

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Entwicklung einer Job-Exposure-Matrix
für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition
mit ionisierender Strahlung bei der Diagnose
mit Hilfe von Röntgengeräten in der Kleintierpraxis**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bedrich Nakladal
Tierarzt aus Sternberk, Tschechien

Berlin 2008
Journal Nr.: 3226

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. vet. L. Brunnberg
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. L. Brunnberg
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. K. Hartung
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. K. D. Weyrauch

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

Pets, small animal practice, diagnostic techniques, radiography, X-radiation, radiation, exposure, personnel, dosimetry (MeSH)

Tag der Promotion: 26.06. 2008

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

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

ISBN-13: 978-3-86664-439-7

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2008
D188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© mbv 2008

Nordendstr. 75 - 13156 Berlin – 030-45494866
verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

TABELLEN	11
ABBILDUNGEN.....	12
ABKÜRZUNGEN.....	13
1. EINLEITUNG.....	15
2. LITERATURÜBERSICHT.....	18
2.1. Geschichte der Röntgenstrahlung.....	18
2.2. Strahlenbelastung der Menschen.....	21
2.2.1. Strahlungsarten	21
2.2.2. Quellen der Strahlenbelastung	21
2.2.2.1. Natürliche Strahlung.....	21
2.2.2.1.1. Externe Strahlung.....	21
2.2.2.1.1.1. Kosmische Strahlung	21
2.2.2.1.1.2. Terrestrische Strahlung.....	22
2.2.2.1.2. Innere Strahlung	22
2.2.2.2. Künstliche bzw. zivilisatorische Strahlenquellen	23
2.2.2.2.1. „Man-made“ Strahlen.....	23
2.2.2.2.2. Medizinische Strahlenbelastung.....	23
2.2.2.2.3. Berufliche Strahlenbelastung.....	23
2.2.2.2.4. Atomwaffeneinsatz	24
2.2.2.2.5. Atomkraftwerksunfälle	24
2.2.3. Quantität der Strahlenbelastung	25
2.3. Strahlenbelastung in der Kleintierröntgenologie.....	27
2.3.1. Einführung	27
2.3.2. Röntgenröhre.....	27
2.3.3. Primärstrahlung	28
2.3.4. Streustrahlung	28
2.3.5. Tertiärstrahlung.....	29

2.4. Biologische Wirkung der Strahlung	30
2.4.1. Einleitung	30
2.4.2. Dosiswirkungsbeziehung	31
2.4.3. Effekt der Röntgenstrahlung	32
2.4.3.1. Somatischer Effekt	32
2.4.3.2. Veränderung der zytogenetischen Information	34
2.4.3.2.1. Kanzerogener Effekt	34
2.4.3.2.2. Genetischer Effekt	34
2.5. Einheiten in der Röntgenologie	36
2.6. Strahlenschutz in der tierärztlichen Praxis	38
2.6.1. Allgemeines	38
2.6.2. Gesetzlicher Strahlenschutz	38
2.6.3. Praktischer Strahlenschutz	39
2.7. Möglichkeiten der Strahlenbelastungsreduktion	40
2.8. Dosimetrieverfahren	46
2.8.1. Passive Dosimeter	46
2.8.1.1. Filmdosimeter	46
2.8.1.2. Thermolumineszenzdosimeter	48
2.8.2. Aktive Dosimeter	49
2.8.2.1. Ionisationskammer	50
2.8.2.2. Dosimeter „EPD Mk2“, Thermo Electron, Deutschland	52
2.8.2.3. Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Fa. DOSILAB, vorm. COMET AG, Schweiz	54
3. ZIEL DER STUDIE	57
4. MATERIAL UND METHODE	59
4.1. Voruntersuchungen	59
4.1.1. Material	59
4.1.1.1. Patientengut	59
4.1.1.2. Dosimetriesysteme	59
4.1.1.3. Röntgenanlage	60
4.1.1.4. Parameter des Röntgentisches	60
4.1.1.5. Röntgenkassetten bzw. Belichtungsfeld	60

4.1.2. Methode.....	61
4.1.2.1. Messorte	61
4.1.2.2. Lagerung der Tiere.....	63
4.1.2.3. Ablesen und Bearbeitung der Daten	63
4.1.2.4. Dateneinschlusskriterien	64
4.1.2.4.1. Überprüfung der erhobenen Daten - Integrationszeit.....	64
4.1.2.4.2. Überprüfung der erhobenen Daten – Dosisleistung	64
4.1.2.5. Statistische Auswertung der Daten	65
4.2. Messungen an der Kleintierklinik FU Berlin.....	66
4.2.1. Material	66
4.2.1.1. Personen.....	66
4.2.1.2. Patientengut.....	67
4.2.1.3. Dosimetriesysteme.....	68
4.2.1.4. Röntgenanlage.....	69
4.2.1.5. Röntgenkassetten und Belichtungsfeld.....	69
4.2.2. Methode.....	70
4.2.2.1. Messorte	70
4.2.2.2. Röntgenuntersuchung und Lagerung der Tiere	71
4.2.2.3. Standardmäßig eingesetzte Dosimetriesysteme.....	71
4.2.2.4. Dokumentation	72
4.2.2.5. Ablesen und Bearbeitung der Daten	74
4.2.2.6. Dateneinschlusskriterien und statistische Auswertung	74
4.3. Messung in der Praxis.....	76
4.3.1. Material	76
4.3.1.1. Personen.....	76
4.3.1.2. Patientengut.....	76
4.3.1.3. Dosimetriesysteme.....	76
4.3.1.4. Röntgenanlage.....	76
4.3.1.5. Parameter des Röntgentisches.....	77
4.3.1.6. Röntgenkassetten und Belichtungsfeld.....	77
4.3.2. Methode.....	78
4.3.2.1. Messorte	78
4.3.2.2. Röntgenuntersuchung und Lagerung der Patienten	78
4.3.2.3. Standardmäßig eingesetzte Dosimetriesysteme.....	79
4.3.2.4. Dokumentation	79
4.3.2.5. Ablesen und Bearbeitung der Daten	79

4.3.2.6. Dateneinschlusskriterien und statistische Auswertung	79
5. ERGEBNISSE DER STUDIE	80
5.1. Allgemeines.....	80
5.1.1. Erhobene Daten.....	80
5.1.2. Ausgeschlossene Daten	83
5.1.2.1. Leistung des Dosimetriesystems	83
5.1.2.2. Dosisleistung-Plausibilitätsprüfung	83
5.1.2.3. Zeit-Plausibilitätsprüfung.....	83
5.1.3. Verteilung der Messungen bei Röntgenuntersuchungen im Rahmen der Tierart.....	84
5.1.4. Anzahl der exponierten Personen	84
5.2. Ergebnisse der Strahlenbelastungsmessung.....	86
5.2.1. Ergebnisse der Voruntersuchungen	86
5.2.1.1. Untersuchungen des Körperstammes.....	86
5.2.1.2. Untersuchungen der Extremitäten	87
5.2.1.3. Ausgeschlossene Daten	87
5.2.2. Ergebnisse der Exposition bei den realen Röntgenuntersuchungen.....	89
5.2.2.1. Exposition beim Hund	89
5.2.2.1.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen.....	89
5.2.2.1.2. Auswertung der Exposition nach einzelnen Projektionen.....	90
5.2.2.1.2.1. Exposition beim Strahlengang Thorax I/I	90
5.2.2.1.2.2. Exposition beim Strahlengang Thorax d/v	91
5.2.2.1.2.3. Exposition beim Strahlengang Abdomen I/I	93
5.2.2.1.2.4. Exposition beim Strahlengang Abdomen v/d	94
5.2.2.1.2.5. Exposition beim Strahlengang Becken I/I.....	95
5.2.2.1.2.6. Exposition beim Strahlengang Becken v/d	96
5.2.2.1.2.7. Exposition beim Strahlengang Hals I/I und v/d.....	97
5.2.2.1.2.8. Exposition beim Strahlengang Wirbelsäule I/I und v/d	98
5.2.2.1.3. Exposition bei Aufnahmen von Kopf und appendikulärem Skelett	99
5.2.2.2. Exposition bei Katzen.....	101
5.2.2.2.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen.....	101
5.2.2.2.2. Auswertung der Exposition nach einzelnen Strahlengängen	101
5.2.2.2.2.1. Exposition beim Strahlengang Thorax I/I und d/v.....	101
5.2.2.2.2.2. Exposition beim Strahlengang Abdomen I/I und Abdomen v/d	102
5.2.2.2.2.3. Exposition beim Strahlengang Übersicht I/I	103
5.2.2.2.2.4. Exposition beim Strahlengang Becken I/I und Becken v/d.....	103

5.2.2.2.2.5. Exposition beim Strahlengang Hals l/l	104
5.2.2.2.2.6. Exposition beim Strahlengang Hals-, Brust und Lendenwirbelsäule l/l und v/d	104
5.2.2.2.3. Exposition bei Aufnahmen des Kopfes und appendikulären Skeletts	104
5.2.2.3. Auswertung bei den Heimtieren	105
5.2.2.3.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen.....	105
5.2.2.3.2. Exposition bei Aufnahmen von Kopf und appendikulärem Skelett	105
5.2.2.4. Auswertung bei den Vögeln	107
5.2.2.4.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen.....	107
5.2.2.4.2. Exposition bei Aufnahmen von Kopf und anppendikulären Skelett	108
5.3. Weitere Auswertungen	109
5.3.1. Wiederholte Röntgenaufnahmen	109
5.3.2. Wiederholte Röntgenaufnahmen bei Patienten bei vollem Bewusstsein und sedierten bzw. anästhesierten Patienten.....	111
5.3.3. Art, Anwendungshäufigkeit und Kombination der Strahlenschutzmittel	112
5.3.4. Anzahl der Röntgenaufnahmen/Röntgenuntersuchung.....	113
6. DISKUSSION	114
6.1. Messungen	114
6.1.1. Voruntersuchung.....	114
6.1.2. Messungen bei den realen Röntgenuntersuchungen	116
6.1.2.1. Körperstammuntersuchungen bei Hund und Katze in der KTK der FU Berlin	116
6.1.2.2. Körperstammuntersuchungen bei Hund und Katze in der KTP.....	118
6.1.2.3. Untersuchungen des Kopfes und appendikulären Skeletts bei Hund und Katze	119
6.1.3. Untersuchungen bei den Heimtieren, Exoten, Vögeln	120
6.1.4. Vergleich der Ergebnisse	121
6.2. Wiederholung von Röntgenaufnahmen.....	123
6.3. Allgemeines zum Strahlenschutz	124
6.4. Strahlenschutzmittel.....	125
6.5. Anzahl der Projektionen pro Untersuchung	126
6.6. Limite der Studie	127
6.7. Aktive Dosimeter	128
7. ZUSAMMENFASSUNG	131

8. SUMMARY	133
9. LITERATURVERZEICHNIS	135
10. ANHANG	142
10.1. Allgemeines	142
10.2. Tabellen - Auswertungen der Voruntersuchung	143
10.3. Tabellen - Auswertungen Hunde	152
10.4. Tabellen - Auswertungen Katzen	209
10.5. Tabellen - Auswertungen Heimtiere	233
10.6. Tabellen - Auswertungen Vögel	238

Tabellen

Tabelle a 1: Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, UNSCEAR, 2000	25
Tabelle a 2: Überblick über die Dosiseinheiten (DIN 6814, 1985)	37
Tabelle a 3: Grenzwerte der Körperdosen in mSv/a für beruflich strahlenexponierte Personen und der allgemeinen Bevölkerung im Kontrollbereich (nach §§ 31a, 32 RöV 2003)	39
Tabelle a 4: Schutzwirkung der Bleischutzbekleidung	44
Tabelle a 5: Übersicht der Parameter der Dosimeter (DOSILAB, ; STEP, 2002; THERMO-ELECTRON, 2003; LPS, 2006; PTB, Stand 10.7.2007).....	56
Tabelle a 6: Position der Dosimeter bei den Voruntersuchungen. Höhe und Abstand von der Streustrahlenquelle (SSQ) in cm	62
Tabelle a 7: Sortierung der Tiere in Gewichtsklassen.....	68
Tabelle a 8: Notizenliste für die Dokumentation der Röntgenuntersuchungen	73
Tabelle a 9: Datenübersicht	80
Tabelle a 10: Übersicht der ausgeschlossenen Werte	83
Tabelle a 11: Übersicht der mittels Thermolumineszenzdosimeter (TLD XD 700) erhobenen Expositionen (μSv) bei den Voruntersuchungen im Körperstammbereich bei denen die mittels Mk2 Dosimeter erhobenen Daten ausgeschlossen wurden... 88	88
Tabelle a 12: Grund der Wiederholung der Röntgenaufnahme mit und ohne Anästhesie (KTK der FU Berlin und in der KTP)	111
Tabelle a 13: Angewandte Strahlenschutzmittel, Häufigkeit und Kombination in der KTK der FU Berlin und in der KTP	112
Tabelle a 14: Übersicht der erhobenen und publizierten Expositionen (μSv) bei den Röntgenuntersuchungen der Kleintiere	122

* Im laufenden Text sind die Tabellen mit „A₁₋₁₄“ bezeichnet und werden im obenstehenden Verzeichnis zusammengefasst. Im Abschnitt „Anhang“ werden die Tabellen mit „B1-101“ bezeichnet und sind ohne Verzeichnis.

Abbildungen

Abbildung 1: Graphische Darstellung der effektiven Dosis, Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, UNSCEAR, 2000	26
Abbildung 2: Plakettenfilmdosimeter Typ BE-Gs-GD 01: Von links nach rechts: Einsatzfähiger Dosimeter, Vorderer Teil, hinterer Teil, Film.....	47
Abbildung 3: Thermolumineszenzdosimeter, links TLD XD 700, rechts in Form eines Fingerringdosimeters.....	48
Abbildung 4: Ionisationskammer Röntgen-Gamma-Dosimeter 27 091 RGD 91, Firma STEP, Pockau, Deutschland.....	51
Abbildung 5: Aktives Dosimeter „EPD Mk2“, Firma Thermo Electron, Deutschland	53
Abbildung 6: Aktive Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Bautyp II (Fa. DOSILAB, vorm. COMET AG, Schweiz) mit ihrer Ladungsstation	55
Abbildung 7: Darstellung der Position der exponierten Personen.....	67
Abbildung 8 A) und B) Position der Dosimeter am Messort: a) Hals, b) Brust, c) Schambereich, d) Hand.....	70
Abbildung 9: Darstellung fehlerhafter Röntgenaufnahmen aufgrund:	74
Abbildung 10: Diagramm der erhobenen und ausgeschlossenen Daten in der Studie.....	81
Abbildung 11: Graphische Darstellung der bei der Voruntersuchung erhobenen Expositionen (μSv) mit Hilfe von Dosimeter Mk2 und TLD XD 700 (Mittelwert)	82
Abbildung 12: Graphische Darstellung der Differenzen (μSv) zwischen der Dosis, die durch die aktiven Dosimeter Mk2 und die durch die passiven Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 während der Voruntersuchungen erhoben wurden.....	82
Abbildung 13: Prozentualer Anteil der exponierten Personen bei den Röntgenuntersuchungen	85
Abbildung 14: Darstellung der wiederholten Röntgenaufnahmen in der KTK der FU Berlin und in der KTP.....	110

Abkürzungen

-/M	ohne Raster/Mamo Ray Kassette
-/N	ohne Raster/übliche Kassette
+/F	mit Raster/Elektronischer Flachdetektor
+/G	mit Raster/Gradual Kassette
+/N	mit Raster/übliche Kassette
UN	Exposition unter der Nachweisgrenze bei den Dosimetern MK2 der Firma Thermo Electron und „ComDos APD-light“, der Firma COMET AG. ($H_p(10) < 1 \mu\text{Sv}$)
A	Ampère, Angabe des Röntgenstroms (Strom zum Aufheizen des Kathodenglühdrahtes)
Al	Aluminium
As	Ampèresekunde, (Röhrenstrom-Zeit-Produkt)
Ausg	Ausgeschlossene Werte aufgrund einer Überschreitung der Dosisleistung
Bq	Becquerel, Einheit der Radioaktivität, $1\text{Bq} = 1$ Kerndesintegration pro Sekunde
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Ci	Curie, ehemalige Einheit für die Radioaktivität ($1\text{Ci} = 3,7 \times 10^{10}\text{Bq}$)
Comet1/Comet2	Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Bautyp I und Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Bautyp II (Fa. DOSILAB, vorm. COMET AG, Schweiz)
cr/ca	Strahlengang cranio/caudal
CT	Computertomographie
d/v bzw. v/d	Strahlengang dorso/ventral bzw. ventro/dorsal
do/pa bzw. do/pl	Strahlengang dorso/palmar bzw. dorso/plantar
EPD	Elektronischer Personendosimeter
FFA	Fokus-Film Abstand
G	Gramm, SI Einheit des Gewichtes
Gy	Gray, SI Einheit der Energiedosis
$H^*(10)$	Ortsdosis-Messgröße; Umgebungsäquivalentdosis

Hp(0,07)	Oberflächenpersonendosis (Tiefe von 0,07mm)
Hp(10)	Tiefenpersonendosis (Tiefe von 10mm)
Ion. Kammer	Ionisationskammer Röntgen-Gamma-Dosimeter 27 091 RGD 91, Firma STEP, Pockau
KGW	Körpergewicht
KTK der FU Berlin	Kleintierklinik der Freien Universität Berlin
KTP	Private Kleintierpraxis
l/l	Strahlengang latero/lateral
M	Median
m/l	Strahlengang medio/lateral
Max	Maximalwert
Min	Minimalwert
MK2	Dosimeter „EPD Mk2“, Firma Thermo Electron, Deutschland
R	„Röntgen“, alte Einheit der Ionendosis
Rad	„Radiation absorbed dose“, ehemalige Einheit der Energiedosis
Rem	„Radiation equivalent men“; Rad x Relative biologische Wirksamkeit, Alte Einheit der Äquivalentdosis
RöV	Röntgenverordnung (Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen)
s	Sekunde, SI Einheit der Zeit
SI-Einheiten	Systeme International d’Unites
SSQ	Streustrahlenquelle
Sv	Sievert, SI Einheit der Äquivalentdosis
Sv/a	Sievert pro Jahr = die Jahres-Äquivalenzdosis
TLD	Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly
UDSSR	Die ehemalige Sowjetunion
V	Volt, SI Einheit der Spannung, Angabe der Röhrenspannung (Spannung zwischen der Kathode und Anode)
z.B.	Zum Beispiel

1. Einleitung

Seit Entdeckung der Röntgenstrahlen durch Wilhelm Conrad Röntgen hat die Röntgendiagnostik nicht nur in der Humanmedizin, sondern auch in der Veterinärmedizin an Bedeutung gewonnen. In den letzten 50 bis 60 Jahren wurde die Röntgendiagnostik zu einer der wichtigsten und am häufigsten verwendeten diagnostischen Methoden in der Veterinärmedizin. Im Gegensatz zur Humanmedizin werden die Patienten in der Veterinärmedizin während der Röntgenuntersuchung häufig durch Mitarbeiter der Röntgenabteilung oder der Klinik bzw. durch den Besitzer fixiert. Dadurch werden auch Menschen der Röntgenstrahlung ausgesetzt. Eine Ausnahme bilden die Patienten, die entweder sediert bzw. narkotisiert sind oder sich in einem sehr schlechten Zustand befinden wie z.B. bei hochgradigem Schock (UNWIN, 1970), hochgradiger Mattigkeit oder Koma. Bei diesen Patienten wird die Lagerung und Fixation durch Keile, Bänder und Sandsäcke vorgenommen, wodurch eine unmittelbare Anwesenheit von Personen zur Fixation des Patienten nicht unbedingt notwendig ist (DOUGLAS, 1978).

Unter Einhaltung der Röntgeschutzregeln und fachgerechter Anwendung ist man „nur“ der sekundären Strahlung (sogenannte Streustrahlung) exponiert, um die Strahlenbelastung für den Menschen relativ niedrig zu halten (HARTUNG, 1993).

Verschiedene Untersuchungen in der Vergangenheit, die nicht nur in Europa durchgeführt worden sind, zeigten, dass das Niveau der Strahlenschutzmassnahmen in der Veterinärmedizin leider bei vielen Tierärzten nicht ausreichend ist (TRAINOR und FOSKETT, 1960; O'RIORDAN, 1968; LEE, 1978; BLU, 1980; HARTUNG und MÜNZER, 1981; HORVAT, 1986; HARTUNG, 1992; ANONYMUS, 1994). In jüngerer Zeit zeigten Ergebnisse einer Kontrolle von über 25 % der radiologisch tätigen Tierarztpraxen in Bayern, dass es vor allem im Bereich der Fachkenntnisse von Hilfskräften, der regelmäßigen Belehrung und ihrer Aufzeichnungen sowie der Personendosimetrie - nicht Tragen der Dosimeter, mangelt (ANONYMUS, 1994).

Diese Mängel bzw. Fehler führen potentiell zu einer unnötigen Erhöhung der Strahlenbelastung von Personen. In manchen Fällen, vor allem bei den Chirurgen, wurden die Personen nicht „nur“ der Streustrahlung exponiert, sondern auch der primären Röntgenstrahlung (O'RIORDAN, 1968; WILLIAMSON, 1978; HARTUNG, 1992; HOLBACH, 1998).

Eine besondere Situation liegt in der Veterinärmedizin bei Anwendung der Durchleuchtung vor, bei der die Exposition grundsätzlich höher ist. Die Dauer der Strahlenbelastung ist in diesem Fall abhängig von der Person, die die Röntgenanlage bedient. Laut ABRAHAMS et al. (1956) liegt sie zwischen ca. 10 Sekunden und 5 Minuten.

Dadurch kann die Exposition, nicht nur für den Patienten, sondern auch für das Personal, extrem ansteigen (5,6-39 μSv pro Untersuchung vom Thorax oder Abdomen, verglichen mit 0,4-1,6 μSv pro Röntgenaufnahme) und so früher oder später zu Strahlschäden führen (HARTUNG, 1984).

Außer der diagnostischen Anwendung von Röntgenstrahlen in Form des Röntgens und der Röntgendurchleuchtung sind weitere Quellen von Röntgenstrahlen z.B. die Röntgenstrahlung im Rahmen einer diagnostischen Computertomographie und die Röntgenstrahlung im Rahmen der Strahlentherapie (KAUFMANN et al., 2001). Diese Eingriffe werden in der Veterinärmedizin üblicherweise an Patienten unter Anästhesie durchgeführt, wodurch während der Strahlung keine Personen im Untersuchungsraum anwesend sind. So sollten bei diesen Prozeduren üblicherweise keine Risiken der Strahlenbelastung für den Menschen bestehen.

Die Höhe der Exposition beteiligter Personen durch Streustrahlung wird in der Veterinärmedizin wesentlich durch die Strahlenschutzmassnahmen beeinflusst. Generell kann man sich durch einen grösseren Abstand von der Streustrahlenquelle schützen, da die Dosis mit dem Abstand quadratisch abnimmt; nach dem sogenannten Abstandquadratgesetz. Dies lässt sich bei Patienten in der tierärztlichen Praxis, vor allem bei den Patienten im vollen Bewusstsein, beschränkt realisieren, da sie durch Menschen gelagert und fixiert werden müssen (HARTUNG, 1992, 1993). Eine noch bessere Lösung wäre die Abwesenheit von Personen im Untersuchungsraum während der Röntgenaufnahme. Dies wird vor allem nach der Einführung der neuen Regeln „The Ionising Radiations Regulations“ (1985) und den davon ausgehenden Empfehlungen „Code of Practice“ an den sechs tierärztlichen Fakultäten und in manchen privaten Praxen in Großbritannien angewendet (BARR und LATHAM, 1987; WEAVER und RUDORF, 1994).

Zu den weiteren Schutzmassnahmen gehören die in der Röntgenverordnung vorgeschriebene Bleischutzkleidung, Bleiblenden und mobile oder statische Bleiwände, sowie persönliche Körperschutzkleidung: Bleischürze, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuhe sowie Bleibrillen (DOUGLAS et al., 1991).

Aus den oben genannten Gründen ist die Problematik der Strahlung bzw. der Strahlenbelastung in der Veterinärmedizin ein immer aktuelles Thema.

Anhand der vorliegenden Untersuchungen wird eine Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ im Bereich der Kleintierradiologie durchgeführt. Eine „Job-Exposure-Matrix“ soll zur Abschätzung der Exposition mit ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntengeräten in der Kleintierpraxis dienen. Als Grundlagen für diese Entwicklung

werden die Daten der Untersuchungen an der Kleintierklinik der FU Berlin und in einer privaten Kleintierpraxis verwendet.

Weiterhin wird der Zustand der Strahlenschutzrüstung und ihre Anwendung im Kontrollbereich, die Anzahl der im Kontrollbereich anwesenden Personen und die Wiederholung der Röntgenaufnahmen untersucht.

2. Literaturübersicht

2.1. Geschichte der Röntgenstrahlung

Am 8. November 1895 schrieb Wilhelm Conrad Röntgen, Professor für Physik an der Universität Würzburg (* 27. März 1845 in Remscheid – Lennep, † 10. Februar 1923) Geschichte durch die Entdeckung einer neuen Art der Strahlung. Er bezeichnete diese Art der Strahlung als X-Strahlen. Am 22. Dezember 1895 fertigte er die erste Röntgenaufnahme an, ein Handröntgenogramm seiner Frau. Für seine Entdeckung erhielt er den ersten Nobelpreis für Physik im Jahre 1901 (KAUFMANN et al., 2001).

Im Jahre 1896 wurden die ersten Ergebnisse der Röntgenanwendung in der Veterinärmedizin veröffentlicht. Im März veröffentlichten PATON und DUNCAN vom Agricultural College of Cirencester unter der Überschrift: „The new photography“ seitliche Röntgenaufnahmen der Extremität des Pferdes in 'The Veterinary Journal' (WILLIAMSON, 1978). Im August wurde durch Eberlein das Röntgenogramm einer Fesselfraktur in der Zeitschrift „Monatshefte für praktische Tierheilkunde“ veröffentlicht (WEISER, 1923).

Nach ersten Berichten der erfolgreichen diagnostischen Anwendung der Röntgenstrahlung in der Human- und Veterinärmedizin nahm der Einsatz des Röntgens immer stärker zu, vor allem bei der Abklärung von Lahmheiten, Frakturen, Fremdkörperbestimmungen und der Lokalisierung derselben sowie bei Tuberkulose der Knochen und Gelenke (WEISER, 1923).

Um ein Röntgenbild herzustellen, waren die Patienten bzw. das Haltepersonal für lange Zeit der Röntgenstrahlung ausgesetzt. EBERLEIN (1896) berichtete in seiner Veröffentlichung über die Anfertigung des Röntgenbildes von einem Fuß des Pferdes mit einer Expositionsdauer von über 65 Minuten. Nach kurzer Zeit wurden die destruktiven Wirkungen der Röntgenstrahlung auf lebende Zellen erkannt. Aus diesem Grund beschäftigten sich manche Ärzte und Tierärzte mit der Idee des Einsatzes der Röntgenstrahlung gegen Mikroben und Tumoren (WEISER, 1923; SCHNELLE, 1968). Im Jahr 1896 wurde in der Humanmedizin zum ersten Mal die Röntgenstrahlung therapeutisch angewendet (in den USA durch E.H. Grubbe bei Brustkrebs, in Deutschland durch E. Voigt bei einem Nasopharynxkarzinom, in Österreich durch L. Freund bei Tierfellnävus) (KAUFMANN et al., 2001).

Im Jahr 1896 wurde durch Y. B. Perrin das erste Dosimeter entwickelt (KAUFMANN et al., 2001).

Schon ein Jahr nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen, wurden durch O. Leppin die ersten Strahlenschäden mitgeteilt. Es handelte sich um die Radiodermatitis seiner Hand. In England berichtete L. G. Stevens über sonnenbrandähnliche Hautveränderungen (KAUFMANN et al., 2001). Obwohl die Nebenwirkungen von Röntgenstrahlung also fast seit ihrer Entdeckung bekannt waren, wurde der erste offizielle Bericht über Schäden bei Tierärzten in Folge der Aussetzung der Röntgenstrahlung durch Wantz and Frick erst im Jahr 1937 veröffentlicht. Es handelte sich dabei um mindestens zwei Kollegen mit den Symptomen der Röntgenverbrennungen. Allerdings wurde die Ursache für diese Hautveränderungen völlig ignoriert (WILLIAMSON, 1978).

Auf die Initiative des Hamburger Radiologen Heinrich Albers-Schönberg gründeten die deutschen Radiologen im Jahr 1905 die Deutsche Röntgen-Gesellschaft in Berlin. Einer der bedeutendsten Mitbegründer war Chirurg an der Tierärztlichen Hochschule Berlin, Prof. Richard Eberlein, der sich schon seit 1895 mit der Konstruktion von Verstärkungsschirmen und Verstärkungsfolien beschäftigte. Er war Präsident der ersten beiden medizinischen Röntgenkongresse 1905 und 1906, und durch seine Tätigkeit und seine Beiträge, nicht nur bei den Kongressen, half er wesentlich bei der Entwicklung der Veterinär-röntgenologie und des Strahlenschutzes (EBERLEIN, 1905; SCHNELLE, 1968). Während seines Lebens beschäftigte er sich nicht nur mit der diagnostischen Anwendung der Röntgenstrahlung in der Veterinärmedizin, sondern auch mit dem Gebiet der Strahlentherapie verschiedener Erkrankungen bei Tieren. Über diese Art der Anwendung der Röntgenstrahlen berichtete er z.B. bei dem II. Röntgenkongress (Ergebnisse der Strahlentherapie bei Ulcus sarcomatosus, Rundezellensarcom der Pferdehaut, Hufkrebs) und bei dem VII. Röntgenkongress (Erfahrungen bei Botriomyose des Pferdes) (WEISER, 1923; HARTUNG, 1995).

Um den Verdauungsapparat der Menschen und der Tiere besser und auch dynamisch darstellen zu können, wurde seit dem Jahr 1910 Kontrastmittel bei Röntgenuntersuchungen des Magen-Darmtraktes verwendet (KAUFMANN et al., 2001).

Im Jahr 1923 entdeckte Arthur Holly Compton die Streuabsorption der Röntgenstrahlen. Diese wird heute als „Comptoneffekt“ bezeichnet. Vier Jahre später erhielt er den Nobelpreis für Physik (KAUFMANN et al., 2001).

In diesem Jahr (1923) wurde von Weiser das erste Buch im Bereich der veterinärmedizinischen Radiologie veröffentlicht. In diesem Buch befasste sich Weiser mit den bisher

veröffentlichten Artikeln über die tierärztlichen Anwendungen der Röntgenstrahlung, den physikalischen Prinzipien der Röntgenstrahlung, den Röntgengeräten, den Anwendungen der Röntgendurchleuchtung und der Anfertigung einer Röntgenaufnahme, der Röntgendiagnostik der Missbildungen bei Tieren, Röntgendiagnosen, Fehldiagnosen und mit der Röntgentherapie in der Veterinärmedizin (WEISER, 1923).

Im Jahr 1924 definierte Behnken das „Röntgen“ (R) als Einheit für die Ionendosis. Vier Jahre später wurde diese Einheit auf dem 2. Internationalen Radiologiekongress in Stockholm als erste physikalische Größe in der Röntgenologie international anerkannt. Im Jahr 1953 wurde das Rad (rd) als international verbindliche Einheit für die Energiedosis auf dem Internationalen Radiologiekongress in Kopenhagen eingeführt (KAUFMANN et al., 2001).

Im Jahr 1926 wurde das zweite Buch über Veterinärradiologie von Dr. Paul Henkels in Berlin publiziert. Das illustrierte Buch „Lehrbuch der veterinärmedizinischen Röntgenkunde“ behandelte Röntgenphysik, Röntgentechnik, Anatomie, Diagnose und Therapie. Außerdem wurde in diesem Buch auch die Kontrastdarstellung mittels Barium im physiologischen Fall gezeigt (HENKELS, 1926). Das Buch wurde aufgrund seiner Qualität zu diesem Zeitpunkt sehr geschätzt (SCHNELLE, 1968).

Im Jahr 1972 führte der englische Ingenieur G. N. Hounsfield, der heute als Erfinder der Computertomographie angesehen wird, die erste klinische CT Untersuchung durch. Sieben Jahre später erhielt er den Nobelpreis für Medizin (KALENDER, 2000).

Seit dem 1. Januar 1978 wurden offiziell die historischen physikalischen Einheiten durch die neuen SI-Einheiten ersetzt. Nach einer Übergangszeit bzw. seit dem 1. Januar 1978 gilt die SI-Einheit Gray (Gy) als Maß der Energiedosis statt der veralteten Einheit Rad (rd), Becquerel (Bq) als Einheit der Aktivität eines radioaktiven Stoffes statt der veralteten Einheit Curie (Ci) und Sievert (Sv) der Äquivalentdosis statt der veralteten Einheit Rem (KAUFMANN et al., 2001).

2.2. Strahlenbelastung der Menschen

2.2.1. Strahlungsarten

Aus physikalischer Sicht kann man ionisierende Strahlungen entweder als korpuskuläre oder als elektromagnetische Strahlung einordnen.

Als korpuskuläre Strahlung bezeichnet man die von Atomkernen emittierten angeregten Partikel, die in dem Fall der Alpha - Strahlung die Form von Heliumkernen haben oder im Fall der Beta - Strahlung Form von Elektronen oder Positronen (WIDMER et al., 1989; KODL et al., 2001).

Im Rahmen der elektromagnetischen Strahlung unterscheidet man Gammastrahlen und Röntgenstrahlen, bei denen es sich um Quanten von Photonen handelt, die im Fall der Gammastrahlen von angeregten Kernen emittiert werden, im Fall der Röntgenstrahlung als Photonen von einer Maschine emittiert werden (KODL et al., 2001).

2.2.2. Quellen der Strahlenbelastung

Eine Strahlenbelastung kann als Folge von „natürlicher Strahlung“ oder künstlicher bzw. zivilisatorischer Strahlung entstehen.

2.2.2.1. Natürliche Strahlung

2.2.2.1.1. Externe Strahlung

2.2.2.1.1.1. Kosmische Strahlung

Zu den natürlichen Quellen gehört die kosmische Strahlung, die vor allem bei Flugpassagieren, insbesondere bei Astronauten von Bedeutung ist. Die kosmische Strahlenbelastung steigt mit der Höhe über dem Meeresspiegel. Die Strahlenbelastung liegt in einer Höhe von 100 m bei 0,4 mSv/a und in einer Höhe von 3000 m bei 1,1 mSv/a. Bei einem Passagierflug Frankfurt – New York kann die Strahlenexposition um 100 µSv

liegen. Bei der Mondlandung von Apollo XIV war beispielsweise die Strahlendosis 15 mSv bei einer Flugdauer von 209 Stunden (UNSCEAR, 2000; VOLKMER, 2005).

2.2.2.1.1.2. Terrestrische Strahlung

Radioaktive Substanzen kommen in der Erde und im menschlichen Körper vor. Ein signifikanter Beitrag der natürlichen Bestrahlung von Menschen leistet Radon, ein natürliches radioaktives Gas aus der Erde, das sich in Gebäuden anreichern kann. Seine Konzentrationsvariabilität ist abhängig von Baustoffgruppen, Herkunft, Lüftung und anderen Faktoren (UNSCEAR, 2000). Sein Dosisbeitrag wurde auf 5-10 % aller auftretenden Lungenkarzinome in der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland geschätzt (JUNG, 1995).

2.2.2.1.2. Innere Strahlung

Die innere Strahlung kommt im Körper vor und entsteht durch physikalische Reaktionen oder wird von außen durch Nahrung, Wasser und Luft zugeführt (VOLKMER, 2005).

Eine bedeutende Rolle im Rahmen der inneren Strahlenexposition spielt das Radionuklid Kalium⁴⁰. Der Kaliumanteil des erwachsenen Menschenkörpers ist etwa 2 g/kg Körpergewicht, was einer Kalium-40-Aktivität im Gesamtkörper von 4200 Bq entspricht (VOLKMER, 2005).

Die größte Exposition des Menschen im Rahmen der natürlichen bzw. inneren Strahlung wird durch Radon und seine Zerfallsprodukte verursacht. Durchschnittlich beträgt die effektive Dosis ca. 1,1 mSv/a (VOLKMER, 2005).

2.2.2.2. Künstliche bzw. zivilisatorische Strahlenquellen

2.2.2.2.1. „Man-made“ Strahlen

Durch die Nutzung natürlicher Rohstoffe können die Aktivitäten der Menschen sekundär zu einer radioaktiven Exposition führen. Zu diesen Aktivitäten gehören Förderung und Nutzung von Erzen, die natürliche radioaktive Substanzen enthalten, sowie die Energieproduktion durch Verbrennung von Kohle, die ähnliche Substanzen enthält. An manchen Orten ist die Umweltverschmutzung durch radioaktive Residuen signifikant stärker. Die Nutzung radioaktiver Materialien in Industrie, Landwirtschaft und Forschung hat in der Welt steigende Tendenz (UNSCEAR, 2000).

2.2.2.2.2. Medizinische Strahlenbelastung

Der größte Anteil der Strahlenbelastung des Menschen wird durch die medizinische Anwendung der Strahlung im Rahmen der Radiodiagnostik und Radiotherapie verursacht (UNSCEAR, 2000; VOLKMER, 2005).

Anhand internationaler Untersuchungen wurde festgestellt, dass die medizinische Strahlenbelastung nicht weltweit gleich ist sondern in den Entwicklungsländern niedriger. In diesen Ländern ist aber eine steigende Tendenz zu erwarten. In einigen Ländern, vor allem in den Entwicklungsländern, ist die durchschnittliche Strahlenbelastung durch den medizinischen Einsatz ca. halb so groß wie das Weltniveau der natürlichen Exposition. In diesen Ländern macht die Computertomographie nur wenige Prozent der Anwendung aus, aber fast die Hälfte der Exposition im Rahmen der medizinischen Diagnostik. Auf Grund eines ungenügenden Schutzes bei einigen medizinischen Eingriffen (z.B. radiologische Überwachung bei einer Erweiterung der koronaren Arterien) sind starke strahlenbedingte Schädigungen beobachtet worden (UNSCEAR, 2000).

2.2.2.2.3. Berufliche Strahlenbelastung

Eine berufliche Strahlenbelastung besteht bei Arbeitern aus der Industrie, Forschung und Medizin bei Verwendung einer radioaktiven Substanz bzw. wie oben notiert bei Piloten und Astronauten. Diese Exposition ist ähnlich dem durchschnittlichen Weltniveau der

natürlichen Exposition. Allerdings ist die Strahlenbelastung bei wenigen Arbeitern um ein Vielfaches höher als die durchschnittliche natürliche Strahlenbelastung (UNSCEAR, 2000).

2.2.2.2.4. Atomwaffeneinsatz

Bei einem Kernwaffentest oder -einsatz entsteht neben der Hitze- und Druckwelle eine intensive Neutronen- und Gammastrahlung als Folge der Freisetzung von Kernbindungsenergie. Man kann dieser Strahlung entweder direkt ausgesetzt werden oder durch den radioaktiven Fallout und die folgende Kontamination der Umwelt (UNSCEAR, 2000).

2.2.2.2.5. Atomkraftwerksunfälle

In den Gebieten Nordeuropa und Nordasien, vor allem in Weißrussland, der Ukraine und der ehemaligen UDSSR spielt auch der Atomunfall des Atomkraftwerkes in Tschernobyl im Jahr 1986 eine signifikante Rolle. In den ersten Tagen bzw. Wochen sind ca. 30 Menschen gestorben und mehrere hundert erkrankt. Weiterhin traten in ca. 1800 Fällen Spätfolgen auf - in Form von Krebserkrankungen der Schilddrüse bei Kindern, die während des Unfalls exponiert waren (UNSCEAR, 2000).

2.2.3. Quantität der Strahlenbelastung

Die gesamte effektive Dosis beträgt in Deutschland im Durchschnitt ca. 4,1 mSv/a, davon ist die mittlere effektive Dosis aus natürlichen Strahlenquellen ca. 2,1 mSv/a und die mittlere effektive Dosis aus den zivilisatorischen Strahlenquellen ca. 2,0 mSv/a (UNSCEAR, 2000) (Tabelle a 1 und Abbildung 1)

Tabelle a 1: Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, UNSCEAR, 2000

Strahlenquellen	Effektive Dosis (mSv/a)	
	Mittelwert der Bevölkerung	Typischer Wertbereich für ausgesetzte Einzelpersonen
A, Natürliche:		
1) externe Strahlung		
Kosmische	0,3	0,3 bis 0,5
Terrestrische	0,4	0,2 bis 3
2) innere Bestrahlung	1,4	0,5 bis 8
Natürliche gesamt	2,1	
B) Zivilisatorische:		
Industrieprodukte	0,001	0,1 bis 2
Fossile Energieträger	0,002	0,001 bis 0,01
Medizin	2,0	0,01 bis 30
Beruf	0,002	0,5 bis 5
Flugreisen	0,005	0,01 bis 5
Kernkraftwerke	0,001	0,001 bis 0,01
Tschernobyl – Unfall	0,01	0,005 bis 0,04
Kernwaffenproben	0,005	0,002 bis 0,01
Zivilisatorische gesamt	2,0	
Gesamt	4,1	

Effektive Dosis - Mittelwert für Bevölkerung (mSv/a)

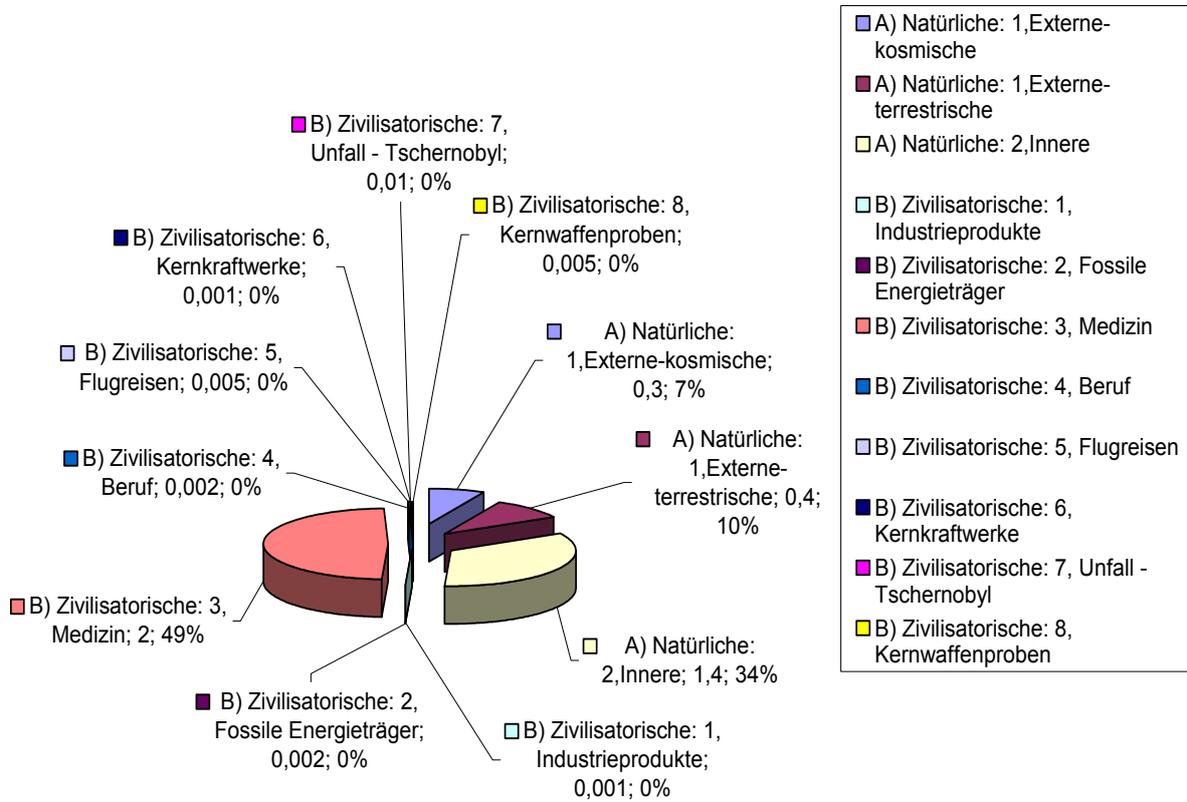


Abbildung 1: Graphische Darstellung der effektiven Dosis, Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, UNSCEAR, 2000

2.3. Strahlenbelastung in der Kleinterröntgenologie

2.3.1. Einführung

Röntgenstrahlung wird in der Kleintiermedizin als diagnostische sowie auch als therapeutische Maßnahme angewandt. In Rahmen der diagnostischen Anwendung der Röntgenstrahlung spielt die Röntgenaufnahme die größte Rolle. Zu diagnostischen Zwecken werden Röntgenstrahlen außerdem in einer „kontinuierlichen“ Form bei Durchleuchtung bzw. Fluoroskopie und bei der Computertomographie verwendet.

Die Computertomographie wird aufgrund der höheren Kosten nur in indizierten Fällen in Spezialkliniken durchgeführt. Da hierbei die Patienten entweder anästhesiert sind oder sich in sehr schlechtem Allgemeinzustand befinden, ist keine Anwesenheit von Haltepersonal im Untersuchungsraum notwendig und somit wird eine menschliche Strahlenexposition vermieden.

Die therapeutische Anwendung der Röntgenstrahlen wird in der Veterinärmedizin auch unter Anästhesie durchgeführt, ohne Menschen der Röntgenstrahlung auszusetzen.

Die bereits erwähnte diagnostische Anwendung des Röntgens ist eine der häufigsten Untersuchungen in der Kleintiermedizin. Während der Röntgenuntersuchung besteht die Strahlung nur bei der Auslösung für Bruchteile von Sekunden. Die Exposition der anwesenden Personen in der Umgebung der Röntgenanlage in dieser Zeit erfolgt dann auf folgende Weisen:

2.3.2. Röntgenröhre

Bei modernen Röntgenanlagen ist ein optimaler Strahlenschutz durch die eingebaute Bleihaube um die Röhre allseitig, außer einem Strahlenaustrittsfenster, gut gewährleistet. Während des Auslösens wird im Bereich des Strahlenaustrittsfensters die unerwünschte weiche Strahlung durch einen Metallfilter absorbiert. Die Absorptionsfunktion bzw. -fähigkeit ist durch die Art des angewendeten Metalls und durch seine Dicke definiert. In der Literatur wurde empfohlen: Aluminiumfilter von mindestens 1,5 mm (DIXON, 1968), mindestens von 2 mm Aluminium (PATTERSON, 1959; LEE, 1978), mindestens von 2,5 mm Aluminium (MAHAFFEY und LEWIS, 1979). Das Nutzstrahlenbündel soll durch eine Blende je nach der

Größe des zu untersuchenden Bereiches eingeeengt werden. Bei alten Röntgenanlagen bzw. bei einem Schaden am Gerät kann ein Leck in der Bleiabschirmung zu einer gefährlich hohen Exposition von Menschen und Patienten führen (BLU, 1980; DOUGLAS et al., 1991).

