



*Für Ulrike, Martina und Evelin,  
ohne deren Unterstützung das Buch nie  
geschrieben worden wäre.*

K. H.

E. L.

B. T.

# Röntgenuntersuchung in der Tierarztpraxis

Klaus Hartung  
Eberhard Ludewig  
Bernd Tellhelm

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

184 Abbildungen  
31 Tabellen

Enke Verlag · Stuttgart

*Bibliografische Information  
der Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Anschrift der Verfasser:

**Prof. Dr. Klaus Hartung**

Dipl ECVDI (European College  
of Veterinary Diagnostic Imaging)  
Fachtierarzt für Radiologie  
Ravenweg 15  
14163 Berlin

**Dr. Eberhard Ludewig**

Dipl ECVDI (European College  
of Veterinary Diagnostic Imaging)  
Fachtierarzt für Radiologie  
Fachtierarzt für Klein- und Heimtiere  
Klinik für Kleintiere  
Veterinärmedizinische Fakultät  
Universität Leipzig  
An den Tierkliniken 23  
04103 Leipzig

**Dr. Bernd Tellhelm**

Akademischer Direktor  
Dipl ECVDI (European College  
of Veterinary Diagnostic Imaging)  
Klinik für Kleintiere – Chirurgie  
Frankfurter Str. 108  
35392 Gießen

1. Auflage 2000

© 2010 Enke Verlag in  
MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG  
Oswald-Hesse-Str. 50, 70469 Stuttgart

Unsere Homepage: [www.enke.de](http://www.enke.de)

Printed in Germany

Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe  
Hintergrundbild: [www.fotolia.com](http://www.fotolia.com) © diefotomacher  
Satz: medionet Publishing Services Ltd., Berlin  
gesetzt in: Adobe InDesign CS3  
Druck: Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG, Calbe

**Wichtiger Hinweis:** Wie jede Wissenschaft ist die Veterinärmedizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Kenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangen. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe dem **Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entspricht**.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate – gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten – festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. Vor der Anwendung bei Tieren, die der Lebensmittelgewinnung dienen, ist auf die in den einzelnen deutschsprachigen Ländern unterschiedlichen Zulassungen und Anwendungsbeschränkungen zu achten. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen ®) werden **nicht immer** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

# Vorwort der Autoren

Etwa 70 % der in der Veterinärmedizin gestellten Diagnosen stützen sich auf die Befunde bildgebender Verfahren. Die Röntgendiagnostik verkörpert – zusammen mit der Ultraschalluntersuchung – die Basis der bildgebenden Diagnostik in der Groß- und Kleintierpraxis. Beide Verfahren haben den Vorteil, im Unterschied zu CT und MRT am wachen Patienten eingesetzt werden zu können und sie liefern mit vergleichsweise geringem Aufwand eine Fülle an Informationen.

Die Qualität der Röntgendiagnose ist von verschiedenen Faktoren abhängig: Neben der eingesetzten Apparatechnik sowie einer adäquaten Aufnahmetechnik sind es auch die Bedingungen für die Bildanalyse und letztlich das Wissen und die Erfahrung des Untersuchers, die darüber entscheiden, ob die mit der Indikation verbundenen Erwartungen erfüllt werden. Das schwächste Glied in dieser Kette entscheidet letztlich über das Endergebnis, die „Qualität“ der Diagnose.

Bei der Röntgendiagnostik von Erkrankungen ist häufig das Erkennen subtiler Veränderungen von Bedeutung. Damit diese erkannt werden können, müssen die Röntgenaufnahmen hohen technischen Anforderungen gerecht werden. Aufnahmen, die aufgrund mangelnder Qualität nicht oder nur eingeschränkt ausgewertet werden können, stellen zudem ungerechtfertigte Strahlenexpositionen des – in der tierärztlichen Praxis meist benötigten – Haltepersonals dar. Die Sicherung der Qualität von Untersuchungen und damit auch des Einzelbildes ist damit auch die Basis des Strahlenschutzes!

Anliegen dieses Buches ist es, Ihnen gerade die häufig ungeliebte technische Seite nahezubringen und die Begeisterung für die Ästhetik „schöner Bilder“ zu wecken.

Dieses Buch hat den Titel „Röntgenuntersuchung in der Tierarztpraxis“. Es soll ein Leitfaden für alle die Kollegen (Studenten und/oder Praktiker) sein, die sich näher mit den für die praktische Anwendung notwendigen Voraussetzungen befassen wollen. Uns lag es am Herzen, die für die Praxis wirklich wichtigen Grundlagen plastisch

darzustellen. An vielen Stellen vereinfacht dieses Buch bewusst. Für die Anwendung der Röntgenstrahlen sind Kenntnisse der Strahlenphysik sowie des Aufbaus verschiedener Röntgenröhren oder Hochspannungsgeneratoren von geringer Bedeutung. Deshalb wird man in diesem Buch keine Abhandlungen dazu finden. Uns lag es daran, schwierige Sachverhalte, deren Verständnis für eine sinnvolle und effektive Nutzung der Röntgeneinrichtung in der Praxis notwendig ist, anschaulich zu illustrieren.

Der Einzug des „digitalen Röntgens“ in die tierärztliche Praxis stellt die potenziellen Anwender vor neue zusätzliche Herausforderungen: Welche Merkmale des Systems bestimmen die Bildqualität? Was ist zu beachten, wenn ich **das** digitale System kaufen will? Auch hier wollen wir Hilfestellung geben, indem Begriffe und Prinzipien erklärt werden und die Vorteile technischer Komponenten gegeneinander abgewogen werden.

