Zukunft Teleradiologie: Vorteile und Chancen der digitalen Röntgentechnik

Die digitale Radiografie unterscheidet sich von der konventionellen Röntgenaufnahme nur durch den Wechsel des Films als abbildendes Medium hin zu einem digitalen Abbildungssystem. Dieser Umstieg löst nicht nur eine Fülle von Problemkreisen, welche in der Praxis an der Qualität der Röntgendiagnostik nagen, sondern führt zu einer echten Verbesserung der Praxis-Performance.

TEXT: *Univ. Doz. Dr. med. vet. Wolfgang Henninger, Dipl. ECVDI; www.dzk.at*

Abb. 2: Röntgen von Jungtieren in Narkose – Instruktion der Halteperson durch den Tierarzt

Beim digitalen Röntgen bleibt der manipulative Aufwand mit dem Patienten und seine korrekte Lagerung gleich

Abb. 1: Röntgen von Exoten berührungslos – Chamäleon am Zweig

Bei der konventionellen Röntgentechnik stellen die Entwicklerflüssigkeiten die häufigsten Fehlerquellen dar. Günstiger in Hinblick auf Verfügbarkeit und Röntgenbildqualität ist eine Entwicklermaschine anstelle einer Tankentwicklung. Aber auch hier muss mit Sorgfalt gearbeitet werden und regelmäßig ein Flüssigkeitenwechsel sowie die Reinigung der Maschine durchgeführt werden. Nicht nur das Altern der Entwicklerflüssigkeiten macht Probleme, diese müssen nach ihrer Verwendung auch ordnungsgemäß entsorgt werden, was Kosten verursacht und wegen der notwendigen Dokumentation Zeit kostet.

Ein weiterer Nachteil der analogen Röntgenentwicklung ist die Notwendigkeit der Vorratshaltung von verschiedenen Größen von Filmformaten. Denn auch Filme altern, sie werden grau und undurchsichtig. Röntgenfilme sollten daher kühl gelagert werden (z. B. im Gemüsefach des Ordinationskühlschranks) und keinesfalls über längere Zeit in den Kassetten belassen werden. Seltener stellen Verstärkerfolien eine röntgentechnische Fehlerquelle dar. Ihre Emulsion kann sich aber entmischen und über die Zeit unbrauchbar werden. Röntgenfilmkassetten können kaputt gehen, Schließen brechen, der Schwamm zwischen der Hinterseite der Kassette und der Hinterfolie kann sich auflösen. Ein angenehmer Nebeneffekt des Wechsels zur digitalen Radiografie ist in der Regel der Wegfall des platzraubenden Röntgenfilmarchivs. Ein digitales Archiv gestattet ein rasches Auffinden zusammengehörender Untersuchungen pro Patient und die Bilder können für eine Zweitbefundung verlustfrei versandt werden.

Ein weiterer technischer Aspekt, der viel Kopfzerbrechen bereitet, ist die korrekte Belichtung des konventionellen Röntgenfilms, welche ein gewisses Maß an Erfahrung und Übung erfordert. Auch dies wird beim digitalen Abbildungsverfahren erleichtert. Eine Überbelichtung ist de facto fast nicht mehr möglich, denn der Computer korrigiert während des Auslesevorgangs die Grundschwärzung des Bildes und führt in jedem Fall zu einem brauchbaren Bild. Also Sieg auf allen Linien, wenn auf ein digitales System umgestellt wird? Nicht ganz!

WAS BLEIBT GLEICH?

