

Lernzielkatalog für das Fach Allgemeine Radiologie (MC-Klausur nach dem 6. Semester)

Voraussetzung: Grundkenntnisse der für die Radiologie relevanten Bereiche der Physik, Anatomie und Propädeutik im Rahmen des vorangegangenen Tiermedizinstudiums

Prüfungen zur Radiologie:

- Röntgenpropädeutik im Rahmen der Propädeutikprüfung (nach dem 5. Semester)
- Allgemeine Radiologie im Rahmen der Radiologieklausur (nach dem 6. Semester)
- Spezielle bzw. klinische Radiologie im Rahmen der Chirurgieprüfung (11. Semester)

Informationsquellen:

Vorlesung und Kurs zur Röntgenpropädeutik

(Lernzielkatalog zur Röntgenpropädeutik findet sich im Anhang, am Ende dieses Dokuments)

- Durchführung einer Röntgenuntersuchung
 - Anfertigen von Röntgenaufnahmen (Lagerungs-, Projektions- und Einstelltechnik)
 - Anwendung von Strahlenschutzmassnahmen bzw. praktischer Strahlenschutz

Vorlesung allgemeine Radiologie (Vorlesung Radiologie im 2. und 3. Semester)

- Allgemeine Kenntnisse zur Radiologie
- Strahlenphysik und Dosimetrie
- physikalische und technische Grundlagen der bildgebenden Verfahren in der Radiologie
 - Röntgen
 - Ultraschall
 - Computertomographie
 - Magnetresonanztomographie
 - Szintigraphie bzw. Nuklearmedizin (nuklearmedizinische Diagnostik)
- Strahlenbiologie
- Strahlentherapie
- Natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition des Menschen, Radioökologie
- Praktischer Strahlenschutz
- Strahlenschutzrecht und sonstige Rechtsvorschriften

Vorlesung spezielle bzw. klinische Radiologie (Vorlesung Radiologie im 6. Semester)

- Indikation, Durchführung, Befunderhebung sowie Wertung und Interpretation von radiologischen Untersuchungen (Modalität bzw. Spezies und Topographie)
 - Röntgendiagnostik (Schwerpunkt)
 - Sonographie
 - CT
 - MRT
 - Szintigraphie
- Radiologie Kleintier (Hund und Katze)
 - Skelettradiologie
 - Neuroradiologie
 - Radiologische Diagnostik am Thorax
 - Radiologische Diagnostik am Abdomen
 - Radiologische Diagnostik an Kopf und Zähnen
- Radiologie kleine Heimtiere
- Radiologie Pferd

Weitere Vorlesungen mit radiologischen Inhalten im Rahmen anderer Fächer:

- Zahnheilkunde (z.B. Radiologie von Kopf und Zähnen)
- Allgemeine und Spezielle Chirurgie (z.B. Neuroradiologie, etc.)

Vorlesungen, Kurse und Unterricht im Rahmen der klinischen Rotation

Klinikstunden und klinische Demonstrationen

Röntgenuntersuchungen im Rahmen des Sachkundeerwerbs unter Aufsicht eines Tierarztes mit Fachkunde nach RöV

Praktika im Rahmen des Tiermedizinstudiums

Bücher und Lernprogramme (Literaturangaben siehe Zusammenstellung unten)

E-Learning auf der Homepage der Fakultät unter:

<https://studienportal.vetmed.uni-muenchen.de/studienportal/>

Anwendungsbereich:

der vorliegende Lernzielkatalog bezieht sich auf die:

- Prüfung zur Radiologie (Radiologieklausur zur allgemeinen Radiologie)

Prüfung der klinischen Radiologie im Rahmen der Prüfung im Fach Chirurgie.

Zur Vorbereitung auf die Spezielle/Klinische Radiologie im Rahmen wird neben den erworbenen Kenntnissen der Röntgenpropädeutik und der allgemeinen Radiologie auf die Inhalte des Lernzielkatalogs Chirurgie-Kleintiere verwiesen.

Kenntnisse der klinischen Radiologie anderer Tierarten und Disziplinen können gegebenenfalls im Rahmen anderer Prüfungen gefordert werden. Dort sind die jeweiligen Lernzielkataloge der betreffenden Institute (Rinderklinik, Schweineklinik, Vogelklinik, Medizinische Kleintierklinik, etc.) hinsichtlich der entsprechenden Fächer und anderer Tierarten zu beachten.

Erklärung der Kompetenz-Ebenen

Ebene 1 *Erkennen:*

Der Studierende sollte von der Thematik bzw. Krankheit gehört haben und den Begriff definieren können.

Ebene 2 *Erkennen und Einordnen:*

Der Studierende sollte den Begriff oder die Krankheit kennen, die Bedeutung der damit zusammenhängenden Thematik einordnen und wissen, wie er sich im Bedarfsfall weiter darüber informiert.

Ebene 3 *Einordnen und professionell Bewerten:*

Der Studierende kennt die Grundlagen und wichtigen Details des Begriffs, der Thematik bzw. der Krankheit.

Ebene 4 *In der Praxis damit Umgehen können:*

Der Studierende muss mit dieser besonders wichtigen Thematik (oder Krankheit) detailliert umgehen können. In einer realen Situation muss er den klinischen Einsatz oder die klinische Bedeutung einschließlich der damit gegebenenfalls verbundenen rechtlichen Hintergründe erläutern können.

Bemerkung: Wenn derselbe Begriff bei mehr als einem klinischen Fach mit unterschiedlichen Kompetenzebenen aufgeführt ist, gilt immer die höchste Ebene.

ALLGEMEINE RADIOLOGIE

Allgemeine Kenntnisse zur Radiologie

- Begriff Radiologie, Herkunft und Bedeutung 1
- Geschichte der Radiologie: Zeit, Entdecker und Forscher (Röntgen, Curie, Becquerel) 1
- Medizinisches Fach, Bedeutung in Tier- und Humanmedizin 2
- Kenntnisse der einzelnen Teilbereiche wie Radiologische Diagnostik/Bildgebende Verfahren, Nuklearmedizin, Radiologische Therapie 3
- Radiologie in der Technik (Materialprüfung) und Wissenschaft (Labor/Forschung) 1
- Strahlung als Nebenprodukt (Störstrahler) 1

Strahlenphysik und Dosimetrie

- Atom, Atomaufbau, Kern, Hülle, Kernbausteine, Schalen, Protonen, Neutronen, Nukleonen, Elektronen, Ordnungszahl, Massenzahl, Nukleonenzahl, Protonenzahl, Isotope, Isobare, Isotone, Isomere, Größenverhältnisse, Ladungen 2
- Strahlung 2
 - Strahlungsarten, Einteilung und Eigenschaften von Strahlung 2
 - Teilchenstrahlung (Wellen- /Korpuskularstrahlung) und deren Eigenschaften 2
 - Wellen, Einteilung/Arten, Eigenschaften 2
 - mechanische Wellen
 - elektromagnetische Wellen
 - Zusammenhänge zwischen Wellenlänge, Frequenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit und Photonenenergie 2
 - Elektromagnetisches Spektrum 2
 - Entstehung von Strahlung, Bindungsenergie 2
 - Ionisierende / Nicht-ionisierende Strahlung 3
 - Eigenschaften ionisierender Strahlung 3
 - Röntgenstrahlung (Entstehung, auch Unterschied zu radioaktiver Strahlung) 2
 - Radioaktivität: 3
 - Grundbegriffe
 - Radioaktiver Zerfall, Zerfallsarten, Zerfallsgesetz, Aktivität, Lebensdauer
 - Radioaktive Strahlung (Entstehung, Zerfallsreihen)
- Ausbreitung von Röntgenstrahlung: Abstands(quadrat)gesetz 4
- Wechselwirkungen zwischen elektromagnetischer Strahlung und Materie:
 - Absorption und Streuung: elastische Streuung, Photoeffekt, Comptoneffekt, Photoeffekt, Paarbildung 2
- Dosimetrie, Dosisbegriffe, Einheiten 2

- Physikalische und biologische Größen im Strahlenschutz wie Aktivität, Lebensdauer, Ionendosis, Energiedosis, Äquivalentdosis, Effektive Dosis, Ortsdosis, Körperdosis, Personendosis, Organdosis, linearer Energietransfer (LET), Kerma (kinetic energy released in matter), Energiedosisleistung, Ionendosisleistung, Äquivalentdosisleistung, Ortsdosisleistung 4
- Physikalische Einheiten und deren Zusammenhänge bzw. ggf. Umrechnung wie Becquerel, Coulomb, Röntgen, Gray, rad 2
- Dosimeter, Nachweis von Strahlung 2
 - Einteilung der Messgeräte, Prinzipien der Messtechnik, Funktionsweise der Messgeräte, Anforderungen:
 - Gasentladungsdetektor, Ionisationskammer, Proportionalzählrohr, Geiger-Müller-Zählrohr 1
 - Szintillationsdetektor 1
 - Halbleiterdetektor, weitere Festkörperdetektoren 1
 - Röntgenfilm 4
 - Filmdosimeter 4
 - Thermolumineszenzdosimeter (TLD) 3
 - Photolumineszenzdetektor 1
- Methoden zum Nachweis der Strahlenwirkungen und zur Dosisermittlung bei Beschäftigten und Tier-Betreuungspersonen (= Tierhalter, Abgrenzung helfende Person) 4