2.3.3. Primärstrahlung

Nach Auslösung des Röntgengerätes tritt durch das Strahlenaustrittsfenster die sogenannte Nutzstrahlung bzw. Primärstrahlung aus, die aus Photonen unterschiedlicher Energie besteht (DOUGLAS et al., 1991; WEAVER und RUDORF, 1994). Dieser Röntgenstrahl verursacht in der Regel eine sehr hohe Exposition der Personen. Im Vergleich zur Exposition von Streustrahlung kann die Exposition der Primärstrahlung bis zu einem Faktor von 100 erhöht sein (HARTUNG, 1974). Um zu verhindern, dass Körperteile der anwesenden Menschen der Primärstrahlung ausgesetzt werden, soll das Strahlenfeld durch Blenden (Lichtvisier) exakt auf den untersuchten Körperbereich eingegrenzt werden. Trotz der Anwendung von Strahlenschutzkleidung ist es extrem wichtig, keinen Körperteil der Primärstrahlung auszusetzen (betrifft vor allem die Hände und den Kopf), da die Strahlenschutzkleidung für diese Strahlung durchdringbar ist (MAHAFFEY und LEWIS, 1979; DOUGLAS et al., 1991; HARTUNG, 1992). Es ist zu beachten, dass die Primärstrahlung in der Lage ist, Tischoberflächen zu durchdringen und so zu einer erhöhten Exposition menschlicher Gliedmassen führen kann (DOUGLAS et al., 1991).

2.3.4. Streustrahlung

Nachdem der Primärstrahl auf eine Masse (Körper, Tisch, andere Gegenstände) trifft, wird er teilweise in alle Richtungen gestreut. Die größte Menge der Streustrahlung wird dabei zurückgestrahlt (UNWIN, 1970). Die Intensität und Durchdringungskraft der Streustrahlung ist, im Vergleich zur Primärstrahlung, schwächer, weil ihre Energie und Menge geringer sind. Mit Hilfe der entsprechenden Strahlenschutzmittel und der Anwendung des Abstandquadratgesetzes kann die Streustrahlung in der Kleintiermedizin auf ein akzeptables Niveau reduziert werden (SCHNITZLEIN, 1959; DOUGLAS et al., 1991).

2.3.5. Tertiärstrahlung

Trifft die Streustrahlung Gegenstände in der Umgebung, wird sie teilweise absorbiert und teilweise wieder als sogenannte Tertiärstrahlung gestreut. In diesem Fall spielt die Größe des Röntgenraumes und die Position der Röntgenanlage eine gewisse Rolle (SCHNITZLEIN, 1959).

2.4. Biologische Wirkung der Strahlung

2.4.1. Einleitung

Innerhalb kürzester Zeit nach Entdeckung der Röntgenstrahlen wurden Strahlenschäden bei Radiologen und ihrem Hilfspersonal, sowie bei manchen Chirurgen beobachtet (WILLIAMSON, 1978). Anfangs war nicht bekannt, dass Röntgenstrahlen schädlich sein könnten. Die Röntgenanlagen waren primitiv, hatten ungenügende oder keinerlei Abschirmung, die Exposition war sehr lang (10-20 Minuten), und Strahlenschutzmittel wurden nicht verwendet (WILLIAMSON, 1978). Solche Expositionen führten innerhalb von zwei bis drei Tagen zu einer schmerzhaften zwei bis drei Wochen anhaltenden Radiodermatitis. In manchen Fällen erholte sich die geschädigte Haut nicht und blieb gerötet, geschwollen und sensitiv (WILLIAMSON, 1978).

Zur anfänglichen Unkenntnis der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen kam in der späteren Zeit die Unterschätzung der Wirkung der Strahlung (WILLIAMSON, 1978). Bei manchen Personen, vor allem bei den Röntgenpionieren, waren die Schäden durch Röntgenstrahlen so groß, dass ihnen einige Finger amputiert werden mussten und einige Personen an Leukämie und an Krebs starben (WILLIAMSON, 1978; DOUGLAS et al., 1991). Die Zahl der bis zum Jahre 1922 an Strahlenschäden gestorbenen Röntgenologen wird auf über 100 geschätzt (DOUGLAS et al., 1991).

Die gegenwärtigen Möglichkeiten der Qualität der Ausrüstung in der Röntgenologie im Bereich der Veterinärmedizin sind unvergleichbar mit denen zu Beginn der Röntgenologie. Die modernen Röntgengeräte sind abgeschirmt, so dass man nicht der Primärstrahlung ausgesetzt ist und die Belichtungszeit beträgt nur einige Bruchteile von Sekunden. Zum Schutz vor der Strahlung wurden verschiedene Strahlenschutzmittel, z.B. Bleiblenen, mobile oder statische Bleiwände und persönliche Körperschutzkleidung (Bleischürze, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuhe sowie Bleibrillen) entwickelt (DOUGLAS et al., 1991).

Trotz all dieser Vorteile der gegenwärtigen Röntgenologie wird die biologische Wirkung der Strahlen unterschätzt und einige Personen setzen sich unnötig der Strahlung aus oder sind ungenügend vor Strahlung geschützt (TRAINOR und FOSKETT, 1960; O'RIORDAN, 1968; HARTUNG und MÜNZER, 1981; HORVAT, 1986; ANONYMUS, 1994).

Es ist bekannt, dass jede Dosis eine biologische Wirkung für das lebende Gewebe hat (LEE, 1978; HARTUNG, 1992). Die Art und die Ausprägung der Wirkung im Gewebe ist abhängig von der Art und Menge der Strahlung sowie dem bestrahlten Gewebe selbst, das heißt seine Zellenempfindlichkeit bzw. Resistenz (WEAVER und RUDORF, 1994; KODL et al., 2001).

2.4.2. Dosiswirkungsbeziehung

Um die biologische Wirkung der Strahlen auf der zellulären Ebene, auf Organebene und im Gesamtorganismus besser verstehen zu können, unterscheidet man stochastische und deterministische Prozesse (KODL et al., 2001).

Die **stochastischen Prozesse** funktionieren nach dem Zufallsprinzip: „Entweder – Oder“. Das heißt, dass ein Ereignis entweder eintritt und Schäden entstehen, oder nicht, wodurch keine Schäden entstehen. Bei diesen Prozessen gibt es keine unschädliche Dosis, auch eine minimale Dosis kann Schäden verursachen. In der Regel ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Prozesses dosisabhängig. Der Schweregrad des Prozesses ist aber unabhängig von der Dosis. Das heißt, dass eine Dosiserhöhung nicht zu dramatischeren Mutationen oder bösartigeren Tumoren führt, sondern diese Veränderungen häufiger auftreten (JUNG, 1995). Die Manifestation erfolgt durch Mutation (Änderung der genetischen Information der Zelle) als Kanzerogenese oder Teratogenese. Klinisch können diese Prozesse nicht von Spontanmutationen unterschieden werden (SAUER, 2001).

Im Gegensatz dazu, gibt es für **deterministische Prozesse** (früher nicht-stochastische Prozesse genannt) eine Schwellendosis und Effekte treten erst nach Überschreiten dieser Dosis auf. Oberhalb dieser Schwellendosis nimmt der Schweregrad der Schäden mit der Dosis zu. Die Manifestation in diesem Fall erfolgt durch den Tod von Teilen einer Zellpopulation als Früh- oder Spätschaden. Zu den akuten Schäden gehören z.B. das Erythem, die akute Radiodermatitis und die akute Strahlenkrankheit. Zu den nicht-kanzerösen Spätschäden gehören der Strahlenkatarakt und fibrotische Gewebeveränderungen. Weiter kann eine Bestrahlung zu Kanzerogenese und Teratogenese führen (JUNG, 1995; SAUER, 2001). Wird ein Embryo oder eine Frucht in Utero bestrahlt, kann es zu seiner dauerhaften Sterilität im Laufe seines Lebens kommen (JUNG, 1995).

2.4.3. Effekt der Röntgenstrahlung

Jede ionisierende Strahlung hat schädliche Wirkungen auf lebende Zellen (LEE, 1978; WEAVER und RUDORF, 1994).

Wie bereits erwähnt, wird bei Bestrahlung eines lebenden Gewebes ein Teil der ionisierenden Strahlung vom Gewebe absorbiert, und diese Absorption führt zu zellulären bzw. subzellulären Schäden durch Ionisation und zu folgender Entstehung von freien Radikalen. Je nach dem Grad der schädlichen Wirkung der Strahlung kommt es entweder zum Tod der Zellen oder zu Wachstums- oder Funktionsstörungen der betroffenen Zellen. Auf der Atomebene kommt es zu einer Lösung von Elektronen aus dem Atomverband, wodurch ein Überschuss an positiver Ladung zurückbleibt. Dadurch werden die Zellen in einen reaktionsfreudigen Zustand versetzt. Die nachfolgenden chemischen Reaktionen lösen vor allem drei biologische Effekte aus (KODL et al., 2001; SAUER, 2001).

2.4.3.1. Somatischer Effekt

Ionisierende Strahlung kann beim Durchtritt durch Gewebe sofortige Schäden der Zellen bzw. den Tod der Zellen verursachen. Diese Schäden müssen nicht klinisch manifest werden. Ob dies passiert hängt von der Zellenempfindlichkeit/Resistenz gegenüber ionisierender Strahlung und den Reparationsvorgängen der jeweiligen Zellen ab. Ist aber die einmalige Bestrahlung massiv oder wird das Gewebe mehrmaligen Bestrahlungen ausgesetzt und dadurch eine gewisse Dosis überschritten, führen die Zellschäden zu einer klinischen Manifestation (SAUER, 2001).

Am empfindlichsten gegenüber ionisierenden Strahlungen sind Zellen mit einer starken Regenerationsrate wie z.B. Keimdrüsen, blutbildendes Gewebe, Dünndarmepithelien (vor allem in Bereich der Lieberkühnschen Krypten) und das Stratum germinativum der Haut (DOUGLAS et al., 1991; KODL et al., 2001; SAUER, 2001).

Eine Besonderheit ist das Ovarium, welches neben anderen Zellen die Oozyten enthält. Im Vergleich zu anderen Zellen des Körpers besteht bei den Oozyten keine Möglichkeit eines Reparationsprozesses nach einer Schädigung (KODL et al., 2001). Die Zahl der Oozyten ist in der partalen oder in der frühen postpartalen Periode festgelegt. Die Schädigung der Oozyten kann zu einer Reduktion der Zahl der Oozyten und im schlimmsten Fall

zu einer vorzeitigen Beendigung der Fertilitätsphase des weiblichen Körpers führen (MOLE, 1961).

Am wenigsten strahlenempfindlich sind Zellen der sogenannten postmitotisch fixierten Reihen, die sich bei adulten Organismen nicht mehr teilen wie z.B. Nervenzellen, erwachsene Blutzellen, Muskel- und Bindegewebszellen (KODL et al., 2001).

Oft untergeschätzt wird die Augenlinse, die eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber ionisierenden Strahlungen hat und deren Schädigung sich in einem Strahlenkatarakt äußern kann (KODL et al., 2001).

Eine außerordentlich empfindliche Gruppe gegenüber ionisierenden Strahlungen sind wachsende Gewebe, vor allem von Embryo und Fetus. Die höchste Empfindlichkeit gegenüber der teratogenen Wirkung ionisierender Strahlung besteht beim Menschen im Stadium der Embryogenese (zwischen 3. und 8. Woche der intrauterinen Entwicklung, weiterhin: IU-Entwicklung) Zu diesem Zeitpunkt besteht das größte Risiko der Malformierung innerer Organe, da in diesem Zeitraum ihre Entwicklung stattfindet. Es handelt sich um deterministische Effekte der Strahlung. Aufgrund von Tierversuchen wird die Schwellendosis für den Menschen auf 0,1 Gy geschätzt (KODL et al., 2001).

Im Zeitraum der 8. – 25. Woche der IU-Entwicklung des Fetus äußern sich die Schäden durch mentale Retardierung und Erniedrigung des Intelligenzquotients (IQ) um 30 Einheiten per 1 Gy Dosis im Gehirn. Die Schwellendosis in diesem Stadium wird auf 0,1 Gy geschätzt (KODL et al., 2001).

Ab der vierten Woche der IU-Entwicklung neigt der Fetus zur Entwicklung von malignen Tumoren, die sich dann in der Kindheit oder später klinisch manifestieren können. Es wird geschätzt, dass das Risiko in diesem Stadium ähnlich hoch ist, wie in den ersten zehn Lebensjahren, also ca. zwei bis dreimal höher als bei Erwachsenen (KODL et al., 2001). Um dieses Risiko zu vermeiden, ist die Anwesenheit von schwangeren Frauen im Kontrollbereich durch § 22 Röntgenverordnung 2003 stark beschränkt, bzw. bei Schwangeren nur unter Beachtung besonderer Vorsichtsmaßnahmen möglich. Gemäß der Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung und zur Röntgenverordnung (2005) ist der Zutritt für Schwangere und Personen unter 18 Jahren zum Kontrollbereich nicht zulässig. In einer prospektiv-kontrollierten Studie konnte bei schwangeren Frauen, die in Veterinärpraxen in Ontario arbeiteten, im Vergleich zur restlichen Population keine Erhöhung der Abortrate und Missbildungsrate nachgewiesen werden (SHUHAIBER et al., 2002).

Die erhöhte Empfindlichkeit von schnell teilenden Zellen kann im Rahmen einer Strahlentherapie bei bösartigen Tumoren ausgenutzt werden, da dieses Gewebe eine deutlich erhöhte Mitoserate aufweist (LEE, 1978).

2.4.3.2. Veränderung der zytogenetischen Information

Die Bestrahlung von Geweben kann zu einer Schädigung/Veränderung der genetischen Information der Zelle führen, zu einer sogenannten Mutation. Je nach Gewebe erkennt man einen kanzerogenen und/oder genetischen Effekt (HARTUNG, 1974; DOUGLAS et al., 1991; KODL et al., 2001).

2.4.3.2.1. Kanzerogener Effekt

Die Bestrahlung von Körperzellen kann zu einer somatischen Mutation führen, die sich klinisch durch eine Tumorentwicklung bei dem bestrahlten Individuum äußern kann. Diese Mutation ist nicht vererbbar und gefährdet nur die Einzelperson (DOUGLAS et al., 1991; KODL et al., 2001). Generell betrifft eine Tumorerkrankung ca. jede vierte Person in der Population (JUNG, 1995). ZSCHUNKE und ARNDT (2001) berichteten von einem Tierarzt, der an den Metastasen eines Plattenepithelkarzinoms der Handhaut infolge der beruflichen Exposition gegen Röntgenstrahlen verstarb. Eine Studie an schwedischen männlichen Tierärzten zeigte, dass im Vergleich zur restlichen schwedischen Population im Veterinärbereich ein signifikant erhöhtes Risiko besteht, an Krebs des Ösophagus, Colon, Pankreas (in diesem Fall nicht signifikant), Gehirn und Hautmelanom (N = 1178) zu erkranken. Allerdings spielt hierbei nicht nur die Strahlenbelastung durch ionisierende Strahlung eine Rolle, sondern auch der Kontakt mit Viren der Tiere, anästhetischen Mittel und Sonnenstrahlung (TRAVIER et al., 2003).

2.4.3.2.2. Genetischer Effekt

Im Gegensatz dazu kann bei der Bestrahlung von Keimdrüsen sowohl ein somatischer als auch ein genetischer Langzeiteffekt auftreten. Genetische Langzeiteffekte müssen nicht unbedingt am Individuum erkennbar sein, die Nachkommenschaft ist aber dennoch gefährdet (KODL et al., 2001).

Es ist zu beachten, dass alle diese Effekte entweder durch eine hohe einmalige Dosis oder durch über lange Zeit akkumulierte kleine Dosen entstehen können (LEE, 1978; DOUGLAS et al., 1991). In den USA wurde bei den Nachkommen von Radiologen in der Humanmedizin bereits in der ersten Generation eine signifikante Zunahme von Missgeburten nachgewiesen (MACHT und LAWRENCE, 1955).

2.5. Einheiten in der Röntgenologie

Zur Messung der Aktivität und der Dosis wurden einige Begriffe bzw. physikalische Einheiten definiert. Es folgt ein kurzer Überblick bzw. eine Zusammenfassung der wichtigsten in der Röntgenologie verwendeten Begriffe:

Zur Beschreibung der Wirkung radioaktiver Strahlung auf einen Körper bedient man sich des Begriffs der **Dosis**. Dividiert man die Dosis durch die Zeit, so gelangt man zur **Dosisleistung** (SAUER, 2001).

Je mehr Energie durch radioaktive Strahlung von einem Körper absorbiert wird, desto größer ist die „meist schädliche“ Wirkung. Die **Energiedosis D_E** ist der Quotient aus der absorbierten Energie E und der Masse m des absorbierenden Körpers. (DOUGLAS et al., 1991; KODL et al., 2001). Die Einheit der Energiedosis, Gray, wurde nach dem britischen Physiker und Vater der Radiobiologie, Louis Harold Gray, benannt ([HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GRAY](http://de.wikipedia.org/wiki/Gray), 2007).

Die **Ionendosis D_I** ist der Quotient aus der durch die Strahlung im Körper entstandenen elektrischen Ladung Q und der Masse m des absorbierenden Körpers. Die Einheit der Ionendosis ist Coulomb pro Kilogramm (KODL et al., 2001; SAUER, 2001).

Die **Äquivalentdosis H** (engl. Harm – Schaden) berücksichtigt neben der Energieabgabe an den Körper auch noch die unterschiedliche Wirkung verschiedener Strahlenarten auf das Zellgewebe eines lebenden Organismus, in dem die Energiedosis D_E mit einem **Strahlungswichtungsfaktor WR** multipliziert wird. Sievert, die Maßeinheit der Äquivalentdosis, wurde nach dem schwedischen Mediziner und Physiker Rolf Sievert (1896-1966) benannt. Ein Sievert (Sv) stellt eine relativ große Äquivalentdosis dar und aus diesem Grund werden praktisch vorkommende Werte meist in Millisievert (mSv) angegeben (DOUGLAS et al., 1991; KODL et al., 2001; SAUER, 2001).

Der Strahlungswichtungsfaktor ist von der Art (und teilweise der Energie) der Strahlung abhängig und ist nicht identisch mit der beim Vergleich zweier Strahlenarten oder Strahlenenergien experimentell ermittelten relativen biologischen Wirksamkeit. Da der Strahlungswichtungsfaktor eine dimensionslose Zahl ist, hat die Äquivalentdosis die gleiche Dimension wie die Energiedosis, nämlich von der Strahlung an die Materie abgegebene Energie pro Masseneinheit, und damit ist die SI-Einheit definiert als Joule pro Kilogramm. Um jedoch den Unterschied zwischen den Dosisgrößen für den praktischen

Gebrauch hervorzuheben, trägt die Einheit als Energiedosis den Namen Gray (Gy) und die Äquivalentdosis den Namen Sievert (Sv) (KODL et al., 2001; SAUER, 2001).

Je nach Qualität bzw. Eigenschaften der Strahlung wird aufgrund der entsprechenden Durchdringungsfähigkeit die Strahlung in verschiedenen Tiefen des Körpers absorbiert. Um die Strahlenbelastung in der Tiefe des Körpers abzuschätzen, wurden die Äquivalentsdosen in einem Punkt einer bestimmten Messtiefe im ICRU-Gewebe (Gewebe vereinbarter atomarer Zusammensetzung) definiert. Aus diesem Grund wird zwischen Hp(0,07) der **Oberflächen-Personendosis** und Hp(10) der **Tiefen-Personendosis** unterschieden (FORSCHUNGSZENTRUM-KARLSRUHE, 2005).

Abhängig von der Körperregion liegt die strahlenempfindliche Hautschicht zwischen 0,05 und 0,5 mm Gewebetiefe. Durch die Ermittlung der Äquivalentsdosis (Oberflächen-Personendosis Hp(0,07) in einem Punkt in der vereinbarten Gewebetiefe von 0,07 mm wird die lokale Hautdosis abgeschätzt (FORSCHUNGSZENTRUM-KARLSRUHE, 2005).

Die Tiefen-Personendosis Hp(10) ist eine Äquivalentsdosis, die in einem Punkt in 10 mm Tiefe der ICRU-Gewebe ermittelt wird. In dieser Messtiefe wird die Dosis nicht (oder minimal) von der Strahlung geringerer Eindringtiefe beeinflusst. Bei einer Ganzkörperexposition dient Hp(10) als Schätzwert für die Effektive Dosis (FORSCHUNGSZENTRUM-KARLSRUHE, 2005).

Die **Effektive Dosis E** ist die Summe von Strahlungswichtungsfaktoren und der Äquivalentdosis in bestrahlten Geweben oder Organen des menschlichen Körpers und gilt für eine Ganzkörperexposition. Sie entspricht einem mittleren Wert für die Risiken der wichtigsten Organe des Menschen, die an Krebs erkranken. Je höher die effektive Dosis wird, desto größer wird die Krebsauslösungswahrscheinlichkeit durch die Strahlenexposition des Menschen. Die Einheit der Effektiven Dosis ist ebenfalls Sievert Sv (DOUGLAS et al., 1991; KODL et al., 2001; SAUER, 2001).

Tabelle a 2: Überblick über die Dosiseinheiten (DIN 6814, 1985)

Größe	SI-Einheit	Alte Einheit	Umrechnung
Energiedosis D_E	1 Gray = 1 Gy = 1 J/kg	1 rad	1 rad = 10^{-2} Gy
Ionendosis D_I	1 C/kg	1 Röntgen = 1 R	1 R = $2,58 \times 10^{-4}$ C/kg
Äquivalentdosis H	1 Sv = 1J/kg	1 rem	1 rem = 10^{-2} Sv
Effektive Dosis E	1 Sv = 1J/kg		

2.6. Strahlenschutz in der tierärztlichen Praxis

2.6.1. Allgemeines

Der Strahlenschutz in der Praxis muss unter zwei Hauptgesichtspunkten gesehen werden. Erstens dem gesetzlichen Strahlenschutz und zweitens dem praktischen Strahlenschutz.

2.6.2. Gesetzlicher Strahlenschutz

bezieht sich auf das, was der Gesetzgeber verlangt, damit die Strahlenbelastung für die beim Röntgen anwesenden Personen möglichst gering gehalten wird (RÖV, 2003). Um den Strahlenschutz in der Kleinterröntgenologie in Deutschland zu regeln, wird der Umgang mit Röntgengeräten auf der nationalen Ebene durch das Atomgesetz (AtG 2005) und vor allem durch die Röntgenverordnung (RÖV, 2003) geregelt. Um die Verordnungen zu ergänzen, wurde im Januar 2005 die Richtlinie Strahlenschutz in der Tierheilkunde verabschiedet und trat am 1. März 2005 in Kraft. Ihr Ziel ist die einzelnen Punkte der Verordnungen zu erläutern und zu verdeutlichen (Persönliche Mitteilung HARTUNG und EBERT, 2005).

Bei der Erstellung dieser nationalen Grundnormen wurden die Richtlinien der Europäischen Union bzw. die der Euratom (Europäische Atomagentur) aus den Jahren 1996 (96/29) und 1997 (97/43) berücksichtigt, die die Empfehlungen der ICRP (International Commission on Radiological Protection) übernommen haben. In diesen Empfehlungen wurde aufgrund langjähriger Forschungen und Untersuchungen die Bedeutung der Wirkung von kleinen Strahlendosen betont. Die Tatsache, dass man bei jeder Röntgenuntersuchung einer gewissen Exposition ausgesetzt wird, spielt eine wesentliche Rolle vor allem bei den stochastischen (genetischen) Schäden, bei denen es keinen Dosisgrenzwert gibt. Diese Gründe führte zu Änderungen bzw. zur Erniedrigung der Grenzwerte in der Röntgenverordnung, die am 1. Juli 2002 in Kraft getreten ist (LUDEWIG, 2002).

Tabelle a 3: Grenzwerte der Körperdosen in mSv/a für beruflich strahlenexponierte Personen und der allgemeinen Bevölkerung im Kontrollbereich (nach §§ 31a, 32 RöV 2003)

Art der Dosis		Kategorie A	Kategorie B	Einzelperson der Bevölkerung
Effektive Dosis		20 *	6	1
Organdosis	Augenlinse	150	45	15
	Haut, Hände, Unterarme, Füße, Knöchel	500	150	50
	Keimdrüsen, Uterus, rotes Knochenmark	50	-	-
	andere Organe	150	-	-

*Grenzwert der effektiven Dosis für Personen der Kategorie A im Kontrollbereich war vor dem Jahr 2002 50 mSv/a (RöV 1973)

2.6.3. Praktischer Strahlenschutz

bezieht sich auf die Maßnahmen, die der Strahlenschutzverantwortliche oder Strahlenschutzbeauftragte ergreifen kann, um die Strahlenbelastung unterhalb der gesetzlich vorgegebenen Grenzen so gering wie möglich zu halten. Dies wird durch das sogenannte **Minimierungsgebot** ausgedrückt. Praktisch bedeutet dies, dass jede unnötige Strahlenexposition zu vermeiden ist. Bei unvermeidbaren, notwendigen Expositionen ist darauf zu achten, dass die Belastung so gering wie möglich gehalten wird (Persönliche Mitteilung HARTUNG und EBERT, 2005).

Auf internationaler Gebrauchsebene ist dieses Gebot als **Alara-Prinzip** bekannt. Diese Abkürzung steht für 'As Low As Reasonably Achievable' und bedeutet, dass die Expositionen so klein gehalten werden müssen wie es mit vernünftigem Aufwand möglich ist. Dieses Konzept wurde im Jahre 1954 durch das International Committee on Radiation Protection (ICRP) vorgeschlagen (Persönliche Mitteilung HARTUNG und EBERT, 2005).

2.7. Möglichkeiten der Strahlenbelastungsreduktion

Eine Anwesenheit von Personen bei der Röntgenuntersuchung führt immer zu einer gewissen Exposition des Haltepersonals bzw. aller Anwesenden, sogar wenn die amtlichen Dosimeter keine Dosis angezeigt haben. In diesem Fall liegt die Exposition zwischen 0 Sv und der Nachweisgrenze des Dosimeters. Geht man davon aus, dass jede ionisierende Strahlung schädigende Wirkungen auf die Körperzellen haben kann (LEE, 1978), wird sehr leicht der Grundsatz bestätigt, dass zu jeder Röntgenuntersuchung eine sinnvolle Indikationsstellung vorliegen muss und jede unnötige Röntgenaufnahme zu vermeiden ist (RÖV, 2003).

Anhand der historischen Beispiele sieht man, dass ein nicht-sorgfältiger bzw. nicht-sachgemäßer Umgang mit Röntgenstrahlen eine Gefahr für die eigene Gesundheit bzw. das eigene Leben darstellen kann (WILLIAMSON, 1978; DOUGLAS et al., 1991). Da Strahlenschäden nicht sofort erkennbar sind, ist es ratsam die Arbeitsregeln strikt einzuhalten und sich zusätzliche und weitere Maßnahmen zur Strahlenbelastungsreduktion anzueignen. Im folgenden Text werden kurz die Möglichkeiten der Reduzierung der Strahlenbelastung in der Kleintierröntgenologie beschrieben.

Eine große Bedeutung bei der Strahlenbelastung in der Röntgenologie spielt die Röntgenanlage. Bei jedem Gerät soll durch die Bauart ein optimaler Strahlenschutz gewährleistet sein. Jeder geringste Fehler kann zu einer wesentlichen Erhöhung der Strahlenexposition beitragen. Im schlimmsten Fall können Menschen der primären Röntgenstrahlung ausgesetzt werden (LEE, 1978; MAHAFFEY und LEWIS, 1979). Besonders gefährlich war der Einsatz der inzwischen verbotenen Kleinröntengeräte (sogenannte Röntgenkugeln), bei denen ein Defekt des mechanischen Handzeitschalters eine Dauerbestrahlung von Personen verursachte. Diese hohen Expositionen führten in einigen Fällen zum Tod (BLU, 1980).

Eine optimale Einblendung des Nutzstrahlenbündels lässt sich mit Hilfe von Metallmünzen überprüfen (DOUGLAS et al., 1991; HARTUNG, 1992). HARTUNG (1974) hat in seinen Strahlenschutzuntersuchungen nachgewiesen, dass eine direkte Exposition des Körpers von Personen, vor allem der Hände, durch Primärstrahlung im Vergleich zur Exposition des Körpers durch Streustrahlung zu einer über 100 mal höheren Strahlenbelastung führen kann.

Im Vergleich zum konventionellen Film-Folien System mit Rasterkassette bietet die Anwendung der Speicherfolienradiographie sowie des elektronischen Flachdetektors

den Vorteil einer Reduzierung der Strahlenbelastung durch die Dosisreduktion (BUSCH, 1999; HEYNE et al., 1999; SCHMID, 2002; KOERT, 2004) sowie die Vermeidung einer Wiederholung der Röntgenaufnahme (BUSCH, 1999). Bei der Anwendung des digitalen Röntgens hat KOERT (2004) in ihrer Studie eine Ortsdosisreduktion von 20 % bei den Röntgenuntersuchungen vom Abdomen des Hundes und von 68,75 % bei Schädeluntersuchungen bei der Katze festgestellt.

Entsprechend der RöV vom 2003 darf eine Röntgenanlage nur von einer Person mit ausreichender Fachkunde betrieben werden (RöV, 2003). In einer Studie von MORITZ et al. (1989) wurde nachgewiesen, dass Universitäten durch ihre Ausbildungstätigkeit eine wesentliche Rolle in Rahmen der Strahlenschutzgewohnheiten spielen, vor allem bei Verwendung von Schutzkleidung. Die Exposition des Personals wird durch Erfahrung mit der Lagerung und Fixation des Patienten vermindert (MORITZ et al., 1989). Von daher kann man sagen, dass der Einsatz des Besitzers für die Lagerung und Fixation bei der Röntgenuntersuchung ungünstig sein kann (TRAINOR und FOSKETT, 1960). Dies wurde durch die Untersuchungen von DIXON (1968) bestätigt.

Durch eine höhere Röhrenspannung und folgende Verkürzung der Belichtungszeit kann es zu einer deutlichen Reduktion der Strahlenbelastung kommen (HERRTAGE, 1978). Bei Tieren kleinerer Körpermasse wie z.B. bei Katzen oder Kaninchen, bei denen die Dicke des geröntgten Körperteiles weniger als 10 cm beträgt, wird die Reduktion der Belichtungszeit schon durch das Röntgen ohne Raster erreicht (HERRTAGE, 1978). Eine weitere Möglichkeit der Belichtungszeitreduktion ist eine Verminderung der Körpermasse, die die Primärstrahlung durchdringen muss. Dies kann durch eine Kompression (z.B. mittels Gurten) des untersuchten Körperbereiches, vor allem bei Röntgenaufnahmen des Abdomens erreicht werden (ROTHER, 1977). Die Anwendung von „high speed“ Filmen und Verstärkerfolien mit seltenen Erden kann zu einer Belichtungszeitverkürzung auf 25 % gegenüber folienlosen Filmen führen (HARTUNG, 1974). Nachteil dieser Technik ist eine Verminderung der Detailzeichnung der Röntgenaufnahme (HARTUNG, 1974; DOUGLAS, 1978; HERRTAGE, 1978; RENDANO und WATROUS, 1980). Als Nebeneffekt der verkürzten Belichtungszeit wird das Risiko einer unscharfen Röntgenaufnahme durch Atemprozesse oder Bewegungen des Patienten vermindert (HARTUNG, 1974; DOUGLAS, 1978).

Im Zusammenhang mit der Belichtungszeit ist vor allem der Durchleuchtung Beachtung zu schenken, wobei eine Minute Durchleuchtung mit Bildverstärker eine mehr als zehnfach höhere Dosis im Vergleich zu einer guten Röntgenaufnahme bedeutet (Persönliche Mitteilung HARTUNG und EBERT, 2005). UNWIN (1970) nennt als einzige Indikation für die Anwendung der Durchleuchtung dynamische Untersuchungen wie z.B. Kontraststudien vom

Schluckakt. HOLBACH (1998) stellte durch eine Umfrage fest, dass 80 (10 %) Praxen eine Durchleuchtungsmöglichkeit besitzen. Dabei wenden 31 Praxen die Durchleuchtung hauptsächlich bei der Frakturversorgung, 22 bei Fremdkörperverdacht, 25 bei Kontrastpassagen, 11 bei OP-Kontrollen, vier bei Myelographien an. In fünf Fällen wurde die Durchleuchtung selten und in sechs nicht mehr angewendet.

Auch die Begrenzung des Aufenthaltes bzw. die Abwesenheit bei der Röntgenuntersuchung von narkotisierten oder sedierten Patienten stellt eine sehr gute Option der Strahlenbelastungsreduktion dar (DIXON, 1968; LEE, 1978; RENDANO und WATROUS, 1980; BARR und LATHAM, 1987; WEAVER und RUDORF, 1994). In Großbritannien wird dies vor allem nach der Einführung der neuen Regeln „The Ionising Radiations Regulations“ (1985) und den davon ausgehenden Empfehlungen „Code of Practice“ an den tierärztlichen Fakultätskliniken und in manchen privaten Praxen angewendet (BARR und LATHAM, 1987; WEAVER und RUDORF, 1994). Allerdings gibt es in der Medizin auch Röntgenuntersuchungen, bei denen die Anästhesie des Patienten kontraindiziert ist, wie z.B. Schluckkontraststudien, Kontrastdarstellung von Ösophagus, Magen und Darm (BARR und LATHAM, 1987). In der Studie über Kleintierpraxen (N = 73) aus Ontario wurde die allgemeine Anästhesie bei Röntgenuntersuchungen in 6,8 % der Fälle häufig angewendet, in 71,2 % nur gelegentlich und in 21,9 % selten (SHUHAIBER et al., 2002).

Um die Zahl der exponierten Menschen bis auf Null zu reduzieren, können bei der Lagerung und Fixation von ruhigen und kooperativen Patienten oder Patienten in Narkose verschiedene Hilfsmittel eingesetzt werden. Am häufigsten kommen verschiedene Schaumstoffkeile, Polyesterblöcke, Schaumrinnen, Sandsäcke, sowie Mull- und Klebebänder zum Einsatz (SCHNITZLEIN, 1959; ROTHE, 1977; RENDANO und WATROUS, 1980; BARR und LATHAM, 1987; WEAVER und RUDORF, 1994). Nach SHUHAIBER et al. (2002) erfolgte bei 4 % der befragten Tierärzte (N = 73) immer eine Fixierung der Patienten durch Hilfsmittel, in ca. 25 % gelegentlich und selten bei den restlichen Fällen.

Die Menge der entstehenden Streustrahlung lässt sich durch Einblenden der Primärstrahlung positiv beeinflussen. Man kann das Belichtungsfeld durch die Lichtvisiertiefenblende darstellen und entsprechend der Größe des zu untersuchenden Teils des Patientenkörpers eingrenzen (DOUGLAS, 1978; LEE, 1978; HARTUNG, 1992).

HARTUNG (1974; 1992) hat in seinen Untersuchungen festgestellt, dass bei einer Reduzierung des Strahlungsfeldes von 30 x 40 auf 24 x 30 cm die Streustrahlung um 10 bis 15 % erniedrigt wird und bei Reduzierung auf 18 x 24 cm sogar um 15-30 %. Durch die entsprechende Einblendung sinkt nicht nur die Menge der Streustrahlung, sondern auch das Risiko der Exposition der Hände der Primärstrahlung (HARTUNG, 1992, 1993).

Die durch die Bestrahlung eines Gewebes entstandene Streustrahlung wird in alle Richtungen verteilt. Diese Streustrahlung wird teilweise durch Gegenstände in der Umgebung absorbiert und von ihnen teilweise wieder gestreut – die so genannte Tertiärstrahlung. Befindet sich eine Röntgenanlage direkt oder sehr nah an der Wand, kann es dadurch zu einer Erhöhung der Exposition des Personals kommen. In der älteren Literatur wurde ein Abstand der Röntgenanlage von den Wänden von mindestens 2 Metern empfohlen (SCHNITZLEIN, 1959).

Die entstandene Strahlung wird von der Streustrahlenquelle (dem Patienten) divergent gestreut, wodurch die Dosis quadratisch zum Abstand abnimmt (Abstandquadratgesetz). In der Praxis bedeutet dies, dass man sich möglichst weit von dem bestrahlten Körpergebiet entfernen sollte. In der Literatur wird ein Abstand von der Streustrahlenquelle von mindestens 5 ft. = 152,4 cm empfohlen (PATTERSON, 1959; O'RIORDAN, 1970). Im Vergleich der Höhe der Exposition einer Person, die alleine den Patient fixiert, mit der Höhe der Exposition bei Fixation des Patienten durch zwei Personen kann es durch eine Erhöhung des Abstandes von der Streustrahlenquelle zu einer Verminderung der Exposition der fixierenden bzw. anwesenden Personen kommen (UNWIN, 1970; HARTUNG und MÜNZER, 1984). Eine aufrechte Position mit gestreckten Händen der Person, die den Patient fixiert, führt im Vergleich mit einer Person, die sich zu dem Patient vorbeugt, auch zu einer Verminderung der Exposition. Die Erhöhung der Exposition in diesem Fall lässt sich einerseits durch einen geringeren Abstand der Person von der Streustrahlenquelle erklären (DIXON, 1968; RENDANO und WATROUS, 1980; WIDMER et al., 1989), andererseits durch die charakteristische Eigenschaft der sekundären Strahlung, bei der die größte Menge der Streustrahlung zurückgestrahlt wird (UNWIN, 1970). Durch die Ermittlung der Isodosenlinien (die Dosiswerte um den Patient herum in Beziehung zu ihrer Entfernung zur Strahlenquelle) wurde nachgewiesen, dass die Exposition durch bestimmte Standorte bei der Fixation des Patienten deutlich reduziert werden kann (HARTUNG und CLAUSS, 1967).

Die letzte Möglichkeit der Reduktion der Strahlenbelastung ist die Abschirmung. In der Praxis können mobile oder statische Bleiwände sowie Bleiblenden eingesetzt werden, desweiteren muss entsprechend §21 der RöV (2003) die erforderliche Schutzkleidung getragen werden, um die im Kontrollbereich anwesenden Menschen vor der Streustrahlung zu schützen. Zu dieser Schutzkleidung gehören Bleischürze, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuhe und Bleibrille mit unterschiedlich dicker Bleischicht. Es ist darauf zu achten, dass die Bleischutzkleidung nur zum Schutz vor Streustrahlung eingesetzt werden kann. Werden Hände in Bleihandschuhen der Primärstrahlung ausgesetzt, sind sie nicht geschützt, da die Absorptionseffizienz vom Blei im Energiebereich über 80 kVp wesentlich vermindert ist (MAHAFFEY und LEWIS, 1979). Werden Handschuhe oder Bleischürze lediglich auf die

das Tier fixierenden Hände gelegt, besteht kein Schutz der Hände vor Streustrahlung, da die Streustrahlung nicht von oben kommt, sondern aus Richtung ihrer Quelle – dem bestrahlten Körperbereich (MAHAFFEY und LEWIS, 1979; WIDMER et al., 1989). Um einen bestmöglichen Schutz vor der Streustrahlung leisten zu können, sollte die Schutzkleidung einen optimalen Bleigleichwert tragen. Im Bereich bis zu 150 kV wird bei Schürze und Handschuhen ein Bleigleichwert von mindestens 0,25 mm empfohlen (DOUGLAS et al., 1991). Durch unvernünftigen Gebrauch und Aufbewahrung können in der Schutzkleidung Risse und Brüche entstehen, die die Schutzwirkung vermindern können (PATTERSON, 1959; O’RIORDAN, 1970; MAHAFFEY und LEWIS, 1979; DOUGLAS et al., 1991; HARTUNG, 1992). Es folgt eine Übersicht der Schutzwirkung von Bleibekleidung.

Tabelle a 4: Schutzwirkung der Bleischutzkleidung
(Unterlagen von MAVIG-RÖNTGENSCHUTZKLEIDUNG; HÄNEL GMBH, MÜNCHEN, 1997)

Bleigleichwert (mm Pb)	Röhrenspannung (kV)				
	Durchgelassene Strahlung (%)				
	50	75	100	150	200
0,13	2	10	25	40	55
0,25	0,35	3	10	20	30
0,35	0,05	1,5	5,5	11	22
0,4	0,03	1	4,5	8	17
0,5	0,01	0,7	3	5,5	12,5
1	-	0,05	0,5	1	2,5

Eine gewisse Kontrolle über die Strahlenbelastung der im Kontrollbereich anwesenden Menschen wird in der Radiologie durch die Überwachung mittels Personendosimeter gewährleistet. Im Fall der erhöhten Exposition kann man in der nächsten Zeit die Anwesenheit der betroffenen Personen im Kontrollbereich reduzieren (MAHAFFEY und LEWIS, 1979). Die Überwachung geschieht in der Praxis durch amtliche Dosimeter, vor allem in Form einer Filmplakette für die Körperdosis und/oder TLD-Dosimeter in Form eines Fingerdosimeters für die Organdosis bzw. Hautdosis (DOUGLAS et al., 1991). Diese zwei Dosimetersysteme gehören zur Gruppe der passiven, nicht direkt ablesbaren Dosimeter, die die akkumulierte Körperdosis ermitteln. Diese Dosimeter werden regelmäßig einmal

monatlich zum Ablesen an die zuständige amtliche Strahlenmessstelle des Landes geschickt. Die Menge der Dosimeter soll der Zahl der beruflich exponierten Personen im Kontrollbereich entsprechen. Die Wahl des Dosimeters bzw. ihre Kombination wird durch das zuständige Amt geregelt.

2.8. Dosimetrieverfahren

Nach der Strahlenschutz- und Röntgenverordnung (StrlSchV 2002, RöV 2003) wird die Strahlenbelastung bzw. Personendosis beruflich strahlenexponierter Personen durch Personendosimeter überwacht. Hierbei finden vor allem passive Dosimeter ihren Einsatz. Je nach Genehmigung der entsprechenden Behörde handelt es sich um Filmdosimeter und/oder TLD's.

2.8.1. Passive Dosimeter

Eine allgemeine Eigenschaft der passiven Dosimeter ist, dass sie nicht in der Lage sind, die aufgenommene Dosis direkt nach der Exposition anzuzeigen, sondern zum Ablesen zu einer zuständigen amtlichen Strahlenmessstelle des jeweiligen Landes geschickt werden müssen. Hierbei wird die Exposition als Summationswert der gesamten Expositionen in dem überwachten Zeitraum bestimmt. In diesem Fall kann man einzelne Teildosen nicht unterscheiden und es fehlt die Möglichkeit, die Dosen einer bestimmten Röntgenuntersuchung zuordnen zu können.

2.8.1.1. Filmdosimeter

Zur Überwachung der Exposition dienen in der Praxis am häufigsten Filmdosimeter. Ein Filmdosimeter besteht aus einem Film, der in eine Plakette eingelegt wird. Der Film ist zusammengesetzt aus einem Medium und einer Photoemulsionsbeschichtung (meistens Bromsilberkristalle in Gelatine oder Kunststoff). Eine Exposition des Filmes führt zu einer chemischen Reaktion des Silbers, was nach Entwicklung zu einer optischen Schwärzung des Filmes führt. Da in der Kunststoffplakette Kupferfilter von verschiedenen Stärken eingebaut sind (0,05 mm, 0,3 mm und 1,2 mm Cu), wird die Strahlung unterschiedlich abgefiltert. Dies hilft nach der Entwicklung des Filmes bei der Messung der aufgenommenen Dosis durch den Schwärzungsvergleich mit definiert bestrahlten Filmen. Zusätzlich sind in den Plakettenwänden Bleistreifen eingebaut (0,8 mm Pb), um die Richtung der Exposition feststellen zu können (entweder von vorne oder von hinten) (DOUGLAS et al., 1991; KRIEGER, 2001).

Diese Art von Dosimetern (Typ BE-Gs-GD 01) ist für Röntgen- und Gammastrahlung im Bereich von 25 keV bis 1,4 MeV geeignet. Vom Dosisbereich finden sie Einsatz von 0,1 mS bis 1 Sv. Der Strahleneinfallswinkel beträgt 0° bis $\pm 45^\circ$ (PTB, Stand 10.7.2007).

Wie bereits erwähnt, werden diese Dosimeter routinemäßig in der Kleintier-röntgenologie für die Körperdosisbestimmung eingesetzt und einmal monatlich zum Ablesen zur zuständigen amtlichen Strahlenmessstelle des Landes geschickt.



Abbildung 2: Plakettenfilmdosimeter Typ BE-Gs-GD 01: Von links nach rechts: Einsatzfähiger Dosimeter, Vorderer Teil, hinterer Teil, Film

2.8.1.2. Thermolumineszenzdosimeter

Ein weiteres Verfahren in der Personendosimetrie ist das Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), meistens in Form eines Fingerringdosimeters, Handdosimeters oder Armdosimeters. Bei diesem System nutzt man die Thermolumineszenz von Stoffverbindungen wie z.B. Kalzium- oder Lithiumfluorid in kristalliner Form. Werden diese Stoffe einer ionisierenden Strahlung ausgesetzt, wird die Energie aufgenommen und später durch eine thermische Reaktion proportional zur Strahlung in Form von sichtbarem Licht ausgesandt (DOUGLAS et al., 1991; KRIEGER, 2001).

Im Vergleich zu Filmdosimetern haben TLD's eine höhere Strahlungsempfindlichkeit (Teilkörperdosimeter TLD XD-700: 15 keV bis 3 MeV), einen relativ grösseren Messbereich (je nach Bauartzulassung des Teilkörperdosimeter TLD XD-700: 0,1 mSv bis 10 Sv; bei geringerem Untergrund kann die Nachweisgrenze bereits 0,03 mSv sein) und kleine geometrische Ausmaße (LPS, 2006). Der Strahleneinfallswinkel ist vom Hersteller nicht definiert.