Dieses Buch fokussiert auf die Röntgenaufnahmetechnik. Die Arbeit mit Durchleuchtungsgeräten wird nur am Rande erwähnt, da die Durchleuchtungstechnik aus verschiedenen Gründen kein Ersatz für die Röntgenaufnahme ist.

Das Kapitel Strahlenschutz nimmt einen recht großen Raum ein. Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass viele Kolleginnen und Kollegen die Bedeutung des Strahlenschutzes in der Praxis immer noch nicht erkannt haben. Das zeigt sich nicht zuletzt in der Tatsache, dass bei Tierärzten auch heute noch Strahlenschäden durch beruflichen Umgang mit Röntengeräten festgestellt werden.

Genauso wichtig wie der praktische Strahlenschutz ist die Kenntnis der aktuellen Strahlenschutz-Gesetzgebung. In dieser zweiten Auflage unseres Buches werden jeweils die Regelungen der „Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen“ (Röntgenverordnung, RöV) von 2002 sowie der Richtlinie „Strahlenschutz in der Tierheilkunde“ von 2005 berücksichtigt.

Ein besonderer Dank gilt Dr. Katharina Hittmayr (Wien) und PD Dr. Mark Flückiger (Zürich), mit deren Hilfe wir die Strahlenschutzgesetzge-

bung in Österreich und der Schweiz kurz darstellen konnten.

Nach langen Überlegungen haben wir auf ein Literaturverzeichnis verzichtet. Allgemeine Bücher zur Röntgendiagnostik in der Veterinärmedizin sind meist bekannt. Spezielle Literatur wird hier zwar im Einzelfall erwähnt, ist aber für das Verständnis ohne Bedeutung. Wer Interesse an einzelnen Quellen hat, sollte sich ohne Zögern an die Autoren wenden. In einem Glossarium am Ende werden Begriffe erklärt, wofür im Text der Raum gefehlt hat, oder für solche, die man erfahrungsgemäß häufig vergisst.

Wir müssten viele Mitarbeiter und Kollegen erwähnen, die durch ihre Mithilfe und kritische Kommentare dieses Buch erst möglich gemacht haben. So hat uns Herr Gröbel von der LGH-Röntgentechnik GmbH (Wetzlar) bei der Interpretation technischer Fehler unterstützt. Frau Dr. Ulrike Arnold und Frau Gesina Cramer vom Enke Verlag waren über den langen Zeitraum des Entstehens dieses Buches unschätzbare Hilfen. Wir möchten allen Beteiligten herzlich danken!

Berlin, Leipzig und Gießen, 2009

**Klaus Hartung, Eberhard Ludewig,  
Bernd Tellhelm**

# Inhalt

|                                                                    |           |                                                                     |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Kurze historische Bemerkungen zur Einführung in dieses Buch</b> | <b>1</b>  | Signalverarbeitung                                                  | 53        |
| <b>1 Einrichtung einer Röntgenanlage</b>                           | <b>3</b>  | Bildbetrachtung                                                     | 53        |
| <b>2 Das Röntgengerät</b>                                          | <b>4</b>  | Archivierung und Bildübertragung                                    | 55        |
| 2.1 Anschaffung                                                    | 4         | Fazit                                                               | 56        |
| 2.2 Mechanischer Aufbau                                            | 4         | <b>5 Zusatzeinrichtungen</b>                                        | <b>57</b> |
| 2.3 Leistungsmerkmale                                              | 5         | 5.1 Raster                                                          | 57        |
| 2.4 Gebrauchte Röntgengeräte                                       | 8         | Streustrahlung                                                      | 57        |
| <b>3 Bildaufzeichnung mit Film-Folien-Systemen</b>                 | <b>10</b> | Streustrahlenraster – Aufbau und Typen                              | 58        |
| 3.1 Film-Folien-Systeme                                            | 10        | 5.2 Lagerungs- und Stellungshilfen                                  | 63        |
| Verstärkerfolien                                                   | 10        | Fazit                                                               | 67        |
| Kassetten                                                          | 15        | 5.3 Kassettenhalterungen                                            | 68        |
| Röntgenfilme                                                       | 18        | Kleintierpraxis                                                     | 68        |
| 3.2 Filmverarbeitung                                               | 23        | Pferdepraxis                                                        | 68        |
| Dunkelkammer                                                       | 23        | Fazit                                                               | 69        |
| Entwicklung                                                        | 25        | <b>6 Aufnahmetechnik</b>                                            | <b>70</b> |
| Unterbrechung der Entwicklung                                      | 26        | 6.1 Entstehung des Röntgenbildes                                    | 70        |
| Fixierung                                                          | 26        | Eigenschaften von Röntgenstrahlung                                  | 70        |
| Endwässerung                                                       | 27        | Fazit                                                               | 73        |
| Trocknung                                                          | 28        | 6.2 Projektion und Lagerung                                         | 74        |
| 3.3 Kopien von Röntgenaufnahmen                                    | 28        | 6.3 Wiedergabe von Schwächungsdifferenzen (Kontrast, Dynamikumfang) | 84        |
| 3.4 Kennzeichnung von Röntgenaufnahmen                             | 29        | 6.4 Steuerung der Bildschärfe                                       | 84        |
| Kennzeichnung während der Exposition                               | 29        | 6.5 Belichtung von Röntgenaufnahmen                                 | 86        |
| Kennzeichnung nach der Exposition                                  | 29        | Wahl der Belichtungsdaten                                           | 88        |
| mit Röntgenstrahlen                                                | 29        | <b>7 Kontrastmitteluntersuchungen</b>                               | <b>94</b> |
| mit Röntgenstrahlen                                                | 29        | 7.1 Übersicht                                                       | 94        |
| 3.5 Handverarbeitung versus maschinelle Verarbeitung               | 30        | Anforderungen an Kontrastmittel                                     | 94        |
| 3.6 Fehlerhafte Röntgenaufnahmen und Artefakte                     | 31        | Jodlösungen                                                         | 95        |
| Die gesamte Röntgenaufnahme betreffende Fehler                     | 31        | Bariumsulfat                                                        | 96        |
| Bestimmte Bildabschnitte betreffende Fehler                        | 38        | 7.2 Grundsätze für Kontrastuntersuchungen                           | 96        |
| 3.7 Archivierung von Röntgenfilmen                                 | 42        | Leeraufnahme                                                        | 96        |
| <b>4 Bildaufzeichnung mit digitalen Aufzeichnungssystemen</b>      | <b>44</b> | Einsatz                                                             | 97        |
| Kenngrößen digitaler Bilder                                        | 45        | 7.3 Kontrastmitteluntersuchungen des Verdauungstraktes              | 98        |
| Detektortypen                                                      | 50        | Darstellung des Ösophagus                                           | 98        |
|                                                                    |           | Darstellung von Magen und Darm                                      | 98        |
|                                                                    |           | Kontrastmitteleinlauf/Irrigoskopie                                  | 101       |
|                                                                    |           | 7.4 Kontrastmitteluntersuchungen des Harntraktes                    | 101       |
|                                                                    |           | Intravenöse Ausscheidungsurographie                                 | 101       |