Physikalische und technische Grundlagen der Röntgendiagnostik

- Erzeugung der Röntgenstrahlung
 - Röntgenbremsstrahlung, kontinuierliches Bremsspektrum, Charakteristische Röntgenstrahlung 2
 - Wärmeentstehung, Kühlung 2
 - Aufbau der Röntgenröhre (Kathode, Anode, Stehanode, Drehanode, Anodenneigungswinkel) 3
 - Strichfokusprinzip, Fokus, Brennfleck, geometrischer bzw. optischer sowie optisch wirksamer Brennfleck, elektronischer Brennfleck, thermischer Brennfleck (Brennfleckbahn bei Drehanoden) 3
 - Extrafokale Strahlung, Heel-Effekt 1
 - Einblendung, Kollimation, Lichtvisier, Primärstrahl, Nutzstrahlenbündel 4
 - Hochspannungsgenerator, Arten, Leistung 1
 - Physikalische Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie:
 - Comptoneffekt, Photoeffekt, Paarbildung 3
 - Schwächung, Halbwertsschichtdicke, Schwächungsgesetz 3
 - Filterung, Aufhärtung 2
 - Lumineszenz, Fluoreszenz, Phosphoreszenz 2
 - Einstellbare Parameter an der Röntgenröhre:

- Röhrenstrom, Belichtungszeit, Röhrenspannung, mAs-Produkt, Wirkung und Einfluss auf Dosis und Bildqualität bzw. Kontraste 4
 - Richtige Belichtung – Faustregeln bei Veränderung kV, mAs 4
 - Regeleinrichtungen/ Belichtungsautomatik, Funktion, Vor- und Nachteile 4
 - Röntgengeräte – Übersicht/Einteilung d. Typen /Spezialgeräte 2
 - Streustrahlung
 - Entstehung, Bedeutung für Bildqualität, Bedeutung für den Strahlenschutz 4
 - Einflussfaktoren und Maßnahmen (Raster/Einblendung/Kompression/Grödel) 4
 - Streustrahlenraster (Raster)
 - Arten:
 - „Bucky-Blende“ nach Entwickler Gustav Peter Bucky 4
 - Linienraster, Kreuzraster 2
 - Viellinienraster 2
 - Parallelraster (nicht fokussiertes Raster), fokussiertes Raster, pseudofokussiertes Raster 4
 - unbewegtes, stehendes Raster versus bewegtes Raster 4
 - Laufraster, Schwingraster, Pendelraster, Katapultraster 1
 - Rasterkennzahlen 2
 - D: Abstand der Absorberlamellen
 - d: Dicke der Absorberlamellen
 - h: Höhe der Absorberlamellen
 - r: Schachtverhältnis
 - f_0 : Fokussierungsbereich (Film-Fokus-Abstand)
 - Rasterfrequenz: Anzahl der Linien (d+D pro cm)
 - S: Selektivität
 - Einsatz/Rasterfehler: Fokussierung und Defokussierung, Zentrierung und Dezentrierung 4
 - Position bzw. Anbringung des Rasters: im Tisch, in der Kassette (Rasterkassette), an der Kassette, im Kassettentunnel 4
 - Einfluss Raster auf Dosis, Streustrahlenentstehung und Bedeutung für Strahlenschutz 4
 - Abbildungsgeometrie und Kriterien der Bildqualität 1
 - Räumliche Auflösung, Kontrast, Signal-zu-Rausch-Verhältnis, Artefakte 3
 - Auflösungsvermögen - Schärfe/Unschärfe 4
 - Strahlengang/Geometrie/Zentralprojektion/Verzeichnung/Superposition 4
 - Modulare Übertragungsfunktion 1
 - Bildempfängersystem: Klassifizierung, Funktionsweise und Artefakte 3
 - Konventionelle Projektionsradiographie
 - Folienlose Filme, Zahnfilme 2
 - Aufbau eines Röntgenfilms (Schichten, Emulsion, Zusammensetzung) 2
 - Lumineszenz: Fluoreszenz, Phosphoreszenz 1

- Archivierung:
 - Urheberrecht von Röntgenaufnahmen (Kenntnis der Rechtslage im Hinblick auf Urheberrechtsverletzungen, Ausleihen, Eigentumsrechte, forensische Aspekte) 4
 - Dokumentation von Röntgenaufnahmen (Forensik) 2
 - Erstellen von Röntgenkopien 2
 - konventionell mit Kopierfilm
 - digitale „Patienten-CD“
 - Aufbewahrungspflicht und Fristen 3
 - konventionelles Röntgenarchiv mit Umschlägen/Röntgentüten 2
 - digitales Röntgenarchiv 1
 - Datentransfer und Kommunikation: PACS, DICOM
 - digitales Röntgenarchiv: Speicherplatz, Datensicherheit (Festplatten, RAID, CD, DVD, Optische Bänder und Disketten)

Physikalische und technische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik

- Begriffe: Sonographie, Ultraschalldiagnostik, Echographie 2
- Geschichte und Anwendung des Ultraschalls (Fledermäuse, Echolot, Sonar) 2
- Physik und Eigenschaften von Ultraschallwellen 2
 - Transversalwellen und Longitudinalwellen
 - Unterschied zu Elektromagnetischen Wellen
 - Ausbreitungsgeschwindigkeit von Ultraschallwellen
 - Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz, und Wellenlänge ($c=f \times \lambda$)
- Entstehung und Aussendung von Schallwellen: piezoelektrischer Effekt (Piezoeffekt), piezoelektrisches Element 2
- Puls-Echo-Prinzip oder Impuls-Echo-Verfahren 2
- Detektion von Schallwellen, (umgekehrter) piezoelektrischer Effekt 2
- Ultraschallsonde, Sonde, Schallkopf, (engl. scanner, transducer, probe) 2
- Physikalische Einheiten: Frequenz, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Schallintensität, Schalldruck, Lautstärke, akustische Impedanz 1
- Zusammenhänge zwischen Schallgeschwindigkeit, Medium, Impedanz, Dichte 2
- Schallphänomene bzw. physikalische Gesetze des Ultraschalls mit praktischer Bedeutung für die Sonographie wie Absorption, Reflektion (Reflektionsgesetz), Transmission, Streuung, Refraktion, Brechung, Beugung, Interferenz, etc.. 2
- Aufbau und Funktion eines Ultraschallgeräts 2
- Bildmodus (A-Mode, 2D-Echtzeitmodus (Real-Time), B-Mode, M-Mode, Panoramabildverfahren, Mehrdimensionale Anwendung wie 3D/4D-Sonographie 2
- Bildaufbau: Stärke des Echos im Gewebe (Echogenität) entspricht Helligkeit eines Grautons, Verstärkung der Echos, Gesamtverstärkung und Tiefenausgleich, Kontrast im Ultraschallbild/Dynamische Breite 2

- Ultraschallköpfe, Geometrie, Frequenzen 2
- Schallkopfgeometrie, Auflageflächen, Bildfelder mit Vor- und Nachteilen bei Linearsonde, Konvexsonde, Sektorsonden 2
- Bildqualität: Einfluss Frequenz, räumliches Auflösungsvermögen, laterale Auflösung, axiale Auflösung, Fokus, Eindringtiefe (Zusammenhang Eindringtiefe und Schallfrequenz sowie Schallfrequenz und Bildqualität) 1
- Ultraschallkontrastmittel: Funktion und Einsatz 1
- Dopplereffekt, Doppler-Prinzip bei der Ultraschalldiagnostik 1
- Dopplersonographie, Dopplerverfahren: PW-Doppler, CW-Doppler, Spektraldoppler, Farbdoppler, Powerdoppler, Duplexsonographie, Gewebedoppler 1
- Bildfehler, Ultraschallartefakte: distale Schallverstärkung, distaler Schallschatten, Schallauslöschung, vollständiger und unvollständiger Schallschatten, schmutziger Schallschatten, Reverberation, Kommentenschweifartefakt, Ring-Down-Phänomen, Spiegelbildung, Nebenkeulenartefakte, Randschatten, Schichtdickenartefakt, Nebenkeulenartefakt, Speckle bzw. Rauschen, Ankopplungsartefakt, Fehlpositionierung von Objekten mit abweichenden Schallgeschwindigkeiten 2
- Kenntnis der Anwendungsgebiete und Einsatzbereiche der Ultraschalldiagnostik in der Tiermedizin, Vor- und Nachteile der Ultraschalldiagnostik, Indikationen zur Ultraschalldiagnostik, Erscheinungsbild der Gewebe im B-Mode-Ultraschallbild, z.B. Flüssigkeit ist echolos 3
- Nomenklatur (Echogenität, Echotextur, hyperechogen, hypoechogen, isoechogen, reflexreich, reflexarm, echoreich, echoarm) 4
- Beschreibung und Interpretation sonographischer Befunde 2
- Sonographisch assistierte oder sonographisch geführt Gewebe- bzw. Probenentnahme wie Feinnadelaspirate oder Biopsieentnahmen, Punktion von Hohlräumen (z.B. Abszess) Körperhöhlen und Ergüssen (Abdomen, Thorax, Perikard) sowie von Hohlorganen (z.B. Zystozentese) 2
- Therapeutische Anwendungen in Human- und Tiermedizin: wie extrakorporale (fokussierte) Stoßwellentherapie, Lithotripsie, Ultraschalltherapie im Rahmen physikalischer Therapie mit Impulsschall oder Dauerschall 1
- Nebenwirkungen des Ultraschalls wie thermische Effekte, Kavitation 1