TLD's sind durch die RöV 2003 nicht explizit vorgeschrieben. Falls die Gefahr besteht, dass an einem Körperteil die festgelegten Dosisgrenzwerte erreicht werden, muss nach § 35, Abs. 3 und 4 der RöV 2003 ein TLD in Form des Fingerringdosimeters als zweites Dosimeter zur Ermittlung der Teilkörperdosis an den Händen eingesetzt werden. In manchen Praxen wird mit Ermächtigung der entsprechenden Behörde das TLD-Fingerringdosimeter als einziges Dosimetrieverfahren eingesetzt (wie z.B. in Nordrhein-Westfalen). Genauso wie Filmdosimeter werden auch TLD's einmal monatlich zum Ablesen zur zuständigen amtlichen Strahlenmessstelle des Landes geschickt.

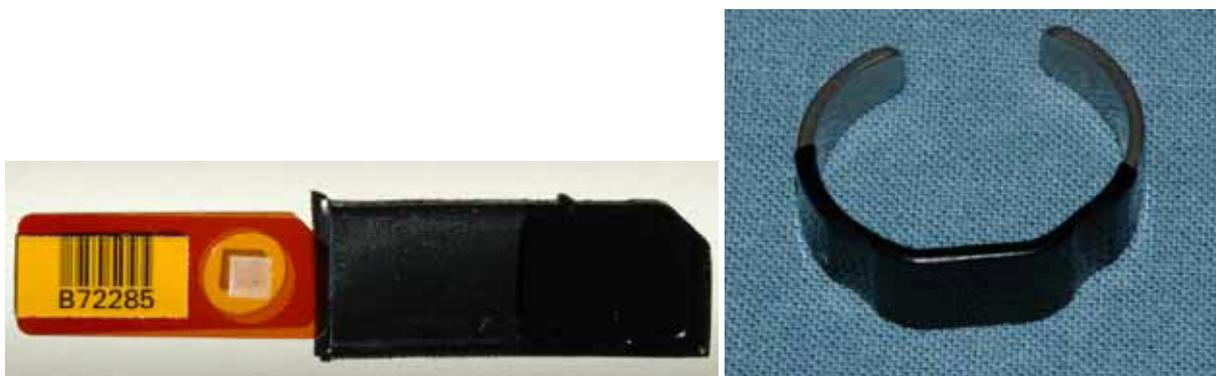


Abbildung 3: Thermolumineszenzdosimeter, links TLD XD 700, rechts in Form eines Fingerringdosimeters

2.8.2. Aktive Dosimeter

In diesem Fall handelt es sich um elektronische Personendosimeter, die im Vergleich zu den passiven Dosimetern die Eigenschaft haben, die Dosis direkt nach der Exposition mit ionisierender Strahlung anzuzeigen. Dazu dient ein Display am Dosimeter. Bei den neueren Geräten, wie z.B. „EPD MK2“ (Fa. THERMO ELECTRON, Deutschland) und „ComDos APD-light“ (Fa. DOSILAB, Schweiz), ist es möglich durch einen Kabel- oder drahtlosen Anschluss am Computer, mit entsprechender Softwareausrüstung, die ermittelte Dosis darzustellen. Ein Nachteil dieser Dosimetrieverfahren sind relativ größere Maße und ein höheres Gewicht im Vergleich z.B. zum TLD. Zu den weiteren Nachteilen dieser Dosimeter gehören die Notwendigkeit von zusätzlicher Ausrüstung (wie z.B. Computer) und vor allem die den täglichen Einsatz limitierenden hohen Anschaffungskosten im Vergleich zu den passiven Dosimetern (DOSILAB, ; THERMO-ELECTRON, 2003).

Die neueren Generationen wie z.B. Dosimeter „EPD MK2“ (weiter nur Dosimeter MK2), und „ComDos APD-light“ (weiter nur Dosimeter Comet) sind mit einer speziellen Software ausgerüstet und bieten außer Messungen der Strahlenbelastung durch die sekundäre Strahlung auch weitere Funktionen an. Durch die entsprechende Einstellung des Systems lassen sich die aufgenommenen Dosen mit dem entsprechenden Datum und dem entsprechenden Zeitpunkt speichern. Durch diese Funktion besteht die Möglichkeit, die einzelnen aufgenommenen Dosen getrennt zu ermitteln (in Rahmen der Speicherkapazität) und unter Umständen die einzelnen Dosen bestimmten Röntgenuntersuchungen zuzuordnen. Durch die Software lässt sich das Dosimeter einer konkreten Person zuordnen und Alarmgrenzwerte können für diese Person eingestellt werden, um sie so automatisch überwachen zu können. Die Grenzwerte können für einzelne Dosen, für einen Tag, für eine Woche oder für ein Jahr eingestellt werden. Werden diese Grenzwerte überschritten, wird ein akustischer und optischer Alarm eingeschaltet und die konkrete Person dadurch informiert (DOSILAB, ; THERMO-ELECTRON, 2003).

2.8.2.1. Ionisationskammer

Füllhalterdosimeter – eine Ionisationskammer ist ein Messgerät, das die Eigenschaft der ionisierenden Strahlung nutzt, die Gasmoleküle in negativ- und positivgeladene Ionen umzuwandeln. Wenn diese in einer Ionisationskammer entstehen, wandern sie durch das elektrische Feld zur entsprechenden anders gepolten Elektrode und führen so zu einem elektrischen Stromfluss. Diese Art der Dosimeter dient zur Abschätzung der effektiven Dosis durch Ermittlung der Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$. Der „Stern“ symbolisiert die Unabhängigkeit der Messgröße von der Strahleneinfallrichtung. Wird das Dosimeter frei im Raum eingesetzt und einer Streustrahlung ausgesetzt, fehlt bei der Aufnahme der Exposition die Rückstreustrahlung von einer Person. Dies wird durch bauliche Vorkehrungen des Dosimeters selbst ausgeglichen. Um die $H^*(10)$ zu bekommen, müssen die mittels Ionisationskammer erhobene H_x Dosen mit einem Faktor 1,3 multipliziert werden (FORSCHUNGSZENTRUM-KARLSRUHE, 2005).

Die energetische Versorgung der Ionisationskammer erfolgt durch vier Batterien, die das Gerät für ca. 150 Stunden bei ununterbrochener Betriebsdauer versorgen können.

Die Ionisationskammer ist für Gamma- und Röntgenstrahlung in einem Energiebereich von 6 keV bis 100 keV ohne Wandverstärkungskappe und in einem Energiebereich von 20 keV bis 7,5 MeV mit Wandverstärkungskappe geeignet (eichfähig für den Energiebereich bis 3 MeV). Das Gerät gestattet die Bestimmung der Dosis im empfindlichsten Nenngebrauchsbereich ab 2 μSv (STEP, 2002).



Abbildung 4: Ionisationskammer Röntgen-Gamma-Dosimeter 27 091 RGD 91, Firma STEP, Pockau, Deutschland

2.8.2.2. Dosimeter „EPD Mk2“, Thermo Electron, Deutschland

Es handelt sich um elektronische Personen-Dosimeter mit drei Siliziumdioden-Detektoren. Direkt nach einer Exposition einer ionisierenden Strahlung ist dieses Dosimeter in der Lage die Personen-Äquivalentdosen $H_p(10)$ für die Tiefen- und $H_p(0,07)$ für die Oberflächen-Personendosis anzuzeigen. Die gemessenen Daten werden zuerst im Speicher des Dosimeters gespeichert. Aufgrund der dynamischen Natur des Speichers kann die Kapazität nicht als maximale Anzahl von möglichen Einträgen angegeben werden. Als Mindestanzahl möglicher Einträge werden herstellerseitig ca. 347 Einträge für den Dosisleistungsbereich von 100 mSv/h genannt. Die gemessenen Werte lassen sich vom Dosimeter mit Hilfe eines „Infrarot-Detektors“ oder einer Ladestation in eine Software-datenbank im Computer herunterladen. Diese Daten kann man jeder Zeit als einzelne Dosen nachsehen und auswerten. Wird die Speicherkapazität des Dosimeters überschritten, werden die weiteren aufgenommenen Expositionen addiert (THERMO-ELECTRON, 2003).

Die energetische Versorgung des Dosimeters ist durch eine 3,6 V Lithium/Thionylchlorid Batterie bei ca. fünf Monaten ununterbrochenen Betriebes oder eine Standard 1,5 V AA Alkali-Batterie bei ca. 8 Wochen ununterbrochenen Betriebes gesichert. Die EPD Software testet in regelmäßigen Abständen (je nach Einstellung) den Batteriezustand. Im Fall einer nicht ausreichenden Kapazität wird ein akustischer Alarm eingeschaltet (THERMO-ELECTRON, 2003).

Diese Dosimetrierverfahren sind für Gamma- und Röntgenstrahlung im Energiebereich von 16 keV bis 7 MeV, für die Betastrahlung zwischen 250 keV bis 1,5 MeV geeignet. Der Dosisbereich ist im Vergleich zu den passiven Dosimetern sensitiver. Der Nenngebrauchsbereich beträgt 10 μ Sv bis 10 Sv. Vom Hersteller wird ein erweiterter Energiebereich (15 keV bis 10 MeV) und ein erweiterter Messbereich bis 16 Sv spezifiziert. Diese erweiterten Bereiche sind, ebenso wie die Anzeige von $H_p(0,07)$ und die Anzeige der Dosisleistung nicht Bestandteil der Eichung. Gemäß ihrer Bauartzulassung nach IEC 61526 gewährleisten die Mk2 Dosimeter Konformität mit der DIN-NORM im Nenngebrauchsbereich bis 1 Sv/h. Herstellerseitig wird dieser Nenngebrauchsbereich auf 50 Sv/h erweitert. Der Strahleneinfallswinkel beträgt gemäß IEC 161526 0° bis $\pm 60^\circ$ (THERMO-ELECTRON, 2003; PTB, Stand 10.7.2007).

Die Integrationszeit (die Zeit zwischen zwei getrennt aufgenommenen Expositionen) ist ab zwei Sekunden einstellbar. Im beschriebenen Vorhaben wurde die Integrationszeit auf 20 s eingestellt (THERMO-ELECTRON, 2003).



Abbildung 5: Aktives Dosimeter „EPD Mk2“, Firma Thermo Electron, Deutschland

2.8.2.3. Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Fa. DOSILAB, vorm. COMET AG, Schweiz

Es handelt sich um ein elektronisches Personen-Dosimeter mit zwei Silicon - Detektoren. Bei diesem Dosimetrieverfahren werden nach einer Exposition mit ionisierender Strahlung die Personen-Äquivalentdosen Hp(10) für die Tiefenpersonendosis und Hp(0,07) für die Oberflächen-Personendosis angezeigt. Die aufgenommenen Daten werden zuerst im Speicher des Dosimeters gespeichert (Speicherkapazität von 50 Dosiseinträgen). Die Datenübertragung wird über eine Ladestation in die Softwaredatenbank im Computer durchgeführt. Diese Daten kann man jeder Zeit als einzelne Dosis anschauen und auswerten. Auch in diesem Fall werden die aufgenommenen Dosen nach einer Überschreitung der Speicherkapazität des Dosimeters addiert (DOSILAB).

Bei diesem Verfahren muss nicht unbedingt physisch ein Dosimeter einer Person zugeordnet sein. Man kann jeder Person einen Identifikationsknopf zuordnen. Vor Betreten des Kontrollbereiches kann man mit Hilfe dieses Identifikationsknopfes automatisch einen von den einsatzfähigen Dosimetern von der Ladungsstation zugeordnet bekommen und nach dem Einsatz wieder zurück in die Station setzen. Nach Ablesen der Daten und der energetischen Wiederaufladung (zu einem Mindestniveau) kann das Dosimeter wieder durch den Identifikationsknopf einer Person zugeordnet werden (DOSILAB).

Das Dosimeter wird energetisch durch einen Akkumulator versorgt (Dauer des ununterbrochenen Betriebes ca. 16 Std.), dessen Zustand automatisch kontrolliert wird. Im Fall einer nicht ausreichenden Kapazität wird ein akustischer einstellbarer Alarm eingeschaltet (DOSILAB).

“ComDos APD-light” Dosimeter finden ihren Einsatz für Gamma- und Röntgenstrahlung mit Energiebereichen von 20 keV bis 1,5 MeV (Nach IEC-61526 Standard). Nach Bauartzulassung endet der Regeleinsatzbereich auch hier jedoch bei 1Sv/h, der Strahleneinfallswinkel beträgt gleichfalls 0° bis $\pm 60^\circ$. Die Integrationszeit ist ab 60 Sekunden einstellbar (DOSILAB).

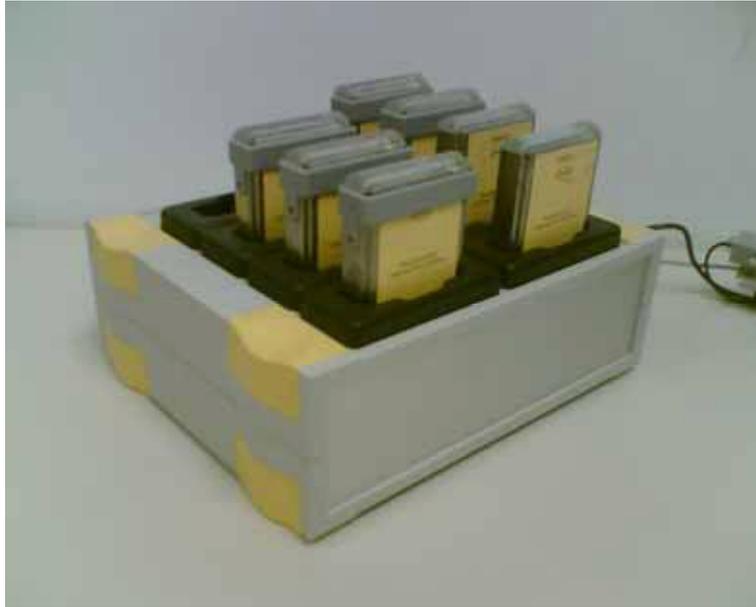


Abbildung 6: Aktive Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Bautyp II (Fa. DOSILAB, vorm. COMET AG, Schweiz) mit ihrer Ladungsstation

Tabelle a 5: Übersicht der Parameter der Dosimeter (DOSILAB, ; STEP, 2002; THERMO-ELECTRON, 2003; LPS, 2006; PTB, Stand 10.7.2007)

Eigenschaften	Dosimetriesysteme				
	Ionisationskammer	Film-dosimeter Typ BE-Gs-GD 01	TLD	Mk2	COMET2
Art des Dosimeters	aktiv	passiv	passiv	aktiv	aktiv
Energie-Bereich	**6 keV - 100 keV; ***20 keV - 7,5 MeV	25 keV – 1,4 MeV	15 keV - 3 MeV	16 keV - 7 MeV	20 keV - 1,5 MeV
Dosis-Bereich (mSv)	ab 0,002	0,1 – 1000	0,1* - 10 000	ab 0,001	ab 0,001
Regeleinsatzbereich Dosisleistung	bis 1 Sv/h	k.A.	k.A.	Bis 1 Sv/h	Bis 1 Sv/h
Ermittelte Dosis	H*(10)	Hp(10)	Hp(10), Hp(0,07)	Hp(10), Hp(0,07)	Hp(10), Hp(0,07)
Ausmaß hxbxl (cm) ⁺	21x11,8x13,5	6,5x4,4x1,3	3x1,2x0,2	8,5x6,3x1,9	9,9x5,9x1,6
Gewicht (g) ⁺⁺	1580	36	0,7	95	115
Kosten	hoch	wenig	wenig	hoch	hoch

+, ++ Gewicht und Ausmaß sind bei einsatzvorbereiteten Dosimeter eingegeben

h = Höhe, b = Breite, l = Länge

* Unter Bedingungen ab 0,03 mSv

** ohne Wandverstärkungskappe

*** mit Wandverstärkungskappe

k.A. - keine Angabe

3. Ziel der Studie

Bei Röntgenuntersuchungen werden Patienten mit einem primären Röntgenstrahl bestrahlt. Dieser erzeugt auf dem Röntgenfilm, der meist unter dem Tier liegt, ein Bild. Während dieser Bestrahlung entsteht durch den Comptoneffekt im Gewebe des Patienten und eventuell auch in der Kassette und Tischplatte eine sekundäre Strahlung, die sogenannte Streustrahlung, die sich vom bestrahlten Bereich des Körpers in alle Richtungen verbreitet und eine Strahlenbelastung der anwesenden Personen verursacht.

Um die Strahlenbelastung der im Kontrollbereich anwesenden Personen zu überwachen, werden in der Veterinärmedizin üblicherweise passive Dosimeter angewendet. Hierbei finden am häufigsten passive Filmdosimeter in Form einer Filmplakette und/oder Thermolumineszenzdosimeter in Form eines Fingerrings Anwendung. Die Filmplaketten werden in Deutschland unter der Bleischürze in Höhe der Brusttasche getragen.

In der Praxis werden die Dosimeter routinemäßig monatlich zum Ablesen an die zuständige amtliche Strahlenmessstelle des Landes geschickt. Die aufgezeichneten Expositionen des Zeitraums werden als Summe ausgewertet. Hierbei kann die Exposition durch einzelne Röntgenaufnahmen nicht unterschieden werden.

In dieser Studie werden während der routinemäßigen diagnostischen Röntgenuntersuchungen die Dosimeter unbedeckt von Bleischutzkleidung an mehreren Stellen des Körpers der im Kontrollbereich anwesenden Personen platziert, um so die Exposition des Personals zu erfassen, die auftreten würde, wenn keine oder unzureichende Schutzkleidung getragen würde. Auf diese Weise könnten auch sehr kleine Streustrahlendosen erfasst werden.

Das Hauptziel dieser Studie ist die quantitative Auswertung der einzelnen Expositionen bei der diagnostischen Anwendung des Röntgengerätes mittels aktiven Dosimetern Comet und MK2. Im Vergleich zu passiven Dosimetern können diese beiden Dosimeter unter anderem einzelne Expositionen getrennt aufnehmen.

Die Untersuchungen der Exposition werden für die Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ im Bereich der Kleintierradiologie behilflich sein. Die „Job-Exposure-Matrix“ soll zur Abschätzung der Exposition mit ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der Kleintierpraxis dienen. Als Grundlagen für diese Entwicklung

werden die Daten der Untersuchungen an der Kleintierklinik der FU Berlin und in einer privaten Kleintierpraxis verwendet.

Zusätzlich wird der Zustand der Strahlenschutz-ausrüstung und ihre Anwendung im Kontrollbereich, die Anzahl der im Kontrollbereich anwesenden Personen, Wiederholung von Röntgenaufnahmen und die Gründe für Wiederholungen untersucht.

4. Material und Methode

4.1. Voruntersuchungen

Um die Exposition des Personals im laufenden Klinikbetrieb abschätzen und vergleichen zu können, wurden im Rahmen der Studie Voruntersuchungen an toten Tieren ohne Anwesenheit von Personen durchgeführt.

4.1.1. Material

4.1.1.1. Patientengut

Für diese Messungen wurden zwei zufällig ausgewählte tote Hunde verwendet.

4.1.1.2. Dosimetriesysteme

Um die Exposition zu ermitteln, werden in den Voruntersuchungen folgende Dosimetriesysteme eingesetzt:

1) passive Dosimeter:

a) Thermolumineszenzdosimeter, TLD XD 700

2) aktive Dosimeter:

a) Dosimeter „EPD Mk2“ (MK2), Firma Thermo Electron, Deutschland

b) Ionisationskammer Röntgen-Gamma-Dosimeter 27 091 RGD 91, Firma STEP, Pockau, Deutschland

c) Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Bautyp I (Comet1) und Dosimeter „ComDos APD-light“ (EDM-III) Bautyp II (Comet2), Fa. DOSILAB, vorm. COMET AG, Schweiz

4.1.1.3. Röntgenanlage

Die Voruntersuchungen werden in der KTK der FU Berlin durchgeführt. Während dieser Messungen wird die routinemäßig angewandte Röntgenanlage Philips Optimus 50 (Firma Philips Medical Systems, DMC GmbH, Hamburg, Deutschland) verwendet.

Bei diesem Gerät beträgt die Röhrenspannung 40 bis 150 kV, der Röhrenstrom von 1 bis 650 mA und das mAs-Produkt 0,5 bis 850 mAs pro Aufnahme. Die Filterung liegt bei 2,85 mm Al.

Beim Röntgen von Thorax und Abdomen mit einem Raster wird die Messkammer eingesetzt, die in der Röntgenanlage eingebaut ist. Bei diesen Projektionen wird nur die Röhrenspannung eingestellt, das mAs Produkt wird automatisch durch die Messkammer bestimmt. Bei allen anderen Projektionen mit/ohne Raster muss das mAs-Produkt eingestellt werden.

4.1.1.4. Parameter des Röntgentisches

Die Länge des Tisches in der KTK der FU Berlin beträgt 240 cm, die Breite 75 cm. Der Tisch ist 85 cm hoch.

Bei dieser Röntgenanlage ist der Röntgentisch mit einem Bucky Streustrahlenraster mit einer Lammellenanzahl 36 pro cm und Ratio von 12:1 ausgerüstet. Der Fokus-Film Abstand (FFA) bei dieser Anlage beträgt 110 Zentimeter.

4.1.1.5. Röntgenkassetten bzw. Belichtungsfeld

Bei den Voruntersuchungen werden keine Röntgenkassetten eingesetzt. Die Röntgenanlage bzw. das Belichtungsfeld wird entsprechend der Röntgenkassettengröße eingestellt, die man bei der Röntgenuntersuchung von einem Patienten mit bestimmter Körpergröße wählen würde. Es handelt sich um folgende Ausmaße: 13x18 cm, 18x24 cm, 24x30 cm, 20x40 cm, 30x40 cm und 35x43 cm.

4.1.2. Methode

4.1.2.1. Messorte

Während der Voruntersuchungen wird eine Simulation der Lagerung der Patienten (tote Hunde) entsprechend der Lagerung bei realen Röntgenuntersuchungen durchgeführt. Die Dosimeter werden an einem Ständer mit einem Klebeband in den Höhen und Abständen zur Strahlungsquelle befestigt, die der realen Röntgenuntersuchung vergleichbar sind.

Die Platzierung der Dosimeter entspricht folgenden Messorten am Personal:

- a) Stirn
- b) Halshöhe
- c) Schambereichhöhe
- d) Linke und rechte Hand

Zur Messung der Strahlenexposition der Hände wird das Dosimeter auf dem Röntgentisch oder auf dem Tierkörper in dem Bereich platziert, wo sich normalerweise die Hand bei der Fixation des Patienten befindet.

Die Dosimeter werden nicht mit Bleibekleidung bedeckt, um die Dosis zu ermitteln, die ohne Schutzkleidung auftreten würde. Beim Einsatz mehrerer Dosimeter an einem Messort werden sie nebeneinander platziert, so dass sie sich nicht gegenseitig abschirmen. Die TLD Dosimeter werden an die Mk2 oder an die Comet Dosimeter außerhalb der Messdetektoren mittels Tesaband geklebt.

Für die Voruntersuchungen wird die Strahlenbelastung bei ausgewählten Strahlengängen gemessen. Es handelt sich um folgende Röntgenprojektionen: Thorax l/l und d/v, Abdomen l/l und v/d, Becken l/l, Ellenbogen m/l und cr/ca, Karpus do/pa, Femur m/l. Dabei wird die Exposition an den höchstexponierten Positionen (entsprechend den Ergebnissen von HARTUNG UND CLAUSS (1967) und von NIEHAUS (2006)) gemessen, das heißt Position 3 bei den Röntgenuntersuchungen vom Körperstamm (Position 2 und 3 beim Strahlengang Becken l/l) und Position 4 bei den Untersuchungen von Extremitäten (Abbildung 7).

Tabelle a 6: Position der Dosimeter bei den Voruntersuchungen. Höhe und Abstand von der Streustrahlenquelle (SSQ) in cm

Projektion	Position der Person	Parameter	Messort				
			Stirn	Hals	Scham-Bereich	Hand links	Hand rechts
Thorax l/l	3	Höhe	145	135	90	85	85
		Abstand von SSQ*	53/63	44/56	42/48	44/47	58/52
Thorax d/v	3	Höhe	170	155	90	115	115
		Abstand von SSQ*	44/55	38/50	40/50	20/17	30/27
Abdomen l/l	3	Höhe	145	135	90	85	85
		Abstand von SSQ*	50/68	43/58	36/49	68/67	50/47
Abdomen v/d	3	Höhe	160	145	90	85	85
		Abstand von SSQ*	47/60	38/52	40/50	59/52	38/50
Becken l/l	3/2	Höhe	145/165	135/145	90/90	85/85	85/85
		Abstand von SSQ*	50/60	45/55	45/48	50/45	45/49
Ellenbogen m/l	4	Höhe	145	125	90	85	85
		Abstand von SSQ*	68	65	58	40	20
Ellenbogen cr/ca	4	Höhe	145	125	90	85	115
		Abstand von SSQ*	68	59	50	25	20
Karpus do/pa	4	Höhe	145	125	90	85	115
		Abstand von SSQ*	66	61	58	10	40
Femur m/l	4	Höhe	160	145	90	85	85
		Abstand von SSQ*	57	50	48	33	30

*Der Abstand zur SSQ wurde als Abstand vom Dosimeter zum Zentrum der SSQ definiert.

4.1.2.2. Lagerung der Tiere

Die Lagerung der Hunde erfolgt nach der Vorlage des Atlas der Röntgenanatomie des Hundes (WAIBL et al., 2005) durch Schaumstoffkeile, Stoff- und Klebebänder. Während der Bestrahlung ist keine Person im Kontrollbereich anwesend und die Auslösung der Röntgenanlage erfolgt durch eine Person im Nebenraum. Für die Bestrahlung eines bestimmten Tierkörperbereiches wird ein vertikaler Strahlengang eingesetzt.

Um eine Addierung der aufgenommenen Dosen aufgrund der relativ langen Integrationszeit vermeiden zu können, werden alle Bestrahlungen im größeren zeitlichen Abstand als 75 Sekunden durchgeführt.

Während der Messungen werden Schrift- und Fotodokumentationen geführt.

4.1.2.3. Ablesen und Bearbeitung der Daten

Nach der Exposition der Dosimeter mit ionisierender Strahlung werden die Dosimeter abgelesen.

Um die durch TLD Dosimeter ermittelte Dosis aufgrund der relativ hohen Nachweisgrenze des TLD Dosimeters ermitteln zu können, wird bei den Röntgenaufnahmen die Dosis von mehreren hintereinander folgenden Röntgenaufnahmen im Rahmen eines Strahlenganges als addierte Dosis gemessen. Diese wird durch die Anzahl der Röntgenaufnahmen dividiert, um die durchschnittliche Dosis pro Röntgenaufnahme zu berechnen. Ein TLD Dosimeter wird als Referenzdosimeter nicht der Röntgenstrahlung bei der Röntgenaufnahme ausgesetzt, um die Hintergrundstrahlung messen zu können. Die Exposition wird um die Hintergrundstrahlung korrigiert. Die TLD Dosimeter werden von der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung Berlin bezogen und ausgewertet.

Bei der Ionisationskammer Röntgen-Gamma-Dosimeter 27 091 RGD 91 der Firma STEP wird die Dosis H_x nach der Röntgenaufnahme abgelesen und die Ionisationskammer wieder auf 0 zurückgesetzt. Die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ wird durch die Multiplizierung der H_x Dosis mit einem Faktor von 1,3 ermittelt.

Im Fall der aktiven Dosimeter (Mk2 und Comet) wird das Ablesen der Dosimeter nach mehreren Röntgenaufnahmen (maximal nach 45 bei Comet Dosimetern und nach maximal

130 Röntgenaufnahmen bei Mk2 Dosimetern) erfolgen. Hierbei wird die Dosis von einzelnen Röntgenaufnahmen, je nach Zeitpunkt der Exposition, von den kumulierten Werten ausgerechnet.

Nach dem Ablesen werden alle Daten in einem Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Office Excel®, 2003) mit weiteren, bei den Untersuchungen erhobenen Daten eingetragen und weiter bearbeitet.

4.1.2.4. Dateneinschlusskriterien

4.1.2.4.1. Überprüfung der erhobenen Daten - Integrationszeit

Um die Richtigkeit der erhobenen Daten bzw. die Trennungsfähigkeit der einzelnen Dosen zu überprüfen, wird bei den aktiven Dosimetern eine Plausibilitätsprüfung in Hinsicht auf die Integrationszeit durchgeführt. Bei den Dosimetern MK2 wird die Integrationszeit auf 20 Sekunden eingestellt und bei den Dosimetern Comet auf 60 Sekunden. Ist der Zeitraum zwischen zwei Expositionen niedriger, werden diese Daten als nicht trennbar erkannt und aus der Studie ausgeschlossen.

4.1.2.4.2. Überprüfung der erhobenen Daten – Dosisleistung

Anhand der Bauartzulassung der aktiven Dosimeter werden die Daten im Hinblick auf die Dosisleistung überprüft. Die Dosisleistung (Sv/h) der Strahlung wird bei den durch die aktiven Dosimeter erhobenen Daten mit Hilfe der folgenden Formel ermittelt:

$$\text{Dosisleistung (Sv/h)} = \frac{\text{Ermittelte Dosis} \times 10^{-3} \times 3600}{\text{Belichtungszeit (ms)}}$$

Für die Dosen, die mit Hilfe des MK2 Dosimeters sowie des Comet Dosimeters erhoben wurden, beträgt die maximale Dosisleistung bis zu 1 Sv/h. Eine Überschreitung der Dosisleistung führt zu einem Ausschluss der erhobenen Daten.

4.1.2.5. Statistische Auswertung der Daten

Die statistischen Auswertungen erfolgen durch die Statistiksoftware Microsoft Excel (Microsoft Office Excel[®], 2003) und SPSS (SPSS[®], Version 14).

4.2. Messungen an der Kleintierklinik FU Berlin

4.2.1. Material

4.2.1.1. Personen

Die Strahlenbelastung wird an Personen gemessen, die im Kontrollbereich anwesend und unmittelbar an der Lagerung und Fixation des Patienten beteiligt sind oder das Tier im Sinne der rechtlich definierten Tierbetreuungsperson (RICHTLINIE ZUR STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG (STRSCHV) UND ZUR RÖNTGENVERORDNUNG (RÖV), 2005) begleiten. Die Anzahl, Funktion und Position der Personen wird für diese Studie in folgender Art definiert:

Hauptperson – Tierarzt oder Tierpfleger, der für die Lagerung verantwortlich ist und meist der Streustrahlenquelle am nächsten ist

Andere Person – Tierpfleger oder Besitzer des Tieres

Anzahl und Funktion der anwesenden Personen:

Nur Hauptperson – Fixation des Tieres (Abbildung 7)

Hauptperson fixiert das Tier, andere Person anwesend (zur Beruhigung des Tieres)

Beide Personen fixieren das Tier (Abbildung 7)

Zwei Personen fixieren das Tier, dritte Person anwesend (zur Beruhigung des Tieres)

Die Position der Personen wird definiert als:

1) Am Kopf (Abbildung 7)

2) Am Schwanz (Abbildung 7)

3) An Kopf und Schwanz – im Fall, dass das Tier durch eine Person fixiert wird (Abbildung 7)

4) An der Extremität (immer Hauptperson) (Abbildung 7)

5) Anwesend – bei Begleitperson – die nur Beruhigungsfunktion hat oder Person mit höherem Abstand von Streustrahlenquelle

Die Exposition wird gleichzeitig an mehreren Stellen bei maximal zwei Personen gemessen.

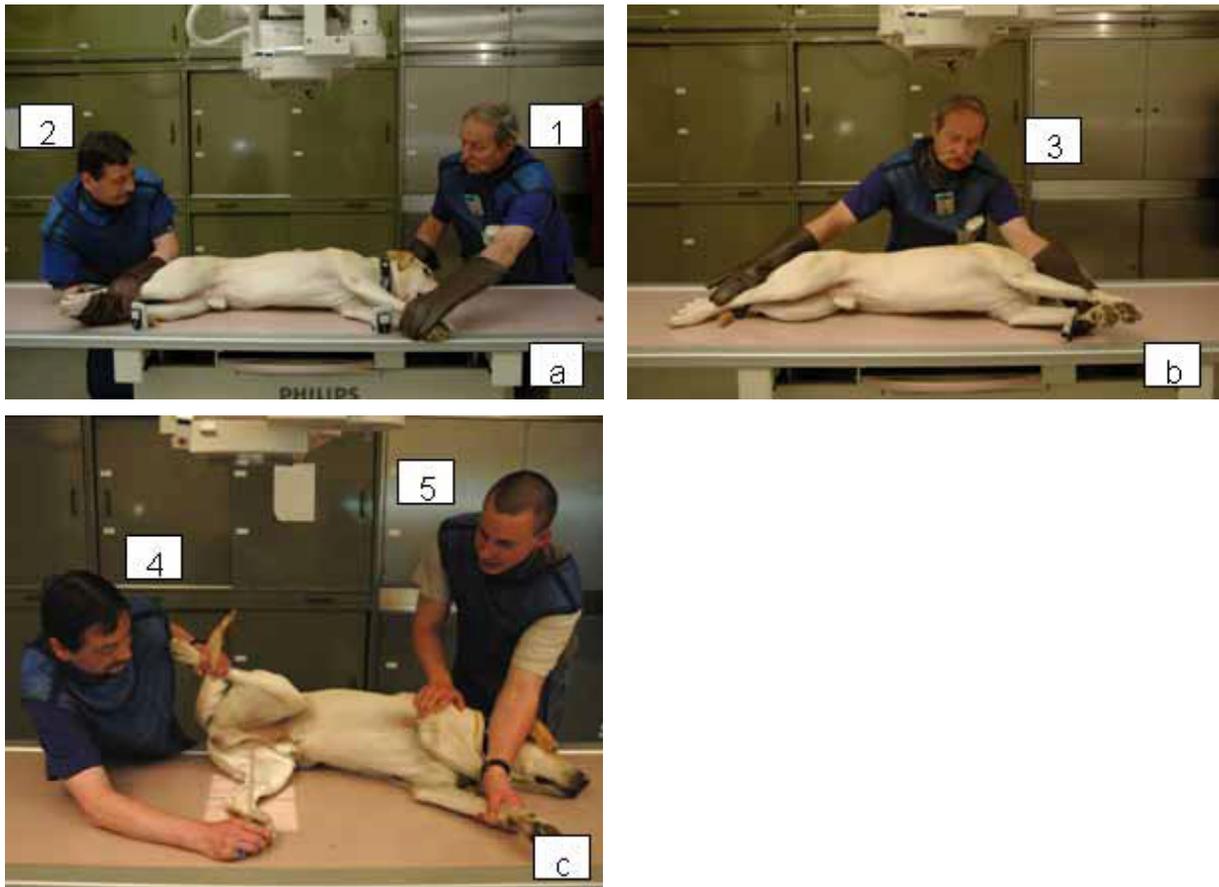


Abbildung 7: Darstellung der Position der exponierten Personen

Bild a) Position 1 - am Kopf und Position 2 - am Schwanz

Bild b) Position 3 - am Kopf und Schwanz

Bild c) Position 4 - an der Extremität und Position 5 – Person mit Beruhigungsfunktion
oder Person mit höherem Abstand von Streustrahlenquelle

4.2.1.2. Patientengut

Die Messungen werden bei Patienten der Kleintierklinik FU Berlin durchgeführt, bei denen im Rahmen der diagnostischen Maßnahmen eine Röntgenuntersuchung durchgeführt wird. Es handelt sich vor allem um Hunde und Katzen, in Einzelfällen auch um Vögel und Heimtiere. Je nach Gewicht und Tierart werden die Patienten in verschiedene Gruppen unterteilt (Tabelle a 7).

Zur besseren Lagerung der Patienten und zur Vermeidung von Schmerzen werden einige Röntgenuntersuchungen in Anästhesie durchgeführt. Hierfür erhalten die Tiere einen

venösen Zugang (Vena cephalica). Zur Anästhesie wird bei Katzen Midazolam (0,5 mg/kg i.v; Midazolam[®], Ratiopharm, Ulm, Deutschland) in Kombination mit Ketamin (5-10 mg/kg i.v; Ketamin[®], Essex Tierarzney, Deutschland) oder Propofol (6-8 mg/kg i.v. oder nach Wirkung, Narcofol[®], CP-Pharma, Burgdorf, Deutschland) verwendet. Beim Hund erfolgt die Anästhesie mit Midazolam (0,5 mg/kg i.v; Midazolam[®]) in Kombination mit Propofol (4-6 mg/kg i.v. oder nach Wirkung, Narcofol[®]) oder Levomethadon (0,2 mg/kg i.v; L-Polamivet[®], Firma Intervet, Unterschleißheim, Deutschland). Als Indikation für eine allgemeine Anästhesie zählen bei den Tieren z.B. präoperative Röntgenuntersuchungen, postoperative Röntgenkontrollen bei Frakturen, Röntgenuntersuchungen vor allem des appendikulären Skeletts bei Hunden zur Zuchtuntersuchung sowie bei Ankaufsuntersuchungen.

Tabelle a 7: Sortierung der Tiere in Gewichtsklassen

Tierart	Gewichtsklasse	Körpergewicht
Hunde und Katzen	0	0 bis 10 kg
	1	10,1 bis 30 kg
	2	> 30,0 kg
Heimtiere, Exoten und Vögel	3	0 bis 0,4 kg
	4	0,41 bis 3 kg
	5	> 3,0 kg

4.2.1.3. Dosimetriesysteme

Bei den Messungen in der KTK der FU Berlin werden folgende Dosimetersysteme verwendet:

- 1) aktive Dosimeter Comet1 und Comet2
- 2) aktives Dosimeter MK2

4.2.1.4. Röntgenanlage

Die Messungen in der KTK der FU Berlin werden bei Röntgenuntersuchungen mit der Röntgenanlage Philips Optimus 50 der Firma Philips durchgeführt. Die Parameter der Röntgenanlage sind im Kapitel 4.1.1.3. beschrieben.

4.2.1.5. Röntgenkassetten und Belichtungsfeld

Bei den Röntgenuntersuchungen werden folgende Kassetten verwendet:

1) 13x18 cm, 18x24 cm, 24x30 cm, 20x40 cm, 30x40 cm und 35x43 cm. Die Röntgenkassetten sind mit Folien ausgerüstet, die einen Verstärkungsfaktor von 200 besitzen.

2) Röntgenkassette 20x40 cm „Gradual“. In der Mitte dieser Kassette beträgt der Folienverstärkungsfaktor 200, zu einem Pol der Kassette ist er geringer, zum anderen Pol der Kassette ist er höher.

3) Bei Heimtieren und kleinem Geflügel werden folgende Kassetten verwendet:

MAMO RAY – Röntgenkassetten in Größen von 18x24 cm und 24x30 cm mit einer Folie des Verstärkungsfaktors von 12.

4.2.2. Methode

4.2.2.1. Messorte

Während der Röntgenuntersuchungen in der KTK der FU Berlin werden die Dosimeter vor der Bleimantelschürze an folgenden Körperorten der Menschen platziert:

a) auf der Mantelschürze direkt unter dem Hals (aufgrund der Größe der Dosimeter ist es unmöglich die Dosimeter im Schilddrüsenbereich zu tragen) (Abbildung 8)

b) auf der Mantelschürze im Bereich der linken Brusttasche (Abbildung 8)

c) auf der Mantelschürze im Schambereich (Abbildung 8)

d) Bei der Messung der Exposition der Hand wird das Dosimeter auf dem Röntgentisch in der Nähe der Hand platziert, die am nächsten zur Strahlengänge ist (Abbildung 8). Da sich die Hände bei der Fixierung des Hundes beim Strahlengang Thorax d/v dorsal am Hals und an den Rücken direkt neben dem Belichtungsfeld befinden, werden die erhobenen Dosen bei der Gewichtsklasse von 10,1 kg bis 30 kg und bei der Gewichtsklasse über 30 kg von den Auswertungen ausgeschlossen. Bei den Katzen und Hunden bis 10 kg werden diese Daten eingeschlossen.



Abbildung 8 A) und B) Position der Dosimeter am Messort: a) Hals, b) Brust, c) Schambereich, d) Hand

Beim Einsatz mehrerer Dosimeter am Rumpf werden diese nebeneinander platziert, so dass sie sich nicht gegenseitig abschirmen.

Die Dosimeter im Bereich der Brusttasche und des Schambereichs werden während der Einsätze in einer kleinen Plastiktüte an der Mantelschürze befestigt. Obwohl die Detektoren von einer dünnen Schicht Kunststoff bedeckt sind, werden die Dosen dadurch nachweislich nicht beeinflusst.

4.2.2.2. Röntgenuntersuchung und Lagerung der Tiere

Die Patienten werden auf dem Röntgentisch von einer oder zwei Personen gelagert und fixiert. Für die Lagerung und Fixation ist ein Tierpfleger verantwortlich. Die Hilfsperson ist entweder ein weiterer Tierpfleger oder der Besitzer des Tieres. Die Technik der Lagerung erfolgt entsprechend den Empfehlungen in der Literatur: Atlas der Röntgenanatomie des Hundes (WAIBL et al., 2005), Atlas der Röntgenanatomie der Katze (WAIBL et al., 2004), Atlas der Röntgendiagnostik bei Heimtieren: Kleinsäuger, Vögel, Reptilien und Amphibien (GABRISCH et al., 1991).

Die Patienten werden im vertikalen Strahlengang mit oder ohne Raster untersucht. Beim Röntgen mit Raster befindet sich die Kassette im Röntgentisch, beim Röntgen ohne Raster, vor allem bei den Extremitäten, liegt die Kassette auf dem Tisch – direkt unter dem untersuchten Körperbereich des Patienten.

Das Auslösen der Exposition erfolgt durch eine Person außerhalb des Kontrollbereiches.

4.2.2.3. Standardmäßig eingesetzte Dosimetriesysteme

An der Kleintierklinik FU Berlin wird die Strahlenüberwachung durch das Filmdosimeter in Form einer Plakette und durch das TLD Fingerringdosimeter beim Personal geleistet. Die Filmdosimeter werden unter der Mantelschürze in Höhe der Brusttasche und die Fingerringdosimeter werden meistens am linken Ringfinger getragen.

Eine regelmäßige Auswertung der Strahlenbelastung des Personals der Röntgenabteilung erfolgt einmal monatlich bei der zuständigen amtlichen Strahlenmessstelle des Landes Berlin.

4.2.2.4. Dokumentation

Bei den Messungen in der KTK der FU Berlin wird eine schriftliche Dokumentation in Form einer Notizenliste geführt (Tabelle a 8).

Tabelle a 8: Notizenliste für die Dokumentation der Röntgenuntersuchungen

Datum der Messung	
Ort der Messung	
Zeitraum der Aufnahme	Stunde : Minute : Sekunde
Nummer des Patienten	
Tierart	Hund, Katze, Heimtier, Vogel,
Rasse	
Fell	Langhaarig : kurzhaarig
Gewicht des Patienten	in kg
Strahlengang	
Anzahl der Ebenen (Projektionen/Röntgenuntersuchung)	
Person/-en	Zahl und Position
Strahlenschutzmittel	Mantelschürze, Schilddrüsenschutz, Bleibrille, Bleihandschuhe
Einstellung der Röntgenanlage	kV, mAs, ms
Typ der Kassette	
Raster	mit/ohne
Kassettengröße/Belichtungsfeld	cm ²
Wiederholung der Aufnahme	1) Nein 2) Ja – Grund der Wiederholung: a) falsche Einstellung der Belichtungswerte b) falsche Lagerung des Patienten c) Unschärfe der Aufnahme durch Bewegung des Patienten
Anästhesie des Patienten	ja/nein
Einsatz/Position des Dosimeters	Hals/Brust/Schambereichhöhe/bei Hand
Dosis	Hp(10)
Notizen	

Erläuterung zur Wiederholung der Aufnahme:

1) Nein – Röntgenaufnahme wurde als nicht-wiederholte Aufnahme angefertigt

2) Ja – Röntgenaufnahme wurde als wiederholte Aufnahme angefertigt aus folgenden Gründen:

a) Falsche Einstellung der Belichtungswerte (Abbildung 9, Bild a)

b) Falsche Lagerung des Patienten (Abbildung 9, Bild b)

c) Unschärfe der Aufnahme durch Bewegung oder Atmung des Patienten
(Abbildung 9, Bild c)

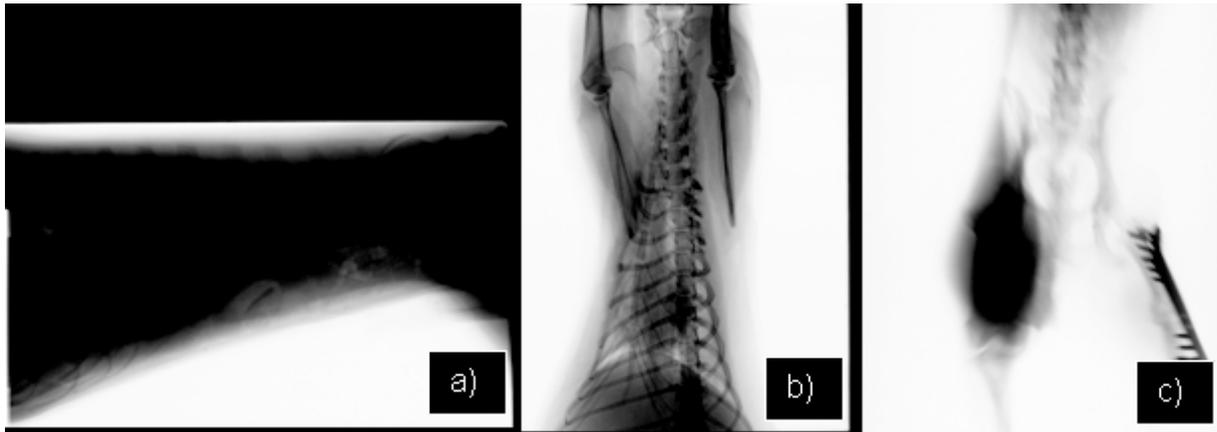


Abbildung 9: Darstellung fehlerhafter Röntgenaufnahmen aufgrund:

- a) einer falschen Einstellung der Belichtungswerte; b) einer falschen Lagerung des Patienten; c) Unschärfe der Aufnahme durch Bewegung des Patienten

4.2.2.5. Ablesen und Bearbeitung der Daten

Das Ablesen der Dosimeter und Bearbeitung der Daten erfolgt auf gleiche Weise wie in Kapitel 4.1.2.3. beschrieben.