|           |                                                     |            |           |                                                              |
|-----------|-----------------------------------------------------|------------|-----------|--------------------------------------------------------------|
|           | Retrograde Zystographie und<br>Urethrographie ..... | 102        |           |                                                              |
|           | Doppelkontrastuntersuchung .....                    | 105        |           |                                                              |
| 7.5       | Myelographie .....                                  | 106        |           |                                                              |
|           | Schlussbemerkung .....                              | 113        |           |                                                              |
| <b>8</b>  | <b>Bildbetrachtung und Auswertung .....</b>         | <b>114</b> | <b>11</b> | <b>Strahlenschutz<br/>in der tierärztlichen Praxis .....</b> |
| 8.1       | Technische Voraussetzungen .....                    | 114        |           |                                                              |
|           | Leuchtkasten und Grelllampe .....                   | 114        |           |                                                              |
|           | Bildschirmarbeitsplatz .....                        | 116        | 11.1      | Grundsätze des praktischen<br>Strahlenschutzes .....         |
| 8.2       | Bildauswertung .....                                | 118        |           | 130                                                          |
|           |                                                     |            |           | Schutzkleidung .....                                         |
|           |                                                     |            |           | Strahlenfeld einblenden .....                                |
|           |                                                     |            |           | Expositionszeit kurz halten .....                            |
|           |                                                     |            |           | Abstand von der Strahlenquelle .....                         |
|           |                                                     |            |           | Primärstrahlung vermeiden .....                              |
|           |                                                     |            |           | Zusammenfassung .....                                        |
| <b>9</b>  | <b>Archivierung der Röntgenaufnahmen ..</b>         | <b>121</b> | 11.2      | Rechtsgrundlagen des Strahlenschutzes .                      |
|           |                                                     |            |           | Deutschland .....                                            |
|           |                                                     |            |           | Österreich .....                                             |
|           |                                                     |            |           | Schweiz .....                                                |
| <b>10</b> | <b>Eigentumsrechte an Röntgenaufnahmen</b>          | <b>122</b> | <b>12</b> | <b>Glossar .....</b>                                         |
|           |                                                     |            |           | <b>156</b>                                                   |
|           |                                                     |            | <b>13</b> | <b>Sachverzeichnis .....</b>                                 |
|           |                                                     |            |           | <b>158</b>                                                   |



# Kurze historische Bemerkungen zur Einführung in dieses Buch

Schon 1895, als **Wilhelm Conrad Röntgen** vor der Medizinisch-Physikalischen Gesellschaft in Würzburg seine bahnbrechende Entdeckung der später nach ihm benannten Strahlen zum ersten Mal demonstrierte, erkannte man die ungeheuren diagnostischen Möglichkeiten, die diese Technik den Ärzten vermittelte. Man konnte nun, ohne den Körper zu eröffnen, in ihn „hineinsehen“. So wurden bald überall auf der Welt Untersuchungen am Menschen mit Röntgenstrahlen durchgeführt. Zeitgleich machte sich auch die Veterinärmedizin diese Technik zunutze. Schon 1896 erschien eine Reihe von Veröffentlichungen über Röntgenuntersuchungen in tierärztlichen Journalen.

Einer der ersten Tierärzte, der von Anfang an die Röntgenuntersuchung nicht nur als Hilfsmittel zur Diagnostik verwendete, sondern der auch grundlegende Untersuchungen (z.B. zum Strah-

lenschutz) durchführte und die Technik weiterentwickelte (z.B. Entwicklung von Verstärkerfolien), war ein Chirurg der Tierärztlichen Hochschule Berlin, **Prof. Dr. Richard Eberlein**. Er war Mitbegründer der ersten wissenschaftlichen Gesellschaft für Röntgenologie, der Deutschen Röntgengesellschaft, und Präsident der ersten beiden großen Medizinischen Röntgenkongresse 1904 und 1905. Er ist bis heute der einzige Tierarzt, der diese Funktion wahrnehmen durfte.

