

Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz

**Entwicklung einer „Job- Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis
- Vorhaben 3605S04477**

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

S. Feige

J. Kaulard

E. Mergel

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BFS) durchgeführt.

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMU (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BfS übereinstimmen.

BfS-RESFOR-56/12

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de:0221-201202157452

Salzgitter, Februar 2012

Kurzfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens **Hilfsmittel** - Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis“ wurden röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden in der Tiermedizin dosimetrisch begleitet. Ziel war es, die Strahlenexposition des medizinischen Fach- und Hilfspersonals bei der Durchführung einer röntgendiagnostischen Untersuchung zu ermitteln und in eine Datenstruktur zu übertragen, so dass zuverlässige Vorhersagen zur Strahlenexposition bei künftiger Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen möglich sind.

Messungen wurden hierzu schwerpunktmäßig in zwei am Forschungsvorhaben beteiligten tiermedizinischen Kliniken der Freien Universität Berlin durchgeführt. Darüber hinaus wurden Messungen bei vier niedergelassenen Tierärzten durchgeführt. Schließlich wurden spezielle Untersuchungssituationen mit Hilfe von Tierkörperphantomen nachgestellt und entsprechend dosimetrisch begleitet. Bei den Messungen, die aufgrund der Abschirmwirkung von Schutzkleidung vor der Schutzkleidung durchgeführt wurden, kamen primär elektronische Personendosimeter, aber auch Thermolumineszenzdosimeter und eine Ionisationskammer zum Einsatz.

Die Auswertung der Messungen zeigt, dass die Strahlenexposition des medizinischen Fach- und Hilfspersonals während einer einzelnen röntgendiagnostischen Untersuchung infolge der Streustrahlung der Röntgenstrahlung am Patienten niedrig ist. Allerdings kann die Häufigkeit, mit der solche Untersuchungen durchgeführt werden, zu einer auf ein Jahr betrachteten bedeutenden Exposition auch jenseits der gesetzlichen Grenzwerte führen. Insofern weisen die Messungen auch auf die hohe Bedeutung einer entsprechenden Strahlenschutzkleidung hin.

Die Zusammenstellung der Messdaten in der „Job-Exposure-Matrix“ schließlich erlaubt eine einfache Abschätzung der für eine einzelne röntgendiagnostische Untersuchung zu erwartenden Strahlenexposition für verschiedene an der Untersuchung beteiligte Personen und verschiedene Messpositionen. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass die zugrunde liegenden Messdaten nur die Streustrahlung am Tierpatienten berücksichtigen, nicht aber eventuelle Expositionen zum Beispiel der Hände durch die Pri-

märstrahlung des Röntgensystems. Solche Expositionen sind aufgrund der sehr hohen Ortsdosisleistungen mit den gewählten elektronischen Personendosimetern nicht messbar. Generell müssen solche Expositionen durch geeignete Schutzkleidung sowie entsprechende Verhaltensweisen unter allen Umständen vermieden werden.

Abstract

Subject of the current project „Hilf mir - Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis“ is the analysis of the radiation exposure of medical staff due to diagnostic x-ray examinations in veterinary medicine. In detail the radiation exposure of the medical staff will be first measured and next will be analysed and transformed into a data structure, which allows an easy estimation of the radiation exposure of the medical staff due to the future execution of diagnostic x-ray examination.

The measurements, this data structure (called “Job-Exposure-Matrix”) is based on, will be taken primarily during examinations performed at two veterinary clinics of the “Freie Universität Berlin (FU Berlin)”, which are linked to the project. In addition some further measurements are taken at four veterinary clinics in Germany. Finally, for some examinations measurements are performed using phantoms set up of dead animals. Due to the shielding of the x-ray protective clothing and the resulting very low values the doses are measured in front of the protective clothing. Primarily, electronic personal dosimeters are used, complemented by thermoluminescence dosimeters and an ionisation radiation chamber.

The measurement and the related analysis show, that the exposure of the medical staff due to the scattered Roentgen beam during a single x-ray examination is low. However, a high frequency of examinations during a year may result in no more marginal exposure which in addition might exceed the relevant dose limits. Thus, the measurements also emphasize the importance of radiation shielding even in case of low exposure due to a single x-ray examination.

The compilation of the measured data in the data structure allows an easy estimation of the radiation exposure due to a single x-ray examination. Information is available for different members of the medical staff during the examination and for different positions. Care has to be taken when estimating the dose, that the data only include exposure due to scattered Roentgen radiation. Thus, contribution due to the primary beam, e.g. to a hand when accidentally crossing the primary beam, are not taken into account

due to the high dose rates and the technical limitations of the equipment used. To avoid these contributions to the exposure appropriate protective clothing and commensurable behaviour of the medical staff are essential.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung, Kontext und Zielsetzung des Forschungsvorhabens	
	3605S04477	1
2	Konzeption und Durchführung des Forschungsvorhabens	3
2.1	Einzelziele des Forschungsvorhabens.....	3
2.1.1	Erstellung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Fach- und Hilfspersonal	3
2.1.2	Ableitung von Empfehlungen zur Optimierung des Strahlenschutzes bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin	6
2.1.3	Erfahrungsrückfluss aus dem Einsatz elektronischer Personendosimeter in tiermedizinischen Einrichtungen.....	6
2.1.4	Datenerhebung zu röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden in der tierärztlichen Praxis	6
2.2	Überblick zur Strukturierung des Forschungsvorhabens.....	6
2.2.1	Phase 1: Vorbereitung	8
2.2.2	Phase 2: Expositionsermittlung.....	9
2.2.3	Phase 3: Auswertung und Ergebnisdokumentation.....	10
2.3	Zusammenfassung der Durchführung des Forschungsvorhabens	11
3	Messdatenermittlung und Auswertung	17
3.1	Festlegung der relevanten Daten.....	17
3.1.1	Technische und räumliche Randbedingungen	18
3.1.2	Dosimetrierte Personen und Messorte zur Expositionsermittlung	20
3.2	Auswahl und Qualifizierung der Systeme zur Expositionsermittlung	25
3.2.1	Vorbemerkung.....	25
3.2.2	Dosimetriesysteme	27
3.2.3	Qualifizierung der Dosimeter	32
3.3	Schwerpunkte der Messungen und Messprogramme	36
3.3.1	Schwerpunkte der Messungen	36
3.3.2	Messprogramme.....	37

3.4	Erfassung und Aufbereitung der Daten.....	51
3.4.1	Dokumentation der strahlenschutzrelevanten Parameter und der Expositionsdaten	51
3.4.2	Erstellung der Rohdaten	54
3.4.3	Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“	56
3.5	Plausibilitätsprüfungen.....	57
4	Ergebnisdarstellung	61
4.1	Auswertung der Messungen - die „Job-Exposure-Matrix“ und ihre Anwendung an Beispielen der Praxis	61
4.1.1	Beschreibung der „Job-Exposure-Matrix“	61
4.1.2	Anwendungsbeispiele für die „Job-Exposure-Matrix“	73
4.1.3	Überlegungen zu den ermittelten Personendosen $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$ und den gesetzlich festgelegten Dosisgrenzwerten für die Körperdosis (Organdosis oder effektive Dosis).....	80
4.2	Ableitung von Empfehlungen zur Optimierung des Strahlenschutzes bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin	82
4.3	Erfahrungsrückfluss aus dem Einsatz elektronischer Personendosimeter in tiermedizinischen Einrichtungen.....	84
4.4	Ergebnisse einer Datenerhebung zu röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden in einem kleinen tierärztlichen Kammerbezirk .	90
5	Zusammenfassung	95
6	Literaturverzeichnis	99
7	Anhang	105

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Übersicht über die Projektphasen, ihre wesentlichen Inhalte und die Meilensteine des Forschungsvorhabens	7
Abbildung 2	Häufigkeitsverteilung der erfassten Untersuchungsmethoden in der am Forschungsvorhaben beteiligten Großtierklinik der FU Berlin	12
Abbildung 3	Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der dosimetrisch begleiteten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden für einen niedergelassenen Tierarzt und für die am Forschungsvorhaben beteiligte Großtierklinik der FU Berlin	13
Abbildung 4	Beispiel für eine Messung am Tierkörperphantom, hier an einem toten Hund	14
Abbildung 5	Positionen des an der Durchführung einer Röntgenaufnahme an einem Pferd beteiligten Personals	21
Abbildung 6	Weitere Beispiele zur Anbringung der elektronischen Personendosimeter	23
Abbildung 7	Positionen des an der Durchführung einer Röntgenaufnahme an einem Hund beteiligten Personals	25
Abbildung 8	Ergebnisse orientierender Messungen am Wasserphantom, ermittelt mit einer Ionisationskammer vom Typ STEP RDG 27091	26
Abbildung 9	Darstellung der eingesetzten elektronischen Personendosimeter ...	28
Abbildung 10	Abbildung zur verwandten Ionisationskammer	31
Abbildung 11	Prinzipieller Aufbau zur Durchführung der Messungen am Wasserphantom zur Qualifizierung der elektronischen Personendosimeter ..	33
Abbildung 12	Ermittelte Dosiswerte für die unterschiedlichen Dosimeter und Messsysteme im Vergleich	35
Abbildung 13	Beispiel einer latero-lateral Untersuchung der Halswirbelsäule eines Hundes	45
Abbildung 14	Beispiele für nachgestellte röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden	48
Abbildung 15	Auszug aus der Zusammenstellung der kategorisierten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden an Großtieren mit einer Auswahl relevanter Untersuchungsmethoden für die Tierkörperphantommessungen	49

Abbildung 16	Auszug aus der Zusammenstellung der kategorisierten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden an kleinen Haustieren mit einer Auswahl relevanter Untersuchungsmethoden für die Tierkörperphantommessungen.....	50
Abbildung 17	Darstellung des Bearbeitungszyklus zur Erfassung und Aufbereitung der Daten zur Strahlenexposition während röntgendiagnostischer Untersuchungen an Tieren.....	51
Abbildung 18	Auszug aus der Datenerfassungsmaske für die Erfassung der relevanten Informationen zu röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere	55
Abbildung 19	Häufigkeitsverteilung der im Zeitraum 27. November bis 1. Dezember 2006 durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungen, für die die Exposition der Schilddrüse (vor dem Schilddrüsenschutz) mittels eines Thermolumineszenzdosimeters ermittelt wurde	60
Abbildung 20	Bildausschnitt aus der JEM-GT	62
Abbildung 21	Häufigkeitsverteilung der kV- Anwahl bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik.....	65
Abbildung 22	Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) am mechanischen Kassettenhalter bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik	66
Abbildung 23	Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) an der Messposition „Kassettenhalter Füße“ bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik	66
Abbildung 24	Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) an der Messposition „Schütze Gonaden“ bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik	67
Abbildung 25	Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) an der Messposition „Hauptperson Brust“.....	68
Abbildung 26	Häufigkeitsverteilung der Hochspannungswerte der Röntgensysteme bei röntgendiagnostischen Untersuchungen an Großtieren.....	70
Abbildung 27	Häufigkeitsverteilung der Hochspannungswerte der Röntgensysteme bei röntgendiagnostischen Untersuchungen an Kleintieren	71
Abbildung 21	Häufigkeitsverteilung der in den antwortenden Kliniken und Praxen des Kammerbezirks Berlin durchgeführten häufigsten röntgendiagnostischen Untersuchungen.....	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Patientenkategorien zur Klassifizierung von Großtieren bei röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden.....	19
Tabelle 2	Patientenkategorien zur Klassifizierung von kleinen Haustieren bei röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden.....	19
Tabelle 3	Umrechnungsfaktoren für die Ionisationskammer RGD 27091	32
Tabelle 4	Messpositionen bei der Durchführung von Messungen in der Großtierklinik.....	40
Tabelle 5	Messpositionen bei der Durchführung von Messungen in der Kleintierklinik	44
Tabelle 6	Inhalte des Erfassungsbogens zur Erfassung strahlenexpositionsrelevanter Parameter während der Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen (Teil 1)	52
Tabelle 7	Inhalte des Erfassungsbogens zur Erfassung strahlenexpositionsrelevanter Parameter während der Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen (Teil 2, hier speziell für Messungen an kleinen Haustieren)	53
Tabelle 8	Zusammenstellung der Expositionsdaten und der aus der „Job-Exposure-Matrix“ abgeleiteten Expositionen für Vergleichsmessungen in der Klinik und Poliklinik für Kleine Haustiere der FU Berlin	59
Tabelle 9	Ausschnitt aus der JEM-GT mit den Röhrenparametern	63
Tabelle 10	Ausschnitt aus der JEM-GT mit Werten für die Person „Schütze“ an der Messposition „Schilddrüse“	64
Tabelle 11	Beispiel für die Schutzwirkung einer Bleischutzbekleidung.....	69
Tabelle 12	Auswahlmöglichkeiten der Größenklassen in der JEM-GT	72
Tabelle 13	Aus der JEM-KT ermittelte Personendosis aus verschiedenen Messkampagnen.....	74
Tabelle 14	Expositionen bei Ankaufsuntersuchungen an Großtieren (Teil 1)	76
Tabelle 15	Expositionen bei Ankaufsuntersuchungen an Großtieren (Teil 2)	77
Tabelle 16	Expositionen häufiger Untersuchungsmethoden nach der JEM-GT... ..	78
Tabelle 17	Expositionen häufiger Untersuchungsmethoden nach der JEM-KT	79
Tabelle 18	Überprüfungsschwellen aus RiPhyKo Teil 1: äußere (/BMU 04/)... ..	81
Tabelle 19	Vergleich zwischen Thermo EPD Mk 2 und Dosilab EMD III	89

1 Einleitung, Kontext und Zielsetzung des Forschungsvorhabens 3605S04477

In der medizinischen Diagnostik hat sich mit der „Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz“ vom 20. Juli 2001, der „Verordnung zur Änderung der Röntgenverordnung und anderen atomrechtlichen Verordnungen“ vom 18. Juni 2002, sowie mit der „Bekanntmachung zur Durchführung der Strahlenschutzverordnung, Strahlenschutz in der Medizin“ vom 24. Juni 2002 und mit der „Bekanntmachung zur Durchführung der Strahlenschutzverordnung, Strahlenschutz in der Tiermedizin“ vom 1. Februar 2005, eine grundsätzlich neue Situation bezüglich des Gesundheitsschutzes von Ärzten, medizinischem Hilfspersonal und Patienten sowie von Tierärzten, tierärztlichem Hilfspersonal sowie helfenden Personen ergeben, die zur weiteren Reduktion der Strahlenexposition der Betroffenen beiträgt.

Einen speziellen Bereich stellt die tiermedizinische Röntgendiagnostik dar, bei der neben dem Fachpersonal auch das Hilfspersonal unter die Strahlenschutzbestimmungen fällt. Anders als in der Humanmedizin liegen für den Bereich der Tiermedizin keine umfassenden systematischen Erkenntnisse zu beruflichen Strahlenexpositionen infolge der Anwendung von Röntgenstrahlen vor, die alle röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden abdecken würden. Den Gegebenheiten der Röntgendiagnostik in der Tiermedizin entsprechend angepasste Expositionsuntersuchungen beziehen sich bisher vor allem auf spezielle Untersuchungsmethoden oder auf ausgewählte zu untersuchende Tiere.

Zur Verbesserung der bestehenden Datenbasis zur Expositionssituation wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit das Forschungsvorhaben „Hilfpersonal – Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis“ initiiert und unter fachlicher Betreuung durch das Bundesamt für Strahlenschutz an die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH vergeben.

Übergeordnete Zielsetzung des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer so genannten „Job-Exposure-Matrix“, in der einer röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode die mit ihrer Durchführung verbundene Strahlenexposition des beteiligten tiermedizinischen Fach- und Hilfspersonals zugeordnet ist, so dass hierüber eine untersuchungsspezifische Expositionsabschätzung möglich wird.

Zur Ermittlung der benötigten Expositionsdaten wurden während der Laufzeit des Forschungsvorhabens von Juni 2005 bis Juni 2007 von der GRS in Kooperation mit der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin und der Klinik und Poliklinik für Kleine Haustiere der Freien Universität Berlin systematisch Messungen zur Strahlenexposition des tiermedizinischen Fach- und Hilfspersonals in den beteiligten Kliniken der Freien Universität Berlin sowie bei ausgewählten niedergelassenen Tierkliniken während des Klinik- bzw. Praxisalltags durchgeführt und ausgewertet. Zum Einsatz kamen hierbei neben passiven Dosimetern vor allem elektronische Personendosimeter, so dass im Rahmen der Messungen auch Erfahrungen zum Einsatz elektronischer Personendosimeter in der Tiermedizin gesammelt werden konnten.

Im vorliegenden fachliche Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Hilfsmittel – Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis“ werden die Zielsetzungen und die Durchführung des Forschungsvorhabens skizziert und die erreichten Ergebnisse zusammengefasst und erläutert. Darüber hinaus stellt er die Ergebnisdokumentation zum Ergebnismilenstein E3 als Abschluss der letzten Phase des Forschungsvorhabens und des Forschungsvorhabens dar und enthält für einzelne Teilziele die relevante Ergebniszusammenstellung. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Durchführung und Konzeption des Forschungsvorhabens im Detail in Kapitel 2, die Durchführung der Messungen und deren Auswertung in Kapitel 3 sowie die erreichten Ergebnisse in Kapitel 4 beschrieben. Der Zusammenfassung in Kapitel 5 schließt sich das Literaturverzeichnis sowie die Anhänge in den Kapiteln 6 und 7 an.

Hinweis: Die Bereitschaft der niedergelassenen Tierärzte zur Unterstützung der Messkampagnen erfolgte unter der Zusicherung der Anonymität. Die Autoren dieses Berichts respektieren den Wunsch nach Anonymität, so dass dieser Bericht keine Informationen enthält, die Rückschlüsse auf die besuchten Kliniken oder Praxen erlaubt.

2 Konzeption und Durchführung des Forschungsvorhabens

In den nachfolgenden Abschnitten dieses Kapitels 2 werden die im Forschungsvorhaben verfolgten Einzelziele sowie die Strukturierung des Vorhabens und dessen Durchführung vorgestellt. Das Kapitel versteht sich als zusammenfassende Darstellung des Vorhabensverlaufes und ergänzt die detaillierte Beschreibung und Auseinandersetzung mit den Messverfahren und den insgesamt erreichten Ergebnissen in den nachfolgenden Kapiteln 3 und 4. Es spiegelt den Vorhabenaufbau und Verlauf retrospektiv wider und fasst zur Verbesserung des Verständnisses des vorliegenden Berichts einzelne Details zusammen, die in der ursprünglichen Vorhabensbeschreibung getrennt formuliert und erläutert wurden.

2.1 Einzelziele des Forschungsvorhabens

Ausgehend von der übergeordneten Zielsetzung, der Erstellung einer „Job-Exposure-Matrix“, wurden verschiedene Einzelziele für das Forschungsvorhaben formuliert, die neben der Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“ auch eine Auswertung strahlenschutzrelevanter Erfahrungen aus den Messungen beinhalteten. Im Einzelnen waren dies:

1. Erstellung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Fach- und Hilfspersonal,
2. Ableitung von Empfehlungen zur Optimierung des Strahlenschutzes bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin,
3. Erfahrungsrückfluss aus dem Einsatz elektronischer Personendosimeter in tiermedizinischen Einrichtungen,
4. Datenerhebung zu röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden in der tierärztlichen Praxis.

Die verfolgten Einzelziele werden nachfolgend weiter erläutert.

2.1.1 Erstellung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Fach- und Hilfspersonal

Merkmal der „Job-Exposure-Matrix“ ist eine Klassifizierung der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden, deren eindeutige Beschreibung sowie die Zuordnung der

röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode zu den ermittelten Expositionen der an den Untersuchungen beteiligten Fach- und Hilfskräfte. Als „Job“ bzw. als Untersuchungsmethode wird hierbei eine für die Diagnosestellung erforderliche zusammenhängende Abfolge von einzelnen Röntgenaufnahmen, ggf. aber auch nur eine einzigen Röntgenaufnahme des Patienten bezeichnet.

Die Expositionen wurden hierfür im Wesentlichen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin ermittelt. Ergänzend wurden Messungen in einigen Kliniken und Praxen niedergelassener Tierärzte vorgenommen und gezielt Messungen an Wasser- und Tierkörperphantomen durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsmethoden und zugehörigen Randbedingungen wurde generell zwischen Untersuchungsmethoden für kleine Haustiere sowie für Großtiere differenziert.

Im Einzelnen wurden die nachfolgenden Detailziele bearbeitet, um die „Job-Exposure-Matrix“ erstellen zu können:

1. *Erfassung, Beschreibung und Kategorisierung röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden*

Voraussetzung für die spätere Abschätzung untersuchungsspezifischer Expositionen mit Hilfe der zu erstellenden „Job-Exposure-Matrix“ war eine systematische, möglichst umfassende Zusammenstellung, Beschreibung und ggf. Kategorisierung der in Deutschland angewandten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden. Hierzu wurden vor Beginn der Messungen und auf Grundlage der Erfahrungen in den beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin gängige Untersuchungsmethoden zusammengestellt, soweit es für das Verständnis der Untersuchungsmethode erforderlich war, beschrieben und nach einem zu erstellenden Kriterienkatalog klassifiziert.

Während der späteren Messungen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin und in den Kliniken und Praxen ausgewählter niedergelassener Tierärzte wurde die Vollständigkeit der erfassten Methoden überprüft und ggf. vervollständigt.

2. *Erstellung von Messprogrammen*

Zur Vorbereitung der unterschiedlichen Messungen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin sowie der Phantommessungen wurden Messprogramme u. a. zur Festlegung der Positionen, an denen die Exposition ermittelt werden sollten, oder zur Festlegung der zu dokumentierenden Parameter der Untersuchung erstellt. Die Messprogramme berücksichtigten dabei erste Erfah-

rungen aus im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Pilotmessungen in den beteiligten Kliniken der FU Berlin und unterstützten damit eine effiziente und nachvollziehbare Durchführung der Expositionsmessungen.

3. *Durchführung der Messungen zu röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden*
Messungen wurden während des Untersuchungsalltags in den beteiligten Kliniken der FU Berlin sowie in den Kliniken und Praxen niedergelassener Tierärzte durchgeführt. Die Messungen in den Kliniken der FU Berlin erfolgten hierbei fortlaufend unter Berücksichtigung der betrieblichen Erfordernisse, die Messungen in den Kliniken und Praxen der niedergelassenen Tierärzte wurden in gezielten, zeitlich begrenzten Messkampagnen durchgeführt.

Im Rahmen eines Sondermessprogramms wurden diese Messungen ergänzt um Messungen an Wasserphantomen und Tierkörperphantomen, in denen vor allem röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden, die im Praxisalltag nicht oder nur unzureichend messtechnisch begleitet werden konnten, unter realistischen Bedingungen nachgestellt wurden.

Nach entsprechender Qualifizierung der Messsysteme im Rahmen von Phantom- und Pilotmessungen wurden für die Messungen in den Praxen und Kliniken elektronische Personendosimeter eingesetzt, die Messungen an Tierkörperphantomen wurden mit Kombinationen von passiven amtlich anerkannten Dosimetern (TLD) und elektronischen Personendosimetern durchgeführt. Ebenfalls wurde eine Ionisationkammer bei Phantommessungen und zur Qualifizierung der elektronischen Personendosimeter eingesetzt.

4. *Auswertung und Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“*

Die Messergebnisse wurden systematisch ausgewertet und hinsichtlich der Kategorisierung der zugehörigen röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden aufbereitet und als Matrix und zur Bestimmung der untersuchungsspezifischen Dosis (der so genannten „Job-Exposure“) dokumentiert. Aus den durchgeführten Messungen wurden darüber hinaus Schwankungsbreiten zu den Expositionswerten abgeleitet und in der Matrix dargestellt; hierbei wurden auch die Messergebnisse aus den Phantommessungen berücksichtigt.

2.1.2 Ableitung von Empfehlungen zur Optimierung des Strahlenschutzes bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin

Die Messergebnisse sowie die erstellte „Job-Exposure-Matrix“ wurden hinsichtlich der Ableitung von Maßnahmen zur Optimierung des Strahlenschutzes ausgewertet. Die Empfehlungen wurden als Vorschläge für Beiträge zu Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen zum Strahlenschutz in der Medizin aufbereitet.

2.1.3 Erfahrungsrückfluss aus dem Einsatz elektronischer Personendosimeter in tiermedizinischen Einrichtungen

Der Einsatz elektronischer Personendosimeter im Bereich der Tiermedizin gehört derzeit eher zur Ausnahme. Entsprechend konnten bei der Durchführung dieses Forschungsvorhabens wichtige Erfahrungen zum Einsatz dieser Dosimeter gesammelt und hinsichtlich künftiger Einsatzmöglichkeiten, insbesondere bezüglich der Akzeptanz durch medizinische Anwender, bewertet werden.

2.1.4 Datenerhebung zu röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden in der tierärztlichen Praxis

Ergänzend zur Erfassung der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden auf Grundlage der Erfahrungen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken sowie in den Kliniken und Praxen der niedergelassenen Tierärzte wurde in einem kleinen tiermedizinischen Kammerbereich eine Umfrage in den angeschlossenen Kliniken und Praxen

- zu den dort durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden und
- zu der dort vorhandenen strahlenschutzrelevanten Ausstattung

durchgeführt.

2.2 Überblick zur Strukturierung des Forschungsvorhabens

Die Bearbeitung der in Abschnitt 2.1 beschriebenen Einzelziele erfolgte in drei aufeinander aufbauenden Phasen. Die nachfolgende Abbildung 1 gibt einen Überblick über diese Phasen und ihre wesentlichen Inhalte. Nach einer Phase der Vorbereitung des

Forschungsvorhabens folgten in der zentralen zweiten Phase die Vorbereitung der Messungen und deren Durchführung. In Phase drei wurden schließlich die erfassten Messungen ausgewertet, die Job-Exposure-Matrix erstellt und sonstige Erfahrungen im Sinne der Zielsetzung des Forschungsvorhabens ausgewertet.

Die Abbildung enthält darüber hinaus die Meilensteine, zu denen wesentliche Zwischenergebnisse bereit gestellt wurden („Ergebnismilensteine“). Diese schlossen im Allgemeinen die einzelnen Phasen ab und stellten so den Übergang von einer Phase zur nächsten sicher.

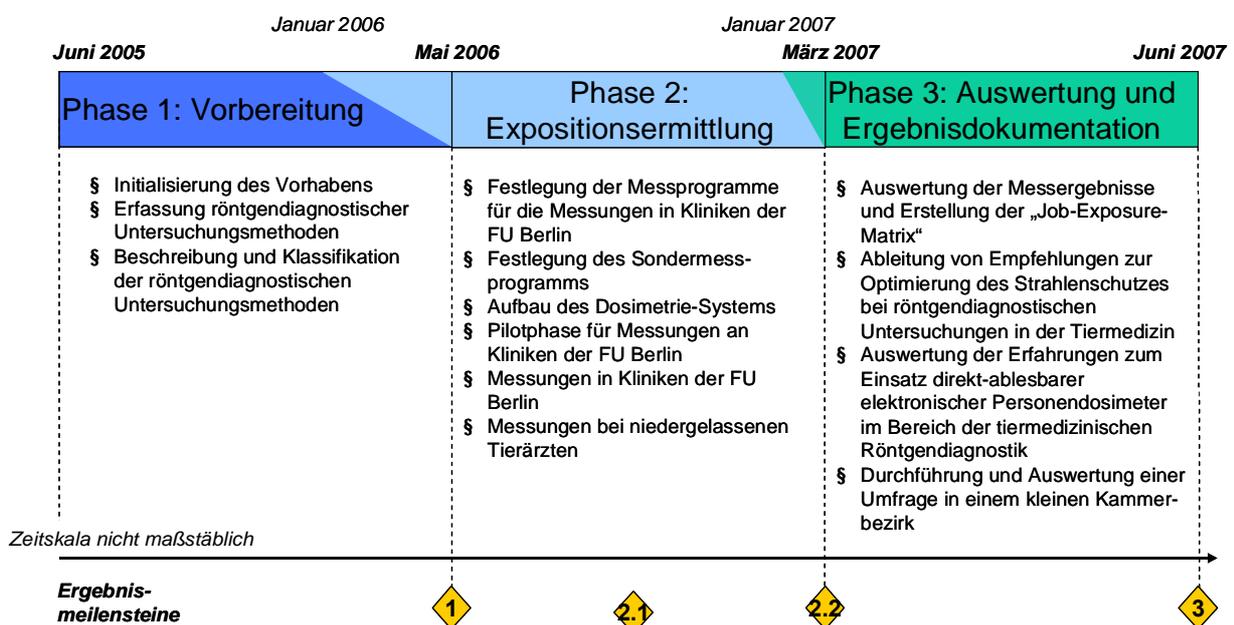


Abbildung 1 Übersicht über die Projektphasen, ihre wesentlichen Inhalte und die Meilensteine des Forschungsvorhabens

Eine detaillierte Erläuterung der drei Phasen erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

Ausgehend von einer erfahrungsgemäß zu erwartenden geringen Teilnehmerzahl wurden gegenüber der ursprünglichen Planung Informationsveranstaltungen mit niedergelassenen Tierärzten zu den Inhalten und Ergebnissen des Forschungsvorhabens zu Gunsten der Ausarbeitung von Informationsmaterialien gestrichen. Diese können direkt an Tierärzte und an Veranstalter von Ausbildungskursen zum Strahlenschutz in der Tiermedizin weitergegeben werden, so dass hierdurch insgesamt nachhaltig und in ge-

eigneter Weise ein Beitrag zur Verbesserung des Kenntnistanandes und zur Weiterentwicklung des Strahlenschutzes in der Tiermedizin geleistet werden kann.

2.2.1 Phase 1: Vorbereitung

Die Vorbereitungsphase diente primär der Initiierung und Planung des Forschungsvorhabens und der Sammlung zentraler Informationen, die für die Gestaltung der nachfolgenden Phasen von zentraler Bedeutung waren.

Neben der eher formalen Initialisierung des Forschungsvorhabens, in der u. a. das Projektteam aufgebaut und eine detaillierte Vorhabensplanung durchgeführt wurde, stand die Erfassung der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden in den beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin im Mittelpunkt dieser Phase. Diese Daten gaben einen Überblick über die Vielzahl der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden und zusätzliche Anhaltspunkte über deren Häufigkeit, so dass hierauf aufbauend im Bedarfsfalle eine Auswahl der im Rahmen der Messung zu berücksichtigenden Untersuchungsmethoden möglich wurde. Bei der Erfassung wurden darüber hinaus Literaturquellen – sofern vorhanden – ausgewertet. Gleichzeitig wurden auf der Grundlage der erfassten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden ein Beschreibungsraster zur eindeutigen Beschreibung der Untersuchungsmethoden erstellt und eine Kategorisierung unter strahlenschutzrelevanten Gesichtspunkten vorgenommen.

Da zur Ergänzung der Messungen in Kliniken der FU Berlin auch Messungen in Kliniken und Praxen niedergelassener Tierärzte vorgesehen waren, wurden in der Vorbereitungsphase persönliche Kontakte genutzt, um entsprechende freiwillige Teilnehmer für diese Messungen zu identifizieren.

Der erste Meilenstein E1 als Abschluss dieser Phase beinhaltete entsprechend die Bereitstellung der Dokumentation zur Erfassung, Beschreibung und Klassifizierung röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden, differenziert für kleine Haustiere und Großtiere. Ein gesonderter Sachstandsbericht zum Ergebnismilenstein dokumentierte die Durchführung der Phase und die erstellten ergebnisrelevanten Einzeldokumente.

2.2.2 Phase 2: Expositionsermittlung

Die Phase der Expositionsermittlung teilte sich im Wesentlichen in zwei Teilphasen auf, die durch zwei gesonderte Ergebnismilesteine abgeschlossen wurden. In der **ersten Teilphase** wurden die durchzuführenden Messungen vorbereitet. Hierzu zählten:

- die Ausarbeitung der Messprogramme für die Messungen in den beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin, jeweils unter Berücksichtigung der erfassten und kategorisierten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden aus Phase 1 und der tiermedizinischen Erfordernisse an die Untersuchungsmethode, die durch die Messungen nicht beeinträchtigt werden durften;
- die Ausarbeitung von Sondermessprogrammen, die die Durchführung von Phantommessungen am Wasserphantom (Wasserbehälter) wie auch am Tierkörperphantom unterstützten und die bedarfsorientierte Durchführung dieser Messungen im Verlauf der Teilphase zwei auf systematische Grundsätze stellten;
- der Aufbau und die Verifizierung eines für die Messungen in den Kliniken der FU Berlin sowie bei den niedergelassenen Tierärzten geeigneten Dosimetriesystems, bestehend aus elektronischen Personendosimetern und passiven Dosimetern sowie einer Ionisationskammer;
- die pilotartige Durchführung erster Messungen in den beiden am Forschungsvorhaben teilnehmenden Kliniken der FU Berlin zur Sammlung erster Erfahrungen mit dem Ziel, Grundlagen für die Erstellung der Messprogramme zu legen und das Dosimetriesystem hinsichtlich der Handhabung zu erproben.

Der Ergebnismilestein E2.1 schloss diese erste Teilphase ab mit der Bereitstellung der Messprogramme für den routinemäßigen Messbetrieb in den beiden am Forschungsvorhaben teilnehmenden Kliniken der FU Berlin und des Sondermessprogramms. Ein gesonderter Sachstandsbericht zum Ergebnismilestein dokumentierte die Durchführung dieser Teilphase und die erstellten ergebnisrelevanten Einzeldokumente.

In der **zweiten Teilphase** wurden die Messungen durchgeführt und die datenmäßige Grundlage für die Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“ geschaffen. Im Einzelnen zählten hierzu:

- die auf Grundlage der Messprogramme routinemäßig durchgeführten Messungen in den beiden am Forschungsvorhaben teilnehmenden Kliniken der FU Berlin unter Berücksichtigung der Erfordernisse des Klinikalltages;
- die Durchführung von mehrwöchigen Messaufenthalten bei das Forschungsvorhaben unterstützenden niedergelassenen Tierärzten;
- die Durchführung von gezielten Messungen an Tier- oder Wasserphantomen auf Grundlage des Sondermessprogramms und zur Untersuchung spezieller Expositionsbedingungen, die im Rahmen der zuvor genannten Messungen nicht dosimetrisch begleitet werden konnten (insbesondere im Falle von Handdosen oder Expositionssituationen, in denen aufgrund von räumlicher Enge keine entsprechende dosimetrische Begleitung möglich war).

Diese zweite Teilphase schloss mit dem Ergebnismilenstein E2.2 ab, zu dem keine gesonderten Ergebnisdokumente erstellt wurden. Auch hier dokumentierte ein gesonderter Sachstandsbericht die Durchführung der Teilphase.

2.2.3 Phase 3: Auswertung und Ergebnisdokumentation

In Phase 3 des Forschungsvorhabens wurden die erfassten Daten zur Exposition des Fach- und Hilfspersonals ausgewertet und als „Job-Exposure-Matrix“ aufbereitet. Hierbei wurde auf die Kategorisierung der Untersuchungsmethoden aus der Phase 1 zurückgegriffen. Auf der Grundlage dieser Kategorisierung wurden darüber hinaus röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden, die unter Expositionsgesichtspunkten vergleichbar waren, zusammengefasst, um einerseits die Statistik der ermittelten Daten zu erhöhen und gleichzeitig die Anwendbarkeit der „Job-Exposure-Matrix“ zu vereinfachen.

Darüber hinaus wurden in dieser Phase 3 die Erfahrungen aus der Durchführung des Forschungsvorhabens ausgewertet:

- Ableitung von Empfehlungen zur Optimierung des Strahlenschutzes bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin, und
- Erfahrungen aus dem Einsatz elektronischer Personendosimeter in tiermedizinischen Einrichtungen.

Ihre Dokumentation erfolgt im Rahmen des vorliegenden fachlichen Abschlussberichts.

Schließlich wurde parallel zur detaillierten Auswertung der Messdaten und aufbauend auf ersten Ergebnissen zur Häufigkeit der einzelnen röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden die Befragung niedergelassener Tierärzte in einem kleinen Kammerbezirk durchgeführt. Die Ergebnisse der Befragung werden ebenfalls in diesem fachlichen Abschlussbericht dokumentiert.

2.3 Zusammenfassung der Durchführung des Forschungsvorhabens

Das Forschungsvorhaben *„Häufigkeit der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden bei niedergelassenen Tierärzten in einem kleinen Kammerbezirk“* wurde im Zeitraum Juni 2005 bis Juni 2007 von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH in Kooperation mit der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin und der Klinik und Poliklinik für Kleine Haustiere der Freien Universität Berlin durchgeführt. Die Durchführungszeiträume der einzelnen Phasen können dabei der Abbildung 1 entnommen werden.

Während der Durchführung des Forschungsvorhabens fanden fortlaufend Arbeits- und Projektgespräche mit dem Auftraggeber statt, um über den Fortgang der Arbeiten und die erreichten Zwischenziele zu berichten. Insgesamt fanden fünf Gespräche statt. Ergänzend hierzu wurden bei Erreichen der Ergebnismilesteine E1, E2.1 und E2.2 Sachstandsberichte zur Information des Auftraggebers erstellt (/GRS 06.1/, /GRS 06.2/, /GRS 07.1/).

Einzelne Aspekte der Durchführung werden nachfolgend zusammengefasst:

- ***Messungen zur Strahlenexposition***

Insgesamt wurden von März 2006 bis Januar 2007 1373 Untersuchungen in der beteiligten Großtierklinik der FU Berlin sowie 2772 Untersuchungen in der beteiligten Kleintierklinik messtechnisch erfasst. Die angestrebte Statistik von 1000 Untersuchungen bei Großtieren und 1000 Untersuchungen von kleinen Haustieren konnte somit erreicht werden. Die Rohdatensätze wurden einer Prüfung unterzogen, um fehlerhafte Datensätze, oder solche, für die Messdaten unter unzulässigen Messbedingungen ermittelt wurden, auszuschließen. Im Rahmen der Auswertung und Erstellung der „Job-

Exposure-Matrix“ wurden insgesamt 26.720 Einzeldosen berücksichtigt. Hierbei wurden 42 bzw. 57 röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden kategorisiert.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Häufigkeitsverteilung der bei den Messungen in der am Forschungsvorhaben beteiligten Großtierklinik der FU Berlin erfassten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden.

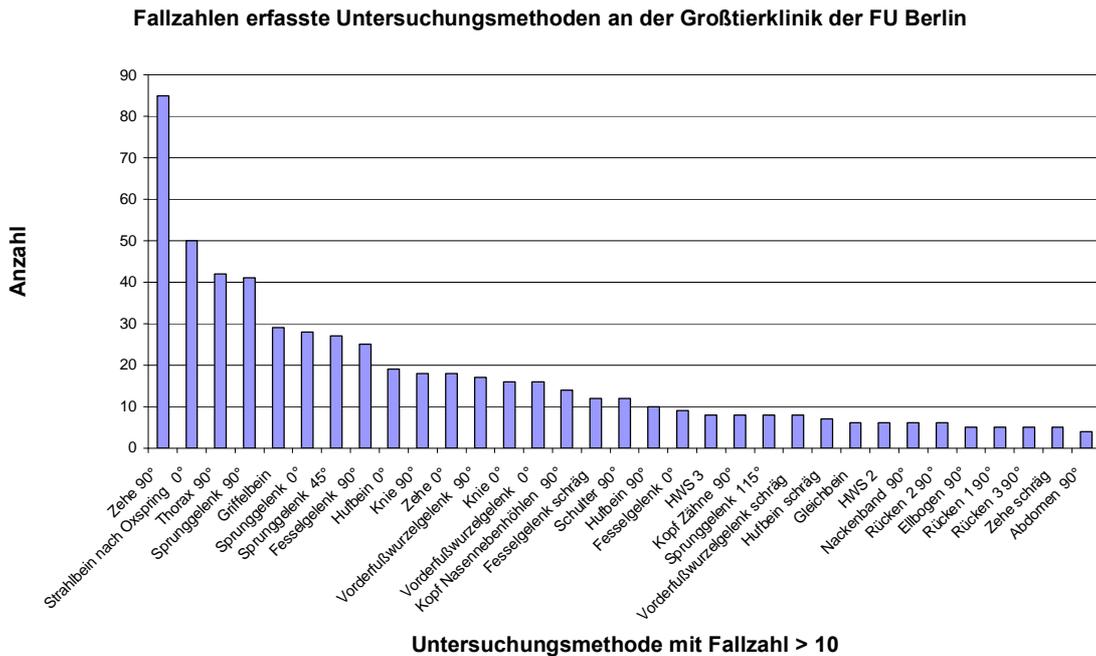


Abbildung 2 Häufigkeitsverteilung der erfassten Untersuchungsmethoden in der am Forschungsvorhaben beteiligten Großtierklinik der FU Berlin (Basis: Job-Exposure-Matrix)

Bei insgesamt vier im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland niedergelassenen Tierärzten, die auf freiwilliger Basis die Arbeiten dieses Forschungsvorhabens unterstützt haben, wurden im Zeitraum Mai 2006 bis Oktober 2006 in 13 Wochen 1.955 röntgendiagnostische Untersuchungen dosimetrisch begleitet. Nach Prüfung der Rohdaten wurden 22.312 Einzeldosen bei der Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“ berücksichtigt. Exemplarisch zeigt die nachfolgende Abbildung 3 einen Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der dosimetrisch begleiteten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden für einen niedergelassenen Tierarzt und für die am Forschungsvorhaben beteiligte Großtierklinik der FU Berlin.