4.2.2.6. Dateneinschlusskriterien und statistische Auswertung

Die erhobenen Daten werden auf Integrationszeit und Dosisleistung wie im Kapitel 4.1.2.4. überprüft. Die statistischen Auswertungen erfolgen durch die Statistiksoftware Microsoft Excel (Microsoft Office Excel®, 2003) und SPSS (SPSS®, Version 14), wie im Kapitel 4.1.2.5. beschrieben.

Sind bei der Röntgenaufnahme im Kontrollbereich zwei Personen anwesend, erfolgt ein Vergleich der Expositionen an den gleichen Messorten (Teilkörperdosen) miteinander. Dieser Vergleich erfolgt mit Hilfe des Wilcoxon Tests bei Projektionen, bei denen mindestens 10 Röntgenaufnahmen bestimmter Tierarten und Gewichtsklassen durchgeführt werden. Als ein deutlicher Unterschied wird die Differenz mit $p < 0,05$ anerkannt.

Mittels des Chi-Quadrat-Tests wird überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen dem Grund der Wiederholung der Röntgenaufnahmen und dem Zustand des Patienten (in vollem Bewusstsein oder in Narkose) vorliegt.

Die Patienten werden nach Tierart und nach Gewichtsklasse in Gruppen unterteilt. Bei Hunden und Katzen erfolgen die Auswertungen im Rahmen der Körperstammuntersuchungen (Thorax l/l und d/v, Abdomen l/l und v/d, Becken l/l und v/d, Hals l/l und v/d, Wirbelsäule l/l und v/d) und im Rahmen der Untersuchungen vom Kopf und vom appendikulären Skelett für die Hauptperson und für die andere Person. Zusätzlich wird bei diesen Tierarten auch die Expositionsauswertung für verschiedene Positionen der exponierten Personen bei einzelnen Röntgenprojektionen durchgeführt.

Bei den Heimtieren und Vögeln erfolgen die Auswertungen für Körperstammuntersuchungen (Gesamter Körper l/l und v/d, Thorax l/l und v/d, Abdomen l/l und v/d, Wirbelsäule l/l und v/d) und für Untersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts (Kopf l/l und d/v, Extremität vorne und hinten m/l und cr/ca, Femur m/l und cr/ca, Tibia m/l und cr/ca, Fuß m/l, do/pa oder do/pl bzw. bei den Vogelpatienten Schwinge v/d und ca/cr, Ständer m/l und Ständer v/d). Wegen einer geringeren Anzahl der Untersuchungen bei Heimtieren und Vögeln werden die Expositionen bei einzelnen Projektionen nicht ausgewertet.

4.3. Messung in der Praxis

Zusätzlich zu den Messungen der Strahlenbelastung an der Kleintierklinik FU Berlin wird zum Vergleich eine Messung in einer privaten Kleintierpraxis durchgeführt.

4.3.1. Material

4.3.1.1. Personen

Die Strahlenbelastung wird bei den im Kontrollbereich anwesenden Personen gemessen. Ihre Funktion und Position wird in der gleichen Art wie bei den Personen an der FU Berlin definiert.

4.3.1.2. Patientengut

Die Messungen in der Kleintierpraxis werden bei Patienten der Praxis durchgeführt, bei denen eine routinemäßige diagnostische Röntgenaufnahme erfolgt. Es handelt sich vor allem um Hunde, Katzen und gelegentlich um Heimtiere. Die Sortierung der Patienten in die Gewichtsklassen erfolgt in der gleichen Art wie bei den Patienten in der KTK der FU Berlin.

4.3.1.3. Dosimetriesysteme

In der Kleintierpraxis werden im Rahmen der Messungen die aktiven Dosimeter „EPD MK2“ (MK2) angewendet.

4.3.1.4. Röntgenanlage

Die Röntgenuntersuchungen in der Kleintierpraxis erfolgen durch ein Röntgengerät der Firma C.H.F. Müller GmbH, Hamburg, Deutschland. Es handelt sich um ein Typ MH 110/01.

Bei diesem Gerät beträgt die Röhrenspannung 40 bis 82 kv und 2 bis 400 mAs pro Aufnahme. Die Filterung bei dieser Anlage liegt bei 3 mm Al.

4.3.1.5. Parameter des Röntgentisches

Die Länge des Tisches beträgt 150 cm, die Breite 76 cm. Der Tisch ist 80 cm hoch. Der Röntgentisch ist mit einem Streustrahlenraster mit einer Lammelenzahl 40/cm und Ratio von 12:1 ausgerüstet. Der Fokus-Film Abstand bei dieser Anlage beträgt 115 Zentimeter.

4.3.1.6. Röntgenkassetten und Belichtungsfeld

Um die Strahlung aufzunehmen, werden in dieser Praxis keine Röntgenkassetten eingesetzt, sondern ein im Röntgentisch eingebauter elektronischer Flachdetektor (DR). Das Belichtungsfeld entspricht den Kassettenmaßen, die in der KTK der FU Berlin zum Einsatz kommen.

4.3.2. Methode

4.3.2.1. Messorte

Während der Röntgenuntersuchungen in der Kleintierpraxis werden die Dosimeter an den gleichen Körperorten unter gleichen Bedingungen wie bei den Messungen in der KTK der FU Berlin platziert.

- 1) auf der Mantelschürze direkt unter dem Hals
- 2) auf der Mantelschürze im Bereich der linken Brusttasche
- 3) auf der Mantelschürze im Schambereich
- 4) in der Nähe der Hand, die der Streustrahlenquelle am nächsten ist (unter gleichen Bedingungen wie in Kapitel 4.2.2.1.)

Das Dosimeter im Schambereich wird während der Einsätze in einer kleinen Plastiktüte an der Mantelschürze befestigt.

4.3.2.2. Röntgenuntersuchung und Lagerung der Patienten

Die Patienten werden auf dem Röntgentisch von ein bis zwei Personen fixiert, dabei ist für die Lagerung und Fixation des Patienten ein Tierarzt verantwortlich. Bei der Röntgenuntersuchung wird ihm von einem anderen Tierarzt bzw. einem Tierpfleger geholfen. In der Praxis sind die Besitzer nicht bei der Röntgenuntersuchung anwesend. Die Lagerung der Patienten erfolgt entsprechend der Empfehlungen in der Literatur: Atlas der Röntgenanatomie des Hundes (WAIBL et al., 2005), Atlas der Röntgenanatomie der Katze (WAIBL et al., 2004), Atlas der Röntgendiagnostik bei Heimtieren: Kleinsäuger, Vögel, Reptilien und Amphibien (GABRISCH et al., 1991).

Die Patienten werden im vertikalen Strahlengang untersucht. Der Strahl wird durch einen im Röntgentisch eingebauten digitalen Flachdetektor aufgenommen.

Bei allen Projektionen werden von der „Hauptperson“ manuell das kV-Wert und das mAs-Produkt eingestellt. Die Röntgenanlage wird durch den Tierarzt, der die Lagerung vornimmt, mit Hilfe von einem Fußschalter ausgelöst.

4.3.2.3. Standardmäßig eingesetzte Dosimetriesysteme

Die Überwachung des Personals der Praxis erfolgt durch TLD-Fingerringdosimeter, die meistens am linken Ringfinger getragen werden. Eine regelmäßige Auswertung der Strahlenbelastung an den Händen erfolgt einmal monatlich bei der zuständigen amtlichen Strahlenmessstelle des Bundeslandes. Die Erfassung der effektiven Dosis mit einem amtlichen Dosimeter (Plakettenfilmdosimeter) erfolgte nicht.

4.3.2.4. Dokumentation

Bei den Messungen wird eine schriftliche Dokumentation in Form einer Notizenliste geführt (Tabelle a 8).

4.3.2.5. Ablesen und Bearbeitung der Daten

Das Ablesen der Dosimeter und die Bearbeitung der Daten erfolgt auf gleiche Weise wie in Kapitel 4.1.2.3.

4.3.2.6. Dateneinschlusskriterien und statistische Auswertung

Die erhobenen Daten werden in der gleichen Art wie in Kapitel 4.2.2.6. überprüft und ausgewertet.

5. Ergebnisse der Studie

5.1. Allgemeines

5.1.1. Erhobene Daten

Die Messungen der Strahlenbelastung im Rahmen der Voruntersuchungen wurden an zwei Hunde-Kadavern durchgeführt. Bei den diagnostischen Röntgenuntersuchungen erfolgten die Messungen bei 809 Patienten der KTK der FU Berlin in einer Zeitperiode über 12 Monate im Jahr 2006/2007 und bei 74 Patienten einer privaten Kleintierpraxis in einem Zeitraum von drei Wochen im Jahr 2006. Die Messungen in der KTK der FU Berlin sowie in der KTP erfolgten vorwiegend während der Sprechstunden. Der Anteil der im Notdienst erhobenen Daten wurde nicht gesondert ausgewertet.

Die Exposition wurde bei 2 518 Röntgenaufnahmen an der Kleintierklinik FU Berlin gemessen, bei 120 Röntgenaufnahmen in der KTP und bei 102 Röntgenaufnahmen bei den Voruntersuchungen. Insgesamt wurden 21 301 Werte für die Hp(10) und H*(10) erhoben. Davon 19 455 in der KTK der FU Berlin, 684 in der KTP und 1 162 bei den Voruntersuchungen. Hiervon gingen 15 159 Werte in die statistischen Auswertungen ein (Tabelle a 9).

Die Einschlusskriterien für die weiteren statistischen Auswertungen wurden bei 13 575 Werten in der KTK der FU Berlin getroffen, in der KTP bei 619 Werten und bei 965 Werten bei der Voruntersuchung (Tabelle a 9).

Tabelle a 9: Datenübersicht

	KTK der FU Berlin	KTP	Vorunter- suchungen	Gesamt
Anzahl von				
Röntgenaufnahmen	2 518	120	102	2 740
Messwerte – gesamt	19 455	684	1 162	21 301
Messwerte für Dosisauswertung	13 575	619	965	15 159
Ausgeschlossene Werte	5880	65	197	6 142
Dosimeter/Rö-Aufnahme	4 bis10	4 bis 9	Ca. 12	-

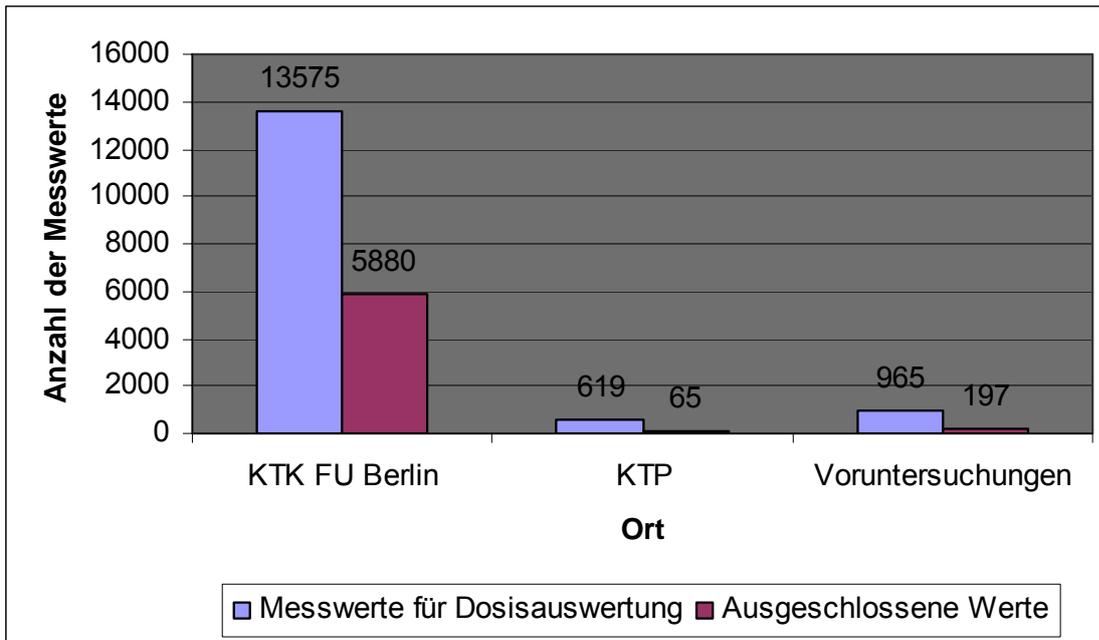


Abbildung 10: Diagramm der erhobenen und ausgeschlossenen Daten in der Studie

Zur Beurteilung der Messgenauigkeit bzw. des Messfehlers der aktiven Dosimeter Mk2 und Comet2 wurden die Messungen im Rahmen der Voruntersuchungen bei jedem einzelnen Strahlengang mindestens dreimal unter den gleichen Bedingungen wiederholt. Der Unterschied in der Exposition lag bei maximal $3 \mu\text{Sv}$ (latero-laterale Projektion des Abdomens am Messort Schambereich). Bei den anderen Projektionen und Messorten lag der Unterschied zwischen 0 und $2 \mu\text{Sv}$.

Bei der Voruntersuchung wurden die durch die aktiven Dosimeter Mk2 und durch die passiven Thermolumineszenzdosimeters TLD XD 700 erhobenen Expositionen miteinander verglichen. Aufgrund der hohen Nachweisgrenze des Thermolumineszenzdosimeters TLD XD 700 wurde für den Vergleich die durchschnittliche Dosis verwendet (Abbildung 11). Bei 84,5 % der Daten lag der Unterschied zwischen den Daten, die durch die passiven Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 und durch die aktiven Dosimeter Mk2 erhoben wurden, bei $\pm 1 \mu\text{Sv}$ und bei 95 % der Daten betrug der Unterschied $\pm 2,3 \mu\text{Sv}$ (Abbildung 12).

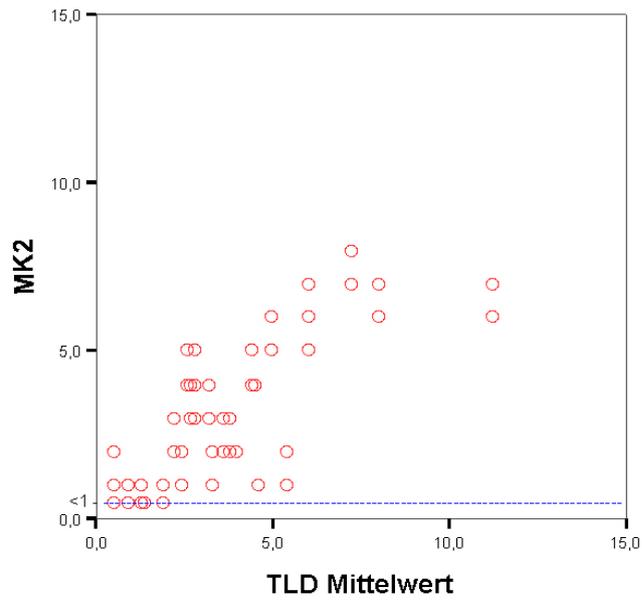


Abbildung 11: Graphische Darstellung der bei der Voruntersuchung erhobenen Expositionen (μSv) mit Hilfe von Dosimeter Mk2 und TLD XD 700 (Mittelwert)

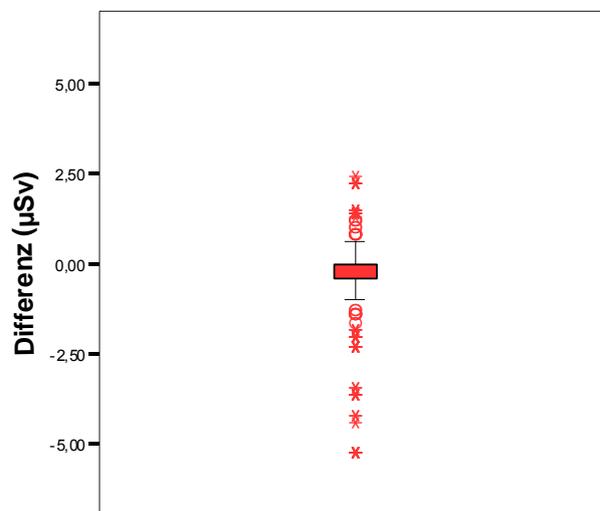


Abbildung 12: Graphische Darstellung der Differenzen (μSv) zwischen der Dosis, die durch die aktiven Dosimeter Mk2 und die durch die passiven Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 während der Voruntersuchungen erhoben wurden

5.1.2. Ausgeschlossene Daten

5.1.2.1. Leistung des Dosimetriesystems

Aufgrund des um den Faktor 10 zu geringen Einsatzbereiches für die Dosisleistung mussten die durch Comet1 Dosimeter erhobenen Daten ausgeschlossen werden. Es handelte sich um 2 595 Werte (Tabelle a 10).

5.1.2.2. Dosisleistung-Plausibilitätsprüfung

Es wurden die durch Mk2 Dosimeter und die durch Comet2 Dosimeter erhobenen Werte ausgeschlossen, bei denen die Dosisleistung das Limit nach der Bauartzulassung von 1 Sv/Std. überschritt. Es handelte sich um 794 Werte bei den Messungen in der KTK der FU Berlin und um 197 Werte bei den Voruntersuchungen in der KTK der FU Berlin (Tabelle a 10).

5.1.2.3. Zeit-Plausibilitätsprüfung

Aufgrund der Zeit-Plausibilitätsprüfung bei den durch „EPD Mk2“ Dosimeter, erhobenen Daten wurden alle drei Werte von einer Röntgenaufnahme in der KTK der FU Berlin ausgeschlossen (Tabelle a 10).

Tabelle a 10: Übersicht der ausgeschlossenen Werte

Ausschlussgrund	KTK der FU Berlin	KTP	Vorunter- suchungen	Gesamt
Zeitplausibilität	3	0	0	3
Leistung Comet1	2 595	0	0	2 595
Dosisleistung (bei MK2 und Comet2)	794	0	197	991
Ausschluss - andere	2 488	65	0	2 553

5.1.3. Verteilung der Messungen bei Röntgenuntersuchungen im Rahmen der Tierart

Die Erhebung der Daten erfolgte in der KTK der FU Berlin bei 809 Patienten (2 518 Röntgenaufnahmen), davon 1 598 Röntgenaufnahmen von Hunden, 682 von Katzen, 113 von Heimtieren (davon 67 beim Kaninchen) und 125 von Vögeln.

In der Kleintierpraxis erfolgten die Messungen bei 74 Patienten (120 Röntgenaufnahmen) davon 74 Röntgenaufnahmen von Hunden, 31 von Katzen, 15 von Heimtieren (davon 8 beim Kaninchen) und keine Röntgenaufnahme von Vögeln.

5.1.4. Anzahl der exponierten Personen

In Einzelfällen erfolgte die Röntgenuntersuchung ohne Anwesenheit von Personen und deswegen wurden diese Untersuchungen nicht in diese Studie aufgenommen. Während der Untersuchungen sind in beiden Betrieben am häufigsten zwei Personen (in 73 % in der KTK der FU Berlin und in 82,5 % in der KTP) exponiert worden, wobei in der KTP eine dritte Person nie im Kontrollbereich anwesend war. In der KTP handelte sich immer um Personal, das exponiert wurde (in der Regel ein Tierarzt und ein ihm zu Hilfe stehender Tierpfleger oder Praktikant). In der KTK der FU Berlin war bei der Untersuchung meistens ein ausgebildeter Tierpfleger anwesend, wobei ihm der Besitzer, ein anderer Tierpfleger oder ein Tierarzt Hilfe leistete. Im Fall, dass bei der Untersuchung drei Personen anwesend waren, handelte sich um den Besitzer und zwei Personen von KTK – Personal (Abbildung 13).

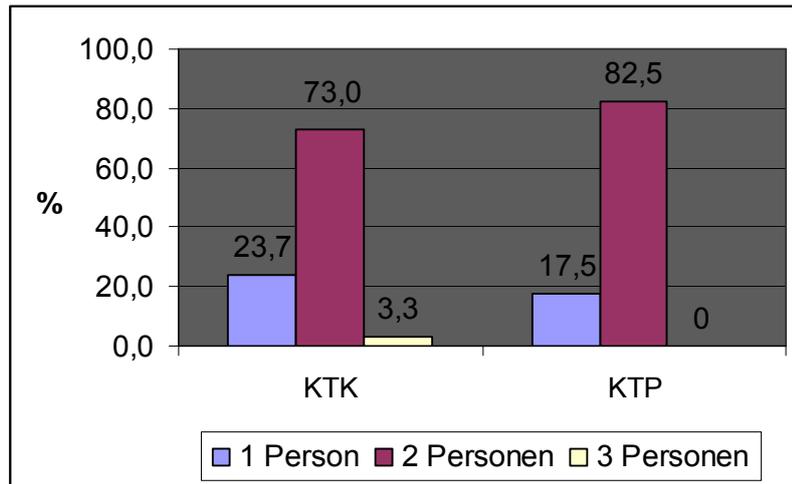


Abbildung 13: Prozentualer Anteil der exponierten Personen bei den Röntgenuntersuchungen

5.2. Ergebnisse der Strahlenbelastungsmessung

5.2.1. Ergebnisse der Voruntersuchungen

Um eine Vorstellung von der Exposition mit verschiedenen Messverfahren zu bekommen und diese vergleichen zu können, wurden Voruntersuchungen in der KTK der FU Berlin durchgeführt. Bei den gewählten Strahlengängen wurden insgesamt 102 Messungen an zwei toten Hunden (Körpergewicht von 33 und 35 kg) vorgenommen.

5.2.1.1. Untersuchungen des Körperstammes

Bei den Vergleichsuntersuchungen erfolgten die Messungen beim Strahlengang Thorax I/I, Thorax d/v, Abdomen I/I, Abdomen v/d, Becken I/I mit Hilfe des passiven Dosimeters (Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700) und des aktiven Dosimeters (Comet2, Mk2 und Ionisationskammer), wobei die Exposition bei Position 3 bei allen Projektionen und bei Position 2 und 3 beim Strahlengang Becken I/I gemessen wurde. Bei diesen Untersuchungen lagen alle Expositionen am Rumpf im messbaren Bereich der Dosimeter (mit Bedingung der Dividierung der addierten Expositionen bei den Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 aufgrund der höheren Nachweisgrenze des Dosimeters). Die höchsten Expositionen wurden am Messort Stirn (49,3 μSv) (Abbildung 8) und Hals (43,6 μSv) beim Strahlengang Abdomen v/d durch die Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 festgestellt, wobei es bei den aktiven Dosimetern zu zahlreichen Ausschlüssen an Daten aufgrund einer Überschreitung der Dosisleistung (bis zu 100 % der gesamten Daten beim Messort Stirn bei den Dosimetern Mk2) kam. Relativ hohe Expositionen ergaben die Messungen im Schambereich (bis zu 28,3 μSv bei den TLD XD 700, Abdomen v/d). An den Händen ergaben die Untersuchungen die höchste Exposition von 90 μSv durch das Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 (Messort Hand links, Strahlengang Thorax d/v), wobei bei der gleichen Messung die durch Mk2 erhobenen Daten aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung ausgeschlossen wurden. An der rechten Hand bei der gleichen Messung lag die durch TLD XD 700 erhobene Exposition bei bis zu 14,6 μSv . Bei dieser Untersuchung (Thorax d/v) wurden die Dosimeter auf dem Hundekörper unmittelbar neben dem bestrahlten Bereich platziert, wie es der Position der Hände bei der Fixierung des Patienten in der Praxis entspricht (Tabelle b 2 bis Tabelle b 5).

5.2.1.2. Untersuchungen der Extremitäten

An den Extremitäten erfolgten die Untersuchungen vom Strahlengang Ellenbogen m/l, Ellenbogen cr/ca, Karpus m/l und Femur m/l durch die Dosimeter Mk2 Thermolumineszenzdosimeter, Ionisationskammer. Bei diesen Untersuchungen lagen die Mediane der Expositionen von den MK2 Dosimetern überwiegend unter der Nachweisgrenze ($< 1 \mu\text{Sv}$) mit dem höchsten Wert von $1 \mu\text{Sv}$ an allen Messorten. Trotz der Maßnahme der Verteilung der bei einem Strahlengang erhobenen addierten Dosen wurden mit Hilfe der Thermolumineszenzdosimeter teilweise Expositionen unter der Nachweisgrenze festgestellt. Die höchsten Expositionen lagen bei $1,4 \mu\text{Sv}$ an der Stirn für den Rumpfbereich und bei $1,9 \mu\text{Sv}$ für den Handbereich (beide beim Strahlengang Ellenbogen cr/ca). Im Vergleich zu den am Körperstamm erfolgten Untersuchungen kam es bei den Untersuchungen der Extremitäten zu keinem Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei den durch die aktiven Dosimeter (Mk2) erhobenen Daten (Tabelle b 6 bis Tabelle b 9).

5.2.1.3. Ausgeschlossene Daten

Wie bereits erwähnt, kam es bei den Untersuchungen im Bereich des Körperstammes zu einem hohen Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei den aktiven Dosimetern. Da für weitere Messungen bei den diagnostischen Röntgenuntersuchungen nur die aktiven Dosimeter Mk2 im Einsatz waren, wurden die ausgeschlossenen Werte mit den Ergebnissen der Messungen mit TLD Dosimetern verglichen.

Bei den Röntgenaufnahmen von Abdomen und Becken, bei denen die durch die aktiven Dosimeter (Mk2) erhobenen Daten, aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung ausgeschlossen wurden, lag die Dosis durch die TLD Dosimeter über $11 \mu\text{Sv}$. Interessanterweise begann bei den Thoraxaufnahmen der Ausschluss der durch die aktiven Dosimeter Mk2 ermittelten Werte aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung schon ab $2,4 \mu\text{Sv}$ (Tabelle a 11).

Tabelle a 11: Übersicht der mittels Thermolumineszenzdosimeter (TLD XD 700) erhobenen Expositionen (μSv) bei den Voruntersuchungen im Körperstammbereich bei denen die mittels Mk2 Dosimeter erhobenen Daten ausgeschlossen wurden

Durch TLD Dosimeter erhobene Expositionen			
Projektion	Exposition (μSv)	Projektion	Exposition (μSv)
Thorax l/l, Thorax d/v	2,4	Abdomen l/l, Abdomen v/d, Becken l/l	11,2
	3,6		11,4
	3,8		11,6
	5,6		14,0
	6,8		15,0
	9,4		16,7
	9,7		19,1
	10,2		21,8
	14,6		26,6
	15,0		28,3
	27,9		43,6
	32,5		49,3
	55,6		
	90,0		

5.2.2. Ergebnisse der Exposition bei den realen Röntgenuntersuchungen

5.2.2.1. Exposition beim Hund

5.2.2.1.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen

Die Messungen bei den Röntgenuntersuchungen vom Körperstamm bei Hunden mit einem Körpergewicht bis 10 kg erfolgten in der KTK der FU Berlin bei 280 und in der KTP bei 16 Röntgenaufnahmen. Bei der Hauptperson lagen die Expositionen außer am Messort Schambereich im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters, wobei der höchste Wert am Rumpf in der KTK bei 12 μSv (an der Brust) lag und bei 2 μSv (am Messort Hals und Brust) in der KTP. An den Händen lag der höchste Wert bei 12 bzw. 6 μSv . Im Vergleich dazu lagen die Mediane der Expositionen der anderen Person außer am Messort Hand meistens unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters ($< 1 \mu\text{Sv}$). In der KTK der FU Berlin lag der höchste Wert am Rumpf bei 4 μSv (am Messort Hals) und bei 8 μSv an der Hand. In der KTP betrug die Exposition der anderen Person Werte $\leq 1 \mu\text{Sv}$ an allen Messorten. Zu einem Datenausschluss aufgrund einer Überschreitung der Dosisleistung des Gerätes kam es in Einzelfällen bei der Hauptperson in der KTK (Tabelle b 10).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg wurden die Messungen der Exposition bei 374 Röntgenaufnahmen in der KTK der FU Berlin und bei 22 Röntgenaufnahmen in der KTP durchgeführt. Dabei lagen die Expositionen bei der Hauptperson außer am Messort Schambereich im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters ($> 1 \mu\text{Sv}$). In der KTK betrug der höchste Wert im Rumpfbereich der Hauptperson 15 μSv (am Messort Hals) und 12 μSv an der Hand. In der KTP betrug die höchste Exposition 5 μSv im Rumpfbereich (am Messort Hals) und gleichfalls an der Hand. Bei der anderen Person lag der höchste Wert im Rumpfbereich und an der Hand bei 12 μSv in der KTK der FU Berlin und bei 5 μSv im Rumpfbereich und bei 1 μSv an der Hand in der TKP. Aufgrund einer Überschreitung der Dosisleistung des Dosimeters kam es bei dieser Gewichtsklasse zu einem erhöhten Datenausschluss in der KTK der FU Berlin, vor allem bei der Hauptperson (30 bis 32 % aller Daten vom Messort Hals, Brust und Hand) (Tabelle b 11).

Bei den Hunden aus der Gewichtsklasse über 30 kg erfolgten die Messungen bei 345 Röntgenaufnahmen in der KTK der FU Berlin und bei 12 Aufnahmen in der KTP.

Die Verteilung der Werte im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters war ähnlich der vorherigen Gewichtsklasse. Bei der Hauptperson in der KTK lag der höchste Wert im Rumpfbereich bei 15 μSv (am Messort Hals) und bei 25 μSv am Messort Hand, in der KTP jeweils bei 10 μSv im Rumpfbereich und an der Hand. Bei der anderen Person in der KTK lag der höchste Wert im Rumpfbereich bei 12 μSv und bei 17 μSv an der Hand, und in der KTP bei 6 bzw. 2 μSv . Bei dieser Gewichtsklasse erreichte der Datenausschluss 49,6 % der gesamten Daten vom Messort Hals bei der Hauptperson in der KTK der FU Berlin (Tabelle b 12).

5.2.2.1.2. Auswertung der Exposition nach einzelnen Projektionen

In diesem Abschnitt werden die Expositionen bei den Röntgenuntersuchungen der Katzen und Hunde detaillierter ausgewertet. Hierbei findet die Auswertung nicht getrennt nach Hauptperson und anderer Person, sondern nach Position der Person statt, also entsprechend dem Abstand der Person von der Streustrahlenquelle.

5.2.2.1.2.1. Exposition beim Strahlengang Thorax I/II

Die Messungen bei Aufnahmen von Hunden bis 10 kg Körpergewicht zeigten in der KTK der FU Berlin (N = 102) und in der KTP (N = 7) eine niedrigere Strahlenbelastung vor allem bei Position 1, 2 und 5 (Abbildung 7 und 8). In der KTK der FU Berlin befanden sich die höchsten Expositionen des Rumpfbereiches bei der Person bei Position 3 (4 μSv am Messort Brust). An der Hand lag die höchste Exposition bei 6 μSv (bei der Person bei Position 3). Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hand bei Position 1 festgestellt. Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und an der Hand bei Position 3 festgestellt (Abbildung 7 und 8). In der KTP ergab der höchste Wert im Rumpfbereich 2 μSv (am Messort Hals und Brust) bei Position 1 bzw. Position 3 und 6 μSv an der Hand bei Position 1 (Tabelle b 13).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 121) unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters außer am Messort Hals bei der Person bei Position 1 und 3 sowie am Messort Brust bei Position 3.

Der höchste Wert lag bei 5 μSv am Messort Hals (bei der Person bei Position 2) und am Messort Brust (bei Position 3), wobei an diesen Messorten der Datenausschluss wegen Überschreitung der Dosisleistung bei MK2 Dosimeter bis zu 60 % (bei Position 3) erreichte. An den Händen lag die höchste Exposition bei 5 μSv . Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hand bei der Person bei Position 1 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und an der Hand bei der Person bei Position 3 festgestellt (Abbildung 7 und 8). In der KTP (N = 7) waren die Expositionen $\leq 2 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 14).

Bei der Gewichtsklasse über 30 kg lagen die Mediane der Expositionen in der KTK (N = 121) meistens im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters ($> 1 \mu\text{Sv}$) mit dem höchsten Wert von 5 μSv im Rumpfbereich und von 4 μSv an der Hand. Wobei ein sehr hoher Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter bei der Person bei Position 1 (bis zu 61 % am Messort Hals) und 3 (89,4 % am Messort Hals und 69 % am Messort Brust) diese Auswertung wahrscheinlich sehr beeinflussen kann. Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hand bei der Person unter der Position 1 festgestellt. Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und an der Hand bei der Person bei Position 3 festgestellt. In der KTP (N = 1) lag der höchste Expositionswert bei 10 μSv (Tabelle b 15).

5.2.2.1.2.2. Exposition beim Strahlengang Thorax d/v

Bei Hunden bis 10 kg Körpergewicht waren die Expositionsmediane bei den Messungen in der KTK FU Berlin (N = 36) meistens unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters ($< 1 \mu\text{Sv}$) bei der Person bei Position 1, 2 und 5. Der höchste Expositionswert lag im Rumpfbereich bei 4 μSv (am Messort Brust bei der Person bei Position 2) und bei 5 μSv am Messort Hand (bei der Person bei Position 3). Hierbei wurden vereinzelte Werte aufgrund einer Überschreitung der Dosisleistung bei durch MK2 Dosimeter erhobenen Daten ausgeschlossen. Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3 festgestellt (Tabelle b 16). In der KTP wurden keine Röntgenaufnahmen bei dieser Gewichtsklasse durchgeführt.

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane in der KTK der FU Berlin (N = 44) unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters ($< 1 \mu\text{Sv}$) am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen. Der höchste Wert im Rumpfbereich lag bei $5 \mu\text{Sv}$ (am Messort Hals bei der Person bei Position 3), wobei bei dieser Person ein deutlicher Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter (bis zu 66,7 % am Messort Brust) vorhanden war. Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals bei der Person bei Position 3 festgestellt (Tabelle b 16). In der KTP wurden keine Röntgenaufnahmen bei dieser Gewichtsklasse durchgeführt.

Bei den Untersuchungen in Rahmen der Gewichtsklasse über 30 kg waren die Expositionsmediane in der KTK der FU Berlin (N = 31) $< 1 \mu\text{Sv}$ am Messort Brust und Schambereich bei der Person bei Position 5. Der höchste Wert lag im Rumpfbereich bei $7 \mu\text{Sv}$ (am Messort Brust) bei Person bei Position 3 und bei $5 \mu\text{Sv}$ an der Hand bei Position 1. Bei dieser Gewichtsklasse betrug der erhebliche Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung, vor allem bei Position 3, bis zu 100 % (am Messort Brust bei Position 3). Es konnten keine Unterschiede mit Hilfe des Wilcoxon Tests festgestellt werden (Tabelle b 17).

5.2.2.1.2.3. Exposition beim Strahlengang Abdomen I/I

Bei der Gewichtsklasse bis 10 kg Körpergewicht lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 66) unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters am Messort Brust bei der Person bei Position 1, am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 5 und am Messort Schambereich bei allen Positionen (Abbildung 7 und 8). Der höchste Wert betrug im Rumpfbereich 12 μSv (am Messort Brust bei Position 3) und 9 μSv an den Händen (Position 3). Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und Hand bei der Person bei Position 3 festgestellt. In der KTP (N = 3) war die Exposition $\leq 2 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 18).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 81) unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters ($\leq 1 \mu\text{Sv}$) am Messort Schambereich bei allen Positionen der Personen und am Messort Brust bei der Person bei Position 1 und 5. Der höchste Wert im Rumpfbereich betrug 15 μSv (Messort Hals bei der Person bei Position 3) und 11 μSv am Messort Hand bei der Person bei Position 1. Der Datenausschluss betraf hauptsächlich die Werte bei Position 3 (bis zu 42,9 % am Messort Hals). Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust bei der Person bei Position 2 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und an der Hand bei der Person bei Position 3 festgestellt. In der KTP (N = 7) lagen die Expositionen im messbaren Bereich der Dosimeter mit einem höchsten Wert von 4 μSv im Rumpfbereich und von 5 μSv an der Hand (Tabelle b 19).

Bei der Gewichtsklasse über 30 kg Körpergewicht lagen die Expositionsmediane in der KTK der FU Berlin (N = 74) und in der KTP (N = 8) über der Nachweisgrenze des Messgerätes ($> 1 \mu\text{Sv}$) außer am Messort Schambereich bei allen Positionen der Personen. In der KTK der FU Berlin lag der höchste Wert im Rumpfbereich bei 15 μSv (am Messort Hals) bei der Person bei Position 1 und bei 17 μSv am Messort Hand bei der Person bei Position 5. Der Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter betrug bis zu 67,7 % der Werte, vor allem am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3. Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust bei der Person bei Position 2 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3

mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3 festgestellt. In der KTP lag der höchste Wert im Rumpfbereich bei 8 μSv (am Messort Hals) bei der Person bei Position 2 und bei 2 μSv an den Händen (Tabelle b 20).

5.2.2.1.2.4. Exposition beim Strahlengang Abdomen v/d

Bei diesem Strahlengang wurden keine Röntgenaufnahmen in der KTP durchgeführt.

Im Rahmen des Strahlengangs Abdomen v/d lagen die Expositionsmediane bei Hunden bis 10 kg KGW in der KTK der FU Berlin (N = 24) oberhalb der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters ($> 1 \mu\text{Sv}$) außer des Messortes Schambereich bei allen Positionen der Personen, am Messort Hals bei der Person bei Position 5 und am Messort Brust bei den Personen bei den Positionen 1 und 5. Der höchste Wert lag im Rumpfbereich bei 6 μSv (am Messort Hals) bei der Person bei Position 3. An der Hand betrug der höchste Wert 8 μSv bei der Person bei den Positionen 2 und 3. Im Vergleich der Exposition von der Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust und niedrigere Exposition am Messort Hand bei der Person bei Position 2 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3 festgestellt (Tabelle b 21).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane in der KTK der FU Berlin (N = 26) außer am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen und am Messort Brust bei der Person bei Position 1 und 5 oberhalb der Nachweisgrenze des Gerätes ($> 1 \mu\text{Sv}$). Der höchste Wert im Rumpfbereich lag bei 12 μSv (am Messort Hals) bei Person bei Position 3. An der Hand betrug der höchste Wert 9 μSv bei den Personen bei den Positionen 1 und 2. Vereinzelt wurden die Daten aufgrund einer Dosisleistungsüberschreitung, vor allem bei der Person bei Position 3, ausgeschlossen. Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust bei der Person bei Position 2 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3 festgestellt (Tabelle b 21).

Bei der Gewichtsklasse über 30 kg lagen die Expositionsmediane in der KTK der FU Berlin (N = 17) am Messort Hals bei der Person bei Position 5, am Messort Brust bei Position 1 und 5 und am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen unter der Nachweisgrenze des Messgerätes MK2. Der höchste Expositionswert lag im Rumpfbereich bei 15 μSv (am Messort Hals) bei den Personen bei den Positionen 1 und 2. An der Hand betrug der höchste Wert 25 μSv bei der Person bei Position 2. Bei vereinzelt Werten kam es zu einem Datenausschluss aufgrund einer Dosisleistungsüberschreitung bei den aktiven Mk2 Dosimetern. Mit dem Wilcoxon Test konnte kein Unterschied in der Höhe der Exposition zwischen den Personen bei den verschiedenen Positionen festgestellt werden (Tabelle b 22).

5.2.2.1.2.5. Exposition beim Strahlengang Becken I/I

Bei diesem Strahlengang wurden keine Röntgenaufnahmen in der KTP durchgeführt.

Beim Röntgen der Hunde der Gewichtsklasse bis 10 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 12) am Messort Hals bei der Person bei Position 5, am Messort Brust bei den Personenpositionen 1 und 5 und am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters ($< 1 \mu\text{Sv}$). Der höchste Wert im Bereich des Rumpfes lag bei 7 μSv (am Messort Hals und Brust) bei der Person bei Position 3. An der Hand lag die höchste Exposition bei 10 μSv bei der Person bei Position 3. Aufgrund einer sehr niedrigen Zahl wurden die Expositionen zwischen den Positionen mit Hilfe des Wilcoxon Tests nicht verglichen (Tabelle b 24).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 13) bei der Person bei Position 5, sowie am Messort Schambereich bei den Personenpositionen 1, 2 und 5 unter der Nachweisgrenze des Messgerätes MK2 (bis zu 100 % am Messort Hals und Schambereich bei der Personenposition 5). Die höchste Exposition betrug im Rumpfbereich 11 μSv (am Messort Hals) bei der Person bei Position 2 und 12 μSv an der Hand bei der Person bei Position 1. Mit dem Wilcoxon Test konnte kein Unterschied in der Höhe der Exposition zwischen den verschiedenen Positionen festgestellt werden (Tabelle b 24).

Bei der Gewichtsklasse über 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 16) am Messort Hals bei der Personenposition 5, am Messort Brust bei den Personenpositionen 1 und 5 und am Messort Schambereich bei allen

Personenpositionen unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Der höchste Wert im Rumpfbereich lag bei 13 μSv (am Messort Hals) bei der Person bei Position 1. An der Hand betrug die höchste Exposition 12 μSv bei den Personenpositionen 1 und 2. Dabei wurden alle 7 Werte vom Messort Hals bei der Personenposition 3 und vereinzelte Werte aus weiteren Messorten aufgrund einer Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimetern ausgeschlossen. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust bei der Person bei Position 3 festgestellt (Tabelle b 25).

5.2.2.1.2.6. Exposition beim Strahlengang Becken v/d

Die Messungen während der Röntgenuntersuchungen von Becken v/d ergaben in der KTK der FU Berlin (N = 26) im Rahmen der Gewichtsklasse bis 10 kg Expositionsmediane unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters an den Messorten Hals und Brust bei den Personenpositionen 1 und 5. Der höchste Wert im Rumpfbereich lag bei 7 μSv (am Messort Hals) bei der Personenposition 3 und der höchste Wert an der Hand bei 4 μSv bei der Personenposition 2. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hand bei der Person bei Position 2 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3 festgestellt. Die Messungen in der KTP (N = 2) ergaben im Rumpfbereich Expositionen $\leq 1 \mu\text{Sv}$ bei Positionen 1 und 2. Am Messort Hand betrug die höchste Exposition 5 μSv bei der Personenposition 2 (Tabelle b 26).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 42) am Messort Hals und Brust bei der Personenposition 1 und 5 und im Schambereich bei allen Personenpositionen unter der Nachweisgrenze des MK2 Messgerätes. Der höchste Wert im Rumpfbereich betrug 11 μSv (am Messort Brust) bei der Personenposition 2. An der Hand lag die höchste Exposition bei 12 μSv bei der Personenposition 3. Zu einem erhöhten Datenausschluss aufgrund einer Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter kam es am Messort Hand bei der Personenposition 2. Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und Hand bei der Person bei Position 2 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals bei der Person bei Position 3 fest-

gestellt. In der KTP (N = 6) lagen die Expositionsmediane an den Messorten Hals und Brust oberhalb der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters mit dem höchsten Wert von 3 μSv (am Messort Hals und Brust) bei der Personenposition 1 sowie Position 2 (Tabelle b 27).

Die Expositionsmediane lagen in der KTK der FU Berlin (N = 54) bei der Gewichtsklasse über 30 kg am Messort Hals und Brust bei der Personenposition 1 und 5 und am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen unter der Nachweisgrenze des MK2 Messgerätes ($< 1 \mu\text{Sv}$). Der höchste Wert ergab im Rumpfbereich 14 μSv (am Messort Brust bei der Personenposition 3) und 16 μSv an der Hand (bei der Personenposition 2). Dabei kam es zu einem erheblichen Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter, vor allem bei der Personenposition 2 und 3 (bis zu 87,5% am Messort Hand bei der Personenposition 3). Bei diesem Strahlengang wurde bei Position 1 der aller höchste Wert des Messortes Schambereich (7 μSv) festgestellt. Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 2 festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust bei der Person bei Position 3 festgestellt. Die Messungen in der KTP (N = 3) ergaben Exposition $\leq 1 \mu\text{Sv}$ an allen Messorten bei der Personenposition 1. Bei der Personenposition 2 lag der höchste Wert bei 3 μSv im Rumpfbereich und bei 10 μSv an der Hand (Tabelle b 28).

5.2.2.1.2.7. Exposition beim Strahlengang Hals l/l und v/d

Bei dieser Projektion wurden in der KTP keine Röntgenuntersuchungen durchgeführt.

In der KTK der FU Berlin (N = 5) lagen die Expositionsmediane bei Röntgenuntersuchungen des Halses bei der Gewichtsklasse bis 10 kg im Rumpfbereich aller Personen im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters außer den Messorten Hals (Personenposition 1) und Brust (Personenposition 1 und 5) und am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen. Der höchste Wert im Rumpfbereich betrug 2 μSv (am Messort Hals bei der Personenposition 3 und am Messort Brust bei Personenposition 2). An den Händen ergab die Exposition Werte $\leq 1 \mu\text{Sv}$ bis 4 μSv (Tabelle b 29).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 8) unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters am Messort Hals und Brust bei der Personenposition 1 und 5 sowie am Messort Scham-

bereich bei allen Personenpositionen. Die höchste Exposition von 5 μSv wurde am Messort Brust bei der Personenposition 3 festgestellt. An den Händen betrug die Exposition Werte von 2 μSv bis 5 μSv (Tabelle b 30).

Bei den Hunden mit Körpergewicht über 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 8) im messbarem Bereich des MK2 Dosimeters außer am Messort Schambereich (bei allen Personenpositionen). Der höchste Median im Rumpfbereich (5 μSv) sowie die höchste Dosis (9 μSv) wurden am Messort Brust bei Position 3 festgestellt. An den Händen wurden Expositionen von 4 bis 9 μSv festgestellt (Tabelle b 30).

5.2.2.1.2.8. Exposition beim Strahlengang Wirbelsäule l/l und v/d

Die Messungen bei der Gewichtsklasse bis 10 kg ergaben in der KTK der FU Berlin (N = 9) Expositionsmediane unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters an allen Messorten des Rumpfbereichs bei der Personenposition 5 und am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen. Ein Maximalwert von 3 μSv wurde am Messort Hals und Brust bei Personenposition 3 festgestellt. In der KTP (N = 1) lag die Exposition unter der Nachweisgrenze des Messgerätes an allen Messorten (Tabelle b 31).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 39) im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters außer des Messortes Schambereich. Der höchste Median (8,5 μSv) und der höchste Wert (12 μSv) wurden am Messort Hals bei der Personenposition 3 festgestellt, wobei hier acht Werte aufgrund einer Dosisleistungsüberschreitung bei den MK2 Messgeräten ausgeschlossen wurden. An den Händen betragen die Medianwerte 1 (Personenposition 5) bis 3 μSv (Personenposition 1) und der höchste Dosiswert 9 μSv (Position 3). In der KTP (N = 2) lagen die Expositionsmediane im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters mit dem höchsten Wert von 5 μSv am Messort Hals bei der Personenposition 1 (Tabelle b 32).