Szintigraphie und Nuklearmedizin

- Definition und Abgrenzung des Fachgebiets „Nuklearmedizin“ 2
- Formen nuklearmedizinischer Diagnostik (Szintigraphie) 3
- Formen nuklearmedizinischer Therapie (z.B. Radiojodtherapie, Radiosynoviorthese) 2
- Szintigraphie: lat. Herkunft Begriff, Bedeutung 3
- Nuklearmedizinische Therapie: siehe auch Themenkomplex „Strahlentherapie“ 2
- Physikalische und Chemische Grundlagen der Nuklearmedizin (siehe auch Strahlenphysik) 2

- Atomaufbau: Kern, Hülle, Protonen, Neutronen, Elektronen
- Begriffe: Nukleonen, Massenzahl, Ordnungszahl, Element, Isotop, Nuklid, Radioisotop, Radionuklid...
- Radioaktivität, radioaktiver Zerfall und radioaktive Strahlung (α , β^+ , β^- , γ , etc.)
- Aktivität Einheit (Bequerel, Curie), Halbwertszeit
- Dosisseinheiten (Gray, Sievert, rem, rad, Wichtungsfaktoren, Art des Gewebes, Expositionspfad), Spezifische Aktivität, Freigrenze
- Geschichte der Nuklearmedizin und Pioniere (Röntgen, Becquerel, Curie, ...)
- Prinzip szintigraphischer Diagnostik, morphologische und funktionelle Diagnostik 3
- Physiologische Grundlagen nuklearmedizinischer Diagnostik (Stoffwechsel, Blutfluss, Verteilung, Körper kann radioaktives und nicht-radioaktives Isotop nicht unterscheiden 2
- gewünschte Eigenschaften eines Radionuklids für die Szintigraphie (Strahlungsart, Halbwertszeit) 2
- Begriffe und Bedeutungen: Radiochemie, Tracer, Radiopharmakon, Isotopenlabor, Verteilung, Anreicherung, Speicherung, Nachweis/Detektion 2
- Herstellung, Handhabung, Pharmakologie, Pharmakokinetik und Toxikologie radioaktiver Arzneimittel (Radiopharmaka), Biokinetik, Stoffwechselverhalten 1
- Entstehung eines Szintigramms, Farbskala, Kontrast 2
- Nomenklatur der Befundbeschreibung: gesteigerte/reduzierte Anreicherung/Speicherung, „Hot-Spot“, „Cold-Spot“ 3
- Wichtige Radionuklide in der Szintigraphie: v.a. Technetium, sonstige 2
- physikalische und chemische Eigenschaften der in der Tiermedizin verwendeten radioaktiven Stoffe
- Erzeugung von Radionukliden, Zerfallsreihe, Mutter- und Tochternuklid 2
- Molybdän, Technetium 2
- Generator, Generatorkern, Ionenaustauschssäule, Elution, Eluat, Per Technetium 3
- Technetium, Abkürzung, versch. Schreibweisen: ^{99m}Tc , Tc-99m 3
- Kernisomerie, metastabiler Zustand, ^{99m}Tc versus ^{99}Tc 3
- Halbwertszeit von Technetium, Strahlungsenergie von Technetium 2
- andere Radioisotope in der Szintigraphie (123-J, 131-J) 2
- Dosimetrie in der Nuklearmedizin, Mess- und Nachweisverfahren, Aktivität, Aktivitätsbestimmung, Dosisberechnung 1
- Aufbau und Funktionsweise eines Szintillationszählers 2
- Aufbau und Funktionsweise einer Gammakamera (Angerkamera) 2
 - Prinzip und Funktion Kollimator, Kollimatorarten, Abhängigkeit der Strahlenenergie 2
 - Szintillationskristall (NaJ) 2
 - Photomultiplier 1
- SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography): Prinzip und Funktionsweise 1
- PET: Positionenmissionstomographie, PET-CT 1
 - Aufbau der Kamera, Anordnung der Detektoren, Kombination mit CT 1

- Beispiel für PET-Radionuklid: ^{18}F -FDG (Fluordesoxyglucose) 1
- Funktionsweise und Begriffe: Positron, Annihilation, Gammaquanten, Vernichtungsstrahlung, 511 keV, Zeitfenster, Koinzidenz 1
- Durchführung einer Szintigraphie (statisch, dynamisch, funktionell) 2
- Verschiedene Einsatzgebiete und Indikationen der Szintigraphie sowie deren Durchführung, Untersuchungsziel einschließlich Kenntnis der Radiopharmaka, Erhebung der Befunde und Interpretation: 2
 - Skelettszintigraphie 2
 - Nierenszintigraphie 2
 - Schilddrüsenszintigraphie 2
 - Shunt- und Leberszintigraphie 1
- Skelettszintigraphie Kleintier und Pferd 2
 - Kits zur Erzeugung von Radiopharmaka: HDP, MDP 1
 - Knochenaffinität 1
 - Durchführung einer Skelettszintigraphie 2
 - Phasen der Untersuchung 1
 - Frühphase (vaskulär, Durchblutung, während Injektion)
 - Weichteilphase
 - Knochenphase nach ca. 2-4 Stunden
 - typische Befunde und deren Interpretation 2
 - Artefakte und deren Vorbeugung(z.B. Urinkontamination) 1
- Strahlenschutz: rechtlicher Strahlenschutz und praktischer Strahlenschutz bei der Anwendung offener radioaktiver Stoffe 2
 - Personal, Tier-Betreuungsperson, Strahlenexposition und Überwachung
 - Ermittlung der Strahlenexposition
 - baulicher und apparativer Strahlenschutz
 - Kontamination und Dekontamination
 - Inkorporation und Dekorporation
 - Kontaminations- und Inkorporationsüberwachung
- Praktische Schutzmaßnahmen bei der Szintigraphie: genaue Kenntnis der Inhalte der Anlage 13 der Richtlinie Strahlenschutz in der Tierheilkunde! 1
 - baulicher und technischer Strahlenschutz 1
 - organisatorischer Strahlenschutz (Untersuchungsplanung, -Ablauf) 1
 - Aufenthaltszeiten und Untersuchungszeiten beschränken 1
 - Schutzkleidung 1
 - Vermeidung von Inkorporation (kein Rauchen, Essen, Trinken, Kosmetik,..) 1
 - Schutz von äußeren Verletzungen mit Inkorporationsgefahr (Verband, Handschuhe) 1
 - Abschirmung, v.a. Spritzenabschirmung 1
 - Venenkatheter, Sedation, ggf. Narkose, Fixations- und Lagerungshilfen 1
 - Schutzhandschuhe 1
 - Vorkehrungen gegen Kontamination durch radioaktive Exkrememente 1

- Vorbeugung gegen Kontamination 1
- Kontaminationsnachweis 1
- Dekontaminationsmaßnahmen 1
- Messung Dosisleistung 1
- Entlassungsaktivitäten 1
- Maßnahmen und Strahlenschutzregelungen bei Notfällen 1
- Kenntnis der für die Tiermedizin relevanten Gesetzeswerke und deren Inhalte zum Thema Nuklearmedizin bzw. Szintigraphie in der Tiermedizin (siehe auch Strahlenschutzrecht): 2
 - Strahlenschutzverordnung – StrlSchV 2
 - Strahlenschutz in der Tierheilkunde: Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und zur Röntgenverordnung (RöV) 3
- Aufbewahrung, Transport und Beseitigung radioaktiver Stoffe: Vorschriften, Geräte und Vorrichtungen, Aufzeichnungen 1
- Unterweisung des Personals: Inhalte, Fristen, Nachweise 1
- Information der Tier-Betreuungsperson: Inhalt, Nachweis 2
- Qualitätssicherung 1
- Spezielle Rechtsvorschriften Richtlinien 1
 - behördliche Verfahrensregelungen und Prüfungen
 - Anzeige- und Genehmigungsverfahren auf dem Gebiet des Strahlenschutzes
 - Regeln der Technik, Normen, Leitlinien
- Störfälle und Unfälle 1
 - spezielle Störfallsituationen beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen
 - realistische Unfallsituationen
 - Verhalten bei Unfällen (Erste-Hilfe-Plan, Messverfahren, Dosisgrenzwerte, Meldewesen, Folgen für die Weiterbeschäftigung)