In den ersten Jahrzehnten war die Technik verständlicherweise noch sehr einfach. Besonders die Darstellung dicker Objekte bereitete große Schwierigkeiten. 1912 werden im „Lehrbuch der Klinischen Diagnostik der inneren Krankheiten der Haustiere“ von Josef Marek folgende Belichtungszeiten in der Veterinärmedizin aufgeführt:



► Abb. 1 Wilhelm Conrad Röntgen



► Abb. 2 Richard Eberlein

- Extremitätenaufnahmen bei kleineren Tieren: 10–120 Sekunden
- Extremitätenaufnahmen bei großen Tieren: 2–4 Minuten
- Rumpfaufnahmen bei kleineren Tieren: 1–4 Minuten

Besonders bei Tieren, deren Kooperation normalerweise nicht gegeben ist, schränkten diese langen Belichtungszeiten die Qualität der Bilder sehr ein.

1921 wurde in der Tierärztlichen Hochschule in Dresden der Humanmediziner **Dr. Martin Weiser** als Privatdozent für Röntgenologie angestellt. Er verfasste 1923 das erste und für längere Zeit einzige Buch über die Röntgendiagnostik in der Veterinärmedizin. Ein weiterer Wegbereiter war **Prof. Dr. Alois Pommer**, der in Wien an der Tierärztlichen Universität die erste Abteilung für Röntgenologie durchsetzte und später weltweit der erste Vorstand einer selbstständigen Klinik für Röntgenologie wurde. Zu Lebzeiten Pommers reisten die an der Röntgentechnik interessierten Kollegen aus der ganzen Welt nach Wien, um bei ihm zu lernen.

Nach dem Zweiten Weltkrieg kamen die wesentlichen neuen Impulse hauptsächlich aus den USA. In Europa waren es später hauptsächlich die Hochschulen in Großbritannien und in Skandinavien, in Österreich, der Schweiz, den Niederlanden und Belgien, die die Entwicklung der veterinärmedizinischen Radiologie vorantrieben.

In Deutschland war die Röntgenologie in vielen Fällen mehr Mittel zum Zweck als eine eigenständige wissenschaftliche Einrichtung. Das Fach wurde und wird meist von interessierten Klinikern mitvertreten. Eine selbstständige Radiologie gibt es nicht.

Dabei haben in den letzten Jahren Verfahren der digitalen Bildaufzeichnung sowie die Computertomographie (CT) und die Magnetresonanztomographie (MRT) an den Universitätskliniken und in der tierärztlichen Praxis einen deutlichen

Fortschritt gebracht. Wer mit diesen Techniken sinnvoll arbeiten will, muss eine spezialisierte Ausbildung auf dem Gebiet der bildgebenden Diagnostik durchlaufen haben. Auch alle Kollegen in der Praxis müssen weitergehende Kenntnisse im Studium erwerben, um abschätzen zu können, bei welchen Krankheitsbildern unter Umständen eine Überweisung in eine Fachklinik oder Fachpraxis sinnvoll und notwendig ist. Gute Kenntnisse der diagnostischen Möglichkeiten durch herkömmliche Röntgenuntersuchungen sind wesentlich, um unnötige aufwendige zusätzliche Untersuchungen zu vermeiden.

Die Notwendigkeit zur Spezialisierung im Fach Röntgenologie wurde schon 1923 von Dr. Martin Weiser in seinem Lehrbuch betont:

„Röntgenärzte wären in der Tierheilkunde mit ihrer schwierigen Aufnahmetechnik noch notwendiger gewesen als für die Menschenheilkunde. Unmöglich kann der Hochschullehrer, der nur gelegentlich Röntgenaufnahmen fertigt, das Verfahren in allen Teilen so beherrschen wie der Röntgenarzt, der es tagtäglich stundenlang ausschließlich betreibt. Von diesem erfordern selbst schwierige Aufnahmen sein jedesmaliges Einarbeiten.“

Beim tierärztlichen Hochschullehrer hingegen besteht ein Mißverhältnis zwischen der Mühe- und der Notwendigkeit, die eine gelegentliche Röntgenaufnahme von ihm verlangt, und zwischen dem Werte, den sie als diagnostisches Hilfsmittel für ihn besitzt [...] Die Unterweisung der Studenten ist unbedingt erforderlich, wenn das Verfahren von den jungen Tierärzten mit in die Praxis hinausgenommen werden soll. Dazu aber ist notwendig, daß das Röntgenverfahren nicht mehr wie bisher nur gelegentlich im klinischen Unterricht mitbesprochen, sondern daß es in besonders angesetzten Vorlesungen und Übungen planmäßig in jedem Semester gelehrt wird.“

Auch wenn heute nicht mehr jedes Detail dieser Feststellungen zutrifft, muss man doch erstaunt sagen, dass viele dieser 85 Jahre alten Aussagen in Deutschland immer noch gültig sind.

# 1 Einrichtung einer Röntgenanlage

Wenn man in einer bestehenden Praxis zusätzlich zu anderen diagnostischen Verfahren Röntgenuntersuchungen einführen will oder eine neu einzurichtende Praxis mit einer Röntgeneinrichtung ausrüsten möchte, muss man sich über verschiedene Anforderungen bzw. Konsequenzen im Klaren sein.