In Rahmen der Gewichtsklasse über 30 kg lagen die Expositionsmediane in der KTK der FU Berlin (N = 24) am Messort Brust und Hand bei der Personenposition 5 und am Messort Schambereich bei allen Personenpositionen unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Bei den restlichen Personenpositionen lag der höchste Medianwert von 11 μSv am Messort Brust bei Position 3. Der höchste Expositionswert betrug 12 μSv am Messort Brust bei Position 3, wobei an diesem Messort sieben Werte aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter ausgeschlossen wurden. An den Händen lagen die Expo-

sitionsmediane bei 2 bis 4,5 μSv und der höchste Wert betrug 12 μSv (Tabelle b 32). Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust und an der Hand bei der Person bei Position 3 festgestellt. Bei dieser Gewichtsklasse wurden keine Röntgenuntersuchungen in der KTP durchgeführt.

5.2.2.1.3. Exposition bei Aufnahmen von Kopf und appendikulärem Skelett

Bei Hunden mit Körpergewicht bis 10 kg lag die Exposition bei den Messungen in der KTK der FU Berlin (N = 92) überwiegend unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters (bis zu 100 % am Messort Schambereich). Die höchste Exposition im Rumpfbereich wurde am Messort Brust bei der Personenposition 4 (3 μSv) bei der Projektion Rute v/d (dabei 98,9 % der Expositionen $\leq 1 \mu\text{Sv}$) festgestellt. Bei der Personenposition 5 betrug die höchste Exposition 2 μSv am Messort Hals (dabei 98 % der Expositionen betrug Werte $\leq 1 \mu\text{Sv}$). Am Messort Hand lag der höchste Wert bei 6 μSv (dabei 96,3 % der Expositionen $\leq 1 \mu\text{Sv}$) bei der Personenposition 4 bei der Projektion Rute l/l. An der Personenposition 5 ergaben die Messungen am Messort Hand eine Exposition $\leq 1 \mu\text{Sv}$ in 100 % der Messungen. Bei den Untersuchungen in der KTP (N = 3) lag der höchste Wert im Rumpfbereich bei 1 μSv und am Messort Hand bei 2 μSv (Tabelle b 34).

Bei der Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 231) unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Der maximale Wert betrug 5 μSv am Messort Brust bei der Personenposition 4 (bei der Projektion Schulter m/l) und 2 μSv bei der Personenposition 5. An den Händen betrug die Exposition $< 1 \mu\text{Sv}$ bis 7 μSv (beim Strahlengang Schulter m/l) mit einem Median von 1 μSv bei der Personenposition 4 und $< 1 \mu\text{Sv}$ bis 6 μSv (M $< 1 \mu\text{Sv}$) an der Personenposition 5. Dagegen war die Exposition in der KTP (N = 5) $\leq 1 \mu\text{Sv}$ an allen Messorten des Rumpfbereiches. An der Hand lag die Exposition zwischen 1 bis 5 μSv bei der Personenposition 4. Bei der Personenposition 5 war die Exposition $\leq 1 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 35). In der KTK der FU Berlin wurde im Vergleich der Exposition von Person bei Position 5 mit der Exposition der Person bei Position 4 mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hand bei der Person bei Position 4 beim Strahlengang Ellenbogen (m/l und cr/ca) und am Messort Hals und Brust beim Strahlengang Femur m/l bei der Person bei Position 4 festgestellt.

In der KTK der FU Berlin (N = 190) waren die Expositionsmediane bei Hunden über 30 kg am häufigsten unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Der höchste Wert im Rumpfbereich lag bei 7 μSv am Messort Hals bei der Personenposition 4 (bei Projektion Skapula m/l) und bei 2 μSv an den Messorten Hals und Brust bei Position 5. Am Messort Hand ergaben die Messungen Werte von < 1 bis 6 μSv , wobei der höchste Wert beim Strahlengang Schulter m/l bei der Personenposition 4 und 5 festgestellt wurde. Insgesamt wurden 11 Werte aufgrund einer Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter ausgeschlossen, davon 8 am Messort Hand bei der Personenposition 4. In der KTK (N = 16) lagen die Expositionsmediane bei der Personenposition 4 überwiegend im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters mit dem höchsten Wert von 2 μSv im Rumpfbereich (Messort Hals) und von 6 μSv an der Hand. Bei der Person bei der Personenposition 5 lagen die Werte überwiegend unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters mit dem höchsten Wert von 2 μSv im Rumpfbereich (am Messort Hals). Die Exposition an der Hand bei dieser Personenposition war ≤ 1 μSv (Tabelle b 36). In der KTK der FU Berlin wurde im Vergleich der Exposition der Person bei Position 5 mit der Exposition der Person bei Position 4 mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und Hand bei der Person bei Position 4 beim Strahlengang Schulter m/l festgestellt sowie am Messort Hals und Hand beim Strahlengang Knie m/l bei der Person bei Position 4.

5.2.2.2. Exposition bei Katzen

5.2.2.2.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen

Im Rahmen der Röntgenuntersuchungen im Körperstammbereich der Katzen erfolgten in der KTK der FU Berlin Messungen bei 436 Röntgenaufnahmen und 22 in der KTP.

In der KTK der FU Berlin und KTP lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich bei der Hauptperson im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters, mit Ausnahme des Messortes Schambereich. Der höchste Wert in der KTK betrug 11 μSv am Messort Hals (Personenposition 3, beim Strahlengang Abdomen I/I) und in der KTP betrug der höchste Wert 2 μSv am Messort Hals (Personenposition 1, Strahlengang Abdomen I/I). Dagegen lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich der anderen Person unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters in beiden Betrieben. Bei dieser Person betrug der höchste Wert 5 μSv in der KTK der FU Berlin (an den Messorten Hals und Brust) und 2 μSv (an den Messorten Hals und Brust) in der KTP (Tabelle b 67).

Am Messort Hand betrug der Expositionsmedian in der KTK der FU Berlin 3 μSv bei der Hauptperson (Exposition < 1 bis 13 μSv) und 1 μSv bei der anderen Person (Exposition < 1 bis 9 μSv). In der KTP betrug der Expositionsmedian bei der Hauptperson 2,5 μSv (Expositionsspanne 1 bis 4 μSv) und 1 μSv bei der anderen Person (Exposition 1 bis 3 μSv) (Tabelle b 67).

5.2.2.2.2. Auswertung der Exposition nach einzelnen Strahlengängen

5.2.2.2.2.1. Exposition beim Strahlengang Thorax I/I und d/v

Die Expositionsmediane lagen im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 170 bei Projektion Thorax I/I, N = 52 bei Projektion Thorax d/v) und in der privaten KTP (N = 6 bzw. 5) meistens unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Der höchste Maximalwert ergab in der KTK der FU Berlin 5 μSv am Messort Brust bei der Personenposition 3. Bei der Personenposition 5 traten generell Expositionswerte $\leq 1 \mu\text{Sv}$ auf. In der KTP betrug die Exposition der Personen bei Position 1 und 2 Wert $\leq 1 \mu\text{Sv}$. An den Händen lagen die Expositionsmediane im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters. Die Exposition betrug Dosen von $\leq 1 \mu\text{Sv}$ bis 10 μSv in der KTK der FU Berlin und $\leq 1 \mu\text{Sv}$ bis 4 μSv in der KTP

(Tabelle b 68 und Tabelle b 69). In der KTK der FU Berlin wurde im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Brust und eine niedrigere Exposition am Messort Hand bei der Person bei Position 2 beim Strahlengang Thorax I/I festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und Hand bei der Person bei Position 3 beim Strahlengang Thorax I/I festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und Hand bei der Person bei Position 3 beim Strahlengang Thorax d/v festgestellt.

5.2.2.2.2. Exposition beim Strahlengang Abdomen I/I und Abdomen v/d

Bei Durchführung der Messungen beim Strahlengang Abdomen I/I und Abdomen v/d lagen die Expositionsmediane in der KTK der FU Berlin (N = 93 bzw. N = 28) im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters, mit Ausnahme des Messortes Schambereich bei allen Personenpositionen und an Messorten Hals und Brust bei der Personenposition 5. In der KTK der FU Berlin lag der höchste Werte im Rumpfbereich bei 11 μSv (am Messort Hals) bei der Personenposition 3. Die höchsten Werte im Handbereich lagen bei 13 μSv bei Position 1 (M = 3 μSv) und 3 (M = 4 μSv) beim latero-lateralen Strahlengang. Im Vergleich zur Exposition von Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals, Brust und Hand bei der Person bei Position 3 beim Strahlengang Abdomen I/I festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 2 beim Strahlengang Abdomen v/d festgestellt. Im Vergleich der Exposition der Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3 beim Strahlengang Abdomen v/d festgestellt.

Aus der KTK lagen nur Werte vom Rumpfbereich für Strahlengang Abdomen I/I (N = 3) vor. Die Expositionsmediane waren $\leq 1 \mu\text{Sv}$ und der höchste Wert 2 μSv (Tabelle b 70 und Tabelle b 71).

5.2.2.2.3. Exposition beim Strahlengang Übersicht I/I

Die Messungen der Exposition bei Übersichtsaufnahmen ergaben in der KTK der FU Berlin (N = 21) und in der KTP (N = 6) Expositionsmediane im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters an den Messorten Hals und Hand. Der höchste Expositionswert betrug in der KTK der FU Berlin 2 μSv im Rumpfbereich und 8 μSv an den Händen. In der KTP betrug die höchste Exposition 1 μSv im Rumpfbereich und 3 μSv an der Hand (Tabelle b 72).

5.2.2.2.4. Exposition beim Strahlengang Becken I/I und Becken v/d

Die Messungen bei den Röntgenaufnahmen Becken I/I und Becken v/d ergaben in der KTK der FU Berlin (N = 16 bzw. 44) Expositionsmediane unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters im Rumpfbereich bei den Personenpositionen 1 und 5 sowie am Messort Schambereich bei den Personenpositionen 1 und 2. Der höchste Wert betrug 4 μSv am Messort Brust bei der Personenposition 3 (Projektion Becken v/d). An den Händen lagen die Expositionsmediane unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters bei der Personenposition 5, der höchste Wert betrug 8 μSv (Tabelle b 73 und Tabelle b 74). Im Vergleich zur Exposition von Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals bei der Person bei Position 3 beim Strahlengang Becken I/I festgestellt. Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 1 mit der Exposition der Person bei Position 2 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hand bei der Person bei Position 2 beim Strahlengang Becken v/d festgestellt. Im Vergleich zur Exposition von Person bei Position 3 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hals und Brust bei der Person bei Position 3 beim Strahlengang Becken v/d festgestellt.

Aus der KTP (N = 2, Strahlengang Becken v/d) betrug die Expositionen sowohl im Rumpfbereich als auch an den Händen Werte $\leq 1 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 73 und Tabelle b 74).

5.2.2.2.5. Exposition beim Strahlengang Hals I/I

Die Exposition am Rumpf betrug in der KTK der FU Berlin (N = 6) Dosen $\leq 1 \mu\text{Sv}$. An den Händen lag der höchste Wert bei $3 \mu\text{Sv}$. Aus der KTP lagen zu diesem Strahlengang keine Daten vor (Tabelle b 75).

5.2.2.2.6. Exposition beim Strahlengang Hals-, Brust und Lendenwirbelsäule I/I und v/d

Die Messungen in der KTK der FU Berlin (N = 5) ergaben Expositionsmediane im Rumpfbereich Dosen $\leq 1 \mu\text{Sv}$ und an den Händen $\leq 1 \mu\text{Sv}$ bis $4 \mu\text{Sv}$. Der höchste Expositionswert lag am Rumpf bei $3 \mu\text{Sv}$ und an den Händen bei $4 \mu\text{Sv}$. In der KTP sind keine Röntgenaufnahmen bei diesem Strahlengang durchgeführt worden (Tabelle b 76).

5.2.2.2.3. Exposition bei Aufnahmen des Kopfes und appendikulären Skeletts

In der KTK der FU Berlin (N = 214) lagen die Expositionsmediane bei Untersuchungen der Extremitäten und des Kopfes unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Bei der Person bei Position 5 war die Exposition $\leq 1 \mu\text{Sv}$ in 100 % an allen Messorten. Bei der Person bei Position 4 war die Exposition $\leq 1 \mu\text{Sv}$ in 100 % im Rumpfbereich und an den Händen in 89 %. Der höchste Wert lag an den Händen bei $4 \mu\text{Sv}$ (beim Strahlengang Kopf d/v, wobei der Median bei $2 \mu\text{Sv}$ lag) (Tabelle b 77 bis Tabelle b 90). Im Vergleich der Exposition von Person bei Position 4 mit der Exposition der Person bei Position 5 wurde mit Hilfe des Wilcoxon Tests eine höhere Exposition am Messort Hand bei der Person bei Position 4 beim Strahlengang Kopf I/I und d/v festgestellt.

In der KTP (N = 9) lagen 100 % der Expositionen bei den Röntgenuntersuchungen der Extremitäten und des Kopfes unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters, mit Ausnahme des Halsbereiches der Person bei Position 4 ($1 \mu\text{Sv}$ bei 22 %) (Tabelle b 77 bis Tabelle b 90).

5.2.2.3. Auswertung bei den Heimtieren

5.2.2.3.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen

Die Messungen bei der Gewichtsklasse bis 0,4 kg erfolgten selten. Bei den untersuchten Patienten in der KTK der FU Berlin (N = 4) lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich bei beiden Personen unter der Nachweisgrenze des Gerätes ($< 1 \mu\text{Sv}$). Die höchsten Werte wurden an den Händen ($2 \mu\text{Sv}$) erhoben. In der KTP (N = 3) betrug die Exposition Dosen $\leq 1 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 91).

Bei der Gewichtsklasse von 0,41 bis 3 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Bei den 56 durchgeführten Röntgenaufnahmen in der KTK der FU Berlin (davon 39 bei Kaninchen) lag der höchste Expositionswert bei $5 \mu\text{Sv}$ und an den Händen bei $12 \mu\text{Sv}$. In der KTP (N = 6, davon 2 bei Kaninchen) wurden Expositionen im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters (Maximalwert $1 \mu\text{Sv}$) nur am Messort Hals erhoben (Tabelle b 92).

In der Gewichtsklasse über 3 kg betrug die Expositionen in der KTP (N = 1) einen Wert $\leq 1 \mu\text{Sv}$. In der KTK der FU Berlin (N = 2) lag die Exposition außer des Messortes Schambereich im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters mit dem höchsten Wert von $2 \mu\text{Sv}$ im Rumpfbereich und von $5 \mu\text{Sv}$ an der Hand (Tabelle b 93).

5.2.2.3.2. Exposition bei Aufnahmen von Kopf und appendikulärem Skelett

Bei Messungen in der KTK der FU Berlin (N = 6) im Rahmen der Gewichtsklasse bis 0,4 kg trat eine Exposition im messbaren Bereich des MK2 Dosimeters nur bei einzelnen Röntgenaufnahmen am Messort Hand mit dem höchsten Wert von $2 \mu\text{Sv}$ auf. In der KTP wurden keine Röntgenaufnahmen durchgeführt (Tabelle b 94).

In der Gewichtsklasse von 0,41 bis 3 kg lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich in der KTK der FU Berlin (N = 43, davon 26 bei Kaninchen) und in der KTP (N = 6, davon 5 bei Kaninchen) unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Der höchste Wert betrug in der KTK der FU Berlin sowie in der KTP $1 \mu\text{Sv}$. Im messbaren Bereich des MK2

Dosimeters wurden vereinzelte Expositionen an den Händen mit einem maximalen Wert von 3 μSv in der KTK der FU Berlin bzw. 2 μSv in der KTP festgestellt (Tabelle b 95).

In der KTK der FU Berlin und KTP wurden keine Röntgenaufnahmen in der Gewichtsklasse über 3 kg durchgeführt.

5.2.2.4. Auswertung bei den Vögeln

Da keine Röntgenuntersuchung bei den Vögelpatienten der KTP in der Messperiode erforderlich war, liegen nur Daten für die Auswertung der Strahlenbelastung bei Röntgenuntersuchungen der Vögel von den Messungen in der KTK der FU Berlin vor.

5.2.2.4.1. Exposition bei Körperstammaufnahmen

Die Exposition bei den diagnostischen Röntgenuntersuchungen der Vögel in der KTK der FU Berlin bei der Gewichtsklasse bis 0,4 kg (N = 22) betrug Expositionswerte $\leq 1 \mu\text{Sv}$ (Median $<1 \mu\text{Sv}$) an allen Messorten. Für den Messort Hand lagen keine Daten vor (Tabelle b 96).

Bei der Gewichtsklasse von 0,41 bis 3 kg (N = 17) lagen die Expositionsmediane im Rumpfbereich unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters, der Maximalwert betrug $2 \mu\text{Sv}$. An den Händen lag der Median bei $2 \mu\text{Sv}$ und Maximalwert bei $3 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 97).

Bei der Gewichtsklasse über 3 kg (N = 10) lagen die Medianwerte im Rumpfbereich bei $1 \mu\text{Sv}$ am Messort Hals und Brust. Der Maximalwert von $\leq 2 \mu\text{Sv}$ wurde am Messort Hals und Brust festgestellt. An den Händen betrug der Median $\leq 2 \mu\text{Sv}$ und der höchste Wert lag bei $3 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 98).

5.2.2.4.2. Exposition bei Aufnahmen von Kopf und appendikulären Skelett

Die Messungen in der KTK der FU Berlin (N = 33) ergaben bei der Gewichtsklasse bis 0,4 kg Expositionen $\leq 1 \mu\text{Sv}$. Der Expositionsmedian lag im messbaren Bereich ($1 \mu\text{Sv}$) nur an den Händen (Tabelle b 99).

Bei den Untersuchungen der Gewichtsklasse von 0,41 bis 3 kg (N = 31) lagen die Expositionsmediane nur an den Händen im messbaren Bereich ($1 \mu\text{Sv}$). Der Maximalwert betrug im Rumpfbereich $1 \mu\text{Sv}$, an den Händen $3 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 100).

Bei der Gewichtsklasse über 3 kg (N = 8) lagen die Expositionsmediane unter der Nachweisgrenze des MK2 Dosimeters. Der maximale Wert von $1 \mu\text{Sv}$ wurde nicht überschritten (Tabelle b 101).

5.3. Weitere Auswertungen

5.3.1. Wiederholte Röntgenaufnahmen

Manche Röntgenaufnahmen mussten aus verschiedenen Gründen wiederholt werden:

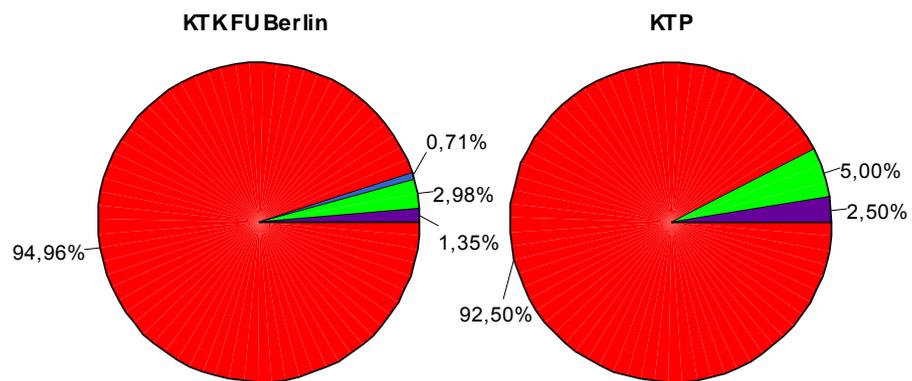
- 1) Falsche Einstellung der Belichtungswerte (Abbildung 9, Bild a)
- 2) Falsche Lagerung des Patienten (Abbildung 9, Bild b)
- 3) Unschärfe der Aufnahme durch Bewegung oder Atmung des Patienten (Abbildung 9, Bild c)

In der KTK der FU Berlin wurden 5 % (127) von den insgesamt 2 518 Röntgenaufnahmen wiederholt. In der KTP handelte es sich um 7,5 % (9) von insgesamt 120 Röntgenaufnahmen. Diese Wiederholungen wurden aufgrund einer ungenügenden Qualität der Röntgenaufnahme durchgeführt (Tabelle b 1).

In der KTK der FU Berlin wurden 0,7 % der Röntgenaufnahmen (18/2 518) aufgrund einer falschen Einstellung der Belichtungswerte wiederholt. In der KTP in keinem Fall (Tabelle b 1).

Falsche Lagerung des Patienten als Grund der Wiederholung der Röntgenaufnahme trat in der KTK der FU Berlin bei 3 % Fällen (75/2 518) und in der KTP bei 5 % Fällen (6/120).

Auf Wiederholung der Röntgenaufnahme aufgrund einer Unschärfe der Aufnahme – bewegungsbedingt in Folge von Zittern, Atmen oder Bewegen des Patienten, erfolgte in der KTK der FU Berlin bei 1,4 % Fällen (34/2 518) und in der KTP bei 2,5 % Fällen (3/120) (Tabelle b 1).



Grund der Wiederholung der Röntgenaufnahmen
 ■ Nicht-wiederholte Aufnahmen
 ■ Falsche Einstellung der Belichtungswerte
 ■ Falsche Lagerung
 ■ Unschärfe der Aufnahme

Abbildung 14: Darstellung der wiederholten Röntgenaufnahmen in der KTK der FU Berlin und in der KTK

5.3.2. Wiederholte Röntgenaufnahmen bei Patienten bei vollem Bewusstsein und sedierten bzw. anästhesierten Patienten

Hierbei wurde die Häufigkeit der Wiederholung der Röntgenaufnahme bei Patienten (alle Tierarten) bei vollem Bewusstsein und bei sedierten bzw. narkotisierten Patienten verglichen.

Eine allgemeine Anästhesie des Patienten erfolgte in der KTK der FU Berlin bei 524 der 2518 Röntgenaufnahmen (20,8 %) und in der KTP bei 28 von 120 Röntgenaufnahmen (23,3 %) (Tabelle a 12). In der KTK der FU Berlin wurde im Vergleich zu den Tieren bei vollem Bewusstsein eine Erhöhung der Wiederholung aufgrund einer falschen Lagerung bei den Patienten in Narkose festgestellt. Ein signifikanter Unterschied der Wiederholungsrate bei Tieren in Narkose und bei Tieren bei vollem Bewusstsein konnte mit Hilfe des Chi-Quadrat Tests in keinem Fall festgestellt werden.

Tabelle a 12: Grund der Wiederholung der Röntgenaufnahme mit und ohne Anästhesie (KTK der FU Berlin und in der KTP)

Grund der Wiederholung der Röntgenaufnahme		Ort					
		KTK der FU Berlin			KTP		
		Anästhesie		gesamt	Anästhesie		gesamt
		ohne	mit		ohne	mit	
Keine	Anzahl	1 907	484	2 391	86	25	111
	%	95,6	92,4	95,0	93,5	89,3	92,5
Falsche Einstellung der Belichtungswerte	Anzahl	12	6	18	0	0	0
	%	0,6	1,1	0,7	0	0	0
Falsche Lagerung	Anzahl	42	33	75	3	3	6
	%	2,1	6,3	3,0	3,3	10,7	5,0
Unschärfe der Röntgenaufnahme	Anzahl	33	1	34	3	0	3
	%	1,7	0,2	1,4	3,3	0	2,5
Total	Anzahl	1 994	524	2 518	92	28	120
	%	100	100	100	100	100	100

5.3.3. Art, Anwendungshäufigkeit und Kombination der Strahlenschutzmittel

Für die exponierten Personen standen verschiedene Strahlenschutzmittel zur Verfügung. Die Strahlenschutzrüstung in der KTK der FU Berlin besteht aus einem Schutz durch Mantelschürze, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuhe und Bleibrille. In der KTP standen nur Mantelschürze und Bleihandschuhe zur Verfügung. In der KTK der FU Berlin wurde am häufigsten die Mantelschürze in Kombination mit einem Schilddrüsenschutz zum Einsatz gebracht. Bei der Hauptperson war das bei 84,2 % der Aufnahmen der Fall und bei der anderen Person bei 92,2 %. Eine Kombination aus Mantelschürze, Schilddrüsenschutz und Bleibrille wurde bei der Hauptperson in 11,4 % bzw. bei der anderen Person in 2,5 % angewendet. Das Tragen von Bleibrillen war von den im Kontrollbereich anwesenden Personen abhängig. Die Verwendung von Bleihandschuhen trat während der Messungen nicht auf (Tabelle a 13).

In der KTP wurde meistens nur die Mantelschürze getragen (Tabelle a 13).

Während der Messungen gab es in keinem Fall die Anwesenheit einer Person im Kontrollbereich ohne Strahlenschutzmittel und in keinem Fall eine Exposition der Hände oder anderer Körperteile von Personen mit primärer Röntgenstrahlung.

Tabelle a 13: Angewandte Strahlenschutzmittel, Häufigkeit und Kombination in der KTK der FU Berlin und in der KTP

Ort	Angewandtes Strahlenschutzmittel	Hauptperson		Andere Person	
		Anzahl	%	Anzahl	%
KTK der FU Berlin	Mantelschürze (allein)	111	4,4	101	5,3
	Mantelschürze und Schilddrüsenschutz	2 120	84,2	1 770	92,2
	Mantelschürze, Schilddrüsenschutz und Bleibrille	287	11,4	48	2,5
	Gesamt	2 518	100	1 919	100
KTP	Mantelschürze	101	84,2	78	78,8
	Mantelschürze und Bleihandschuhe	19	15,8	21	21,2
	Gesamt	120	100	99	100

5.3.4. Anzahl der Röntgenaufnahmen/Röntgenuntersuchung

Von den insgesamt 2 518 Röntgenaufnahmen wurden in der KTK der FU Berlin 2 391 Aufnahmen als ursprüngliche Aufnahmen durchgeführt (ohne die 127 wiederholten Aufnahmen). Davon erfolgten 1 558 Aufnahmen bei 1 157 Untersuchungen im Bereich des Körperstamms und 833 Aufnahmen bei 482 Untersuchungen von Kopf und Extremitäten. Bei den Körperstammaufnahmen erfolgten 66,6 % der Untersuchungen (772/1 157) in einer Ebene, 32,2 % (372/1 157) in zwei Ebenen, 0,9 % (10/1 157) in zwei Ebenen mit einer zusätzlichen Projektion und 0,3 % (3/1 157) in zwei Ebenen mit zwei zusätzlichen Projektionen. Bei Untersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts wurden 32,3 % (156/482) der Röntgenaufnahmen in einer Ebene, 63,9 % (308/482) in zwei Ebenen, 2,3 % (11/482) in zwei Ebenen mit einer zusätzlichen Projektion und 1,5 % (7/482) in zwei Ebenen mit zwei zusätzlichen Projektionen durchgeführt.

In der KTP wurden 111 von den insgesamt 120 Röntgenaufnahmen als ursprüngliche Aufnahmen durchgeführt (ohne die neun wiederholten). Im Körperstammbereich wurden die Röntgenuntersuchungen in 89,2 % (58/65) in einer Ebene, in 9,3 % (6/65) in zwei Ebenen und in 1,5 % (1/65) in zwei Ebenen mit einer zusätzlichen Projektion durchgeführt. Die Untersuchungen im Bereich des Kopfes und appendikulären Skeletts erfolgten in 59,3 % (16/27) in einer Ebene und in 40,7 % (11/27) in zwei Ebenen.

6. Diskussion

6.1. Messungen

6.1.1. Voruntersuchung

Durch die Messungen an zwei toten Hunden (33 und 35 kg Körpergewicht) wurde durch verschiedene Messverfahren die Ortsdosis festgestellt, die bei alltäglichen Röntgenuntersuchungen auftreten kann.

Die Lagerung und Fixierung der Hunde während der Voruntersuchung sowie die Position der Dosimeter entsprach der realen Situation während der alltäglichen Röntgenuntersuchungen in der Kleinterröntgenologie mit dem Vorteil einer möglichst günstigen Platzierung des Dosimeters mit dem Detektor direkt zur SSQ.

Beim Einsatz aktiver und passiver Dosimeter konnte festgestellt werden, dass die aktiven Dosimeter Comet2 nicht für diese Studie geeignet sind. Dies lag vor allem an der relativ langen Integrationszeit (60 Sec.), weil teilweise mehrere Röntgenaufnahmen pro Minute in der KTK der FU Berlin durchgeführt werden. Ein Hauptschwerpunkt dieser Studie war, den Verlauf der klinischen Röntgenuntersuchungen möglichst nicht zu behindern. Aus diesem Grund wurde auf den Einsatz der aktiven Dosimeter Comet2 in der Studie verzichtet. Eine weitere Einschränkung der Studie besteht in der Begrenzung der Dosisleistung der Röntgenstrahlung bei Messungen mit den aktiven Dosimetern, die vor allem beim Röntgen im Bereich des Körperstammes bei sehr großen (voluminösen) Tieren einen Ausschluss der erhobenen Daten von der Auswertung verursachen kann.

Bei den Untersuchungen im Bereich des Körperstammes wurden teilweise sehr hohe Expositionen ermittelt. Diese betraf die Messorte Stirn, Hals und vor allem die Hände (Tabelle b 2). Erhöhte Expositionen an diesen Messorten wurden auch durch NIEHAUS et al. (2005) festgestellt. Die höchste Exposition bei den Voruntersuchungen in der KTK der FU Berlin trat beim Strahlengang Thorax d/v auf, wobei die höchste Dosis mittels Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 am Messort Stirn (49,3 μSv), im Rumpfbereich und an der Hand (90 μSv) gemessen wurde (Tabelle b 3). Nach NIEHAUS et al. (2005) betrug die höchste Exposition im Körperstammbereich 48,3 μSv (Messort Schilddrüse) und 52 μSv an den Händen.

Bei der Ermittlung der Dosis bei Röntgenuntersuchungen im Körperstammbereich im Rahmen der Voruntersuchung kam es zu zahlreichen Datenausschlüssen aufgrund der Überschreitung der Dosisleistung (Grenze bis 1 Sv/h bei Messungen mit den aktiven Dosimetern Mk2 und Comet2) (Tabelle b 2 und Tabelle a 10). Die ausgeschlossenen Daten unterscheiden sich je nach der Projektion bzw. Röhreneinstellung, bei der sie erhoben wurden (5.2.1.3. Ausgeschlossene Daten, Tabelle a 11). Bei der Voruntersuchung in der KTK der FU Berlin sieht man, dass der obere Bereich der Exposition bei der Röntgenuntersuchung des Abdomens und des Beckens bei großen Hunden (KGW >30 kg) durch die aktiven Dosimeter MK2 (unter der Bedingung der Messung auf der Bleischürze) wahrscheinlich nicht ermittelt werden kann. Eine andere Situation besteht bei Anfertigung von Thoraxaufnahmen mit der Röntgenröhre, die in der KTK der FU Berlin zur Untersuchung der Patienten eingesetzt wird. Hierbei verursacht eine hohe Leistung bzw. Einstellung der Röntgenröhre (damit verbundene hohe Energie der sekundären Strahlung mit einer entsprechend hohen Exposition) mit sehr kurzen Belichtungszeiten einen Ausschluss der Daten aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei aktiven Dosimetern schon bei niedrigen Dosen, da hier durch die Messkammer automatisch sehr kurze Belichtungszeiten gewählt werden. Es ist dadurch nicht nur der obere Bereich der Exposition betroffen, sondern auch die Expositionen unter 10 μSv .

Bei den Untersuchungen der Extremitäten wurden relativ niedrige Expositionen festgestellt, die 2 μSv nie überschritten (Maximalwert von 1,4 μSv am Messort Stirn, 1,9 μSv am Messort Hand rechts; Tabelle b 6 und Tabelle b 7). Ähnlich niedrige Expositionen wurden durch NIEHAUS (2006) bei dem gleichen Strahlengang festgestellt, wo die Belastung bei der Augenlinse bei 1,4 μSv und an den Händen bei 1,71 und 1,79 μSv lag.

Bei den Voruntersuchungen wurden im Vergleich zu den Ergebnissen von z.B. ROTHE (1977) (Mittlere Dosis 0,07 mR/Aufnahme entspricht 0,7 μSv /Aufnahme) relativ hohe Expositionen im Schambereich mit dem höchsten Wert von 28,3 μSv bei Position 3 beim Strahlengang Abdomen v/d festgestellt. Diese hohen Werte sind beeinflusst durch die optimale Position des Dosimeters, das heißt ohne Abschirmung durch die Tischkante und ein idealer Strahleneinfallswinkel. Während der Messungen beim Röntgen des Abdomens der Hunde von 30 bis 40 kg Körpergewicht wurde an diesem Messort unter der Bleischürze durch NIEHAUS (2006) ein Mittelwert von 0,16 μSv und Maximalwert von 1,04 μSv festgestellt.

6.1.2. Messungen bei den realen Röntgenuntersuchungen

6.1.2.1. Körperstammuntersuchungen bei Hund und Katze in der KTK der FU Berlin

Die Messungen der Exposition bei den Körperstammuntersuchungen ergaben bei den Hunden bis 10 kg und bei den Katzen Werte $\leq 13 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 10 und b 67). Bei den Hunden mit Körpergewicht von 10,1 kg bis 30 kg betrug die Exposition Werte $\leq 15 \mu\text{Sv}$ (Tabelle b 11). Hierbei kam es zu einem wesentlichen Datenausschluss (bis zu 30 %) aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei aktiven Dosimetern Mk2 an den Messorten Hals, Brust und an der Hand. Mit zunehmender Größe der Tiere und mit höheren Einstellungen der Röntgenröhre steigt auch die Exposition und leider auch die Mengen der ausgeschlossenen Daten aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter. So lag die höchste Exposition bei Hunden mit einem Körpergewicht über 30 kg bei $\leq 25 \mu\text{Sv}$ und der Ausschluss der Daten erreichte 49,6 % der gesamten Daten im Rahmen der Röntgenuntersuchungen im Körperstambereich am Messort Hals bei der Hauptperson (Tabelle b 12).

Die Dosisleistung der Strahlung ist einerseits abhängig von der Höhe der Exposition, der das Messgerät ausgesetzt wird. Die Exposition entspricht der Energie der sekundären Strahlung, die von der bestrahlten Körpermasse gestreut wird, und dem Abstand des Messgerätes von der Streustrahlenquelle. Ein weiterer Faktor, der die Dosisleistung beeinflusst, ist die Belichtungszeit. Bei einer Kombination der höheren Energie der Streustrahlung (was letztendlich auch abhängig von der Röhrenspannung ist) mit einer kürzeren Belichtungszeit wird die obere Dosisleistungsgrenze (beim Einsatz der aktiven Dosimeter Mk2 und Comet 1 Sv/h) leicht überschritten. Diese Situation kann in der Kleintierröntgenologie vor allem im Fall der Röntgenuntersuchungen vom Thorax großer Hunde mit Hilfe von einem Hochleistungsrontgengerät (wie z.B. in der KTK der FU Berlin) vorkommen. Diese Tatsache entspricht auch den Ergebnissen der Untersuchungen aus der KTK der FU Berlin (sowie der Voruntersuchung), wo es bei den Röntgenuntersuchungen vom Thorax (Strahlengang Thorax I/I und d/v) bei Hunden mit einem Körpergewicht über 30 kg, aber teilweise schon bei den Hunden mit Körpergewicht von 10,1 bis 30 kg, zu einer häufiger Überschreitung der Dosisleistung bei den aktiven Dosimetern Mk2 und anschließend zum Ausschluss der erhobenen Daten vorkam (Tabelle b 14, Tabelle b 15, Tabelle b 16 und Tabelle b 17). Gerade diese Projektionen sind aufgrund der Körperstruktur des Thorax charakteristisch für die Röntgenröhreneinstellung mit höherer Röhrenspannung und kürzerer Belichtungszeit. In

der KTK der FU Berlin wurden bei einigen Röntgenuntersuchungen des Thorax, vor allem bei d/v Projektion, Einstellungen bis zu 125 kV gewählt. Dabei fiel die Belichtungszeit aufgrund der automatischen Einstellung mit Hilfe der Messkammer auf bis zu 3,1 ms ab. Zusätzlich fiel gerade bei den Projektionen Thorax I/I und Thorax d/v auf, dass der größte Anteil der ausgeschlossenen Daten aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei der Person bei Position 3 vorkommt. Im Vergleich zu den anderen Positionen ist diese Position verbunden mit dem niedrigsten Abstand von der Streustrahlenquelle und dadurch bedingter höheren Exposition. Dies konnte durch HARTUNG und CLAUSS (1967) durch die Ermittlung der Isodosenlinien festgestellt und durch NIEHAUS (2006) bestätigt werden.

Bei dem erwähnten Beispiel der hohen Belichtungswerte (Röhrenspannung von 125 kV) mit kurzer Belichtungszeit (3,1 ms) handelte sich um eine Untersuchung des Brustkorbes (Strahlengang Thorax I/I) bei einer deutschen Dogge mit einem Körpergewicht von 85 kg. Die aktiven Dosimeter MK2, die auf der Mantelschürze platziert waren, haben in diesem Fall eine Dosis von 3 μSv am Messort Hals und 1 μSv am Messort Brust angezeigt. Würden die Dosimeter bei der gleichen Röntgenuntersuchung unter der Bleibekleidung getragen, könnte die Dosis um einen geschätzten Faktor von ca. 96 reduziert werden. Dieser geschätzte Faktor entspricht der Schutzwirkung der Bleischürze mit einem Bleigleichwert von 0,5 mm bei der Röhrenspannung von 125 kV (Tabelle a 4: Schutzwirkung der Bleischutzbekleidung). Durch die Schutzwirkung der Bleimantelschürze wäre die Dosis viel zu niedrig, um eine Dosisleistung unter den gleichen Bedingungen (Einstellung der Röntgenröhre, Belichtungsfeld und Untersuchte Masse, Abstand von SSQ) überschreiten zu können.

Im Vergleich zur Voruntersuchung traten bei den Messungen bei klinischen Röntgenuntersuchungen von Hunden und Katzen sehr niedrige Werte am Messort Schambereich auf. Am häufigsten lag ein Wert unter der Nachweisgrenze der aktiven Dosimeter ($< 1 \mu\text{Sv}$) von 90,1 % (bei den Hunden mit KGW von 10,1 bis 30 kg) bis zu 96,9 % (bei den Hunden mit KGW < 10 kg) bei der Hauptperson und von 85,5 % (bei den Hunden mit KGW > 30 kg) bis zu 99,2 % (bei den Hunden mit KGW < 10 kg) bei der anderen Person. In einzelnen Fällen wurde eine Exposition von 2 μSv (bis zu 0,6 % der Expositionen aus dem Messort Schambereich bei der Hauptperson bei der Röntgenuntersuchungen des Körperstamm-bereiches der Hunde über 30 kg) und in einem Fall von 7 μSv festgestellt. Die mögliche Ursache für so relativ niedrige erhobene Dosis am Messort Schambereich bei den realen Röntgenuntersuchungen könnte einerseits die Abschirmung des Dosimeters durch den Tischrand sein, andererseits die ungünstige Kippung des an der Schürze befestigten Dosimeters beim Vorbiegen der Person über den Tisch während der Lagerung und Fixation des Patienten. In den bisher publizierten Ergebnissen wurde der Expositionsmittelwert von 0,07 mR pro Aufnahme, was einer Exposition von 0,7 μSv /Aufnahme entspricht (ROTHER,

1977) und $0,25 \mu\text{Sv}$ pro Aufnahme (NIEHAUS, 2006) (allerdings unter der Bleischürze) festgestellt (Tabelle a 14).

6.1.2.2. Körperstammuntersuchungen bei Hund und Katze in der KTP

Die Messungen in der privaten KTP ergaben generell eine niedrigere Belastung bei den im Kontrollbereich anwesenden Personen als in der KTK der FU Berlin. Der höchste Wert von $10 \mu\text{Sv}$ wurde bei den Körperstammuntersuchungen bei dem Strahlengang Thorax l/l (Hund 32 kg KGW) im Rumpfbereich am Messort Brust bei Position 2 festgestellt, an den Händen betrug der höchste Wert der Exposition $10 \mu\text{Sv}$ beim Strahlengang Becken v/d (Hund 32 kg KGW) bei Position 2. Insgesamt kam es bei den 105 Röntgenuntersuchungen bei Hunden und Katzen zu keinem Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung. Beim Vergleich der Daten zwischen der KTK der FU Berlin und der KTP fiel auf, dass in der KTP Hunde mit niedrigerer oberen Grenze des Körpergewichtes untersucht wurden (bis zu 50 kg in der KTP und bis zu 85 kg in der KTK der FU Berlin). Unter anderem beeinflussten das Gewicht des Patienten bzw. die Größe und Charakter des untersuchten Körperteils, die Belichtungswerte. Zum Beispiel lag die Röhrenspannung bei den Körperstammuntersuchungen der Hunde über 30 kg in der KTK der FU Berlin zwischen 63 und 125 kV und in der KTP zwischen 66 und 76 kV. Bei höherem kV-Wert wird die Energie der Streustrahlung entsprechend höher und dadurch auch die Exposition der exponierten Person. Im Vergleich zum konventionellen Film-Folien System mit Rasterkassette wurde eine Dosisersparung durch die Anwendung der Röntgenanlage mit Speicherfoliensystem sowie mit dem elektronischen Flachdetektor beschrieben (BUSCH, 1999; HEYNE et al., 1999; SCHMID, 2002; KOERT, 2004). Wie bereits erwähnt, spielt die Belichtungsdauer eine wesentliche Rolle für den hohen Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei den aktiven Dosimetern MK2. In der KTP lag die kürzeste Belichtungsdauer bei den diagnostischen Röntgenuntersuchungen im Bereich des Körperstammes von Hunden bei 35 ms (Patienten mit KGW 3,5 und 3,8 kg, Projektion Abdomen l/l und Übersichtsaufnahme l/l, Röhrenspannung: 60 kV; Tabelle b 10). Im Vergleich dazu war die kürzeste Belichtungsdauer bei diagnostischen Röntgenuntersuchungen im Körperstamm-bereich der Hunde in der KTK der FU Berlin 1,5 ms (KGW 16 kg, Projektion Thorax d/v, Röhrenspannung: 77 kV; Tabelle b 11), wobei die Dosisleistung bei den aktiven Dosimetern MK2 (bis 1 Sv/h) sehr schnell überschritten wurde.

6.1.2.3. Untersuchungen des Kopfes und appendikulären Skeletts bei Hund und Katze

Bei den Röntgenuntersuchungen des appendikulären Skeletts wurden bei Hunden und Katzen generell niedrige Expositionen in beiden Betrieben festgestellt.

In der KTK der FU Berlin kam es in seltenen Fällen zu einer Dosis über 5 μSv . Dabei handelte sich um Expositionen von 6 bis 7 μSv , die vor allem an den Händen des Personals bei Röntgenuntersuchungen vom Schädel, Skapula und Schulter auftraten.

In der KTP wurde nur in einem Fall eine Exposition größer 5 μSv festgestellt, allerdings wurden wenige Untersuchungen von Kopf und Extremitäten in der KTP durchgeführt. Dabei handelte sich um eine Exposition von 6 μSv an der Hand des Personals bei einer Untersuchung vom Unterarm einer Dogge mit einem KGW von 40 kg.

Von einer Erhöhung der Strahlenbelastung bei den Untersuchungen der Schulter berichtete NIEHAUS (2006) in ihren Untersuchungen mit Hilfe von TLD Dosimeter. Bei den Röntgenuntersuchungen der Skapula und Schulter wird teilweise der Brustkorb des Patienten mitbestrahlt, was die Streustrahlung durch die größere Streustrahlenquelle mit entsprechend höherer Röhreneinstellung erhöht. Besonders bei Untersuchungen von diesen Körperbereichen handelt es sich bei der Lagerung und Fixation der Patienten um eine Herausforderung für die im Kontrollbereich anwesenden Personen (NIEHAUS, 2006). Dabei sind nicht nur die Hände der exponierten Personen wesentlich näher zum Strahlenbündel, sondern auch der gesamte obere Körperteil der fixierenden Person.

Bei den Röntgenuntersuchungen vom Kopf steigt die Exposition der Hände hauptsächlich bei der Person, die das Tier nah am Kopf bzw. am untersuchten Bereich fixiert. Dies betrifft vor allem die Untersuchungen am nicht-narkotisierten Patienten, wobei man einen höheren Abstand der SSQ nicht mit Hilfe von verschiedenen Bändern schaffen kann. Dabei landen die Hände häufig dicht am Strahlungsfeld, genau so, wie bei manchen Untersuchungen der Extremitäten, und gegebenenfalls können bei Abwehrreaktionen des Tieres die Hände der primären Strahlung ausgesetzt sein.

6.1.3. Untersuchungen bei den Heimtieren, Exoten, Vögeln

Bei Röntgenuntersuchungen von Heimtieren, Exoten und Vögeln war die Strahlenbelastung, der im Kontrollbereich anwesenden Personen, generell in beiden Betrieben niedrig. Vor allem im Rumpfbereich waren die Expositionsmediane überwiegend $\leq 1 \mu\text{Sv}$ und der höchste Wert lag bei $5 \mu\text{Sv}$. Im Vergleich dazu war die Exposition an den Händen etwas höher (Median bis zu $5 \mu\text{Sv}$, höchster Wert bei $12 \mu\text{Sv}$). Das wurde durch die teilweise winzige Körpergröße und Unkooperativität dieser Tiere beeinflusst, da bei ihrer Lagerung und Fixierung die Hände sehr nah an Strahlenbündel sind, um so möglichst die beste Lagerung und Fixierung des Patienten leisten zu können. Zur Ermittlung der Strahlenbelastung der im Kontrollbereich anwesenden Personen beim Röntgen von Heimtieren, Exoten und Vögeln gibt es in der Literatur keine Angaben.

Die geringe Größe (mit folgender Verbleib der Hände dicht an Strahlungsfeld) und die Unkooperativität der Patienten waren auch die Hauptgründe für das häufige Verzicht auf die Messung der Exposition an den Händen und Ausschluss der erhobenen Expositionswerte aufgrund des Umklippens des Messgerätes.