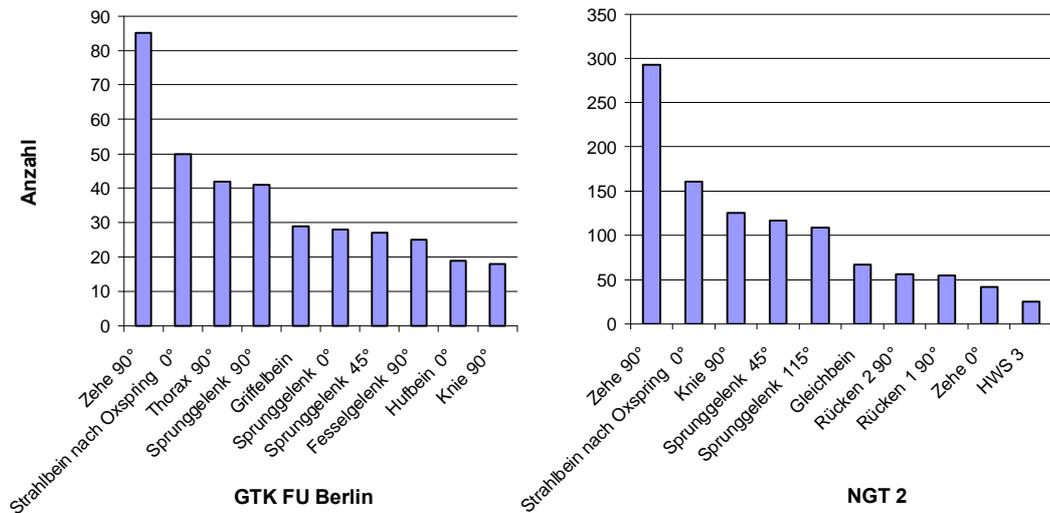


Abbildung 3 Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der dosimetrisch begleiteten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden für einen niedergelassenen Tierarzt (Abbildung rechts) und für die am Forschungsvorhaben beteiligte Großtierklinik der FU Berlin (Abbildung links)

Eine Übersicht zu den erfassten Untersuchungen und Einzeldosen gibt nachstehende Aufstellung:

KTK (Kleintierklinik FU Berlin)

- Erfasste Untersuchungsmethoden 57
- Erfasste Untersuchungen 2.428
- Erfasste Einzeldosen 19.550

GTK (Großtierklinik FU Berlin)

- Erfasste Untersuchungsmethoden 42
- Erfasste Untersuchungen 611
- Erfasste Einzeldosen 7.170

Niedergelassene Kleintierpraxis (1 Praxis)

- Erfasste Untersuchungsmethoden 22
- Erfasste Untersuchungen 120
- Erfasste Einzeldosen 699

Niedergelassene Großtierpraxen (3 Praxen)

- Erfasste Untersuchungsmethoden 42
- Erfasste Untersuchungen 1.835
- Erfasste Einzeldosen 21.613

Vorlaufend und ergänzend zu den Messungen in den beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Tierkliniken der FU Berlin und bei den niedergelassenen Tierärzten wurden im Zeitraum Januar 2006 bis März 2007 Messungen am Wasserphantom zur Qualifizierung der eingesetzten elektronischen Personendosimeter sowie Messungen an Tierkörperphantomen zur dosimetrischen Untersuchung spezieller röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden durchgeführt. Abbildung 4 zeigt hierzu beispielhaft eine nachgestellte röntgendiagnostische Untersuchung an einem toten Hund.



Abbildung 4 Beispiel für eine Messung am Tierkörperphantom, hier an einem toten Hund, Untersuchung 1.8: Abdomen V/D ; 70 kV – 8,49 mAs – 25,8 ms

Bei den Phantommessungen wurden, abhängig von den zu erwartenden Dosisleistungen elektronische Personendosimeter, eine Ionisationskammer sowie passive TLD eingesetzt.

Die einzelnen Messungen wurden mit elektronischen Personendosimetern vom Typ ComDos EDM-III der Firma Dosilab AG (früher Comet AG, Schweiz) sowie vom Typ EPD Mk2 der Firma Thermo Fisher Scientific (früher Siemens AG, Deutschland) und passiven Thermolumineszenzdosimetern vom Typ TLD XD-700, ausgegeben und ausgewertet von der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung (LPS) in Berlin, durchgeführt. Darüber hinaus kam bei den Phantommessungen eine Ionisationskammer vom Typ X-Ray-Gamma-Dosimeter RGD 27091 der Firma STEP Sensortechnik und Elektronik Pockau GmbH STEP zum Einsatz. Beim Einsatz der elektronischen Personendosimeter wie auch der Ionisationskammer waren die Anforderungen an den Betriebsbereich hinsichtlich minimaler Pulsdauer und Höhe der kurzfristig vorliegenden Ortsdosisleistung während der Röntgenexposition zu beachten.

- ***Befragung der Tierärzte eines Kammerbezirks***

Ausgehend von den ersten Ergebnissen der in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin sowie bei den niedergelassenen Tierärzten durchgeführten Messungen wurde im Mai 2007 eine Befragung der Tierärzte, die der Tierärztekammer des Bezirks Berlin angeschlossen sind, zum Einsatz röntgendiagnostischer Verfahren durchgeführt. Neben verschiedenen Fragen z.B. zur Größe der Praxis oder Klinik, zu den Häufigkeiten der durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden oder zur strahlenschutztechnischen Ausstattung wurde für zwei Untersuchungsmethoden auch nach den üblicherweise verwendeten technischen Einstellungen der Röntgensysteme gefragt. Insgesamt äußerten sich von den 303 angeschriebenen Tierärzten 52 Tierärzte, wobei in 8 Fällen angegeben wurde, dass bisher keine röntgendiagnostischen Untersuchungen durchgeführt wurden.

3 Messdatenermittlung und Auswertung

Nachfolgend wird die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Messungen zur Strahlenexposition im Detail beschrieben. Im Sinne einer ganzheitlichen, aber transparenten und verständlichen Darstellung der Messungen wird hierbei kein Bezug zu den Projektphasen, wie sie im vorangegangenen Kapitel 2 erläutert wurden, hergestellt. Im Einzelnen werden in den verschiedenen nachfolgenden Abschnitten erläutert:

- die relevanten Daten,
- die Auswahl und Qualifizierung der Dosimetriesysteme zur Expositionsermittlung,
- die Messprogramme und Schwerpunkte zur Durchführung der Messungen, insbesondere in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin,
- die Aufbereitung und Auswertung der Expositionsdaten und die Herleitung der „Job-Exposure-Matrix“,
- die Durchführung von Plausibilitätsprüfungen.

3.1 Festlegung der relevanten Daten

Bei der Festlegung der relevanten Daten wurde unterschieden zwischen

1. dem zu untersuchenden Patient,
2. den technischen und räumlichen Bedingungen,
3. den an den Untersuchungen beteiligten Personen und die Positionen, für die die Exposition ermittelt werden soll.

Ausgehend von den zu untersuchenden Patienten und den hiermit verbundenen deutlich unterschiedlichen Größen (Masse, Volumen) bot sich eine grundsätzliche Unterscheidung nach Großtieren und kleinen Haustieren an. Diese Unterscheidung findet sich in einzelnen nachfolgenden Unterabschnitten wieder und beeinflusste die Durchführung der einzelnen Messungen nicht zuletzt auch, da die beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin nach diesen beiden Patientenklassen unterschieden.

3.1.1 Technische und räumliche Randbedingungen

Die Strahlenexposition des Personals bei der Durchführung der röntgendiagnostischen Untersuchungen wurde durch verschiedene technische wie auch räumliche Randbedingungen beeinflusst, die zur späteren Interpretation der ermittelten Expositionen erfasst werden mussten.

Relevante Parameter waren hierbei:

- Strahlengang,
- zu untersuchendes Organ,
- Kenngrößen des Röntgensystems,
 - Typ des Röntgensystems (mobil / stationär)
 - Röhrenspannung
 - Strom-Zeit-Produkt
 - Expositionsdauer
 - Filter
 - Bildfokus
 - Raster
- Persönliche Strahlenschutzmittel.

Darüber hinaus beeinflussten die geometrischen Bedingungen, d. h. vor allem der Abstand der jeweiligen Person von dem die Primär-Röntgenstrahlung streuenden Patienten, wie auch das Streuvermögen des Patienten selbst die Höhe der Strahlenexposition. Beide Einflussgrößen ergaben sich näherungsweise aus der Größe und ggf. der Masse des zu untersuchenden Patienten sowie aus dem zu untersuchenden Organ, das bereits in der obigen Liste relevanter Parameter berücksichtigt wurde. Zur Strukturierung dieser Einflussgröße wurden Größe und Masse des Patienten in die nachfolgende Kategorisierung eingestuft.

Die Klassifizierung der Tiere in die Größen- bzw. Masseklassen erfolgte unter Anwendung der in Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgeführten Patientenkategorien. Die Kategorien ergaben sich aus den Erfahrungen der beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kli-

niken und den dort behandelten Patienten. Während bei den Großtieren nur nach Masse unterschieden wurde, wurde für kleine Haustiere nach Tierarten unterschieden und für Hunde darüber hinaus nach Massen.

Tabelle 1 Patientenkategorien zur Klassifizierung von Großtieren bei röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden

Masse	Rasse, ggf. Tierart
mehr als 600 kg	Kaltblut, Kaltblut-Mix, Shirehorse, Friese, Rinderbulle
ab 500 kg bis 600 kg	Warmblut, Edles Warmblut, Polnisches Warmblut, Dänisches Warmblut, Russisches Warmblut, Hannoveraner, Westfale, Oldenburger, Holsteiner, Brandenburger, Sachsen-Anhaltiner, Traber, Thüringer, Appaloosa, Mix, Zangersheide, Würtemberger, Tinka
ab 450 kg bis 500 kg	Vollblut, zierliches Pferd
ab 350 kg bis 450 kg	Kleinpferd, Isländer, Haflinger, Carmaque, Connemara, Quarterhorse, Araber, Araber-Mix, Painthorse
ab 200 kg bis 350 kg	Pony, Jährling, Esel
ab 100 kg bis 200 kg	Fohlen, Shettlandpony, Absätzer, Jährling, Ziege

Tabelle 2 Patientenkategorien zur Klassifizierung von kleinen Haustieren bei röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden

Masse	Tierart
<i>alle</i>	Katze
<i>alle</i>	Exoten mit Kaninchen und Meerschweinchen
<i>alle</i>	Vögel
mehr als 35 kg	Hund
ab 25 kg bis 35 kg	Hund
ab 12 kg bis 25 kg	Hund
ab 6 kg bis 12 kg	Hund
weniger als 6 kg	Hund

3.1.2 Dosimetrierte Personen und Messorte zur Expositionsermittlung

Hinsichtlich des personellen Einsatzes bei der Durchführung von röntgendiagnostischen Untersuchungen wurde zwischen Untersuchungen an Großtieren und an kleinen Haustieren zu unterscheiden. Entsprechend werden nachfolgend die zu dosimetrierenden Personen und die im Forschungsvorhaben hierbei berücksichtigten Messorte für beide Klassen von Untersuchungen getrennt von einander beschrieben.

3.1.2.1 Untersuchungen an Großtieren

Sowohl an der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der FU Berlin als auch bei den niedergelassenen Tierärzten waren bei den routinemäßigen Röntgenuntersuchungen in der Regel drei Personen (Tierarzt, Tierarzthelferin / Tierarzthelfer, technisches Personal) an der Untersuchung beteiligt. Dies waren:

- **der Schütze**, d. h. die Person, die für die Ausrichtung und Auslösung der Röntgenröhre verantwortlich war,
- **der Kassettenhalter**, d. h. die Person, die für die Ausrichtung der Kasette zur Röntgenröhre mittels manueller Fixierung oder durch Zuhilfenahme eines mechanischen Kassettenhalters zuständig war,
- **der Pfleger**, d. h. die Person, die am Kopf des Patienten, in der Regel des Pferdes, stand und diesen während der Aufnahme festhielt.

Die Funktion des Pflegers wurde in der Regel durch angestellte **Pfleger** oder technisches Personal bzw. Tierarzthelfer/in der Klinik oder Praxis wahrgenommen. In seltenen Fällen wurde bei der Durchführung der Messungen in Kliniken oder Praxen niedergelassener Tierärzte der Patient von dem Besitzer selbst festgehalten. In diesen Fällen wurde der Besitzer ebenfalls dosimetriert und die Daten entsprechend für die Funktion des Pflegers in den zu erstellenden Messprotokollen berücksichtigt.

Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt beispielhaft die Positionen des untersuchenden Personals bei der nachgestellten Durchführung einer Röntgenaufnahme an einem Pferd.

Die Exposition des Personals wurde auf Höhe der Schilddrüse, der Gonaden und der Füße ermittelt. Aufgrund der im Allgemeinen fehlenden Befestigungsmöglichkeiten für die Dosimeter wurde die Exposition auf Höhe der Brust noch in seltenen Fällen ermittelt; sie konnte aber über die ermittelte Exposition an der Schilddrüse und an den Gonaden abgeschätzt werden. Die Dosimeter (im Allgemeinen elektronische Personendosimeter) wurden hierzu wegen der zu erwartenden geringen Höhe für eine einzelne Exposition aus Gründen der Nachweisgrenzen vor dem jeweils getragenen Bleischutz fixiert. Bei der Fixierung wurde darauf geachtet, dass das Personal in seiner Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt wurde. In einzelnen Fällen wurde die Exposition der Gonaden auch unterhalb des Bleischutzes ermittelt.



Abbildung 5 Positionen des an der Durchführung einer Röntgenaufnahme an einem Pferd beteiligten Personals (nachgestellte Situation)

In einigen Fällen wurde zusätzlich die Exposition der Hand des Kassettenhalters ermittelt. Da hierbei eine Fixierung der elektronischen Personendosimeter im Verlauf einer röntgenologischen Untersuchung die Bewegungsfreiheit des Personals stark einschränkte, wurden die Dosimeter alternativ am mechanischen Kassettenhalter oder an den Bleihandschuhen angebracht beziehungsweise diese Trageposition in Phantommessungen detailliert betrachtet.

Für einzelne röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden, deren Rahmenbedingungen (Belichtungszeit, Dosisleistung, Nähe zum Streustrahlkörper) ein Überschreiten

des Regeleinsatzbereiches vermuten ließen, wurden Messungen am Tierphantom durchgeführt. In diesen Fällen wurden die Dosimeter (elektronische Personendosimeter, passive Dosimeter) ebenfalls auf Höhe der Schilddrüse, der Gonaden und an den Füßen vor dem Bleischutz einer Schaufensterpuppe befestigt, die als Ersatz für den entsprechend der Geometrie der Untersuchung (Abstand, Position Tierpfleger zu Patient) ausgerichteten Kassettenhalter diente. Zusätzlich wurden Dosimeter auf Höhe der Stirn bzw. der Augen und der linken und rechten Hand eingesetzt. Messungen unter dem Bleischutz wurden aufgrund dessen Abschirmung unter Berücksichtigung der Nachweisgrenzen der Dosimeter nicht vorgenommen.

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt exemplarisch die Anbringung der elektronischen Personendosimeter an den verschiedenen Messpositionen auf einem Bleischutz.



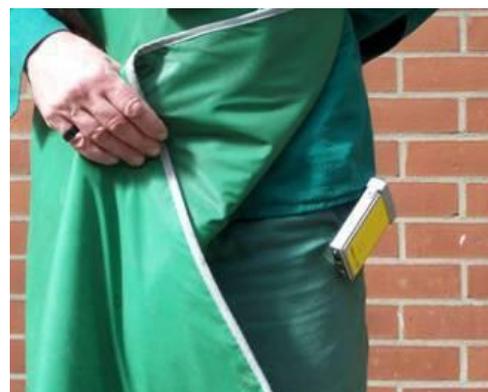
a) Schilddrüse



b) Schilddrüse und Gonade zur Approximation der Brust



c) Gonaden (vor dem Bleischutz)



d) Gonaden (unter dem Bleischutz)



e) FüÙe



f) Hande



g) Kassettenhalter

Abbildung 6 Weitere Beispiele zur Anbringung der elektronischen Personendosimeter

3.1.2.2 Untersuchungen an kleinen Haustieren

Gegenüber dem Personaleinsatz bei der Untersuchung von Großtieren waren sowohl an der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der FU Berlin als auch bei den niedergelassenen Tierärzten bei den routinemäßigen Röntgenuntersuchungen kleiner Haustiere in der Regel ein bis zwei Personen an den Untersuchungen beteiligt. Hierbei handelte es sich um die folgenden Personen (Tierarzt, Tierarzhelfer/in, technisches Personal oder Tierbesitzer):

- **Hauptperson (Verantwortliche Röntgenfachkraft)**, d. h. die Person, die für die Ausrichtung und Fixierung des zu untersuchenden Patienten, z. B. eines Hundes, verantwortlich war,
- **Andere (assistierende / helfende) Person**, d. h. die Person, die die Hauptperson bei der Fixierung des zu untersuchenden Tieres unterstützte.

Beispielhaft zeigt Abbildung 7 die nachgestellte Situation bei der Durchführung einer Röntgenaufnahme eines Hundes.

Für das an der röntgendiagnostischen Untersuchung beteiligte Personal wurden die Exposition auf Höhe der Schilddrüse, der Gonaden und der Brust ermittelt. In orientierenden Messungen wurde auch eine Exposition der FüÙe untersucht; hierbei ergaben sich keine relevanten Expositionen u. a. aufgrund der Abschirmwirkung des Behandlungstisches, so dass eine Expositionsüberwachung der FüÙe in Folge nicht vorge-

nommen wurde. Bei der Fixierung der elektronischen Personendosimeter wurde darauf geachtet, dass das Personal in seiner Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt wurde. Da eine Fixierung der Geräte an der Hand zur Bestimmung deren Exposition im Verlauf einer röntgendiagnostischen Untersuchung die Bewegungsfreiheit des Personals stark einschränken würde, wurden die Dosimeter an den Bleihandschuhen angebracht bzw. in unmittelbarer Nähe der Hand auf dem Behandlungstisch fallspezifisch aufgestellt.



Abbildung 7 Positionen des an der Durchführung einer Röntgenaufnahme an einem Hund beteiligten Personals (nachgestellte Situation)

3.2 Auswahl und Qualifizierung der Systeme zur Expositionsermittlung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens waren unter Berücksichtigung der medizinischen Abläufe in den Kliniken und Praxen die Expositionen des beteiligten Personals an verschiedenen Messorten zu ermitteln. Hierbei waren nach Möglichkeit die Expositionen als $H_p(10)$ oder als $H_p(0,07)$, ggf. in Näherung zu ermitteln. Die eingesetzten Dosimeter und Messsysteme trugen dieser Zielsetzung Rechnung.

3.2.1 Vorbemerkung

Vorbereitend zur Festlegung des Systems zur Ermittlung der Exposition des Fachpersonals bei der Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen wurden Voruntersuchungen zu den zu erwartenden Expositionswerten durchgeführt. Hierzu wurde verfügbare Literatur (VÖS 99) ausgewertet, sowie orientierende Messungen an einem Wasserphantom durchgeführt.

Aus der Literatur ergaben sich je nach Messort und Untersuchungsmethode Expositionen für eine einzelne Untersuchung (ggf. bestehend aus mehreren einzelnen Röntgen-

aufnahmen) eines Großtieres in der Regel von $0,3 \mu\text{Sv}$ bis zu $30 \mu\text{Sv}$ (/VÖS 99/, /MAR 05/). In seltenen Einzelfällen wurden auch Expositionen im Bereich von $200 \mu\text{Sv}$ berichtet. Die Expositionsdaten waren hierbei ohne Abschirmung ermittelt worden. Ergänzend hierzu wurden eigene Messungen an einem Wasserphantom durchgeführt, um Informationen über die Höhe der Ortsdosisleistung infolge der vom Patienten ausgehenden Sekundärstrahlung zu erhalten (/GRS 06.3/, siehe hierzu auch Teilabschnitt 3.2.3). In einem einfachen Aufbau, in dem ein quaderförmiger Wasserbehälter geröntgt wurde, wurde die vom Wasserbehälter ausgehende Sekundärstrahlung mit elektronischen Personendosimeter und der Ionisationskammer ermittelt. Die nachfolgende Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse für die Messungen mit der Ionisationskammer. Bei Abständen von 20 cm vom Streukörper sind Expositionen im Bereich $15 \mu\text{Sv}$ bis $25 \mu\text{Sv}$ beobachtbar.

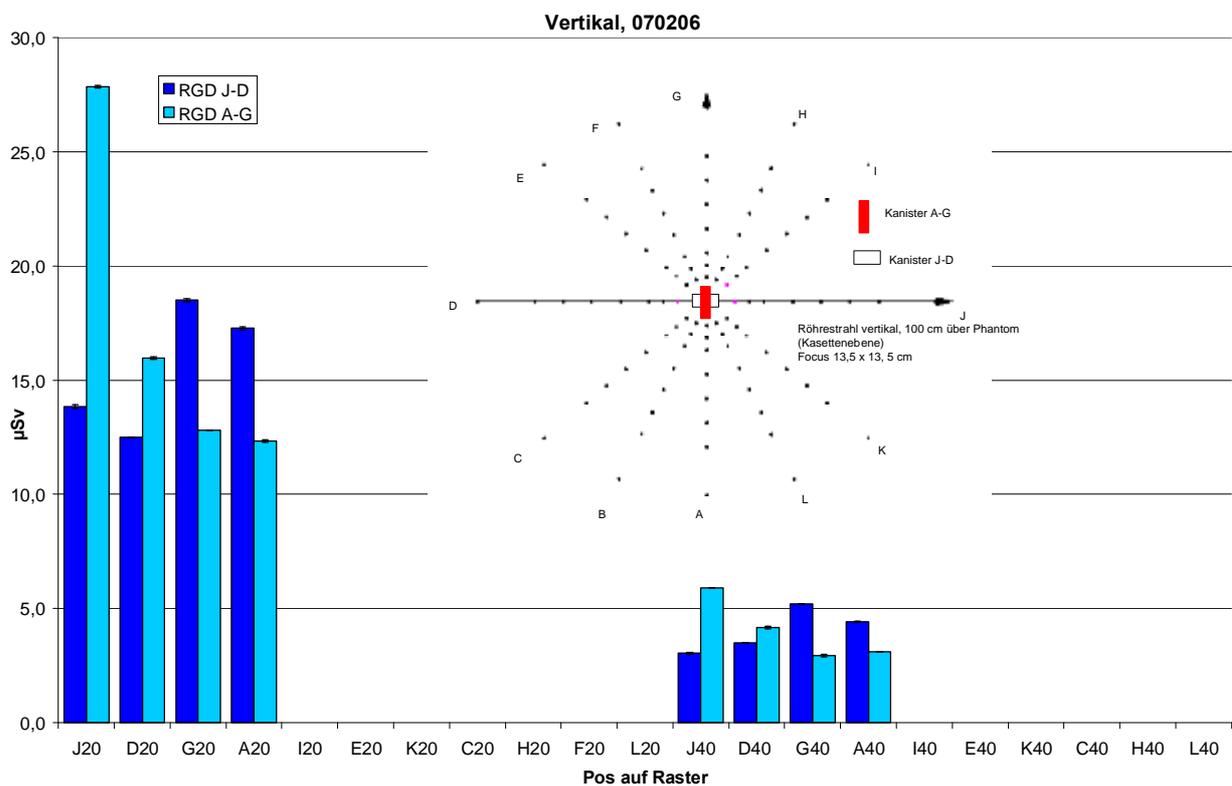


Abbildung 8 Ergebnisse orientierender Messungen am Wasserphantom, ermittelt mit einer Ionisationskammer vom Typ STEP RDG 27091 (Primärstrahl von oben)

Für die Durchführung von Untersuchungen bei kleinen Haustieren wurden in der Literatur, wiederum abhängig von Messort und Untersuchungsmethode Expositionen von bis

zu 20 μSv berichtet (/NIE 05/). Orientierende Messungen in der am Forschungsvorhaben beteiligten Klinik für kleine Haustiere ergaben Werte bis zu 15 μSv und passten damit zu den Literaturwerten. Messungen an Tierkörpern (/KOE 06/) gaben Hinweise, dass auch Dosen oberhalb von 50 μSv je Einzelexposition zu erwarten waren.

Zusammenfassend zeigte sich, dass die Dosimeter in der Lage sein mussten, Expositionen im Bereich bis zu einigen 10 μSv zu ermitteln. Insbesondere für Aufnahmen des Körperstammes (Thorax, Abdomen, Becken) waren Dosen zu erwarten, die Werte von 10 μSv / Aufnahme teils beträchtlich überschreiten würden. Neben dieser Nachweisgrenze war bei der Wahl der Dosimeter ebenfalls zu berücksichtigen, dass abhängig von der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode und dem eingesetzten Röntgensystem sehr kurzzeitige Expositionsdauern auch unterhalb von 5 ms und sehr hohe, kurzzeitig anliegende Ortsdosisleistungen, auftreten konnten. Bei 5 ms Belichtungszeit führen bereits als Dosis gemessene 14 μSv zu einer Dosisleistung von 10 Sv/h und damit zum Überschreiten des Regeleinsatzbereiches. Die orientierenden Messungen am Wasserphantom zeigten hierzu, dass bei einem Abstand von etwa 10 cm vom Streuobjekt in der Streustrahlung eine Ortsdosisleistung von 5 Sv/h ohne weiteres vorliegen kann.

3.2.2 Dosimetriesysteme

Ausgehend von den Messerfordernissen wurden zur Ermittlung der Strahlenexposition des Personals elektronische Personendosimeter, passive Thermolumineszenzdosimeter und eine Ionisationskammer eingesetzt.

Grundsätzlich wurden zur Expositionsermittlung in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin und bei den niedergelassenen Tierärzten elektronische Personendosimeter eingesetzt, sofern nicht spezielle Randbedingungen wie Ortsdosisleistungen, Expositionsdauer oder Erfordernisse des medizinischen Alltags dies verhinderten. Entsprechend wurden die Thermolumineszenzdosimeter sowie die Ionisationskammer bei Messungen am Tierkörperphantom sowie bei den Messungen zur Qualifizierung der Dosimetriesysteme eingesetzt.

In den nachfolgenden Unterabschnitten werden nun die wesentlichen Eigenschaften der Dosimeter zusammengestellt. Weitere Details sind im Anhang in Kapitel 7.1 sowie

in den Informationen der Hersteller (/DOS 05/, /DOS 06/, /STEP 02/, /STEP 06/, /THE 07/) zu finden.

3.2.2.1 Elektronische Personendosimeter

Um einen möglichst störungsfreien Ablauf der röntgendiagnostischen Untersuchungen zu gewährleisten, wurden elektronische Personendosimeter eingesetzt, die eine Speicherung mehrerer Expositionen (Dosiswerte $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$ und Zeitpunkt der Exposition) erlaubten und keine visuelle Auslesung und Dokumentation der Expositionsdaten nach jeder röntgendiagnostischen Untersuchung erforderten. Eingesetzt wurden elektronische Personendosimeter zweier Hersteller:

- ComDos EDM-III der Firma Dosilab AG (früher Comet AG, Schweiz)
- EPD MK2 der Firma Thermo Fisher Scientific (früher Siemens AG, Deutschland).

Die Abbildung 9 zeigt die beiden elektronischen Personendosimeter.



Abbildung 9 Darstellung der eingesetzten elektronischen Personendosimeter
(links: ComDos EDM-III (nach /COM 06/),
rechts: EPD MK2 (nach /THE 07/))

ComDos EDM-III

Beim ComDos EDM-III handelt es sich um ein halbleiterbasiertes elektronisches Personendosimeter zur Messung von $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$ mit einer Nachweisgrenze von $1 \mu\text{Sv}$. Der Energiebereich liegt zwischen 20 keV und 1,5 MeV für Röntgen- und Photonenstrahlung. Die Auflösung liegt bei $1 \mu\text{Sv}$. Das Dosimeter genügt der Norm IEC 61526:2005-02, deren Einhaltung durch ein akkreditiertes Prüflabor (/PSI 06/) überprüft wurde. Das Dosimeter verfügt u. a. über einen Zeitspeicher und erlaubt hier-

über die Aufzeichnung von bis zu 50 Expositionswerten mit dem Zeitpunkt der Exposition; die hierbei mögliche minimale zeitliche Auflösung der Expositionen liegt bei einer Minute, so dass zwei Expositionen innerhalb einer Minute als eine Exposition interpretiert werden.

Die genannte Norm fordert u. a. den einwandfreien Betrieb in Ortsdosisleistungsfeldern von bis zu 1 Sv/h. Nach Auskunft des Herstellers wurde bei Herstellertests ein einwandfreier Betrieb mit guter Übereinstimmung der ermittelten Dosis auch in Ortsdosisleistungsfeldern bis zu 8 Sv/h festgestellt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Vergleichstests (siehe Abschnitt 3.2.3) mit einer Ionisationskammer und Thermolumineszenzdosimetern durchgeführt, die einen Einsatz der Dosimeter in Dosisleistungsfeldern bis 4 Sv/h bestätigen.

Neben den Dosimetern wurde ein Hardware- und Softwarepaket eingesetzt, um vor Beginn der Messungen relevante Parameter auf die Dosimeter zu laden und nach Ende der Messungen die Expositionsdaten herunter zu laden und weiterzuverarbeiten.

EPD MK2

Beim EPD MK2 handelt es sich ebenfalls um ein halbleiterbasiertes elektronisches Personendosimeter, das über eine Bauartzulassung verfügt und zur Messung von $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$ geeignet ist. Die Nachweisgrenze liegt bei 1 μSv . Der Energiebereich liegt zwischen 15 keV und 6 MeV für Röntgen- und Photonenstrahlung. Die Auflösung liegt bei 1 μSv für Dosismessungen. Das Dosimeter verfügt über einen dynamisch verwalteten Datenspeicher und erlaubt in Abhängigkeit von der eingestellten Integrationszeit (Zeitauflösung) und der gemessenen Dosisleistung die Speicherung von 250 bis 348.000 Expositionswerten mit zugehörigem Zeitpunkt. Die zeitliche Auflösung zweier getrennter Expositionen liegt minimal bei 2 s.

Nach Angaben des Herstellers ist das Dosimeter für den Einsatz in Ortsdosisleistungsfeldern bis zu 50 Sv/h geeignet, allerdings werden die Dosen bei Ortsdosisleistungen oberhalb von 4 Sv/h nicht mehr als Einzeldosen, sondern als kumulierte Dosen ausgewiesen. Wie im Falle des ComDos EDM-III wurde das EPD MK2 einem Vergleichstest unterzogen, um seine Eignung für hohe Dosisleistungsfelder zu prüfen.

Entsprechend den Informationen des Herstellers (/THE 01/) schwankt das Ansprechvermögen des EPD MK2 im niedrigen Energiebereich, so dass eine mittlere Korrektur

der angezeigten Dosiswerte bei röntgendiagnostischen Untersuchungen mit einer Röntgenröhrenspannung von weniger als 70 keV in der Auswertung der Messdaten vorgenommen wurde. Der Korrekturfaktor betrug 1,1.

Auch die EPD MK2 wurden über eine entsprechende Schnittstelle mit den erforderlichen Parametern vor Beginn der Messungen geladen und nach Abschluss der Messungen ausgelesen.

3.2.2.2 Passive Thermolumineszenzdosimeter

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens eingesetzten Thermolumineszenzdosimeter vom Typ TLD XD-700 wurden von der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung (LPS) in Berlin ausgegeben und unter Berücksichtigung der Eigenschaften des jeweils genutzten Röntgensystems im Rahmen einer Sonderdosimetrie ausgewertet. Ermittelt wurde die Personentiefendosis H_x . Nach erfolgter Energiekorrektur auf die Qualität der Strahlenqualität (z. B. weich, C60, mittlere Energie 38 keV entsprechend einer Röhrenspannung von etwa 60 kV) konnte die Dosis als $H_p(10)$ ausgegeben werden, sofern die Bestrahlung auf einem Phantom erfolgte. Die Bestimmung der mittleren Energie erfolgte anhand des PTB-DOS-34 (/PTB 00/), wobei die Angaben zur ungefilterten Röntgenstrahlung (Eigenfilter der Röhre) und die übliche RQR-Strahlenqualität mit einem Filter von 2,5 mm Al verwendet wurden. Die Angaben zur gewählten kV-Einstellung der Röntgenröhre wurden der Messstelle vorab mitgeteilt.

Der Energiebereich der Dosimeter liegt zwischen 15 keV und 3 MeV. Die Dosimeter besitzen eine Nachweisgrenze von 50 μ Sv und eigneten sich daher nur bedingt für den Einsatz während der Messungen in den Kliniken der FU Berlin und bei den niedergelassenen Tierärzten, da hier überwiegend Dosiswerte unterhalb der Nachweisgrenzen zu erwarten waren. Entsprechend wurden die Thermolumineszenzdosimeter bei Messungen am Wasserphantom (siehe Abschnitt 3.2.3) sowie an Tierkörperphantomen (siehe Abschnitt 3.3.2.3) eingesetzt, bei denen eine Untersuchungsmethode mehrfach wiederholt werden konnte, um entsprechend hohe Gesamtexpositionen für eine Untersuchungsmethode zu erreichen. Darüber hinaus gelang es, durch Maßnahmen der Sonderdosimetrie (u. a. Einsatz mehrerer Null-Dosis-Messungen, kurzer Zeitraum zwischen Exposition und Auswertung) die Nachweisgrenze in einigen Messungen auf unter 20 μ Sv zu senken.

3.2.2.3 Ionisationskammer

Im Rahmen der Messungen am Wasserphantom wurde eine Ionisationskammer vom Typ X-Ray-Gamma-Dosimeter RGD 27091 der Firma Sensortechnik und Elektronik Pochau (STEP) eingesetzt, mit der Photonen-Äquivalentdosis und Photonen-Äquivalentdosisleistung für Röntgen- und Photonenstrahlung gemessen werden können. Die Ionisationskammer besitzt eine Bauartzulassung. Der Energiebereich liegt zwischen 6 keV bis 100 keV (ohne Verstärkerkappe) und 20 keV bis 7,5 MeV. Die Nachweisgrenze liegt bei 0,01 μSv mit einer Auflösung von 0,01 μSv jeweils in empfindlichsten Messbereich (/STEP 02/). Grundsätzlich ist die Ionisationskammer für den Einsatz in Röntgenfeldern geeignet und wurde entsprechend eingesetzt. Als qualitätssichernde Maßnahme wurde eine Werkskalibrierung des Gerätes durchgeführt und die Funktionstüchtigkeit des Gerätes nachgewiesen.

Die nachfolgende Abbildung 10 zeigt die Ionisationskammer mit Anzeigeeinheit.

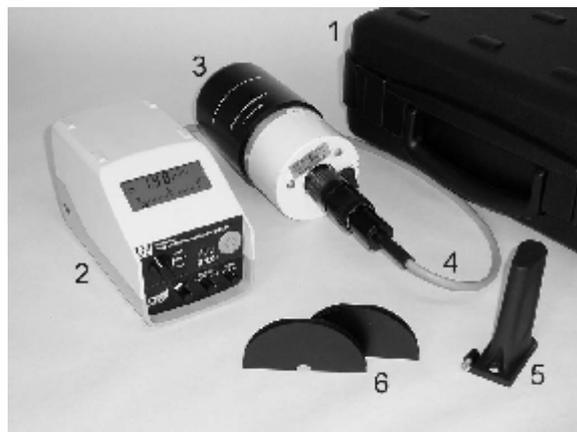


Abbildung 10 Abbildung zur verwendeten Ionisationskammer (nach /STEP 02/)

(2 - Anzeigeeinheit, 3 – Ionisationskammer)

Entsprechend den Angaben des Herstellers (/STEP 02/) wurde die angezeigte Dosis H_x unter Verwendung der Werte der Tabelle 3 und unter Berücksichtigung der Röhrenspannung des verwendeten Röntgensystems in die Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$ umgerechnet.

Tabelle 3 Umrechnungsfaktoren für die Ionisationskammer RGD 27091

Röntgenstrahlungsfeld Erzeugerspannungen größer als 400 kV und Elektronenbeschleuniger	$H^*(10)/H_X = 1,0$	$H'(0.07)/H_X = 1,0$
Röntgenstrahlungsfeld Erzeugerspannungen von 50 kV bis 400 kV ^{b)}	$H^*(10)/H_X = 1,3$	$H'(0.07)/H_X = 1,3$
Röntgenstrahlungsfeld Erzeugerspannungen kleiner oder gleich 50 kV	$H^*(10)/H_X = 1,0$	$H'(0.07)/H_X = 1,0$

Für die Ionisationskammer steht keine DV-technische Verarbeitungsoption zur Verfügung, so dass nach jeder Messung der Wert der Exposition von der Ableseeinheit abgelesen werden muss.

3.2.3 Qualifizierung der Dosimeter

Bei der Überprüfung der Einhaltung der Norm IEC 61526 für das ComDos EDM-III bzw. der Feststellung der Bauartzulassung für das EPD MK2 wurde die Korrektheit der Dosisangabe bei Ortsdosisleistungen bis 1 Sv/h festgestellt. Darüber hinaus werden nach Auskunft der Hersteller auch in Ortsdosisleistungen oberhalb von 1 Sv/h die Dosen noch hinreichend genau ermittelt (siehe hierzu Abschnitte 3.2.2.1 und 3.2.2.2). Nicht Bestandteil der Norm oder Bauartzulassungsbedingungen sind allerdings der Einsatz in gepulsten Feldern, wie sie im Rahmen röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden vorliegen. Nach Herstellerinformationen ist ein solcher Einsatz aber grundsätzlich möglich ebenso wie in Ortsdosisleistungsfeldern oberhalb von 1 Sv/h.

In einem Vergleichstest an einem Wasserphantom, repräsentiert durch einen 5 l Wasserkanister (24 cm x 17 cm x 14 cm), wurde exemplarisch die Übereinstimmung der Dosiswerte zwischen den elektronischen Personendosimetern, der Ionisationskammer und Thermolumineszenzdosimetern überprüft und eventuelle Erkenntnisse über die Einsatzbedingungen hinsichtlich der kurzfristig anliegenden Ortsdosisleistung gewonnen. Hierzu wurden jeweils ein Dosimeter vom Typ ComDos EDM-III und vom Typ

EPD MK2 sowie verschiedene Thermolumineszenzdosimeter und die Ionisationskammer dem Streufeld des Wasserphantoms ausgesetzt. Abbildung 11 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Messanordnung einschließlich der Positionen der Dosimeter, die während der Messungen nacheinander eingenommen wurden.

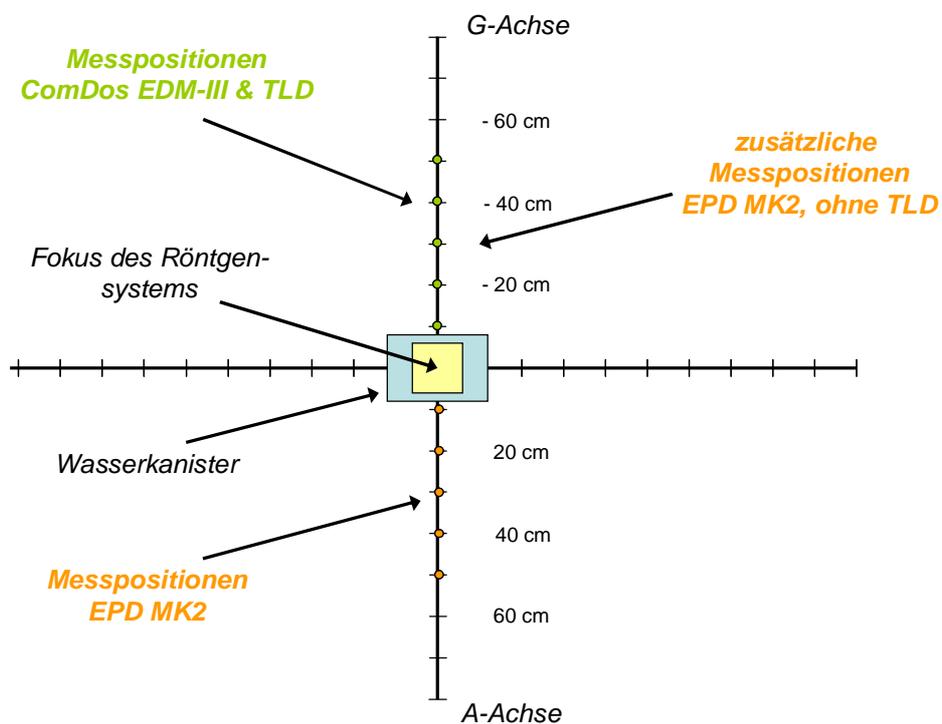


Abbildung 11 Prinzipieller Aufbau zur Durchführung der Messungen am Wasserphantom zur Qualifizierung der elektronischen Personendosimeter (Primärstrahl zeigt in die Abbildungsebene hinein)

Der Primärstrahl wurde von oben auf das Wasserphantom gerichtet. Das Röntgensystem wurde bei einer Röhrenspannung von 66 kV und einem Stromzeitprodukt von 45 mAs und einer Expositionsdauer von 45 ms betrieben.

