Format erfolgt. Bei der Aufnahme werden die Bilddateien üblicherweise automatisch durchnummeriert. Eine fortlaufender Bilddatei-Name wie 0012345.JPG mag zwar die digitalisierte Röntgenaufnahme eindeutig kennzeichnen - sinnvoll ist so etwas jedoch nicht, selbst wenn man die Datei 0012345.JPG in seinem Praxisverwaltungsprogramm mit einem Patienten verknüpfen kann.

Ein wenig Schreibearbeit in ein Notizbuch, in das man Tierbesitzernamen, Patientennamen, Datum der Röntgenaufnahme und dargestellte Struktur notiert, ist unentbehrlich. Spätestens bei voller Bildspeicherkarte steht die Übertragung der JPG Dateien auf den PC an. Man kann die Kamera mit einem Verbindungskabel an den PC anschließen, aber nicht jede Digitalkamera besitzt eine schnelle USB 2.0 Schnittstelle (USB 1.0 ist äußerst langsam). In diesen Fällen macht es sich bezahlt, sich einen Speicherkartenleser anzuschaffen, der an die USB 2.0 Buchse des PCs angeschlossen wird. Kleiner Nachteil: die Speicherkarte muss aus der Kamera entnommen und in den Reader gesteckt werden; großer Vorteil Dank USB 2.0 erfolgt die Übertragung selbst großer Datenmengen auf den PC sehr zügig.

Archivieren von Bilddateien

Vor dem Speichern auf die Festplatte des PC sollte man sich überlegen, wo man die digitalen Röntgenbilder zweckmäßiger Weise ablegt. In Frage kommen:

- bei einer Festplatte (C:)
 - separater Ordner C:\Bild Datenbank
 - Eigene Dateien\Eigene Bilder\Bild Datenbank
 - Ordner im Praxisverwaltungsprogramm
 - eigene Partition auf Festplatte für die Bild Datenbank
- bei zweiter Festplatte (D:)
 - Ordner D:\ Bild Datenbank
 - separate Partition auf Festplatte D:
- externe Festplatte
 - USB oder Firewire

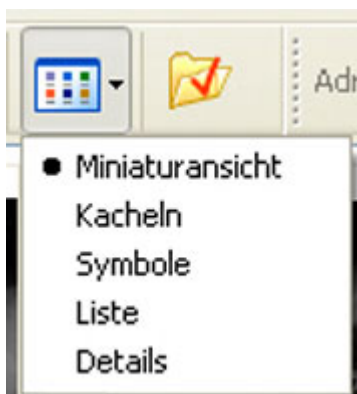


Abb. 20: Die Miniaturansicht des Microsoft-Explorers ermöglicht eine gute Übersicht der Datenbank-Bilddateien.

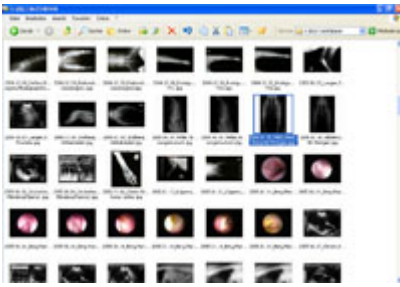


Abb. 21: Bilddateien auf dem Server in der Miniaturansicht.

Datensicherung

Ein besonderes Augenmerk sollte der Datensicherheit unserer Bilddateien gelten. Wer es noch nicht erlebt hat - selbst neue Festplatten können ohne Vorwarnung ihren Geist aufgeben. Dann sind die darauf enthaltenen Daten meist unwiederbringlich verloren, falls keine Sicherungskopie zur Verfügung steht. Weitere häufige Probleme für einen Datenverlust sind Virusbefall oder ein Crash des Betriebssystems, sodass sich der Computer nicht hochfahren lässt. Bilddateien wertvoll, deshalb muss man Sie vor den vielfältigen Gefahren eines Totalverlustes gut schützen. Auf der anderen Seite macht es wenig Sinn, Bilddateien wie die Dateien des Praxisprogrammes täglich zu sichern. Die Speicherung von Bilddateien in der Systemarchitektur des Praxisprogrammes (schlimmer noch deren direkte Einbettung) bläht die kompakten Inhalte von Praxisprogrammen enorm auf und macht deren Sicherung zu einer zeitaufwendigen Sache. Eine einzige Bilddatei kann trotz JPG-Komprimierung größer als 1 MB sein, sie ändert sich nach anfänglicher Bearbeitung in ihrem Inhalt aber nicht mehr. Folglich müssen im Rahmen der Sicherung nur die neu hinzugekommenen Dateien einer Bild Datenbank erfasst werden (Differenzial Backup). Mit einem Backup Programm kann diese Aufgabe problemlos erledigt werden. In der Regel reicht es aus, die Bild Datenbank einmal wöchentlich zu sichern. Als Sicherungsmedien kommen besonders DVDs und externe Festplatten in Frage.