Computertomographie (CT)

- Schnittbildverfahren/Tomographie (Begriff, Herkunft, Bedeutung) 2
- Geschichte und Entwicklung der CT: Radon, Cormack, Hounsfield 1
- Technische und physikalische Grundlagen der Computertomographie (siehe Strahlenphysik) 2
- Aufbau und Funktionsweise eines Computertomographen: Gantry mit Strahler und Detektor, Patiententisch, Steuereinheit 2
- Aufbau und Funktion der unterschiedlichen Generationen von Tomographen, Schleifringtechnik, Spiral-CT/Helix-CT, Mehrzeiler, Dual-source CT 1
- Schwächungskoeffizient 1
- Hounsfield-Skala, Hounsfield-Einheiten (Luft, Wasser) 2
- Kontraste im CT-Bild: Fenstertechnik, Fensterzentrum/-lage, Fensterweite/-breite
 - Knochenfenster, Weichteilfenster, Lungenfenster 2
- Mathematische Hintergründe digitaler Schnittbilder: Matrix, Auflösung, Pixel 1

- Filter, Rückprojektion, gefilterte Rückprojektion, Kernel, Radon Transformation 1
- Untersuchungsparameter und deren Bedeutung für die Bildqualität: Schichtdicke, Vorschub, Pitch 2
- Aufbau eines digitalen Bildes: Matrix, Pixel, Voxel, isotrope und anisotrope Voxel 2
- primär Transversalschnitt in der CT, ggf. sekundäre Rekonstruktion der anderen Ebenen 2
- Ebenen in der Schnittbilddiagnostik/Tomographie:
 - Transversalebene (transversal) 1
 - Sagittalebene (sagittal, auch axial) 1
 - Dorsalebene (dorsal entspricht dem Begriff coronar in der Humanmedizin) 1
 - schräge Ebenen 1
- Rekonstruktionen: Multiplanare Rekonstruktion, Dreidimensionale Rekonstruktion 1
- Kontrastmittel in der Computertomographie 1
 - i.v. –applizierte nicht-ionische, jodhaltige Kontrastmittel, Darstellung von Gefäßen und Durchblutung und Anreicherung von Geweben (z.B. Kontrastmittelaufnahme eines Gehirntumors wegen gestörter Blut-Hirn-Schranke)
 - sonst grundsätzlich gleiche Untersuchungsmöglichkeiten wie bei Kontrastmittel-Röntgenuntersuchungen: z.B. Myelo-CT (Myelographie), CT-Angiographie (Angiographie), CT-Fistulographie, CT-Ausscheidungsurographie, etc.
- Indikationen, Lokalisation und Durchführung der Computertomographie in der Tiermedizin: 2
 - Kopf (Nase und Nasennebenhöhlen, Gehirn), Wirbelsäule (Bandscheibenerkrankungen, Frakturen, Luxationen), komplexe Gelenke (Ellbogen, Karpus, Tarsus), Thorax, Abdomen, Becken und Beckenhöhle
 - insbesondere bei Röntgen- oder Ultraschallbefunden, die einer weiteren Abklärung bedürfen oder bei klinischen Problemen, die mit Röntgen oder Ultraschall nicht geklärt werden können (z.B. intracranielle Prozesse, wie Gehirntumor, etc.)
- Strahlenschutzaspekte und Strahlenschutzmassnahmen bei CT-Untersuchungen in der Tiermedizin für Tier und Untersucher (Tier in Narkose, extern gesteuertes Narkosegerät, Überwachung bzw. Monitoring des Patienten außerhalb des Untersuchungsraumes, sollten keine Personen im Untersuchungsraum anwesend sein während der Untersuchung selbst) 2
- Nomenklatur bzw. Befund des Absorptionsgrades von verändertem Gewebe im Verhältnis zu einem Vergleichsgewebe: isodens, hypodens (Hypodensität), hyperdens (Hyperdensität) 2
- Befunderhebung, Befundbeschreibung, Wertung und Interpretation von CT-Untersuchungen 2

Magnetresonanztomographie (MRT)

- Schnittbildverfahren/Tomographie (Begriff, Herkunft, Bedeutung) 2
- Synonyme: MR, MRI, Magnetic Resonance Imaging, Kernspintomographie (KST) 1

- Ebenen in der Schnittbilddiagnostik:
 - Transversalebene (transversal)
 - Sagittalebene (sagittal, auch axial)
 - Dorsalebene (dorsal entspricht dem Begriff coronar in der Humanmedizin)
 - schräge Ebenen

Physikalische Grundlagen

1

- Atomaufbau, Atomkern, Proton, Spin, Wasserstoff
- Magnetfeld, Feldlinien, Nord-, Südpol
- Magnetfeldstärke, Magnetische Flussdichte, Tesla
- Longitudinale Magnetisierung, Präzession, Präzessionsfrequenz, Larmorfrequenz, Larmorgleichung, gyromagnetisches Verhältnis γ (42,58 MHz/T)
- Resonanz, Hochfrequenzimpuls, Frequenz, Kernspinresonanz
- Anregung, Energietransfer, Pulswinkel/Flipwinkel, Gesamt-/Nettomagnetisierung
- Abnahme der Längs-/Longitudinalmagnetisierung
- Synchronisation, Phasenkohärenz
- Entstehung von Quer-/Transversalmagnetisierung
- Longitudinale Relaxation, Spin-Gitter-Relaxation, Energieabgabe ans Gitter, T1-Kurve, T1-Relaxation, Longitudinale Relaxationskonstante, Abhängigkeit von Magnetfeldstärke, versch. T1-Zeiten unterschiedlicher Gewebe – Kontrast
- Transversale Relaxation, Spin-Spin-Relaxation, Verlust der Phasenkohärenz, Energieaustausch benachbarter Spins/Spin-Spin-Interaktionen, T2-Kurve, T2-Relaxation, T2-Zeit, Transversale Relaxationskonstante, unabhängig von Magnetfeldstärke, versch. T2-Zeiten unterschiedlicher Gewebe - Kontrast
- Summenvektor Gesamtmagnetisierung (T1- und T2-Relaxation)
- Antenne, Spule (Coil), Induktion, FID (free induction decay), MR-Signal
- Wichtung, T1-Wichtung, T2-Wichtung, PD-Wichtung (Protonendichte-Wichtung)
- Hochfrequenzimpulse (HF-Puls), (Im-)Pulssequenz
- Art und Abfolge von HF-Pulsen, Pulswinkel
- Intervalle zwischen Impulsen: TE (Echozeit), TR (Repetitionszeit), TI (Inversionszeit)
- TE- und TR-Zeiten (ms bis s)
- T1-Wichtung: kurze TR, kurze TE
- T2-Wichtung: lange TR, lange TE
- PD-Wichtung: lange TR, kurze TE
- Relaxationskurven, Signaldifferenz, Abhängigkeit von der Wahl TR und TE, Impulsfolge, Signalstärke, Einfluss auf Gewebekontrast bzw. Bildkontrast
- Voxel, Pixel, Schichtdicke, Matrix
- Signalstärke und Helligkeit eines Pixels
 - Starkes Signal – heller Bildpunkt
 - Geringes Signal - dunkler Bildpunkt
 - Kein Signal - schwarz
- Nomenklatur (Vergleich mit anderem Gewebe/Bezugsgewebe)

- hyperintens, signalreich, Hyperintensität
 - isointens, signalgleich, gleiches Signal wie Vergleichsgewebe
 - hypointens, signalarm, Hypointensität
- Aufbau und Funktion eines Magnetresonanztomographen 1
- Magnet
 - Anordnung: offenes System, geschlossenes System, halboffenes System (Form, Verlauf Magnetfeldlinien, Streufeld, Feldstärke)
 - Typen: Permanentmagnet, Resistivmagnet, supraleitender Magnet (Eigenschaften, Vor- und Nachteile)
 - Gradientenspulen, Gradientensystem, Verstärker 1
 - 3 separate Spulen für jede Richtung (x,y,z), Isocenter, hämmerndes Geräusch, Gradientenstärke (mT/m)
 - Hochfrequenzsystem, Verstärker 1
 - Hochfrequenzsender
 - Hochfrequenzempfänger
 - Spulen: Sende-, Empfangsspulen
 - Spulen:
 - Funktion: Knie-, Kopf-, Wirbelsäulenspule, etc.
 - Volumenspulen, Oberflächenspulen, intracavitären Spulen
 - Technik: Phased Array Spulen, etc.
 - Untersuchungstisch, Computer (Steuerrechner, Bildrechner, Rekonstruktionsberechnungen, etc.), Bedienkonsole (Monitor, Tastatur, Sprechanlage), Hilfsgeräte (EKG, Überwachungskamera, Steuerung des Untersuchungstisches, etc.) 1
 - MR-Raum: Hf-Abschirmung, faradayscher Käfig
 - Gefahren beim MRT 1
 - Quench
 - Metall wird geschossartig angezogen, Verletzungsgefahr
 - Kontraindikationen: Herzschrittmacher, teilweise Implantate, ggf. Fremdkörper, Gefäßclips 1
 - Ortskodierung des MR-Signals 1
 - Matrix, Voxel, Pixel, Schichtdicke
 - Schichtselektion, Schichtselektionsgradient, Frequenzbandbreite
 - Phasenkodierung, Phasenkodiergradient, Phasenverschiebung
 - Frequenzkodierung, Frequenzkodiergradient, Frequenzverschiebung
 - Fourier-Transformation entlang der Frequenzkodierung
 - Repetition der Messung mit unterschiedlichen Phasenkodierungen (Zeilenzahl)
 - 2. Fourier-Transformation entlang der Phasenkodierung
 - Ortsinformation entsprechend Zeile und Spalte der Matrix
 - 3D-Sequenz, 3 Fourier-Transformationen (x,y,z), lückenloser Datensatz, Möglichkeit sekundärer Rekonstruktionen (MPR, MIP)
 - Rekonstruktionen:
 - MPR –multplanare Rekonstruktion