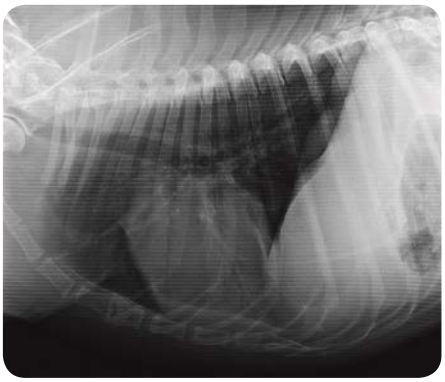
Gleich bleibt der gesamte manipulative Aufwand mit dem Patienten und seine korrekte Lagerung, auch wenn die Bildverarbeitung rascher und sorgloser vor sich geht. Diese Sorglosigkeit darf sich aber keinesfalls in einer zwanglosen Aufnahmetechnik niederschlagen, nach dem (tatsächlich geäußerten) Motto: „Wenn es nichts wird, dann ist das Wiederholen der Aufnahme kein Problem, es kostet ja eh keinen Film und keine Chemie mehr!“

Der manipulative Aufwand mit dem Patienten hat sich dem Rechtfertigungsprinzip der Indikation und Strahlenschutzprinzip ALARA (as low as reasonably achievable) zu unterwerfen. Dieses Prinzip schützt den Tierarzt und seine Helfer im Röntgenraum vor übermäßiger Exposition durch Streustrahlung. Klarerweise ist Letzteres eine Frage des Betriebsumfanges und der Art der Patienten und ihrer Fragestellung – am einfachsten ablesbar an den Aufnahmen von distalen Extremitäten im Vergleich zu Körperstammaufnahmen beim großen Hund oder auch zu HD-Aufnahmen. Höhere Belichtungswerte ziehen höhere Streustrahlendosen nach sich. Durch geeignete Schutzmaßnahmen und Abstand ist die Belastung des Haltepersonals so gering wie möglich zu halten (Abb. 1). Eine Sedierung (z. B. Butomidor/Medetomidin in Komb.) oder eine Vollnarkose (wie in vielen englischsprachigen Ländern üblich) ist ein ganz wesentlicher Faktor für den Strahlenschutz! (Abb. 2) Es erlaubt ein in der Regel abwehrfreies (weil nicht mehr schmerzhaftes) Positionieren von Extremitäten oder auch die Aufnahme schwieriger Körperpartien wie Zähne, kleine Gelenke, Kopf generell oder Halswirbelsäule. Das gilt vor allem für die Untersuchung von Welpen und Jungtieren! Fast alle haben während ihrer Ausbildungszeit in der Tiermedizin den Satz „Da machen

FOTOS: © Henninger

Eine Röntgenuntersuchung braucht, wenn sie diagnostisch wertvoll sein will, vor allem Zeit

Abb. 3: Speicherfolienkassetten verschiedener Formate



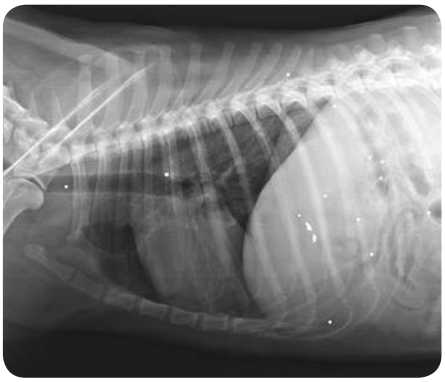


Abb. 4a (oben): Störende Moire-Lines (Längsstreifung des Bildes) aufgrund der Interferenz mit dem Streustrahlenraster
4b (unten): Thorax-Aufnahme mit geeignetem Streustrahlenraster (Zufallsbefund eines Schrotschusses in Form vieler kleiner Metallpartikel)

wir schnell ein Röntgenbild“ zu hören bekommen. Dieser unselige Satz wurde leider von vielen Kollegen zu wörtlich genommen. Eine Röntgenuntersuchung benötigt, wenn sie aussagekräftig und diagnostisch wertvoll sein will, vor allem Zeit.

DIREKTE ODER INDIREKTE DIGITALE RADIOGRAFIE?

Klein hingegen ist der Unterschied im praktischen Arbeiten zwischen den digitalen Abbildungssystemen der direkten oder indirekten Radiografie; direkte Systeme bilden über einen im Tisch fix montierten Detektor ab, während indirekte Systeme nach wie vor über Röntgenfilmkassetten mit eingebauten Speicherfolien arbeiten (Abb. 3).