- Es müssen die **räumlichen Gegebenheiten** vorhanden sein. Ein gesonderter separater Röntgenraum ist dabei nicht zwingend erforderlich. Mit Sicherheit wird aber bei Verwendung von Film-Folien-Systemen eine gesonderte Dunkelkammer benötigt. Werden die Bilder digital erzeugt, wird ein Raum mit einem Bildschirmarbeitsplatz gebraucht.
- **Elektrische Anschlüsse, Wasser- und Abwasserleitungen** müssen in entsprechender Dimensionierung vorhanden sein. Gegebenenfalls müssen Datenleitungen und Klimatechnik vorgehalten werden.
- Man braucht ein für den vorgesehenen Zweck (nur Großtiere, nur Kleintiere, Groß- und Kleintiere) geeignetes **Röntgengerät**.
- Man benötigt für die Filmentwicklung eine entsprechend ausgerüstete **Dunkelkammer**.
- Notwendige **Aufnahme- und Hilffsysteme** müssen angeschafft werden (z. B. Kassetten mit Folien, digitale Systeme, Raster, Fixierhilfen).
- **Bildbetrachtungsgeräte** (Röntgenfilmbetrachter, Computerarbeitsplätze) müssen gewisse Mindestanforderungen erfüllen.
- **Strahlenschutzvorrichtungen** müssen in ausreichender Menge vorhanden sein.
- Man selbst (oder eine andere verantwortliche Person) muss über **Kenntnisse und Erfahrungen** bei der Anfertigung und Auswertung von Röntgenaufnahmen verfügen und die aktuelle **Fachkunde** im Strahlenschutz besitzen. Auch Mitarbeiter müssen die geforderten Kenntnisse haben.

Fast alle diese Punkte bedeuten finanzielle Investitionen. Nicht immer ist das Billigste auch das Günstigste. Einfache kleine Röntgengeräte mögen

wegen ihrer Handlichkeit und des niedrigen Preises auf den ersten Blick bestechen, erlauben aber häufig keine befriedigende Diagnostik.

Röntgendiagnostik bedeutet nicht nur Feststellung von Frakturen oder Luxationen. Diese chirurgisch-orthopädischen Fragestellungen sind ein sehr kleiner Teil der Möglichkeiten. Für die hierfür notwendigen Aufnahmen der Extremitäten genügen häufig Kleingeräte. Es wäre aber eine Vergeudung von Möglichkeiten, wenn man bei seinen Überlegungen nicht die gesamte Diagnostik am Körperstamm einbezüge. Die Röntgendiagnostik wird erst interessant bei Erkrankungen im Bereich der Wirbelsäule, des Abdomens und des Thorax. Für all diese Untersuchungen braucht man aber leistungsfähige und entsprechend teurere Geräte.

Um in dieser Hinsicht keinen Fehler zu machen, könnte man nun in die Versuchung kommen, für die Anschaffung des Röntgenapparates seine finanziellen Möglichkeiten voll auszuschöpfen. Das wäre insofern fatal, als auch Aufzeichnungssysteme und Zubehör über die Bildqualität entscheiden. Diese sind Präzisionsgeräte und entsprechend teuer. An ihnen zu sparen, wäre nicht nur wenig sinnvoll, sondern sogar falsch. Da aber bei der Einrichtung einer tierärztlichen Praxis meist nur ein begrenzter Betrag für die Röntgendiagnostik zur Verfügung steht, muss man sehr genau einteilen, wofür man Geld ausgibt.

Bei aller finanziellen und damit apparativen Beschränkung in der Veterinärmedizin muss das Ziel das Gleiche sein wie in der Humanmedizin: Es muss eine Röntgenaufnahme hergestellt werden, die in diagnostischer Qualität die Strukturen des Körpers abbildet. Jede Aufnahme kann nur so gut sein wie das schwächste Glied in der Kette der Diagnostik, von der Anfertigung der Aufnahme über die Bearbeitung bis zur Betrachtung. Aus diesem Grunde sollen die einzelnen Punkte auch gesondert ausführlich besprochen werden.

## 2 Das Röntgengerät

### 2.1

#### Anschaffung

Noch vor 30 Jahren war es sehr schwierig, ein geeignetes Röntgengerät für die tierärztliche Praxis zu finden. Alle angebotenen Apparate waren für den Einsatz in der Humanmedizin konzipiert und hatten daher für die Anwendung am Tier entsprechende Nachteile. Tierärzten wurden meist Kleinstgeräte angeboten, die aufgrund ihrer geringen Leistung unzureichend waren.

In den letzten drei Jahrzehnten haben sich nun verschiedene Firmen auf den veterinärmedizinischen Markt spezialisiert und bieten eine größere Zahl unterschiedlicher Röntgengeräte an, die ausschließlich für die Anwendung am Tier konstruiert wurden. Die größere Auswahl an Geräten macht im konkreten Fall die Anschaffung nicht unbedingt leichter. Man muss sich daher von vornherein klar sein, was man von seinem Gerät erwartet bzw. welche Untersuchungen man durchführen will.

Ein Kriterium soll nicht unerwähnt bleiben: Welchen Service bietet die jeweilige Firma an? Wenn auch die modernen Röntgenapparate weitgehend wartungsfrei sind und teilweise viele Jahre ohne Reparaturen genutzt werden, so können doch immer mechanische Schäden oder Probleme mit der Elektrik auftreten, die eine Reparatur durch Fachkräfte notwendig machen. Ein Service möglichst nah vor Ort hilft, Zeit und Geld zu sparen.

Welches Röntgengerät letztlich in der einzelnen tierärztlichen Praxis sinnvoll ist, ist ganz vom vorgesehenen Einsatz abhängig. Hierbei muss man zwei grundverschiedene Kriterien beachten:

- den mechanischen Aufbau und
- die Leistung des Gerätes.