Als Referenzwert für den Vergleich wurden die Dosiswerte der Thermolumineszenzdosimeter verwandt.

Die Thermolumineszenzdosimeter wurden während der Messung auf dem Com-Dos EDM-III Dosimeter auf der A-Achse und auf dem EPD MK2 Dosimetern auf der G-

Achse angebracht und bei jedem Wechsel des Abstandes zum Wasserphantom ausgetauscht. Aufgrund der Nachweisgrenzen der Thermolumineszenzdosimeter wurden für die Abstände 10 cm bis 40 cm jeweils 10 Expositionen, für den Abstand 50 cm 20 Expositionen durchgeführt, um die Nachweisgrenze zu überschreiten.

Die nachfolgende Abbildung 12 zeigt das Ergebnis der Messungen in Abhängigkeit des Abstandes vom Wasserphantom und in Abhängigkeit von der aus den Werten der Thermolumineszenzdosimeter und der Expositionsdauer berechneten Ortsdosisleistung.

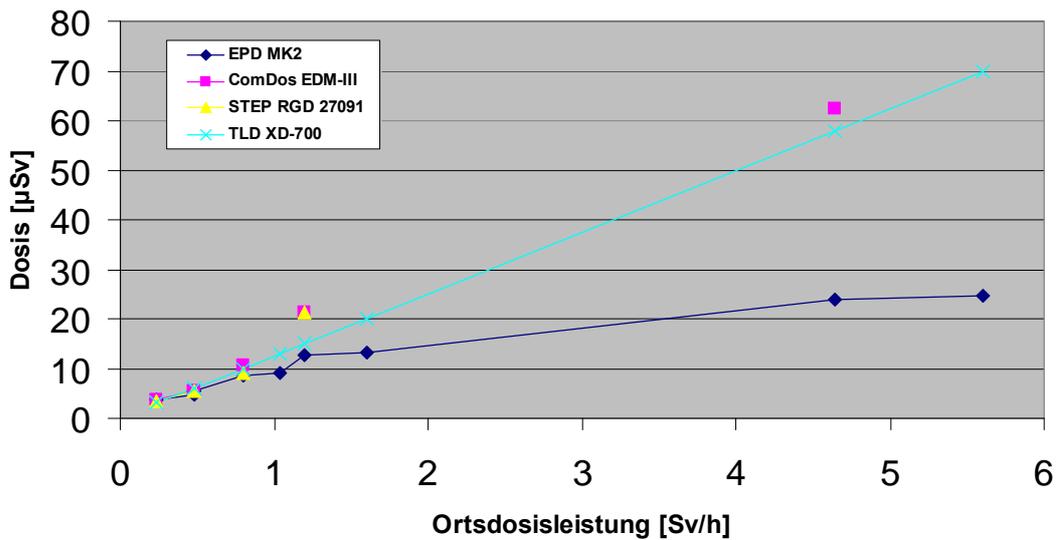
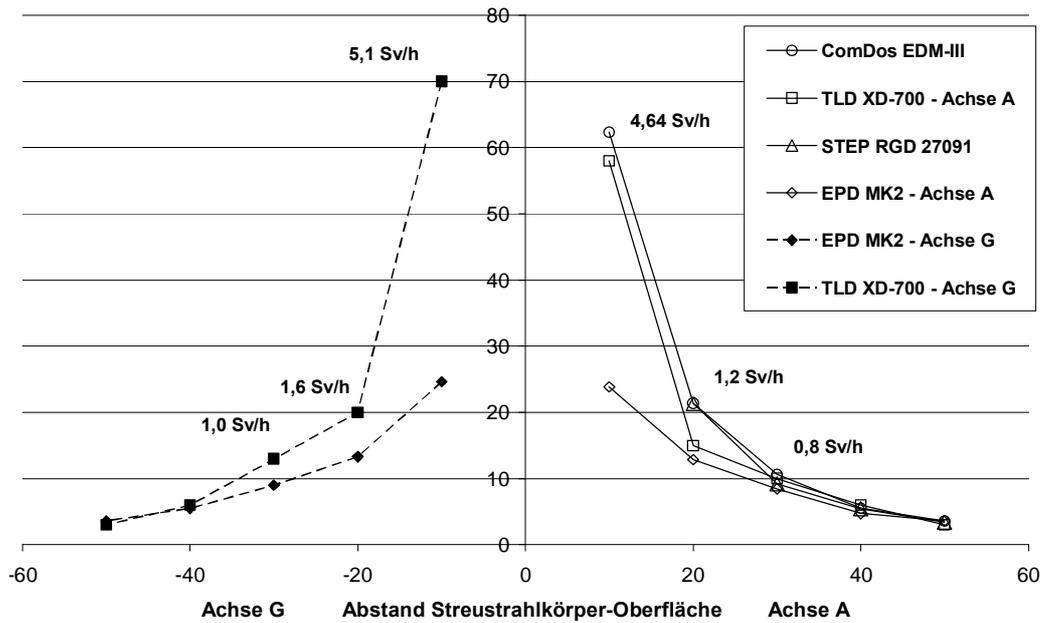


Abbildung 12 Ermittelte Dosiswerte für die unterschiedlichen Dosimeter und Messsysteme im Vergleich (Röhrenspannung: 66 kV, Expositionsdauer: 45 ms) (links: Dosiswerte in Abhängigkeit des Abstandes vom Streukörper, unten: Ermittelte Dosiswerte in Abhängigkeit von der Ortsdosisleistung, abgeleitet aus den Dosiswerten der Thermolumineszenzdosimeter)

Die Vergleichsmessungen zeigten, dass die Dosiswerte für das elektronische Personendosimeter ComDos EDM-III und die Ionisationskammer im untersuchten Dosisleistungsbereich gut übereinstimmen und die Referenzwerte leicht übersteigen. Für das elektronische Personendosimeter EPD MK2 war im Dosisleistungsbereich bis 1,2 Sv/h

ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit den Referenzwerten unter Berücksichtigung der erlaubten Genauigkeit festzustellen. Für Ortsdosisleistungen oberhalb von 1,2 Sv/h wichen dagegen der ermittelte Messwert stärker vom Referenzwert ab.

Insgesamt unterstützte die Vergleichsmessung den für das Forschungsvorhaben vorgeschlagenen Einsatz elektronischer Personendosimeter sowie der Ionisationskammer. Die Vergleichsmessung legte aber auch nahe,

- dass Expositionen, für die im Fall des ComDos EDM-III eine Ortsdosisleistung oberhalb von 4 Sv/h aus dem angezeigten Dosiswert berechnet werden konnte, und
- dass Expositionen, für die im Fall des EPD MK2 eine Ortsdosisleistung oberhalb von 1 Sv/h aus dem angezeigten Dosiswert berechnet werden konnte,

zur Vermeidung von falschen Beiträgen in der zu erstellenden „Job-Exposure-Matrix“ von der späteren Auswertung ausgeschlossen werden sollten.

Darüber hinaus unterstützte die Vergleichsmessung auch den gewählten Ansatz, röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden mit einzelnen zu erwartenden Expositionen in hohen Ortsdosisleistungsfeldern oder mit sehr kurzen Expositionsdauern unter Verwendung der Thermolumineszenzdosimeter in Tierkörperphantommessungen gezielt zu untersuchen (siehe auch den nachfolgenden Abschnitt 3.3).

3.3 Schwerpunkte der Messungen und Messprogramme

3.3.1 Schwerpunkte der Messungen

Schwerpunktmäßig wurden im Forschungsvorhaben dosimetrische Messungen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin durchgeführt. Berücksichtigt wurden alle röntgendiagnostischen Untersuchungen an Haustieren und Großtieren, soweit dies die Erfordernisse des Klinikalltages erlauben. Aufgrund der Patientenzusammenstellung wurden hierbei vornehmlich röntgendiagnostische Untersuchungen an Hunden, Katzen sowie an Pferden dosimetrisch begleitet. Darüber hinaus waren in geringerem Umfang auch röntgendiagnostische Untersuchungen an Kleintieren wie Meerschweinchen, an Reptilien oder an Vögeln Gegenstand der Untersuchungen.

Die Messungen in den Kliniken der FU Berlin wurden ergänzt durch Messungen bei niedergelassenen Tierärzten, die sich zur Unterstützung des Forschungsvorhabens be-

reit erklärt hatten. Ziel dieser ergänzenden Messungen war die Ermittlung von Expositionsdaten außerhalb der klinischen Praxis, um eine größere Bandbreite und Streuung der in die „Job-Exposure-Matrix“ eingehenden Einzeldaten zu erreichen und hierdurch die unterschiedlichen strahlenschutzrelevanten Ausstattungen und Vorgehensweisen partiell in der „Job-Exposure-Matrix“ zu berücksichtigen. Vorhersagen zur Zusammensetzung der Patienten waren im Vorfeld der Messungen nicht möglich, da Art und Umfang der Messungen von der medizinischen Ausrichtung (Kleintierpraxis, Großtierpraxis, gemischte Praxis) und dem jeweiligen Patientenaufkommen abhingen.

Bereits in Abschnitt 3.2 wurde im Zusammenhang mit den Einsatzbedingungen der elektronischen Personendosimeter auf Messungen am Tierkörperphantom eingegangen. Diese Messungen ergänzten ebenfalls die routinemäßigen Messungen in den Kliniken der FU Berlin insbesondere dann, wenn bereits bei der Erstellung der Messprogramme zu hohe Ortsdosisleistungen oder sehr kurze Expositionsdauern zu befürchten waren bzw. sich aus den durchgeführten Messungen ergab, dass die Einsatzbedingungen nicht mehr eingehalten wurden.

3.3.2 Messprogramme

Aufbauend auf den Erfahrungen aus ersten orientierenden Messungen am Wasserphantom sowie ersten Messungen in den beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin wurden Messprogramme für die Messungen in den Kliniken der FU Berlin sowie für die Durchführung von Messungen an Tierkörperphantomen erstellt. Diese dienten der systematischen Durchführung der Messungen und unterstützen eine strukturierte Erfassung der relevanten Daten.

Für die Durchführung der Messungen in den Kliniken und Praxen der das Forschungsvorhaben unterstützenden Tierärzte wurde kein spezielles Messprogramm erstellt. Vielmehr wurden die Messprogramme für die Messungen in den beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin sinngemäß angewandt und bezüglich der Anforderungen an die Erfassung der relevanten Daten in gleicher Weise verwendet. Hinsichtlich der Strukturierung waren alle drei Messprogramme gleichartig aufgebaut: nach Begriffsdefinition, Inhaltsangabe und Einleitung wurden die Festlegungen zu den Messverfahren und zu den röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden erläutert sowie die Durchführung und Dokumentation der Messungen beschrieben. Darüber hinaus waren in den Messprogrammen der am Forschungsvor-

haben beteiligten Kliniken Hinweise und Vorgaben zur Durchführung einer Plausibilitätsüberprüfung und zur Datensicherung enthalten.

In den nachfolgenden Unterabschnitten werden wesentliche Inhalte der einzelnen Messprogramme zusammengefasst. Weitere Details sind in /GRS 06.6/, /GRS 06.7/ und /GRS 06.8/ zu finden.

3.3.2.1 Messprogramm Großtierklinik (Messprogramm GTK)

Das Messprogramm Großtierklinik (Messprogramm GTK) beschrieb die Durchführung der dosimetrischen Messungen bei röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden an der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie an der Freien Universität Berlin (kurz: Großtierklinik). Entsprechend der eingangs erläuterten Strukturierung enthielt das Messprogramm unter anderem Informationen

- zu den anzuwendenden Messverfahren, d. h. zu den einzusetzenden Dosimetern sowie zum Vorgehen bei der Durchführung der Expositionsmessungen,
- zur Auswahl der relevanten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden und
- zu den hierbei zu überwachenden Personen.

Messverfahren

Für die Messungen in der Großtierklinik wurden überwiegend elektronische Personendosimeter vom Typ ComDos EDM-III eingesetzt. Darüber hinaus wurden in einzelnen Messphasen auch elektronische Personendosimeter vom Typ EPD MK2 verwandt.

Hinweis: Sofern zu erwartende Ortsdosisleistungen oder Expositionsdauern einen zuverlässigen Einsatz der elektronischen Personendosimeter nicht mehr zuließen, wurde die zugehörige röntgendiagnostische Untersuchungsmethode auch in den Tierkörperphantommessungen berücksichtigt (siehe nachfolgende Erläuterung).

Auswahl der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden

Zur Vorbereitung des Messprogramms wurden röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden an Großtieren erfasst und klassifiziert (siehe /GRS 06.4/). Hierzu wurden die in der Großtierklinik in 2005 durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungen

ausgewertet und mit Job-Kennziffern zur leichteren Identifikation versehen. Während der Messphase wurden alle sich im Klinikalltag ergebenden röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden dosimetrisch begleitet.

Eine Untersuchungsmethode (sogenannter Job) konnte hierbei durchaus aus mehreren Röntgenaufnahmen bestehen, die messtechnisch, oder, falls die Expositionen zu einzelnen Aufnahmen aufgrund des zeitlichen Abstandes im Dosimeter getrennt erfasst wurden, auch in der späteren Auswertung zusammengefasst werden konnten.

Die Kapazitäten an zur Verfügung stehenden Messmitteln machten keine Schwerpunktbildung bzgl. der bevorzugt zu berücksichtigenden röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode erforderlich. Darüber hinaus wurden auch solche röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden nicht von den Messungen ausgeschlossen, für die die zu erwartende Ortsdosisleistung an einzelnen Messpositionen die Einsatzbedingungen für die Dosimeter überschritten. Ein solcher Ausschluss wurde nicht vorgenommen, da absehbar war, dass

- die elektronischen Personendosimeter keinen Schaden erleiden konnten,
- nicht für alle Messpositionen während einer solchen röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode die genannten Bedingungen erfüllt waren, sondern nur diejenigen, die sich sehr nahe am Streuobjekt (typisch 10 cm bis 20 cm) befanden, und
- ein entsprechender Ausschluss Störungen des Gesamtablaufs im Klinikalltag und eine komplizierte Durchführung der Messprogramme zur Folge gehabt hätte.

Zu überwachende Personen und Messpositionen

Die zu überwachenden Personen und die jeweils relevanten Messpositionen, d. h. Trageorte für die Dosimeter hingen von der Untersuchungsmethode und vom Einzelfall ab. In der Zusammenstellung /GRS 06.4/, auf die im Messprogramm Bezug genommen wurde, waren für den überwiegenden Teil der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden die in der Regel an ihr beteiligten Personen aufgeführt. Hierbei handelte es sich im Allgemeinen um tiermedizinisches Fach- und Hilfspersonal. Den Besitzern der Patienten war der Zutritt zum Röntgenkontrollbereich nur nach vorheriger Unterweisung gestattet, sofern ihre Anwesenheit als notwendig erachtet wurde.

Die nachfolgende Tabelle 4 enthält eine Übersicht der Messpositionen für die einzelnen Personen. Zu beachten ist hierbei, dass nicht alle Personen an allen Messungen beteiligt sein mussten. Ebenso waren nicht für jede röntgendiagnostische Untersuchungsmethode alle Messpositionen zu besetzen, da die zu erwartenden Expositionswerte unterhalb der Nachweisgrenze lagen.

Da alle dosimetrischen Messungen immer unter dem Vorbehalt der Anforderungen eines ungestörten Klinikalltages erfolgten, blieben in einzelnen Fällen auch deshalb einzelne Messpositionen unbesetzt.

Tabelle 4 Messpositionen bei der Durchführung von Messungen in der Großtierklinik

<i>Person</i>	<i>Messposition</i>	<i>Anmerkung</i>
Schütze	Schilddrüse	
	Gonaden	
	Gonaden unter Bleischürze	
	Füße	
	Hand	In Einzelfällen
Kassettenhalter	Schilddrüse	
	Gonaden	
	Gonaden unter Bleischürze	
	Füße	
	Hand	In Einzelfällen
Pfleger	Schilddrüse	
	Brust	In Einzelfällen
	Gonaden	
	Gonaden unter Bleischürze	
	Füße	
	Hand	In Einzelfällen
Ohne Personenbezug	Am mechanischen Kassettenhalter	
	Direkt neben Kassette	simuliert das Halten einer Kassette mit der Hand

Die Bestimmung der Exposition der Hände im Verlauf einer röntgendiagnostischen Untersuchung beschränkte sich auf Einzelfälle, da die Fixierung der Geräte an der Hand die Bewegungsfreiheit des Fach- und Hilfspersonals stark einschränkte. Wegen der kurzen Distanz zum Streukörper war hierbei die Exposition der Hände des Kassettenhalters von großem Interesse. Entsprechend waren hier für relevante röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden Messungen an einem Tierkörperphantom vorgesehen.

3.3.2.2 Messprogramm Kleintierklinik

In Analogie zum Messprogramm Großtierklinik beschrieb das Messprogramm Kleintierklinik (Messprogramm KTK) die Durchführung der dosimetrischen Messungen bei röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden an der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere an der Freien Universität Berlin. Entsprechend der eingangs erläuterten Strukturierung enthielt auch dieses Messprogramm Informationen unter anderem

- zu den anzuwendenden Messverfahren, d. h. zu den einzusetzenden Dosimetern sowie zum Vorgehen bei der Durchführung der Expositionsmessungen,
- zur Auswahl der relevanten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden und
- zu den hierbei zu überwachenden Personen.

Messverfahren

Für die Messungen wurden überwiegend elektronische Personendosimeter vom Typ EPD MK2 eingesetzt. Im Vergleich zu den röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Großtierklinik betrug der zeitliche Abstand zwischen zwei röntgendiagnostischen Untersuchungen teilweise unter 1 min, so dass entsprechende Anforderungen an die zeitliche Auflösung der Expositionen durch das Dosimeter notwendig waren. Dem trug das EPD MK2 aufgrund seiner technischen Eigenschaften stärker Rechnung als das ComDos EDM-III.

Hinweis: Sofern zu erwartende Ortsdosisleistungen oder Expositionsdauern einen zuverlässigen Einsatz der elektronischen Personendosimeter nicht mehr zuließen, wurde die zugehörige röntgendiagnostische Untersuchungsmethode auch in den Tierkörperphantommessungen berücksichtigt (siehe nachfolgende Erläuterung).

Auswahl der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden

Ebenfalls wie im Falle des Messprogramms Großtierklinik wurden zur Vorbereitung des Messprogramms röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden an kleinen Haustieren erfasst und klassifiziert (siehe /GRS 06.5/). Hierzu wurden die in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere in 2005 durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungen ausgewertet. Während der Messphase wurden alle sich im Klinikalltag ergebenden röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden dosimetrisch begleitet.

Eine Untersuchungsmethode (so genannter Job) konnte hierbei durchaus aus mehreren Röntgenaufnahmen bestehen, die messtechnisch zusammengefasst werden konnten.

Die verfügbaren Messkapazitäten machten keine Schwerpunktbildung bzgl. der bevorzugt zu berücksichtigenden röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode erforderlich. Darüber hinaus wurden auch solche röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden nicht von den Messungen ausgeschlossen, für die die zu erwartende Ortsdosisleistung an einzelnen Messpositionen die Einsatzbedingungen für die Dosimeter überschritten. Ein solcher Ausschluss wurde – wie im Falle der Großtierklinik – nicht vorgenommen, da absehbar war, dass

- die elektronischen Personendosimeter keinen Schaden erleiden konnten,
- nicht für alle Messpositionen während einer solchen röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode die genannten Bedingungen erfüllt waren, sondern nur diejenigen, die sich sehr nahe am Streuobjekt (typisch 10 cm bis 20 cm) befanden, und
- ein entsprechender Ausschluss Störungen des Gesamtablaufs im Klinikalltag und eine komplizierte Durchführung der Messprogramme zur Folge gehabt hätte.

Zu überwachende Personen und Messpositionen

Die zu überwachenden Personen und die jeweils relevanten Messpositionen, d. h. Trageorte für die Dosimeter hingen von der Untersuchungsmethode und vom Einzelfall ab. In der Zusammenstellung /GRS 06.5/, auf die im Messprogramm Bezug genommen wurde, waren zu jeder röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode die in der Regel an ihr beteiligten Personen aufgeführt. Hierbei handelte es sich im Allgemeinen um tiermedizinisches Fach- und Hilfspersonal. Den Besitzern der Patienten war der Zutritt zum Röntgenkontrollbereich gestattet, um die Patienten zu beruhigen. Anders als im

Fälle der röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Großtierklinik befand sich der Schütze immer außerhalb des Kontrollbereiches.

Die nachfolgende Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Messpositionen. Zu beachten ist hierbei, dass abhängig von der Untersuchungsmethode und dem Patienten ein oder zwei Tierpfleger im Kontrollbereich waren. Ebenso bestand die Möglichkeit, eine Untersuchungsmethode mit ein oder zwei Tierpflegern durchzuführen (siehe beispielhaft Abbildung 13). Entsprechende Informationen sind in der Beschreibung der Untersuchungsmethoden (/GRS 06.5/) enthalten.

Tabelle 5 Messpositionen bei der Durchführung von Messungen in der Kleintierklinik

Person	Messort	Anmerkung
Tierpfleger 1	Schilddrüse	
	Brust	
	Gonaden	
Tierpfleger 2	Schilddrüse	
	Brust	
	Gonaden	
Tierbesitzer	Schilddrüse	
	Brust	
	Gonaden	
Ohne Personenbezug	Füße	Exemplarische Absicherung der 0-Dosis Hypothese für Füße der Pfleger unterhalb des Untersuchungstisches. Entsprechende Messungen haben ergeben, dass keine relevante Exposition der Füße bei der zur Verfügung stehenden Behandlungseinrichtung vorliegt.
In Phantommessungen	Hände	Ermittlung von Dosiswerten bei kurzen Belichtungszeiten oder hohen Ortsdosisleistungen mittels TLD (EPD sind im Sinne von Vergleichsmessungen mit einzusetzen), primär vorgesehen für Tierkörperphantommessungen
Ohne direkten Job-Bezug	Augen	Exemplarisch zu ermitteln im Rahmen von Tierkörperphantommessungen oder job-unspezifisch über einen längeren Tragezeitraum

Die Untersuchung der Kleintiere erfolgte auf einem Untersuchungstisch, der gleichzeitig eine Aufnahme für die Röntgenfilmkassette enthielt. Die Belichtungsautomatik der verwendeten Röntgenröhren-Technik greift darüber hinaus auf Messwerte eines tisch-internen Bilddosis-Sensors zurück.



Abbildung 13 Beispiel einer latero-lateral Untersuchung der Halswirbelsäule eines Hundes

(links: Fixierung des Patienten durch zwei Tierpfleger,

rechts: Fixierung des Patienten durch einen Tierpfleger)

3.3.2.3 Messprogramm zur Durchführung der Messungen am Tierkörperphantom

Das Messprogramm beschrieb, die Durchführung von Tierkörperphantommessungen an der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie an der Freien Universität Berlin (Großtierklinik, GTK) sowie an der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere an der Freien Universität Berlin (Kleintierklinik, KTK). Analog zu den Messprogrammen für die Großtierklinik und die Kleintierklinik enthielt dieses Messprogramm unter anderem Informationen

- zu den anzuwendenden Messverfahren, d. h. zu den einzusetzenden Dosimetern sowie zum Vorgehen bei der Durchführung der Expositionsmessungen,
- zur Auswahl der simulierten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden und
- zu den relevanten Messpositionen.

Ziel der Tierkörperphantommessung war die Bestimmung der Strahlenexposition an verschiedenen Messpositionen in einem Strahlenfeld bei röntgendiagnostischen Untersuchungen, die aufgrund von Messbedingungen außerhalb des als sinnvoll betrachteten Einsatzbereiches der elektronischen Personendosimeter oder wegen eingeschränkter Durchführbarkeit der Messung im Laufe des gewöhnlichen Klinikalltages nicht erfasst werden konnten und daher simuliert werden mussten.

Die Einsatzbereiche der elektronischen Personendosimeter wurden im Rahmen der Qualifizierungsmessungen überprüft und festgelegt (siehe Abschnitt 3.2.3). Danach erschien eine Simulation der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethode und eine gezielte dosimetrische Untersuchung einer Messposition dann erforderlich, falls

- für elektronische Personendosimeter vom Typ EPD MK2 eine Ortsdosisleistung von 1 Sv/h (abgeleitet aus dem Dosiswert des EPD MK2) überschritten wurde,
- für elektronische Personendosimeter vom Typ ComDos EDM-II eine Ortsdosisleistung von 4 Sv/h (abgeleitet aus dem Dosiswert des ComDos EDM-II) überschritten wurde oder
- die Expositionsdauer den Wert von 10 ms unterschritt.

Bei der Durchführbarkeit einer Dosismessung unterlag jedes Messverfahren und das entsprechende Instrument im gewöhnlichen Klinikalltag gewissen Einschränkungen aufgrund seiner Handhabbarkeit. Einschränkungen der Bewegungsfreiheit des tierärztlichen Fach- und Hilfspersonals mussten vermieden werden, so dass in der Regel die Fixierung des Messgerätes an den Händen ausgeschlossen werden musste. Gleiches galt für die Messposition „Stirn in Augenhöhe“. Beiden Tragepositionen wurden daher im Rahmen der Tierkörperphantommessungen besonders betrachtet. Ebenso wurde die Exposition der „Hände“ im Falle der besonderen Nähe zum Patienten bzw. zur Streuquelle untersucht.

Messverfahren

Die Messungen wurden primär mit Thermolumineszenzdosimetern durchgeführt. Ergänzend wurden auch elektronische Personendosimeter eingesetzt und einzelne Messpositionen mittels der Ionisationskammer vermessen, die hierbei gewonnenen Expositionsdaten wurden in der „Job-Exposure-Matrix“ jedoch nicht berücksichtigt und dienten der Kontrolle der Messungen bzw. der Überprüfung der elektronischen Personendosimeter. Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt exemplarisch für zwei nachgestell-

te Messungen in der Großtier- und in der Kleintierklinik den Einsatz der jeweiligen Dosimeter und Messgeräte. Es wird ersichtlich, dass die Thermolumineszenzdosimeter je nach Untersuchungsziel an ausgewählten Messpositionen oder an allen Messpositionen eingesetzt wurden.

Es sei darauf hingewiesen, dass wegen der vorhandenen Nachweisgrenze der Thermolumineszenzdosimeter Mehrfachexpositionen erforderlich wurde, die in Summe zu einer deutlichen Belastung der eingesetzten Röntgensysteme führten.

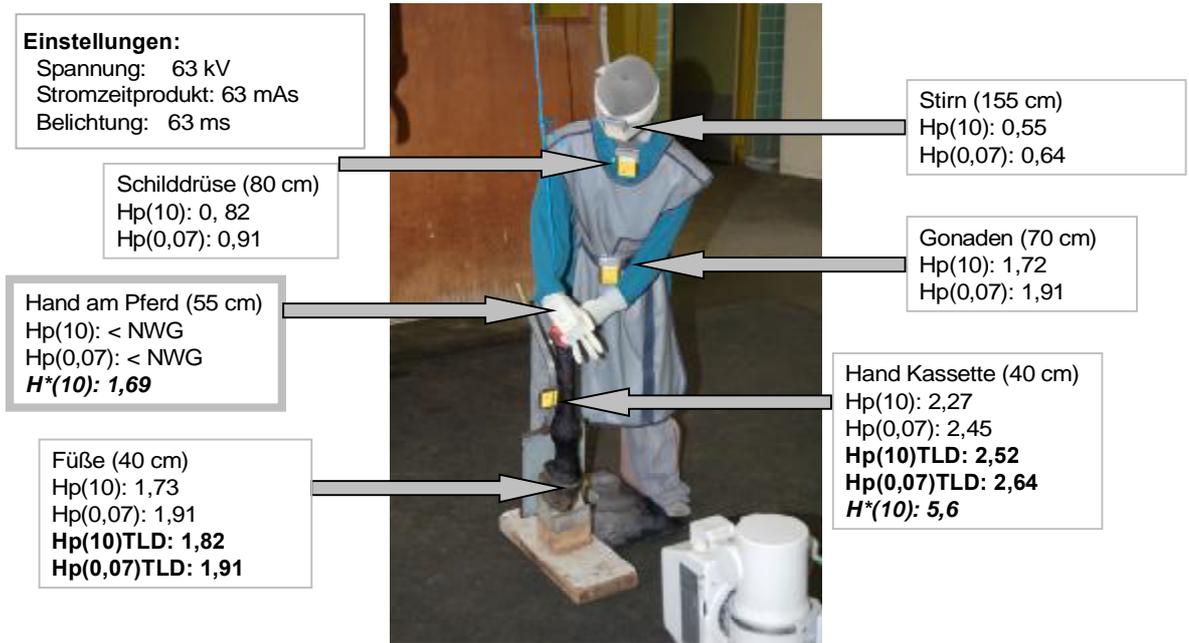


Abbildung 14 Beispiele für nachgestellte röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden. Eingetragen sind die Werte für Hp(10), Hp(0,07) der jeweiligen elektronischen Personendosimeter und der Thermolumineszenzdosimeter sowie H*(10) abgeleitet aus dem Messwert der Ionisationskammer)

Auswahl der röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden

Auf der Grundlage der Erfassung und Kategorisierung röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden können Untersuchungsmethoden identifiziert werden, die aufgrund kurzer Belichtungszeiten von weniger als 10 ms mittels elektronischer Personendosimeter nur unsicher dosimetrisch begleitet werden können oder für die Ortsdosisleistungen oberhalb der Einsatzbereiche der elektronischen Personendosimeter zu befürchten sind.

Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen Auszüge aus den Zusammenstellungen der kategorisierten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden, aus denen sich beispielsweise entnehmen lässt, dass die Untersuchung des Tarsalgelenks beim Pferd entsprechend zu berücksichtigen ist. Der Auszug für kleine Haustiere, hier für mittelgroße Hunde, lässt verschiedene Untersuchungen erkennen.

		Großtierklinik - Pferde			Einstellung Röntgenröhre			
Nr.	Tier	Untersuchungs-methode /Organ /Extremität	Strahlengang	Klinik / Mobil	KV	mAs	ms	Jährliche Untersuchungshäufigkeit
10.3	Pferd	Tarsalgelenk	schräg, 45°(110°)gewinkelt	K	70	6,3	6,3	209
10.2	Pferd	Tarsalgelenk	dorso-plantar, 0°	K	70	6,3	6,3	200
10.1	Pferd	Tarsalgelenk	latero-medial, 90°	K	70	6,3	6,3	199
2.1	Pferd	Strahlbein	dorso-palmar nach Oxspring	K	63	60	63	176
1.2	Pferd	Zehengelenk	dorso-palmar, 0°	K	57	22	23	171
4.1	Pferd	Fesselgelenk, Hufgelenk	latero-medial, 90°	K	52	14	16	141
6.1	Pferd	Gleichbeine	dorsolateral-mediopalmar,45°	K	50	10	37	79
6.1	Pferd	Gleichbeine	dorsomedial-lateropalmar,315°	K	50	10	37	74
4.2	Pferd	Fesselgelenk, Hufgelenk	dorso-palmar, 0°	K	57	22	23	69
12.2	Pferd	Kopf, Zähne	latero-lateral, 90°	K	66	32	32	60
12.1	Pferd	Kopf, normal	latero-lateral, 90°	K	55	14	15	55
16.1	Pferd	Thorax, vorderer Abschnitt	latero-lateral, 90°	K	85	45	45	53
16.2	Pferd	Thorax, hinterer Abschnitt	latero-lateral, 90°	K	73	36	36	53
11.1	Pferd	Kniegelenk	medio-lateral, 90°	K	73	6,3	6,6	46
10.4	Pferd	Tarsalgelenk	135°	K	70	6,3	6,3	

Abbildung 15 Auszug aus der Zusammenstellung der kategorisierten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden an Großtieren mit einer Auswahl relevanter Untersuchungsmethoden für die Tierkörperphantommessungen (aus /GRS 06.4/)

Job-Kennziffer	Kat.	Tier	Größenkategorie 2: Mittelgroße Hunde	Cocker, PON, Bearded Collie, Pudel, kl. Münsterländer, Beagle, Foxterrier, M. Schn.	Einstellung Röntgenröhre (Variabel durch Belichtungsautomatik)						
					Untersuchungsmethode Organ / Körperteil	Strahlengang	kV		mAs	ms (berechnet, nach techn. Angaben)	ms (berechnet, nach einfachem Trend)
							von	bis			
1.26	2	Hund	Ellenbogengelenk	medio-lateral	46	46	2,5	6,88	9,35		
1.27	2	Hund	Ellenbogengelenk	cranio-caudal	50	55	2,5	7,03	9,35		
1.28	2	Hund	Ellenbogengelenk	schräg 15°							
1.29	2	Hund	Antebrachium	medio-lateral	46	48	2,5	6,88	9,35		
1.30	2	Hund	Antebrachium	cranio-caudal AP?	48	50	2,5	6,95	9,35		
1.31	2	Hund	Carpus	medio-lateral	46	46	2,5	6,88	9,35		
1.32	2	Hund	Carpus	dorso-palmar	44	44	2,5	6,80	9,35		
1.33	2	Hund	Carpus	schräg							
1.34	2	Hund	Metacarpus/-tarsus et	medio-lateral	44	44	2,5	6,80	9,35		
1.35	2	Hund	Metacarpus/-tarsus et	dorso-palmar/plantar	42	42	2,5	6,73	9,35		
1.36	2	Hund	Femur	mmedio-lateral	55	60	8,0	23,15	25,72		
1.37	2	Hund	Femur	cranio-caudal	55	63	8,0	23,15	25,72		
1.38	2	Hund	Kniegelenk M-L	medio-lateral	46	48	2,5	6,88	9,35		
1.39	2	Hund	Kniegelenk M-L	cranio-caudal	52	63	2,5	7,11	9,35		
1.40	2	Hund	Tibia/Fibula	medio-lateral	48	50	2,5	6,95	9,35		
1.41	2	Hund	Tibia/Fibula	cranio-caudal	50	57	2,5	7,03	9,35		
1.42	2	Hund	Tarsus	medio-lateral	46	48	2,5	6,88	9,35		
1.43	2	Hund	Tarsus	cranio-caudal	48	50	2,5	6,95	9,35		

Abbildung 16 Auszug aus der Zusammenstellung der kategorisierten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden an kleinen Haustieren mit einer Auswahl relevanter Untersuchungsmethoden für die Tierkörperphantommessungen (aus /GRS 06.5/)

Darüber hinaus wurden einzelne röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden besonders berücksichtigt, wenn sie im Rahmen der statistischen Auswertungen der Untersuchungen in beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken für das Jahr 2005 häufig durchgeführt wurden und daher aufgrund ihrer Häufigkeit Einfluss auf die Strahlenexposition des Fach- und Hilfspersonals haben konnten.

Tierkörperphantommessungen wurden sowohl in der Großtierklinik sowie in der Kleintierklinik durchgeführt.

Messpositionen

Im Rahmen der Messungen wurden primär die am stärksten exponierten Körperregionen untersucht. Besonders berücksichtigt wurden die Messpositionen in „Augenhöhe“ sowie im Bereich der „Hände“, da diese in den routinemäßigen Messungen entweder

aufgrund technischer Gründe und aufgrund der Erfordernisse der Diagnostik nicht dosimetrisch überwacht werden konnten oder hohe Ortsdosisleistungen erwartet wurden.

Als Tierkörperphantome dienten relevante Extremitäten und vollständige Körper verstorbener Tiere. Dosimeter wurden entweder mit Haltevorrichtungen oder an einer Schaufensterpuppe fixiert und entsprechend den realen Bedingungen ausgerichtet.

3.4 Erfassung und Aufbereitung der Daten

In der nachfolgenden Abbildung 17 ist der Bearbeitungszyklus der in den einzelnen Messungen gewonnenen Daten beschrieben. Die hierin skizzierten zentralen Bearbeitungsschritte werden in den nachfolgenden Unterabschnitten zusammengefasst.

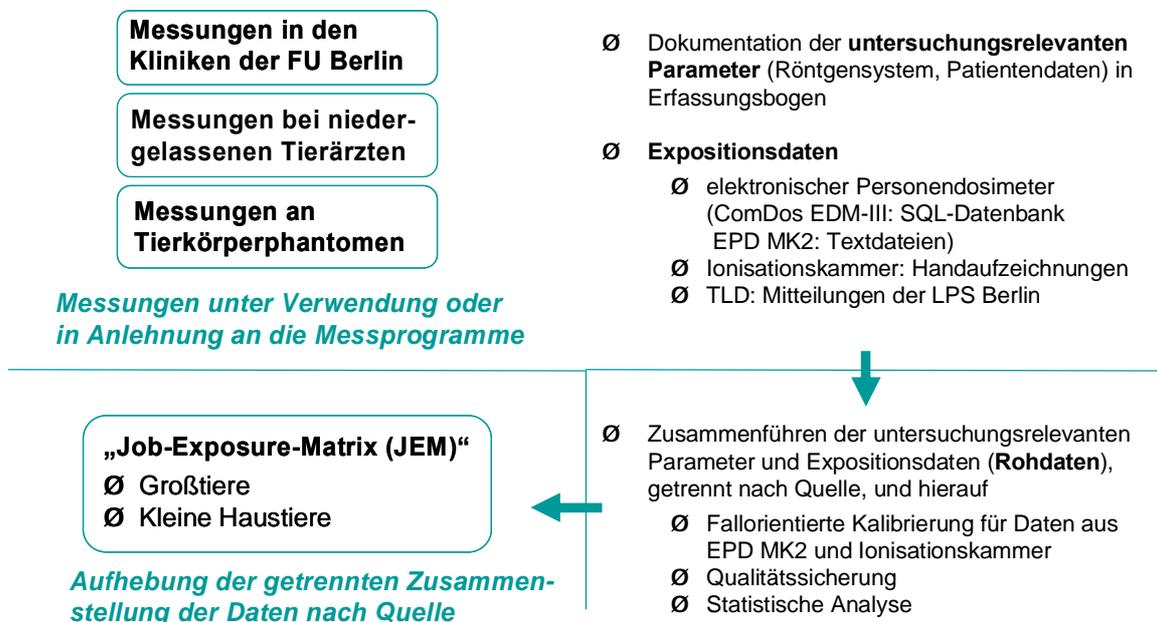


Abbildung 17 Darstellung des Bearbeitungszyklus zur Erfassung und Aufbereitung der Daten zur Strahlenexposition während röntgendiagnostischer Untersuchungen an Tieren

3.4.1 Dokumentation der strahlenschutzrelevanten Parameter und der Expositionsdaten

Details zur Dokumentation und zu den Expositionsdaten sind in den in Abschnitt 3.3.2 skizzierten Messprogrammen (/GRS 06.6/, /GRS 06.7/ und /GRS 06.8/) zu finden. Nachfolgend werden wesentliche Aspekte zusammengefasst.

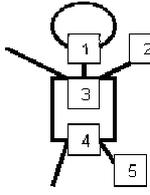
Dokumentation der strahlenschutzrelevanten Parameter

Zur Vorbereitung einer effizienten Dokumentation der strahlenexpositionsrelevanten Parameter und zur Vermeidung des Verlustes relevanter Informationen wurde auf Grundlage der Erfassung und Klassifizierung röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden ein Erfassungsbogen entwickelt. Entsprechend den allgemeinen Anforderungen, wie sie bereits in Abschnitt 3.1 erläutert wurden, bestand der Erfassungsbogen aus verschiedenen Blöcken, die in Tabelle 6 und Tabelle 7 zusammengestellt sind.