Ein Detektorsystem besteht aus einer Platte mit eingebauten kleinsten Detektorelementen, wo jedes Pixel = Bildelement direkt verdrahtet ist und direkt abgebildet wird. Je nach Bedarf sind verschiedene Größen wie z. B. 24 x 30 cm bzw. 35 x 43 cm (oder XL 43 x 43 cm) erhältlich. Bei der Exposition mit Röntgenstrahlen wird die Bildinformation direkt über Kabel oder per Funk (wireless) an eine Auswerteeinheit oder einen Computer übertragen. Ein unter dem Röntgentisch fest eingebauter Flachbilddetektor ist vor Beschädigungen geschützt und kann ohne („auf Tisch“) oder mit („unter Tisch“) einem speziellen digital geeigneten Streustrahlenraster verwendet werden. Letzteres dient dazu, dass bei der Bildanzeige keine Rasterlinien oder schlimmstenfalls Moire-Lines (Interferenzlinien digitalisierter Bilder) zustande kommen, welche die Bildqualität erheblich beeinträchtigen können (Abb.4a und b).

Wer lieber in gewohnter Weise mit Kassetten arbeitet, ist mit einem Speicherfoliensystem gut beraten. Dabei wird eine Speicherfolie wie ein Röntgenfilm latent belichtet und die Bildinformation hinterher in einem Auslesegerät mithilfe eines Laserstrahls abgetastet und auf dem Bildschirm angezeigt. Zu diesem Zweck wird die Folie im Auslesegerät aus der Kassette gezogen und eingelesen. Dafür gibt es einerseits flexible Folien, welche über Transportrollen in den Scanner wandern und dabei gebogen werden (Abb. 5), und andererseits starre Platten, welche berührungslos aus der Kassette gezogen werden (Abb. 6). Letztere sind natürlich für Verschleiß oder Verschmutzung weniger anfällig. Eine Verschmutzung durch nasses Haarkleid oder Urin, welche durch den Ausziehspalt der Folie in die Kassette eindringen können, sollte vermieden werden. Eine sofortige Reinigung der Folienoberfläche ist im Anlassfall laut Hersteller jedoch kein Problem und führt nicht zu Qualitätseinbußen. Haare können jedoch auch bei ordnungsgemäßem Gebrauch in die Kassette eindringen und helle, gebogene Artefakte erzeugen (Abb. 7a und b); auch diese sollten bei der Reinigung der Folie weggeblasen werden.

Beim Arbeiten mit einem analogen Filmfoliensystem hat sich die Abbildung eines Grundbilderpaares oder vergleichende Aufnahmen von Extremitäten auf einem Film („Feldertechnik“) zur einfacheren Handhabung in der Diagnostik als praktisch erwiesen (Abb. 8). Dieses Vorgehen ist bei der digitalen Röntgentechnik weniger günstig und sollte aus Gründen der korrekten Bildinformationsverarbeitung durch das Einlesegerät unterlassen werden (Abb. 9).

QUALITÄTSSTEIGERUNG – AUF JEDEN FALL!

Die Ortsauflösung eines digitalen Detektorsystems liegt etwas höher als jene des Speicherfoliensystems, bei beiden ist es bei 2 – 5 Linienpaaren pro Millimeter (Lp/mm) angesiedelt, während im Vergleich dazu das konventionelle Filmfoliensystem bei 8 – 10 Lp/mm liegt. Es gibt deshalb auch digitale Mammografiesysteme, welche eine dem normalen analogen System vergleichbare Ortsauflösung von rund 10 Lp/mm bieten.

Zur Orientierung der korrekten Belichtung eines digitalen Röntgenbildes sind die meisten Systeme mit einem speziellen Belichtungsindikator ausgestattet, der angibt, ob die Aufnahme ausreichend belichtet ist.