### 2.2

#### Mechanischer Aufbau

In der **Großtierpraxis** wird man in jedem Fall ein Gerät benötigen, dessen Stativ es erlaubt, die Röhre bis auf Fußbodenhöhe abzusenken. Aufnahmen der Gliedmaßenenden im horizontalen Strahlengang sind die am häufigsten durchgeführten Röntgenuntersuchungen beim Pferd. Wie hoch die Röhre gefahren werden muss, hängt von den Wünschen und Forderungen des Tierarztes ab, z. B. ob er auch Aufnahmen der Wirbelsäule oder des Kopfes am stehenden Pferd anfertigen will. Hierbei muss er sich darüber klar sein, dass solche Aufnahmen am Körperstamm von Großtieren nur mit einem stationären Hochleistungsgerät angefertigt werden können.

Als Zweites stellt sich für die Großtierpraxis die Frage, ob das Gerät im Kraftfahrzeug mitgeführt werden soll, um die Möglichkeit zur ambulanten Röntgenuntersuchung zu haben, oder ob die Großtierpatienten in Praxis oder Klinik untersucht werden. Für beide Anwendungsarten gibt es entsprechend konzipierte Geräte auf dem Markt.

In der **Kleintierpraxis** wird in der Regel im vertikalen Strahlengang gearbeitet. Die Einrichtung besteht aus einem Röntgentisch mit Oberflächrohr, die entweder als gekoppelte Einheit oder einzeln beweglich ausgelegt ist. Er muss einigen speziellen Anforderungen genügen. Die Tischplatte sollte aus einem Kunststoff bestehen, der leicht zu reinigen und desinfizieren ist. Die Oberfläche darf nicht zu glatt sein. Wenn unter dem Tisch eine Lade die Kassette aufnimmt, muss die Tischplatte aus einem homogenen Stoff bestehen, damit nicht die Struktur des Tisches auf der Aufnahme abgebildet wird. Wichtig ist hierbei auch, dass Zentrierhilfen und Markierungen auf dem Tisch so angebracht sind, dass sie nicht zu Artefakten auf der Aufnahme führen.

Einige diagnostische Fragestellungen machen es notwendig, den Patienten im horizontalen Strahlengang zu untersuchen (z. B. bei der Feststellung von Ergüssen oder von freier Luft im

Abdomen, für die Lungendiagnostik bei Schildkröten). Dafür muss das Stativ so konstruiert sein, dass die Röntgenröhre in eine waagerechte Position gebracht werden kann. Auch eine Reihe schräger Projektionen erfordern die Beweglichkeit der Röhre. Röntgengeräte, bei denen die Röhre mit vertikaler Strahlenrichtung über dem Tisch fixiert ist, können für solche Aufnahmen nicht genutzt werden und sind deshalb für den Einsatz in der Kleintierpraxis nicht zu empfehlen.

Weiterhin muss überlegt werden, ob das Gerät mobil sein soll, unter Umständen z. B. vom Röntgenraum in den Operationsraum gebracht werden soll, um dort intraoperative Kontrollen durchführen zu können.

Eine wichtige Frage ist auch, ob Durchleuchtungen möglich sein sollen (► Kap. 11.1, S. 137). Die meisten herkömmlichen Röntgengeräte haben diese Option nicht. Hierfür braucht man andere, oft sehr teure Apparaturen. Grundsätzlich sollte die Durchleuchtung aus verschiedenen Gründen auf wenige spezielle Indikationen beschränkt bleiben (Beobachtung von Bewegungsabläufen, Kontrolle bei schwierigen Eingriffen – z. B. Gelenkoperationen, Frakturfixierungen) und mit gesonderten Einrichtungen (Röntgenbildverstärker) vorgenommen werden.

In **Gemischtpraxen** wird man entscheiden müssen, ob man für alle Tierarten dasselbe Gerät verwenden will oder ob die Röntgendiagnostik von Pferden und Kleintieren auch apparatetechnisch getrennt erfolgen soll. In gut ausgelasteten Praxen ist Letzteres eindeutig vorzuziehen.

## 2.3

### Leistungsmerkmale

Ein wesentlicher Faktor für die Qualität der angefertigten Röntgenaufnahmen ist die Leistung des Gerätes. Röntgengeräte mit geringer Leistung benötigen zur Schwärzung des Filmes sehr lange Belichtungszeiten, so dass die hergestellten Bilder ein hohes Maß an Bewegungsunschärfen aufweisen.

- \* **Die Leistung des Röntgengerätes lässt sich in zwei wesentlichen Kriterien erfassen:**

- **die maximal mögliche Strahlenenergie (Qualität)**
- **die maximal erreichbare Strahlenmenge (Quantität)**

Die **Qualität** oder **Energie der Strahlung** bedingt die Durchdringungsfähigkeit der erzeugten Strahlen – sie wird auch als Strahlenhärte bezeichnet. Sie wird beeinflusst durch die **Spannung (Kilovolt – kV)**, die an die Röhre angelegt wird. Je höher die Spannung ist, umso stärker werden die Elektronen in der Röntgenröhre beschleunigt und umso energiereicher sind die entstehenden Röntgenstrahlen.

- \* **Je dicker oder auch dichter ein Objekt ist, umso „härtere“ Strahlen werden benötigt, um dieses zu durchstrahlen.**

Sehr „weiche“ Röntgenstrahlen werden schon in der Haut oder den oberflächlichen Weichteilen eines Körpers absorbiert und können so den Röntgenfilm nicht erreichen. Andererseits werden zu „harte“ Strahlen kleine, dünne Objekte vollständig durchstrahlen und somit wird kein abgestuftes Schattenbild des Körpers entstehen können.