- MIP – maximale Intensitätsprojektion
- Impulssequenzen 1
 - Prinzip einer Sequenz: Anregung (mit Schichtwahlgradient), Phasenkodierung, Echoerzeugung, Frequenzkodierung, Empfang des Echos
 - Spinecho (SE)
 - Turbospinecho (TSE), Fastspineecho (FSE)
 - Gradientenecho (GE), Fieldecho (FE)
 - Inversion Recovery – IR:
 - FLAIR: fluid attenuated inversion recovery (Liquorsuppression)
 - STIR: short tau (TI – inversion time) inversion recovery (Fettsuppression)
- Suszeptibilität 1
- Echo, Echoerzeugung: zwischen Anregung und Messung (TE/2) neutralisiert ein 180° Impuls externe statische Feldinhomogenitäten (Grundfeldinhomogenität und Suszeptibilität), zum Zeitpunkt TE nur noch Einfluss der T2-Relaxation 1
- T2*-Relaxation: T2-Relaxation ohne Rephasierung (Echoerzeugung), Signalabfall durch Spin-Spin-Interaktionen und durch externe statische Feldinhomogenitäten (Grundfeldinhomogenität und Suszeptibilität, die durch den Rephasierungsimpuls neutralisiert würden) 1
- Unterschied T2- und T2*-Kurve 1
- Bildqualität 1
 - Bildfeld (FOV, Field-of-View), Pixel, Voxel, Matrix, Schichtdicke
 - Ortsauflösung (abhängig von Voxelgröße)
 - steigt mit sinkender Voxelgröße (FOV, Matrix und Schichtdicke) durch:
 - kleineres Bildfeld
 - größere Matrix (Basisauflösung)
 - geringere Schichtdicke
 - Kontrastaufklärung
 - Steigt mit steigender Voxelgröße
 - steigt mit steigendem Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR – signal noise ratio)
 - steigt mit Akquisitionen
 - steigt mit steigender Magnetfeldstärke
 - höher mit enger anliegender Spule (Spulenwahl)
 - Voxel: isotrope und anisotrope Voxel
 - Akquisitionszahl: Datenerfassung, wiederholte Datenerfassung verbessert das SNR bei Verlängerung der Messzeit
 - Flipwinkel (auch Pulswinkel, Kippwinkel): Grad der Auslenkung der Gesamtmagnetisierung von der Längsrichtung des Hauptmagnetfeldes durch den HF-Puls (z.B. 90° bei Spinechosequenzen, 180° bei Inversion-Recovery-Sequenzen, kleine Winkel unter 90° bei Gradientenechosequenzen)

- Artefakte (Bildfehler, Kunstprodukt, Strukturen im Bild ohne anatomisches oder funktionelles Korrelat im Patienten) 1
 - Methodisch bedingte (unvermeidbare) Artefakte:
 - Partialvolumenartefakte (auch Partialvolumeneffekt)
 - Suszeptibilitätsartefakte
 - chemische Verschiebung
 - Fluss- und Bewegungsartefakte (manche, z.B. Blutfluss)
 - Magic-Angle-Artefakt
 - Abbruchartefakte
 - Vermeidbare Artefakte
 - Fluss- und Bewegungsartefakte (manche, z.B. Spontanbewegung)
 - Einfaltungsartefakte
 - Systembedingte Artefakte (oft technische Defekte)
 - Spikes, Linienartefakte, parasitäre Anregung
- MR-Kontrastmittel (KM) 1
 - Verändern Signalintensität von Geweben
 - Erhöhen Signaldifferenz zweier Gewebe
 - Erleichtern Erkennen von Läsionen
 - Verbessern diagnostische Aussagekraft
 - Meist i.v. injizierte Gadoliniumverbindungen, z.B. Gadodiamide (Omniscan®)
 - paramagnetische Substanzen,
 - viele ungepaarte Elektronenspins (Gadolinium 7)
 - Ungepaarte Elektronen der äußeren Schalen richten sich im äußeren Magnetfeld aus (magnetisches Moment)
 - Starke Wechselwirkungen zwischen Elektronen des KM und Protonen
 - Schelle Energieabgabe der Protonen an Elektronen
 - Beschleunigung der T1- und T2-Relaxation
 - Somit Kontrastmittelanreicherung: hyperintens in T1-Wichtung (stärkeres Signal) (KM-Anreicherung wird nicht im T2-Bild beurteilt!)
 - Daneben gibt es noch andere KM, allerdings derzeit kaum tiermedizinische Relevanz
- Weitere MR-Techniken: 1
 - schnelle und ultraschnelle Bildgebung (RARE, Single Shot Technik, HASTE, EPI-Sequenzen (echo planar imaging), etc..)
 - Diffusions- und Perfusionsbildgebung
 - MR-Angiographie (Phasenkontrast-, Time-of-Flight- (TOF) und kontrastmittelverstärkte MRA)
- Geschichte der MRT 1
 - Edward M. Purcell und Felix Bloch: Nobelpreis Physik, 1952, Arbeiten zum Kernmagnetismus und zur Kernresonanz
 - Paul C. Lauterbur und Peter Mansfield: Nobelpreis Physiologie und Medizin 2003 für Entwicklung der MRT als bildgebende NMR

- Raymond V. Damadian: Miterfinder MRT
- Befunderhebung, Befundbeschreibung, Wertung und Interpretation von MRT-Untersuchungen

2

Radioökologie: natürliche und zivilatorische Strahlenexposition

- Durchschnittliche Strahlenbelastung der Bevölkerung 1
- Natürliche Strahlung und Strahlenexposition (Auftreten, Bedeutung und Einschätzung) 1
 - Zivilisatorische Exposition durch natürliche Radionuklide
 - kosmische Strahlung (Höhenstrahlung, Flugverkehr, etc.)
 - terrestrische Strahlung (Geologie, Böden, Trinkwasser, Radon, etc.)
 - Expositionspfade: äußere Exposition, interne Exposition, Inkorporationswege
 - Risiko und Risikobetrachtung (Definition, Abschätzung der Strahlenexposition und deren Bedeutung, sonstige Risiken)
- Zivilisatorische Strahlenexposition durch künstlich erzeugte Strahlung 1
 - Medizinische Strahlenanwendungen für Diagnostik und Therapie
 - Anwendung in der Technik (Materialprüfung) und Wissenschaft (Forschung)
 - Fallout von nuklearen Testexplosionen, Kernwaffentest
 - Nutzung der Kernenergie, Kerntechnische Anlagen
 - Verbrennung fossiler Brennstoffe
- Kontamination mit radioaktiven Stoffen (u.a. Lebensmittel) 1
- Nachweismethoden über Kontaminationen mit radioaktiven Stoffen 1
- Bestrahlung von Lebensmitteln (Strahlenart, Sinn und Ziel, welche Lebensmittel, Rechtslage, Nachweis bestrahlter Lebensmittel, Dosen) 1
- Störstrahler 1

Strahlenbiologie

- Direkt und indirekt ionisierende Strahlung 2
- Direkte und indirekte Strahlenschäden 2
- Lineares Energietransfervermögen (LET), Relative Biologische Wirksamkeit (RBW) 2
- Strahlenchemie des Wassers (Radiolyse, Folgeprodukte) 1
- Strahlenwirkungen auf DNA, Mutationen, Chromosomenveränderungen 1
- Apoptose versus Nekrose 1
- Modifikation der Strahlenwirkung: Strahlenschutzsubstanzen, Sensibilisatoren, Sauerstoffeffekt 1
- Zellen, Zellzyklus, Strahlenwirkungen auf Zellen, Zellüberlebenskurven, Reparaturprozesse (Mechanismen) 1
- Strahlenwirkungen auf Gewebe und Organe, Dosis-Wirkungs-Beziehungen, Toleranzdosis-konzept, Toleranzdosen, Therapeutische Breite, Strahlenwirkungen auf