FOTOS: © Henninger, Röntgenpartner

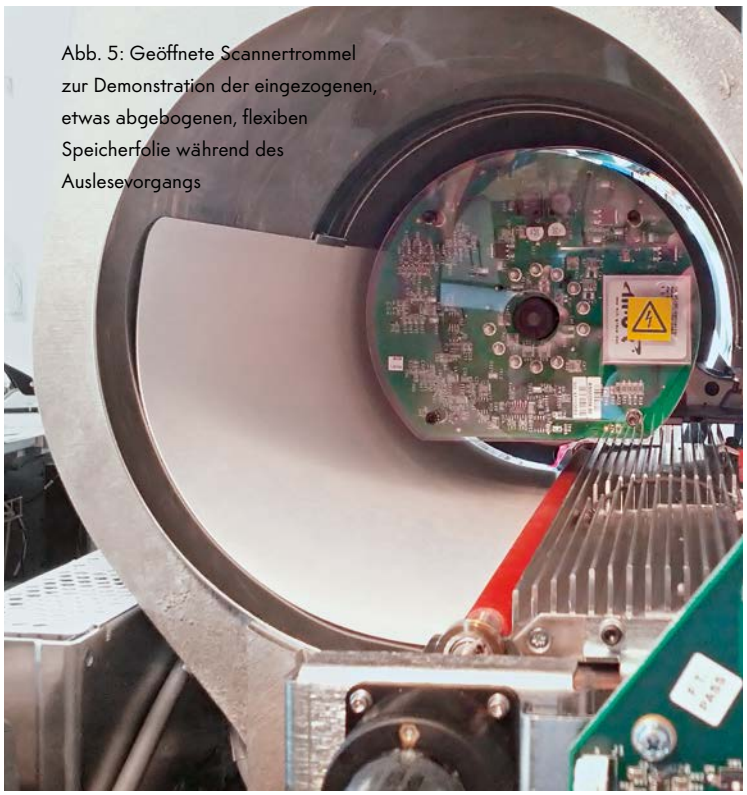


Abb. 5: Geöffnete Scannertrommel zur Demonstration der eingezogenen, etwas abgebogenen, flexiben Speicherfolie während des Auslesevorgangs