Tabelle 6 Inhalte des Erfassungsbogens zur Erfassung strahlenexpositionsrelevanter Parameter während der Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen (Teil 1)

	Parameter	Bemerkung / Format / Einheit
Zeitbezug	Datum der Aufnahme	dd.mm.yy
	Uhrzeit der Aufnahme	hh.min.ss
Angaben zum Patient	Tierart	
	Nähere Angaben zu Rasse und Größenklasse	Name und Gewicht [kg], wenn ermittelbar
	Int. Röntgenaufnahme-Nummer	
	Untersuchungsmethode	Klartext analog der Zusammenstellung [1] mit Projektionsrichtung und Angaben zum Strahlengang im Objekt
Einstellungen Röntgenröhre	kV	
	mAs	Relevant für Bilddosis
	Ms	Belichtungszeit
	Kassettyp / Raster	
	Fokus-Format	[cm x cm]

Tabelle 7 Inhalte des Erfassungsbogens zur Erfassung strahlenexpositionsrelevanter Parameter während der Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen (Teil 2, hier speziell für Messungen an kleinen Haustieren)

Beteiligte Personen				
Person	Standort Person	Position Dosimeter	Dosimeter-Typ	Strahlenschutzmittel
	Kaudal Kranial Distal		T / C / TLD / RGD und Nr.	SCH / SDS / B
<i>Schütze</i>				
<i>Kassettenhalter</i>				
<i>TP 1</i>				
<i>Besitzer o. TP2</i>				

Im Abschnitt zur Erfassung der Informationen zu den beteiligten Personen wurden vor allem die eingesetzten Dosimeter den Messpositionen zugeordnet, um im Rahmen der späteren Auswertung die Dosis richtig zuordnen zu können.

Bezüglich der Informationen zu den Röntgenröhren ist anzumerken, dass grundsätzlich Informationen zum Kathodenmaterial und zu den Filtern erforderlich sind, um die Expositionen für gleiche röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden, aber unterschiedliche Röntgengeräte vergleichen zu können. Diese Informationen wurden absichtlich nicht im Datenerfassungsbogen aufgeführt, da sich diese Informationen im Rahmen der durchzuführenden Messungen in den Kliniken und Praxen nicht änderten, so dass diese Parameter einmalig und als separate Information aufgezeichnet wurden.

Expositionsdaten

Im Falle der Expositionsmessung mit den elektronischen Personendosimetern wurden die Expositionsdaten solange auf den Dosimetern gespeichert, bis diese über die hierfür vorgesehenen Schnittstellen ausgelesen wurden.

Im Falle des ComDos EDM-III lagen die Expositionsdaten hiernach in einer zentralen SQL-Datenbank vor. Für jede Exposition wurde ein Datensatz erzeugt, der u. a. die

Kennziffer des verwandten Dosimeters enthielt, welche im Datenerfassungsbogen der Messposition zugeordnet war.

Im Falle der EPD MK2 wurden die Daten in der im Forschungsprojekt eingesetzten Unterstützungssoftware (light-Fassung) in jeweils eine Textdatei je Dosimeter übertragen. In der Textdatei waren die einzelnen Expositionsdatensätze formatiert abgelegt. Nicht enthalten war die Kennziffer des Dosimeters, so dass eine eindeutige Kennung (Bezeichnung des Trägers des Dosimeters und der Messposition) manuell im Dateinamen eingebunden werden musste.

Bei Verwendung der Thermolumineszenzdosimeter wurde deren Kennnummer in den Erfassungsbogen eingetragen. Unter dieser Kennnummer wurde später der Dosiswert durch die LPS Berlin nach der Auswertung übermittelt.

Im Falle der Expositionsmessung mit der Ionisationskammer wurden die Werte unmittelbar nach der Messung abgelesen und entsprechend notiert.

3.4.2 Erstellung der Rohdaten

Das Zusammenführen der strahlenschutzrelevanten Parameter und der Expositionsdaten zu den eigentlichen Rohdaten erfolgte mit Hilfe von zwei Datenmasken. Abbildung 18 zeigt auszugsweise die Datenstruktur, hier zur Erfassung der relevanten Informationen zu röntgendiagnostischen Untersuchungen an kleinen Haustieren.

Die Zuordnung der Dosimeterinformation zur Information über die röntgendiagnostische Untersuchung erfolgte dabei über Datum und Uhrzeit der Untersuchung. Entsprechend bedeutend war eine Synchronisation der Uhrzeiten, die den Zeitstempeln im jeweiligen Dosimeter und bzw. der Eintragung in die Datenerfassungsmaske zugrunde lagen. Entsprechende Erläuterungen zur Nutzung der Datenerfassungsmasken waren in den oben behandelten Messprogrammen enthalten.

Datum [dd.mm.yy]	Uhrzeit [h]	Uhrzeit [min]	Uhrzeit [s]	Wiederholung WP, WU, WD	Tier	Rasse	Gewicht oder Größenklasse	Int. Rö.nr.
12.05.2006	6	30	56	##	Hund	Boxer	35	45508

Untersuchung	KV	mAs	ms	Kassettyp	Focus [cm x cm]	Focus [cm]	Fläche [cm ²]	Abstand- Geometrie-Kat.	Pos TP 1 1= Karnial, 2= Kaudal, 3= Distal	Pos TP 2 1= Karnial, 2= Kaudal, 3= Distal	Pos Zuschauer 1= Karnial, 2= Kaudal, 3= Distal
Thorax , VD	85	2,13	6,2	T2	18	25	450 0	K1	1	2	1

Tierpfleger 1 Schilddrüse	Tierpfleger 1 Brust	Tierpfleger 1 Gonaden	Tierpfleger 1 Füsse	Tierpfleger 1 Hand	Tierpfleger 2 Schilddrüse	Tierpfleger 2 Brust	Tierpfleger 2 Gonaden	Tierpfleger 2 Füsse
1	1	4	1	12	1	2	7	1

Abbildung 18 Auszug aus der Datenerfassungsmaske für die Erfassung der relevanten Informationen zu röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
(Hinweis: aus Darstellungsgründen sind die verschiedenen Sektionen in der Maske untereinander in dieser Abbildung angeordnet)

Die Datenfelder zu den Expositionsdaten waren mit einfachen Analysefunktionen versehen. Durch entsprechende Prüfungen wurden solche Untersuchungen gekennzeichnet, bei denen elektronische Personendosimeter eingesetzt wurden und bei denen Expositionszeiten von weniger als 10 ms vorlagen oder Dosisleistungen für einzelnen Messpositionen berechnet wurden, die oberhalb der Einsatzbereiche der elektronischen Personendosimeter lagen und somit bezüglich der Auswertung gesondert zu behandeln waren. Darüber hinaus wurde geprüft, ob zwei Expositionen zeitlich zu nah aufeinander erfolgt waren, so dass nicht ausgeschlossen werden konnte, dass wegen des Zeitrasters der Dosimeter ein Teilbeitrag der einen Exposition der anderen Exposition zugeordnet wurde.

Für die Messungen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken, für die Messungen bei den niedergelassenen Tierärzten sowie für die Messkampagnen an Tierkörperphantomen wurden jeweils getrennte Datenmasken geführt, die die Grundlage für die spätere Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“ nach Abschluss der Messphase bildeten.

Zu beachten ist, dass die Ergebnisse der Messungen mit der Ionisationskammer nicht in die Datenmasken einfließen, und somit auch nicht in der „Job-Exposure-Matrix“ berücksichtigt wurden.

3.4.3 Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“

Die „Job-Exposure-Matrix“ basiert auf den einzelnen Datenmasken und wird einerseits für Großtiere und andererseits für kleine Haustiere getrennt erstellt, so dass die Trennung der Datenmasken aufgelöst wird.

Für die einzelnen Untersuchungsmethoden wurden, ggf. unter Berücksichtigung unterschiedlicher Parameter, Mittelwerte zur Strahlenexposition an den verschiedenen Messpositionen der verschiedenen an der röntgendiagnostischen Untersuchung beteiligten Person gebildet. Neben Mittelwerten wurden auch Schwankungsbreiten angegeben.

Im Detail wird die „Job-Exposure-Matrix“ in Abschnitt 4.1 erläutert, so dass sich die nachfolgenden Erläuterungen ausschließlich auf zentrale Aspekte der Auswertung der Daten beziehen:

1. Bei der Bearbeitung der Rohdaten wurden – sofern erforderlich – Korrektur- bzw. Umrechnungsfaktoren berücksichtigt, um die korrekten Expositionsdaten zu erhalten. Wie in Abschnitt 3.2.2.1 erläutert wurde, war eine energiebezogene Korrektur für elektronische Personendosimeter vom Typ EPD MK2 sinnvoll, um das Ansprechvermögen bei niedrigen Energien zu kompensieren. Als Korrekturfaktor wurde 1.1 verwandt.
2. Sofern sich aus den ggf. korrigierten Dosiswerten für $H_p(10)$ der elektronischen Personendosimeter und der Expositionsdauer Ortsdosisleistungen oberhalb der als sinnvoll erachteten maximal zulässigen Ortsdosisleistung ergaben, wurde der zugehörige Messwert für den Messpunkt von der weiteren Berechnung von Mittelwert und Schwankungsbreite ausgeschlossen. Er verblieb aber in dem in der „Job-Exposure-Matrix“ enthaltenen Datensatz als Wert „>REB“ (> Regeleinsatzbereich) und steht so für eine künftige Auswertung zur Verfügung.
3. Messwerte aus Messungen an Tierkörperphantomen wurden getrennt von denjenigen der elektronischen Personendosimeter ausgewertet und entsprechend ge-

trennt in der „Job-Exposure-Matrix“ ausgewiesen. Als zusätzliche Kennung erhielten sie den Zusatz –TKPM.

3.5 Plausibilitätsprüfungen

Eine Möglichkeit der Plausibilitätsprüfung der „Job-Exposure-Matrix“ besteht in einem Vergleich von gemessenen Dosen und aus der „Job-Exposure-Matrix“ berechneten Dosen unter Praxisbedingungen. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis der Zusammensetzung der röntgendiagnostischen Untersuchungen, die zur gemessenen Dosis beigetragen haben.

Ende November / Anfang Dezember 2006 wurden zwei Messkampagnen von vier bzw. fünf Tagen Dauer durchgeführt, in denen mit Thermolumineszenzdosimetern die Expositionen an verschiedenen Messpositionen ermittelt und die durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungen dokumentiert wurden. Diese Messkampagnen wurden im April 2007 wiederholt, wobei neben den Thermolumineszenzdosimetern parallel auch elektronische Personendosimeter vom Typ ComDos EDM-III zur Dosisermittlung eingesetzt wurden.

Beispielhaft zeigt Abbildung 19 die Verteilung der röntgendiagnostischen Untersuchungen an Hunden für den Zeitraum 27. November 2006 bis 01. Dezember 2006. Eingezeichnet sind in die Abbildung der Messwert für die Schilddrüse des Tierpflegers (vor dem Schilddrüsenschutz) und der aus der „Job-Exposure-Matrix“ abgeleitete Expositionswert für das Untersuchungsspektrum. Bei der Ableitung des Expositionswertes wurden die für die Untersuchungsmethoden relevanten Mittelwerte ohne besondere Auswahlkriterien verwandt. Der Vergleich beider Expositionswerte zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die Daten der verschiedenen Messkampagnen zusammengestellt. Für die meisten Messpositionen zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den mit Thermolumineszenzdosimetern gemessenen und den aus der „Job-Exposure-Matrix“ abgeleiteten Dosiswerten. Allerdings wird die Messposition „Tierpfleger, Brust“ dreimal deutlich unterschätzt (einmal -67% und zweimal -72%), weil bei den hierfür aus der „Job-Exposure-Matrix“ herangezogenen Messwerten eine große Zahl außerhalb des Regeleinsatzbereiches lagen und so die Dosis aus der „Job-Exposure-Matrix“ unterschätzt wird (weitere Hinweise hierzu finden sich in Abschnitt 4.1.1). Die aus der „Job-Exposure-Matrix“ abgeleiteten Werte unterschätzen die Dosen

tendenziell aber nur geringfügig. Dies liegt jedoch innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit der Thermolumineszenzdosimeter, so dass insgesamt geschlossen werden kann, dass sowohl das Vorgehen als auch das gewählte Messverfahren zur Erstellung einer „Job-Exposure-Matrix“ geeignet sind und insgesamt eine stabile Basis für eine künftige Erweiterung hinsichtlich neuer röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden als auch hinsichtlich weiterer Messungen zur Verbesserung der statistischen Aussagekraft geschaffen wurde.

Tabelle 8 Zusammenstellung der Expositionsdaten und der aus der „Job-Exposure-Matrix“ abgeleiteten Expositionen für Vergleichsmessungen in der Klinik und Poliklinik für Kleine Haustiere der FU Berlin

Messkampagne	Untersuchungen	Messposition	Dosis $H_p(10)$ TLD	Dosis $H_p(10)$ „Job-Exposure-Matrix“	Abweichung
27.11. bis 01.12.2006	186 an Hunde und Katzen	Tierpfleger, Schilddrüse ¹⁾	1.260 μ Sv	1.167 μ Sv	- 7%
		Tierpfleger, Augenhöhe ²⁾	1.070 μ Sv	1.096 μ Sv	+ 2%
05.12. bis 11.12.2006	325 an Hunde / Katzen / Vögel und Kaninchen	Tierpfleger, Brust ¹⁾	1.602 μ Sv	518 μ Sv	- 67%
		Tierpfleger, Augenhöhe ²⁾	1.443 μ Sv	1.992 μ Sv	+ 38%
12.12. bis 15.12.2006	272 an Hunde / Katzen / Vögel und Kaninchen	Tierpfleger, Schilddrüse ¹⁾	1.305 μ Sv	1.497 μ Sv	+ 15%
		Tierpfleger, Brust ¹⁾	1.125 μ Sv	1.180 μ Sv	+ 5%
02.04. bis 05.04.2007	232 an Hunde und Katzen	Tierpfleger, Schilddrüse ¹⁾	1.454 μ Sv	1.329 μ Sv	- 8%
		Tierpfleger, Brust ¹⁾	1.344 μ Sv	365 μ Sv	- 72%
10.04. bis 13.04.2007	255 an Hunde und Katzen	Tierpfleger, Schilddrüse ¹⁾	1.802 μ Sv	1.555 μ Sv	- 14%
		Tierpfleger, Brust ¹⁾	1.457 μ Sv	401 μ Sv	- 72 %

¹⁾ Messung der Exposition vor dem Schilddrüsenschutz bzw. der Schutzschürze.

²⁾ Eine Messungen der Exposition der Augen ist nicht direkt möglich; behelfsweise wird daher die Exposition in Höhe der Augen im Bereich der Röntgenröhre gemessen, in deren Nähe sich üblicherweise der Tierpfleger befindet.

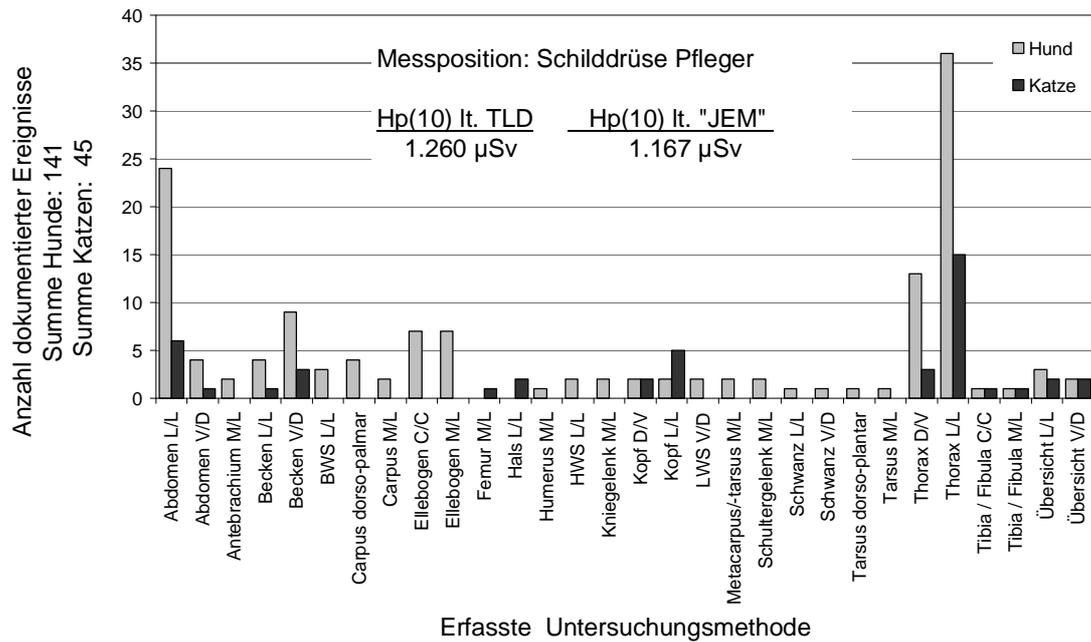


Abbildung 19 Häufigkeitsverteilung der im Zeitraum 27. November bis 1. Dezember 2006 durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungen, für die die Exposition der Schilddrüse (vor dem Schilddrüsenschutz) mittels eines Thermolumineszenzdosimeters ermittelt wurde
 („ $H_p(10)$ lt. TLD“: Mittels TLD gemessener Dosiswert
 „ $H_p(10)$ lt. „JEM““: aus „Job-Exposure-Matrix“ (JEM) abgeleiteter Dosiswert)

4 Ergebnisdarstellung

4.1 Auswertung der Messungen - die „Job-Exposure-Matrix“ und ihre Anwendung an Beispielen der Praxis

4.1.1 Beschreibung der „Job-Exposure-Matrix“

Die „Job-Exposure-Matrix“, im folgenden JEM genannt, verteilt sich auf zwei Exceldokumente, in denen getrennt nach Klein- und Großtieren alle gesammelten Daten und die Auswertung dieser Daten enthalten sind.

Beide Dokumente bestehen aus drei Tabellenblättern:

1. „Erläuterungen“
zu den verwendeten Abkürzungen und Bezeichnungen
(z. B. für den Typ des verwendeten Messgeräts).
2. „JEM GTK_NGT_STSCH4477“ bzw. „JEM KTK_NGT_STSCH4477“
(siehe Abbildung 20)
Die eigentliche JEM in der die vollständige Auswertung der erfassten Daten durchgeführt wurde und die im weiteren Kapitel ausführlich beschrieben wird.
3. „Rohdaten GTK_NGT_STSCH4477“ bzw. „Rohdaten KTK_NGT_STSCH4477“
Tabellenblatt mit allen zu Grunde liegenden Rohdaten. Aus dieser Tabelle werden die Ergebnisse der JEM generiert.

Im Folgenden werden beide „Job-Exposure-Matrizen“ als JEM-KT für diejenige, die die Expositionen für kleine Haustiere betrifft, und als JEM-GT, die die röntgendiagnostischen Untersuchungen an Großtieren betrifft, bezeichnet.

Entwicklung einer Job-Exposure-Matrix für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgen

JOB-EXPOSURE MATRIX TIERÄRZTLICHER UNTERSUCHUNGEN AN GROSSTIEREN

StSch 4477 | Freie Universität Berlin | GRS

Untersuchung	Röhrenparameter				Schütze			
	Minim. von kV	Minim. von kV	Maxim. von kV	Mittelwert von kV	Minim. von Wert: Schutzberechnung	Maxim. von Wert: Schutzberechnung	Mittelwert von Wert: Schutzberechnung	REB
Blut	100	100	100	100	100	100	100	100
...

Abbildung 20 Bildausschnitt aus der JEM-GT

Die erste Spalte der JEM enthält eine Liste mit den Bezeichnungen der berücksichtigten Untersuchungsmethoden. Zu jeder Untersuchungsmethode gibt es eine Zeile mit allen aus den Rohdaten ermittelten Informationen und Ergebnissen. Der erste Abschnitt der Zeilen enthält die Röhrenparameter (siehe

Tabelle 9). Als Röhrenparameter werden die verwendete Anodenspannung in kV, die eingestellte Belichtungszeit in ms und das Produkt aus Anodenstrom und Belichtungszeit (mAs-Wert) angegeben (jeweils als Minimal-, Maximal- und Mittelwert aus den berücksichtigten Untersuchungen). Die angegebenen Röhrenparameter sollen die Vergleichbarkeit der im Rahmen der JEM ermittelten Personendosen mit in der Praxis zu erwartenden Expositionen ermöglichen. Weitere Angaben zu den verwendeten Röntgenröhren (Hersteller, Typ, Filter) finden sich in der Tabelle „Erläuterungen“ der JEM. Sie können entsprechend nur über die Wahl der Praxis selektiert werden. Generell ist eine solche Auswahl aber nicht sinnvoll, da bei den Messungen nicht alle auf dem Markt befindlichen bzw. in den Kliniken und Praxen der Tierärzte eingesetzten Röntgensysteme berücksichtigt wurden.

Tabelle 9 Ausschnitt aus der JEM-GT mit den Röhrenparametern

Untersuchung	Minimum von KV	Mittelwert von KV	Maximum von KV	Minimum von mAs	Mittelwert von mAs	Maximum von mAs	Minimum von ms	Mittelwert von ms	Maximum von ms
Abdomen 90°	70	88	96	50	83	100	50	91	115
Becken	98	100	100	80	96	100	160	192	200
Becken, liegend	70	76	81	22	27	32	22	27	32
Ellbogen 0°	73	80	85	10	20	40	18	33	50
Ellbogen 90°	50	70	85	10	18	28	20	36	120
Fesselgelenk 90°	52	63	90	1	11	18	15	31	150
Fesselgelenk 90° TKPM	52	52	52	14	14	14	16	16	16

Die weiteren Abschnitte (siehe Tabelle 10) beinhalten die ermittelten Personendosen (immer in der Einheit mSv) geordnet nach Person und Trageposition jeweils als Minimal-, Maximal- und Mittelwert, sowie die Anzahl der im Mittelwert berücksichtigten Messungen und der Messungen die wegen einer zu hohen Dosisleistung nicht ausgewertet werden konnten (Werte oberhalb Regeleinsatzbereich (REB)...). Ist der Zahlenwert in einer der Spalten „Werte oberhalb REB...“ groß gegenüber dem zugehörigen Zahlenwert in der Spalte „Anzahl von Werte...“ so ist diese Messposition bei dieser Untersuchungsmethode wahrscheinlich in einem hohen Dosisleistungsfeld und die zugehörigen Werte für Minimum, Maximum und insbesondere der Mittelwert unterschätzen die Personendosis mit großer Wahrscheinlichkeit.

(Hinweis: An diesen Stellen sollte, falls vorhanden, die TLD-Messung für die weitere Abschätzung von Personendosen verwendet werden.)

Tabelle 10 Ausschnitt aus der JEM-GT mit Werten für die Person „Schütze“ an der Messposition „Schilddrüse“

Untersuchung	Anzahl von Werte Schütze Schilddrüse	Minimum von Werte Schütze Schilddrüse	Mittelwert von Werte Schütze Schilddrüse	Maximum von Werte Schütze Schilddrüse	Werte oberhalb REB Schütze Schilddrüse
Abdomen 90°	4	1	2	4	0
Becken	5	3	10	23	0
Becken, liegend	2	1	7	12	0
Ellbogen 0°	8	1	6	27	0
Ellbogen 90°	13	0	2	10	0
Fesselgelenk	26	0	0	1	0
Fesselgelenk 90°	44	0	0	1	0

Die Mittelwerte werden auf ganze Zahlen gerundet angezeigt, sind aber als Fließkommazahlen hinterlegt.

Grundsätzlich ist neben der Angabe von Minimal- und Maximalwerte zur Beschreibung der Spannweite auch die Angabe der Streuungsmaße „Mittlere Abweichung“ und „Standardabweichung“ bzw. „Varianz“ zur Beschreibung einer Verteilung von Variablen innerhalb dieses Intervalls bzw. Lage zum arithmetischen Mittelwert denkbar. Alle drei Maße eignen sich vor allem zur Charakterisierung unimodaler, symmetrischer Verteilungen. Je asymmetrischer eine Verteilung jedoch ist, desto bedeutsamer ist die Verwendung von Häufigkeitstabellen und Häufigkeitsverteilungen anstelle der genannten Streuungsmaße, um entsprechende Informationen über die Bandbreite der möglichen bzw. beobachteten Daten zu erhalten.

Nachfolgende Abbildungen illustrieren für Untersuchungsmethoden mit hoher Fallzahl (Zehe 90°: 515 erfasste Untersuchungen für röntgendiagnostische Untersuchungen an Großtieren), für die aus statistischer Sicht am ehesten symmetrische Häufigkeitsverteilungen zu erwarten wären, deren Häufigkeitsverteilung. Die Abbildungen enthalten Verteilungen zur Röhrenspannung in kV (Abbildung 21) sowie zu verschiedenen zugehörigen Dosiswerten einzelner Messpositionen („mechanischen Kassettenhalter“, „Kassettenhalter Füße“, „Schütze Gonaden“ (Abbildung 22, Abbildung 23, Abbildung 24) auf Grundlage der Rohdaten, die in der JEM-GTK enthalten sind. Die Abbildungen belegen, dass die Daten nicht entsprechend einer Normalverteilung verteilt sind. Die Bandbreite der einzelnen Parameter der Röntgenröhre spiegelt u. a. die Eigenschaften der eingesetzten Technik wider (z. B. mobile Röhrentechnik gegenüber stationären Systemen, unterschiedliche Leistungscharakteristik). Diese Parameter beeinflussen auch die durch Streustrahlung hervorgerufene Strahlenexposition, wobei zusätzlich die variable Strahlengeometrie (z. B. Ausrichtung, Entfernung des Dosimeters zur Streustrahlenquelle) und Eigenschaften der Streustrahlenquelle, also des Patienten, die Verteilung beeinflussen.

Histogramm kV über alle erfassten Untersuchungen

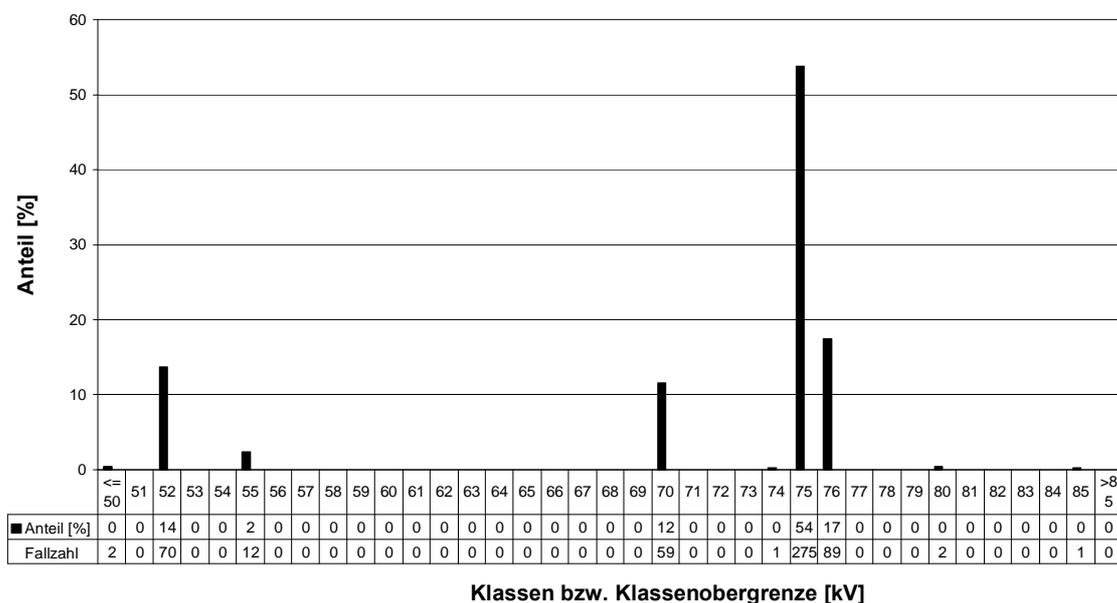


Abbildung 21 Häufigkeitsverteilung der kV- Anwahl bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik (Gesamtanzahl: 511, arithmetisches Mittel: 71 kV)

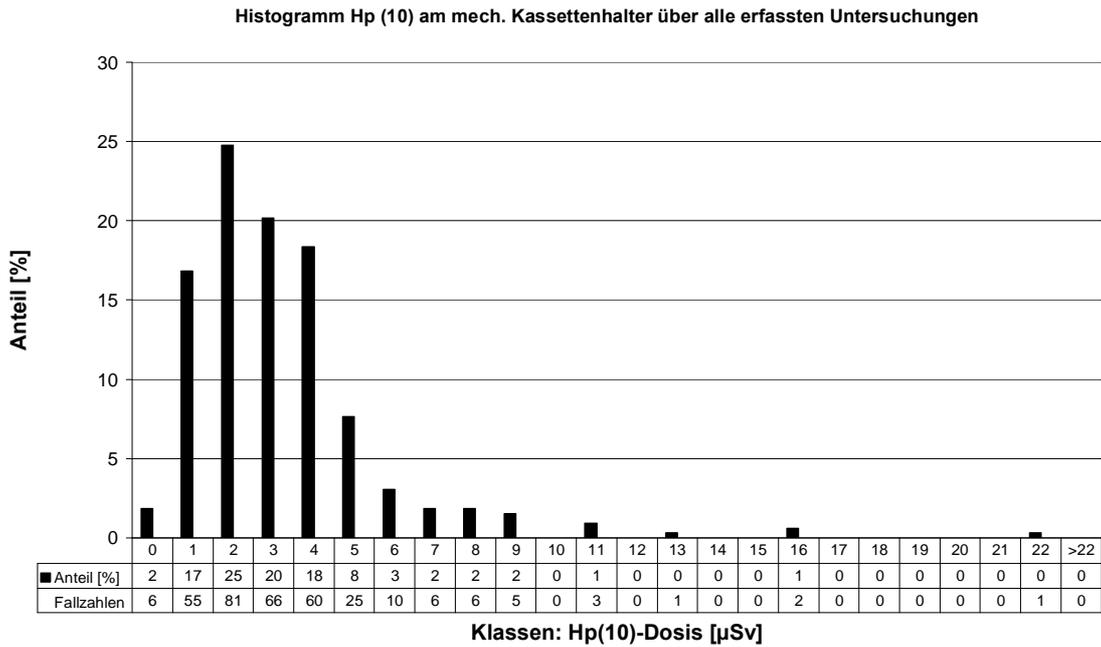


Abbildung 22 Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) am mechanischen Kassettenhalter bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik (Gesamtanzahl: 327, arithmetisches Mittel: 3 µSv)

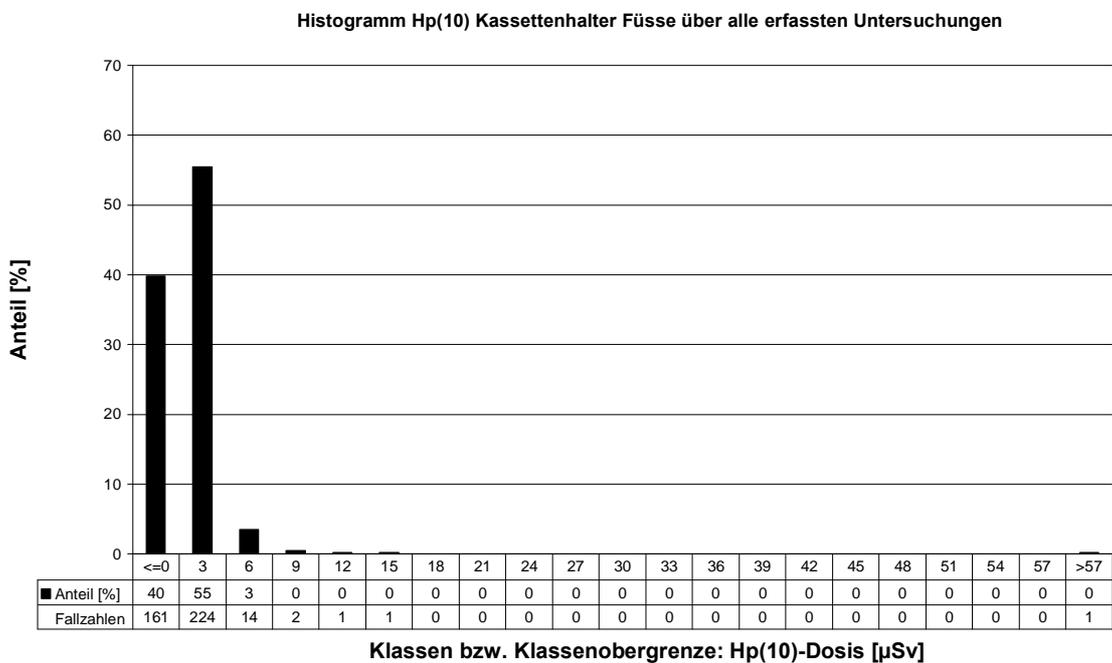


Abbildung 23 Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) an der Messposition „Kassettenhalter Füße“ bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik (Gesamtanzahl= 404, arithmetisches Mittel: 1 µSv)

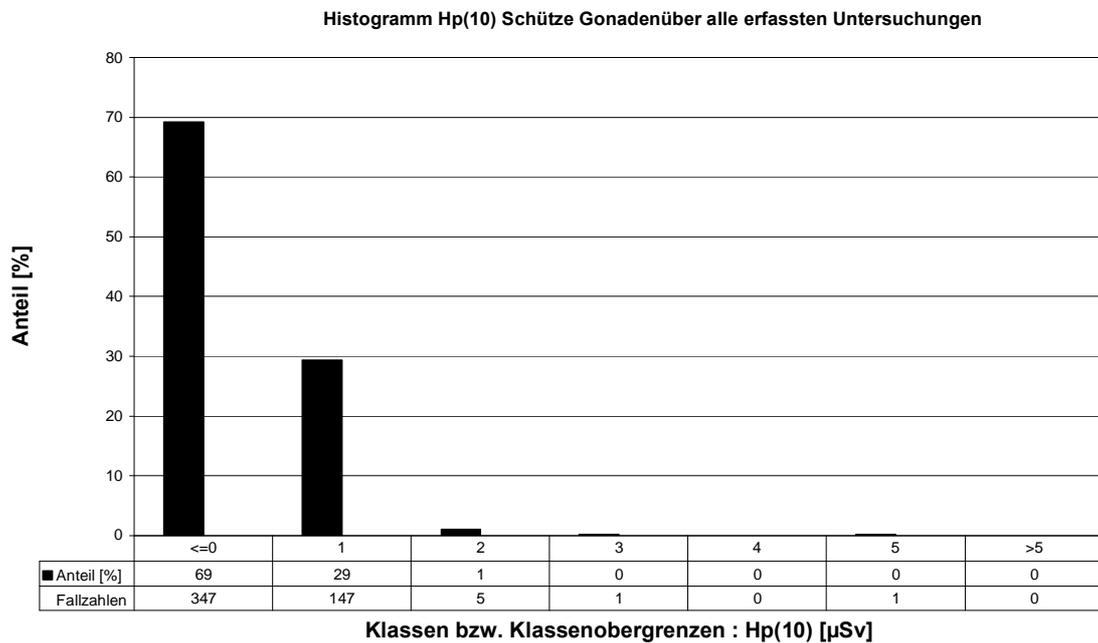


Abbildung 24 Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) an der Messposition „Schütze Gonaden“ bei der Untersuchung „Zehe 90°“ in der Großtier-Röntgendiagnostik (Gesamtanzahl: 501, arithmetisches Mittel: 0 μSv)

Ähnlich asymmetrische beziehungsweise bimodale Häufigkeitsverteilungen wie in den vorigen Abbildungen können auch bei Analyse der erfassten Messwerte in der Klinik für kleine Haustiere (KTK) für die Hauptperson (siehe auch Abschnitt 3.1.2.2) festgestellt werden (Abbildung 25).

Histogramm Hp(10) Hauptperson Brust über alle erfassten Untersuchungen (Thorax L/L KTK)

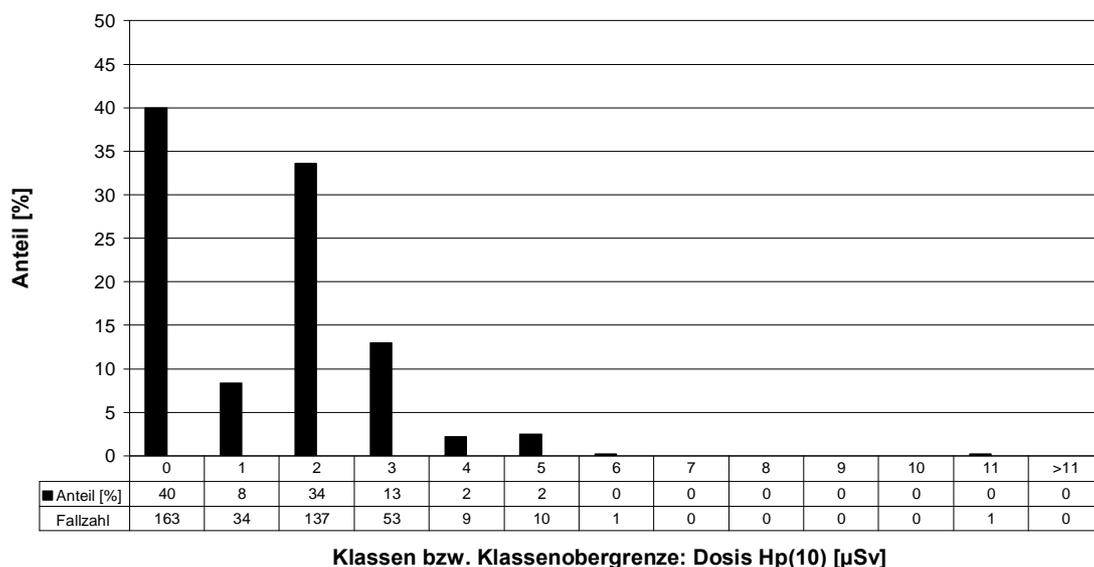


Abbildung 25 Häufigkeitsverteilung beobachteter Dosen ($H_p(10)$) an der Messposition „Hauptperson Brust“ (Gesamtanzahl: 408, arithmetisches Mittel = 1 μSv , allerdings auch: Überschreitung des Regeleinsatzbereiches in 125 Fällen)

Um die Aussagekraft der JEM zu stützen, wird zusätzlich zu den oben angegebenen charakteristischen Werten der Datenreihe die Anzahl der Werte oberhalb des Regeleinsatzbereiches angegeben, so dass Hinweise auf messtechnisch nicht erfassbare aber unter Umständen höhere Dosen abgeleitet werden können.

Für die in der JEM angegebenen Personendosen gilt grundsätzlich, dass keine Schutzmaßnahmen berücksichtigt sind. Insbesondere wurden die als Rohdaten zugrundeliegenden Personendosen VOR der Bleischürze gemessen. Die einzige Ausnahme sind Messungen unter der Bleischürze an der Messposition „Gonaden“ bei den Großtieren, die aber in der JEM-GT entsprechend mit der Spaltenüberschrift „...unter der Bleischürze“ gekennzeichnet sind. Alle anderen Messwerte wurden VOR jedem Bleischutz ermittelt! Ob und welche weiteren Schutzmaßnahmen (Schilddrüsenschutz, Bleihandschuhe, usw.) neben dem obligatorischen Tragen der Bleischürze getroffen wurden, lässt sich aus den Rohdaten entnehmen.

In erster Annäherung gestatten die in Tabelle 11 beispielhaft aufgeführten Angaben eine Abschätzung der Schutzwirkung der Bleischutzbekleidung entsprechend ihres Bleigleichwertes. Es wird deutlich, dass insbesondere hohe Anodenspannungen für eine zuverlässige Begrenzung des Strahlendurchtrittes einen hohen Bleigleichwert der Schutzkleidung voraussetzen. Üblicherweise sind bei Spannungen bis 100 kV Schürzen und Handschuhe mit einem Bleigleichwert von 0,25 mm Pb zu verwenden. Gehen die Spannungen über 100 kV hinaus, z. B. bei Beckenaufnahmen, sollten Schürzen mit einem Bleigleichwert von 0,5 mm Pb getragen werden um eine Adsorption in Bereichen von über 90 % zu gewährleisten.