Für eine vielseitige Diagnostik braucht man also Röntgengeräte, deren Strahlenenergie variabel über einen definierten Energiebereich regelbar ist. Die im Handel erhältlichen Geräte erfüllen diese Forderung nahezu vollständig, indem sie die Wahl zwischen Werten von 40 oder 50 kV bis mindestens 90 kV ermöglichen. Dies ist der Energiebereich, der für die Röntgendiagnostik in der Praxis genutzt wird. Röntgenstrahlungen mit geringeren Energien als 40 kV sind diagnostisch nicht verwertbar. Strahlungen mit über 90 kV (bis max. 120 kV) werden nur bei ausgewählten Untersuchungen an Großtieren benötigt. Diese Untersuchungen sind allerdings meist größeren Kliniken vorbehalten.

Ein größeres Problem stellt die Erzeugung einer ausreichenden **Strahlenmenge** dar. Um einen Röntgenfilm zu schwärzen, braucht man eine definierte Strahlenmenge. Diese ist je nach Objekt sowie verwendetem Aufzeichnungssystem unterschiedlich groß. Die Strahlenmenge sollte in möglichst kurzer Zeit auf das Objekt auftreffen, um

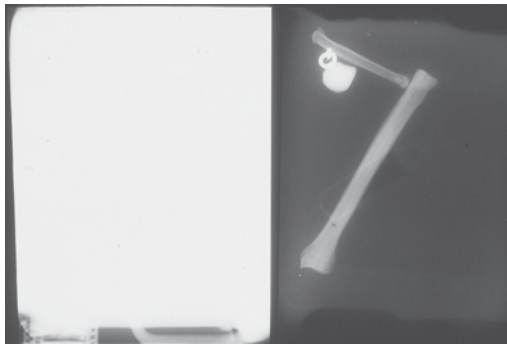
Unschärfen insbesondere durch Bewegung – auch Atmung – zu vermeiden.

Röntgengeräte sind unterschiedlich konstruiert und haben somit eine unterschiedliche Leistung in Bezug auf die Menge der erzeugten Strahlen während einer definierten Belichtungszeit.

**\* Wie viel Strahlung pro Zeiteinheit entsteht, ist vom Röhrenstrom (Milliampere – mA) abhängig.**

In Abhängigkeit von der Bauart werden Geräte unterschieden, die einen maximalen Röhrenstrom zwischen 10 mA und 1000 mA (und höher) erlauben. Je höher der Stromfluss in der Röntgenröhre, desto mehr Röntgenquanten entstehen während einer vorgegebenen Zeit und umso kürzer können die Belichtungszeiten sein.

Ein Vergleich aus der Fotografie soll das erläutern: Bei sehr heller Sonnenstrahlung (viel Strahlung in kurzer Zeit) kann man ein Foto mit extrem kurzer Belichtungszeit anfertigen, dadurch wird das Bild auch bewegte Objekte scharf darstellen. Bei gedämpfter Beleuchtung wird eine viel längere Belichtung notwendig sein, um eine Darstellung zu erreichen. Bewegte Objekte sind dann häufig unscharf abgebildet.



► **Abb. 2.1** Röntgenaufnahmen eines Phantoms. Ein Wasserkanister, der Knochen und Metall enthält, simuliert den Organismus. Beide Aufnahmen wurden mit identischen Strahlenqualitäten (50 kV) und Belichtungszeiten (0,1 s) angefertigt.

Links: Kleingerät (40 mA) – nur Umrisse der Flasche als Schatten zu erkennen.

Rechts: Leistungsstarkes Gerät (1000 mA) – deutlicher Kontrast zwischen Wasser, Knochen und Metall.

Je nach Apparatetyp werden unterschiedlich viele Quanten (Röntgenstrahlen) in der Röhre während einer definierten Belichtungszeit hergestellt und treffen auf das Objekt. Aus diesem Grund können die Röntgenaufnahmen eines Körpers, die mit zwei unterschiedlichen Röntgengeräten hergestellt wurden, trotz gleicher Strahlenenergie (kV) und Belichtungszeit (s) vollständig unterschiedlich sein (► **Abb. 2.1**).

Die Menge der erzeugten Strahlen hängt eben nicht nur von der Expositionszeit ab, sondern mindestens genauso von der Leistung (Röhrenstrom – mA) des jeweiligen Gerätes (s. auch ► **Kap. 6.5**, S. 86, Belichtung von Röntgenaufnahmen).

Auch hier soll ein Vergleich aus dem täglichen Leben helfen (► **Abb. 2.2**): Durch einen dicken Wasserhahn kann viel mehr Wasser in einer definierten Zeit fließen als durch einen dünnen. Auch wenn beide Hähne gleich lang geöffnet sind, wird die gewonnene Menge Flüssigkeit sehr unterschiedlich sein.