Abb. 6: Speicherfolien-kassette geöffnet, mit Speicherfolienplatte

Abb. 7a: Artefakt in der oberen Halsgegend entlang des Zungebeins

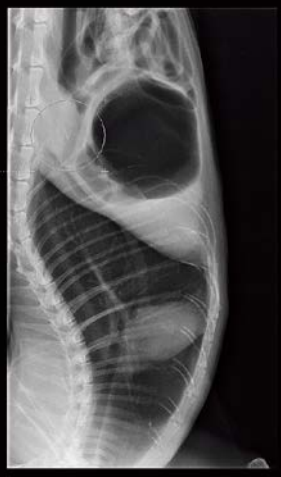


Abb. 7b: Gleiches Artefakt im kraniosakralen Abdomen

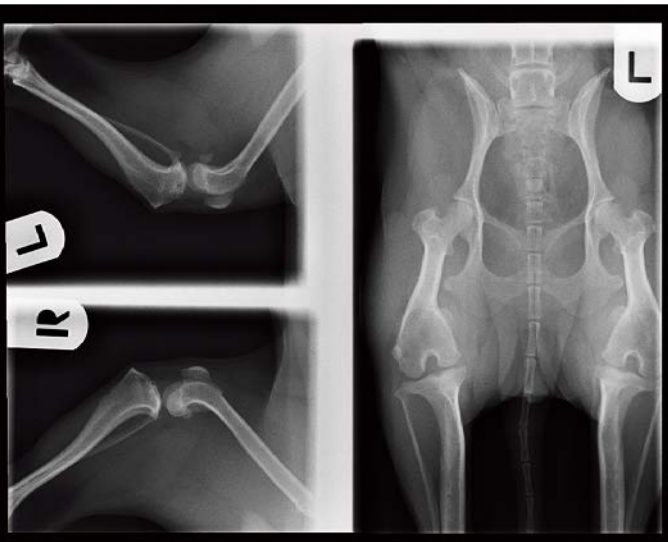


Abb. 8: Feldertechnik in der klassischen Röntgenologie möglich

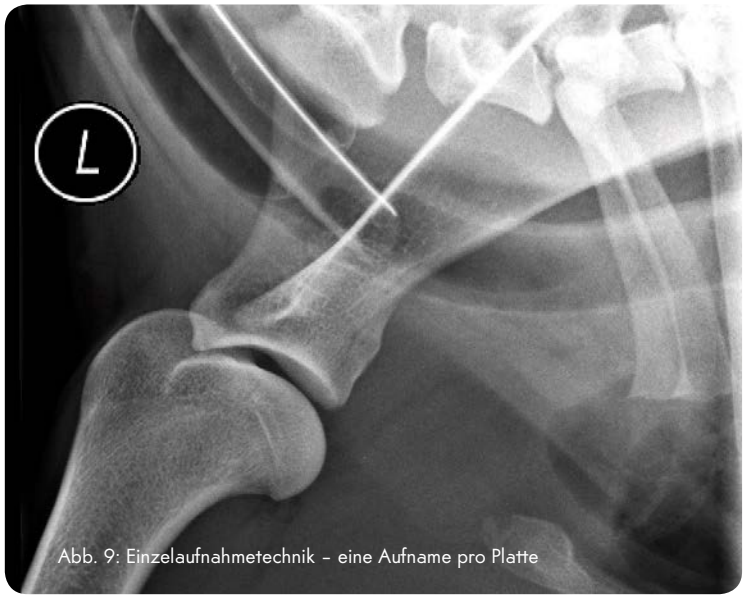


Abb. 9: Einzelaufnahmetechnik – eine Aufname pro Platte

Abb. 10: Größenvergleich an der Schaubühne beim konventionellen Röntgen

Vor- und Nachteile digitaler Radiografiesysteme im Vergleich zum konventionellen Röntgenfilm

	KASSETTE – FILM/FOLIE		SPEICHERFOLIE digital		DETEKTOR – KABEL		DETEKTOR - FUNK
+	robust	+	robust	-	Fixer Einbau oder achtsame Handhabung empfehlenswert, evtl. Versicherung	-	Fixer Einbau oder achtsame Handhabung (besonders in der Pferdepraxis nötig), Versicherung empfehlenswert
-	Langsame Bildverarbeitung	+	Mässig schnelle Bildverarbeitung	+	Schnelle Bildverarbeitung	+	Schnelle Bildverarbeitung
+/-	Wechselnde Bildqualität	+	Konstant gute Bildqualität	+	Konstant gute Bildqualität	+	Konstant gute Bildqualität
-	Dunkelkammer notwendig					+	Netzunabhängigkeit
						-	Akkus müssen geladen und gelegentlich getauscht werden
-	Keine Flexibilität (stationär)	+/-	Gewisse Flexibilität (für fahrende Praxis geeignet)	+	Flexibel (passt in einen Koffer)	+	Flexibel (passt in einen Koffer)
+	Service einfach, meist durch den Anwender	+	Service durch die Herstellerfirma	-	Nur Tausch möglich	-	Nur Tausch möglich
+	Preis pro Bild moderat	+	Gutes Preis-Leistungsverhältnis	+/-	Teurer	+/-	Noch teurer
-	Versenden aufwendig	+	Teleradiologie	+	Teleradiologie	+	Teleradiologie
+/-	Zweitbefundung möglich						
-	Archiv aufwendig	+	Archiv einfach und schnell	+	Archiv einfach und schnell	+	Archiv einfach und schnell