Tabelle 11 Beispiel für die Schutzwirkung einer Bleischutzbekleidung (hier: MAVIG GmbH Röntgenschutzkleidung, München)

Bleigleichwert (mm Pb)	Röhrenspannung (kV)				
	50	75	100	150	200
	Anteil der nicht absorbierten Strahlung (%)				
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

Die an der Großtierklinik der FU Berlin verwendeten Bleischürzen weisen einen Bleigleichwert von 0,25 mm Pb bzw. teilweise 0,30 mm Pb auf. Da durchaus mit Röhrenspannungen von bis zu 130 kV im Sektor der Großtierdiagnostik gearbeitet wird, in der Regel aber mit Röhrenspannung unter 100 kV beziehungsweise zwischen 65 – 80 kV zu rechnen ist, ist davon auszugehen, dass, gemessen an der über der Schutzkleidung ermittelten Dosis zwischen 5 – 15 % der Dosis hinter der Schutzkleidung als Exposition zu erwarten ist (Abbildung 26). Die verwendeten Strahlenschutzschürzen der Klinik für

kleine Haustiere weisen einen Bleigleichwert von 0,5 mm Pb, die Strahlenschutzhandschuhe von 0,25 mm Pb auf. Zumindest für Handdosen kann aufgrund des engen Kontaktes zur Streustrahlensquelle eine nicht unbeträchtliche Reststrahlung als Dosis unter dem Handschuh resultieren. Bedingt durch das in der Regel deutlich geringere zu durchstrahlende Volumen in der Kleintier-Röntgendiagnostik wurden gleichzeitig geringere kV Werte der Röhreneinstellung beobachtet, so dass von einer umfassenden Abschirmung der Schutzkleidung (Schürze) und einem, an der vor der Strahlenschutzschürze gemessenen Dosis geringem Anteil von unter 5 ausgegangen werden kann (Abbildung 27).

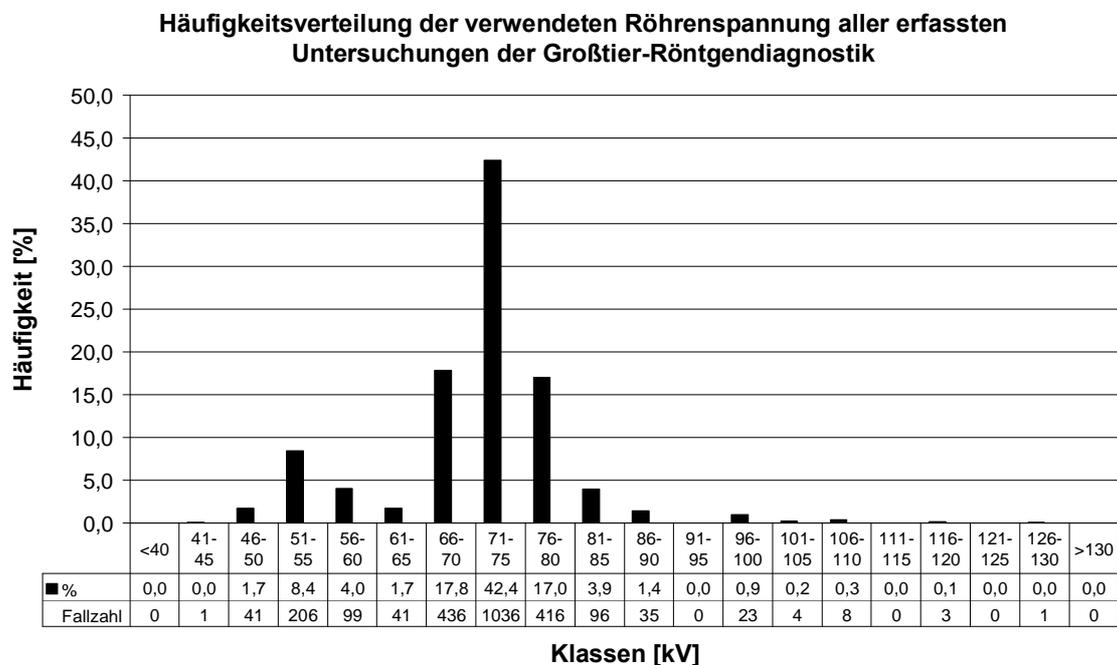


Abbildung 26 Häufigkeitsverteilung der Hochspannungswerte der Röntgensysteme bei röntgendiagnostischen Untersuchungen an Großtieren

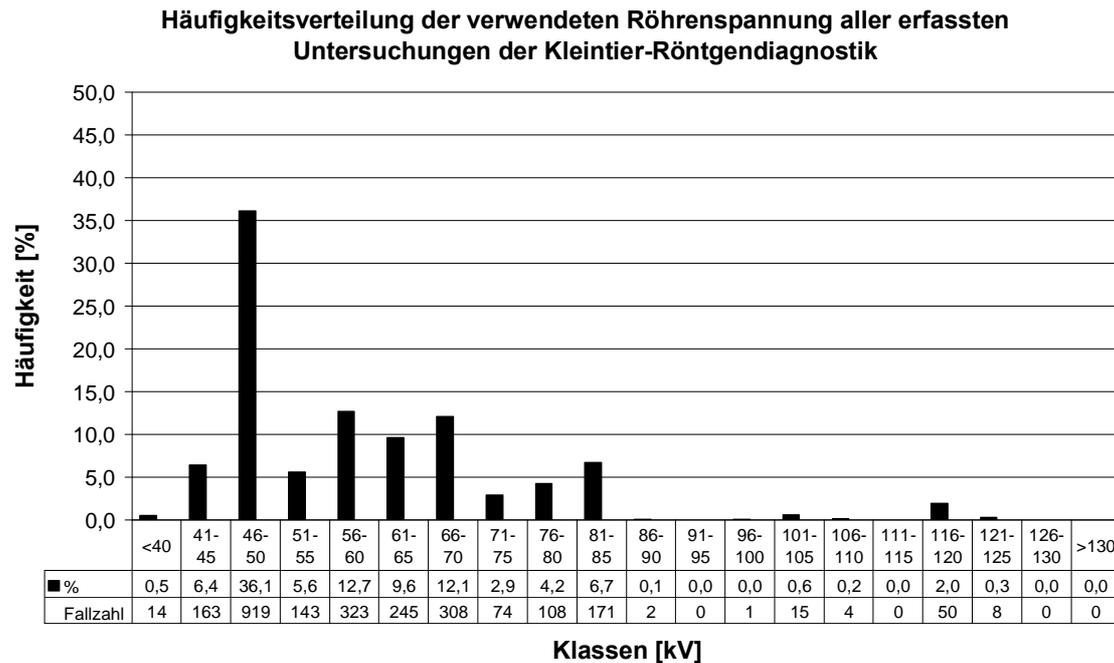


Abbildung 27 Häufigkeitsverteilung der Hochspannungswerte der Röntgensysteme bei röntgendiagnostischen Untersuchungen an Kleintieren

In der Grundeinstellung der JEM werden keine Einschränkungen bei der Berechnung der Mittelwerte gemacht, das heißt es werden alle Messwerte aller Messgeräte, aller Tiergrößenklassen (bzw. Tierarten) und aller Praxen (Kliniken der FU Berlin oder niedergelassene Tierarztpraxen) berücksichtigt, soweit die Regeleinsatzbereiche nicht überschritten werden. Insbesondere werden auch alle Untersuchungsmethoden angezeigt; zu beachten ist hierbei, dass generell Messungen aus den Tierkörperphantommessungen stets separat zu den Messungen in den Kliniken und Praxen ausgewiesen werden. Um eine selektierende Betrachtung möglich zu machen gibt es die Möglichkeit mit Hilfe einer Auswahlliste (oben links in der Tabelle) die Messgeräte, die Größenklasse und/oder die Praxis einzuschränken. Bei den Messgeräten gibt es die Auswahl

- „Alle“
keine Einschränkung bei den Messgeräten
- „0“
nur mit Thermolumineszenzdosimetern gemessene Ergebnisse

- „2“
nur mit elektronischen Personendosimetern ComDos EDM-III gemessene Ergebnisse
- „3“
nur mit elektronischen Personendosimetern EPD MK2 der Firma Thermo Fisher Scientific gemessene Ergebnisse

Die Auswahl für die Größenklassen bei Großtieren (Pferden) wird in Tabelle 12 für die JEM-GT erläutert.

Tabelle 12 Auswahlmöglichkeiten der Größenklassen in der JEM-GT

Selektionskriterium	Masse	Rasse, ggf. Tierart
Gruppe 0	> 600 kg	Kaltblut, Kaltblut-Mix, Shirehorse, Friese, Rinderbulle
Gruppe 1	500 kg bis 600 kg	Warmblut, Edles Warmblut, Polnisches Warmblut, Dänisches Warmblut, Russisches Warmblut, Hannoveraner, Westfale, Oldenburger, Holsteiner, Brandenburger, Sachsen-Anhaltiner, Traber, Thüringer, Appaloosa, Mix, Zangersheide, Würtemberger, Tinka
Gruppe 2	450 kg bis 500 kg	Vollblut, zierliches Pferd
Gruppe 3	350 kg bis 450 kg	Kleinpferd, Isländer, Haflinger, Carmaque, Connemara, Quarterhorse, Araber, Araber-Mix, Painthorse
Gruppe 4	200 kg bis 350 kg	Pony, Jährling, Esel
Gruppe 5	100 kg bis 200 kg	Fohlen, Shettlandpony, Absetzer, Jährling, Ziege
Gruppe 6	< 100 kg	Minishettlandpony, kleine Fohlen

Die „Job-Exposure-Matrix der Kleintiere“ erfordert zunächst die Wahl eines entsprechenden Tierart-Kürzels: „Alle“ beziehungsweise 1 = Hund, 2 = Katze, 3 = Exoten (incl. Kaninchen und Merschwein), 4 = Vogel. Für die „Job-Exposure-Matrix der Kleintiere“ ist die Möglichkeit der detaillierten Unterteilung nach der Größenklasse auf die Patientengruppe „Hunde“ beschränkt, alle weiteren Gruppen fallen in die Gewichtskategorie 0 (0,7 kg - < 6 kg beziehungsweise auch < 0,7 kg).

Für sehr große Haustiere ist es denkbar, dass statt der JEM KT auch die JEM GT für die Gruppe 6 verwandt wird. In diesem Falle ist aber zu klären, ob Röhreneinstellungen und sonstige Randbedingungen während der röntgendiagnostischen Untersuchung vergleichbar sind.

Als letztes Kriterium zur Auswahl der Messwerte kann die Praxis (bzw. der Ort) in dem die Untersuchung messtechnisch erfasst wurde, selektiert werden. Unter der Nummer 0 verbirgt sich bei der JEM-GT die Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin und bei der JEM-KT die Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin. Alle weiteren Kennziffern beziehen sich auf die vier niedergelassenen Tierärzte, die das Forschungsvorhaben unterstützt haben.

Eine Auswahl der Untersuchungsmethoden erreicht man etwas weiter unten links in der Tabelle indem man die gewünschten Untersuchungsmethoden in der Liste mit einem Häkchen versieht. Durch Anwahl des Eintrags „Alle auswählen“ erhält man wieder die Ergebnisse zu allen Untersuchungsmethoden angezeigt.

Durch einen Doppelklick auf einen der Werte in der Tabelle öffnet sich eine neue Tabelle mit allen diesem Wert zugrundeliegenden Rohdaten.

4.1.2 Anwendungsbeispiele für die „Job-Exposure-Matrix“

Nachfolgend werden drei Beispiele zur Verwendung der Daten der „Job-Exposure-Matrix“ vorgestellt.

4.1.2.1 Beispiel 1

In Tabelle 13 wird für drei, bereits in Abschnitt 3.5 diskutierte Messkampagnen (Zeiträume A, B und C gemäß Tabelle 13) an der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin aus dem Mix aller der in diesem Zeitraum auftretenden Untersuchungen eine tägliche Personendosis $H_p(10)$ für einzelne Tragepositionen berechnet und in der zweiten Spalte als Abschätzung der Jahresdosis auf 200 Tage hochgerechnet. Alle drei Messkampagnen spiegeln dabei in Bezug auf die Frequenz und Art der Röntgenaufnahmen einen typischen Praxisalltag wieder.

Da die Dosen mit Hilfe der „Job-Exposure-Matrix“ ermittelt wurden, sind bei den in der Tabelle angegebenen Personendosen keine Schutzmaßnahmen wie Bleischürze, Bleihandschuhe oder Schilddrüsenschutz berücksichtigt.

Tabelle 13 Aus der JEM-KT ermittelte Personendosis aus verschiedenen Messkampagnen (keine Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen)

Messkampagne	$H_p(10)/d$	$H_p(10)/200 d$
A (Schilddrüse) 27.11. – 01.12.2006 (5 Arbeitstage)	0,23 mSv	47 mSv
A (Augenhöhe) 27.11. – 01.12.2006 (5 Arbeitstage)	0,22 mSv	44 mSv
B (Brust) 05.12. – 11.12.2006 (5 Arbeitstage)	0,10 mSv	21 mSv
B (Augenhöhe) 05.12. – 11.12.2006 (5 Arbeitstage)	0,38 mSv	77 mSv
C (Schilddrüse) 12.12. – 15.12.2006 (4 Arbeitstage)	0,37 mSv	75 mSv
C (Augenhöhe) 12.12. – 15.12.2006 (4 Arbeitstage)	0,29 mSv	59 mSv

4.1.2.2 Beispiel 2

Aus den Jahresfallzahlen für das Jahr 2005 der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie (GTK) und der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere (KTK) der Freien Universität Berlin lassen sich mit Hilfe der JEM ebenfalls Jahresdosen ohne die Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen abschätzen. Für insgesamt 7.846 Untersuchungen im Jahr 2005 an der KTK der FU Berlin ergibt sich rein rechnerisch eine Jahresdosis für die Hauptperson (siehe Abschnitt 3.1.2.2) auf Höhe der Schilddrüse von $H_p(10) = 75,25 \text{ mSv/a}$ und auf Brusthöhe von $H_p(10) = 57,80 \text{ mSv/a}$. An der GTK der FU Berlin wurden im Jahr 2005 insgesamt 2650 Untersuchungen durchgeführt, aus denen sich mit Hilfe der JEM eine Jahresdosis für die Person des Schützen

auf Höhe der Schilddrüse von $H_p(10) = 3,3 \text{ mSv}$ und auf Höhe der Gonaden von $H_p(10) = 2,6 \text{ mSv}$ abschätzen lässt.

Allerdings wird hierbei vereinfachend davon ausgegangen, dass alle Untersuchungen von derselben Person (als Hauptperson und als Schütze) durchgeführt werden. Die tatsächliche Jahresdosis einer realen Person hätte also in jedem Fall unter dieser Abschätzung gelegen.

4.1.2.3 Beispiel 3

Eine typische Abfolge von Untersuchungen erfolgt im Rahmen von sogenannten Ankaufsuntersuchungen (AKU) an einem Tier. Diese Untersuchungen ermöglichen dabei dem Käufer und dem Verkäufer die Feststellung, ob, bzw. dass das zu verkaufende Tier gesund und damit sein Geld wert ist. Aus tiermedizinischer Sicht gibt es keine weitere rechtfertigende Indikation. Die Tiere, die bei einer solchen Ankaufsuntersuchung geröntgt werden, sind in der Regel gesund.

In der Tabelle 14 sind die bei einer Ankaufsuntersuchung an der Großtierklinik der FU-Berlin (FU GTK) üblicherweise durchgeführten Untersuchungsmethoden aufgelistet, in Tabelle 15 das gleiche für die Großtierpraxis NGT-2. Die einzelnen Expositionen wurden aus der JEM-GT ermittelt. Dabei wurde bereits die für die Ankaufsuntersuchung nötige Anzahl der einzelnen Aufnahmen berücksichtigt. In den beiden letzten Spalten werden unter den Überschriften „Summe Standard“ und „Summe Erweitert“ die für die jeweilige Trageposition ermittelten Summen für eine vollständige Ankaufsuntersuchung angegeben. In Tabelle 14 werden für die „Summe Standard“ nur die Untersuchungsmethoden Zehe 90° , Strahlbein nach Oxspring 0° , Tarsus 0° , 45° und 90° berücksichtigt. In Tabelle 15 werden für die „Summe Standard“ alle angegebenen Untersuchungsmethoden bis auf HWS 1-3 berücksichtigt. In der Spalte „Summe Erweitert“ werden in beiden Tabellen alle aufgeführten Untersuchungsmethoden berücksichtigt. Alle in den Tabellen angegebenen Dosiswerte sind Tiefenpersonendosen $H_p(10)$ (nur in der letzten Zeile $H_p(0,07)$) in Mikrosievert (μSv).

Tabelle 14 Expositionen bei Ankaufsuntersuchungen an Großtieren (Teil 1)

AKU GTK (Beispiel nach JEM Praxis 1 (FU GTK) Pferd Größenklasse 1 (500 - 600 kg)										
Untersuchung	Zehe 90°	Strahlbein nach Oxspring 0°	Tarsus 0°	Tarsus 45°	Tarsus 90°	HWS 1 - 3	Rücken 1 - 3 90°	Knie	Summe Standard	Summe erweitert
Anzahl Aufnahmen	4	2	2	2	2	1	1	2	12	16
Dosis (Dosis Einzelexposition x Anzahl der Expositionen)										
Schütze Schilddrüse	1	2	1	1	1	10	3	1	6	21
Schütze Gonaden	0	1	1	0	0	30	2	0	2	34
Schütze Füße	2	2	1	1	1	16	0	2	7	24
Kassettenhalter Schilddrüse	1	4	0	1	1	0	0	4	6	10
Kassettenhalter Gonaden	1	3	1	1	1	1	0	3	9	13
Kassettenhalter Füße	1	15	1	2	1	5	0	2	20	27
Pfleger Schilddrüse	0	1	0	0	0	24	1	0	1	27
Pfleger Gonaden	1	2	0	0	0	39	1	0	4	43
Pfleger Füße	1	5	0	0	0	12	1	1	7	20
H _P (10) mech. Kass.-Halter	13	23	5	6	5	29	2	10	52	92
H _P (0,07) mech. Kass.-Halter	14	24	6	6	6	22	2	11	56	90

Tabelle 15 Expositionen bei Ankaufsuntersuchungen an Großtieren (Teil 2)

AKU NGTs (Beispiel nach JEM Praxis 3 (NGT 2) Pferd Größenklasse 1 (500 - 600 kg)										
Untersuchung	Zehe 90°	Strahlbein nach Oxspring	Tarsus 115°	Tarsus 45°	Rücken 1-2 90°	Knie 90°	Knie 0°	HWS 1 - 3	Summe Standard	Summe erweitert
Anzahl Aufnahmen	4	2	2	2	1	2	2	1		
Dosis (Dosis Einzelexposition x Anzahl der Expositionen)										
Schütze Schilddrüse	3	1	2	2	8	4	4	10	24	34
Schütze Gonaden	2	1	2	1	6	2	3	18	16	34
Schütze Füße	3	1	2	2	1	4	10	4	23	27
Kassettenhalter Schilddrüse	2	2	2	2	10	6	8	7	34	41
Kassettenhalter Gonaden	2	1	2	1	3	5	7	9	21	30
Kassettenhalter Füße	4	3	2	2	1	3	4	3	19	22
Pfleger Schilddrüse	0	0	0	0	1	0	0	10	2	12
Pfleger Gonaden	1	1	0	0	0	0	0	6	3	9
Pfleger Füße	1	1	0	1	0	0	1	3	4	7
Hp10 mech. Kass.-Halter	13	0	11	12	1	29	24	0	91	91
HP007 mech. Kass.-Halter	14	0	10	9	1	13	0	0	47	47

4.1.2.4 Beispiel 4

Eine fiktive in einer Großtierpraxis tätige Person ist im Verlauf eines Jahres durchschnittlich an etwa 1000 Untersuchungen beteiligt. Davon sind etwa 500 Zehe 90°, 300 Strahlbein nach Oxspring 0° und 150 Schulter 90° (50 sonstige werden nicht berücksichtigt). Bei diesen Untersuchungsmethoden übernimmt er in etwa gleich häufig die Position des Schützen wie die des Kassettenhalters.

Aus der Tabelle 16 (relevanter Ausschnitt aus der JEM-GT) lassen sich mit den oben angegebenen Fallzahlen Jahresdosen für diese fiktive Person abschätzen.

Schilddrüse: $H_P(10) = 1100 \mu\text{Sv/a}$

Gonaden: $H_P(10) = 700 \mu\text{Sv/a}$

Füße: $H_P(0,07) = 1025 \mu\text{Sv/a}$

Hände: $H_P(0,07) = 1800 \mu\text{Sv/a}$

Tabelle 16 Expositionen häufiger Untersuchungsmethoden nach der JEM-GT

Großtiere	Schütze			Kassettenhalter				
	Schilddrüse	Gonaden	Füße	Schilddrüse	Gonaden	Füße	Hand rechts	Hand links
Zehe 90°	1	0	1	1	1	1	3	3
Oxspring 90°	1	0	1	0	1	1	-	-
Schulter 90°	39	49	8	64	69	22	-	-
HWS 3	4	13	3	3	4	1	7	7

Eine fiktive in einer Kleintierpraxis tätige Person ist im Verlauf eines Jahres durchschnittlich an etwa 1000 Untersuchungen beteiligt. Davon sind etwa 500 Thorax L/L, 300 Abdomen L/L und 150 WS L L/L (50 sonstige werden nicht berücksichtigt). Bei diesen Untersuchungsmethoden übernimmt er immer die Position der Hauptperson.

Aus der Tabelle 17 (relevanter Ausschnitt aus der JEM-KT) lassen sich mit den oben angegebenen Fallzahlen Jahresdosen für diese fiktive Person abschätzen.

Schilddrüse: $H_P(10) = 4750 \mu\text{Sv/a}$

Gonaden: $H_P(10) = 0 \mu\text{Sv/a}$

Brust: $H_P(10) = 4150 \mu\text{Sv/a}$

Hand: $H_P(0,07) = 4350 \mu\text{Sv/a}$

Tabelle 17 Expositionen häufiger Untersuchungsmethoden nach der JEM-KT

Kleintiere	Hauptperson				weitere Person			
	Brust	Schilddrüse	Gonaden	Hand	Brust	Schilddrüse	Gonaden	Hand
Thorax L/L	2	2	0	3	0	1	0	1
Abdomen L/L	5	6	0	7	1	1	0	4
Becken V/D	2	4	0	15	1	1	0	4
WS L L/L	11	13	0	5	0	1	0	0

4.1.3 Überlegungen zu den ermittelten Personendosen $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$ und den gesetzlich festgelegten Dosisgrenzwerten für die Körperdosis (Organdosis oder effektive Dosis)

Alle Messwerte in der JEM liegen als Personendosis vor. Die Personendosis ist in allgemeiner Form als Äquivalentdosis gemessen an der für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche definiert und damit eine Punktgröße. Die Personendosis ist ein individueller Schätzwert für die Körperdosis der Person, die sich im Strahlungsfeld befindet, d. h. für die effektive Dosis oder für die lokale Hautdosis.

Bei durchdringender Strahlung gilt als Personendosis die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$, bei Strahlung geringer Eindringtiefe die Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$ und falls durchdringende Strahlung und Strahlung geringer Eindringtiefe gleichzeitig in Betracht kommen, besteht die Personendosis aus dem Wertepaar $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$. Bei der Strahlenschutzüberwachung von Personen an Arbeitsplätzen durch amtliche Messstellen wird bei niedrigen Dosen (unterhalb der Überprüfungsschwellen aus Tabelle 18) die gemessene Personendosis der effektiven Dosis (bei $H_p(10)$) bzw. der Hautdosis (bei $H_p(0,07)$) gleichgesetzt. Nach Angabe der ICRP wird durch die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ die effektive Dosis konservativ abgeschätzt wenn das Personendosimeter an einer in Bezug auf die einfallende Strahlung repräsentativen Stelle getragen wird (das gilt auch für isotropen Strahlungseinfall, aber nicht bei Exposition von hinten wenn das Dosimeter vorne getragen wird).

Überschreitet die gemessene Personendosis die entsprechende Überprüfungsschwelle (siehe Tabelle 18), so kann eine genaue Berechnung der Körperdosis aus der gemessenen Personendosis erforderlich werden. Erst nach dem Überschreiten der Jahresgrenzwerte der Körperdosis ist eine genauere Berechnung gemäß der „Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition“ (/SSK 06/) zwingend erforderlich.

Der Einsatz der elektronischen Personendosimeter erfolgte außerhalb des vorgesehenen Einsatzbereiches, nämlich **vor** der Bleischürze, so dass der menschliche Streukörper durch die Bleischürze ersetzt wird. Vergleichsmessungen aus der Literatur (z. B. /PTB 99/) und ein Vergleich zwischen Messungen vor einem Wasserphantom und Messungen ohne Phantom lassen die Annahme zu, dass die zusätzlichen Messfehler durch eine Messung vor der Bleischürze nicht das Gesamtergebnis in Frage stellen sondern nur einen kleinen Beitrag zur gesamten Messungenauigkeit beisteuern.

Für eine Anwendung der in der JEM angegebenen Personendosen bei der Abschätzung von möglichen Überschreitungen von Grenzwerten können die aus der JEM ermittelten Jahreswerte der Personendosis mit der entsprechenden Körperdosis gleichgesetzt werden, da die ermittelten Personendosen immer eine konservative Abschätzung der Körperdosis darstellen und diese bei sorgfältigem Einsatz des Personendosimeters nicht unterschätzen.

Tabelle 18 Überprüfungsschwellen aus RiPhyKo Teil 1: äußere (/BMU 04/):
 Unterschreitet im Überwachungszeitraum (ein Monat) die gemessene Personendosis die betreffende Überprüfungsschwelle, gilt der Wert der Personendosis als Körperdosis

Personendosis	Körperregion / Organ	Überprüfungsschwelle in mSv	Grenzwerte in mSv/a
$H_p(10)$	Ganzkörper	5	20
$H_p(0,07)$	Augenlinse	15	150
	Haut, Hände, Unterarme, Füße, Knöchel	50	500

4.2 Ableitung von Empfehlungen zur Optimierung des Strahlenschutzes bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin

Mit der „Job-Exposure-Matrix“ liegen Messwerte der Personendosen an Stirn, Schilddrüse, Brust, Händen, Gonaden und Füßen für in tiermedizinischen Röntgenbereichen auftretende Expositionen für eine große Zahl verschiedener Untersuchungsmethoden vor.

Neben den eigentlichen Personendosen enthält die „Job-Exposure-Matrix“ Informationen über die Bezeichnung der Untersuchungsmethode, Röhrenparameter (kV, mAs, ms), beteiligte Personen (Schütze, Kassettenhalter, Pfleger), Messpositionen der Dosimeter (Stirn, Hals, Brust, Gonaden, Hand, Fuß), Anzahl der Messungen (insgesamt und nicht genutzte) und Personendosiswerte in μSv (Mittelwert, Maximum, Minimum) jeweils als $H_p(10)$ (Hand, Fuß, Stirn auch als $H_p(0,07)$).

Wie im Abschnitt 4.1.2 an einigen Beispielen dargestellt, lassen sich mit Hilfe der „Job-Exposure-Matrix“ die Expositionen von Personen, die in der Tiermedizin an röntgendiagnostischen Untersuchungen beteiligt sind (sowohl Fach- und Hilfspersonal als auch Personen aus der Bevölkerung), in Form von Personendosen an verschiedenen Tragepositionen abschätzen. Eine Abschätzung der Personendosis ist sowohl für einzelne Untersuchungsmethoden als auch für verschiedene Zeiträume (z. B. eine Jahresdosis) möglich. Allerdings werden keine Strahlenschutzmaßnahmen berücksichtigt, auch nicht das vorgeschriebene Tragen der Bleischürze (die zugrundeliegenden Messwerte wurden vor dem Bleischutz ermittelt).

Wie sich als Ergebnis dieser Beispielrechnungen zeigt ist die Dosis des beruflich strahlenexponierten Personals und des Hilfspersonals bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin nicht zu vernachlässigen, auch wenn dies durch die amtlich ermittelte Monatsdosis teilweise suggeriert wird. Wahrscheinlich wird durch die Messung hinter der Bleischürze die effektive Dosis des beruflich strahlenexponierten Personals und des Hilfspersonals bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin durch die amtliche Personendosimetrie unterschätzt (siehe auch /BOE 07/).

Neben der obligatorischen Bleischürze sollten als weitere Strahlenschutzmaßnahmen immer ein Schilddrüsenschutz getragen werden, Stative für die Röntgenröhre und mechanische Kassettenhalter verwendet werden und ggf. Bleihandschuhe eingesetzt

werden. Die große Bandbreite der Messwerte in der „Job-Exposure-Matrix“ (Vergleich Minimal- mit Maximalwert aus der „JEM“) zeigt auch, dass neben allen Schutzmaßnahmen und technischen Randbedingungen das Verhalten der beteiligten Personen einen großen Einfluss auf die Exposition hat. Das ALARA-Prinzip ist für die Reduzierung der Strahlenbelastung unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte des beruflich strahlenexponierten Personals und des Hilfspersonals bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin ein wichtiger Faktor. Bei vorschriftsmäßigem Verhalten (Schutzmaßnahmen und ALARA) bei den röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Tiermedizin ist aber keine Grenzwertüberschreitung zu befürchten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine weitere Reduzierung der Strahlenexposition des Personals in der tierärztlichen Praxis möglich und notwendig erscheint. Mit der Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“ ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung getan worden.

Personendosimeter muss nach deutscher Bauartzulassung und internationaler Norm nur bis zu einer Dosisleistung von 1 Sv/h gewährleistet sein. Darüber hinaus wird eine vernünftige Messung der Dosis mit elektronischen Personendosimetern schwierig. Der Einsatz von elektronischen Personendosimetern als alleiniges amtliches Dosimeter ist also mit den heute am Markt erhältlichen elektronischen Personendosimetern nicht möglich. Hier müssten im regulatorischen Bereich der Bauartzulassung entscheidende Veränderungen vorgenommen werden.

- Der Einsatz von elektronischen Personendosimetern erfordert in jedem Fall einen geänderten organisatorischen Ablauf insbesondere für den Strahlenschutzbeauftragten aber auch insgesamt für das strahlenschutzüberwachte Personal (Verantwortlichkeit des Strahlenschutzbeauftragten, Zuordnung Dosis-Person, Führen des betrieblichen Dosisregisters, Übermittlung der Dosis an die zuständige Messstelle und das Strahlenschutzregister). Die Einführung dieser geänderten Organisationsstruktur führt zunächst zu einem erhöhten Aufwand vor allem für den Strahlenschutzbeauftragten. Ob dieser höhere Aufwand auch nach der Einführungsphase erhalten bleibt, liegt unter anderem am verwendeten Dosimetersystem, der Nutzung als amtliches oder betriebliches Dosimeter und am Einsatz als Pool- oder fest einer Person zugeordnetes Dosimeter.
- Das elektronische Personendosimeter als Pooledosimeter einzusetzen, hat gegenüber der festen Zuordnung zu einer Person Vorteile. So lassen sich z. B. mit wenigen Pooledosimetern alle beruflich strahlenschutzüberwachten Personen an einem Standort dosimetrieren. Aus Sicht des Strahlenschutzbeauftragten ergeben sich weitere Vorteile aus der festen Lokalisierung der Dosimeter in einer Rackstation oder einem anderen Pool, da z. B. die personenbezogenen Filmdosimeter erst bei den Personen angefordert werden müssen bzw. eingesammelt werden müssen, bevor sie ausgewertet werden können. Nach dem Verlust eines Dosimeters wird bislang die Ausgabe einer Jahres- oder Monatsersatzdosis erforderlich. Dies kann beim gemeinsamen Verwenden von Dosimetern im Pool vermieden werden.
- Bei der Sicherheit vor Manipulation und Fehlbedienung haben die Filmdosimeter einige Vorteile gegenüber den elektronischen Personendosimetern, da sie sich nur sehr schwer manipulieren oder funktionsunfähig machen lassen. Diese Vorteile werden zum Teil durch die Verwendung der elektronischen Personendosimeter als Pool-Dosimeter ausgeglichen, weil dadurch nur die Messungen eines Einsatzes verloren gehen können, während bei den Filmdosimetern die Expositionswerte eines ganzen Monats verloren gehen.

- Als ein deutlicher Vorteil ist die höhere Empfindlichkeit der elektronischen Personendosimeter gegenüber den Filmdosimetern zu sehen, insbesondere im Zusammenhang mit einer direkt ablesbaren Dosis und der Möglichkeit Alarmschwellen einzurichten und es ergibt sich ein erweiterter Einsatzbereich. Die niedrige Nachweisgrenze (bereits eine Dosis ab 1 μSv wird angezeigt) ermöglicht es auch, den Strahlenschutz unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte zu verbessern und damit dem ALARA-Prinzip gerecht zu werden. Derzeit liegt die Nachweisgrenze der Filmdosimeter bei 50 μSv , so dass eine Evaluation der Tätigkeiten erst bei Überschreiten dieser Dosis erfolgen kann. 50 μSv bilden gewissermaßen einen Grenzwert, oberhalb dessen der Strahlenschutzbeauftragte ein Gespräch mit der exponierten Person suchen kann und wird. Der Einsatz der elektronischen Personendosimetern bietet die Möglichkeit, auch unterhalb von 50 μSv die Dosis der Mitarbeiter zu bestimmen und das Verhalten der Mitarbeiter aus Sicht des Strahlenschutzes positiv zu beeinflussen.
- Die mit elektronischen Personendosimetern überwachten Personen können auch durch den direkten Vergleich zwischen ihrem Verhalten und der angezeigten Dosis ihr Verhalten im Sinne des Strahlenschutzes sofort korrigieren bzw. zumindest besser beurteilen. „Keine Dosis“ ist der Wunsch der Beteiligten, daher ist anzunehmen, dass versucht würde, auch geringe Dosen weiter zu reduzieren. Die derzeit eingesetzte Filmplakette gibt lediglich einen monatlichen Wert aus, die Exposition einer einzelnen Aktion kann damit nicht rekonstruiert werden. Beim Einsatz von elektronischen Personendosimetern stehen auch aktionsbezogene Angaben zur Dosis zur Verfügung und die Dosis bzw. der Dosisverlauf kann täglich bewertet werden.
- Der Möglichkeit von elektronischen Personendosimetern, die Überschreitung „sinnvoller Richtwerte“ akustisch und optisch zu signalisieren, wird eine hohe pädagogische Bedeutung beigemessen. Bei sinnvoll eingerichteten Alarmschwellen werden die Nutzer vor unnötiger Strahlenexposition gewarnt (z. B. vor dem Nutzstrahl der Röntgenröhre). Eine „sinnvolle Alarmschwelle“ liegt deutlich unterhalb der gesetzlichen Werte und sollte unmittelbar das Verhalten des Trägers beeinflussen. So können auch Fehler in der Röntgentechnik (z. B. beim Einblenden des Röntgenstrahls) frühzeitig erkannt und korrigiert werden. Nach Auslösen eines Alarms können z. B. die Träger des elektronischen Personendosimeters ihren Abstand zur Streustrahlenquelle vergrößern und den Grad des Strahlenschutzes (z. B. durch Anziehen von Handschuhen) erhöhen. Dem Träger des elektronischen Personendosimeters sollte die Auslöseschwelle für den Alarm vorher bekannt sein.

- Problematisch ist das Tragen des elektronischen Personendosimeters unter der Blei-Schutzkleidung (wie für amtliche Dosimeter vorgeschrieben), da dadurch ein direktes Ablesen der Dosis verhindert wird und selbst die über den gesamten Tag gesammelte Dosis unabhängig vom Strahlenschutzverhalten des Trägers wahrscheinlich nie einige Mikrosievert übersteigt.
- Prinzipiell besteht das Interesse, den Verlauf der Tagesdosis betrachten zu können, da unter dem frischen Eindruck der zum jeweiligen Tag durchgeführten Untersuchungen eine Bewertung des eigenen Verhaltens am besten möglich wäre. Ob dieses Interesse auch längerfristig erhalten bleiben würde, ist aber fraglich. Die Auswertung der elektronischen Personendosimeter nach einzelnen Untersuchungsmethoden im Praxisalltag wird in jedem Fall als zu aufwendig angesehen. Eine tätigkeitsbezogene Trennung der Dosis würde eine sehr geringe Integrationszeit der elektronischen Personendosimeter erfordern, so dass die Trennung an der begrenzten Speicherkapazität der Geräte scheitern würde.
- Bei der Überwachung von Tierbesitzern ergeben sich durch den Einsatz von elektronischen Personendosimetern Vorteile aus der Tatsache, dass ein direkt anzeigendes Gerät für zahlreiche Personen verwendet werden könnte und die Dosis unmittelbar mitgeteilt werden könnte. Der Strahlenschutzbeauftragte könnte ein Messsystem für alle Überwachungsaufgaben einsetzen.
- Die Einführung elektronischer Personendosimeter als neues Messsystem würde zunächst einen Schulungsbedarf in Bezug auf Gerätetechnik und Software, welcher durch Hersteller zu decken wäre, erfordern. Darüber hinaus besteht in Bezug auf die Messgrößen der Bedarf einer etwa 1-tägigen Schulung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Einführung der elektronischen Personendosimeter als zusätzliche betriebliche Dosimeter in der Tiermedizin aus Sicht des Strahlenschutzes zu begrüßen wäre. Allerdings würde sich diese zusätzliche Dosimetrie nur durchsetzen, wenn sie verpflichtend wäre, da sonst die zusätzlichen Kosten eine Verbreitung weitgehend verhindern würden. Als Ersatz für die im tierärztlichen Bereich üblichen Stabdodosimeter sind die elektronischen Personendosimeter aber auch finanziell konkurrenzfähig und könnten sich dementsprechend durchsetzen. Für den Einsatz der elektronischen Personendosimeter als amtliches Dosimeter im Austausch für die Filmplakette sprechen aus Sicht der meisten tierärztlichen Praxen nicht sehr viele Argumente, da die Filmplaketten ein relativ einfach zu verwendendes und sicheres System darstellen. Solange die amtlichen Dosimeter unter der Schutzkleidung getra-

gen werden müssen, ist der Gewinn an Information für den Strahlenschutz beim Einsatz von elektronischen Personendosimetern (auch aus Sicht der Behörde) gegenüber der Filmplakette relativ gering.

4.3.2 Systemspezifische Erfahrungen

Um aus Sicht des Anwenders (teilweise auch des Strahlenschutzbeauftragten) einen möglichst effektiven und unproblematischen Einsatz von elektronischen Personendosimetern zu gewährleisten, sollten die Dosimeter die Abläufe des Klinik- bzw. Praxisalltags möglichst wenig behindern. Wichtig sind also Faktoren wie Gewicht, Tragekomfort, Stabilität, Betriebsdauer und bei Poolsystemen die Zuordnung zur Person und das Auslesen der Daten nach dem Einsatz.

In der Tabelle 19 wurden die Eigenschaften der verwendeten elektronischen Personendosimeter und zugehörigen Software-Systeme gegenübergestellt und mit einem + oder – Zeichen als Vor- oder Nachteile bewertet.

Zu beachten ist dabei, dass die EPD der Firma Thermo Fisher Scientific nur mit einer einfachen Softwareversion und ohne ein spezielles Auslesesystem (Racksystem) verwendet wurden, während die elektronischen Personendosimeter der Firma Dosilab AG mit dem zugehörigen sehr komfortablen Auslesesystem (inklusive Datenbanksoftware) ComDos APD Light verwendet wurden.

Tabelle 19 Vergleich zwischen Thermo EPD Mk 2 und Dosilab EMD III

Thermo MK 2	Dosilab EMD-III
+ Batterie (bis 3 Monate)	+ Dosisleistung (bis 8 Sv/h)
+ Speicher (>250 Werte)	+ Software (Datenbank)
+ Zeitauflösung (10 sek.)	+ Auslesesystem (Rack)
	+ iButton
- Dosisleistungsfehler (> 1 Sv/h)	- Befestigung (Klipp)
- Software	- Gewicht
- Auslesesystem	- Inbetriebnahme
	- Akkukapazität (ca. 16 h)
	- kein „AUS-Schalter“

Der wichtigste Vorteil der EMD-III Dosimeter für den Bereich Röntgenaufnahmen (in der Tiermedizin) ist sicher die Verträglichkeit des Systems mit Dosisleistungen bis 4 Sv/h gegenüber nur 1 Sv/h bei den Mk2 Geräten. Da in diesem Bereich die Anforderungen sowohl der internationalen Normung als auch der deutschen Bauartzulassung aber von beiden Geräten wahrscheinlich (nach Datenlage) erfüllt werden, müsste erst eine Anpassung der Anforderung bezüglich der für elektronische Personendosimeter messbaren Dosisleistung erfolgen.

4.4 Ergebnisse einer Datenerhebung zu röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden in einem kleinen tierärztlichen Kammerbezirk

Zu Beginn des Forschungsvorhabens wurden die in 2005 in den beiden am Forschungsvorhaben beteiligten Tierkliniken der FU Berlin durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungsmethoden statistisch erfasst und u. a. zur Kategorisierung röntgendiagnostischer Untersuchungsmethoden aufbereitet. Damit konnte das üblicherweise zu erwartende Spektrum der in der Tiermedizin durchgeführten Untersuchungen im für das Forschungsvorhaben erforderlichen Umfang ermittelt werden. Ergänzend hierzu kommen die Erfahrungen aus den Messungen bei den niedergelassenen Tierärzten, die freundlicherweise das Forschungsvorhaben unterstützt haben.