- | | |
|--|---|
| Tumorgewebe, Fraktionierung, „4Rs“ (Reparatur (Repair), Reoxygenierung, Repopulierung, Redistribution) | 1 |
| • Akute und chronische Strahlenschäden | 1 |
| • Strahlenschäden; stochastische, deterministische und teratogene Strahlenschäden, Fertilität, Wirkungen kleiner Strahlendosen | 2 |
| • Wirkungen ionisierender Strahlen auf Menschen, Tiere, Lebensmittel, Futtermittel und die Umwelt | 1 |
| • Biologische Wirkungen nicht-ionisierender Strahlen und Wellen (UV-Licht, elektromagnetische Felder/MRT, Ultraschallwellen) | 1 |

Strahlentherapie

1

- Geschichte der Strahlentherapie (Röntgen, Bequerel, Curie)
- Technik: von der Röntgenlampe zum Linearbeschleuniger
- Begriffe: Strahlentherapie, Radioonkologie, Radiotherapie
- Strahlenschutz in der Strahlentherapie (baulich, technisch)
- Rechtsvorschriften (RöV, StrSchV, Richtlinie Strahlenschutz in der Tierheilkunde)
- Bedeutung der Strahlentherapie in der Tiermedizin
- Anwendungsgebiete der Strahlentherapie in der Tiermedizin
- Grundbegriffe der Onkologie und beteiligte Fachgebiete (Neoplasie, etc.)
- Diagnostik von Tumoren (von der Anamnese bis zur Biopsie[-techniken])
- Therapie von Tumoren (Therapieformen, interdisziplinär, kombiniert)
- Strategien der Tumorbehandlung (palliativ, kurativ, etc.)
- Ionisierende Strahlen in der Strahlentherapie (Photonen, Teilchen,...)
- Tiefendosiskurven und Einfluss auf Therapie(wahl)
- Nicht-ionisierende Strahlen in der Tiermedizin (physikalische Therapie)
- Formen der Strahlentherapie (Teletherapie, Brachytherapie)
- Orthovolt- und Megavolttherapie
- Röntgentherapie (Röntgenreizbestrahlung)
- Telegammatherapie (Gerät, Funktionsweise, Vor-/Nachteile, Isotop Co⁶⁰)
- Beschleuniger (Formen: Kreis-, Linearbeschleuniger)
- Linearbeschleuniger (Aufbau, Technik, Funktionsweise, Kollimation, Filter, etc.)
- Strahlentherapie mit Protonen (Vorteile, Nachteile)
- Brachytherapie (Einteilung, Lokalisation, Dosisleistung, Spickung, Afterloading)
- Durchführung einer Radiotherapie
- Bestrahlungsplanung
- Portfilme, Planungs-CT
- Isozentrum, Isodosen
- Ärztliche Bestrahlungsplanung
- Physikalisch-technische Bestrahlungsplanung

- Zielvolumenkonzepte (GTV, CTV, PTV, TV, IV)
- Kritische Organe
- Dosis-Volumen-Histogramme
- Lagerung und Probleme bei der Lagerung und deren Lösungsansätze (Stabilität, Reproduzierbarkeit: Vakuumkissen, Aufbisschienen)
- Stehfeld, Gegenfeld, Mehrfeldertechnik
- Konformierende Strahlentherapie
- Fraktionierung
- Grund der Fraktionierung (subletaler Schaden, Erholung)
- Formen der Fraktionierung (akzeleriert, hyperfraktioniert, hypofraktioniert)
- Radiojodtherapie (Einsatz bei Schilddrüsenerkrankungen, v.a. Katze, Prinzip, Funktionsweise, Durchführung, Isotop)

Praktischer Strahlenschutz

4

- Praktische Schutzmaßnahmen bei der Röntgenuntersuchung: detaillierte Kenntnisse der Inhalte der Anlage 12 der Richtlinie Strahlenschutz in der Tierheilkunde!
- Strahlenschutzgrundsätze bei Anwendung von Röntgenstrahlung
 - ALARA-Prinzip; „3A“-Regel
 - Vermeidung unnötiger Strahlenexposition
 - Minimierung auch unterhalb der zugelassenen Grenzwerte
 - Schutzkleidung
 - im Kontrollbereich immer ausreichend Schutzkleidung (Röntgenschutzschürzen, Schilddrüsenschutz, Schutzbrillen, Bleihandschuhe, etc.) tragen
 - Bleihandschuhe insbesondere wenn Teile der Hand in die Nähe des Nutzstrahlbündels geraten können
 - Schutzkleidung für Streustrahlung, nicht für Primärstrahlung
 - regelmäßige Kontrolle der Schutzkleidung auf Funktionsfähigkeit (Risse)
 - Aufnahmetechnik
 - so eng wie möglich einblenden und damit Streustrahlung reduzieren
 - mAs-Produkt oder Durchleuchtungszeiten klein halten
 - Dosisreduktion durch geeignete Film-Folien-Systeme erzielen
 - Durchleuchtungsuntersuchungen bzw. Durchleuchtungszeiten minimieren
 - maximaler Abstand von der Strahlenquelle (Abstandsquadratgesetz!) zum Röntgenstrahler, zum Tier (Streustrahlung) bzw. anderen Streuobjekten
 - Nutzung von technischen Einrichtungen (z.B. Stative und Kassettenshalter) zur Vergrößerung des Abstands von Personen zur Strahlenquelle und zur Streustrahlenquelle gegebenenfalls zusätzliche Abschirmhilfen einzusetzen
 - Nie in den Direktstrahl greifen

- Kenntnis und sinnvoller Einsatz von Lagerungshilfen wie Schaumstoffkeile oder Lagerungswannen sowie von Binden oder von Holzkochlöffeln als „verlängerter Arm“, um mehr Abstand zur Strahlenquelle zu halten
- Anwendung von apparativen und technischen Strahlenschutz/ baulicher Strahlenschutz
- organisatorischer Strahlenschutz
 - Aufgabenverteilung zwischen Strahlenschutzbeauftragten,
 - Strahlenschutzanweisung
 - Vorbereitung , Standardisierung, Qualitätssicherung

Strahlenschutzrecht

- Rechtliche Grundlagen und Grundprinzipien des Strahlenschutzes für Beschäftigte und Bevölkerung 1
- Gesetz, Verordnung, Leitlinie und Richtlinie (Bedeutung, Beispiele) 1
- Kenntnisse der für den Tierarzt relevanten Inhalte folgender Gesetzestexte
 - Röntgenverordnung (RöV) 3
 - Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) 1
 - Richtlinie Strahlenschutz in der Tierheilkunde („Strahlenschutz in der Tierheilkunde - Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung und zur Röntgenverordnung) 3
 - weitere Richtlinien zur RöV 1
 - Qualitätssicherungsrichtlinie (QS-RL)
 - Sachverständigenrichtlinie (SV-RL)
 - Fachkunde-Richtlinie Technik nach RöV
 - Richtlinie zur Teleradiologie
 - Ärztliche und zahnärztliche Stellen - Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und zur Röntgenverordnung (RöV)
 - weitere Richtlinien zur StrlSchV 1
 - Strahlenschutz in der Medizin - Richtlinie nach der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung –StrlSchV)
 - Richtlinie über die im Strahlenschutz erforderliche Fachkunde (Fachkunde-Richtlinie Technik nach Strahlenschutzverordnung)
 - Ärztliche und zahnärztliche Stellen - Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und zur Röntgenverordnung (RöV)
 - Fachkunde-Richtlinie Technik nach Strahlenschutzverordnung) Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB)
 - Anlagen A und B zum Europäischen Übereinkommen über die Internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR): regelt die Vorschriften für die Durchführung von Gefahrguttransporten (z.B. radioaktives Material) auf der Straße
- sonstige für den Tierarzt relevante Inhalte aus: 1