6.1.4. Vergleich der Ergebnisse

Ein allgemeiner Vergleich der in dieser Studie erhobenen Expositionen mit den bereits publizierten Daten in der Literatur ist durch viele Faktoren eingeschränkt. Die Entwicklung der Dosimetrie vom passiven Dosimeter in Form eines Filmdosimeters und Thermolumineszenzdosimeter bis zu den aktiven elektronischen Dosimetriesystemen bietet zunehmend verschiedene Vorteile zur Ermittlung der Exposition bzw. Überwachung der Strahlenbelastung. Anfänglich wurden aufgrund der hohen Nachweisgrenzen der passiven Dosimeter Mittelwerte von addierten Dosen erhoben bei Messungen über längere Zeit bei verschiedenen Röntgenuntersuchungen und verschiedenen Tierarten publiziert. Mit der Entwicklung der Dosimetrie senkte sich die Nachweisgrenze der Dosimeter (auf 1 μSv bei den aktiven Dosimetern Mk2 und Comet) und es ergab sich unter anderem die Möglichkeit der direkten Ablesbarkeit der aufgenommenen Exposition.

Die erhobenen Ergebnisse der eigenen Untersuchungen und der Untersuchungen von ROTHE (1977), von NIEHAUS et al. (2005) bzw. NIEHAUS (2006) zeigen verschiedene Dimensionen der Strahlenbelastung in der Kleintierröntgenologie (Tabelle a 14). Vermutlich spielt die Platzierung der Dosimeter (auf oder unter der Bleibekleidung) die größte Rolle in der Höhe der ermittelten Exposition bei den Röntgenuntersuchungen, da die Schutzkleidung die Exposition um einen Faktor von ca. 100 reduzieren kann, abhängig von den Bedingungen (Röhrenspannung, Bleigleichwert der Schutzkleidung). In diesem Sinne ist eine Anwendung der Strahlenschutzmittel in Art der Schutzkleidung bei Anwesenheit der Personen im Kontrollbereich unverzichtbar und sollte immer aktiv eingehalten werden.

Weiterhin wird die Exposition durch die Röntgeneinrichtung und die untersuchte Körpermasse bzw. ihre Art beeinflusst. Dies führte bei den Daten in der KTK der FU Berlin zu einem wesentlichen Datenausschluss aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei MK2 Dosimeter, da die Röntgenaufnahmen aufgrund einer hohen Leistung der Röntgenröhre mit einer höheren Röhrenspannung (bis zu 130 kV) bzw. Energie der Strahlung und einer kürzeren Belichtungszeit (bis zu 1,5 ms) erfolgten.

Nicht zu vergessen ist auch der Abstand von der SSQ bei der Fixation der Patienten. Hierbei kann die Strahlenbelastung aufgrund des Abstandquadratgesetzes deutlich reduziert werden. Dieser Faktor ist sehr Personen- bzw. Patienten-abhängig. In der Literatur wird auf den niedrigeren Abstand, nicht nur der Hände, hingewiesen, vor allem bei der Lagerung und der Fixierung der Patienten bei Schulteruntersuchungen (NIEHAUS, 2006). Hierbei wurde bei der Voruntersuchung gezeigt, dass die Exposition der Hand bei Fixation der Tiere unter

Umständen fast 0,1 mSv erreichen kann (beim Strahlengang Thorax d/v, Tabelle b 3), obwohl man „nur“ der Streustrahlung ausgesetzt wird aber sehr nah dem Belichtungsfeld ist.

Tabelle a 14: Übersicht der erhobenen und publizierten Expositionen (μSv) bei den Röntgenuntersuchungen der Kleintiere

Autor	Dosis	Messort			
		Schilddüse	Brust	Scham-bereich	Hand <u>rechts</u> links
Eigene Unter- suchung	Maximal (μSv) KTK der FU Berlin	15	14	7	25
	Maximal (μSv) KTP	9	10	1	10
NIEHAUS (2006)	Median (μSv) Personal/Tier- betreuungsperson	0,9/0,3	0,0/0,0	0,0/0,0	<u>0,0/0,0</u> 0,2/0,5
	Maximal (μSv) Personal/Tier- betreuungsperson	48,3/18,2	5,4/4,2	7,7/2,9	<u>7,6/5,9</u> 52,3/31,3
ROTHE (1977)	Mittelwert (μSv)			0,7	51,2

6.2. Wiederholung von Röntgenaufnahmen

Bei ca. 5 % (127) von insgesamt 2 518 Röntgenaufnahmen aus der KTK der FU Berlin (Wiederholungsrate von 5,3 %) und ca. 7,5 % (9) von insgesamt 120 Röntgenaufnahmen aus der KTP (Wiederholungsrate von 8,1 %) wurde aufgrund einer unzureichenden Bildqualität der ursprünglichen Röntgenaufnahmen eine Wiederholungsaufnahme angefertigt. Nach Auswertung ihrer Umfrage stellte HOFMANN-PARISOT (1993) fest, dass die Wiederholungsrate aufgrund unzureichender Bildqualität unter 25 % bei 75 % der österreichischen Tierärzte, bei 84 % der deutschen Tierärzte und bei 96 % der schweizerischen tierärztlichen Kollegen lag.

Interessanterweise war in der KTK der FU Berlin beim Vergleich des Wiederholungsgrundes und Status des Bewusstseins des Tieres (anästhesierte versus Tiere bei vollem Bewusstsein) der Prozentanteil der wiederholten Röntgenaufnahmen bei den sedierten bzw. narkotisierten Tieren aufgrund einer falschen Lagerung ca. drei mal höher im Vergleich zur Patienten bei vollem Bewusstsein (Tabelle a 12). Dieser Unterschied war aber nicht signifikant. Die erhöhte Anzahl an wiederholten Röntgenaufnahmen bei sedierten bzw. narkotisierten Tieren aufgrund einer falschen Lagerung erklärt sich dadurch, dass bei unzureichender Qualität des Röntgenbildes bei Patienten bei vollem Bewusstsein, vor allem bei großen, nervösen, unkooperativen und schwer positionierbaren Patienten auf eine Wiederholung ohne Anästhesie verzichtet wird. Sollte aber die Qualität der Röntgenaufnahme bei Tieren in Anästhesie unbefriedigend sein, wird die Entscheidung zur Wiederholung der Röntgenuntersuchung viel eher getroffen.

Im Vergleich zur KTK der FU Berlin erfolgte in der KTP eine Wiederholung der Röntgenuntersuchung wegen einer falschen Einstellung der Belichtungswerte in keinem Fall. Diese Feststellung könnte durch die Röntgeneinrichtung bedingt sein, da in der KTP ein digitales Röntgen mit einem Flachdetektor eingesetzt wird. Eine Reduktion der Wiederholung der Röntgenuntersuchungen bei Einsatz der digitalen Röntgengeräte wurde auch durch BUSCH (1999) beschrieben.

6.3. Allgemeines zum Strahlenschutz

Während der Untersuchungen in der KTK der FU Berlin und in der privaten KTP wurden die Tiere nie ohne Indikation geröntgt. In keinem Fall fand eine Röntgenuntersuchung mit Beteiligung von Personen ohne Strahlenschutz-ausrüstung (mindestens durch Bleischürze) oder Personen im Alter unter 18 Jahre sowie schwangerer Frauen statt. In keinem Fall wurden die Finger bzw. Hände oder andere Teile des Körpers der Primärstrahlung ausgesetzt. Der Nutzstrahlbündel bzw. die Röntgenkassette wurde entsprechend dem zu untersuchenden Körperteil gewählt und das Belichtungsfeld gegebenenfalls durch Einblenden verkleinert. Durch eine Umfrage wurde festgestellt, dass in 2,4 % (19) der befragten Praxen (von 1 620 gesandten Fragebogen kamen 493 aus Kleintier-, 276 aus gemischten und 28 aus reinen Pferdepraxen zurück) häufig Hände mit Bleihandschuhen auf der Röntgenaufnahme zu sehen sind, in 68,4 % (546) manchmal und in 28,6 % (227) nie. Eine häufige Darstellung der Finger ohne Bleihandschuhen auf den Aufnahmen sind bei 0,2% (2) der Praxen zu sehen, gelegentlich bei 20,8 % (166) und 77,8 % (620) nie (HOLBACH, 1998).

6.4. Strahlenschutzmittel

Während der Untersuchungen in beiden Betrieben gab es kein Fall einer Exposition von Personen ohne Strahlenschutzmittel. In der KTK der FU Berlin wurde in 84 bis 92 % der Fälle die Kombination von Mantelschürze und Schilddrüsenschutz verwendet. Zu einer Anwendung der Bleihandschuhe kam es in der KTK der FU Berlin in seltenen Fällen (kein Fall während der Messungen der Exposition). Der Grund der seltenen Anwendung der Bleihandschuhe liegt am ehesten in der Unbequemlichkeit und der Schwierigkeit bei der Fixierung der Patienten, was auch andere Autoren berichteten (SCHNITZLEIN, 1959; TRAINOR und FOSKETT, 1960; O'RIORDAN, 1968; HARTUNG, 1974; MAHAFFEY und LEWIS, 1979; TEMPEL und ZALLINGER, 1998). In der KTK wurde dagegen meistens nur eine Mantelschürze eingesetzt. Ihre Kombination mit Bleihandschuhen trat bei 16 % bzw. 21 % der Untersuchungen auf. Dagegen ergaben die Untersuchungen der Veterinärpraxen (N = 114) in Ohio, Indiana und Michigan im Jahr 1987 eine Anwendung der Bleischürze bei 95,9 %, des Schilddrüsenschutzes bei 11,2 %, der Bleihandschuhe bei 87,9 % und der Bleibrille bei 4,1 %. Hierbei konnte ein Zusammenhang zwischen der Strahlenschutzmaßnahme und dem Ausbildungsort hergestellt werden (MORITZ et al., 1989). In der Studie von SHUHAIBER et al. (2002) berichteten Frauen (N = 73) aus Kleintierpraxen in Ontario von einem Einsatz von Bleischürzen in 100 % der Fälle, wobei diese in 92 % mit einer Schilddrüsenschutz und in ca. 85% mit Handschuhen kombiniert wurde. Nach SHIRANGI (2007) wurden in 85,9 % eine Bleischürze, in 52,9 % eine Schilddrüsenschutz und in 42,9 % die Bleihandschuhen verwendet. In einer Umfrage bei deutschen Tierärzten stellte Holbach (1998) fest, dass in 99,2 % (N = 791) der Praxen regelmäßig eine Bleischürze getragen wurde, in 0,6 % (N = 5) häufig und in 0,25 % selten. Die Bleihandschuhe wurden regelmäßig in 54,7% (N = 436), häufig in 21,5 % und selten in 0,8 % (N = 7) der befragten Praxen angewendet. Zur Anwendung des Schilddrüsenschutzes gab es keine Angabe. Bei den Untersuchungen von NIEHAUS (2006) wurde die Bleischürze bei allen im Röntgenraum anwesenden Personen getragen, der Schilddrüsenschutz in 18 %, die Bleihandschuhe wurden beim Haltepersonal in 95 % der Untersuchungen in Einsatz gebracht.

6.5. Anzahl der Projektionen pro Untersuchung

In beiden Betrieben ergab die Studie eine überwiegende Anzahl von Untersuchungen mit einer Projektion im Bereich des Körperstamms (66,6 % in der KTK der FU Berlin und 89,2 % in der KTP), wobei auch Untersuchungen mit drei und mehreren Projektionen festgestellt wurden (1,2 % in der KTK der FU Berlin und 1,5 % in der KTP). Die Untersuchungen des Kopfes und der Extremitäten erfolgten meist in zwei Ebenen (63,9 %) in der KTK der FU Berlin und in einer Ebene (59,3 %) in der KTP. Untersuchungen mit mindestens drei Projektionen erfolgten in der KTK der FU Berlin in 3,8 %. Nach HARTUNG (1986) wird eine Röntgenuntersuchung mit mindestens zwei Projektionen zur besseren Beurteilung der dreidimensionalen Organen (hauptsächlich Lage, Größe und Form eines Organs) empfohlen. In der Praxis wird häufig auf die zweite Ebene bzw. weitere Projektionen, vor allem bei Körperstammuntersuchungen, verzichtet. Da einige Röntgenuntersuchungen im Notdienst als Übersichtsaufnahmen (sogenannte „screening-Untersuchungen“) angefertigt wurden, verzichtet man hierbei auf eine zweite Ebene und führt diese nur im Bedarfsfall durch.

Bei den Extremitäten wurden in der KTK der FU Berlin die Untersuchungen mit zwei und mehreren Projektionen durchgeführt. Der Grund zur Entscheidung für eine Projektion bei den Röntgenuntersuchungen wurde in dieser Studie nicht untersucht. In der Umfrage bei deutschen Tierärzten stellte HOLBACH (1998) fest, dass bei 80,5 % (N = 642) Praxen in zwei Ebenen geröntgt wird, bei 1,6 % (N = 93) sowohl in einer als auch in mehreren Ebenen und dass 6,4 % der Befragten begnügen sich mit einer Ebene.

6.6. Limite der Studie

Die Anwendung von mehreren Dosimetrieverfahren bei der Voruntersuchung zeigte, dass die aktiven Dosimeter bestimmte Einschränkungen haben. Bei kleinen schmalen Tieren und hauptsächlich bei Aufnahmen des appendikulären Skeletts lagen die Expositionen bis auf einige Ausnahmen unter der Nachweisgrenze der beiden Dosimetriesysteme (Mk2 und Comet2), das heißt $< 1 \mu\text{Sv}$. Im Vergleich dazu kann das TLD System (TLD-100H-Rods) unter bestimmten Bedingungen eine Nachweisgrenze von 0,1 bis 0,5 μSv haben (NIEHAUS, 2006). Eine weitere Einschränkung war die Dosisleistung bzw. Energieabhängigkeit der aktiven Dosimeter, die bei dem Dosimeter Mk2 sowie bei dem Dosimeter Comet2 1 Sv pro Stunde betrug. Eine Überschreitung der Dosisleistung betraf die Körperstammuntersuchungen, vor allem bei Thoraxaufnahmen bei großvolumigen Tieren, mit folgendem Ausschluss der Daten (bis zum 100 % bei Untersuchungen der Hunde über 30 kg beim Strahlengang Thorax d/v am Messort Brust bei Position 3).

Aus den bereits erwähnten Gründen wurde kein Mittelwert bei den Auswertungen der durch die aktiven Dosimeter ermittelte Exposition berechnet und ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Autoren ist hauptsächlich bei mittelgroßen und großen Hunden nur begrenzt möglich.

Die Größe und das Gewicht machen die Dosimeter im Bereich der Linse, Schilddrüse, an der Hand in Handschuhen und am Fuß im normalen Klinikbetrieb schwer einsetzbar. Da möglichst verhindert werden sollte, dass durch die Dosimeter die dosimetertragenden Personen in irgendwelcher Art und Weise gestört werden könnten, wurde auf die Messungen an diesen Messorten verzichtet (mit dem Kompromiss des Einsatzes des Dosimeters im unteren Halsbereich für den Messort Schilddrüse). Die Winkelabhängigkeit bzw. Strahleneinfallrichtung (je niedriger die Photoenergie desto höher der Winkelinfluss), die bei den beiden aktiven Dosimetern (Mk2 und Comet2) 0 bis $\pm 60^\circ$ beträgt, kann im alltäglichem Betrieb auch eine falsch niedriger ermittelte Exposition verursachen. Dies spielte eine gewisse Rolle vor allem am Messort Schambereich. Hier neigen die Dosimeter bei einer Vorbeugung der Person dazu, dass die kommende Streustrahlung von der Streustrahlenquelle nicht mehr mit der Strahleneinfallrichtung des Dosimeters übereinstimmen musste. Im Vergleich dazu werden die passive Filmdosimeter für die übliche Überwachung der Strahlenbelastung in der Praxis eingesetzt, bei denen der Strahleneinfallswinkel noch kleiner ist (z.B. beim Typ BE-Gs-GD 01 beträgt der Strahleneinfallswinkel 0° bis $\pm 45^\circ$) (PTB, Stand 10.7.2007).

6.7. Aktive Dosimeter

Im Vergleich zu den passiven Dosimetern hat der Einsatz der aktiven Dosimeter in dieser Studie den Vorteil, dass man sofort die Exposition nach Durchführung der Röntgenuntersuchung ablesen kann. Wird der Zeitpunkt der durchgeführten Röntgenaufnahmen notiert, ist man im Stand die erhobene Exposition einer bestimmten Röntgenaufnahme zuzuordnen, um genau zu wissen, welcher Exposition man ausgesetzt wurde. Diese Möglichkeit kann unter Umständen den gesetzlichen Grundnorm (RÖV, 2003) im Sinne der Pflicht bei den im Kontrollbereich anwesenden Personen die Dosis ermitteln zu müssen, entgegenkommen. Dies dürfte in der Praxis vor allem bei den Tierbetreuungspersonen eine Rolle spielen, da bei den beruflich strahlenexponierten Personen die Dosisermittlung durch die amtlichen Dosimeter (meistens Einsatz von Plakettenfilmdosimeter und/oder TLD) gesichert ist. Eine weitere Möglichkeit der Dosisermittlung bei den nicht-beruflich strahlenexponierten Personen (das heißt Tierbetreuungspersonen und Studenten, die gelegentlich an Röntgenuntersuchungen teilnehmen) ist durch den Einsatz von Stabdosimetern (Persönliche Mitteilung HARTUNG und EBERT, 2005) oder durch Festlegung der Ortsdosis durch einen Sachverständigen und Errechnung der Personendosis möglich (RÖV, 2003). Im Fall der Stabdosimeter ist die Anwendung in der Kleintierstrahlenkunde begrenzt (SEIFERT et al., 2006), da diese Dosimeter für Messungen im höheren Energiebereich geeignet sind, wie z.B. Stabdosimeter FH 39 UP ab 40 keV, FH 39 EP ab 45 keV und eine höhere untere Nachweisgrenze nachweisen – ab 50 μSv (THERMO-EBERLINE-ESM, 1991; PTB, Stand 10.7.2007), was bei den Verhältnissen in der Kleintierstrahlenkunde, vor allem bei Messungen der Streustrahlung unter der Bleischürze, nicht zu erwarten wäre. Im Fall der Festlegung der Ortsdosis wird keine Rücksicht auf die möglichen Abweichungen, die in der Praxis vorkommen könnten, genommen. Zu diesen gehören eine fehlerhafte Körper- und Handhaltung der Personen (unnötige Nähe zur Streustrahlenquelle) und vor allem ein Unfall (z.B. durch eine Leckstrahlung, Verstellung des Spiegelsystems des Lichtvisieres durch mechanische Erschütterung oder falsche Arretierung der Röntgenröhre zum Röntgentisch). Ein weiterer Vorteil der aktiven Dosimeter Comet2 und Dosimeter Mk2 liegt in der Einstellungsmöglichkeit eines Alarmes mit individuellen Dosisgrenzen (DOSILAB, ; THERMO-ELECTRON, 2003), um so die im Kontrollbereich anwesenden Personen vor einer exzessiven Strahlenbelastung durch kurze sehr hohe oder wiederholte aber doch erhöhte Strahlenbelastung zu bewahren und beim Auftreten solcher Zustände sofortige Maßnahmen (sofortiger Verbot der Teilnahme an Lagerung und Fixation der Tiere bei weiteren Röntgenuntersuchungen, Gesundheitsuntersuchung und Verlaufskontrollen, sofortiges Abschalten der Röntgenanlage mit folgender Kontrolle und gegebenenfalls Reparatur) treffen zu können.

Im Vergleich zu den in der Routinepraxis eingesetzten passiven Dosimetern ist beim Einsatz des Dosimeters Mk2 für die Röntgenstrahlung die untere Grenze des messbaren Energiebereichs niedriger – ab 16 keV (ab 25 keV beim Filmdosimeter Typ BE-Gs-GD 01). Ebenfalls ist beim Dosimeters Mk2 die Nachweisgrenze niedriger – ab 1 μ Sv, also 100 mal niedriger als beim Filmdosimeter Typ BE-Gs-GD 01 (PTB, Stand 10.7.2007).

Zu den weiteren Vorteilen der aktiven Dosimeter Comet2 gehört die relativ schnelle und einfache Zuordnung des Dosimeters zu einer bestimmten Person und ihr Wechseln durch den Identifikationsknopf (Kapitel 2.8.2.3.). Dieses Dosimeter kann dann problemlos bei mehreren Personen abwechselnd die Strahlenüberwachung leisten (DOSILAB).

Für einen größeren Betrieb, wie z.B. KTK der FU Berlin, ist das Dosimeter Mk2 aufgrund seiner größeren Speicherkapazität (über 340 Einträge) geeigneter als das Dosimeter Comet2 (ca. 50 Einträge) (DOSILAB, ; THERMO-ELECTRON, 2003).

Zu den Nachteilen und möglicherweise einer gegenwärtigen Verhinderung des Einsatzes der aktiven Dosimeter Mk2 sowie Comet2 in der Routinepraxis gehört vor allem die Energieabhängigkeit bzw. die beschränkte Dosisleistung. Diese Studie zeigte, dass es beim Einsatz dieser beiden aktiven Dosimeter zur Ermittlung der Exposition bei den Röntgenuntersuchungen von Kleintieren zu einer Überschreitung der Dosisleistung (nach der Bauartzulassung der Geräte 1 Sv/Std.) kommen kann. Dies betrifft den Einsatz der aktiven Dosimeter vor allem bei Röntgenuntersuchungen von Körperstamm der Hunde mit Körpergewicht über 30 kg Körpergewicht mit Hilfe von einem Hochleistungs-Röntgengerät (wie z.B. in der KTK der FU Berlin) und weiter vor allem beim Einsatz der Dosimeter an Messorten, wo man sehr nah an Streustrahlkörper ist, wie z.B. die Hände der anwesenden Personen (Kapitel 6.1.3.).

Bei Betrachtung der Tabelle über die Schutzwirkung bzw. über die Durchlässigkeit der Bleibekleidung der Firma Hänel, München, Deutschland (1997), erkennt man je nach Bleigleichgewichtsfaktor der Bleischutzbekleidung (meistens 0,5 mm Pb bei der Mantelschürze) und je nach dem kV-Wert (48 -130 kV in der KTK der FU Berlin) der Röntgenröhre bzw. der Energie der Strahlung eine Abnahme der Exposition unter der Bleischürze in Größenordnung um den Faktor von ca. 100 (0,01 % bis < 5,5 % für die Umstände in der Kleintiermedizin) (Tabelle a 4). Werden die aktiven Dosimeter für die Ermittlung der Personendosis (entsprechend der RöV 2003) unter der Bleibekleidung getragen, sollte die Dosisleistung bei Ermittlung der Exposition mit Hilfe von den aktiven Dosimetern MK2 nicht oder nur in sehr seltenen Fällen überschritten werden.

Auch die Größe und das Gewicht der aktiven Dosimeter machten den Einsatz im Halsbereich und an der Hand (hierbei vor allem beim Tragen der Handschuhe) fast unmöglich. Gewisse Einschränkungen der Verwendung der aktiven Dosimeter an bestimmten Körperstellen, vor allem an den Händen, verursacht die Winkelabhängigkeit des Dosimeters bzw. Strahleneinfallrichtung. Aus diesem Grund wurden die Dosimeter in der Studie bei Ermittlung der Exposition der Hand manuell kurz vor Auslösung der Röntgenaufnahme am Tisch in der Nähe der Hand positioniert. Durch die möglichst günstigste Richtung der Sensoren des Dosimeters zur Steustrahlenquelle wurde eine Minimalisierung der Winkelabhängigkeit des Gerätes erzielt. Wie bereits erwähnt, spielte die Winkelabhängigkeit bei den Untersuchungen eine wesentliche Rolle am Messort Schambereich. Ein Computer als zusätzliche Ausstattung, um die Dosimeter bedienen, ablesen und die erhobenen Expositionen speichern zu können, gehört zurzeit wahrscheinlich zur Standardausrüstung jeder Praxis. Letztendlich können die relativ hohen Anschaffungskosten der aktiven Dosimeter doch eine übliche Anwendung in den tierärztlichen Praxen vereiteln.

7. Zusammenfassung

Entwicklung einer Job-Exposure-Matrix für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition mit ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der Kleintierpraxis

Die Entdeckung der Röntgenstrahlung durch Wilhelm Conrad Röntgen führte in den folgenden Jahren zu einer zunehmenden Bedeutung und Nutzung des Röntgens für diagnostische und therapeutische Zwecke in der Human- und Veterinärmedizin. Die Anwendung der Röntgenstrahlung stellt für Menschen und alle lebenden Organismen eine mit möglichen Schäden behaftete Gefahr dar, welche sich dem Sinneseindruck entzieht. Da bei Röntgenuntersuchungen in der tierärztlichen Praxis die Patienten überwiegend durch Menschen gelagert und fixiert werden, wird der Schutz vor der Strahlenbelastung unter anderem durch geeignete Schutzkleidung und Handhabung der Dosimeter geleistet.

In Rahmen der Studie erfolgten Messungen der Exposition bei der Bestrahlung von Hundekadavern mit Hilfe von aktiven und passiven Dosimetern und Messungen mit Hilfe von aktiven Dosimetern bei den im Kontrollbereich anwesenden Personen während den routinemäßigen Röntgenuntersuchungen von Hunden, Katzen, Vögeln und Heimtieren an der Kleintierklinik der Freien Universität Berlin und in einer privaten Kleintierklinik. Die Dosimeter waren während des Einsatzes nicht durch Bleibekleidung bedeckt.

Während der Voruntersuchungen mittels der Kadaver mit Einsatz eines konventionellen Röntgengerätes erreichte die Exposition bis zu 50 μSv am Messort Stirn (Strahlengang Abdomen v/d) und bis zu 90 μSv an der Hand (Strahlengang Thorax d/v), jeweils durch die Thermolumineszenzdosimeter TLD XD 700 erhobene Expositionen. Dies bestätigt die allgemeinen Empfehlungen des Einsatzes von zusätzlichen Strahlenschutzmitteln wie Bleihandschuhen, Schilddrüsenschutz und Bleibrille.

Die Untersuchungen bei Hunden und Katzen ergaben beim Einsatz des konventionellen Röntgengerätes an der Kleintierklinik FU Berlin eine Exposition bis zu 15 μSv pro Aufnahme im Rumpfbereich der im Kontrollbereich anwesenden Personen und bis zu 25 μSv pro Aufnahme an der Hand, wobei es bei den Untersuchungen der schwereren Hunde zu zahlreichen Datenausschlüssen aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung ($> 1 \text{ Sv/Stunde}$) bei den aktiven Dosimetern Mk2 kam. Dies wurde hauptsächlich durch die sehr kurze Belichtungszeit verursacht. Im Vergleich dazu erreichte die Exposition bei Untersuchungen mit Hilfe von einem digitalen Röntgensystem bei den im Kontrollbereich anwesenden

Personen bis zu 10 μSv pro Aufnahme, sowohl im Rumpfbereich als auch an den Händen. Dabei kam es zu keinem Datenausschluß aufgrund der Dosisleistungsüberschreitung bei den aktiven Dosimetern Mk2.

Röntgenaufnahmen der Extremitäten und des Kopfes bei Hund und Katze ergaben niedrigere Expositionen der anwesenden Personen. In Einzelfällen handelte es sich um Expositionen von $\geq 5 \mu\text{Sv}$ pro Aufnahme, wobei dies bei den Röntgenuntersuchungen von Skapula und Schultergelenk vorkam.

Die Expositionen des Personals bei Röntgenuntersuchungen von Vögeln und Heimtieren waren in der Studie niedrig, meistens $\leq 1 \mu\text{Sv}$ pro Aufnahme im Rumpfbereich. An den Händen war die Exposition aufgrund der sehr nahen Position wegen der geringeren Größe der Tiere höher, in der Regel aber nicht über 5 μSv pro Aufnahme.

Eine Einschränkung des routinemäßigen Einsatzes der aktiven Dosimeter für die Überwachung der Strahlenbelastung der im Kontrollbereich anwesenden Personen in der Kleintierstrahlentherapie stellt die relativ niedrige Grenze der Dosisleistung der Röntgenstrahlung bei Anwendung der aktiven Dosimeter Mk2 und Comet dar. Dies kommt während der Untersuchungen großvolumiger Tiere mit Auftreten höherer Expositionen beim Einsatz von konventionellen Röntgengeräten und einer sehr kurzen Belichtungszeit (wie z.B. beim Einsatz des Hochleistungs-Röntgengerätes bei Untersuchung des Thorax) vor.

Bei den Untersuchungen kam es in keinem Fall zu einer Exposition einer ungeschützten Person, einer schwangeren Person oder einer Person unter 18 Jahren. Handschuhe, Schilddrüsenschutz und Bleibrille wurden jedoch relativ selten eingesetzt.

In beiden Betrieben wurde bei den Untersuchungen des Thorax, Abdomens und Beckens eine Ebene (66,6 und 89,2 %) vorgezogen und bei den Untersuchungen der Extremitäten wurden in der Kleintierklinik FU Berlin zwei Ebenen (63,9 %) vorgezogen.

Die Wiederholungsrate der Röntgenaufnahmen lag bei 5,3 % bzw. 8,1 %, wobei es in der KTP beim Einsatz des digitalen Röntgengerätes zu keiner Wiederholung aufgrund einer falschen Einstellung der Röntgenröhre kam. Im Vergleich zu Patienten bei vollem Bewusstsein wurde die Röntgenaufnahme bei narkotisierten Patienten häufig wegen unzureichender Bildqualität aufgrund einer falschen Lagerung wiederholt.

8. Summary

Development of Job-Exposure-Matrix for vets in estimating the exposure due to radiation exposure by diagnostic procedures with x-ray in the small animal practice

The discovery of the x-ray by Wilhelm Conrad Roentgen has lead in following years to the growth of the meaning and using of the x-ray for the diagnostic and therapeutic purposes in human and veterinary medicine. The application of the x-ray can be for both human and all life organisms, dangerous as we are unable to detect it through sensation. Obtained by the positioning and fixing of the animals, the problem of radiation exposure has been one hard to combat. Yet, protection of these persons from this exposure can be accomplished with the use of aprons, lead clothes and the dosimeter.

In this study the radiation exposure was measured with the aid of active and passive dosimeters, whilst x-rays of two dogs cadavers were being obtained. Also measured, was the exposure of the x-rays to the human during the obtaining of radiographs for the dogs, cats, birds and other pets at the Clinic for small animals, Free University Berlin, Germany and at one private practice in Germany. The single doses were obtained on the lead cloths.

The doses obtained by the bias of thermolumineszenzdosimeter during the exposure of the cadavers to the conventional x-ray reached up to 50 μSv on the forehead (projection abdomen v/d) and up to 90 μSv by the hand (projection thorax d/v). These findings support the general recommendations with the use of the necessary means of protection with lead aprons, lead thyroid collars, and lead gloves.

At the Clinic for small animals, Free University Berlin, the measurements of the radiation exposure by the Mk2 active dosimeter, obtained from the diagnostic radiographs of the dogs and cats, used conventional x-ray, resulting in the exposure of the person up to 15 μSv and 25 μSv per radiograph at the torso and by the hand respectively. However, there were a considerable number of excluded doses most of all by the heavier dogs based on the exceedance of the limit of the dose rate linearity ($> 1 \text{ Sv/hour}$). The reason of these excess' was mostly due to very short exposure time by this x-ray machine. Compared to these results, the exposure of the person measured within aim of the Mk2 dosimeter by obtaining of the diagnostic radiographs by use of a digital x-ray machine in one private practice reached up to 10 μSv on the torso as well as by the hands. By this machine, there was no exceedens of the limit of the dose rate linearity ($> 1 \text{ Sv/hour}$).

The measurements of the radiation exposure of the person by obtaining the diagnostic radiographs found the head and extremities of the dogs and cats resulted generally for both in low doses. Occasionally there was the exposure over five μSv per radiograph. These occurred by obtaining of radiograph of the scapula or shoulder.

The radiation exposure by diagnostic x-ray of the birds and exotic pets was generally lower. The torso of the person received exposure seldom over one μSv per radiograph. According to the very low distance from the origin of the scattered radiation by x-ray of these smaller animals, the exposure of the hands was higher, but normally didn't overrun five μSv per radiograph.

A limitation of the routinely use of the active dosimeter (dosimeter Mk2 und Comet) for the monitoring of radiation exposure on the person in the small animal veterinary practice, is the relatively low limit of the dose rate linearity of the radiation. This is especially by obtaining of the X-ray of bigger animals by the conventional X-ray machine and by very short exposure time (for instance by high power – X-ray machine by obtaining of Radiograph of the chest)

During the study, there was no exposure to persons without lead clothing, pregnant women, or any person under 18 year of age. The use of the lead gloves, the thyroid collar and lead glasses was noted rare.

In both organisations, there was preference to the obtaining of two perpendicular projections by examination of the thorax, abdomen and pelvis (66,6 and 89,2 %). In case of extremities, two perpendicular projections were preferred at the Clinic for small animals, Free University Berlin (63,9%).

The x-rays in 5,3 and 8,1 % were retaken. In the private practice though, where the digital x-ray was used, there was no repetition due to the wrong setting of the machine. By patients under anaesthesia, the x-rays were more frequently retaken in case of poor quality of the radiographs caused by inadequate recumbancy and motion of the animal.

9. Literaturverzeichnis

(2005)

Strahlenschutz in der Tierheilkunde, Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung (StrSchV) und zur Röntgenverordnung (RöV), in der Fassung des Rundschreibens der BMU vom 02.02.2005.
GMBl., 666,

ABRAHAMS, A.; HARRIS, S. J.; PAUL, I.; PAUL, G. W. (1956)

Radiological hazard due to exposure to low-energy radiation in veterinarians.
A.M.A. Archives of Industrial Health 14, 521-525

ANONYMUS (1994)

Strahlenschutz in den Tierarztpraxen.
Deutsches Tierärzteblatt 42, 669

BARR, F.; LATHAM, J. (1987)

Non-manual restraint of small animals for X-ray.
In Practice 9, 186-188

BLU (1980)

Strahlenunfälle bei älteren Röntgengeräten.
Deutsches Tierärzteblatt 28, 288

BUSCH, H. P. (1999)

Digitale Projektionsradiographie, Technische Grundlagen, Abbildungseigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten.
Der Radiologe 39, 710-724

DIN-6814 (1985)

Begriffe und Benennungen in der radiologischen Technik.
Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth GMBH 1988, Berlin, Köln,

DIXON, R. T. (1968)

Exposure doses of x-radiation incurred during veterinary diagnostic radiological examinations.
Australian Veterinary Journal 44, 299-303

DOSILAB ComDos APD Light User Manual.

Firma DOSILAB, vorm. COMET AG, Schweiz, Flamatt, 74

DOUGLAS, S. W. (1978)

X-ray equipment for veterinary practice.
The Veterinary Record 103, 88-90

DOUGLAS, S. W.; HERRTAGE, M. E.; WILLIAMSON, H. D. (1991)

Grundlage der Roentgenologie in der Veterinärmedizin.
Parey Verlag, Berlin, 2. Auflage, 206

EBERLEIN, R. (1896)

Ein Versuch mit Röntgenstrahlen.
Monatshefte für praktische Tierheilkunde 7, 337-346

EBERLEIN, R. (1905)

Stand und Ziele der Röntgenologie in der Tierheilkunde.
Verhandlungen der Deutschen Röntgengesellschaft, 70-73

FORSCHUNGSZENTRUM-KARLSRUHE (2005)

Die neuen Personen- und Ortsdosismessgrößen - Konzept und Auswirkungen.
Karlsruhe, Forschungszentrum Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit, Messtelle für
Festkörperdosimeter,
www.messstelle-karlsruhe.de/grundlagen/messgroesen.pdf.
15.10.2006

GABRISCH, K.; GRIMM, F.; ISENBÜGEL, E.; KOBLIK, P.; PAUL-MURPHY, J.; OSCHWALD, C. P.;
RÜBEL, G. A.; SCHILDGER, B. J.; WOLVEKAMP, P. (1991)
Atlas der Röntgendiagnostik bei Heimtieren: Kleinsäuger, Vögel, Reptilien und Amphibien.
Schluetersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 224

HÄNEL (1997)

MAVIG-Röntgenschutzkleidung.
Hänel GmbH, München, 1-2

HARTUNG, K. (1974)

Strahlenschutz bei der tierärztlichen Anwendung von Röntgenstrahlen.
Deutsches Tierärzblatt 22, 35-36

HARTUNG, K. (1984)

Röntgenaufnahmen oder Röntgendurchleuchtung
Eine Betrachtung nicht nur zum Strahlenschutz.
Tierärztliche Praxis 12, 281-288

HARTUNG, K. (1986)

Bemerkungen zur Anschaffung von Röntgengeräten.
Der praktische Tierarzt 67, 510-515

HARTUNG, K. (1992)

Zur Strahlenbelastung der Hände und Füße bei der Röntgenuntersuchung von Kleintieren.
Tierärztliche Praxis 20, 187-193

HARTUNG, K. (1993)

Zur Strahlenbelastung des Personals bei Röntgenuntersuchungen in der tierärztlichen
Praxis.
Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 106, 249

HARTUNG, K. (1995)

Röntgenstrahlen in der Veterinärmedizin.
In: F. H. W. HEUCK; MACHERAUCH E. (Hrsg.): Forschung mit Röntgenstrahlen: Bilanz eines
Jahrhunderts (1895-1995).
Springer, Berlin Heidelberg, 316-321

HARTUNG, K.; CLAUSS, W. (1967)

Ein Beitrag zum Strahlenschutz in der Kleintierpraxis.
Strahlenschutzmessungen.
Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 80, 405-408

Persönliche Mitteilung

HARTUNG, K.; EBERT, C. (2005)

Kurs für Tierärzte zur Aktualisierung der Fachkunde im Strahlenschutz gem. §18a Röntgenverordnung.

Berlin

HARTUNG, K.; MÜNZER, B. (1981)

Strahlenschutz in der Kleintierpraxis.

Tierärztliche Praxis 9, 511-516

HARTUNG, K.; MÜNZER, B. (1984)

Möglichkeiten der Reduzierung der Strahlenbelastung bei der Röntgenuntersuchung von Kleintieren.

Tierärztliche Praxis 12, 505-510

HENKELS, P. (1926)

Lehrbuch der veterinärmedizinischen Röntgenkunde. Für Tierärzte und Studierende der Veterinärmedizin.

Parey Verlag, Berlin,

HERRTAGE, M. E. (1978)

Radiographic technique.

The Veterinary Record 103, 90-92

HEYNE, J.-P.; MERBOLD, H.; SEHNER, J.; NEUMANN, R.; FREESMEYER, M.; JONETZ-MENTZEL, L.; KAISER, W. A. (1999)

Reduktion der Strahlendosis mittels Speicherfolienradiographie im Vergleich zum konventionellen Film-Folien-System mit Rasterkassette am Schädelphantom.

Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 171, 54-59

HOFMANN-PARISOT, M. (1993)

Veterinärrentgenologie in Deutschland, Schweiz und Österreich.

Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 106, 160-165

HOLBACH, A. (1998):

Untersuchung zur Röntgenologie in deutschen Tierarztpraxen.

Vet Med Dissertation, Freie Universität Berlin, 94

HORVAT, C. (1986)

Beitrag zur Qualitätskontrolle in der Veterinärrentgenologie: Der Einsatz von Röntgengeräten in veterinärmedizinischen Praxen, sowie Messungen zur Strahlenbelastung bei Aufnahmen.

Wiener Tierärztliche Monatsschrift 74, 150

[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GRAY](http://de.wikipedia.org/wiki/Gray) (2007).

30.10.2006.

JUNG, H. (1995)

Strahlenrisiko.

Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 162, 91-98

KALENDER, W. A. (2000)

Computed Tomography.

MCD Verlag, München, 14-15

- KAUFMANN, G. W.; MOSER, E.; SAUER, R. (2001)
Geschichte der Radiologie.
In: G. W. KAUFMANN; MOSER E.; SAUER R. (Hrsg.): Radiologie.
Urban und Fischer Verlag München, Jena, 2. Auflage, 1-5
- KODL, O.; HERIBANOVA, A.; URBAN, F. (2001)
Radiacni ochrana pri zubnich radiodiagnostickych vysetrenich.
Ceska stomatologicka komora, 2nd Edition, 68
- KOERT, A. (2004):
Dosimetrische Untersuchungen an dem digitalen Röntgendiagnostiksystem "Philips bucky Diagnost PCR AC-500"
Ein Beitrag zur Bewertung der Strahlenbelastung des Untersuchungspersonals bei der Untersuchung von Kleintieren.
Vet Med Dissertation, Universität Leipzig, 140
- KRIEGER, H. (2001)
Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz. Band 2, Strahlungsquellen, Detektoren und klinische Dosimetrie.
Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, 3. Auflage,
- LEE, R. (1978)
Radiation protection in veterinary practice.
The Veterinary Record 103, 97-100
- LPS (2006)
Technisches Datenblatt für das Fingerringdosimeter (B-Chips) (LPS-TLD-TD03).
Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung.
http://www.strahlenschutz-ausbildung.de/pdf/pdm/TD_Photonen-Chips.pdf, 20.11.2007.
- LUDEWIG, E. (2002)
Änderung der Röntgenverordnung
Erläuterung der neuen Bestimmungen zum Röntgen in der Tiermedizin.
Deutsches Tierärzblatt 50, 924-928
- MACHT, S. H.; LAWRENCE, P. S. (1955)
National survey of congenital malformations resulting from exposure to roentgen radiation.
American Journal of Roentgenology 73, 442-466
- MAHAFFEY, M. B.; LEWIS, R. E. (1979)
Radiation safety in veterinary medicine personal.
California Veterinarian 30, 9-13
- MOLE, R. H. (1961)
The biological basis for precautions in veterinary radiology.
The Veterinary Record 73, 1140-1143
- MORITZ, S. A.; HUESTON, W. D.; WILKINS, J. R. (1989)
Patterns of ionizing radiation exposure among women veterinarians.
Journal of the American Veterinary Medical Association 195, 737-739
- NIEHAUS, H. (2006):
Untersuchung zur Strahlenexposition von Tierbetreuungsperson und Haltpersonal bei der Radiographie von Hund und Katze.
Vet Med Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 156

- NIEHAUS, H.; LÜPKE, M.; MEYER-LINDENBERG, A.; SEIFERT, H. (2005)
 Pet owner radiation exposure during most common X-ray diagnostic examinations of dog and cat.
 Biomedizinische Technik 50, 670-671
- O'RIORDAN, M. C. (1968)
 Occupation exposure to X-rays in veterinary practices.
 The Veterinary Record 82, 22-23
- O'RIORDAN, M. C. (1970)
 Examination of a veterinary practice for radiation hazard.
 Journal of Small Animal Practice 11, 515-552
- PATTERSON, S. (1959)
 Radiation hazard to the practicing veterinarian.
 Journal of the American Veterinary Medical Association 135, 377-382
- PTB (Stand 10.7.2007)
 Liste der Bauartzulassungen von Strahlenschutzdosimetern für die Messgröße Photonen-Äquivalentdosis(leistung).
 Braunschweig und Berlin: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Fachbereich 6.3.
http://www.ptb.de/de/org/6/_index.htm, 20.11.2007.
- RENDANO, V. T.; WATROUS, B. J. (1980)
 Radiation safety.
 Modern Veterinary Practice 730-734
- ROTHE, W. (1977)
 Strahlenexposition von Haltepersonen bei der veterinärmedizinischen Röntgendiagnostik.
 Monatshefte für Veterinärmedizin 32, 107-109
- RÖV (2003). Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung RöV) vom 08.01.1987 in der Fassung und Bekanntmachung vom 30.04.2003, Bundesgesetzbl. T I 2003, 604
- SAUER, R. (2001)
 Strahlenpathologie.
 In: G. W. KAUFMANN; MOSER E.; SAUER R. (Hrsg.): Radiologie.
 Urban und Fischer Verlag München, Jena, 2. Auflage, 59-84
- SAUER, R. (2001)
 Strahlenphysik.
 In: G. W. KAUFMANN; MOSER E.; SAUER R. (Hrsg.): Radiologie.
 Urban und Fischer Verlag München, Jena, 2. Auflage, 7-30
- SCHMID, C. (2002):
 Ermittlung von Dosiswerten in der Diagnostischen Radiologie zur Festlegung von nationalen Referenzdosiswerten nach der Patientenrichtlinie der EU 97/43/EURATOM.
 Vet Med Dissertation, Ludwig Maximilian Universität München, 107
- SCHNELLE, G. B. (1968)
 The history of veterinary radiology.
 Veterinary Radiology & Ultrasound 9, 5-10

- SCHNITZLEIN, W. (1959)
 Ein Beitrag zum Strahlenschutz des Röntgenpersonals in der Veterinärmedizin unter besonderer Berücksichtigung der Kleintiere.
 Monatshefte für Veterinärmedizin 14, 15-18
- SEIFERT, H. S.; LÜPKE, M.; KRAMER, S.; GASSNER, A. (2006)
 Ist es notwendig, die Personendosis der Tier-Betreuungspersonen bei jeder Röntgenuntersuchung von Hund und Katze zu messen?
 Der praktische Tierarzt 87, 440-443
- SHIRANGI, A.; FRITSCHI, L.; HOLMAN, C. D. J. (2007)
 Prevalence of occupational exposures and protective practices in Australian female veterinarians.
 Australian Veterinary Journal 85, 32-38
- SHUHAIBER, S.; EINARSON, A.; RADDE, I. C.; SARKAR, M. (2002)
 A prospective-controlled study of pregnant veterinary staff exposed to inhaled anesthetics and X-Rays.
 International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 15, 363-373
- STEP, R.-G.-D. R. (2002)
 Technische Beschreibung und Bedienungsanleitung.
 Röntgen-Gamma-Dosimeter 27 091 RGD 91, Pockau, 26
- TEMPEL, K.; ZALLINGER, C. V. (1998)
 Bewertung der beruflichen Strahlenexposition in der tierärztlichen Röntgendiagnostik.
 Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 111, 281-284
- THERMO-EBERLINE-ESM (1991)
 Betriebsanleitung.
 Publisher, Erlangen, 19
- THERMO-ELECTRON (2003)
 A guide to using Easy EPD2.
 Thermo Electron (Erlangen) GmbH.
 20.11.2007.
- TRAINOR, D. C.; FOSKETT, W. E. (1960)
 Radiological hazards in veterinary practice.
 Australian Veterinary Journal 36, 8-13
- TRAVIER, N.; GRIDLEY, G.; BLAIR, A.; DOSEMECI, M.; BOFFETTA, P. (2003)
 Cancer incidence among male Swedish veterinarians and other workers of the veterinary industry: a record-linkage study.
 Cancer Causes & Control 587-593
- UNSCEAR (2000)
 Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly.
 The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly.
http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_1.html, 20.5.2007.
- UNWIN, D. D. (1970)
 Radiation protection in a veterinary practice.
 Journal of Small Animal Practice 11, 523-532

- VOLKMER, M. (2005)
Radioaktivität und Strahlenschutz.
Informationskreis Kernenergie, Köln, 87
- WAIBL, H.; MAYRHOFER, E.; MATIS, U.; BRUNNBERG, L.; KÖSTLIN, R. (2004)
Atlas der Röntgenanatomie der Katze.
Parey Verlag, Stuttgart, 117
- WAIBL, H.; MAYRHOFER, E.; MATIS, U.; BRUNNBERG, L.; KÖSTLIN, R. (2005)
Atlas der Röntgenanatomie des Hundes.
Parey Verlag, Stuttgart, 172
- WEAVER, M. P.; RUDOLF, H. (1994)
Techniken zum strahlenschutzgerechten Röntgen von Kleintieren.
Tierärztliche Praxis 22, 73-76
- WEISER, M. (1923)
Tierärztliche Röntgenkunde.
Enke Verlag, Stuttgart, 125
- WERNER, G.; GALIC, M. (2000)
Die medizinische Doktorarbeit.
Kohlhammer, Stuttgart, 129
- WIDMER, W. R.; CANTWELL, H. D.; SHAW, S. M.; VOGEL, K. M.; HURD, C. D.; HAN, C. M.; BLEVINS, W. E. (1989)
Radiation biology and radiation safety.
Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian 11, 1237-1246
- WILLIAMSON, H. D. (1978)
The new photography - A short history of veterinary diagnostic radiology.
The Veterinary Record 103, 84-87
- ZSCHUNKE, E.; ARNDT, D. (2001)
Tödliches Plattenepithelkarzinom der Haut infolge beruflicher Exposition gegen Röntgenstrahlen bei einem Tierarzt.
Arbeitsgemeinschaft für Berufs- und Umweltdermatologie 49, 273-276

10. Anhang

10.1. Allgemeines

Tabelle b 1: Auswertung der Gründe der Wiederholung der Röntgenaufnahmen

Wiederholung bzw. Grund der Wiederholung der Röntgenaufnahme	Ort			
	KTK der FU Berlin		KTP	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Keine Wiederholung	2 391	95	111	92,5
Falsche Einstellung des Röntgengerätes	18	0,7	0	0
Schlechte Lagerung	75	3,0	6	5,0
Unschärfe der Röntgenaufnahme	34	1,4	3	2,5
Wiederholte Aufnahmen gesamt	127	5	9	7,5
Röntgenaufnahmen gesamt	2 518	100	120	100

10.2. Tabellen - Auswertungen der Voruntersuchung

Erläuterung zu den Tabellen:

N/gültig	Anzahl der „gültigen“ Aufnahmen/Messungen
N/Ausg	Anzahl der ausgeschlossenen Expositionen aufgrund einer Dosisleistungsüberschreitung bei aktiven Dosimetern
UN	Unter der Nachweisgrenze des Dosimeters
3 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)	
3	Position der Person: 1) am Kopf 2) am Schwanz 3) am Kopf und Schwanz 4) bei der Extremität 5) fern vom Strahlungsbündel (hauptsächlich bei Tierbetreuungsperson)
MK2	Dosimetertyp – „EPD Mk2“, Firma Thermo Electron, Deutschland
Stirn	Messort - Stirn
Hp(10)	Ermittelte Dosis
(µSv)	Einheit der Dosis in Mikrosievert
HP Hals Hp(10) (µSv)	
HP	Hauptperson/ AP – andere Person
Hals	Messort Hals
Hp(10)	Ermittelte Dosis
(µSv)	Einheit der Dosis - Mikrosievert

Tabelle b 2: Exposition der Hauptperson bei Fixierung der Hunde (N = 2; 33 und 35 kg KGW) während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms bei den Voruntersuchungen. Messungen mit Dosimeter Mk2, Comet2, TLD und Ionisationskammer

	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	52		66,0	60,0	109,0
Röhrenstrom (mAs)	52		13,0	1,9	25,7
Belichtungsdauer (ms)	52		40,0	7,2	70,6
Kassettengröße (cm)	52		30x40 und 35x43		
Raster/Kassettentyp	52		+/N		
HP MK2 Stirn Hp(10) (µSv)		52			
HP Comet2 Stirn Hp(10) (µSv)	3	22	13,0	13,0	13,0
HP TLD Stirn Hp(10) (µSv)	52		12,7	3,6	49,3
HP MK2 Hals Hp(10) (µSv)	5	47	7,0	7,0	8,0
HP Comet2 Hals Hp(10) (µSv)	3	22	9,0	9,0	9,0
HP TLD Hals Hp(10) (µSv)	52		11,5	2,4	43,6
HP Ion. Kammer Hals H* (µSV)	2		28,6	22	35,23
HP MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	39	13	5,0	1,0	7,0
HP Comet2 Schambereich Hp(10) (µSv)	17	8	8,0	2,0	9,0
HP TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	52		5,5	UN	28,3
HP Ion. Kammer Schambereich H* (µSV)	7		16,9	6,4	29,1
HP MK2 Hand Hp(10) (µSv)	43	9	1	UN	4
HP Comet2 Hand Li Hp(10) (µSv)	20	5	1,0	UN	3,0
HP TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	52		3,3	UN	90,0
HP Ion. Kammer Hand Li H* (µSV)	1		0,8	0,8	0,8
HP MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	38	14	3,5	2,0	7,0
HP Comet2 Hand Re Hp(10) (µSv)	20	5	2,0	UN	8,0
HP TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	52		3,8	2,2	14,6
HP Ion. Kammer Hand Re H* (µSV)	3		5,7	4,4	6,1

Bei allen Projektionen wurde nur bei Position 3 gemessen und bei der Projektion Becken I/I zusätzlich bei Position 2.