Um weitere Einblicke in die Häufigkeit der Anwendung röntgendiagnostischer Untersuchungen in der täglichen Praxis niedergelassener Tierärzte zu gewinnen, wurde auf Grundlage der Erfahrungen aus der Durchführung des Forschungsvorhabens Anfang 2007 eine Befragung aller niedergelassenen Tierärzte in einem kleinen tierärztlichen Kammerbezirk (im Kammerbezirk Berlin) durchgeführt. Neben allgemeinen Fragen zur Größe der Praxis oder Klinik oder zur personellen Ausstattung wurden die Verantwortlichen gezielt um Auskunft

- zur röntgentechnischen Ausstattung,
- zum Ablauf einer Röntgenuntersuchung sowie
- zu Maßnahmen des Strahlenschutzes

gebeten. Bei den Fragen zum Ablauf einer Röntgenuntersuchung wurde ein Schwerpunkt auf die Häufigkeit und die Erfassung der wichtigsten durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungen gelegt. Hierbei wurden insbesondere auch die Einstellungen für eine vorgegebene Untersuchung abgefragt. Der Fragebogen sowie die graphische Darstellung der Ergebnisse der Auswertung sind in Anhang 7.4 im Detail sowie in /GRS 07.2/ wiedergegeben; nachfolgend werden einzelne Aspekte kurz erläutert:

- Von insgesamt 303 per Post angeschriebenen Kliniken oder Praxen niedergelassener Tierärzte antworteten 52, von denen 8 angaben, keine Röntgensysteme einzusetzen bzw. über einen Einsatz von Röntgensystemen nur in der Zukunft nachzudenken. Aufgrund der Zusammensetzung des Kammerbezirks mit einer ge-

ringen Anzahl an Großtierkliniken fanden sich unter den Antwortenden ausschließlich Kleintierkliniken.

- Im Durchschnitt werden in den antwortenden Kliniken und Praxen etwa 450 Patienten im Monat behandelt, von denen (wiederum im Durchschnitt) 42 röntgendiagnostischen Untersuchungen unterzogen werden. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass die Mittelwerte durch drei Kliniken oder Praxen besonders beeinflusst werden. So liegt bei etwa 55% der Antwortenden die Zahl der röntgendiagnostischen Untersuchungen bei bis zu 20 im Monat.
- Generell werden am häufigsten röntgendiagnostische Untersuchungen des Thorax durchgeführt, gefolgt von Untersuchungen des Abdomen und des Beckens. Die nachfolgende Abbildung 28 zeigt die Auswertung der Daten zur Frage „Welche Röntgenaufnahmen werden am häufigsten durchgeführt?“. Im Allgemeinen werden die Untersuchungen dabei von zwei Personen (Tierarzt, medizinisches Hilfspersonal) durchgeführt. Nur vier Kliniken erklären, dass der Tierbesitzer bei den Untersuchungen im Untersuchungsraum ist.

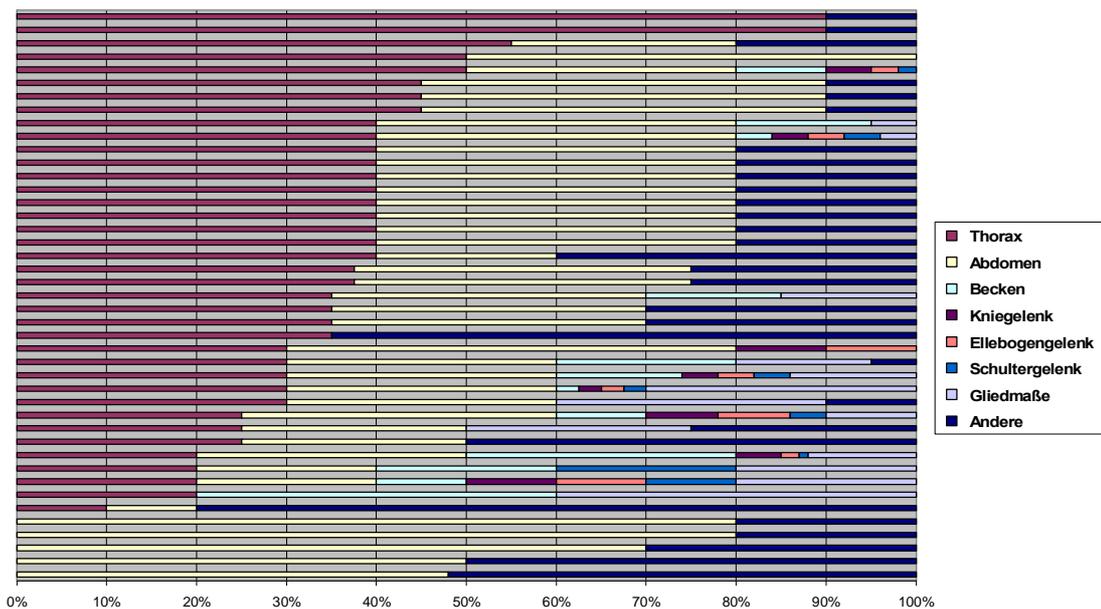


Abbildung 28 Häufigkeitsverteilung der in den antwortenden Kliniken und Praxen des Kammerbezirks Berlin durchgeführten häufigsten röntgendiagnostischen Untersuchungen

- Bei der Auswertung der Antworten zur vorgegebenen Referenzuntersuchung (a) Aufnahme des Thorax latero-lateral für einen Labrador, 30 kg; b) Aufnahme des Kniegelenks medio-lateral ebenfalls für einen Labrador, 30 kg) zeigen sich Inter-

pretationsspielräume, die vermutlich auf Missverständnisse bei den einzutragenden Parametern zurück gehen, so dass die Aussagekraft zu dieser Abfrage eingeschränkt ist.

In diesem Zusammenhang wurde auch nach eventuell verwandten Referenzwerten bzw. Richtwerten für röntgendiagnostische Untersuchungen gefragt. In ca. 33% der antwortenden Kliniken und Praxen, in denen röntgendiagnostische Untersuchungen durchgeführt werden, werden Informationen aus externen Quellen berücksichtigt. In etwa 70% der Kliniken und Praxen gehen eigene Erfahrungswerte in die Wahl der Parameter des Röntgensystems ein. Aufgrund der Möglichkeit der Mehrfachnennung schließt die Aussage „Eigene Erfahrungswerte“ aber nicht aus, dass nicht auch gleichzeitig externe Quellen zur Orientierung verwandt werden.

- Schließlich wurden die Kliniken und Praxen auch nach von den Messstellen gemeldeten Personendosen befragt. In 77% der Fälle liegt die gemeldete monatliche amtliche Personendosis unterhalb der Nachweisgrenze. In allen übrigen Fällen lagen entweder keine Antworten vor oder die Dosiswerte lagen unter 0,1 mSv bzw. 0,2 mSv.

Neben den überwiegend geschlossenen Fragen zu den Kliniken und Praxen und den röntgendiagnostischen Untersuchungen wurde den Antwortenden auch die Möglichkeit gegeben, Fragen oder Hinweise im Zusammenhang mit der Thematik des Fragebogens zu äußern. Nachfolgend sind sinngemäß einzelne Anmerkungen wiedergegeben:

- Aus tiermedizinischer Sicht ist es notwendig, dass kompetente zentrale Stellen vorhanden sind (wie z. B. die Fachkliniken der FU Berlin), die bei der Interpretation von Röntgenaufnahmen unterstützen können.
- Aufgrund der niedrigen monatlichen Dosen insbesondere infolge der getragenen Schutzkleidung und bei seltenen Röntgenuntersuchungen erscheint einzelnen Tierärzten ein dreimonatiger statt eines einmonatigen Überwachungszeitraumes für die passiven amtlichen Personendosimeter sinnvoll.
- Aufgrund der getragenen Schutzkleidung wird angeregt, Tierärzte von der Tragepflicht eines Personendosimeters zu befreien und stattdessen die Expositionsüberwachung der Hände, die bei den röntgendiagnostischen Untersuchungen in weitaus höherem Maße, aus Handhabungsgründen meist ungeschützt der Röntgenstrahlung ausgesetzt sind, gegenüber der Überwachung der Personendosis zu bevorzugen.

Schlussfolgerungen

Die durchgeführte Befragung niedergelassener Tierärzte hat ergeben, dass eine solche Befragung grundsätzlich Unterstützung bei der betroffenen Ärzteschaft findet. Mit einer Quote von ca. 18% haben Tierärzte in erfreulichem Maße auf die Fragebögen geantwortet und ergänzende Informationen für das Forschungsvorhaben verfügbar gemacht. Insbesondere hat die Befragung die Häufigkeitsverteilung der Röntgenuntersuchungen bestätigt, die bereits bei der Vorbereitung der Messungen erstellt worden war.

Grundsätzlich hat sich die Strukturierung des Fragebogens bewährt, so dass eine Wiederholung der Befragung in einem anderen Kammerbezirk sinnvoll erscheint. Beigetragen hat hierzu auch die zugesicherte Anonymität der Bearbeitung der Antworten. Im Bereich der Abfrage zur Wahl der Parameter des Röntgensystems bei der Untersuchung des vorgegebenen Referenzpatienten besteht die Notwendigkeit, die abgefragten Parameter genauer zu erläutern, da hier offenbar Verständnisschwierigkeiten vorliegen.

Die mitgeteilten amtlichen Personendosen lassen keine Überschreitungen der Jahresgrenzwerte erkennen; dies deckt sich auch mit den Abschätzungen auf Grundlage der „Job-Exposure-Matrix“, wenn die Wirkung von Strahlenschutzmaßnahmen wie dem Tragen von Schutzschürzen unterstellt wird. Aus den Fragebögen wird allerdings nicht ersichtlich, ob die amtlichen Personendosimeter stets getragen wurden bzw. wie das Vorgehen bei mehreren Personen während der Röntgenaufnahme gestaltet war. Hierzu wäre eine Erweiterung des Fragebogens hinsichtlich der Dosimetrie aller während der Röntgenaufnahme anwesenden Personen sinnvoll.

Richt- bzw. Referenzwerte zur Einstellung der Röntgensysteme beruhen überwiegend auf den eigenen Erfahrungen, wobei auch Informationen aus externen Quellen berücksichtigt werden. Denkbar ist, das in der Humanmedizin erprobte System der Referenzwerte im Sinne der Vermeidung unnötiger Expositionen der Patienten in der Tiermedizin, aber auch im Sinne der Reduzierung der Strahlenexposition des tiermedizinischen Fach- und Hilfspersonals gezielt auszuarbeiten und innerhalb der Tierärzteschaft bekannt zu machen.

Schließlich haben ca. 14% der antwortenden Kliniken und Praxen, in denen Röntgenuntersuchungen durchgeführt werden, bezüglich des eigenen strahlenschutzrelevanten Kenntnisstandes Bedarf an Weiterbildung angezeigt. Auch ein Beitrag in der Rubrik

„Verschiedenes“ des Fragebogens enthielt den Hinweis darauf, dass strahlenschutzrelevante Informationen bisweilen nicht in ausreichendem Maße vorhanden sind. Es erscheint daher sinnvoll, gezielt das tiermedizinische Fach- und Hilfspersonal über Fragestellungen des Strahlenschutzes zu informieren. Neben den bereits heute gesetzlich geforderten regelmäßigen Aktualisierungskursen zur Fachkunde wären hier Informationsbroschüren, Artikelserien in der tiermedizinischen Fachliteratur und Konferenzbeiträge denkbar. Das im Rahmen dieses Forschungsvorhabens erstellte Informationsmaterial kann in diesem Sinne verwandt werden.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Hilfsmittel - Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis“ wurden röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden in der Tiermedizin dosimetrisch begleitet. Primäres Ziel war es, die Strahlenexposition des medizinischen Fach- und Hilfspersonals bei der Durchführung einer röntgendiagnostischen Untersuchung zu ermitteln und in eine Datenstruktur zu übertragen, so dass zuverlässige Vorhersagen zur Strahlenexposition bei künftiger Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen möglich werden.

Die Messungen hierzu fanden schwerpunktmäßig in zwei am Forschungsvorhaben beteiligten tiermedizinischen Kliniken der Freien Universität Berlin (FU Berlin) statt. Darüber hinaus wurden Messungen bei vier niedergelassenen Tierärzten durchgeführt, die das Forschungsvorhaben entsprechend unterstützten. Spezielle röntgendiagnostische Untersuchungen, für die Expositionsdaten im Rahmen der Messungen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin oder in den Kliniken und Praxen der niedergelassenen Tierärzte nicht oder nur teilweise ermittelt werden konnten, wurden mit Hilfe von Tierkörperphantomen nachgestellt und entsprechend dosimetrisch begleitet.

Bei den Messungen kamen primär elektronische Personendosimeter, aber auch Thermolumineszenzdosimeter und eine Ionisationskammer zum Einsatz. Wegen der zu erwartenden niedrigen Dosiswerte für eine einzelne röntgendiagnostische Untersuchung und aufgrund der Abschirmwirkung entsprechender Schutzbekleidung (Strahlenschutzschürze, Schilddrüsenschutz) wurden die Dosimeter vor der Schutzbekleidung betrieben.

Insgesamt wurden von März 2006 bis Januar 2007 1373 Untersuchungen in der beteiligten Großtierklinik der FU Berlin sowie 2772 Untersuchungen in der beteiligten Kleintierklinik messtechnisch erfasst. Die angestrebte Statistik von 1000 Untersuchungen bei Großtieren und 1000 Untersuchungen von kleinen Haustieren konnte somit erreicht werden. Hierbei wurden 42 bzw. 57 röntgendiagnostische Untersuchungsmethoden berücksichtigt. Hinzu kamen 1.955 Untersuchungen mit in der Summe 64 röntgendi-

agnostischen Untersuchungsmethoden aus den Messkampagnen bei den vier niedergelassenen Tierärzten.

Die Rohdatensätze wurden einer Prüfung unterzogen, um fehlerhafte Datensätze, oder solche, für die Messdaten unter unzulässigen Messbedingungen ermittelt wurden, auszuschließen. Im Rahmen der Auswertung und Erstellung der „Job-Exposure-Matrix“ wurden insgesamt 4.994 Untersuchungen mit 49.032 Messwerten berücksichtigt.

Die Auswertung der Messungen zeigt, dass die Strahlenexposition des medizinischen Fach- und Hilfspersonals während einer einzelnen röntgendiagnostischen Untersuchung infolge der Streustrahlung der Röntgenstrahlung am Patienten niedrig ist. Allerdings kann die Häufigkeit, mit der solche Untersuchungen durchgeführt werden, zu einer auf ein Jahr betrachteten bedeutenden Exposition auch jenseits der gesetzlichen Grenzwerte führen. Insofern weisen die Messungen auch auf die hohe Bedeutung einer entsprechenden Strahlenschutzbekleidung hin.

Die Zusammenstellung der Messdaten in der „Job-Exposure-Matrix“, die in zwei Fassungen getrennt für kleine Haustiere und für Großtiere bereitgestellt wurde, erlaubt schließlich eine einfache Abschätzung der für eine einzelne röntgendiagnostische Untersuchung zu erwartenden Strahlenexposition für verschiedene an der Untersuchung beteiligte Personen und verschiedene Messpositionen. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass die zugrunde liegenden Messdaten nur die Streustrahlung am Tierpatienten berücksichtigen, nicht aber eventuelle Expositionen zum Beispiel der Hände durch die Primärstrahlung des Röntgensystems. Solche Expositionen waren aufgrund der sehr hohen Ortsdosisleistungen mit den gewählten elektronischen Personendosimetern nicht messbar. Generell müssen solche Expositionen durch geeignete Schutzkleidung sowie entsprechende Verhaltensweisen unter allen Umständen vermieden werden.

Neben der Erstellung der „Job-Exposure-Matrizen“ wurden im Forschungsvorhaben auch die Erfahrungen aus dem Einsatz elektronischer Personendosimeter ausgewertet. Generell besteht hier bei den befragten Personen Interesse an einem Einsatz, insbesondere wegen der Möglichkeit, tagesaktuell einen Überblick über die eigene Strahlenexposition zu erhalten. Allerdings können die derzeitigen technischen Einschränkungen im Zusammenhang mit nicht zuverlässig messbaren Expositionen durch Primärstrahlung einen Einsatz derzeit noch verhindern.

Eine durchgeführte Befragung von Tierärzten eines kleinen Kammerbezirks zu strahlenschutzrelevanten Aspekten schließlich ergab, dass die amtlich ermittelten Körperdosen in den 44 antwortenden Tierarztkliniken und Tierarztpraxen, in denen Röntgenuntersuchungen durchgeführt werden, niedrige Werte zeigen. Die Umfrageergebnisse zeigen auch, dass Bedarf an strahlenschutzrelevanten Informationen besteht. Darüber hinaus bestanden im Einzelfall Fragen zur Zweckmäßigkeit der Ermittlung der Körperdosis mittels Filmdosimeter, die hinter einer Schutzkleidung getragen werden, insbesondere, wenn eine Expositionsüberwachung der Hände nicht routinemäßig erfolgt. Die „Job-Exposure-Matrix“ kann hier bei der Erarbeitung entsprechender Lösungen einen wichtigen Beitrag leisten.

Schließlich wurden die Ergebnisse und Erfahrungen dieses Forschungsvorhabens als Informationsmaterial zusammengestellt, das bei der Information des medizinischen Fach- und Hilfspersonals über Fragen des Strahlenschutzes verwendet werden kann.

Insgesamt ergeben sich aus der Durchführung und den Ergebnissen des Forschungsvorhabens „*Hilfsmittel zur Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis*“ wichtige Beiträge zur Weiterentwicklung des Strahlenschutzes in der Tiermedizin. In diesem Sinne ist es zweckmäßig, wenn fortlaufend weitere Messdaten zur Strahlenexposition in die „Job-Exposure-Matrix“ eingepflegt werden und hierdurch die Datenmenge weiter vergrößert wird.

6 Literaturverzeichnis

- /BMU 04/ Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen Teil 1: Ermittlung der Körperdosis bei äußerer Strahlenexposition (§§ 40, 41, 42 StrlSchV; § 35 RöV)
GMBI 2004, S. 410
- /BOE 07/ von Boetticher, H.
„Wie konservativ ist die Abschätzung der effektiven Dosis durch die amtliche Personendosimetrie für das Personal in der Radiologie?“
Fortschritte Röntgenstrahlen 2007; 179: 728-732
- /COM 05/ Dosilab AG (ehemals COMET AG)
Produktinformation „APD light: The 3-click-solution for your radiation protection at work“
2005
- /COM 06/ Dosilab AG (ehemals COMET AG)
Produktinformation „Dosimetry Solutions - Covering all your Person Dosimetry Needs and more“
2006
- /GRS 06.1/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
„StSch 4477 - Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis - Statusbericht zum Abschluss des Arbeitspaketes AP 1 „Vorhabensvorbereitung““
August 2006
- /GRS 06.2/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
„StSch 4477 - Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis - Statusbericht zum Ergebnismilenstein E2 im Arbeitspaketes AP 2 „Expositionsermittlung““
November 2006

- /GRS 06.3/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
„Ergebnisse orientierender Messungen am Wasserphantom“
Beitrag zum Arbeitsgespräch zum Forschungsvorhaben StSch 4477
16. Mai 2006
- /GRS 06.4/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Datei „Kategorisierung-Untersuchungsmethoden_Großtiere_20060616.xls“
mit ergänzenden Dateien zur Beschreibung der Untersuchungsmethoden
16. Juni 2006
- /GRS 06.5/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Datei „Kategorisierung-Untersuchungsmethoden_Kleintiere_20060616.xls“
mit ergänzenden Dateien zur Beschreibung der Untersuchungsmethoden
16. Juni 2006
- /GRS 06.6/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Freie Universität Berlin
„Messprogramm zur Durchführung von Messungen zur Strahlenexposition des Fach- und Hilfspersonals bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere an der Freien Universität Berlin (Messprogramm KTK)“
13.07.2006, Revision 1
- /GRS 06.7/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Freie Universität Berlin
„Messprogramm zur Durchführung von Messungen zur Strahlenexposition des Fach- und Hilfspersonals bei röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie an der Freien Universität Berlin (Messprogramm GTK)“
13.07.2006, Revision 4
- /GRS 06.8/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Freie Universität Berlin
„Messprogramm zur Durchführung Tierkörperphantommessungen (Messprogramm TKPM)“
02.10.2006, Revision 1

- /GRS 07.1/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
„StSch 4477 - Entwicklung einer „Job-Exposure-Matrix“ für Tierärzte zur Abschätzung der Exposition an ionisierender Strahlung bei der Diagnose mit Hilfe von Röntgengeräten in der tierärztlichen Praxis - Statusbericht zum Ergebnismilenstein E3 im Arbeitspaketes AP 2 „Expositionsermittlung““
Mai 2007
- /GRS 07.2/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
„StSch 4477 – Zusammenstellung der Antworten zu einer Befragung der niedergelassenen Tierärzte im tierärztlichen Kammerbezirk Berlin“
Mai 2007
- /HUP 06/ Hupe, O. und Ankerhold, U.
„Determination of ambient and personal dose equivalent for personnel and cargo security screening“
Radiat Prot Dosimetry, 2006; 121(4): 429 - 437
- /KOE 06/ Koert, A.
„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“
Dissertation an der Universität Leipzig
Leipzig, 2004
- /MAR 05/ Martschei, C, et al.
„Radiation exposure of assistants in equine radiography“
Biomedizinische Technik, Volume 50, Supplementary Vol.1, Part 1, p. 672-673
2005

- /NIE 05/ Niehaus H., et al.
„Pet Owner Radiation Exposure During Most Common X-ray Diagnostic Examinations Of Dog And Cat“
Biomedizinische Technik, Volume 50, Supplementary Vol.1, Part 1, p. 670-671
2005
- /PSI 06/ Kalibrierzertifikat
„Test Report EDM-III Dosemeter Characteristics Radiation, Electrical, Environmental, and Mechanical Performance“
Paul Scherrer Institut, Schweiz, Dezember 2006
- /PTB 94/ Alberts W.G., et al.
„Neue Dosis-Meßgrößen im Strahlenschutz“
PTB-Bericht, PTB-Dos-23
Braunschweig, Juli 1994
- /PTB 99/ Ambrosi, P., et al.
„Fortbildungstagung: Dosimetrie externer Strahlung: Aktuelle Entwicklungen“
PTB-Bericht, PTB-Dos-31
Braunschweig, Februar 1999
- /PTB 00/ Ankerhold, U.
„Catalogue of X-ray spectra and their characteristic data -ISO and DIN radiation qualities, therapy and diagnostic radiation qualities, unfiltered X-ray spectra-“
PTB-Bericht, PTB-Dos-34
Braunschweig, 2000
- /SSK 06/ Strahlenschutzkommission
„Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition“
SSK Band 43, 2., überarbeitete Auflage
Bonn, 2006

- /TRA 97/ Traub, R.J., et al.
“Determination of Photon Backscatter from Several Calibration Phantoms”
Radiation Protection Dosimetry 74:13-20 (1997)
- /THE 01/ Thermo Fisher Scientific (ehemals Siemens Environmental Systems Limited)
“Elektronisches Personendosimeter (EPD Mk2) – Gebrauchsanweisung”
2001
- /THE 07/ Thermo Fisher Scientific
“Product Specification: EPD® Mk2 - Electronic Personal Dosimeter”
2007
- /VÖS 99/ Vöster, I,
“Ermittlung der Strahlenexposition des veterinärmedizinischen Personals in der Röntgendiagnostik des Pferdes“
Dissertation an der FU-Berlin
1999

7 Anhang

7.1 Technische Erläuterungen zu den verwandten Dosimetern

7.1.1 Das elektronische Personendosimeter ComDos EDM-III

Das elektronische Personendosimeter ComDos EDM-III der Firma Dosilab AG (früher Comet AG, Schweiz) ist ein elektronisches Personendosimeter mit zwei integrierten Siliziumdetektoren zur Messung der ionisierenden Strahlung. In Abhängigkeit von der Art (Gamma- oder Betastrahlung), der Energie und der Intensität der einfallenden Strahlung liefert jeder der Detektoren unterschiedliche Signale. Die Ausgangssignale jedes Detektors werden zur Berechnung und Anzeige der Tiefen- und Oberflächen-Personendosis sowie der Dosisleistung im Dosimeter ausgewertet. Das Dosimeter EDM-III hat eine Abmessung von 59 mm x 99 mm x 16 mm mit einem Gewicht von 100 g und ist nach Bedarf mit einem Trageklipp zu kombinieren. Es besteht die Möglichkeit, dass Gerät individuell an der Kleidung zu befestigen. Beim Anbringen des Dosimeters muss darauf geachtet werden, dass die gelbe Vorderseite mit den integrierten Siliziumdetektoren immer zur Streustrahlenquelle getragen wird. Es kamen zwei APD Light Systeme mit insgesamt 12 Dosimetern vom Typ EDM-III zum Einsatz.

Das elektronische Personendosimeter ist für Photonenstrahlung (Gamma- und Röntgenstrahlung) im Bereich von 20 keV bis zu 1,5 MeV und für Beta-Strahlung im Bereich von 60 keV bis 6 MeV nach Standard der Norm IEC-61526:2005-02 mit einer Strahleneinfallrichtung von 0° bis +/- 60° empfindlich. Für die Personen-Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von 10 mm (Tiefen-Personendosis $H_p(10)$) ist ein Messbereich von 1 μ Sv bis 10 Sv angegeben. Die Dosisanzeige und -speicherung reicht von 1 μ Sv bis 10 Sv und die Auflösung der Dosisanzeige erfolgt mit 1 μ Sv. Die Dosisleistungsanzeige reicht von 1 μ Sv/h bis 10 Sv/h mit einer Auflösung von 1 μ Sv/h. Die Personen-Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von 0,07 mm (Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$) wird angezeigt, aber ist wie die Dosisleistungsanzeige und die gespeicherten Messwerte nicht Bestandteil einer Eichung. Das EDM-III berechnet sowohl die akkumulierte Dosis als auch die Dosisleistung für $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$. Im Übrigen erfüllt das EDM-III die Norm für Direkt ablesbare Personendosimeter IEC-61526:2005-02 vollständig. Dies wurde vom Paul Scherrer Institut in der Schweiz (PSI) nachgewiesen und bescheinigt. Die optimale Arbeitstemperatur liegt bei 5°C bis 40°C. Das EDM-III ist mit einer Alarmfunktion, die nach Wunsch konfiguriert werden kann, ausgestattet. Im Display ist alternierend die Personen-Tiefendosis $H_p(10)$, die Personen-Oberflächendosis $H_p(0,07)$, die Personen-Tiefendosisleistung $dH_p(10)/dt$, die Personen-

Oberflächendosisleistung $dH_p(0,07)/dt$, die zugeordnete Personenidentitätsnummer und ein Alarmhinweis ablesbar.

Das Dosimeter wird mit einer aufladbaren Batterie betrieben. Aufgeladen werden können bis zu acht Dosimeter gleichzeitig in einem Ladegerät (rack-charger) des APD-Light Systems. Die Ladekapazität reicht für 16 Stunden und ist bereits nach fünf Stunden Aufladezeit vollständig erreicht. Das Erreichen der vollen Ladekapazität kann im Display des EDM-III abgelesen werden (Kontrolllampe).

Das Gerätesystem ist mit einer Software (ComDos) zu bedienen und auszulesen. Die Software ist für Windows 2000 Professional und Windows XP Professional geeignet. Dabei erfolgt die Verbindung zwischen dem Dosimeter-Rack und einem Computer mittels USB Adapter. Das Dosimetersystem verfügt über ein automatisiertes Datenübernahmesystem in eine SQL-basierte Datenbank mittels IrDA-Interface. Zur Identifizierung der übernommenen Daten werden die editierfähigen persönlichen Angaben des Trägers verwendet. Unter dem „User-Profil“ können Angaben zur zu überwachenden Person und zur Messposition, dessen bevorzugten Dosimereinstellungen und seinen entsprechenden Alarmkategorien und Benutzerrechten gemacht werden. Diese können einem beliebigen Dosimeter temporär zugeordnet werden, wobei die Zuordnung bei Entnahme des Dosimeters aus dem Dosimeter-Rack durchgeführt wird. Das „User-Profil“ kann sogenannten I-Buttons (RFI Hardware in Form eines Schlüsselanhängers) zugeordnet werden, der eine automatische Zuordnung von Dosimeter und Träger bei Entnahme des Dosimeters ermöglicht. Nach erfolgter Messung ist das Dosimeter in einen beliebigen freien Steckplatz des Rack zu setzen.

Der Datentransfer erfolgt automatisch. Die übertragenen Daten werden der zuvor gewählten „Person“ in der SQL-Datenbank angefügt. Alle editierten „Personen“ der Datenbank werden in einem Verzeichnis geführt, welches das Anlegen von Organisationen, Departments oder auch Personen zum unterscheiden von verschiedenen Messaufgaben ermöglicht. Die Dosimeter sind in der Lage 50 Expositionen einzeln aufgeschlüsselt zu speichern. Danach beginnt eine Aufsummierung der Expositionen. Die gemessenen Daten sind schreibgeschützt im Dosimetriesystem hinterlegt. Sie sind jederzeit wieder aufrufbar und können nicht gelöscht werden.

Für eine weitere Verarbeitung können die erfassten Werte in andere Programme (z. B. Excel) exportiert werden. Das vollständige Auslesen und dadurch die erneute Einsatzbereitschaft wird im PC-Fenster farblich dargestellt. Die elektronischen Personendosi-

meter der Firma Dosilab AG kamen bei den Messungen in den am Forschungsvorhaben beteiligten Kliniken der FU Berlin, bei den niedergelassenen Tierärzten und bei den Messungen am Tierkörperphantom zum Einsatz. Hierbei wurde u. a. jedem Messort an den verschiedenen zu überwachenden Personen ein eigenes Personenprofil zugeordnet, um den administrativen Aufwand zu verringern. Die Dosimeter wurden im Datenaufzeichnungsmodus für Dosisbeträge oberhalb von 1 μSv betrieben.

7.1.2 Das elektronische Personendosimeter EPD MK2

Das elektronische Personendosimeter EPD MK2 der Firma Thermo Fischer Scientific (früher Siemens AG, Deutschland) enthält drei Siliziumdioden-Detektoren. In Abhängigkeit von der Art (Gamma- oder Betastrahlung), der Energie und der Intensität der einfallenden Strahlung liefert jeder der Detektoren unterschiedliche Signale. Die Ausgangssignale jedes Detektors werden zur Berechnung und Anzeige von der Tiefen- und Oberflächen-Personendosis ($H_p(10)$ bzw. $H_p(0,07)$) sowie der Dosisleistung im Dosimeter ausgewertet. Die Energieversorgung erfolgt über eine Batterie. Das EPD wiegt 95 g und hat eine Abmessung von 86 mm x 62 mm x 18,5 mm. Es ist staubdicht und spritzwassergeschützt. Der empfindliche Energiebereich für die Gamma- und Röntgenstrahlung ist vom Hersteller von 16 keV bis 7 MeV mit einer Strahleneinfallrichtung von 0° bis $\pm 60^\circ$ angegeben.

Für den optimalen Betrieb des Gerätes ist eine Umgebungstemperatur von -10°C bis $+40^\circ\text{C}$ und eine relative Luftfeuchtigkeit von 10% bis 90% einzuhalten. Das Dosimeter ist mit einem Federklipp als Tragevorrichtung ausgestattet. Eine Befestigung des Gerätes an Kleidungsstücken wird damit ermöglicht. Die von den drei Silizium-Detektoren gemessenen Strahlungswerte werden zu Äquivalentdosen (gem. ICRU Dokument 47) kombiniert. Für die Personen-Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von 10 mm (Tiefen-Personendosis $H_p(10)$) wird ein Messbereich von 10 μSv bis 10 Sv angegeben (Bestandteil der Eichung). Die Dosisanzeige und -speicherung mit automatischem Messbereichswechsel beträgt 0 μSv bis > 16 Sv. Die Auflösung der Dosisanzeige erfolgt von 1 μSv bis zu 10 mSv. Die Dosisleistungsanzeige mit automatischem Messbereichswechsel beträgt 0 $\mu\text{Sv/h}$ bis > 4 Sv/h mit einer Auflösung von 1 $\mu\text{Sv/h}$.

Die Personen-Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von 0,07 mm (Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$) wird angezeigt. Sie ist wie die Dosisleistungsanzeige und die gespeicherten Messwerte nicht Bestandteil einer Eichung. Das EPD berechnet sowohl

die akkumulierte Dosis als auch die akkumulierte Dosisleistung für $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$. Die Daten werden in einem internen Speicher (EEPROM) im EPD gespeichert. Ein Bedienknopf am Gehäuse des EPD's erlaubt dem Benutzer, diese Daten aus dem Speicher abzurufen, eine Reihe von Anzeigen auszuwählen, Alarme zu bestätigen und andere Bedienfunktionen auszuüben. Die Daten werden für den Benutzer auf einer LCD-Anzeige auf der Oberseite des EPD angezeigt.

Um den Datenverlust durch eventuellen Batterieausfall oder andere Fehler zu minimieren, werden die Daten alle 15 Minuten in einem Sicherheitsspeicher im EPD gespeichert. Über eine integrierte Infrarot-Schnittstelle und dem Programm EasyEPD2 werden die Daten vom EPD ausgelesen und die Einstellungen können ggf. geändert werden.

Die Dosis wird getrennt in drei Speichern akkumuliert: Dosis-, Gesamtdosis- und ADS- (Amtliche Dosisauswertungsstelle) Dosispeicher. Die Verwendung von mehreren Speichern erlaubt es, die Dosis über unterschiedliche Zeiträume aufzunehmen. Die Speicherkapazität gestattet Aufzeichnungen von über 500 Werten. Akustische Alarme können ausgelöst werden, wenn entweder die akkumulierte Dosis oder die Dosisleistung programmierte Alarmschwellen überschreiten.

7.1.3 Die Ionisationskammer RGD 27091

Die Ionisationskammer „X-Ray-Gamma-Dosimeter RGD 27091“ (Serien Nr. 9448006) der Sensortechnik und Elektronik Pockau GmbH (STEP) ist eine offene Ionisationskammer mit einem Volumen von ca. 600 ccm und einer luftäquivalenten Wandflächenmasse von 35 mg/cm. Sie stellt ein tragbares und batteriebetriebenes Strahlungsmessgerät zur Messung der Photonen-Äquivalentdosis und der Photonen-Äquivalentdosisleistung dar.

Es lassen sich Messungen im Weichstrahlgebiet (6 keV bis 100 keV) ohne Einsatz einer Wandverstärkungskappe und im Gebiet der Röntgen- und Gammastrahlung (20 keV bis 7,5 MeV) mit Einsatz einer Wandverstärkungskappe in den Einheiten Sv bzw. Sv/h durchführen. Es sind drei Feinmessbereiche einstellbar (20, 200, 2000 μ Sv). Der Eichfehler beträgt max. +/- 20% in allen Messbereichen unter Referenzbedingungen. Der Zusatzfehler liegt bei +/- 10% durch die Energieabhängigkeit im Bereich von 15 keV bis 2 MeV. Die Richtungsabhängigkeit der Anzeige im Winkelbereich von +/- 45°

zur Sondenachse beträgt +/- 5% und im Winkelbereich von +/- 90° zur Sondenachse +/-10%.

Um gegebenenfalls Luftdruck- und Temperaturschwankungen zu eliminieren, ist das Dosimeter vor jeder Messreihe zu kalibrieren. Zur Kompensation der Offsetspannung des Verstärkers wird vor jeder Messreihe der Nullpunkt kontrolliert und korrigiert. Das Ablesen der Messwerte erfolgte nach jeder Exposition und wurde entsprechend notiert.

7.1.4 Das Thermolumineszenzdosimeter XD-700

Das Thermolumineszenzdosimeter TLD XD-700 der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung (LPS) in Berlin mit der Messstellen-Bezeichnung LPS-TLD-TD 03 ist ein Thermolumineszenzdetektor für die Teilkörperdosimetrie der Hände, der Fingerkuppen, der Arme und der Beine. Es wird eingesetzt für die Messung von Gammastrahlung. Das Dosimeter ist eine quadratische TLD-Tablette aus Lithiumfluorid (LiF) mit einer Abmessung von 3,175 mm x 3,175 mm und einer Dicke von 0,381 mm. Die Messgröße ist die Photonenäquivalentdosis H_x . Der Gebrauchsbereich der Photonenenergie liegt bei 15 keV bis 3000 keV. Die Dosis wird von 0,1 mSv bis 10 Sv gemessen. Über die genaue Strahleneinfallrichtung macht der Hersteller keine Angabe, aber an der Messposition muss die TLD-Sonde in Richtung der Strahlenquelle getragen werden.

Ein Messwertverlust entsteht durch Temperaturen > 80 °C. Ausgelesen werden können die Dosimeter mit einer automatischen Auswerteeinrichtung (TLD-Reader Modell: HARSHAW 6600 CD). Unter Laborbedingungen ist die Dosimetersonde bis zu 500-mal wieder verwendbar. Im realen Einzelfall beträgt die Wiederverwendbarkeit ca. 50-mal, wenn keine Einzelexposition von mehr als 75 mSv aufgetreten ist. Die Dosimetersonden dürfen jedoch nicht beschädigt oder verschmutzt sein. Ein wiederholtes Auslesen des Messwertes ist nicht möglich. Der mögliche Tragezeitraum variiert von einem bis neun Monate je nach Anwendung und notwendiger unterer Messgrenze.

Die TLD XD-700 kamen bei den Messungen am Tierkörperphantom zum Einsatz und wurden von der LPS (Berlin) im Rahmen eines Sonderdosimetrieprogramms ausgelesen. Durch das Sonderdosimetrieprogramm war es möglich die Minimaldosis auf 20 μ Sv zu senken.