- Medizinproduktegesetz
- Arzneimittelgesetz
- Arbeitsschutzgesetz
- Hierarchie der einzelnen Gesetzeswerke und Verordnungen, Einbindung bzw. Einordnung der Verordnungen und Richtlinien zum Strahlenschutz ins nationale (Grundgesetz, Atomgesetz) und internationale Rechtsgefüge (EURATOM-Richtlinien) 1
- Geschichte des Strahlenschutz und Strahlenschutzrechts 1
- Nationale und internationale Normen, Vereinigungen und Verbände 1
 - EURATOM
 - Richtlinie 96/29/EURATOM
 - Richtlinie 97/43/EURATOM
 - ICRP, ICRP-Empfehlungen
 - ICRU, ICRU-Empfehlungen
 - Normen des Normenausschusses Radiologie
- Atomgesetz (Zweck, inhaltliche Struktur, Einschränkung, Grundrechte, Zuständigkeit) 1
- Röntgenverordnung (RöV):
 - Allgemeine Vorschriften
 - § 1 Anwendungsbereich 2
 - § 2 Begriffsbestimmungen 1
 - Strahlenschutzgrundsätze 4
 - § 2a Rechtfertigung
 - § 2b Dosisbegrenzung
 - § 2c Vermeidung unnötiger Strahlenexposition und
 - Dosisreduzierung 4
 - Überwachungsvorschriften
 - Betrieb von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern
 - § 3 Genehmigungsbedürftiger Betrieb von Röntgeneinrichtungen 1
 - § 4 Anzeigebedürftiger Betrieb von Röntgeneinrichtungen 3
 - § 4a Sachverständige 1
 - § 5 Betrieb von Störstrahlern 1
 - Sonstige Tätigkeiten im Zusammenhang mit Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern 1
 - § 6 Prüfung, Erprobung, Wartung, Instandsetzung und Beschäftigung 1
 - § 7 Untersagung
 - Bauartzulassung 1
 - § 8 Verfahren der Bauartzulassung
 - § 9 Pflichten des Inhabers einer Bauartzulassung
 - § 10 Zulassungsschein
 - § 11 Bekanntmachung im Bundesanzeiger
 - § 12 Pflichten des Inhabers einer bauartzugelassenen Vorrichtung
 - Vorschriften für den Betrieb 2

- Allgemeine Vorschriften
 - § 13 Strahlenschutzverantwortliche und Strahlenschutzbeauftragte 4
 - § 14 Stellung des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten 4
 - § 15 Pflichten des Strahlenschutzverantwortlichen und des Strahlenschutzbeauftragten 4
 - § 15a Strahlenschutzanweisung 1
 - § 16 Qualitätssicherung bei Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung von Menschen 1
 - § 17 Qualitätssicherung bei Röntgeneinrichtungen zur Behandlung von Menschen 1
 - § 17a Qualitätssicherung durch ärztliche und zahnärztliche Stellen 1
 - § 18 Sonstige Pflichten beim Betrieb einer Röntgeneinrichtung oder eines Störstrahlers nach § 5 Abs. 1 4
 - § 18a Erforderliche Fachkunde und Kenntnisse im Strahlenschutz 3
 - § 19 Strahlenschutzbereiche 4
 - § 20 Röntgenräume 2
 - § 21 Schutzvorkehrungen 2
 - § 22 Zutritt zu Strahlenschutzbereichen 4
- Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen 1
 - § 23 Rechtfertigende Indikation
 - § 24 Berechtigte Personen
 - § 25 Anwendungsgrundsätze
 - § 26 Röntgendurchleuchtung
 - § 27 Röntgenbehandlung
 - § 28 Aufzeichnungspflichten, Röntgenpass
- Medizinische Forschung 1
 - § 28a Genehmigung zur Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen in der medizinischen Forschung
 - § 28b Genehmigungsvoraussetzungen für die Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen in der medizinischen Forschung
 - § 28c Besondere Schutz-, Aufklärungs- und Aufzeichnungspflichten
 - § 28d Anwendungsverbote und Anwendungsbeschränkungen für einzelne Personengruppen
 - § 28e Mitteilungs- und Berichtspflichten
 - § 28f Schutzanordnung
 - § 28g Ethikkommission
- Anwendung von Röntgenstrahlung in der Tierheilkunde oder in sonstigen Fällen 4
 - § 29 Berechtigte Personen in der Tierheilkunde
 - § 30 Berechtigte Personen in sonstigen Fällen
- Vorschriften über die Strahlenexposition 4
 - § 31 Kategorien beruflich strahlenexponierter Personen
 - § 31a Dosisgrenzwerte bei beruflicher Strahlenexposition

- § 31b Berufslebensdosis
 - § 31c Dosisbegrenzung bei Überschreitung
 - § 32 Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung
 - § 33 Anordnung von Maßnahmen und behördliche Ausnahmen
 - § 34 Messung von Ortsdosis und Ortsdosisleistung
 - § 35 Zu überwachende Personen und Ermittlung der Körperdosis
 - § 35a Strahlenschutzregister
 - § 36 Unterweisung
 - Arbeitsmedizinische Vorsorge
 - § 37 Erfordernis der arbeitsmedizinischen Vorsorge 2
 - § 38 Ärztliche Bescheinigung 1
 - § 39 Behördliche Entscheidung 1
 - § 40 Besondere arbeitsmedizinische Vorsorge 1
 - § 41 Ermächtigte Ärzte 1
 - Außergewöhnliche Ereignisabläufe oder Betriebszustände
 - § 42 Meldepflicht 2
 - Formvorschriften 1
 - § 43 Schriftform und elektronische Form
 - Ordnungswidrigkeiten 1
 - § 44 Ordnungswidrigkeiten
 - Schlussvorschriften 1
 - § 45 Übergangsvorschriften
 - § 46 (weggefallen)
 - § 47 Berlin-Klausel (gegenstandslos)
 - § 48 (Inkrafttreten, abgelöste Vorschriften)
- Richtlinie „Strahlenschutz in der Tierheilkunde“
 - Sachlicher Geltungsbereich 4
 - Erforderliche Fachkunde und Kenntnisse im Strahlenschutz nach RöV und StrlSchV in der Tierheilkunde 2
 - Allgemeines zur erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz 2
 - Erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz für Tierärzte für Anwendungen nach RöV 4
 - Sachkunde
 - Kurse im Strahlenschutz
 - Erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz für Tierärzte bei Anwendungen nach StrlSchV 2
 - Sachkunde
 - Kurse im Strahlenschutz
 - Erforderliche Kenntnisse im Strahlenschutz 2
 - Aktualisierung der erforderlichen Fachkunde und der erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz 2

- Schutz beruflich strahlenexponierter Personen 4
 - Physikalische Strahlenschutzkontrolle und Grenzwerte der Strahlenexposition
 - Aufzeichnungen
 - Strahlenschutzanweisung
 - Unterweisung bei Tätigkeiten im Kontrollbereich
 - Arbeitsmedizinische Vorsorge
- Schutz der Tier-Betreuungspersonen 4
 - Zutrittsregelung für Tier-Betreuungspersonen im Anwendungsbereich nach RöV 4
 - Zutrittsregelung für Tier-Betreuungspersonen im Anwendungsbereich nach StrlSchV 2
- Spezielle Regelungen für Anwendungen nach Röntgenverordnung 2
- Spezielle Regelungen für Anwendungen nach Strahlenschutzverordnung 2
 - Strahlenschutzbereiche und Strahlenschutzmaßnahmen
 - Durchführung von Anwendungen radioaktiver Stoffe am Tier
 - Rückgabe der Tiere an die Tier-Betreuungspersonen
 - Freigabe oder Abgabe als radioaktiver Abfall
- Anlagen zur Richtlinie „Strahlenschutz in der Tierheilkunde“
 - Anlage 1: Grundkurs zum Erwerb der erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz nach Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung für Tierärzte 2
 - Anlage 2: Spezialkurse für die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz nach der Strahlenschutzverordnung den Umgang mit radioaktiven Stoffen am Tier in der Tierheilkunde 1
 - Anlage 3: Aktualisierungskurse für die erforderliche Fachkunde und für die erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und Röntgenverordnung (RöV) 3
 - Anlage 4: Zeugnis über den Erwerb der Sachkunde im Strahlenschutz für Tierärzte 1
 - Anlage 5: Muster für eine Bescheinigung über die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz 1
 - Anlage 6: Muster für eine Bescheinigung über die Teilnahme an Kursen im Strahlenschutz zur Erlangung oder Aktualisierung der erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz oder Aktualisierung der erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz 1
 - Anlage 7: Erwerb der erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz in der Tierheilkunde für Personen nach § 9 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchV und für Personen nach § 29 Abs. 1 Nr. 2 und Abs. 2 Nr. 3 RöV 1

- Anlage 8: Muster für eine Bescheinigung über die Teilnahme an Kursen für den Erwerb der erforderlichen Kenntnisse im Strahlenschutz in der Tierheilkunde für Personen nach § 9 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchV und für Personen nach § 29 Abs. 1 Nr. 2 und Abs. 2 Nr. 3 RöV 1
- Anlage 9: Inhalt der Unterweisung bei Tätigkeiten im Kontrollbereich vor der Anwendung von radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung, der technischen Durchführung oder technischen Mitwirkung nach Röntgenverordnung oder Strahlenschutzverordnung 2
- Anlage 10: Musterformblatt für Tier-Betreuungspersonen für die Untersuchung von Röntgenstrahlung am Tier 4
- Anlage 11: Musterformblatt für Tier-Betreuungspersonen bei der Anwendung offener radioaktiver Stoffe in der Tierheilkunde 3
- Anlage 12: Strahlenschutzgrundsätze bei Anwendung von Röntgenstrahlung 4
- Anlage 13: Informationen und Empfehlungen zum Strahlenschutz bei Tieren, an denen offene radioaktive Stoffe angewendet werden 3
- Anlage 14: Merkblatt zum Strahlenschutz der Bevölkerung und der Umgebung nach der Behandlung von Tieren mit radioaktiven Stoffen 3
- Anlage 15: Regelwerke und weitere Informationen 1
- Zulassung eines Röntgengeräts 2
 - Genehmigung, Anzeige des Betriebs von Röntgenanlagen, Bauartzulassung, Kennzeichnung als Medizinprodukt
 - Behördliche Verfahren und Prüfungen von Röntgeneinrichtungen und Störstrahler
- Störfälle und Unfälle 1
 - realistische Unfallsituationen, spezielle Störfallsituation
 - Verhalten bei Unfällen (Meldewesen, Folgen für die Weiterbeschäftigung)
- Ärztliche Überwachung (Prinzip, Erfordernis, Bewertung, Aufzeichnungen) 1

Literaturangaben

Die aufgeführten Bücher sind mögliche zusätzliche Quellen, um einzelne Themen bei Bedarf nachzulesen, falls der Studierende die Vorlesung zu diesem Thema verpasst haben sollte oder falls der Wunsch besteht, einzelne Themen zu vertiefen.