Tabelle b 3: Exposition bei Fixierung der Hunde (N = 2; 33 und 35 kg KGW) während der Röntgenaufnahmen Thorax l/l und Thorax d/v bei den Voruntersuchungen. Messungen mit Dosimeter Mk2, Comet2, TLD und Ionisationskammer

	Thorax l/l					Thorax d/v				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	11		70,0	70,0	85,0	9		109,0	77,0	109,0
Röhrenstrom (mAs)	11		7,1	1,9	7,2	9		2,3	2,3	11,0
Belichtungsdauer (ms)	11		21,8	7,2	22,1	9		40,0	36,6	40,0
Kassettengröße (cm)	11		30x40			9		30x40		
Raster/Kassettyp	11		+/N			9		+/N		
3 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)		11					9			
3 Comet2 Stirn Hp(10) (µSv)		5					5			
3 TLD Stirn Hp(10) (µSv)	11		10,2	3,6	10,2	9		6,8	6,8	32,5
3 MK2 Hals Hp(10) (µSv)		11					9			
3 Comet2 Hals Hp(10) (µSv)		5					5			
3 TLD Hals Hp(10) (µSv)	11		9,7	2,4	9,7	9		5,6	5,6	27,9
3 MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		3,0	1,0	4,0	5	4	4,0	3,0	4,0
3 Comet2 Schambereich Hp(10) (µSv)	1	4	2,0	2,0	2,0	5		8,0	7,0	9,0
3 Ion. Kammer Schambereich H* (µSV)	1		16,9	16,9	16,9	2		14,8	11,5	18,2
3 TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	11		2,7	UN	2,7	9		2,8	2,8	15,0
3 MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	11		2,0	UN	3,0		9			
3 Comet2 Hand Li Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	2,0		5			
3 TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	11		3,8	UN	3,8	9		58,2	58,2	90,0
3 MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	6	5	2,0	2,0	2,0		9			
3 Comet2 Hand Re Hp(10) (µSv)	5		2,0	1,0	2,0		5			
3 TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	11		4,0	3,8	4,0	9		9,4	9,4	14,6

Tabelle b 4: Exposition bei Fixierung der Hunde (N = 2; 33 und 35 kg KGW) während der Röntgenaufnahmen Abdomen l/l und Abdomen v/d bei den Voruntersuchungen. Messungen mit Dosimeter Mk2, Comet2, TLD und Ionisationskammer

	Abdomen l/l					Abdomen v/d				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	11		63,0	63,0	63,0	8		70,0	66,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	11		13,9	13,0	13,9	8		8,4	8,4	25,7
Belichtungsdauer (ms)	11		41,1	38,0	41,1	8		26,0	26,0	70,6
Kassettengröße (cm)	11		35x43			8		30x40 und 35x43		
Raster/Kassettentyp	11		+/N			8		+/N		
3 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)		11					8			
3 Comet2 Stirn Hp(10) (µSv)		5					5			
3 TLD Stirn Hp(10) (µSv)	11		21,8	11,2	21,8	8		11,4	11,4	49,3
3 MK2 Hals Hp(10) (µSv)		11					8			
3 Comet2 Hals Hp(10) (µSv)		5					5			
3 TLD Hals Hp(10) (µSv)	11		26,6	11,4	26,6	8		11,6	11,6	43,6
3 Ion. Kammer Hals H* (µSV)						1		35,2	35,2	35,2
3 MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	5	6	6,0	5,0	7,0	5	3	5,0	4,0	5,0
3 Comet2 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		9,0	9,0	9,0	1	4	7,0	7,0	7,0
3 Ion. Kammer Schambereich H* (µSV)	1		21,9	14,7	29,1	1		20,1	20,1	20,1
3 TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	11		15,0	6,0	15,0	8		4,4	4,4	28,3
3 MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	11		1,0	1,0	2,0	8		1,0	1,0	2,0
3 Comet2 Hand Li Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	1,0	5		1,0	1,0	1,0
3 Ion. Kammer Hand Li H* (µSV)	1		0,8	0,8	0,8					
3 TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	11		2,4	UN	2,4	8		4,6	4,6	5,4
3 MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	11		4,0	4,0	5,0	8		3,0	2,0	7,0
3 Comet2 Hand Re Hp(10) (µSv)	5		8,0	7,0	8,0	5		2,0	2,0	3,0
3 Ion. Kammer Hand Re H* (µSV)						2		5,1	4,4	5,7
3 TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	11		4,5	2,8	4,5	8		2,2	2,2	8,0

Tabelle b 5: Exposition bei Fixierung der Hunde (N = 2; 33 und 35 kg KGW) während der Röntgenaufnahmen Becken I/I bei den Voruntersuchungen. Messungen mit Dosimeter MK2, Comet2, TLD und Ionisationskammer

	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	13		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	13		16,0	16,0	16,0
Belichtungsdauer (ms)	13		47,1	47,1	47,1
Kassettengröße (cm)	13		30x40		
Rasters/Kassettyp	13		+/N		
2 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)		5			
2 Comet2 Stirn Hp(10) (µSv)	3	2	13,0	13,0	13,0
2 TLD Stirn Hp(10) (µSv)	5		14,0	14,0	14,0
3 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)		8			
3 TLD Stirn Hp(10) (µSv)	8		19,1	19,1	19,1
2 MK2 Hals Hp(10) (µSv)	5		7,0	7,0	8,0
2 Comet2 Hals Hp(10) (µSv)	3	2	9,0	9,0	9,0
2 TLD Hals Hp(10) (µSv)	5		7,2	7,2	7,2
3 MK2 Hals Hp(10) (µSv)		8			
3 TLD Hals Hp(10) (µSv)	8		16,7	16,7	16,7
2 MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		5,0	5,0	6,0
2 Comet2 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		6,0	6,0	7,0
2 Ion. Kammer Schambereich H* (µSV)	1		6,4	6,4	6,4
2 TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	5		5,0	5,0	5,0
3 MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		6,0	3,0	7,0
3 TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	8		11,2	11,2	11,2
2 MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	5		4,0	3,0	4,0
2 Comet2 Hand Li Hp(10) (µSv)	5		2,0	2,0	3,0
2 TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	5		3,2	3,2	3,2
2 MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	8		1,0	1,0	2,0
3 TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	8		3,3	3,3	3,3
2 MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	5		4,0	4,0	5,0
2 Comet2 Hand Re Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0
2 TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	5		2,6	2,6	2,6
3 MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	8		3,0	2,0	3,0
3 Ion. Kammer Hand Re H* (µSV)	1		6,1	6,1	6,1
3 TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	8		3,6	3,6	3,6

Tabelle b 6: Exposition der Hauptperson bei Fixierung der Hunde (N = 1; 33 kg KGW) während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts bei den Voruntersuchungen. Messungen mit Dosimeter Mk2, TLD und Ionisationskammer

	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	50		48,0	46,0	52,0
Röhrenstrom (mAs)	50		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	50		10,3	9,0	10,6
Kassettengröße (cm)	50		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	50		-/N		
HP MK2 Stirn Hp(10) (µSv)	50		UN	UN	1,0
HP TLD Stirn Hp10	50		0,9	UN	1,4
HP MK2 Hals Hp10	50		UN	UN	1,0
HP TLD Hals Hp10	50		0,9	UN	0,9
HP MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	50		UN	UN	1,0
HP TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	50		UN	UN	UN
HP MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	50		UN	UN	1,0
HP TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	50		UN	UN	1,3
HP Ion. Kammer Hand Li H* (µSV)	1		0,4	0,4	0,4
HP MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	50		UN	UN	1,0
HP TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	50		UN	UN	1,9
HP Ion. Kammer Hand Re H* (µSV)	3		0,8	0,2	1,3

Bei allen Projektionen wurde bei Position 4 gemessen.

Tabelle b 7: Exposition bei Fixierung der Hunde (N = 1; 33 kg KGW) während der Röntgenaufnahmen Ellenbogen m/l und Ellenbogen cr/ca in der KTK der FU Berlin, bei den Voruntersuchungen, Messungen mit Dosimeter Mk2, TLD und Ionisationskammer

	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	25		46,0	46,0	52,0
Röhrenstrom (mAs)	25		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	25		10,6	9,0	10,6
Kassettengröße (cm)	25		18x24		
Raster/Kassettentyp	25		-/N		
4 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	1,0
4 TLD Stirn Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	1,4
4 MK2 Hals Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	UN
4 TLD Hals Hp(10) (µSv)	25		0,9	UN	0,9
4 MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	UN
4 TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	UN
4 MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	1,0
4 TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	UN
4 MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	1,0
4 TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	1,9
4 Ion. Kammer Hand Re H* (µSV)	2		0,5	0,2	0,8

Tabelle b 8: Exposition bei Fixierung der Hunde (N = 1; 33 kg KGW) während der Röntgenaufnahmen Karpus m/l bei den Voruntersuchungen, Messungen mit aktivem Dosimeter MK2, TLD und Ionisationskammer

	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	10		46,0	46,0	52,0
Röhrenstrom (mAs)	10		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	10		10,6	10,6	10,6
Kassettengröße (cm)	10		13x18		
Raster/Kassettyp	10		-/N		
4 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0
4 TLD Stirn Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 MK2 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 TLD Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0
4 TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 Ion. Kammer Hand Li H* (µSV)	1		0,4	0,4	0,4
4 MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN

Tabelle b 9: Exposition bei Fixierung der Hunde (N = 1; 33 kg KGW) während der Röntgenaufnahmen Femur m/l bei den Voruntersuchungen, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2, TLD und Ionisationskammer

	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Röhrenspannung (kV)	15		48,0	48,0	48,0
Röhrenstrom (mAs)	15		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	15		10,0	10,0	10,0
Kassettengröße (cm)	15		18x24		
Raster/Kassettentyp	15		-/N		
4 MK2 Stirn Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	1,0
4 TLD Stirn Hp(10) (µSv)	15		1,3	1,3	1,3
4 MK2 Hals Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	1,0
4 TLD Hals Hp(10) (µSv)	15		0,9	0,9	0,9
4 MK2 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	1,0
4 TLD Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN
4 MK2 Hand Li Hp(10) (µSv)	15		1,0	UN	1,0
4 TLD Hand Li Hp(10) (µSv)	15		1,3	1,3	1,3
4 MK2 Hand Re Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	1,0
4 TLD Hand Re Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN
4 Ion. Kammer Hand Re H* (µSV)	1		1,3	1,3	1,3

10.3. Tabellen - Auswertungen Hunde

Tabelle b 10: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Hunde während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 280) und in der KTP (N = 16), Gewichtsklasse bis 10 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	280		6,0	1,0	10,0	16		7,5	3,5	9,3
Röhrenspannung (kV)	280		60,0	42,0	77,0	16		62,0	56,0	66,0
Röhrenstrom (mAs)	280		6,9	1,4	29,2	16		12,0	10,0	16,0
Belichtungsdauer (ms)	280		22,4	4,4	118,0	16		50,0	35,0	60,0
Kassettengröße (cm)	280		13x18, 18x24, 30x40			16		18x24, 24x30, 30x40		
Raster/Kassettentyp	280		+/N			16,0		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	278	2	1,0	UN	9,0	16		1,0	UN	2,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	273	4	1,0	UN	12,0	16		1,0	UN	2,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	260	1	UN	UN	1,0	9		UN	UN	1,0
HP Hand Hp(10) (µSv)	147	21	3,0	UN	12,0	7		3,0	UN	6,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	201		UN	UN	4,0	11		UN	UN	1,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	201		UN	UN	3,0	11		UN	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10)	131		UN	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
AP Hand Hp(10) (µSv)	130	1	1,0	UN	8,0	5		1,0	UN	1,0

Tabelle b 11: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Hunde während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 374) und in der KTP (N = 22), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	374		22,0	10,2	30,0	22		19,7	10,6	28,0
Röhrenspannung (kV)	374		70,0	50,0	117,0	22		65,0	60,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	374		7,5	0,7	25,4	22		15,0	12,0	20,0
Belichtungsdauer (ms)	374		22,2	1,5	79,6	22		55,0	50,0	70,0
Kassettengröße (cm)	374		18x24, 30x40, 35x43			22		24x30, 30x40		
Raster/Kassettentyp	374		+N oder +G			22		+F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	251	123	3,0	UN	15,0	22		2,0	1,0	5,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	253	115	2,0	UN	11,0	22		2,0	UN	4,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	355	1	UN	UN	2,0	5		UN	UN	1,0
HP Hand Hp(10) (µSv)	148	63	3,0	UN	12,0	4		1,8	UN	5,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	327	9	1,0	UN	12,0	21		1,0	UN	5,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	327	6	UN	UN	12,0	21		1,0	UN	4,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	256		UN	UN	2,0	5		UN	UN	1,0
AP Hand Hp(10) (µSv)	183	11	1,0	UN	12,0	4		0,8	UN	1,0

Tabelle b 12: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Hunde während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 345) und in der KTP (N = 12), Gewichtsklasse über 30,1 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	345		38,0	31,0	85,0	12		32,8	30,6	50,0
Röhrenspannung (kV)	345		77,0	63,0	125,0	12		70,0	66,0	76,0
Röhrenstrom (mAs)	345		8,0	0,5	40,6	12		20,0	16,0	26,0
Belichtungsdauer (ms)	345		25,9	3,1	127,0	12		70,0	60,0	100,0
Kassettengröße (cm)	345		24x30 und 35x43			12		30x40 und 35x43		
Raster/Kassettentyp	345		+/N oder +/G			12		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	174	171	2,0	UN	15,0	12		3,5	1,0	9,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	206	129	1,0	UN	14,0	12		2,0	1,0	10,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	323		UN	UN	7,0	4		UN	UN	1,0
HP Hand Hp(10) (µSv)	121	64	3,0	UN	25,0	4		8,0	2,0	10,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	303	22	1,0	UN	12,0	12		1,0	UN	6,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	311	14	UN	UN	11,0	12		0,8	UN	5,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	233		UN	UN	4,0	4		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	158	18	1,0	UN	17,0	4		0,8	UN	2,0

Tabelle b 13: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Thorax I/I in der KTK der FU Berlin (N = 102) und in der KTP (N = 7), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	102		6,4	2,0	10,0	7		8,6	5,0	9,2
Röhrensannung (kV)	102		63,0	48,0	70,0	7		62,0	60,0	63,0
Röhrenstrom (mAs)	102		3,9	1,4	12,4	7		12,0	10,0	12,0
Belichtungsdauer (ms)	102		11,7	4,4	50,1	7		50,0	40,0	50,0
Kassettengröße (cm)	102		13x18, 18x24, 30x40			7		18x24, 24x30, 30x40		
Raster/Kassettentyp	102		+/N			7		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	1,0	5		2,0	UN	2,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	90		1,0	UN	3,0	2		2,0	2,0	2,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	62		UN	UN	1,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	1,0	5		1,0	1,0	2,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	2,0	5		UN	UN	1,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	89		1,0	UN	4,0	2		2,0	2,0	2,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	62		UN	UN	1,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN	2		0,8	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	84		UN	UN	1,0	2		0,8	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	45		UN	UN	1,0					
1 Hand Hp(10) (µSv)	9		2,0	1,0	5,0	2		4,5	3,0	6,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	9		1,0	UN	5,0	2		0,8	UN	1,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	36	11	2,0	1,0	6,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	33		UN	UN	3,0					

Tabelle b 14: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Thorax I/I in der KTK der FU Berlin (N = 121) und in der KTP (N = 7), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	121		21,5	10,5	30,0	7		18,2	10,6	28,0
Röhrenspannung (kV)	121		77,0	63,0	85,0	7		64,0	60,0	66,0
Röhrenstrom (mAs)	121		2,6	0,7	25,4	7		14,0	12,0	16,0
Belichtungsdauer (ms)	121		8,4	2,7	21,0	7		50,0	50,0	60,0
Kassettengröße (cm)	121		18x24, 30x40, 35x43			7		24x30 und 30x40		
Raster/Kassettentyp	121		+/N			7		7		
1 Hals Hp(10) (µSv)	16	6	1,0	UN	2,0	7		1,0	UN	5,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	20	2	UN	UN	5,0	7		1,0	UN	5,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	39	60	2,0	UN	4,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	87	1	UN	UN	2,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	18	4	UN	UN	1,0	7		1,0	UN	4,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	19	3	UN	UN	1,0	7		UN	UN	4,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	43	55	2,0	UN	5,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	86	1	UN	UN	2,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN	2		0,8	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	92		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	67		UN	UN	2,0					
1 Hand Hp(10) (µSv)	17	3	1,0	UN	2,0	1		UN	UN	UN
2 Hand Hp(10) (µSv)	18	2	0,8	UN	2,0	1		UN	UN	UN
3 Hand Hp(10) (µSv)	22	33	1,0	UN	4,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	50	1	1,0	UN	5,0					

Tabelle b 15: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Thorax I/I in der KTK der FU Berlin (N = 121) und in der KTP (N = 1), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	121		39,0	31,0	85,0	1		32,4	32,4	32,4
Röhrenspannung (kV)	121		85,0	81,0	125,0	1		66,0	66,0	66,0
Röhrenstrom (mAs)	121		2,0	0,5	5,2	1		16,0	16,0	16,0
Belichtungsdauer (ms)	121		7,9	3,1	19,1	1		60,0	60,0	60,0
Kassettengröße (cm)	121		30x40 und 35x43			1		30x40		
Raster/Kassetten typ	121		+/N			1		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	14	22	1,0	UN	3,0	1		6,0	6,0	6,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	33	3	UN	UN	1,0	1		9,0	9,0	9,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	9	76	2,0	UN	3,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	72	3	UN	UN	3,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	19	17	1,0	UN	5,0	1		1,0	1,0	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	33	3	UN	UN	2,0	1		10,0	10,0	10,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	25	56	2,0	UN	4,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	75		UN	UN	2,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	29		UN	UN	1,0					
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	28		UN	UN	1,0					
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	79		UN	UN	2,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	56		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	13	11	2,0	UN	3,0					
2 Hand Hp(10) (µSv)	21	3	1,0	UN	3,0					
3 Hand Hp(10) (µSv)	17	32	1,0	UN	4,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	41	2	1,0	UN	3,0					

Tabelle b 16: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Thorax d/v in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 36) und Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 44), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	36		7,5	2,5	10	44		20,0	12,2	30,0
Röhrenspannung (kV)	36		70	55	77	44		117,0	63,0	117,0
Röhrenstrom (mAs)	36		5	2	8,5	44		1,9	0,7	9,2
Belichtungsdauer (ms)	36		15	6	29,5	44		9,4	1,5	30,8
Kassettengröße (cm)	36		13x18, 18x24, 24x30			44		24x30, 30x40, 35x43		
Raster/Kassettentyp	36		+/N			44		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	3,0	14	5	1,0	UN	2,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	14	5	1,0	UN	4,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	31	2	1,0	UN	3,0	12	13	3,0	2,0	5,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	1,0	18	1	1,0	UN	2,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	2,0	15	4	UN	UN	2,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	4,0	13	6	1,0	UN	3,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	30	3	2,0	UN	3,0	8	16	2,0	1,0	4,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	2,0	19		UN	UN	4,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	18		UN	UN	1,0
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	15		UN	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	30	1	UN	UN	1,0	24	1	UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN	16		UN	UN	2,0
1 Hand Hp(10) (µSv)	2		2,0	2,0	2,0	4	11	1,5	UN	4,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	2		1,8	UN	3	2	12	3,5	1,0	6,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	8	9	3,5	2	5	4	13	2,0	1,0	4,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	12		1,5	UN	2	9	5	1,0	UN	6,0

Tabelle b 17: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Thorax d/v in der KTK der FU Berlin (N = 31), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	31		38,0	33,0	73,0
Röhrenspannung (kV)	31		117,0	117,0	125,0
Röhrenstrom (mAs)	31		2,3	1,2	5,1
Belichtungsdauer (ms)	31		12,9	6,6	27,2
Kassettengröße (cm)	31		30x40 und 35x43		
Raster/Kassettentyp	31		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	9	6	3,0	1,0	4,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	10	5	1,0	UN	2,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	2	14	5,0	3,0	7,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	12	1	1,0	UN	3,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	10	5	1,0	UN	2,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	9	6	1,0	UN	3,0
3 Brust Hp(10) (µSv)		14			
5 Brust Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	5,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	1,0
1 Hand Hp(10) (µSv)	2	9	4,5	4,0	5,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	2	8	3,0	2,0	4,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1	12	1,0	1,0	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	3	7	1,0	1,0	4,0

Tabelle b 18: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Abdomen I/I in der KTK der FU Berlin (N = 66) und in der KTP (N = 3), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	66		6,0	1,7	10,0	3		6,6	3,5	9,3
Röhrenspannung (kV)	66		60,0	46,0	66,0	3		62,0	60,0	66,0
Röhrenstrom (mAs)	66		9,1	2,4	29,2	3		12,0	10,0	16,0
Belichtungsdauer (ms)	66		28,8	7,7	118,0	3		50,0	35,0	60,0
Kassettengröße (cm)	66		18x24, 24x30, 30x40			3		24x30 und 20x40		
Raster/Kassettentyp	66		+/N			3		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	10		1,0	UN	4,0	2		UN	UN	UN
2 Hals Hp(10) (µSv)	10		1,0	UN	4,0	2		1,5	1,0	2,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	56		3,0	UN	9,0	1		1,0	1,0	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	39		UN	UN	2,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	3,0	2		UN	UN	UN
2 Brust Hp(10) (µSv)	10		1,0	UN	4,0	2		UN	UN	UN
3 Brust Hp(10) (µSv)	55	1	2,0	UN	12,0	1		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	39		UN	UN	3,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN					
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN					
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	53		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	21		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	8		4,0	UN	5,0					
2 Hand Hp(10) (µSv)	8		3,5	1,0	8,0					
3 Hand Hp(10) (µSv)	41		4,0	2,0	9,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	31		1,0	UN	5,0					

Tabelle b 19: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Abdomen l/l in der KTK der FU Berlin (N = 81) und in der KTP (N = 7), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	81		22,0	10,5	30,0	7		16,5	13,0	27,0
Röhrenspannung (kV)	81		66,0	60,0	85,0	7		64,0	63,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	81		10,7	3,1	23,9	7		14,0	13,0	18,0
Belichtungsdauer (ms)	81		31,9	12,0	79,6	7		50,0	50,0	70,0
Kassettengröße (cm)	81		18x24 und 35x43			7		24x30 und 30x40		
Raster/Kassettentyp	81		+/N			7		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	25		1,0	UN	10,0	6		1,5	UN	4,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	25		3,0	UN	10,0	6		2,0	1,0	4,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	32	24	6,0	2,0	15,0	1		2,0	2,0	2,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	49		1,0	UN	5,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	25		UN	UN	5,0	6		1,0	UN	4,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	23	2	2,0	UN	9,0	6		2,5	1,0	4,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	42	13	5,0	1,0	10,0	1		4,0	4,0	4,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	49		UN	UN	2,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	20		UN	UN	1,0	2		0,8	UN	1,0
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	21		UN	UN	1,0	2		0,8	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	52		UN	UN	2,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	38		UN	UN	1,0					
1 Hand Hp(10) (µSv)	20		4,0	UN	11,0	2		3,0	1,0	5,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	17	3	3,0	UN	10,0	2		2,0	1,0	3,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	25	2	3,0	2,0	9,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	24		1,0	UN	6,0					

Tabelle b 20: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Abdomen I/I in der KTK der FU Berlin (N = 74) und in der KTP (N = 8), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	74		40,5	31,0	85,0	8		32,8	32,0	50,0
Röhrenspannung (kV)	74		70,0	70,0	77,0	8		70,0	70,0	76,0
Röhrenstrom (mAs)	74		12,8	2,8	27,4	8		20,0	20,0	26,0
Belichtungsdauer (ms)	74		40,3	9,5	82,4	8		70,0	70,0	100,0
Kassettengröße (cm)	74		30x40 und 35x43			8		30x40 und 35x43		
Raster/Kassettentyp	74		+/N			8		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	42	1	1,0	UN	15,0	8		1,0	UN	6,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	35	8	3,0	UN	11,0	8		4,0	1,0	8,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	10	21	4,5	UN	8,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	26		1,0	UN	6,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	43		UN	UN	13,0	8		1,0	UN	5,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	35	8	2,0	UN	10,0	8		3,0	1,0	5,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	13	16	6,0	UN	13,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	26		UN	UN	4,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	35		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	37		UN	UN	2,0	1		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	28		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0					
1 Hand Hp(10) (µSv)	27	1	3,0	UN	13,0	1		2,0	2,0	2,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	27	1	2,0	UN	14,0	1		2,0	2,0	2,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	14	1	4,0	1,0	8,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	13		1,0	UN	17,0					

Tabelle b 21: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Abdomen v/d in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 24) und Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 26), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	24		6,0	2,2	10,0	26		21,5	10,2	30,0
Röhrenspannung (kV)	24		63,0	50,0	66,0	26		66,0	63,0	77,0
Röhrenstrom (mAs)	24		7,9	3,9	17,4	26		11,8	6,3	24,2
Belichtungsdauer (ms)	24		23,7	11,7	68,7	26		33,1	19,5	66,3
Kassettengröße (cm)	24		18x24, 24x30, 30x40			26		24x30, 30x40, 35x43		
Raster/Kassetten typ	24		+/N			26		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	8		1,0	UN	4,0	15		1,0	UN	6,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	8		1,0	1,0	2,0	15		2,0	1,0	4,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	16		3,5	1,0	6,0	8	3	5,5	2,0	12,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	2,0	10		1,0	UN	2,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	3,0	15		UN	UN	5,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	8		2,0	UN	4,0	15		1,0	UN	3,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	16		3,0	UN	4,0	8	2	8,0	1,0	11,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0	10		UN	UN	UN
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	13		UN	UN	1,0
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0	10		UN	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN	10		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	8		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	5	1	5,0	3,0	6,0	9	3	5,0	2,0	9,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	6		4,0	2,0	8,0	11	1	3,0	1,0	9,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	14	1	3,0	UN	8,0	5	2	5,0	1,0	6,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	11		1,0	UN	5,0	6		3,0	1,0	4,0

Tabelle b 22: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Abdomen v/d in der KTK der FU Berlin (N = 17), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	17		45,0	31,0	57,0
Röhrenspannung (kV)	17		73,0	73,0	81,0
Röhrenstrom (mAs)	17		12,8	5,3	40,6
Belichtungsdauer (ms)	17		41,1	18,4	127,0
Kassettengröße (cm)	17		30x40 und 35x43		
Raster/Kassettyp	17		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	14		1,0	UN	15,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	14		1,5	UN	15,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	4,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Brust Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	11,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	13	1	1,0	UN	9,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	10,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	8	3	8,5	4,0	11,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	11		2,0	1,0	25,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN

Tabelle b 23: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen
Übersicht I/II in der KTP (N = 3), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem
Dosimeter Mk2

	KTP				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	3		4,2	3,8	8,0
Röhrenspannung (kV)	3		60,0	60,0	64,0
Röhrenstrom (mAs)	3		10,0	10,0	14,0
Belichtungsdauer (ms)	3		40,0	35,0	50,0
Kassettengröße (cm)	3		18x24, 24x30, 30x40		
Raster/Kassettentyp	3		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
2 Hand Hp(10) (µSv)	1		3,0	3,0	3,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0

Tabelle b 24: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Becken I/I in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 12) und Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 13), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort: KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	12		5,5	1,0	10,0	13		20,0	11,0	30,0
Röhrenspannung (kV)	12		50,0	44,0	57,0	13		66,0	57,0	73,0
Röhrenstrom (mAs)	12		16,0	16,0	16,0	13		16,0	10,9	16,0
Belichtungsdauer (ms)	12		60,6	50,5	72,7	13		44,5	34,7	50,5
Kassettengröße (cm)	12		13x18, 18x24, 24x30			13		24x30, 30x40, 35x43		
Raster/Kassettentyp	12		+/N			13		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	1,0	9		2,0	UN	9,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	2,0	7	2	5,0	3,0	11,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	9		3,0	UN	7,0	4		5,5	4,0	9,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0	3		UN	UN	UN
1 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0	9		1,0	UN	3,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0	5	3	3,0	2,0	5,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	9		3,0	UN	7,0	4		3,5	3,0	4,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0	3		UN	UN	1,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	4		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	9		UN	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN	3		1,0	1,0	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	3		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	3		2,0	1,0	3,0	9		4,0	1,0	12,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	3		6,0	5,0	8,0	8	1	7,0	4,0	11,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1		10,0	10,0	10,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)										

Tabelle b 25: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Becken I/I in der KTK der FU Berlin (N = 16), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	16		38,0	31,0	77,0
Röhrenspannung (kV)	16		77,0	70,0	77,0
Röhrenstrom (mAs)	16		16,0	16,0	20,0
Belichtungsdauer (ms)	16		49,1	44,8	61,6
Kassettengröße (cm)	16		30x40 und 35x43		
Rasters/Kassettentyp	16		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	9		4,0	UN	13,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	8	1	5,5	UN	10,0
3 Hals Hp(10) (µSv)		7			
5 Hals Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	2,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	11,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	8	1	1,5	UN	10,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	5	2	7,0	1,0	12,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	2,0
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	2,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	2,0
1 Hand Hp(10) (µSv)	6		6,5	UN	12,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	5	1	5,0	5,0	12,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1		10,0	10,0	10,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN

Tabelle b 26: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Becken v/d in der KTK der FU Berlin (N = 26) und in der KTP (N = 2), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	26		7,0	1,0	10,0	2		7,2	7,2	7,2
Röhrenspannung (kV)	26		49,0	42,0	63,0	2		62,0	62,0	62,0
Röhrenstrom (mAs)	26		16,0	2,5	16,0	2		12,0	12,0	12,0
Belichtungsdauer (ms)	26		62,4	9,5	77,8	2		50,0	50,0	50,0
Kassettengröße (cm)	26		13x18,0, 24x30,0, 20x40,0			2		24x30		
Raster/Kassettentyp	26		+/N			2		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
2 Hals Hp(10) (µSv)	9		1,0	UN	2,0	2		1,0	1,0	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	17		2,0	UN	7,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	1,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
2 Brust Hp(10) (µSv)	8		1,0	UN	2,0	2		0,8	UN	1,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	17		2,0	UN	5,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	UN					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	7		2,0	1,0	3,0	2		1,0	1,0	1,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	7		6,0	4,0	9,0	2		4,5	4,0	5,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	3		6,0	1,0	8,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0					

Tabelle b 27: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Becken v/d in der KTK der FU Berlin (N = 42) und in der KTP (N = 6), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	42		23,0	11,0	30,0	6		21,7	19,4	27,0
Röhrenspannung (kV)	42		66,0	50,0	77,0	6		66,0	64,0	68,0
Röhrenstrom (mAs)	42		16,0	12,5	16,0	6		16,0	14,0	18,0
Belichtungsdauer (ms)	42		44,8	33,0	60,6	6		60,0	50,0	65,0
Kassettengröße (cm)	42		24x30 und 35x43			6		24x30 und 30x40		
Raster/Kassettentyp	42		+/N			6		6		
1 Hals Hp(10) (µSv)	33		UN	UN	4,0	6		0,8	UN	3,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	33		3,0	UN	9,0	6		2,5	1,0	3,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	8	1	5,5	1,0	10,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	33		UN	UN	5,0	6		0,8	UN	3,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	32		1,0	UN	11,0	6		2,0	1,0	3,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	8	1	2,0	UN	10,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	29		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	31		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	2,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	26		2,5	UN	10,0	1		UN	UN	UN
2 Hand Hp(10) (µSv)	9	17	8,0	2,0	11,0	1		UN	UN	UN
3 Hand Hp(10) (µSv)	4	2	10,5	2,0	12,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	6		1,0	1,0	3,0					

Tabelle b 28: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Becken v/d in der KTK der FU Berlin (N = 54) und in der KTP (N = 3), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	54		37,0	31,0	76,0	3		30,6	30,6	36,0
Röhrensprung (kV)	54		77,0	66,0	85,0	3		68,0	68,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	54		16,0	16,0	20,0	3		18,0	18,0	20,0
Belichtungsdauer (ms)	54		49,2	42,2	68,0	3		70,0	70,0	70,0
Kassettengröße (cm)	54		35x43			3		30x40		
Raster/Kassettyp	54		+/N			3		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	43		UN	UN	5,0	3		UN	UN	UN
2 Hals Hp(10) (µSv)	43		3,0	UN	10,0	3		2,0	2,0	3,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	4	7	4,0	UN	12,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	43		UN	UN	3,0	3		UN	UN	UN
2 Brust Hp(10) (µSv)	43		1,0	UN	7,0	3		1,0	1,0	2,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	8	2	10,5	UN	14,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	40		UN	UN	7,0	3		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	40		UN	UN	1,0	3		UN	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	17	3	4,0	UN	12,0	3		UN	UN	1,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	11	9	12,0	4,0	16,0	3		9,0	7,0	10,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1	7	6,0	6,0	6,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	7		2,0	UN	4,0					

Tabelle b 29: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Hals l/l und Hals v/d in der KTK der FU Berlin (N = 5), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	5		9,0	3,0	9
Röhrenspannung (kV)	5		57,0	50,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	5		8,0	3,8	9,9
Belichtungsdauer (ms)	5		27,9	11,9	33,4
Kassettengröße (cm)	5		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	5		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
2 Hals Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	3		2,0	1,0	2,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	1,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	2		1,5	1,0	2,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	1		3,0	3,0	3,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	2		3,5	3,0	4,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0

Tabelle b 30: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Hals I/II in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 8) und Gewichtsklasse über 30 kg (N = 8), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg					Gewichtsklasse über 30,1 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	8		24,0	12,0	30,0	8		43,0	32,0	48,0
Röhrenspannung (kV)	8		66,0	53,0	66,0	8		68,0	63,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	8		8,0	2,6	8,0	8		8,0	6,3	14,2
Belichtungsdauer (ms)	8		21,1	7,8	27,8	8		21,7	19,6	43,0
Kassettengröße (cm)	8		18x24 und 24x30			8		24x30 und 30x40		
Raster/Kassettentyp	8		+/N			8		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	2		2,0	1,0	3,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	2,0	2		1,3	UN	2,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	4	1	2,0	1,0	4,0	5	1	2,0	UN	4,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	2,0	6		3,5	1,0	5,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	2		0,8	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	3		2,0	1,0	2,0	2		3,0	1,0	5,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	5,0	4	1	5,0	1,0	9,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	6		2,0	UN	8,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	6		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		0,8	UN	1,0	4		0,8	UN	4,0
1 Hand Hp(10) (µSv)	2		5,0	5,0	5,0					
2 Hand Hp(10) (µSv)	2		4,5	4,0	5,0					
3 Hand Hp(10) (µSv)		1				2	3	6,5	4,0	9,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0	2	3	5,0	5,0	5,0

Tabelle b 31: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule l/l und v/d in der KTK der FU Berlin (N = 9) und KTP (N = 1), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	9		3,2	2,0	7,0	1		4,2	4,2	4,2
Röhrenspannung (kV)	9		50,0	44,0	55,0	1		56,0	56,0	56,0
Röhrenstrom (mAs)	9		16,0	16,0	16,0	1		10,0	10,0	10,0
Dauer der Belichtung (ms)	9		60,6	52,9	72,7	1		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	9		13x18 und 18x24			1		18x24		
Raster/Kassetten typ	9		+/N			1		+/F		
2 Hals Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0					
3 Hals Hp(10) (µSv)	8		2,0	UN	3,0	1		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	4		0,8	UN	1,0					
2 Brust Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0					
3 Brust Hp(10) (µSv)	8		1,0	1,0	3,0	1		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN					
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN					
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN					
2 Hand Hp(10) (µSv)	1		10,0	10,0	10,0					
3 Hand Hp(10) (µSv)	5		5,0	3,0	12,0	1		UN	UN	UN
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0					

Tabelle b 32: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule l/l und v/d in der KTK der FU Berlin (N = 39) und KTP (N = 2), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	39		25,0	11,0	30,0	2		24,7	21,4	28,0
Röhrenspannung (kV)	39		66,0	57,0	73,0	2		69,0	68,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	39		16,0	16,0	16,0	2		19,0	18,0	20,0
Dauer der Belichtung (ms)	39		44,8	42,2	50,5	2		70,0	70,0	70,0
Kassettengröße (cm)	39		18x24, 20x40, 30x40			2		30x40		
Raster/Kassettentyp	39		+/N			2		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	12,0	2		1,5	1,0	2,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	9		2,0	UN	12,0	2		3,5	2,0	5,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	22		8,5	3,0	12,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	19		1,0	UN	4,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	9	0	UN	UN	12,0	2		1,3	UN	2,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	8	1	1,0	UN	8,0	2		3,0	2,0	4,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	20	10	7,0	3,0	11,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	4,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0					
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN					
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	30		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	1,0					
1 Hand Hp(10) (µSv)	7	1	3,0	UN	8,0					
2 Hand Hp(10) (µSv)	8		2,5	UN	7,0					
3 Hand Hp(10) (µSv)	16	2	2,0	1,0	9,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	8		1,0	UN	6,0					

Tabelle b 33: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Wirbelsäule l/l und v/d in der KTK der FU Berlin (N = 24), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	24		34,0	31,0	50,0
Röhrenspannung (kV)	24		73,0	66,0	77,0
Röhrenstrom (mAs)	24		16,0	16,0	16,0
Dauer der Belichtung (ms)	24		46,7	42,2	49,2
Kassettengröße (cm)	24		20x40		
Raster/Kassettentyp	24		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	10		2,0	UN	7,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	6	4	3,0	1,0	8,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	1	13	6,0	6,0	6,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	14		1,0	UN	3,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	10		0,8	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	6	4	2,0	UN	7,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	7	7	11,0	7,0	12,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	1,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0
1 Hand Hp(10) (µSv)	5	1	2,0	1,0	11,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	6		3,5	1,0	5,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	10	1	4,5	1,0	12,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	9,0

Tabelle b 34: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Hunde bis 10 kg während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 92) und in der KTP (N = 3), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	92		7,5	2,2	10,0	3		7,6	6,0	7,6
Röhrenspannung (kV)	92		46,0	40,0	70,0	3		56,0	50,0	56,0
Röhrenstrom (mAs)	92		2,5	2,5	16,0	3		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	92		10,6	9,5	64,2	3		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	92		13x18 und 24x30			3		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	92		-N oder +N			3		+F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	92		UN	UN	2,0	3		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	92		UN	UN	3,0	3		UN	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	84		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	54		UN	UN	6,0	1		2,0	2,0	2,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	60		UN	UN	2,0	3		UN	UN	UN
AP Brust Hp(10) (µSv)	55		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	45		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	30		UN	UN	1,0	1		1,0	1,0	1,0

Tabelle b 35: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Hunde mit Gewicht von 10,1 bis 30 kg während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 231) und in der KTP (N = 5), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	231		23,0	10,5	30,0	5		14,0	10,4	24,0
Röhrenspannung (kV)	231		48,0	40,0	84,0	5		60,0	54,0	65,0
Röhrenstrom (mAs)	231		2,5	2,5	8,0	5		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	231		10,0	7,4	30,3	5		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	231		13x18, 18x24, 20x40			5		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	231		-/N oder +/G			5		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	230		UN	UN	4,0	5		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	230		UN	UN	5,0	5		UN	UN	UN
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	227		UN	UN	1,0	3		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	153		1,0	UN	7,0	3		5,0	1,0	5,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	174		UN	UN	2,0	4		UN	UN	1,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	168		UN	UN	2,0	4		UN	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	145		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	121		UN	UN	6,0	2		0,8	UN	1,0

Tabelle b 36: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Hunde während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 190) und in der KTP (N = 16), Gewichtsklasse über 30,1 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	190		38,0	31,0	76,0	16		36,7	30,6	43,0
Röhrenspannung (kV)	190		50,0	40,0	70,0	16		60,0	58,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	190		2,5	2,5	22,5	16		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	190		9,5	6,6	66,2	16		40,0	35,0	40,0
Kassettengröße (cm)	190		13x18, 18x24, 35x43			16		13x18, 18x24, 24x30		
Raster/Kassettyp	190		-/N oder +/G			16		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	189	1	UN	UN	7,0	16		1,0	UN	2,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	183		UN	UN	4,0	16		1,0	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	186		UN	UN	1,0	11		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	114	8	1,0	UN	6,0	10		3,0	2,0	6,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	144		UN	UN	2	15		UN	UN	2,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	144		UN	UN	2	15		UN	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	114		UN	UN	1,0	10		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	85	3	UN	UN	6,0	7		UN	UN	1,0

Tabelle b 37: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Schädel l/l und Schädel d/v in der KTK der FU Berlin (N = 5) und in der KTP (N = 2), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	5		8,0	8,0	8,0	2		7,6	7,6	7,6
Röhrenspannung (kV)	5		60,0	57,0	60,0	2		56,0	56,0	56,0
Röhrenstrom (mAs)	5		8,0	8,0	8,0	2		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	5		23,5	23,5	25,2	2		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	5		18x24			2		18x24		
Raster/Kassettentyp	5		-N			2		+F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	2,0	2		0,8	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	2		1,3	UN	2,0					
4 Brust Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	1,0	2		0,8	UN	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN					