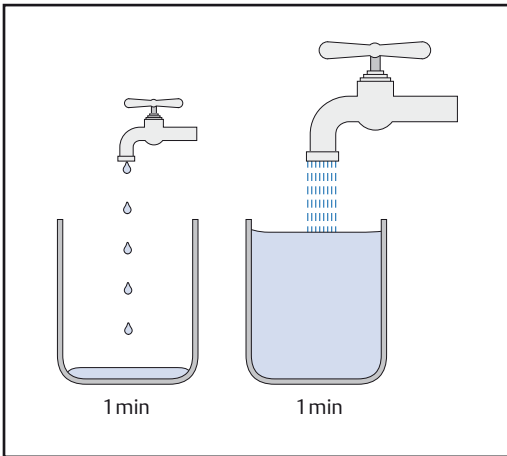
Um auch in der Praxis möglichst alle gewünschten Objekte scharf auf dem Röntgenbild abbilden zu können, brauchen wir kurze Belichtungszeiten. Diese sind nur mit Geräten zu erreichen, die eine ausreichende Leistung haben.

**\* Hohe mA eines Gerätes bedeuten hohe Leistung (d. h. kurze Belichtungszeit) – niedrige mA entsprechen einer geringen Leistung und bedeuten damit lange Belichtungszeiten.**

Geräte mit konventionellen Generatoren mit einer maximalen Leistung unter 40 mA sind für veterinärmedizinische Untersuchungen ungeeignet. Das gilt sowohl für die Kleintierpraxis als auch für die Pferdepraxis. Man denke besonders an Thoraxaufnahmen von Hunden (Atmungsbewegung = Unschärfe) oder Strahlbeinaufnahmen eines Pferdes. Kleine leistungsschwache Apparate werden auch bei Ausnutzung aller Verstärkungsmöglichkeiten (Folien) immer nur ein Kompromiss sein, der die Röntgendiagnostik in der Praxis deutlich einschränkt.

Geräte mit Leistungen ab 100 mA (besser 200 mA) sind geeignet, allen anfallenden diagnos-





► **Abb. 2.2** Stromfluss. Durch einen dicken Wasserhahn kann viel mehr Wasser in einer definierten Zeitspanne laufen als durch einen dünnen Hahn (Wasserfluss entspricht Stromfluss – mA). Bei gleicher Zeitdauer (Sekunde, Minute) wird die gewonnene Menge sehr unterschiedlich sein. Die gewonnene Menge Wasser entspricht der erzeugten absoluten Strahlenmenge ( $\text{mA} \times \text{s} = \text{mAs-Produkt}$ ).

tischen Herausforderungen röntgentechnisch zu genügen.

**\* Ein kleines Röntgengerät darf nicht als Entschuldigung für schlechte Röntgenaufnahmen dienen.**

Ein Beispiel aus der Praxis soll dieses erläutern. Wir bekommen häufig HD-Röntgenaufnahmen von großen Hunden zugesandt, die unterbelichtet sind und keine verantwortbare Auswertung erlauben. Wesentliche Details (z. B. die Knochenstruktur) sind nicht erkennbar. Manchmal bekommen wir dann dazu gleich einen Brief der anfertigenden Kollegen, die um Entschuldigung für die „miese Qualität“ der Aufnahme bitten. Man habe eben nur ein kleines Röntgengerät, das keine besseren Aufnahmen großer Objekte ermöglicht. Wir werden gebeten, die Aufnahme trotzdem auszuwerten.

Dies ist jedoch nicht möglich. Informationen, die nicht auf der Aufnahme vorhanden sind, können durch nichts, auch nicht durch den guten Willen des Betrachters, ersetzt werden (Loeffler, 1985).

Wer eine gute Röntgendiagnostik und damit eine korrekte Beurteilung sicherstellen will, muss auch für die entsprechenden technischen Voraussetzungen sorgen.

Bevor man sich für ein größeres, leistungsstärkeres Röntgengerät entscheidet, muss man prüfen, ob für dieses Gerät die entsprechende **Stromversorgung** in der Praxis gewährleistet ist. Ein leistungsfähiges Gerät kann man in der Regel nicht an eine Steckdose anschließen, die meist nur mit 10 Ampere abgesichert ist. Um wirklich die erwünschte Leistung zu bringen, müssen solche Geräte entweder an Drehstrom angeschlossen werden oder sie benötigen zumindest eine stärkere Stromzuleitung (Leitungsquerschnitt), die außerdem höher abgesichert ist (► **Abb. 2.2**).

Als Vergleich soll hier ein Feuerwehrschauch dienen. Um ein Feuer wirksam bekämpfen zu können, brauche ich einen kräftigen, starken Wasserstrahl. Wenn ich den dicken Feuerwehrschauch an einen normalen Gartenwasserhahn anschließe, wird er nur tröpfelnd das Wasser von sich geben und so keine Wirkung haben. Genauso kann das Röntgengerät seine Leistung nur voll entfalten, wenn genügend Strom über die Zuleitung angeboten wird.

Man sollte daher vor dem Kauf eines Gerätes abklären, welche Leitungen in der Praxis oder im Haus vorhanden sind. Diese bauseitige Situation hat sich insofern in den letzten Jahrzehnten geändert, als viele Haushalte mit reichlich technischen Geräten ausgestattet sind, die eine entsprechende Stromversorgung voraussetzen. So können mittlere Geräte heute häufig an das vorhandene Netz angeschlossen werden. Größere Geräte allerdings benötigen Dreiphasenstrom (Drehstrom), der auch heute in Wohngebäuden meist nicht vorhanden ist.

Hochfrequenzgeräte, die seit einigen Jahren auf dem Markt sind, haben den Vorteil, dass sie aufgrund ihrer Technik bei nominell geringer Leistung (mA) eine deutlich größere Strahlenmenge erzeugen. Insofern sind die Herstellerangaben bei herkömmlichen Geräten nicht mit denen von Hochfrequenzgeräten zu vergleichen. Für die Praxis ist außerdem von Vorteil, dass sie an alle Haus-