Bücher:

- Physik, Technik, Strahlenschutz
 - Hartung/Ludewig/Tellhelm: Röntgenuntersuchung in der Tierarztpraxis
 - Goretzki: Medizinische Strahlenkunde: Physikalisch-technische Grundlagen
 - Kiefer/Kiefer: Allgemeine Radiologie (u.a. Radioökologie und Lebensmittelbestrahlung)
 - Thrall: Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology
 - Oppelt: Imaging Systems for Medical Diagnostics (Fundamentals, Technical Solutions and Applications for Systems Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound)
 - Freyschmid: Handbuch diagnostische Radiologie: Strahlenphysik, Strahlenbiologie, Strahlenschutz
 - Krieger: Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes
 - Laubenberger/Laubenberger: Technik der medizinischen Radiologie
- Strahlenschutzrecht/-Themen:
 - Bundesministerium der Justiz: Gesetze und Verordnungen: bundesrecht.juris.de
 - Bundesamt für Strahlenschutz: www.bfs.de
 - Richtlinie "Strahlenschutz in der Tierheilkunde": www.tieraerztekammer-wl.de/downloads/strahlenschutz-tierheilkunde.pdf
 - Bundestierärztekammer: Merkblätter, Leitfäden, Listen etc. www.bundestieraerztekammer.de/fachliches/praxis/roentgen/index.htm
- Strahlenbiologie und Strahlentherapie
 - Herrmann/Baumann/Dörr: Klinische Strahlenbiologie
 - Sauer: Strahlentherapie und Onkologie
 - Kiefer/Kiefer: Allgemeine Radiologie
- Sonographie
 - SonoBasics: Lernprogramm zur abdominalen Sonographie bei Hund und Katze
 - Poulsen-Nautrup/Tobias: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
 - Penninck: Atlas of Small Animal Ultrasonography
 - Nyland/Mattoon: Small Animal Diagnostic Ultrasound

- Reef: Equine Diagnostic Ultrasound
- Boon/Boon: Manual of Veterinary Echocardiography
- Thrall: Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology
- Laubenberger/Laubenberger: Technik der medizinischen Radiologie (nur Physik und Technik)
- Kiefer/Kiefer: Allgemeine Radiologie (nur Physik und Technik)

- Röntgen Lagerung und Projektionstechnik
 - Morgan/Doval/Samii: Lagerungstechniken in der Röntgendiagnostik beim Hund
 - Waibl et al: Atlas der Röntgenanatomie des Hundes
 - Waibl et al: Atlas der Röntgenanatomie der Katze
 - Lavin: Radiography in Veterinary Technology

- Röntgenanatomie
 - Waibl et al: Atlas der Röntgenanatomie des Hundes
 - Waibl et al: Atlas der Röntgenanatomie der Katze
 - Coulson/Lewis: Atlas of Interpretative Radiographic Anatomie of the Dog and Cat
 - Thrall: Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology (Hund und Pferd)
 - Schebitz: Atlas der Röntgenanatomie des Pferdes
 - Butler et al: Clinical Radiology of the Horse
 - Dik/Gunsser: Atlas der Röntgendiagnostik beim Pferd
 - Silverman/Tell: Röntgenanatomie der Kaninchen Frettchen und Nager
 - Silverman/Tell: Radiology of Rodents, Rabbits and Ferrets
 - Silverman/Tell/Silverman: Radiology of Birds: An Atlas of Normal Anatomy and Positioning
 - Krautwald/Tellhelm/Hummel: Atlas zur Röntgenanatomie und Röntgendiagnostik der Ziervögel

- Klinische Radiologie Hund und Katze (radiologische Befunde, Interpretation)
 - Thrall: Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology (inkl. Pferd)
 - Hecht: Röntgendiagnostik in der Kleintierpraxis (inkl. Reptilen, Heimtiere, Vögel)
 - Barr/Kirberger: BSAVA Handbuch: Bildgebende Diagnostik des Muskuloskelettalen Systems bei Hund und Katze
 - Barr/Kirberger: BSAVA Manual of Canine and Feline Muskuloskeletal Imaging
 - Schwarz/Johnson: BSAVA Manual of Canine and Feline Thoracic Imaging
 - O'Brien/Barr: BSAVA Manual of Canine and Feline Abdominal Imaging
 - Handbook of Small Animal Radiology and Ultrasound: Techniques and Differential Diagnoses
 - Burk/Feeney: Small Animal Radiology and Ultrasound
 - Kealy/McAllister: Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat
 - Farrow: Veterinary Diagnostic Imaging – The Dog and Cat

- Poulsen-Nautrup/Tobias: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
 - Penninck: Atlas of Small Animal Ultrasonography
 - Nyland/Mattoon: Small Animal Diagnostic Ultrasound
 - Kähn/Volkman/Kenney: Veterinary Reproductive Ultrasonography: Horse, Cattel, Goat, Sheep, Pig, Dog, Cat
- Klinische Radiologie der kleinen Heimtiere, Reptilien, Vögel, Exoten (radiologische Befunde, Interpretation)
 - Krautwald-Junghans, Pees, Reese: Bildgebende Diagnostik bei Heimtieren: Vögel, Kleinsäuger, Reptilien
 - Rübel/Isenbügel/Wolvekamp: Atlas der Röntgendiagnostik bei Heimtieren
 - Hecht: Röntgendiagnostik in der Kleintierpraxis (inkl. Reptilien, Heimtiere, Vögel)
 - Capello et al: Clinical Radiology of Exotic Companion Animals
 - Farrow: Veterinary Diagnostic Imaging: Birds, Exotic Pets and Wildlife
 - Klinische Radiologie Pferd (radiologische Befunde, Interpretation)
 - Röntgenleitfaden 2007, ggf. aktuellere Versionen (GPM)
 - Röntgen-CD (GPM)
 - Butler et al: Clinical Radiology of the Horse
 - Weaver et al: Handbook of Equine Radiography
 - Dik/Gunsser: Atlas der Röntgendiagnostik beim Pferd
 - Farrow: Veterinary Diagnostic Imaging: The Horse
 - Reef: Equine Diagnostic Ultrasound
 - Dik: Comparative Ultrasonographic Imaging of Equine Lameness
 - Rantanen/McKinnon: Equine Diagnostic Ultrasonography
 - Kähn/Volkman/Kenney: Veterinary Reproductive Ultrasonography: Horse, Cattel, Goat, Sheep, Pig, Dog, Cat
 - Dyson et al: Equine Scintigraphy
 - CT- und MRT-Schnittbildanatomie
 - Mihaljevic/Kramer: CT- und MRT-Atlas: Transversalanatomie des Hundes
 - Assheuer/Sager: MRI- and CT-Atlas of the Dog
 - Computertomographie
 - Mihaljevic/Kramer: CT- und MRT-Atlas: Transversalanatomie des Hundes
 - Assheuer/Sager: MRI- and CT-Atlas of the Dog
 - Thrall: Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology
 - Laubenberger/Laubenberger: Technik der medizinischen Radiologie (nur Physik und Technik)
 - Kalender: Computertomographie (Grundlagen, Gerätetechnologie, Bildqualität, Anwendungen)

- Kiefer/Kiefer: Allgemeine Radiologie (nur Physik und Technik)
- Magnetresonanztomographie
 - Köchli/Marinček: Wie funktioniert MRI? (nur Physik und Technik)
 - Mihaljevic/Kramer: CT- und MRT-Atlas: Transversalanatomie des Hundes
 - Assheuer/Sager: MRI- and CT-Atlas of the Dog
 - Gavin/Bagley: Practical Small Animal MRI
 - Elliot/Skerritt: Handbook of Small Animal MRI
 - Thrall: Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology
 - Laubenberger/Laubenberger: Technik der medizinischen Radiologie (nur Physik und Technik)
 - Kiefer/Kiefer: Allgemeine Radiologie (nur Physik und Technik)
- Nuklearmedizin bzw. Szintigraphie
 - Daniel/Berry: Textbook of Veterinary Nuclear Medicine
 - Dyson et al: Equine Scintigraphy