7.2 „Job-Exposure-Matrix“ im Detail

Pfleger										Sondertragepositionen																																			
Anzahl von Werte Pfleger Schildrüse	Minimum von Werte Pfleger Schildrüse	Mittelwert von Werte Pfleger Schildrüse	Maximum von Werte Pfleger Schildrüse	Werte oberhalb REB Pfleger Schildrüse	Anzahl von Werte Pfleger Brust	Minimum von Werte Pfleger Brust	Mittelwert von Werte Pfleger Brust	Maximum von Werte Pfleger Brust	Werte oberhalb REB Pfleger Brust	Anzahl von Werte Pfleger Gonaden	Minimum von Werte Pfleger Gonaden	Mittelwert von Werte Pfleger Gonaden	Maximum von Werte Pfleger Gonaden	Werte oberhalb REB Pfleger Gonaden	Anzahl von Werte Pfleger Gonaden unter der Bl	Minimum von Werte Pfleger Gonaden unter der B	Mittelwert von Werte Pfleger Gonaden unter der	Maximum von Werte Pfleger Gonaden unter der	Werte oberhalb REB Pfleger Gonaden unter der	Anzahl von Werte Pfleger Füße	Minimum von Werte Pfleger Füße	Mittelwert von Werte Pfleger Füße	Maximum von Werte Pfleger Füße	Werte oberhalb REB Pfleger Füße	Anzahl von Werte am mechanischen Kassettenh	Minimum von Werte am mechanischen Kassetten	Mittelwert von Werte am mechanischen Kassetten	Maximum von Werte am mechanischen Kassetten	Werte oberhalb REB am mechanischen Kassetten	Anzahl von Werte direkt neben Kassetten HP007	Minimum von Werte direkt neben Kassetten HP00	Mittelwert von Werte direkt neben Kassetten HP00	Maximum von Werte direkt neben Kassetten HP00	Werte oberhalb REB direkt neben Kassetten HP00	Anzahl von Werte direkt neben Kassetten HP10	Minimum von Werte direkt neben Kassetten HP10	Mittelwert von Werte direkt neben Kassetten HP10	Maximum von Werte direkt neben Kassetten HP10	Werte oberhalb REB direkt neben Kassetten HP10	Anzahl von Einzelergebnis					
4	0	2	3	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	4	2	3	4	0	2	0	0	0	0	4	4	7	12	0	1	6	6	6	0	4	6	11	15	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	4
4	0	1	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	5	0	3	10	0	2	0	0	0	0	3	0	9	16	0	3	10	11	11	1	3	9	10	10	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	5
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	2	16	16	16	1	2
9	1	2	4	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	9	0	3	7	0	9	0	0	0	0	2	1	1	1	0	8	4	13	22	5	8	10	17	24	6	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	9
14	0	3	10	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	14	0	1	7	1	13	0	0	0	0	5	0	0	1	0	9	3	7	17	3	9	2	6	18	3	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	14
26	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	26	0	0	1	0	17	0	0	0	0	14	0	1	1	0	19	0	3	14	0	21	0	3	14	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	26
46	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	44	0	0	1	0	26	0	0	0	0	28	0	0	3	0	39	0	4	16	3	41	0	4	15	2	2	3	4	4	0	2	3	4	4	0	46
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
35	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	35	0	0	2	0	28	0	0	0	0	15	0	0	1	0	32	1	4	9	11	32	1	4	9	9	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	35
101	0	0	1	0	4	0	0	0	0	97	0	0	2	0	60	0	0	0	0	42	0	0	1	0	99	0	2	12	13	99	0	2	11	10	1	3	3	3	0	1	3	3	3	0	104
50	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	49	0	0	1	0	35	0	0	0	0	34	0	0	1	0	49	0	3	13	6	51	0	2	13	6	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	51
24	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	24	0	0	2	0	15	0	0	0	0	21	0	0	1	0	12	1	4	9	0	19	0	3	10	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	24
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
14	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	14	0	0	1	0	10	0	0	0	0	11	0	0	1	0	8	1	3	6	0	10	1	3	6	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	17
33	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	33	0	0	2	0	25	0	0	0	0	17	0	1	2	0	7	1	5	9	0	7	1	5	9	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	35
1	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1	0	>REB	0	1	1	0	>REB	0	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
22	0	4	14	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	22	0	2	12	0	16	0	0	0	0	5	1	1	3	0	3	2	4	6	0	6	2	8	16	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	22
26	0	5	15	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	26	0	5	31	0	17	0	0	0	0	8	0	3	8	0	4	2	5	7	0	8	2	8	16	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	26
38	0	8	43	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	38	0	9	49	0	26	0	0	0	0	10	1	6	16	0	12	1	7	20	0	13	2	7	20	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	38
2	1	1	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	2	1	1	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	2	0	0	0	0	2	5	6	6	0	2	4	5	5	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	2
2	2	3	4	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	2	2	2	2	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	>REB	0	2	2	0	2	0	>REB	0	2	2	0	>REB	0	2	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	2
37	0	0	1	0	1	0	0	0	0	35	0	0	1	0	16	0	0	0	0	22	0	1	3	0	31	0	13	27	19	33	3	14	27	19	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1	3	3	3	0	38
157	0	0	1	0	2	0	0	0	0	154	0	0	1	0	103	0	0	0	0	48	0	1	0	140	0	6	20	115	141	1	9	21	126	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1	2	2	2	0	159	
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
3	3	4	6	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	3	0	3	7	0	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0	1	11	11	0	2	10	14	17	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	3	
18	0	2	11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	18	0	1	6	0	11	0	0	0	0	16	0	1	2	0	15	1	3	12	0	16	1	3	11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	18
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
23	0	2	6	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	20	0	1	3	0	18	0	0	0	0	10	0	1	2	0	9	2	8	24	0	13	0	7	25	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	23
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
1	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	1
21	0	1	8	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	21	0	1	3	0	13	0	0	0	0	12	0	0	1	0	4	1	2	4	0	7	1	3	4	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	21
3	0	0	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	0	0	1	0	3	16	16	2	3	17	21	25	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	3	
67	0	1	7	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	68	0	1	10	0	49	0	0	0	0	14	0	0	4	0	11	0	1	2	0	12	0	1	2	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	69
72	0	1	7	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	73	0	0	9	0	52	0	0	0	0	18	0	1	9	0	9	0	1	3	0	11	0	1	3	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	73
4	1	2	3	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	4	1	1	1	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	4	0	1	1	0	4	4	6	8	0	4	3	6	11	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	4
12	0	2	5	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	12	0	2	8	0	9	0	0	0	0	9	0	1	7	0	5	0	1	3	0	8	0	1	3	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	12
7	0	3	10	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	7	0	3	6	1	4	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	7	46	50	54	5	7	46	50	54	5	k.A.	k.A.</									

Informationen zum Strahlenschutz in der Tiermedizin – Informationspräsentation –

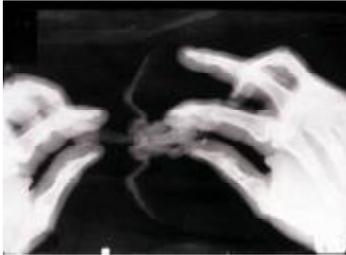
1

Einleitung (1/2)

- I „Job-Exposure-Matrix“
 - Zuordnung röntgendiagnostischer Untersuchungen am Tier zu möglicher Strahlenexposition des Fach- und Hilfspersonals
 - Abbildung real auftretender Expositionen
 - Entscheidungshilfe für die Umsetzung von rechtlichen Regelungen
- I Systematische Erkenntnisse über die Exposition in der tierärztlichen Röntgendiagnostik
- I Strahlenschutz des Personals in der tierärztlichen Praxis



2



- | Tier-Betreuungspersonen (Hilfspersonal)
 - Tierbesitzer oder Tierpfleger
- | Fachpersonal aus der Praxis
 - Tierärzte
 - Technische Assistenten

3

Rechtliche Grundlagen:

- | Röntgenverordnung (RöV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003
- | Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vom 20. Juli 2001
- | Strahlenschutz in der Tierheilkunde vom 1. Februar 2005
- | Strahlenschutz in der Medizin vom 24. Juni 2002
- | Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen Teil 1: Ermittlung der Körperdosis bei äußerer Strahlenexposition (§§ 40, 41, 42 StrlSchV; § 35 RöV)

4

Grenzwerte:

- I Beruflich strahlenexponierte Personen:
 - Kat. A: 20 mSv/a effektive Dosis
 - Kat. B: 6 mSv/a effektive Dosis
- Organdosis:
 - Augenlinse: 150 mSv/a
 - Haut, Hände, Unterarme, Füße, Knöchel: jeweils 500 mSv/a
 - Keimdrüsen, Gebärmutter, Knochenmark: jeweils 50 mSv/a
 - Schilddrüse, Knochenoberfläche: jeweils 300 mSv/a
- I Personen aus der Bevölkerung: 1 mSv/a effektive Dosis
- I Berechnung der effektiven Dosis:
Die Effektive Dosis ist definiert als Summe der mit den zugehörigen Gewebewichtungsfaktoren w_T multiplizierten Organdosen H_T .

5

Trageorte der Dosimeter



- I Stirn (Augenlinse: $w_T = 0,05$)
- I Schilddrüse ($w_T = 0,05$)
- I Brust (eff. Dosis)
- I Hände (Haut: $w_T = 0,01$)
- I Gonaden
(Keimdrüsen: $w_T = 0,20$)
- I Füße (Haut: $w_T = 0,01$)

6

Beispiele



- I JEM für Großtiere
- I Dosis pro Untersuchung in μSv

Großtiere	Schütze			Kassettenhalter				
	Schild- drüse	Go- naden	Füße	Schild- drüse	Go.	Füße	Hand rechts	Hand links
Zehe 90°	1	0	1	1	1	1	3	3
Ox. 90°	1	0	1	0	1	1	-	-
Schulter 90°	39	49	8	64	69	22	-	-
HWS 3	4	13	3	3	4	1	7	7

7

Beispiele



- I JEM für Kleintiere
- I Dosis pro Untersuchung in μSv

Kleintiere	Hauptperson				weitere Person			
	Brust	Sch.	Go.	Hand	Brust	Sch.	Go.	Hand
Thorax L/L	2	2	0	3	0	1	0	1
Abdomen L/L	5	6	0	7	1	1	0	4
Becken V/D	2	4	0	15	1	1	0	4
WS L L/L	11	13	0	5	0	1	0	0

8

Beispiel Abschätzung Jahresdosis:



- I Fiktiver Fall Großtiere
1000 Untersuchungen pro Jahr:
500 Zehe 90°; 300 Strahlbein nach Oxspring 0°; 150 Knie 90°;
50 sonstige (nicht berücksichtigt)
- I Tätigkeit: 50 % Schütze und 50 % Kassettenhalter
- I Personendosen:
 - Schilddrüse 1100 $\mu\text{Sv/a}$
 - Gonaden 700 $\mu\text{Sv/a}$
 - Füße 1025 $\mu\text{Sv/a}$
 - Hände 1800 $\mu\text{Sv/a}$

9

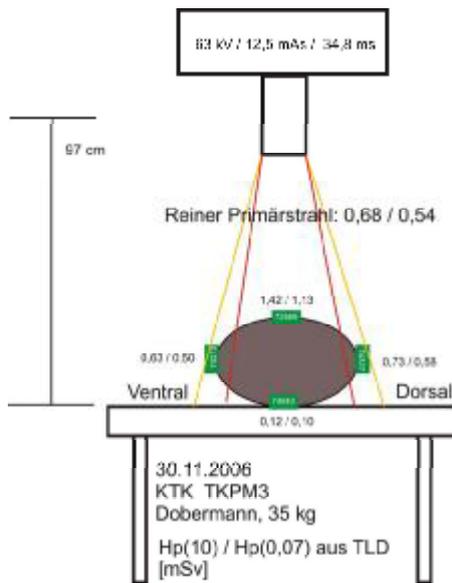
Beispiel Abschätzung Jahresdosis:



- I Fiktiver Fall Kleintiere
1000 Untersuchungen pro Jahr:
500 Thorax L/L; 300 Abdomen L/L; 150 WS L L/L;
50 sonstige (nicht berücksichtigt)
- I Tätigkeit: 100 % Hauptperson
- I Personendosen:
 - Schilddrüse 4750 $\mu\text{Sv/a}$
 - Gonaden 0 $\mu\text{Sv/a}$
 - Brust 4150 $\mu\text{Sv/a}$
 - Hand 4350 $\mu\text{Sv/a}$

10

Dosismessungen im Primärstrahl mit TLD



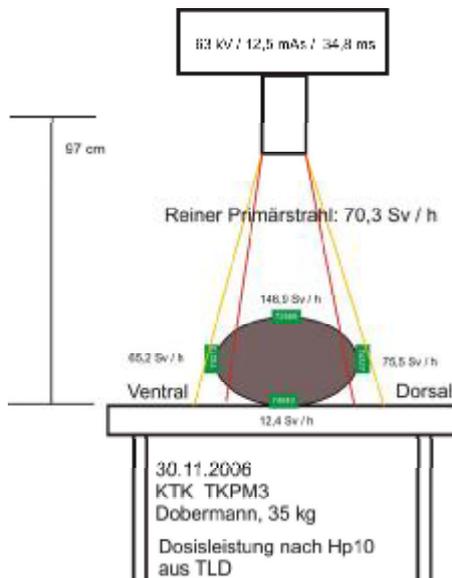
Die mit TLD im Primärstrahl gemessenen Dosen sind in Millisievert [mSv] angegeben.

=>

Durch den direkten Kontakt mit dem Primärstrahl ergeben sich schon bei einzelnen Aufnahmen hohe Dosen.

11

Dosisleistung im Primärstrahl



Durch die hohe Dosisleistung im Primärstrahl sind elektronische Personendosimeter für eine Messung der Dosis im Primärstrahl nicht geeignet.

12

Aus der JEM ermittelte Dosis bei AKU (1/2)



AKU NGTs (Beispiel nach JEM Praxis 3 (NGT 2) Pferd Größenklasse 1 (500 - 600 kg))										
Untersuchung	Zehe 90°	Strahlbein nach Oxspring 0°	Tarsus 115°	Tarsus 45°	Rücken 1-2 90°	Knie 90°	Knie 0°	HWS 1-3	Summe Standard	Summe erweitert
Anzahl Aufnahmen	4	2	2	2	1	2	2	1		
Dosis (Dosis Einzelexposition x Anzahl der Expositionen)										
Schütze Schilddrüse	3	1	2	2	8	4	4	10	24	34
Schütze Gonaden	2	1	2	1	6	2	3	18	16	34
Schütze Füße	3	1	2	2	1	4	10	4	23	27
Kassettenhalter Schilddrüse	2	2	2	2	10	6	8	7	34	41
Kassettenhalter Gonaden	2	1	2	1	3	5	7	9	21	30
Kassettenhalter Füße	4	3	2	2	1	3	4	3	19	22
Pfleger Schilddrüse	0	0	0	0	1	0	0	10	2	12
Pfleger Gonaden	1	1	0	0	0	0	0	6	3	9
Pfleger Füße	1	1	0	1	0	0	1	3	4	7
Hp10 mech. Kass.-Halter	13	0	11	12	1	29	24	0	91	91
HP007 mech. Kass.-Halter	14	0	10	9	1	13	0	0	47	47

13

Aus der JEM ermittelte Dosis bei AKU (2/2)



AKU GTK (Beispiel nach JEM Praxis 1 (FU GTK) Pferd Größenklasse 1 (500 - 600 kg))										
Untersuchung	Zehe 90°	Strahlbein nach Oxspring 0°	Tarsus 0°	Tarsus 45°	Tarsus 90°	HWS 1-3	Rücken 1-3 90°	Knie	Summe Standard	Summe erweitert
Anzahl Aufnahmen	4	2	2	2	2	1	1	2	12	16
Dosis (Dosis Einzelexposition x Anzahl der Expositionen)										
Schütze Schilddrüse	1	2	1	1	1	10	3	1	6	21
Schütze Gonaden	0	1	1	0	0	30	2	0	2	34
Schütze Füße	2	2	1	1	1	16	0	2	7	24
Kassettenhalter Schilddrüse	1	4	0	1	1	0	0	4	6	10
Kassettenhalter Gonaden	1	3	1	1	1	1	0	3	9	13
Kassettenhalter Füße	1	15	1	2	1	5	0	2	20	27
Pfleger Schilddrüse	0	1	0	0	0	24	1	0	1	27
Pfleger Gonaden	1	2	0	0	0	39	1	0	4	43
Pfleger Füße	1	5	0	0	0	12	1	1	7	20
H _p (10) mech. Kass.-Halter	13	23	5	6	5	29	2	10	52	92
H _p (0,07) mech. Kass.-Halter	14	24	6	6	6	22	2	11	56	90

14

Zusammenfassung



- | **Abschätzung** der effektiven Jahresdosis (ohne Bleischürze)
- | Dosis des beruflich Strahlenexponierten Personals und des Hilfspersonals ist **nicht** zu vernachlässigen
- | Bleischürze, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuhe, Stative, mechanische Kassettenhalter, usw. **verwenden**
- | Bei **vorschriftsmäßigem** Verhalten keine Grenzwertüberschreitung zu befürchten
- | Weitere Reduzierung der Strahlenexposition des Personals in der tierärztlichen Praxis möglich

7.4 Datenerhebung in einem tiermedizinischen Kammerbezirk Erfassungsbogen und Detailergebnisse

7.4.1 Fragebogen

Fachbereich
Veterinärmedizin
FU Berlin



Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH

Rücksendung des Fragebogens bitte wenn möglich bis 31. März 2007 per Fax an 0221-2068 10 646

Fragebogen „Strahlenschutz in tiermedizinischen Praxen und Kliniken – Ist-Aufnahme 2007“

1. Allgemeines

a) Welchen Praxistyp betreiben Sie ?

Gemischtpraxis Großtier-/Pferdepraxis Kleintierpraxis

b) Wie hoch ist die Zahl Ihrer Patienten in der Woche ?

Kleintiere Pferde Nutztiere

Exoten Nur Gesamtsumme verfügbar

c) Alternativ: Wie hoch ist die Zahl Ihrer Patienten im Jahr ?

Kleintiere Pferde Nutztiere

Exoten Nur Gesamtsumme verfügbar

2. Personelle Ausstattung

a) Wie viele Tierärzte arbeiten in Ihrer Praxis ?

b) Wie viel sonstiges tiermedizinisches Personal ist in Ihrer Praxis tätig?

Tierärzte sonstiges tiermedizinisches Personal

3. Ihre gerätetechnische Ausstattung

a) Verwenden Sie ein stationäres oder ein transportables Gerät ?

Stationär Transportabel Beides

b) Wie hoch ist die Maximalleistung des Gerätes oder der Geräte (kV, mA)?

kV mA

c) Welche Art der Entwicklung führen Sie durch?

digitale Entwicklungstechnik konventionelle Entwicklungstechnik

4. Ablauf Ihrer Röntgenuntersuchungen

a) Wieviele Röntgenaufnahmen fertigen Sie im Durchschnitt an (eine Angabe reicht aus)?

Kleintiere

Täglich oder Wöchentlich oder Monatlich

Großtiere/Pferde

Täglich oder Wöchentlich oder Monatlich

b) Nachfolgend finden Sie typische Röntgenaufnahmen aus der Praxis. Welche werden am häufigsten bei Ihnen durchgeführt?

Großtier-/Pferdepraxis	Kleintierpraxis
<input type="text"/> Zehe 90° / 0°	<input type="text"/> Thorax L/L oder V/D
<input type="text"/> Strahlbein(Oxspr. / Morgan/ Ults)	<input type="text"/> Abdomen L/L oder V/D
<input type="text"/> Tarsus 90° / 45 ° / 0°	<input type="text"/> Becken L/L oder V/D
<input type="text"/> Kopf (Zähne)	<input type="text"/> Kniegelenk
<input type="text"/> Kniegelenk, medio-lateral 90°	<input type="text"/> Ellebogengelenk
<input type="text"/> Thorax	<input type="text"/> Schultergelenk
<input type="text"/> Abdomen / Becken	<input type="text"/> Gliedmaße
Andere und zwar: <input type="text"/>	Andere und zwar: <input type="text"/>
Anzahl <input type="text"/>	Anzahl <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Monatswerte <input type="checkbox"/> Jahreswerte <input type="checkbox"/> Prozentualer Anteil, geschätzt	<input type="checkbox"/> Monatswerte <input type="checkbox"/> Jahreswerte <input type="checkbox"/> Prozentualer Anteil, geschätzt

c) Mit welchen Einstellungen würden Sie den nachfolgenden Patienten in Ihrer Praxis röntgen?

Großtier-/Pferdepraxis Hannoveraner, 500 kg	Kleintierpraxis Labrador, 30 kg
<input type="text"/> kV <input type="text"/> mAs <input type="text"/> ms	<input type="text"/> kV <input type="text"/> mAs <input type="text"/> ms
Kniegelenk, medio- lateral 90° <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Thorax, latero-lateral <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Strahlbein nach Oxspring <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Kniegelenk, medio-lateral <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

d) Nehmen Sie Einstellungen am Röntgengerät vor der Aufnahme vor?

- Ja, mindestens eine Größe (kV, mAs, ms) muss manuell gewählt werden
 Bei Bedarf kann eine Größe (kV, mAs, ms) manuell angepasst werden
 Nein, der Bedienung ist eine Vollautomatik hinterlegt, wir wählen nur Patient und Untersuchungsmethode

e) Wo entnehmen Sie ihre Richtwerte?

<input type="checkbox"/> Wir orientieren uns an folgenden Angaben	<input type="text" value="z. B. Literaturwerte"/>
<input type="checkbox"/> Wir stützen uns auf unsere Erfahrungswerte	
<input type="checkbox"/> Bei nicht zufriedenstellender Bildqualität passen wir die Einstellung an	
<input type="checkbox"/> Die Vollautomatik wurde vom Hersteller programmiert	

f) In wie vielen Ebenen / Projektionen röntgen Sie (wenn zutreffend)?

stets eine Ebene / Projektion mal so – mal so stets mehrere Ebenen / Projektionen

g) Entwickeln und beurteilen Sie zwischen zwei Aufnahmen der Ebenen das Bild?

ja nein manchmal

h) Auf welche Größe blenden Sie Ihr Strahlenbündel ein?

Größe der Filmkassette
 Größe des Objekts
 Automatische Einblendung des Gerätes (z.B. bei Untertischkassette)

i) Wie viele Personen sind während des Röntgens zugegen?

Tierarzt, und zwar Anzahl
 Hilfskraft, und zwar Anzahl
 Besitzer, und zwar Anzahl

5. Strahlenschutz

a) Welche Strahlenschutzmittel werden in Ihrer Praxis routinemäßig eingesetzt und in welcher Anzahl sind sie vorhanden?

<input type="text"/> Bleischürze	<input type="text"/> Bleihandschuhe
<input type="text"/> Schilddrüsenschutz	<input type="text"/> Strahlenschutzbrille

b) Sie betreiben eine Großtier-/Pferdepraxis – verwenden Sie Filmkassettenhalter?

Ja, immer
 Manchmal
 Nein

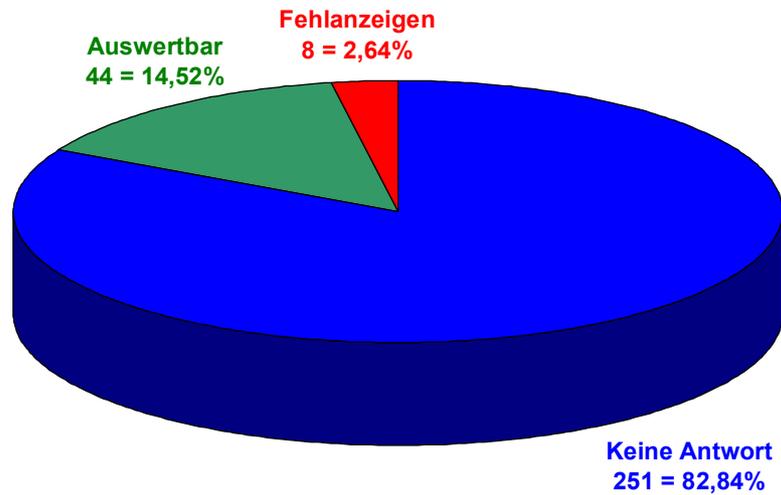
c) Sie betreiben eine Kleintierpraxis – wie fixieren Sie den Patienten im Strahlengang?

Halten des Patienten durch den Tierpfleger
 Halten des Patienten durch zwei Tierpfleger
 Fixieren des Patienten mit Hilfsmitteln (Schlingen/ Bänder) oder Sedation

7.4.2 Graphische Darstellung der Ergebnisse der Auswertung

Gesamtstatistik

Angeschrieben wurden 303 Tierarztpraxen in Berlin, Ergebnis:

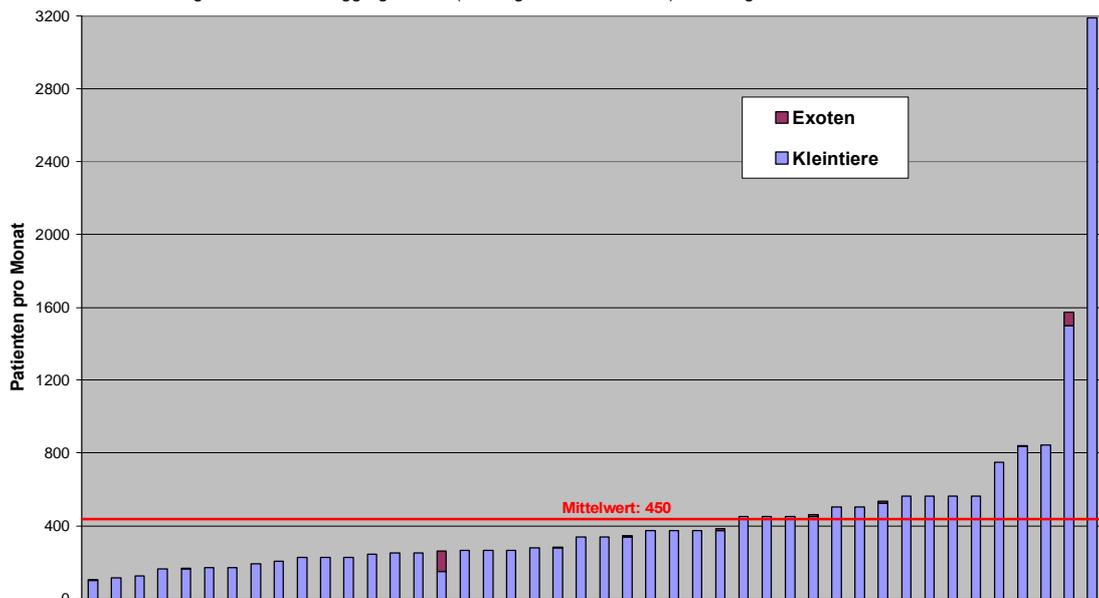


Fragenkomplex 1

Frage 1 b/c: Wie hoch ist die Zahl Ihrer Patienten pro Woche bzw. pro Jahr?

Aufsteigend sortierte Angaben zu Kleintieren und Exoten

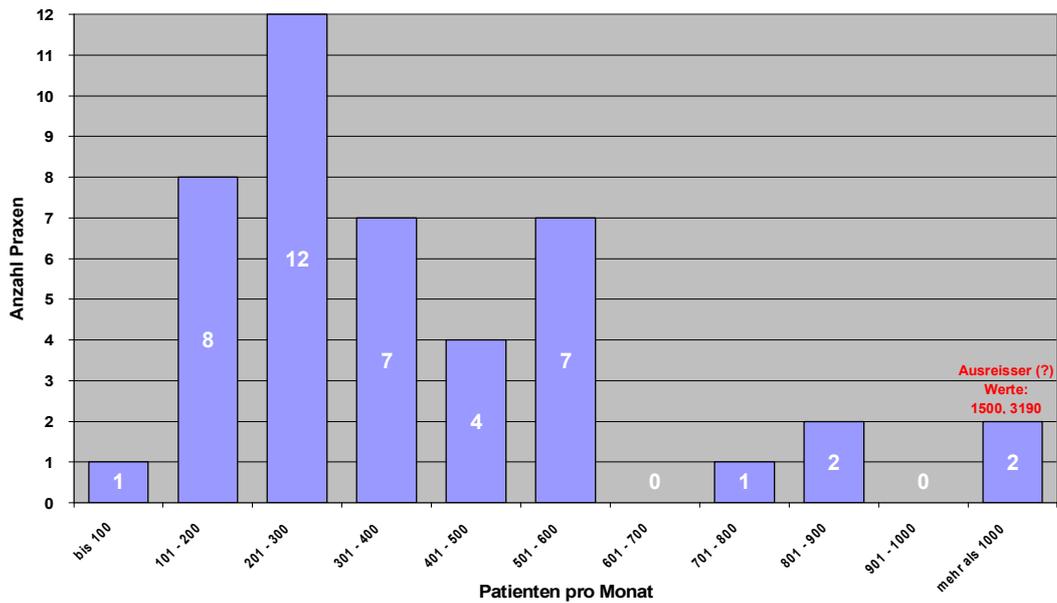
Die Ergebnisse wurden ggf. gemittelt (bei Angaben "von" / "bis") und umgerechnet auf Monatswerte



Frage 1 b/c: Wie hoch ist die Zahl Ihrer Patienten pro Woche bzw. pro Jahr?

Angaben zu Kleintieren / gruppiert

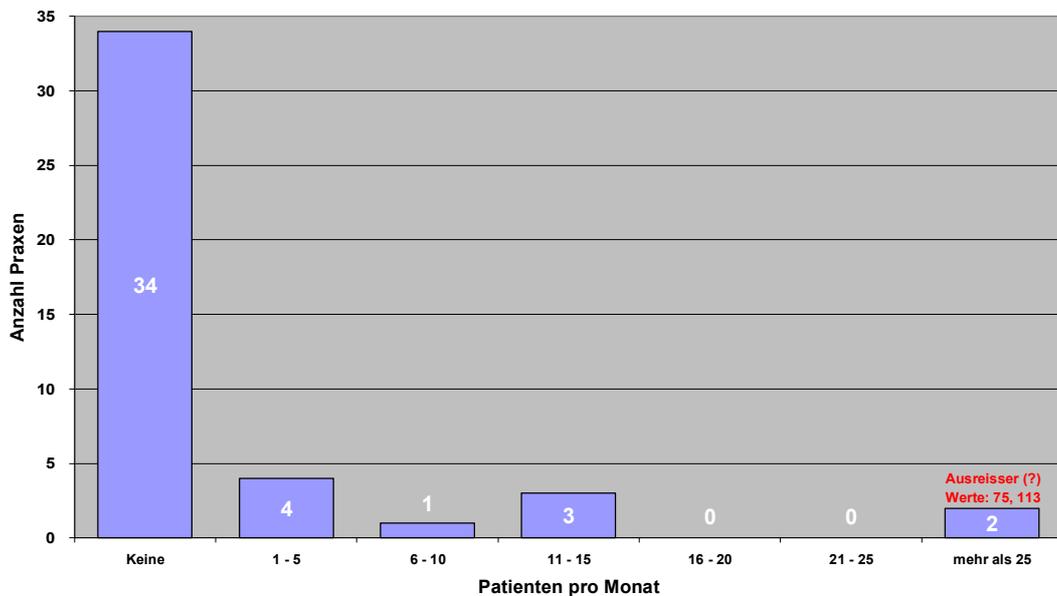
Die Ergebnisse wurden ggf. gemittelt (bei Angaben "von" / "bis") und umgerechnet auf Monatswerte



Frage 1 b/c: Wie hoch ist die Zahl Ihrer Patienten pro Woche bzw. pro Jahr?

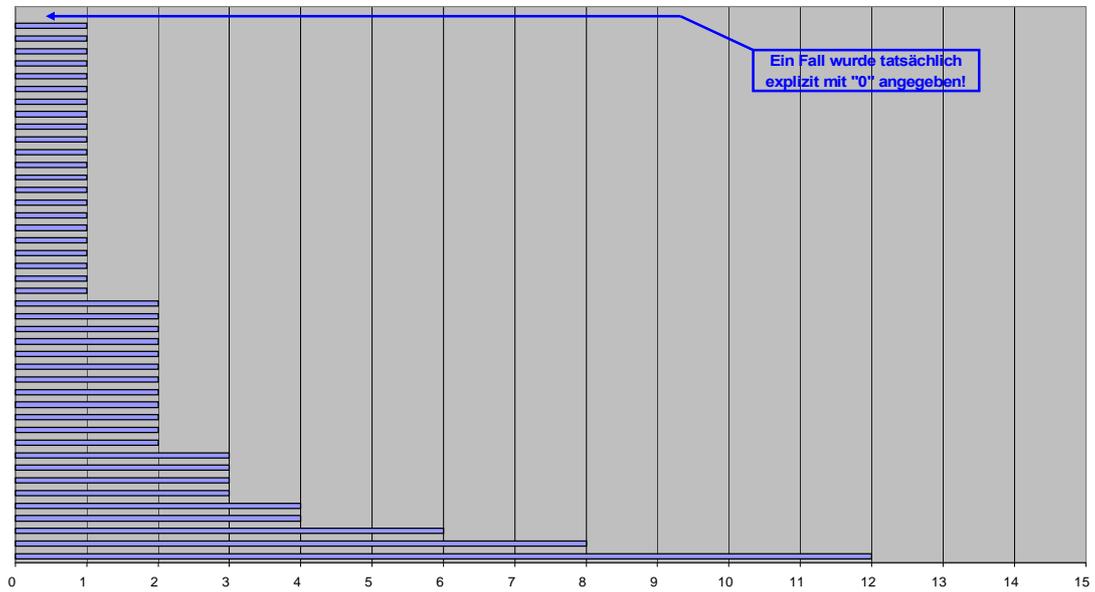
Angaben zu Exoten / gruppiert

Die Ergebnisse wurden ggf. gemittelt (bei Angaben "von" / "bis") und umgerechnet auf Monatswerte

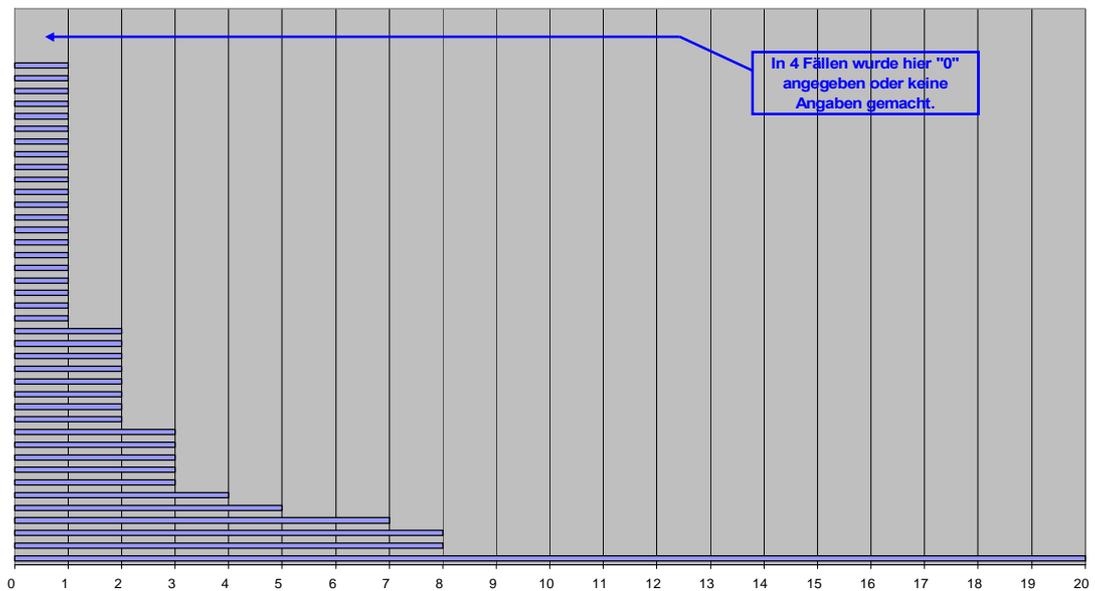


Fragenkomplex 2 - Personelle Ausstattung

Frage 2 a: Anzahl Tierärzte je Praxis, Einzelangaben

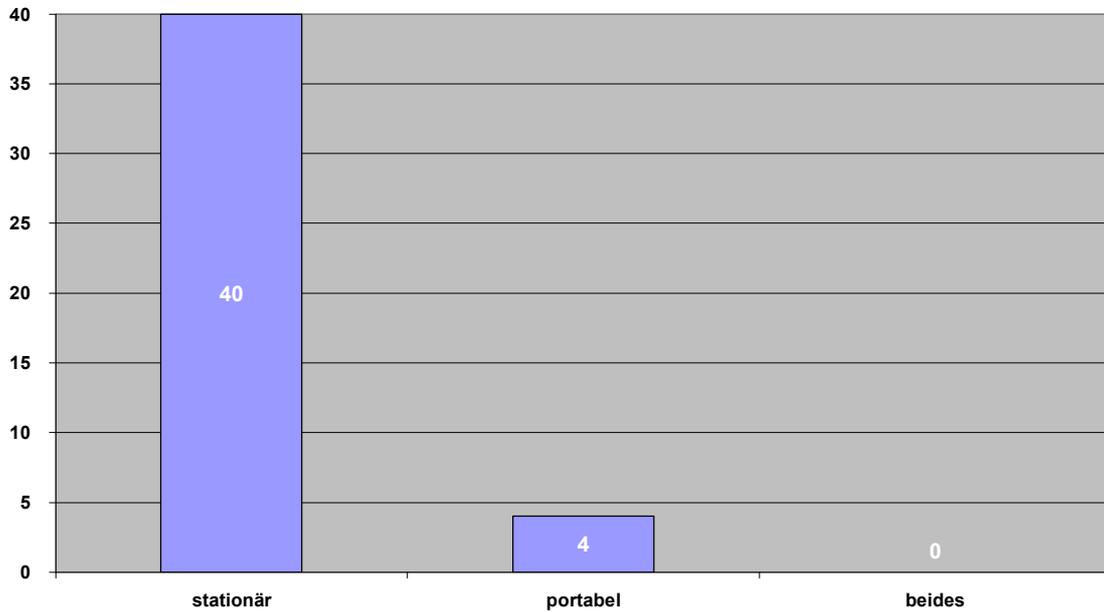


Frage 2 b: Anzahl "sonstiges tiermedizinisches Personal" je Praxis, Einzelangaben

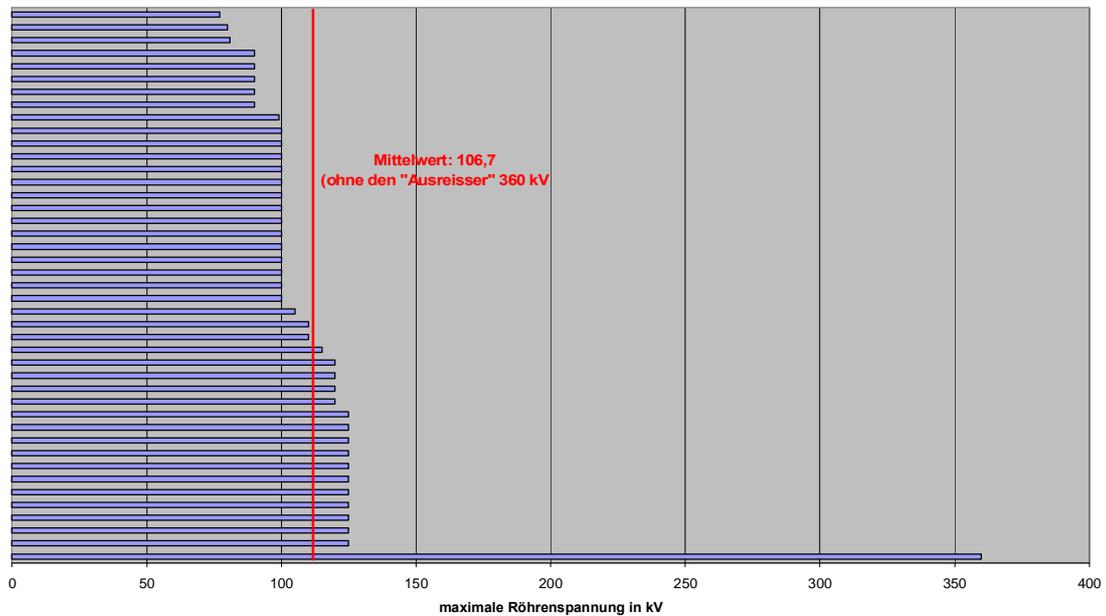


Fragenkomplex 3 – Ihre gerätetechnische Ausstattung

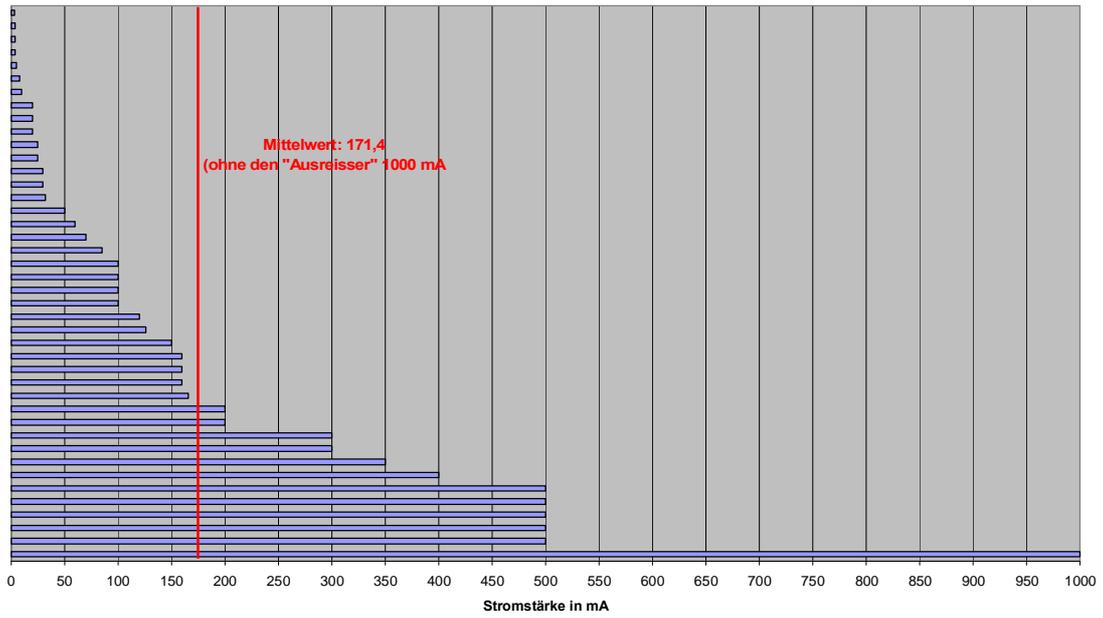
Frage 3 a: Geräteausstattung / stationär, portabel oder beides?
Anzahl der Antworten



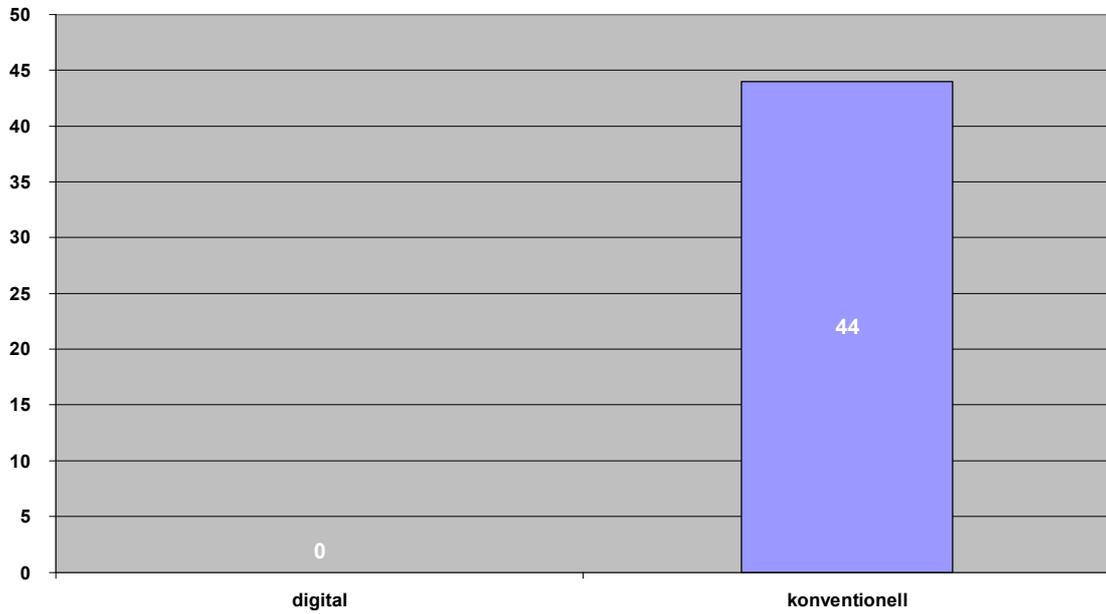
Frage 3 b: Geräteausstattung / Maximalleistung (kV) der Geräte
(43 Angaben, 1 x keine Angabe)



Frage 3 b: Geräteausstattung / Maximalleistung (mA) der Geräte
 (42 Angaben, 2 x keine Angabe / Daten fraglich, da mal mA, mal mAs angegeben)



Frage 3 c: Geräteausstattung / Entwicklungstechnik
 Anzahl der Antworten

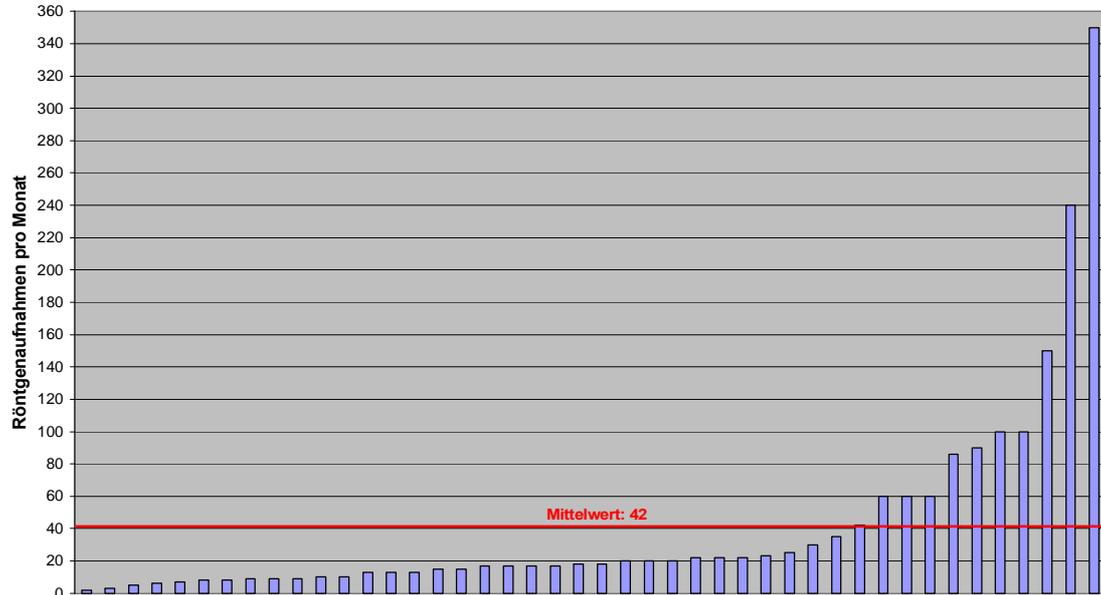


Fragenkomplex 4 – Ablauf Ihrer Röntgenuntersuchung

Frage 4 a: Wieviele Röntgenaufnahmen fertigen Sie im Durchschnitt an?