Ein Unterschreiten dieses Messwertes führt zu erhöhtem Bildrauschen, der Bildeindruck wird grobkörnig und der Helligkeits- und Kontrastumfang des Bildes für Nachbearbeitungen ist gering. Ein Überschreiten dieses Messwertes bei Überbelichtung wirkt sich jedoch in Bezug auf die Bildqualität weitaus weniger störend aus. Für den Umsteiger ist es zur Einstellung erforderlicher Aufnahmeparameter wesentlich, die in etwa entsprechende analoge Bildverstärkung des neuen Systems zu kennen. Die meisten auf dem Markt erhältlichen digitalen Abbildungssysteme bewegen sich um den Verstärkungsfaktor 200, daher ist in vielen Fällen (bei einem gewohnten „400er-System“) eine Dosiserhöhung für die korrekte Belichtung unumgänglich. Der Umstieg vom Bild an der Schaubühne, das man Angreifen konnte, zum digitalen Bild am Monitor erfordert eine gewisse Einarbeitungs- und Gewöhnungszeit. An der Schaubühne hatte man als Betrachter klare Größenvorstellungen quasi nebenher wahrgenommen (Abb. 10), während dies bei der digitalen Anzeige über den Maßstab der Vergrößerung oder Verkleinerung erst bewusst wahrgenommen werden muss. Auch ist die Darstellung des digitalen Bildes im Vergleich zum analogen Bild an der Schaubühne wesentlich transparenter und die Abfolge der Schattenqualitäten am Monitor in der Regel viel feiner als in einem (oft kontrastreicheren) Röntgenbild; mit dem Wechsel von Kontrast und Helligkeit des Bildes lassen sich verschiedene Bildabschnitte wie Knochen oder Weichteile gezielt herausarbeiten.

Je besser ein System in puncto Ortsauflösung, Übertragungsmodalität, Auslesealgorithmen der digitalen Information und Bildschirmanzeige (z. B. DICOM-fähiger Monitor) ausgerüstet ist, desto höher ist sein Preis; derzeit sind Detektorsysteme noch etwas teurer als Speicherfolienlösungen; Neuanschaffungen erfordern rund 20.000 Euro für Speicherfoliensysteme und bis zu 60.000 Euro für Detektorsysteme – wenn PACS-Lösungen dazukommen, erheblich mehr. Aus der Humanmedizin werden auch gebrauchte, gut erhaltene digitale Radiografien (second hand oder refurbished) für Tierärzte angeboten, diese sind je nach Alter, Umfang und Ausstattung erheblich günstiger. Derzeit bieten bereits zahlreiche Firmen digitale Radiografien und veterinärmedizinische Kompaktlösungen an, dahinter stehen in der Regel Geräte der großen Erzeugerfirmen (ohne Wertung in alphabetischer Reihenfolge) Canon, Carestream (vormals Kodak) oder Fuji.

RÖNTGENBILDINTERPRETATION – AUSWEG TELERADIOLOGIE

Was dem Tierarzt vorbehalten bleibt – neben der Sorgfalt der Lagerung der Patienten – ist die Röntgenbildinterpretation. Das grundlegende Verständnis von Abbildungs- und Lagerungstechniken zur Anfertigung befundbarer Bilder sollte das Ziel jeder veterinärmedizinischen Ausbildung sein. Das Lesen der Bilder kann – je nach Erfahrungsgrad und persönlicher Neigung – selbst übernommen oder auch delegiert werden. Seit Einführung der digitalen Radiografie ist die Übermittlung von Röntgenbildern an Kollegen, einschlägige Institute oder auch teleradiologische Dienste in der Veterinärmedizin so einfach wie nie zuvor geworden. Viele Kollegen, die an der Front in der Betreuung vierbeiniger Patienten und deren zweibeiniger Kompagnons stehen, mögen überrascht sein, wie aufgeschlossen viele Tierbesitzer einer Weiterleitung der Röntgenbilder an einen Experten gegenüberstehen. Kleinmut ist hier nicht gefragt, denn wir können das etablierte Niveau der Kleintiermedizin in Österreich nur durch die Zusammenarbeit von Kollegen vieler Fachdisziplinen bereitstellen, halten und voranbringen. Mein Appell an die praktizierenden Kollegen ist, diese Chance zu nutzen.

Danksagung: Herrn Ing. M. Götzinger von der Fa. Röntgenpartner wird für die Überlassung der Aufnahme 5 sowie für die Anregung einer tabellarischen Übersicht herzlich gedankt.