Tabelle b 38: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Schädel l/l und Schädel d/v in der KTK der FU Berlin (N = 22) und in der KTP (N = 3), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	22		23,0	11,0	28,0	3		10,4	10,4	19,0
Röhrenspannung (kV)	22		64,5	52,0	70,0	3		65,0	54,0	65,0
Röhrenstrom (mAs)	22		8,0	8,0	8,0	3		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	22		22,3	21,1	28,6	3		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	22		13x18, 18x24, 24x30			3		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	22		+/N oder +/N			3		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	22		1,0	UN	2,0	3		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	10		0,8	UN	2,0	2		0,8	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	22		1,0	UN	3,0	3		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	2,0	2		0,8	UN	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	1,0	3		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	9	2	3,0	UN	6,0	3		5,0	1,0	5,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	7		4,0	UN	6,0	2		0,8	UN	1,0

Tabelle b 39: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Schädel l/l und Schädel d/v in der KTK der FU Berlin (N = 4), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	4		38,0	38,0	38,0
Röhrenspannung (kV)	4		55,0	50,0	55,0
Röhrenstrom (mAs)	4		8,0	8,0	8,0
Belichtungsdauer (ms)	4		26,4	26,4	30,3
Kassettengröße (cm)	4		13x18		
Raster/Kassettentyp	4		+/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	4		0,8	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	4		4,0	2,0	5,0

Tabelle b 40: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Oberkiefer und Unterkiefer I/I und d/v in der KTK der FU Berlin Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 5), und in der KTP Gewichtsklasse über 30 kg (N = 1) Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin					KTP				
	Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg					Gewichtsklasse über 30,1 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	5		16,5	16,0	25,0	1		30,6	30,6	30,6
Röhrenspannung (kV)	5		46,0	44,0	57,0	1		58,0	58,0	58,0
Röhrenstrom (mAs)	5		2,5	2,5	8,0	1		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	5		11,3	10,6	25,2	1		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	5		13x18 und 18x24			1		13x18		
Rasters/Kassettentyp	5		-/N oder+/N			1		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0	1		1,0	1,0	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN					
4 Brust Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN					
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN					
4 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN	1		2,0	2,0	2,0
4 Hand Hp07	1		UN	UN	UN	1		2,0	2,0	2,0

Tabelle b 41: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Rute l/l und v/d in der KTK der FU Berlin (N = 5), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	5		9,0	4,0	9,0
Röhrenspannung (kV)	5		42,0	40,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	5		2,5	2,5	16,0
Belichtungsdauer (ms)	5		13,0	12,1	60,6
Kassettengröße (cm)	5		13x18 und 24x30		
Raster/Kassettentyp	5		-/N oder+/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	2,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	3,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	6,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0

Tabelle b 42: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen: Extremitäten-Übersicht m/l und v/d in der KTK der FU Berlin (N = 4), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	4		3,6	3,2	4,0
Röhrenspannung (kV)	4		43,0	42,0	46,0
Röhrenstrom (mAs)	4		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	4		11,7	10,6	12,1
Kassettengröße (cm)	4		13x18 und 24x30		
Raster/Kassettentyp	4		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN

Tabelle b 43: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen der Skapula m/l in der KTK der FU Berlin (N = 1), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	1		31,0	31,0	31,0
Röhrenspannung (kV)	1		70,0	70,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	1		22,5	22,5	22,5
Dauer der Belichtung (ms)	1		66,2	66,2	66,2
Kassettengröße (cm)	1		35x43		
Raster/Kassettentyp	1		+/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	1		7,0	7,0	7,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
4 Hand Hp(10) (µSv)		1			
5 Hand Hp(10) (µSv)		1			

Tabelle b 44: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Schultergelenk m/l in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 2) und Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 14), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	2		8,1	6,6	9,5	14		27,0	16,0	30,0
Röhrenspannung (kV)	2		55,0	55,0	55,0	14		57,0	50,0	63,0
Röhrenstrom (mAs)	2		8,0	8,0	8,0	14		8,0	8,0	8,0
Belichtungsdauer (ms)	2		26,4	26,4	26,4	14		25,2	22,2	30,3
Kassettengröße (cm)	2		13x18			14		18x24 und 20x40		
Raster/Kassettyp	2		+/N			14		+/N oder-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0	14		0,8	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	10		1,0	UN	2,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	14		UN	UN	5,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	10		UN	UN	2,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	14		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN	10		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0	8		3,5	1,0	7,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0	5		1,0	UN	5,0

Tabelle b 45: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Schultergelenk m/l in der KTK der FU Berlin (N = 24), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	24		35,0	31,0	45,0
Röhrenspannung (kV)	24		60,0	57,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	24		8,0	8,0	8,0
Belichtungsdauer (ms)	24		23,5	21,1	25,2
Kassettengröße (cm)	24		18x24		
Raster/Kassettentyp	24		+/N oder -/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	24		1,0	UN	3,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	2,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	19		1,0	UN	3,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	24		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	13	3	4,0	2,0	6,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	12	1	2,5	UN	6,0

Tabelle b 46: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Humerus m/l und Humerus cr/ca in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 4) und 10 bis 30 kg (N = 4), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	4		4,3	2,5	6,0	4		23,5	15,0	24,0
Röhrenspannung (kV)	4		45,0	44,0	48,0	4		56,0	55,0	66,0
Röhrenstrom (mAs)	4		2,5	2,5	2,5	4		8,0	8,0	8,0
Belichtungsdauer (ms)	4		11,0	10,0	11,3	4		25,8	21,1	26,4
Kassettengröße (cm)	4		13x18			4		24x30,		
Rasters/Kassettentyp	4		-/N			4		+/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	1,0	4		3,0	UN	4,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	2		1,5	1,0	2,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	1,0	4		3,5	3,0	4,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	2		1,0	1,0	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	3		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN					
4 Hand Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0	2		5,0	5,0	5,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	2		3,5	3,0	4,0

Tabelle b 47: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Humerus m/l und Humerus cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 3) und an der KTP (N = 1), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	3		36,0	31,0	48,0	1		43,0	43,0	43,0
Röhrenspannung (kV)	3		57,0	57,0	66,0	1		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	3		8,0	8,0	8,0	1		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	3		25,2	21,1	25,2	1		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	3		20x40			1		24x30		
Raster/Kassettentyp	3		+/G oder+/N			1		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	3		3,0	UN	4,0	1		2,0	2,0	2,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0	1		2,0	2,0	2,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	1,0	1		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN	1		1,0	1,0	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN					
4 Hand Hp(10) (µSv)	1	1	3,0	3,0	3,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0					

Tabelle b 48: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Ellenbogen m/l und Ellenbogen cr/ca in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 4) und Gewichtsklasse 10 bis 30 kg (N = 54), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	4		9,0	8,5	9,5	54		26,5	15,0	30,0
Röhrenspannung (kV)	4		46,0	46,0	48,0	54		49,0	46,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	4		2,5	2,5	2,5	54		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	4		10,6	10,0	10,6	54		9,8	7,4	10,6
Kassettengröße (cm)	4		13x18			54		13x18 und 24x30		
Raster/Kassettyp	4		-/N			54		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	54		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	52		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	1,0	54		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	48		UN	UN	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	54		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)						48		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	1,0	36		1,0	UN	2,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	36		UN	UN	1,0

Tabelle b 49: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Ellenbogen m/l und Ellenbogen cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 49) und in der KTP (N = 5), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	49		40,0	33,0	45,0	5		30,6	30,6	36,4
Röhrenspannung (kV)	49		52,0	46,0	60,0	5		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	49		2,5	2,5	2,5	5		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	49		9,0	7,4	42,6	5		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	49		13x18 und 24x30			5		18x24		
Raster/Kassettentyp	49		-/N			5,0		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	48	1	UN	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	35		UN	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	47		UN	UN	1,0	5		1,0	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	35		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	47		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	24		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	31		1,0	UN	2,0	4		2,5	2,0	4,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	2,0	2		0,8	UN	1,0

Tabelle b 50: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Unterarm m/l und Unterarm cr/ca in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 19) und Gewichtsklasse 10 bis 30 kg (N = 44), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	19		7,5	3,0	8,5	44		22,0	11,0	30,0
Röhrenspannung (kV)	19		46,0	42,0	48,0	44		48,0	46,0	55,0
Röhrenstrom (mAs)	19		2,5	2,5	2,5	44		2,5	2,5	3,2
Belichtungsdauer (ms)	19		10,6	10,0	12,1	44		10,0	8,3	13,6
Kassettengröße (cm)	19		13x18 und 18x24			44		13x18, 18x24, 20x40		
Raster/Kassettyp	19		-N			44		-N oder +N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	UN	43	1	UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	UN	27		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	UN	43	1	UN	UN	2,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	UN	27		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	UN	44		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	UN	22		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	1,0	34	1	UN	UN	2,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0	18		UN	UN	1,0

Tabelle b 51: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Unterarm m/l und Unterarm cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 10) und in der KTP (N = 1), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	10		42,0	33,0	43,0	1		40,0	40,0	40,0
Röhrenspannung (kV)	10		50,0	48,0	55,0	1		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	10		2,5	2,5	2,5	1		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	10		9,5	8,3	10,0	1		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	10		18x24 und 20x40			1		24x30		
Raster/Kassettentyp	10		-N oder+/N			1		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0	1		1,0	1,0	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0	1		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0	1		6,0	6,0	6,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN

Tabelle b 52: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Karpus m/l und Karpus do/pa in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 5) und Gewichtsklasse 10 bis 30 kg (N = 26), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	5		7,0	7,0	7,0	26		20,0	15,0	27,0
Röhrenspannung (kV)	5		46,0	46,0	46,0	26		46,0	46,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	5		2,5	2,5	2,5	26		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	5		10,6	10,6	10,6	26		10,6	9,5	10,6
Kassettengröße (cm)	5		13x18			26		13x18 und 24x30		
Raster/Kassettyp	5		-/N			26		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN	26		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN	19		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN	26		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN	19		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN	26		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN	15		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)						16		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)						11		UN	UN	UN

Tabelle b 53: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Karpus m/l und Karpus do/pa in der KTK der FU Berlin (N = 9), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	9		42,0	33,0	43,0
Röhrenspannung (kV)	9		48,0	48,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	9		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	9		10,0	9,5	10,0
Kassettengröße (cm)	9		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	9		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN

Tabelle b 54: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Pfote m/l und Pfote do/pa bzw. do/pl in der KTK der FU Berlin (N = 3), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	3		3,2	3,2	7,5
Röhrenspannung (kV)	3		44,0	42,0	44,0
Röhrenstrom (mAs)	3		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	3		11,3	11,3	12,1
Kassettengröße (cm)	3		13x18		
Raster/Kassettentyp	3		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN

Tabelle b 55: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Pfote m/l und Pfote do/pa in der KTK der FU Berlin (N = 15) und in der KTP (N = 1), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	15		23,0	12,5	30,0	1		24,0	24,0	24,0
Röhrenspannung (kV)	15		46,0	42,0	84,0	1		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	15		2,5	2,5	2,5	1		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	15		10,6	10,0	12,1	1		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	15		13x18 und 18x24			1		18x24		
Raster/Kassettentyp	15		-/N			1		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	UN					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN					
4 Hand Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0					

Tabelle b 56: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Pfote m/l und Pfote do/pa in der KTK der FU Berlin (N = 15), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	15		43,0	32,0	50,0
Röhrenspannung (kV)	15		48,0	42,0	52,0
Röhrenstrom (mAs)	15		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	15		10,0	9,0	12,1
Kassettengröße (cm)	15		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	15		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0

Tabelle b 57: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Femur m/l in der KTK der FU Berlin (N = 4), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	4		9,5	9,0	10,0
Röhrenspannung (kV)	4		47,0	46,0	48,0
Röhrenstrom (mAs)	4		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	4		10,3	10,0	10,6
Kassettengröße (cm)	4		18x24		
Raster/Kassettentyp	4		+/N oder +/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	4		1,0	UN	2,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN

Tabelle b 58: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Femur m/l in der KTK der FU Berlin (N = 12) und in der KTP (N = 1), Gewichtsklasse 10 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	12		20,5	12,0	24,0	1		14,0	14,0	14,0
Röhrenspannung (kV)	12		57,0	46,0	60,0	1		54,0	54,0	54,0
Röhrenstrom (mAs)	12		8,0	2,5	8,0	1		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	12		25,2	10,6	26,4	1		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	12		13x18 und 20x40			1		18x24		
Raster/Kassettyp	12		+/G oder-/N			1		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	12		2,0	UN	3,0	1		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	2,0	1		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	12		1,0	UN	2,0	1		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN					
4 Hand Hp(10) (µSv)	7		5,0	3,0	6,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	5		2,0	1,0	4,0					

Tabelle b 59: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Femur m/l in der KTK der FU Berlin (N = 6), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	6		35,0	32,0	60,0
Röhrenspannung (kV)	6		63,0	60,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	6		8,0	8,0	8,0
Belichtungsdauer (ms)	6		22,2	21,1	23,5
Kassettengröße (cm)	6		20x40		
Raster/Kassettentyp	6		+/G oder+/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	6		2,5	UN	5,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	6		0,8	UN	4,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	2	1	3,5	2,0	5,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	3		2,0	1,0	3,0

Tabelle b 60: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Knie m/l und Knie cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 17) und in der KTP (N = 1), Gewichtsklasse bis 10 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	17		7,0	2,2	9,0	1		6,0	6,0	6,0
Röhrenspannung (kV)	17		46,0	40,0	70,0	1		50,0	50,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	17		2,5	2,5	16,0	1		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	17		10,6	10,0	64,2	1		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	17		13x18 und 18x24			1		13x18		
Raster/Kassettentyp	17		-/N oder+/N			1		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0	1		2,0	2,0	2,0
5 Hand Hp(10) (µSv)						1		1,0	1,0	1,0

Tabelle b 61: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Knie m/l und Knie cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 23), Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	23		24,0	10,5	30,0
Röhrenspannung (kV)	23		48,0	40,0	55,0
Röhrenstrom (mAs)	23		2,5	2,5	3,2
Belichtungsdauer (ms)	23		10,0	8,3	12,8
Kassettengröße (cm)	23		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	23		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	1,0
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	20		1,0	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	18		UN	UN	1,0

Tabelle b 62: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Knie m/l und Knie cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 35) und in der KTP (N = 3), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	35		37,5	34,0	76,0	3		36,0	36,0	37,0
Röhrenspannung (kV)	35		50,0	48,0	66,0	3		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	35		2,5	2,5	2,5	3		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	35		9,5	6,6	10,0	3		40,0	35,0	40,0
Kassettengröße (cm)	35		18x24 und 20x40			3		18x24		
Raster/Kassettentyp	35		-/N oder+/N			3		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	35		UN	UN	1,0	3		1,0	1,0	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	34		UN	UN	1,0	3		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	35		UN	UN	1,0	3		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	34		UN	UN	UN	3		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	33		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	28		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	19	1	1,0	UN	1,0	2		3,0	2,0	4,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	18	1	UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN

Tabelle b 63: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Tibia m/l und Tibia cr/ca in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 14) und Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 6), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	14		7,5	5,0	10,0	6		23,0	22,0	30,0
Röhrenspannung (kV)	14		47,0	44,0	50,0	6		53,5	48,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	14		2,5	2,5	2,5	6		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	14		10,3	9,5	11,3	6		8,6	7,4	10,0
Kassettengröße (cm)	14		13x18 und 18x24			6		24x30 und 20x40		
Raster/Kassettentyp	14		-/N			6		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	1,0	6		0,8	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	6		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	1,0	6		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	6		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	UN	6		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	6		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	1,0	6		1,0	1,0	2,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	6		UN	UN	1,0

Tabelle b 64: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Tibia m/l und Tibia cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 13) und in der KTP (N = 2), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	13		31,0	31,0	40,0	2		40,0	40,0	40,0
Röhrenspannung (kV)	13		55,0	50,0	57,0	2		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	13		2,5	2,5	2,5	2		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	13		8,3	7,9	9,5	2		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	13		18x24 und 24x30			2		24x30		
Raster/Kassettentyp	13		-/N			2		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0	2		1,0	1,0	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	2		0,8	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0	2		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	12		1,0	UN	2,0	2		3,5	3,0	4,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN	2		0,8	UN	1,0

Tabelle b 65: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Tarsus m/l und Tarsus do/pl in der KTK der FU Berlin, Gewichtsklasse bis 10 kg (N = 6) und Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg (N = 5), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin									
	Gewichtsklasse bis 10 kg					Gewichtsklasse von 10,1 bis 30 kg				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	6		8,5	8,5	10,0	5		26,0	24,0	26,0
Röhrenspannung (kV)	6		46,0	44,0	46,0	5		48,0	46,0	48,0
Röhrenstrom (mAs)	6		2,5	2,5	2,5	5		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	6		10,6	10,6	11,3	5		10,0	10,0	10,6
Kassettengröße (cm)	6		13x18			5		13x18		
Raster/Kassettentyp	6		-/N			5		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0	5		UN	UN	UN

Tabelle b 66: Exposition bei Fixierung der Hunde während der Röntgenaufnahmen Tarsus m/l und Tarsus do/pl in der KTK der FU Berlin (N = 20) und in der KTP (N = 3), Gewichtsklasse über 30,1 kg, Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	20		38,3	31,0	57,0	3		37,0	37,0	37,0
Röhrenspannung (kV)	20		49,0	40,0	63,0	3		58,0	58,0	58,0
Röhrenstrom (mAs)	20		2,5	2,5	2,5	3		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	20		9,7	7,0	10,6	3		35,0	35,0	35,0
Kassettengröße (cm)	20		13x18 und 18x24			3		18x24		
Raster/Kassettyp	20		-/N			3		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	20		UN	UN	1,0	3		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	UN	3		UN	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	20		UN	UN	1,0	3		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	UN	3		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	20		UN	UN	UN					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN					
4 Hand Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	2,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0					

10.4. Tabellen - Auswertungen Katzen

Tabelle b 67: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Katzen während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 436) und in der KTP (N = 22), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	436		5,0	1,6	9,5	22		4,7	1,9	6,9
Röhrenspannung (kV)	436		50,0	44,0	55,0	22		60,0	58,0	85,0
Röhrenstrom (mAs)	436		10,5	1,0	60,3	22		10,0	10,0	12,0
Belichtungsdauer (ms)	436		41,1	3,7	163,0	22		40,0	35,0	50,0
Kassettengröße (cm)	436		13x18, 18x24, 35x43			22		18x24, 24x30, 30x40		
Raster/Kassettentyp	436		+/N oder +/G			22		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	436		1,0	UN	11,0	22		1,0	UN	2,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	431		1,0	UN	9,0	22		0,8	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	389		UN	UN	2,0	9		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	214		3,0	UN	13,0	10		2,5	1,0	4,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	334		UN	UN	5,0	20		0,8	UN	2,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	320		UN	UN	5,0	20		UN	UN	2,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	223		UN	UN	1,0	8		UN	UN	1,0
AP Hand Hp(10) (µSv)	171		1,0	UN	9,0	9		1,0	UN	3,0

Tabelle b 68: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Thorax I/I in der KTK der FU Berlin (N = 170) und in der KTP (N = 6), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	170		5,0	2,0	9,0	6		4,8	4,0	5,9
Röhrensorgung (kV)	170		50,0	48,0	55,0	6		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	170		7,4	3,0	60,3	6		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	170		30,0	12,2	73,2	6		40,0	35,0	40,0
Kassettengröße (cm)	170		18x24 und 24x30			6		18x24 und 30x40		
Raster/Kassettyp	170		+/N			6		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	99		UN	UN	3,0	6		1,0	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	99		UN	UN	1,0	6		UN	UN	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	71		1,0	UN	4,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	24		UN	UN	1,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	97		UN	UN	4,0	6		1,0	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	98		UN	UN	1,0	6		0,8	UN	1,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	69		1,0	UN	5,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	1,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	86		UN	UN	1,0	3		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	66		UN	UN	UN	3		1,0	UN	1,0
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	61		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	1,0					
1 Hand Hp(10) (µSv)	60		2,0	UN	5,0	4		2,5	1,0	3,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	60		0,8	UN	2,0	4		UN	UN	1,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	33		3,0	UN	10,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	11		1,0	UN	1,0					

Tabelle b 69: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Thorax d/v in der KTK der FU Berlin (N = 52) und in der KTP (N = 5), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	52		5,0	2,0	8,0	5		4,9	4,0	5,9
Röhrensannung (kV)	52		55,0	50,0	55,0	5		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	52		6,1	1,0	17,0	5		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	52		21,8	3,7	59,4	5		40,0	35,0	40,0
Kassettengröße (cm)	52		13x18, 18x24, 24x30			5		18x24 und 24x30		
Raster/Kassettentyp	52		+/N			5,0		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	15		1,0	UN	3,0	5		1,0	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	1,0	5		1,0	UN	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	37		1,0	UN	3,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	26		UN	UN	2,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	4,0	5		UN	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	37		1,0	UN	4,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	26		UN	UN	1,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	UN	3		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN	3		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	35		UN	UN	2,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	5		2,0	2,0	4,0	4		2,5	2,0	4,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	5		1,0	1,0	2,0	4		1,0	UN	2,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	20		3,0	UN	8,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	15		1,0	UN	4,0					

Tabelle b 70: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Abdomen I/I in der KTK der FU Berlin (N = 93) und in der KTP (N = 3), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	93		5,0	2,0	9,5	3		4,7	4,0	6,5
Röhrenspannung (kV)	93		48,0	46,0	50,0	3		60,0	60,0	62,0
Röhrenstrom (mAs)	93		17,0	4,7	40,4	3		10,0	10,0	12,0
Belichtungsdauer (ms)	93		69,0	20,5	163,0	3		40,0	35,0	50,0
Kassettengröße (cm)	93		18x24, 20x40, 24x30			3		24x30		
Raster/Kassettentyp	93		+/N			3		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	29		1,0	UN	5,0	3		1,0	1,0	2,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	29		1,0	UN	5,0	3		1,0	1,0	2,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	64		2,0	UN	11,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	45		UN	UN	2,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	28		UN	UN	5,0	3		UN	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	29		1,0	UN	5,0	3		1,0	UN	2,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	64		2,0	UN	9,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	44		UN	UN	2,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	1,0					
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	1,0					
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	59		UN	UN	1,0					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	36		UN	UN	1,0					
1 Hand Hp(10) (µSv)	15		3,0	1,0	13,0					
2 Hand Hp(10) (µSv)	15		3,0	UN	8,0					
3 Hand Hp(10) (µSv)	32		4,0	UN	13,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	4,0					

Tabelle b 71: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Abdomen v/d in der KTK der FU Berlin (N = 28), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	28		4,0	2,0	8,0
Röhrenspannung (kV)	28		50,0	48,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	28		14,8	8,8	29,9
Belichtungsdauer (ms)	28		60,5	35,8	121,0
Kassettengröße (cm)	28		18x24, 24x30, 20x40		
Raster/Kassettentyp	28		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	11		1,0	UN	2,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	11		1,0	UN	5,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	17		3,0	1,0	5,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	11		2,0	UN	3,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	17		2,0	UN	8,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	5		6,0	3,0	9,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	5		3,0	2,0	6,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	7		2,0	1,0	7,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	3		5,0	2,0	8,0

Tabelle b 72: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen
Übersicht I/I in der KTK der FU Berlin (N = 21) und in der KTP (N = 6), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	21		3,5	1,6	8,0	6		3,9	1,9	6,9
Röhrenspannung (kV)	21		50,0	48,0	50,0	6		60,0	58,0	85,0
Röhrenstrom (mAs)	21		8,0	4,5	21,6	6		10,0	10,0	12,0
Belichtungsdauer (ms)	21		33,8	19,7	89,4	6		40,0	35,0	50,0
Kassettengröße (cm)	21		18x24, 20x40, 35x43			6		24x30 und 30x40		
Raster/Kassettentyp	21		+/N oder +/G			6		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	12		1,0	UN	2,0	4		0,8	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	12		1,0	UN	2,0	4		UN	UN	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	9		2,0	1,0	2,0	2		1,0	1,0	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	1,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0	4		UN	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	2,0	4		UN	UN	UN
3 Brust Hp(10) (µSv)	9		1,0	1,0	2,0	2		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	6		2,0	1,0	5,0	1		3,0	3,0	3,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	6		4,0	2,0	8,0	1		3,0	3,0	3,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1		3,0	3,0	3,0	1		1,0	1,0	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0					

Tabelle b 73: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Becken l/l in der KTK der FU Berlin (N = 16), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	16		4,5	1,8	7,0
Röhrenspannung (kV)	16		48,0	46,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	16		16,0	16,0	16,0
Belichtungsdauer (ms)	16		64,2	40,1	72,7
Kassettengröße (cm)	16		18x24 und 24x30		
Raster/Kassettentyp	16		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	3,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	13		2,0	1,0	3,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		0,8	UN	1,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	2		1,3	UN	2,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	13		2,0	1,0	3,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	1,0
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	1		3,0	3,0	3,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	5		5,0	3,0	7,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN

Tabelle b 74: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Becken v/d in der KTK der FU Berlin (N = 44) und in der KTP (N = 2), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	44		4,5	1,8	7,0	2		3,2	2,0	4,3
Röhrenspannung (kV)	44		48,0	44,0	50,0	2		59,0	58,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	44		16,0	16,0	16,0	2		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	44		64,2	40,1	72,7	2		37,5	35,0	40,0
Kassettengröße (cm)	44		18x24, 24x30, 20x40			2		18x24 und 24x30		
Raster/Kassettentyp	44		+/N			2		+/F		
1 Hals Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	3,0	2		0,8	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	19		1,0	UN	2,0	2		UN	UN	UN
3 Hals Hp(10) (µSv)	25		2,0	UN	3,0					
5 Hals Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	2,0					
1 Brust Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	1,0	2		0,8	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	17		1,0	UN	2,0	2		0,8	UN	1,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	25		1,0	UN	4,0					
5 Brust Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	1,0					
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	15		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	UN					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	11		UN	UN	UN					
1 Hand Hp(10) (µSv)	9		1,0	UN	5,0					
2 Hand Hp(10) (µSv)	9		4,0	UN	7,0					
3 Hand Hp(10) (µSv)	7		6,0	2,0	8,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	3,0					

Tabelle b 75: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen „Hals l/l und v/d“ in der KTK der FU Berlin (N = 6), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	6		5,0	3,0	7,0
Röhrenspannung (kV)	6		50,0	48,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	6		8,0	8,0	8,8
Belichtungsdauer (ms)	6		30,3	30,3	37,4
Kassettengröße (cm)	6		13x18		
Raster/Kassettentyp	6		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
3 Hals Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0
2 Brust Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0
3 Brust Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	3		2,0	2,0	3,0
2 Hand Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0
3 Hand Hp(10) (µSv)	1		2,0	2,0	2,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		1,0	1,0	1,0

Tabelle b 76: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Hals-, Brust, Lendenwirbelsäule l/l und d/v in der KTK der FU Berlin (N = 5), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	5		3,5	3,0	5,0
Röhrenspannung (kV)	5		48,0	46,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	5		16,0	16,0	16,0
Belichtungsdauer (ms)	5		64,2	60,6	68,2
Kassettengröße (cm)	5		18x24 und 20x40		
Raster/Kassettyp	5		+/N		
1 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	1,0
2 Hals Hp(10) (µSv)	3		1,0	1,0	1,0
3 Hals Hp(10) (µSv)	2		1,5	1,0	2,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
1 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
2 Brust Hp(10) (µSv)	3		1,0	UN	3,0 ⁺⁺
3 Brust Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
1 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
2 Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
3 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
1 Hand Hp(10) (µSv)	2		4,0	4,0	4,0 ⁺⁺
2 Hand Hp(10) (µSv)	2		2,5	2,0	3,0 ⁺⁺
3 Hand Hp(10) (µSv)	2		3,0	2,0	4,0 ^{+ / ++}
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0

⁺ Halswirbelsäule, ⁺⁺ Brustwirbelsäule

Tabelle b 77: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Katzen während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 214) und in der KTP (N = 9), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	214		4,0	1,7	8,6	9		4,0	3,5	4,3
Röhrenspannung (kV)	214		46,0	40,0	55,0	9		52,0	48,0	54,0
Röhrenstrom (mAs)	214		2,5	2,5	25,0	9		10,0	8,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	214		11,3	8,3	106,0	9		40,0	30,0	40,0
Kassettengröße (cm)	214		13x18 und 18x24			9		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	214		-N Oder +/N			9		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	214		UN	UN	1,0	9		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	212		UN	UN	1,0	9		UN	UN	UN
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	200		UN	UN	UN	4		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	123		UN	UN	4,0					
AP Hals Hp(10) (µSv)	100		UN	UN	1,0	6		UN	UN	UN
AP Brust Hp(10) (µSv)	99		UN	UN	1,0	6		UN	UN	UN
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	69		UN	UN	UN	4		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	53		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN

Tabelle b 78: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Schädel l/l und Schädel d/v in der KTK der FU Berlin (N = 22) und in der KTP (N = 5), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	22		3,7	3,4	8,6	5		4,3	3,5	4,3
Röhrenspannung (kV)	22		50,0	42,0	50,0	5		54,0	52,0	54,0
Röhrenstrom (mAs)	22		8,0	8,0	8,0	5		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	22		30,3	30,3	38,9	5		40,0	35,0	40,0
Kassettengröße (cm)	22		13x18			5		13x18		
Raster/Kassettyp	22		+/N			5		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0	2		0,8	UN	1,0
4 Brust Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	1,0	5		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	9		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	14		2,0	2,0	4,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	1,0					

Tabelle b 79: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen von Ober-, Unterkiefer I/I, d/v und eingelegte Aufnahmen in der KTK der FU Berlin (N = 8), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	8		4,3	3,5	8,0
Röhrenspannung (kV)	8		42,0	42,0	44,0
Röhrenstrom (mAs)	8		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	8		12,1	11,3	12,1
Kassettengröße (cm)	8		13x18		
Raster/Kassettentyp	8		-/N oder -/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	6		0,8	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN

Tabelle b 80: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Rute l/l und v/d in der KTK der FU Berlin (N = 3), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	3		4,0	3,4	4,0
Röhrenspannung (kV)	3		40,0	40,0	44,0
Röhrenstrom (mAs)	3		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	3		13,0	11,3	13,0
Kassettengröße (cm)	3		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	3		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN

Tabelle b 81: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen bei Extremitäten-Übersicht m/l und cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 8), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	8		4,0	2,6	7,0
Röhrenspannung (kV)	8		44,0	42,0	46,0
Röhrenstrom (mAs)	8		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	8		11,3	10,6	12,1
Kassettengröße (cm)	8		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	8		-/N oder+/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN

Tabelle b 82: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Humerus m/l und cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 4), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	4		5,3	3,5	7,0
Röhrenspannung (kV)	4		46,0	44,0	46,0
Röhrenstrom (mAs)	4		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	4		10,6	10,6	11,3
Kassettengröße (cm)	4		13x18		
Raster/Kassettentyp	4		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	4		0,8	UN	1,0

Tabelle b 83: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Ellenbogen m/l und cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 18) und in der KTP (N = 2), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	18		5,0	1,7	8,0	2		4,0	4,0	4,0
Röhrenspannung (kV)	18		46,0	42,0	46,0	2		48,0	48,0	48,0
Röhrenstrom (mAs)	18		2,5	2,5	25,0	2		8,0	8,0	8,0
Belichtungsdauer (ms)	18		11,3	10,6	106,0	2		30,0	30,0	30,0
Kassettengröße (cm)	18		13x18 und 18x24			2		13x18		
Raster/Kassettentyp	18		-/N			2		+ /F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	18		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	18		UN	UN	1,0	2		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	16		UN	UN	UN					
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN					

Tabelle b 84: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Unterarm m/l und Unterarm cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 40), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort				
	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	40		4,0	3,0	6,4
Röhrenspannung (kV)	40		44,0	42,0	46,0
Röhrenstrom (mAs)	40		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	40		11,3	10,6	12,1
Kassettengröße (cm)	40		13x18,0 und 1/2 18x24		
Raster/Kassettentyp	40		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	40		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	40		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	10		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	40		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	26		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN

Tabelle b 85: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Karpus m/l und do/pa in der KTK der FU Berlin (N = 7), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	7		1,8	1,8	4,0
Röhrenspannung (kV)	7		41,0	41,0	44,0
Röhrenstrom (mAs)	7		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	7		12,6	11,3	12,6
Kassettengröße (cm)	7		13x18		
Raster/Kassettentyp	7		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
5 Hand Hp(10) (µSv)	1		UN	UN	UN

Tabelle b 86: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Pfote m/l und do/pa bzw. do/pl in der KTK der FU Berlin (N = 34), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	34		4,0	1,8	7,0
Röhrensorgung (kV)	34		42,0	42,0	48,0
Röhrenstrom (mAs)	34		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	34		12,1	10,0	12,1
Kassettengröße (cm)	34		13x18,0 und 18x24,0		
Raster/Kassettyp	34		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	34		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	34		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	14		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	33		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	21		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN

Tabelle b 87: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Femur m/l in der KTK der FU Berlin (N = 8), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	8		4,2	2,4	4,5
Röhrenspannung (kV)	8		46,0	46,0	55,0
Röhrenstrom (mAs)	8		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	8		10,6	8,3	10,6
Kassettengröße (cm)	8		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	8		-N oder+/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	4		0,8	UN	1,0

Tabelle b 88: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Knie m/l und cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 7), Messungen aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	7		5,0	4,0	6,4
Röhrenspannung (kV)	7		44,0	44,0	46,0
Röhrenstrom (mAs)	7		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	7		11,3	10,6	11,3
Kassettengröße (cm)	7		13x18		
Raster/Kassettentyp	7		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	UN

Tabelle b 89: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Tibia m/l und cr/ca in der KTK der FU Berlin (N = 41), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	41		4,5	2,0	6,0
Röhrenspannung (kV)	41		46,0	44,0	48,0
Röhrenstrom (mAs)	41		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	41		10,6	10,0	11,3
Kassettengröße (cm)	41		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	41		-/N		
4 Hals Hp(10) (µSv)	41		UN	UN	1,0
5 Hals Hp(10) (µSv)	27		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	39		UN	UN	1,0
5 Brust Hp(10) (µSv)	27		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	36		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	27		UN	UN	1,0
5 Hand Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	1,0

Tabelle b 90: Exposition bei Fixierung der Katzen während der Röntgenaufnahmen Tarsus m/l und do/pl in der KTK der FU Berlin (N = 12) und in der KTP (N = 2), Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	12		4,5	4,0	8,0	2		3,5	3,5	3,5
Röhrenspannung (kV)	12		46,0	42,0	48,0	2		50,0	50,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	12		2,5	2,5	2,5	2		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	12		10,6	10,0	12,1	2		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	12		13x18			2		18x24		
Raster/Kassettyp	12		-/N oder-/M			2		+/F		
4 Hals Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
5 Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Brust Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
5 Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Schambereich Hp(10) (µSv)	12		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
5 Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
4 Hand Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0					
5 Hand Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN

10.5. Tabellen - Auswertungen Heimtiere

Tabelle b 91: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Heimtiere während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 4) und in der KTP (N = 3), Gewichtsklasse von 0 kg bis 0,4 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	4		0,20	0,10	0,30	3		0,01	0,01	0,05
Röhrenspannung (kV)	4		58,5	57,0	60,0	3		50,0	50,0	50,0
Röhrenstrom (mAs)	4		4,0	4,0	4,0	3		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	4		12,2	11,7	12,6	3		40,0	40,0	40,0
Kassettengröße (cm)	4		13x18 und 18x24			3		13x18		
Raster/Kassettentyp	4		-M			3		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	1,0	3		UN	UN	UN
HP Brust Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	3		UN	UN	UN
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	4		UN	UN	UN	2		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	2		2,0	2,0	2,0	2		0,8	UN	1,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0					
AP Brust Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN					
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	2		2,0	2,0	2,0					

Tabelle b 92: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Heimtiere während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 56) und in der KTP (N = 5), Gewichtsklasse von 0,41 kg bis 3 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	56		1,60	0,60	3,00	5		1,70	0,60	2,80
Röhrenspannung (kV)	56		50,0	46,0	66,0	5		58,0	52,0	64,0
Röhrenstrom (mAs)	56		7,9	2,9	24,4	5		10,0	10,0	12,0
Belichtungsdauer (ms)	56		33,9	10,4	100,0	5		40,0	35,0	50,0
Kassettengröße (cm)	56		13x18, 18x24, 20x40			5		18x24 und 24x30		
Raster/Kassettyp	56		+/N oder -/M oder +/G			5		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	56		UN	UN	2,0	5		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	56		UN	UN	3,0	5		UN	UN	UN
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	56		UN	UN	1,0	1		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	38	1	3,0	UN	12,0					
AP Hals Hp(10) (µSv)	44		UN	UN	4,0	3		UN	UN	UN
AP Brust Hp(10) (µSv)	44		UN	UN	5,0	3		UN	UN	UN
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	40		UN	UN	UN	1		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	35		2,0	UN	8,0	1		UN	UN	UN

Tabelle b 93: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Heimtiere während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 2) und in der KTP (N = 1), Gewichtsklasse über 3 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	2		5,50	5,50	5,50	1		4,00	4,00	4,00
Röhrenspannung (kV)	2		52,5	50,0	55,0	1		60,0	60,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	2		12,3	9,6	15,1	1		10,0	10,0	10,0
Belichtungsdauer (ms)	2		47,1	34,1	60,1	1		35,0	35,0	35,0
Kassettengröße (cm)	2		20x40			1		24x30		
Raster/Kassettentyp	2		+/N			1		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0	1		1,0	1,0	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	2		1,3	UN	2,0	1		UN	UN	UN
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN					
HP Hand Hp(10) (µSv)	2		4,0	4,0	4,0					
AP Hals Hp(10) (µSv)	2		1,5	1,0	2,0	1		UN	UN	UN
AP Brust Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0	1		UN	UN	UN
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN					
AP Hand Hp(10) (µSv)	2		5,0	5,0	5,0					

Tabelle b 94: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Heimtiere während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 6), Gewichtsklasse von 0 kg bis 0,4 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	6		0,35	0,30	0,35
Röhrenspannung (kV)	6		42,0	42,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	6		2,5	2,5	4,0
Belichtungsdauer (ms)	6		12,1	11,7	12,1
Kassettengröße (cm)	6		13x18 und 18x24		
Raster/Kassettyp	6		-/N		
HP Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
HP Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	2,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
AP Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	5		UN	UN	1,0

Tabelle b 95: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Heimtiere während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 43) und in der KTP (N = 6), Gewichtsklasse von 0,41 kg bis 3 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	Ort									
	KTK der FU Berlin					KTP				
	N		M	Min	Max	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg				Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	43		0,10	0,41	3,00	6		1,40	1,10	2,50
Röhrenspannung (kV)	43		44,0	40,0	66,0	6		50,0	50,0	52,0
Röhrenstrom (mAs)	43		2,5	2,0	4,0	6		10,0	10,0	12,0
Belichtungsdauer (ms)	43		11,7	9,7	13,0	6		40,0	40,0	50,0
Kassettengröße (cm)	43		13x18 und 18x24			6		13x18		
Raster/Kassettentyp	43		-N			6		+/F		
HP Hals Hp(10) (µSv)	43		UN	UN	1,0	6		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	43		UN	UN	UN	6		UN	UN	UN
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	39		UN	UN	UN	5		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	20	1	UN	UN	3,0	3		1,0	1,0	2,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	21		UN	UN	1,0	5		UN	UN	1,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	21		UN	UN	1,0	5		UN	UN	UN
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	16		UN	UN	UN	4		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	7		UN	UN	3,0	1		UN	UN	UN

10.6. Tabellen - Auswertungen Vögel

Tabelle b 96: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Vögel während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 22), Gewichtsklasse von 0 kg bis 0,4 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	22		0,10	0,03	0,36
Röhrenspannung (kV)	22		57,0	42,0	60,0
Röhrenstrom (mAs)	22		4,0	2,5	4,0
Belichtungsdauer (ms)	22		12,6	7,4	12,6
Kassettengröße (cm)	22		1/2 18x24 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	22		-/M oder -/N		
HP Hals Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	22		UN	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	18		UN	UN	UN
AP Hals Hp(10) (µSv)	20		UN	UN	1,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	18		UN	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	16		UN	UN	UN

Tabelle b 97: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Vögel während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 17), Gewichtsklasse von 0,41 kg bis 3 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	17		0,74	0,41	1,20
Röhrenspannung (kV)	17		63,0	60,0	70,0
Röhrenstrom (mAs)	17		4,0	4,0	5,0
Belichtungsdauer (ms)	17		11,7	11,1	14,0
Kassettengröße (cm)	17		18x24 und 24x30		
Raster/Kassettentyp	17		-/M		
HP Hals Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	2,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	17		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	7		2,0	1,0	3,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	13		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	5		2,0	UN	2,0

Tabelle b 98: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Vögel während der Röntgenuntersuchungen des Körperstamms in der KTK der FU Berlin (N = 10), Gewichtsklasse über 3 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	10		4,00	3,50	4,60
Röhrenspannung (kV)	10		52,5	50,0	55,0
Röhrenstrom (mAs)	10		4,7	2,0	9,0
Belichtungsdauer (ms)	10		18,1	7,6	33,0
Kassettengröße (cm)	10		35x43		
Raster/Kassettentyp	10		+/N		
HP Hals Hp(10) (µSv)	10		1,0	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	10		1,0	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0
HP Hand Hp(10) (µSv)	7		1,0	UN	3,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	2,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	5		1,0	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	3		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	3		2,0	1,0	3,0

Tabelle b 99: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Vögel während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 33), Gewichtsklasse von 0 kg bis 0,4 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	33		0,20	0,03	0,30
Röhrenspannung (kV)	33		57,0	40,0	63,0
Röhrenstrom (mAs)	33		3,2	2,5	32,0
Belichtungsdauer (ms)	33		10,1	9,4	13,0
Kassettengröße (cm)	33		1/2 18x24 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	33		-M oder -N		
HP Hals Hp(10) (µSv)	33		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	33		UN	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	31		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	6		1,0	UN	1,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	UN
AP Brust Hp(10) (µSv)	21		UN	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	19		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	2		1,0	1,0	1,0

Tabelle b 100: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Vögel während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 31), Gewichtsklasse von 0,41 kg bis 3 kg. Messungen aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	31		0,70	0,45	1,20
Röhrenspannung (kV)	31		60,0	60,0	63,0
Röhrenstrom (mAs)	31		3,2	3,2	4,0
Belichtungsdauer (ms)	31		9,4	8,9	11,7
Kassettengröße (cm)	31		1/2 18x24 und 18x24		
Raster/Kassettentyp	31		-/M		
HP Hals Hp(10) (µSv)	31		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	31		UN	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	31		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	11		1,0	UN	2,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	27		UN	UN	1,0
AP Brust Hp(10) (µSv)	23		UN	UN	1,0
AP Schambereich Hp(10) (µSv)	18		UN	UN	UN
AP Hand Hp(10) (µSv)	11		1,0	UN	3,0

Tabelle b 101: Exposition der Hauptperson und der anderen Person bei Fixierung der Vögel während der Röntgenuntersuchungen des Kopfes und des appendikulären Skeletts in der KTK der FU Berlin (N = 8), Gewichtsklasse über 3 kg. Messungen mit aktivem Dosimeter Mk2

	KTK der FU Berlin				
	N		M	Min	Max
	Gültig	Ausg			
Gewicht (kg)	8		5,75	3,50	9,30
Röhrenspannung (kV)	8		43,0	42,0	46,0
Röhrenstrom (mAs)	8		2,5	2,5	2,5
Belichtungsdauer (ms)	8		11,7	10,6	12,1
Kassettengröße (cm)	8		20x40		
Raster/Kassettentyp	8		-/N		
HP Hals Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0
HP Brust Hp(10) (µSv)	8		UN	UN	1,0
HP Schambereich Hp(10) (µSv)	2		UN	UN	UN
HP Hand Hp(10) (µSv)	2		0,8	UN	1,0
AP Hals Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN
AP Brust Hp(10) (µSv)	6		UN	UN	UN

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen herzlich bedanken, die in unterschiedlicher Weise zu Anfertigung der Dissertation beigetragen haben.

Bei Herrn Prof. Dr. Leo Brunnberg möchte ich mich für die freundliche Aufnahme und Betreuung in der Klinik sowie für die Überlassung des Themas und Unterstützung bedanken.

Bei Frau Dr. Beate Münzer aus der radiologischen Abteilung der Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin möchte ich mich für die nette Betreuung bedanken.

Ein spezieller Dank gehört Herrn Prof. Klaus Hartung für die nette Betreuung, Korrekturen, konstruktive Kritiken und vor allem für die motivierenden Diskussionen nicht nur im Bereich der Veterinärradiologie.

Bei der Firma Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH möchte ich mich für die Bereitstellung der Messgeräte und die nette Zusammenarbeit, vor allem Herrn Feige für seine konstruktiven Kritiken und Unterstützung im Bereich der Mathematik und Physik, bedanken.

Dem Leiter der privaten KTP danke ich für die Möglichkeit der Durchführung der Messungen in seiner Klinik, die nette Mitarbeit und Unterkunft, sowie seinen Mitarbeitern für sehr nette Kooperation.

Ein besonderer Dank gilt der Leiterin des Institutes für Biometrie und Informationsverarbeitung, Frau Dr. Gisela Arndt, für die außerordentliche Geduld und Mühe bei den statistischen Auswertungen.

Ein besonderer Dank gehört den Kolleginnen aus der Kleintierklinik der Freien Universität Berlin, Ulrike Behrendt und Alexandra Tischer, für die Korrekturen der deutschen Sprache und die nette Unterstützung sowie Dr. Kerstin Müller für die Hilfe und Unterstützung bei den Formatierungen des Dokumentes sowie die konstruktiven Kritiken.

Dem Hund Puma von Frau Dr. Claudia Kellemeier sowie Herrn Uwe Leinen danke ich für ihre Geduld bei der Anfertigung der Fotografien.

Dank an alle Mitarbeiter der Kleintierklinik der Freie Universität Berlin, vor allem der Röntgenabteilung für nette Mitarbeit, Geduld bei der Durchführung der Messungen während der diagnostischen Röntgenuntersuchungen und Unterstützung.

Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Dissertation selbständig und nur unter Zuhilfenahme der angegebenen Literatur verfasst zu haben.

Diese Arbeit wurde noch in keinem früheren Promotionsverfahren angenommen oder abgelehnt.

Berlin, 16.04. 2008 Bedrich Nakladal