Umbenennen von Bilddateien

Wie bereits erwähnt, ist die durchlaufend numerische Archivierung von digitalen Bilddateien zwar möglich aber denkbar ungeeignet. Man kommt also um eine Umbenennung der Datei nicht herum. Seit Windows XP sind lange Dateinamen kein Problem mehr und man sollte diese Möglichkeit zur leichten späteren Auffindbarkeit und Durchsuchbarkeit der Bilddatenbank nutzen. Man kann seine Bilder nach eigenen Bedürfnissen organisieren, als Beispiel sei eine Systematik angeführt, die sich besonders bewährt hat.

Der Dateiname enthält:

- Datum (JJJJ.MM.TT)
- Besitzername, Vorname
- Tiername
- Objektbezeichnung

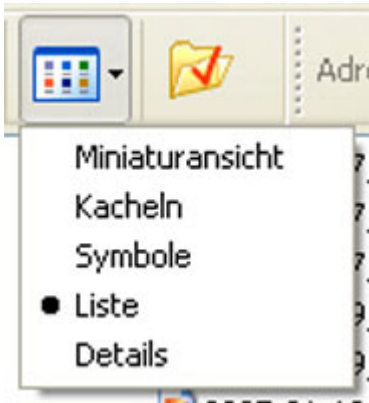


Abb. 22: Die Listenansicht des Windows-Explorer erlaubt eine chronologische Anordnung der Bilddateien nach Aufnahmedatum.



Abb. 23: Am Anfang des Namens der Bilddateien steht das Datum der Röntgenaufnahme.

Das Datum sollte in dem Format Jahr - Monat - Tag (JJJJ.MM.TT) angegeben werden, weil dann im Windows-Explorer alle Aufnahmen immer automatisch chronologisch in richtiger Reihenfolge nach Datum absteigend oder aufsteigend sortiert werden. Das funktioniert bei dem üblichen deutschen Datumsformat TT.MM.JJJJ nicht.

Beispiel: aus der Datei 0012345.JPG wird
2005.05.28_Maier,Hans_Rex_Thorax 1.jpg

Mit der Funktion „Umbenennen“, „Kopieren“, „Einfügen“ des Datei-Explorers können ganze Serien von Röntgenbildern eines Patienten schnell umbenannt werden, sie müssen nur durch eine fortlaufende Zahl vor der Dateiendung „JPG“ unterschieden werden. Es gibt eine große Zahl von Archivierungssoftware für digitale Bilder, dennoch reicht der

Funktionsumfang des betriebssystemeigenen Windows-Explorer in Verbindung mit der Windows „Bild und Faxanzeige“ völlig aus. Zudem ist der Explorer sehr schnell beim Zugriff auf Ordner und Dateien.

Mit der Suchfunktion des Windows-Explorers kann, so man sich die kleine Mühe der Umbenennung seiner Bilddateien gemacht hat, jederzeit (und unabhängig vom Praxisverwaltungsprogramm!) nach den Röntgenbildern gesucht werden. Die Ergebnisse liegen blitzschnell vor. Sie können z. B. schnell und einfach den Hund Rex des Herrn Hans Maier suchen, sie können nach allen Thorax Röntgenbildern suchen oder sie können nach allen Bildern eines bestimmten Tages suchen.

Abb. 24: Die systematischer Benennung der Bilddateien erleichtert die Suche.



Abb. 25: Suche nach einer Aufnahme zu einem Datum in der Patientenkartei.

Im Laufe der Zeit entsteht eine mächtiges Röntgenarchiv, sie können jederzeit alte Röntgenaufnahmen zu Vergleichen ansehen und genießen alle Vorzüge der digitalen Bildtechnik ohne ein digitales Röntgensystem besitzen zu müssen - alles ist im Direktzugriff verfügbar. Sorgen wegen des benötigten Festplattenspeichers? Bei den heute üblichen Festplattengrößen von über 250 GB spielt das frühere Speicherplatzproblem überhaupt keine Rolle mehr.

Fazit

Die Fotografie von analogen Röntgennegativen mit handelsüblichen Digitalkameras ist eine ernstzunehmende Technik zur Erstellung digitaler Röntgenbild Datenbanken in der Kleintierpraxis. Damit sind die erstellten Röntgenbilder jederzeit Online im Praxisnetzwerk abrufbar. Selbst wenn die Praxis über keine eigene digitale Röntgenanlage verfügt, stehen ihr die faszinierenden Möglichkeiten der digitalen Bildtechnik zur Verfügung. In systematisch angelegten Bilddateien können neben den Röntgenbildern auch

Patientenbilder oder Ultraschallbilder organisiert werden. Die Teleradiologie und Telemedizin sind weitere Anwendungsbereiche. Die erforderlichen Investitionen in Form einer guten Digitalkamera nebst Zubehör sind überschaubar.

Anschrift des Autors

Dr. Dieter Müller

Fachtierarzt für Kleintiere, Chirurgie; Augenheilkunde

Kempener Str. 59

D 52525 Heinsberg

<mailto:info@mueller-heinsberg.de>

www.mueller-heinsberg.de