Aufsteigend sortierte Angaben

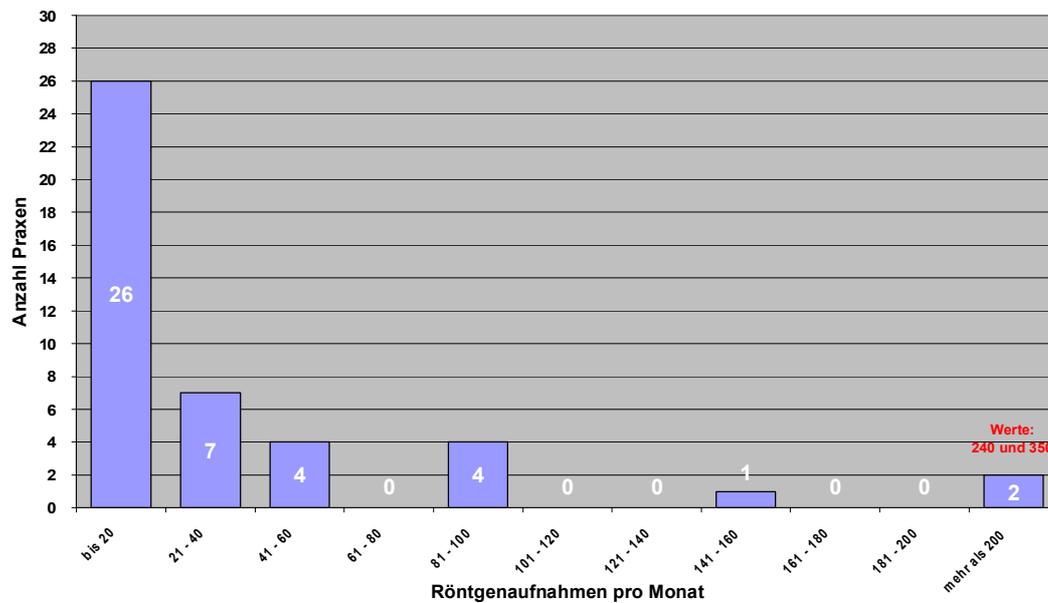
Die Ergebnisse wurden ggf. gemittelt (bei Angaben "von" / "bis") und umgerechnet auf Monatswerte



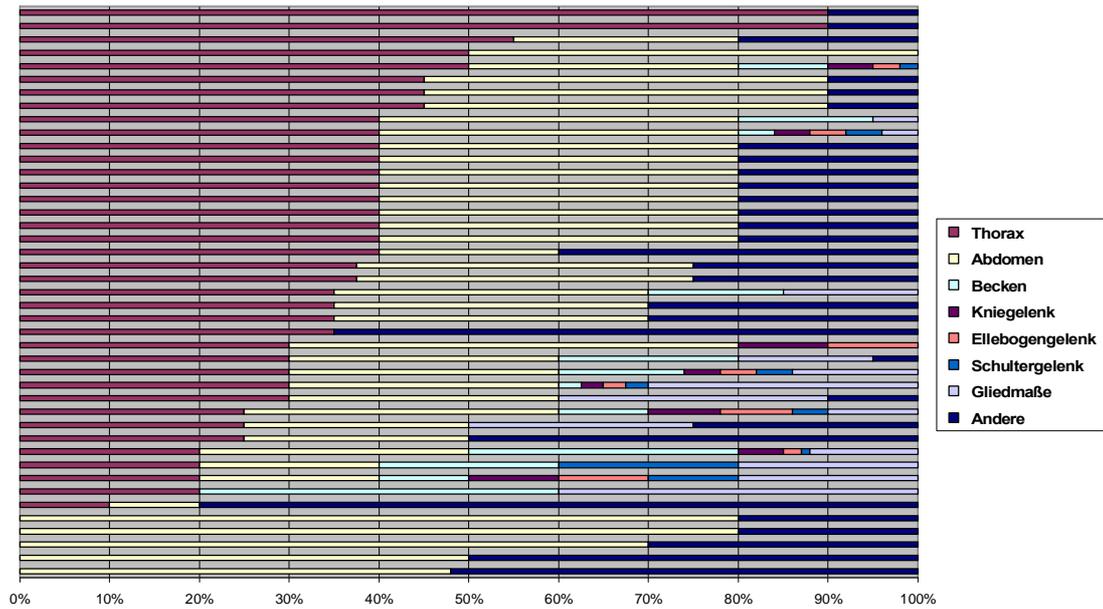
Frage 4 a: Wieviele Röntgenaufnahmen fertigen Sie im Durchschnitt an?

Angaben gruppiert

Die Ergebnisse wurden ggf. gemittelt (bei Angaben "von" / "bis") und umgerechnet auf Monatswerte

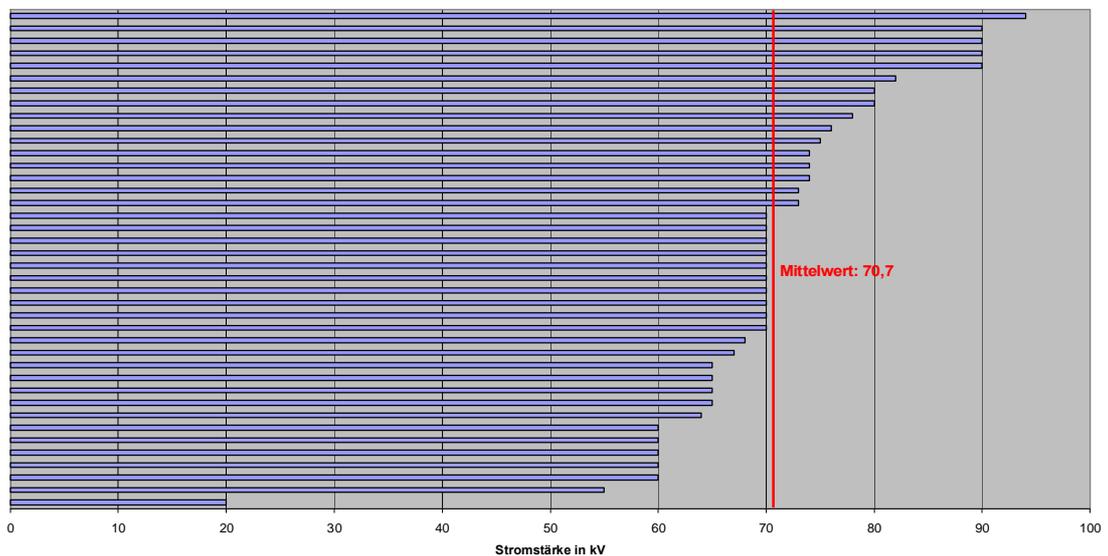


Frage 4 b: Welche Röntgenaufnahmen werden am häufigsten durchgeführt?
Nach prozentualen Häufigkeiten sortiert



Frage 4 c: Geräteeinstellungen für einen Labrador, 30 kg?
Thorax, latero-lateral

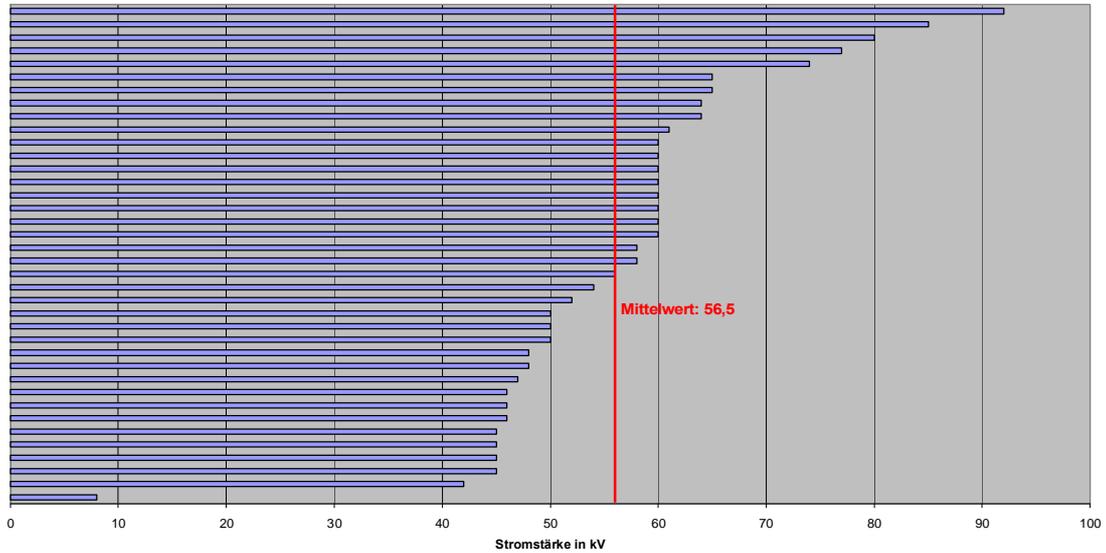
Darstellung nur für die Spannung; Daten zu Stromstärke (0,1 bis 200, Einheit fraglich mA/mAs oder A/As) und Dauer (0,03 bis 300, Einheit fraglich ms oder s) sind zu widersprüchlich für eine sinnvolle Auswertung



Frage 4 c: Geräteeinstellungen für einen Labrador, 30 kg?

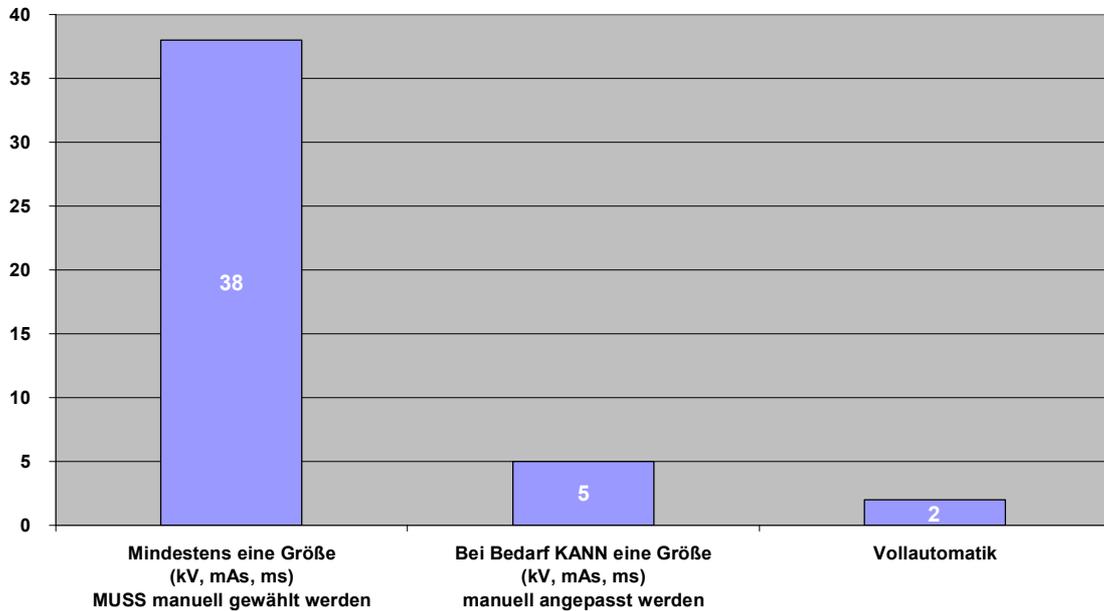
Kniegelenk, medio-lateral

Darstellung nur für die Spannung; Daten zu Stromstärke (0,1 bis 200, Einheit fraglich mA/mAs oder A/As) und Dauer (0,03 bis 300, Einheit fraglich ms oder s) sind zu widersprüchlich für eine sinnvolle Auswertung

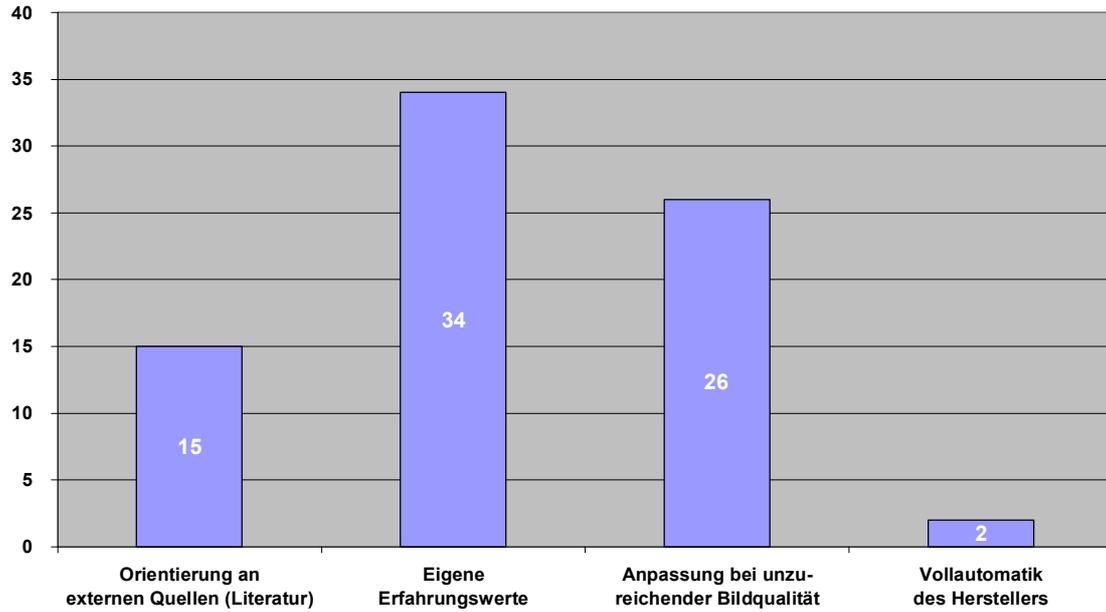


Frage 4 d: Einstellung der Röntengeräte

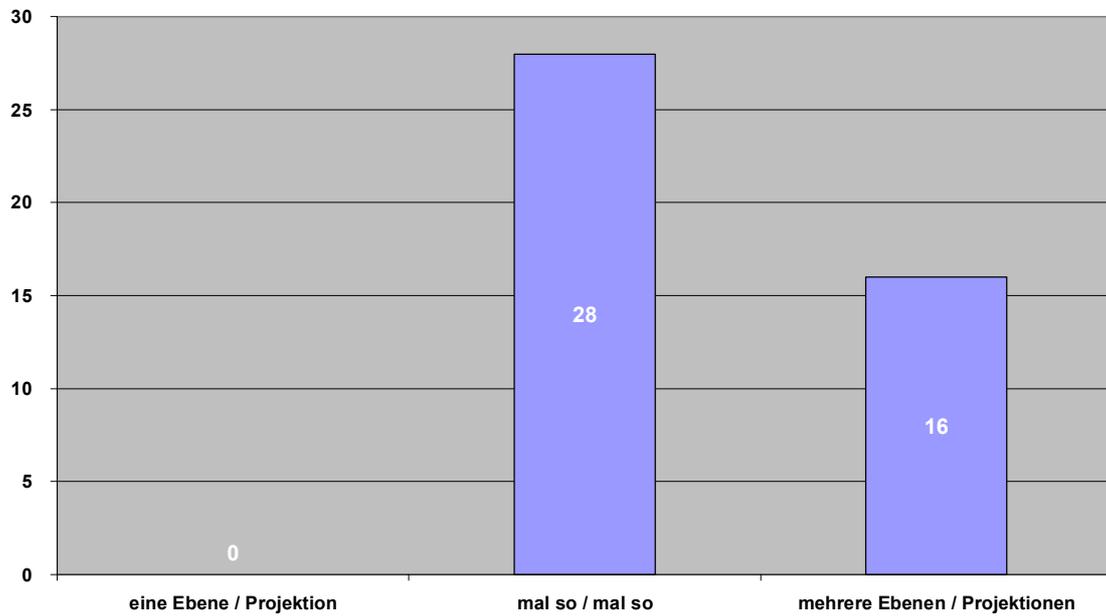
Anzahl der Antworten (42 Angaben ggf. mit Mehrfachnennungen)



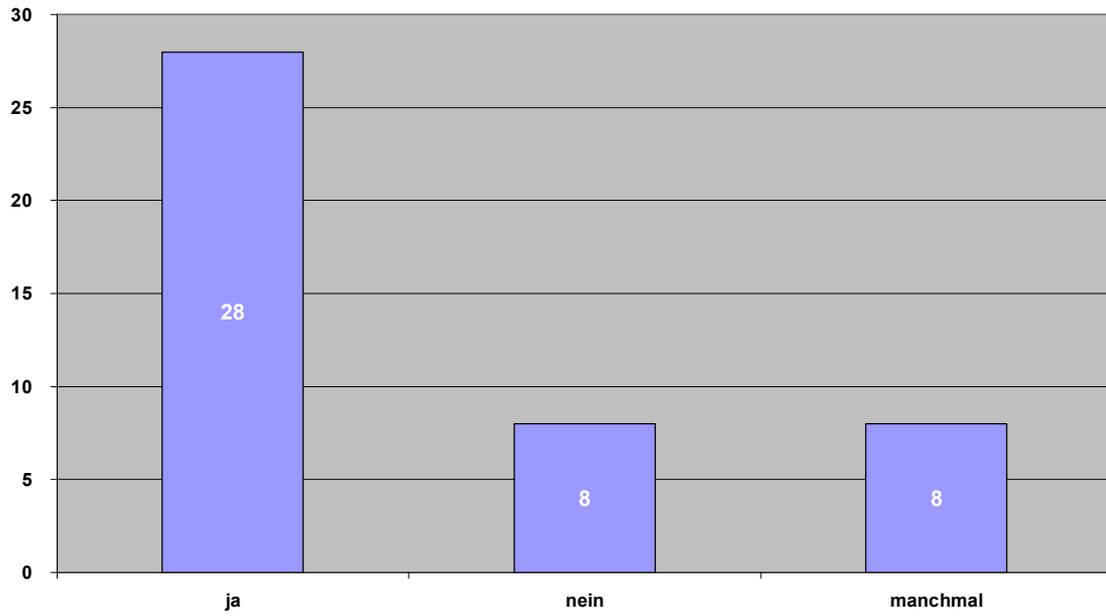
Frage 4 e: Herkunft der Richtwerte zur Einstellung der Röntgengeräte
Anzahl der Antworten (Mehrfachnennungen möglich)



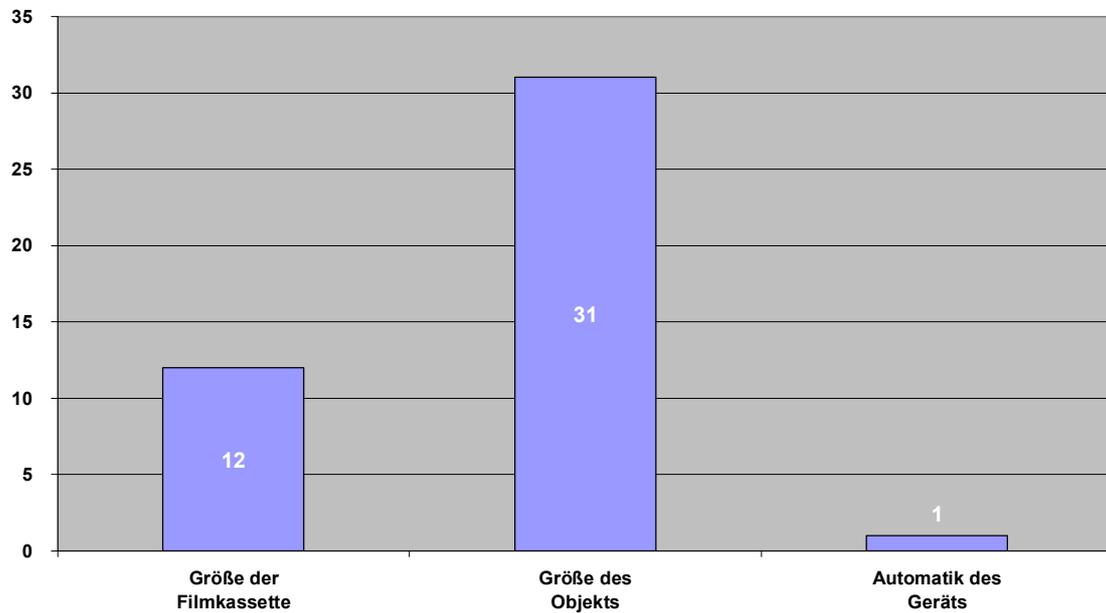
Frage 4 f: In wie vielen Ebenen / Projektionen röntgen Sie?
Anzahl der Antworten



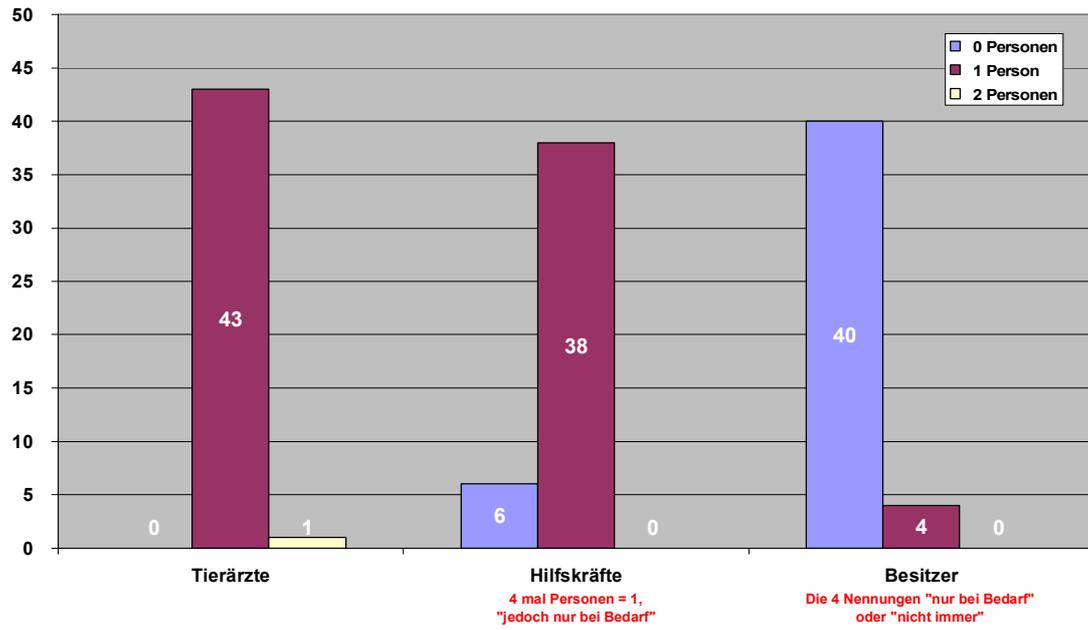
Frage 4 g: Entwickeln und beurteilen Sie zwischen zwei Aufnahmen der Ebenen das Bild?
Anzahl der Antworten



Frage 4 h: Auf welche Größe blenden Sie Ihr Strahlenbündel ein?
Anzahl der Antworten



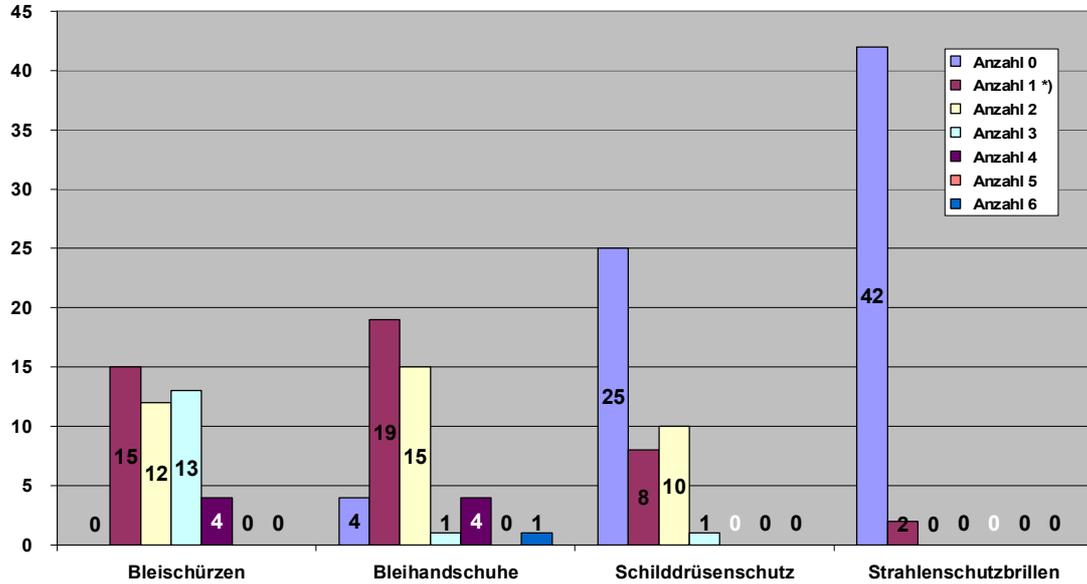
Frage 4 i: Wie viele Personen sind während des Röntgens zugegen?
Anzahl der Antworten



Fragenkomplex 5 – Strahlenschutz

Frage 5 a: Welche Strahlenschutzmittel werden in Ihrer Praxis routinemäßig eingesetzt?

Anzahl der Antworten



*) Die Nennungen zur Anzahl "1" enthalten 14/11/4/0 Antworten, bei denen keine Zahlen angegeben waren (nur als vorhanden angekreuzt)

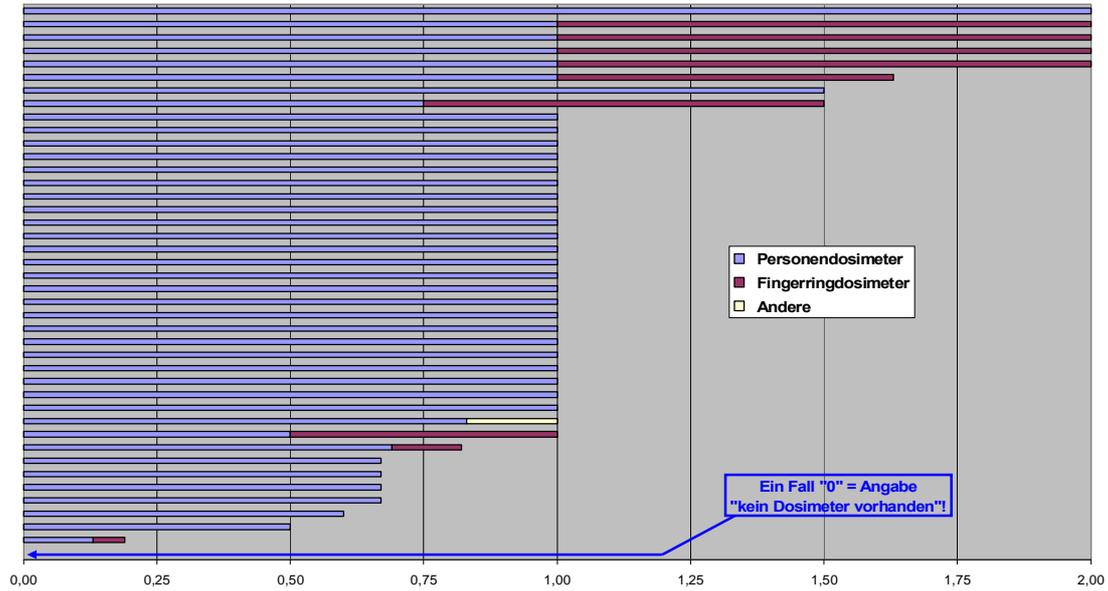
Hinweis: da keine Großtierkliniken oder Großtierpraxen an der Umfrage teilgenommen haben entfällt die Auswertung zur Frage 5b

Frage 5 c: Wie fixieren Sie den Patienten im Strahlengang?
Anzahl der Antworten (von 44, Mehrfachnennungen möglich)

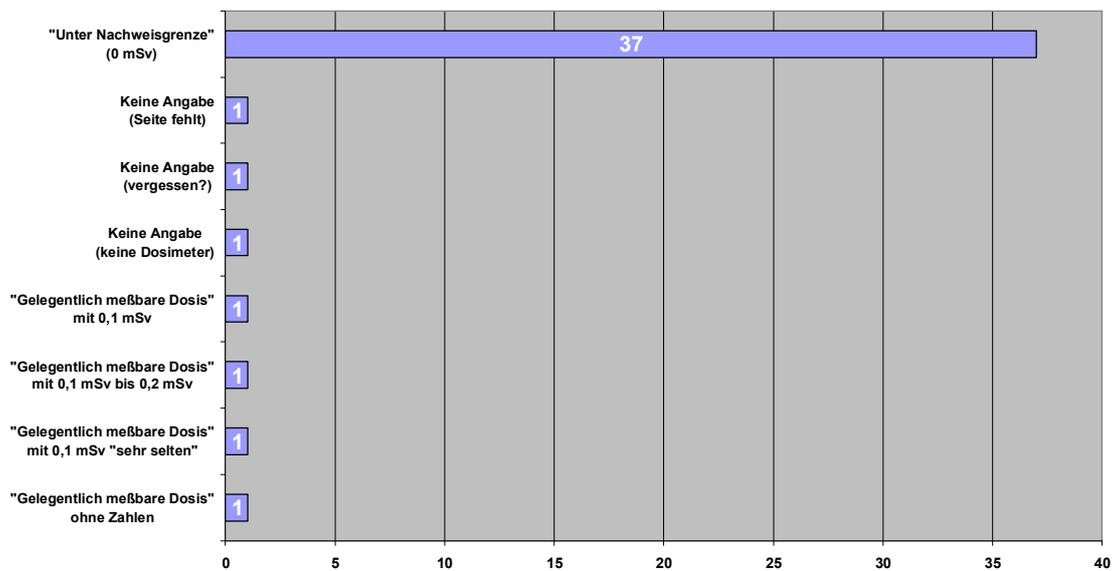


*) Häufig wird statt dem oder einem der Tierpfleger auch der Tierarzt selbst oder selten der Besitzer genannt.

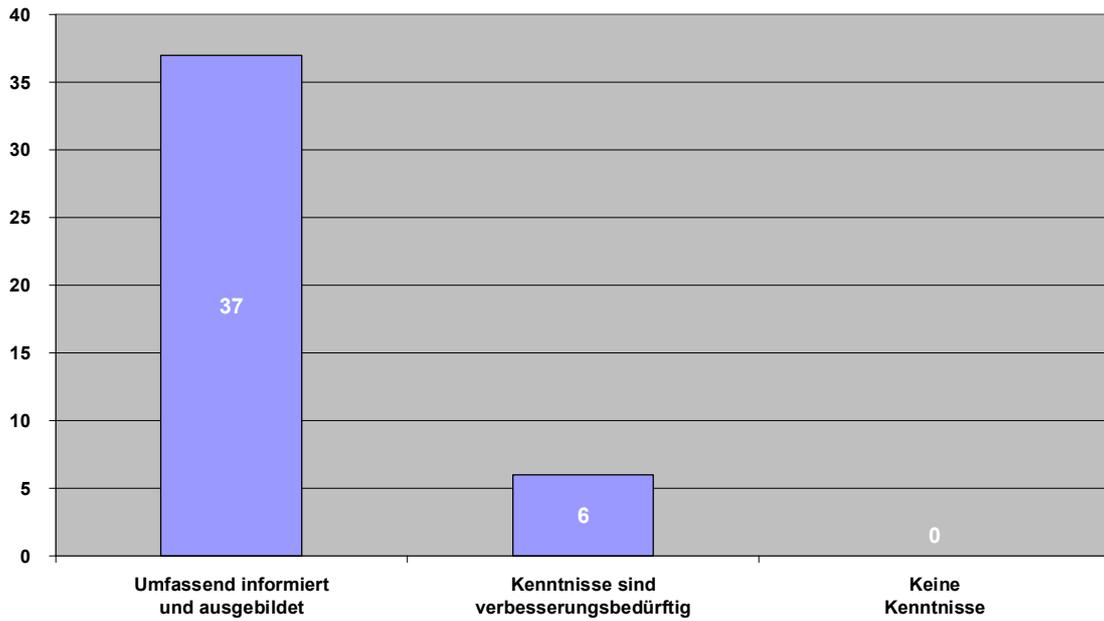
**Frage 5 d: Welche Dosimeter in welcher Zahl verwenden Sie?
Anzahlen bezogen auf Gesamtpersonal (Tierärzte + Helfer)**



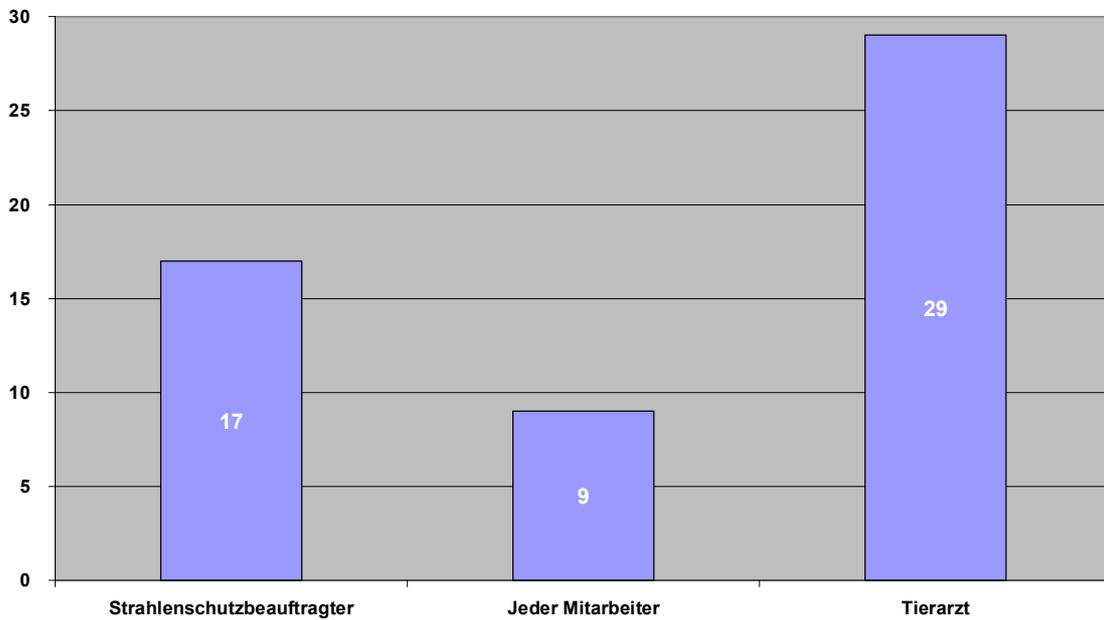
**Frage 5 e: In welchem Bereich befinden sich die Ihnen von der
Messstelle gemeldeten Dosiswerte?
Art und Anzahl der Nennungen**



Frage 5 f: Wie schätzen Sie Ihre Kenntnisse im Strahlenschutz ein?
Anzahl der Antworten (von 43, 1 x keine Angabe)



Frage 5 g: Wer ist für die Umsetzung des Strahlenschutzes in Ihrer Praxis verantwortlich?
Anzahl der Antworten (von 43, Mehrfachnennungen möglich)



Fragenkomplex 6 – Verschiedenes

Insgesamt 10 Fragebögen enthielten zusätzliche Informationen. Nachfolgend ist eine Auflistung der übergeordneten Aspekte wiedergegeben:

- Wunsch zur Verlängerung des Überwachungszeitraumes von 1 Monat auf 3 Monate bei wenigen Röntgenuntersuchungen im Monat,
- Wunsch zum Einsatz von Fingerringdosimetern anstelle von Personendosimetern, die unter der Schutzschürze getragen werden und daher keine Dosis angeben,
- Wunsch zur Befreiung von der Verpflichtung, Tierhalter, sofern diese in Ausnahmefällen bei einer Röntgenuntersuchung im Untersuchungsraum sind, mittels Stabdosisimeter zu überwachen,
- Hinweis, dass Informationsweitergabe zu strahlenschutzrelevanten Aspekten zu kurz kommt und daher entsprechende Hinweise für Beschäftigte und Tierhalter wünschenswert sind.
- Hinweis auf Einfluss von Kosten auf die für sinnvoll gehaltene Durchführung von Ermittlungen der Strahlenexposition der Hände mittels Fingerringdosimeter,
- Hinweis auf Einfluss der Anschaffungskosten bei Einführung digitaler Röntgengeräte in einer niedergelassenen Praxis,
- Hinweis, dass Fragen zu den Gefahren ionisierender Strahlen im Fragebogen fehlen,
- Dank für die Möglichkeit, an zentraler Stelle (FU Berlin) fachliche Unterstützung bei der Interpretation von Röntgenaufnahmen zu erhalten.

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 30 18333 - 0

Telefax: + 49 30 18333 - 1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz