

Streustrahlenmessung beim Röntgen von Kleintieren

J. Roth¹, G. Klaus²

¹Kirchackerstrasse, Arisdorf, ²Eggweg, Lauwil

Zusammenfassung

Der Strahlenschutz in der Tiermedizin ist vor allem bei beruflich strahlenexponierten Personen sowie bei Drittpersonen zu beachten, die beim Festhalten eines Tieres während einer Röntgenaufnahme behilflich sein müssen. In einer Kleintierklinik wurden Dosismessungen an verschiedenen Körperstellen bei beruflich strahlenexponierten Personen bzw. bei Drittpersonen beim Halten eines Tieres jeweils mit und ohne Bleigummischürze durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass das an manchen Schulen für medizinische und tierärztliche Praxisassistentinnen instruierte „In-die-Knie-gehen“ kontraproduktiv ist, da im ungeschützten Kopfbereich mit Augen und Schilddrüsen bis zur dreifachen Dosis im Vergleich zur aufrecht stehenden Position erreicht wird. Diese Anweisung - nebst Kopf abwenden oder sogar die Augen schliessen - kann dazu führen, dass Aufnahmen für eine genügende Qualität wiederholt werden müssen und damit dem Gedanken des Strahlenschutzes in keiner Art und Weise gerecht wird. Voraussetzung für einen optimalen Schutz vor unnötiger Strahlung beim Personal sowie erforderlichen Drittpersonen ist eine entsprechende Ausbildung durch praxisnahe Lehrkräfte.

Schlüsselwörter: Strahlenschutz, Röntgenaufnahmen, Kleintier, Personal, Bleigummischürze

Measurement of X-ray scattering during radiography of small animals

The radiation protection in the veterinary medicine is to be followed especially for persons occupationally exposed to ionizing radiation as well as for further persons who must help with the holding of an animal during radiography. Dose measurements were carried out in a veterinary clinic. Thereby, the doses were determined which occur at different points on the body of persons restraining the animal, with and without the protection of lead rubber apron. The result shows that a crouching position is counterproductive, because on the unprotected head including the eyes and thyroid gland up to the threefold dose compared to an upright position is reached. This instruction - besides to turn away the head or to close even the eyes - may require often that the radiograph must be repeated for a diagnostic image quality. Therewith, the conception of the radiation protection is in no way followed. The condition for an optimum protection against unnecessary radiation for the staff as well as necessary further persons is a suitable education by practically oriented teachers.

Keywords: radiation protection, X-rays, small animal, staff, lead apron

DOI 10.17236/sat00055

Eingereicht: 13.08.2015
Angenommen: 12.10.2015

Einleitung

In der Tiermedizin beschränkt sich der Strahlenschutz im Wesentlichen auf die beruflich strahlenexponierten Personen (tiermedizinische Praxisassistentinnen, Tierärzte) sowie eventuell auf Drittpersonen, welche bei Röntgenaufnahmen anwesend sein müssen. Bei Röntgenuntersuchungen dürfen beruflich strahlenexponierte Personen die Patienten nur dann festhalten, wenn diese nicht fixiert werden können und keine anderen Personen zum Festhalten zur Verfügung stehen (Röntgenverordnung, 1998). Alle Personen, Personal und Drittpersonen, die sich während einer Röntgenaufnahme

im Röntgenraum aufhalten müssen, sind mit geeigneten Mitteln zu schützen (Röntgenverordnung, 1998; Merkblatt R-09-02, 2003). In Veterinärpraxen sind dafür Schürzen mit einer Bleiäquivalenz von mindestens 0.25 mm vom Halsansatz bis mindestens 10 cm unterhalb des Knies und Handschuhen mit 0.25 mm Blei zum allseitigen Schutz von Hand und Unterarm von Personal und Dritten vorgeschrieben. Zur Ausbildung für die Tiermedizinische Praxisassistentin gehört unter anderem die optimale Durchführung von Röntgenaufnahmen unter Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze (Tiermedizinische Praxisassistentin, 1994). Das theoretische und praktische Wissen wird gemäss Verordnung

Streustrahlungsmessung beim Röntgen von Kleintieren

J. Roth, G. Klaus

des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) in 40 Lektionen unterrichtet und ist ein Prüfungsfach. Dabei wird gefordert, dass die Strahlenschutzmassnahmen beschrieben und ihre praktische Anwendung beherrscht werden. Dies setzt voraus, dass die angehenden Tiermedizinischen Praxisassistentinnen praxis- und strahlenschutzkonform unterrichtet werden.

Die Fragestellung für die vorliegende Untersuchung lautet: Ist die im Unterricht für die angehenden Tiermedizinischen Praxisassistentinnen an manchen Schulen instruierte Position „in die Knie gehen“ bei Röntgenaufnahmen (Brunner et al., 2011) aus Sicht des Strahlenschutzes wirklich sinnvoll und von Vorteil? Die Frage drängt sich auch deshalb auf, weil an Schulen für medizinisch-technische Radiologie-Assistentinnen (MTRA), wo die Fachleute für medizinische Radiologie ausgebildet werden, auf Anfrage die Position „in die Knie gehen“ weder unterrichtet wird noch bekannt ist, wie Anfragen ergaben.



Abbildung 1: Messanordnung mit Röntgenanlage, Wasserphantom, Stativ mit Ionisationskammer und Elektrometer.

Material und Methoden

Die Dosismessungen wurden in einer Kleintierklinik an einer Röntgenanlage des Typs Wiroma-Vet (Leistung: 320 mA, 125 kV) mit einer Filterung von 3.0 mm Al-Gleichwert durchgeführt. Der Strahlengang verläuft vertikal in Richtung Fussboden. Die Distanz zwischen dem Fokus der Röntgenröhre und der Tischoberfläche ist fix und beträgt 98 cm. Die Höhe der Röntgenröhre über dem Fussboden kann kombiniert verändert werden. Für die Messungen betrug sie bis zum Fokus 175.5 cm. Als standardisierte Phantome wurden mit Wasser gefüllte Plastikgefässe auf der Tischoberfläche im Zentralstrahl positioniert. Sie dienten als Streukörper für die Röntgenstrahlen. Wasser ist dafür gut geeignet und gewebeäquivalent (Roth, 2008). Bei den Katzen-Aufnahmen betrug die Phantomgrösse 22 cm × 14 cm mit einer Wasserhöhe von 6.5 cm, bei den Hunde-Aufnahmen 35 cm × 31.5 cm mit einer Höhe von 15 cm. Damit resultierte eine Fokus-Oberflächen-Distanz von 91.5 cm bei der Katze und 83 cm beim Hund.

Für die Dosismessungen standen ein Elektrometer PTW Unidos (Mode: Dosis) und Ionisationskammern vom Typ PTW mit einem Messvolumen von 30 cm³ (Messung der Streustrahlung) bzw. 1 cm³ (Messung im Zentralstrahl) zur Verfügung. Sie wurden freundlicherweise von der Radiologischen Physik des Universitätsspitals Basel ausgeliehen. Die Ionisationskammer wurde an einem Stativ in verschiedenen Höhen positioniert. Die Messanordnung ist in Abbildung 1 dargestellt. Die verwendete Bleigummischürze hat einen Gleichwert von 0.35 mm Blei. Ihre Länge beträgt 102 cm bis zum Halsansatz bzw. 112 cm bis zu den Schultern. Für die Dosismessungen wurde die Schürze so positioniert, dass sich der untere Rand 38 cm über dem Fussboden befand, also mindestens 10 cm unterhalb des Knies wie vorgeschrieben (Röntgenverordnung, 1998).

Die Einstellungen an der Röntgenanlage mit Flachbild-detektor erfolgten durch eine in der Tiermedizin tätige MTRA. Die Aufnahmen eines Abdomens bei einer Katze fanden standardmässig ohne Bucky und mit 50 kV sowie 5 mAs statt. Beim Hund betragen die Parameter für Abdomen und HD: mit Bucky, 60 kV und 25 mAs (Abdomen) beziehungsweise 55 kV und 50 mAs (HD). Für andere mAs-Einstellungen können die Messresultate proportional umgerechnet werden. Für die Produktion der Streustrahlung ist die Feldgrösse am Patienten massgebend nebst kV, mAs und Fokus-Oberflächen-Distanz. Sie betrug 25 cm × 20 cm bei der Katze, 44 cm × 31 cm für Abdomen beim Hund und 38 cm × 28.5 cm bei HD-Aufnahmen.

Bei den Messergebnissen wurden die Standorte und die Positionen der Haltepersonen beachtet, wie sie in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellt sind.

Ergebnisse

Die gemessenen Dosen entsprachen ungefähr den Dosen auf der Körperoberfläche des Personals. Die Messungen erfolgten jeweils mit und ohne Abdeckung durch die Bleigummi-Schürze. Die Ergebnisse für die 3 ausgewählten Röntgenaufnahmen sind in den Abbildungen 5 bis 7 grafisch dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass sich die aufgeführten Werte auf eine Exposition von 10 mAs bei der Katze bzw. 50 mAs beim Hund beziehen. Die Umrechnung auf eine andere Exposition erfolgt proportional. Die höchsten Dosen resultierten, vor allem ohne Bleigummischürze, knapp oberhalb des Patienten, von dem die Strahlung teilweise zurückgestreut wird (Rückstrahlung). Zusätzlich tragen Streustrahlen vom Blendensystem sowie die Durchlassstrahlung vom Röhrengehäuse bei. Aus den Messwerten mit und ohne Bleigummi lässt sich die Transmission durch die Schürze bestimmen. Sie liegt im Bereich des Rumpfes überall unterhalb von 13% für die gewählten Einstellparameter und die verwendete Schürze mit 0,35 mm Pb-Äquivalenz. Dies entspricht einem Schwächungsfaktor von etwa 7,5.

Aus den Messergebnissen wurden Oberflächendosen abgeleitet, die an verschiedenen Körperstellen bei Haltepersonen während unterschiedlichen Röntgenuntersuchungen sowie bei aufrechter und kauender Position zu erwarten sind (Tab. 1). Infolge der natürlichen Strahlenexpositionen in der Schweiz beträgt die Dosis vergleichsweise etwa $0,5 \mu\text{Gy}$ pro Stunde. Zudem wurden an der Oberfläche des Patienten beziehungsweise des Phantoms im Zentralstrahl die Dosen für die untersuchten Röntgenaufnahmen gemessen. Sie sind in Tabelle 2 aufgeführt. Zum Vergleich seien die folgenden Röntgenaufnahmen in der Humanradiologie genannt, welche zu ähnlichen Oberflächendosen führen: Thorax p.a. $0,2 \text{ mGy}$, Halswirbelsäule a.p. 2 mGy , Becken a.p. 5 mGy .

Diskussion

Um korrekte Röntgenaufnahmen anfertigen zu können, müssen die Tiere in der Regel entweder sediert oder gehalten werden. Das führt bei nicht sedierten Tieren zu einem Konflikt zwischen Effektivität und Strahlenschutz. Beim „In-die-Knie-gehen“ gerät der ungeschützte Kopf einer durchschnittlich grossen Halteperson in das Gebiet mit der höchsten Streustrahlendosis. Zusätzlich führt der im Vergleich zur stehenden Haltung geringere Abstand des Kopfes von der Streustrahlenquelle zu einer weiteren Erhöhung der Exposition. Die empfohlene Haltung widerspricht damit den Massnahmen für den Strahlenschutz. Dazu kommt, dass nur Menschen mit stark überdurchschnittlicher Körperbe-

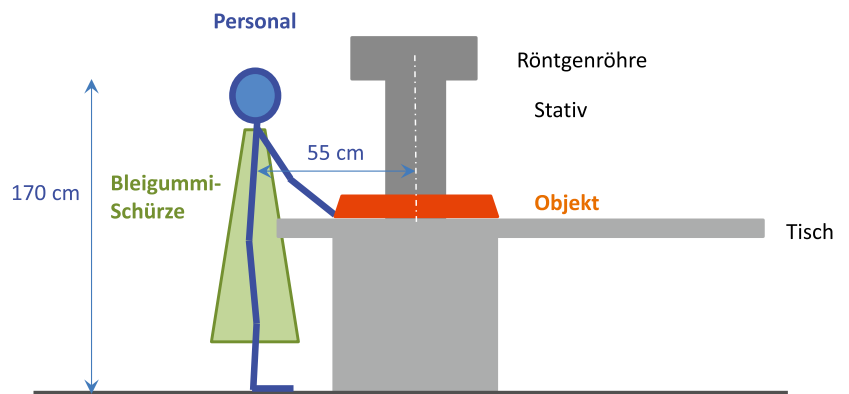


Abbildung 2: Stehende Position bei einer HD-Aufnahme des Hundes.

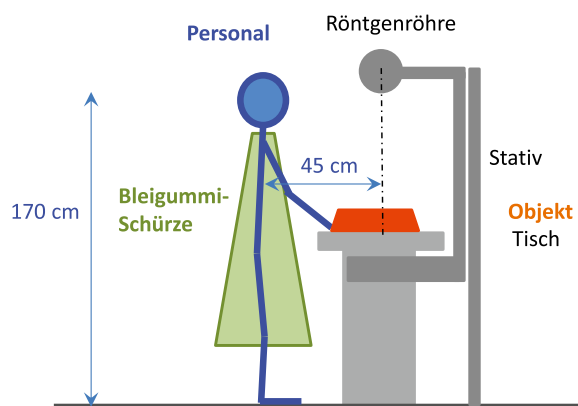


Abbildung 3: Stehende Position bei einer Aufnahme des Abdomens.

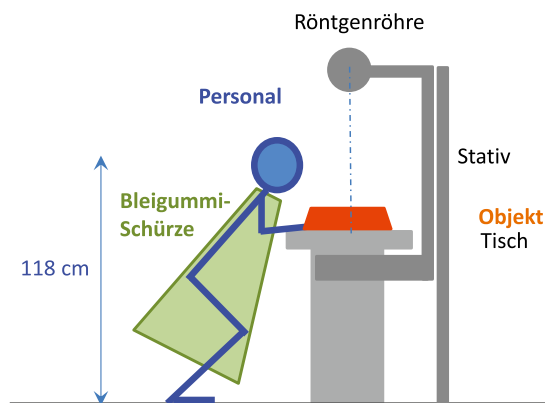


Abbildung 4: Kauende Position („in die Knie gehen“) bei einer Aufnahme des Abdomens.

herrschung beim „In-die-Knie-Gehen“ nicht auch z. B. die gehaltene Gliedmasse des Tieres gegen den Tisch drücken. Eine korrekte Aufnahme im senkrechten Strahlengang wird damit erschwert. Es besteht die Gefahr, dass die Tiere verkippt geröntgt werden, die Aufnahmen damit nicht beurteilbar sind und wiederholt werden müssen. Dies ist nicht im Sinne des Strahlenschutzes; noch deutlicher wird der Widersinn der Empfehlung bei Thorax-Aufnahmen. Wie soll die Lagerung und vielmehr noch der Moment der höchsten Inspira-

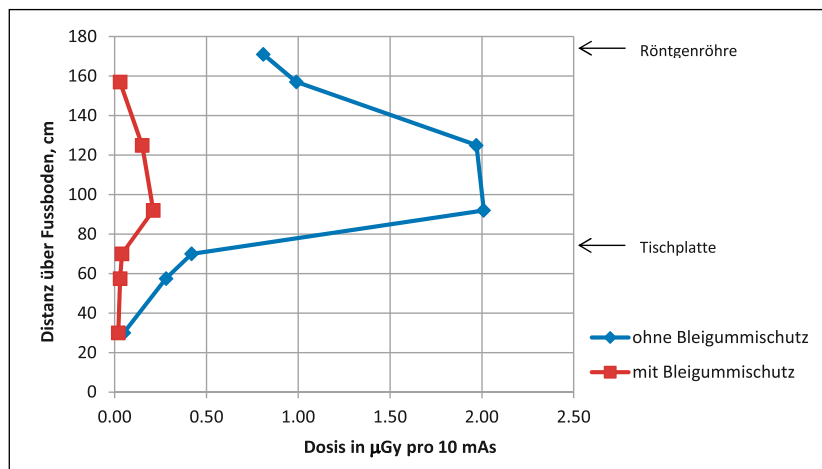


Abbildung 5: Dosen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Fussboden bei einer Abdomen-Röntgenaufnahme der Katze. Standort an der Tisch-Längsseite (vgl. Abbildung 3), Abstand vom Zentralstrahl 45 cm.

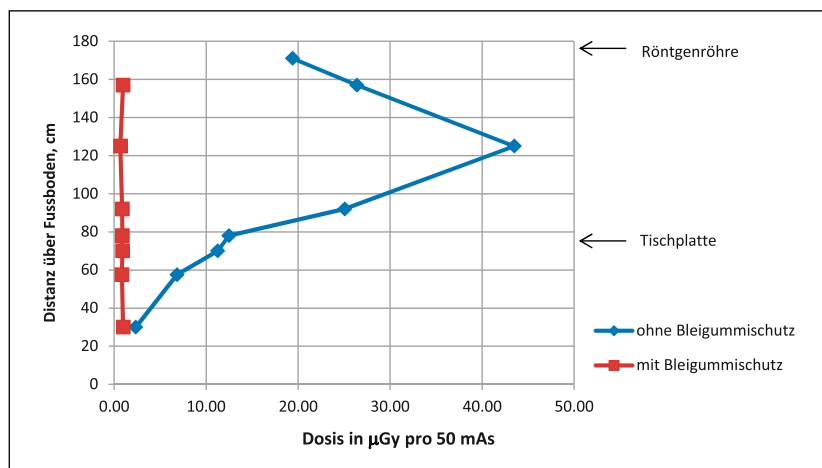


Abbildung 6: Dosen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Fussboden bei einer Abdomen-Röntgenaufnahme des Hundes. Standort an der Tisch-Längsseite (vgl. Abbildung 3), Abstand vom Zentralstrahl 45 cm.

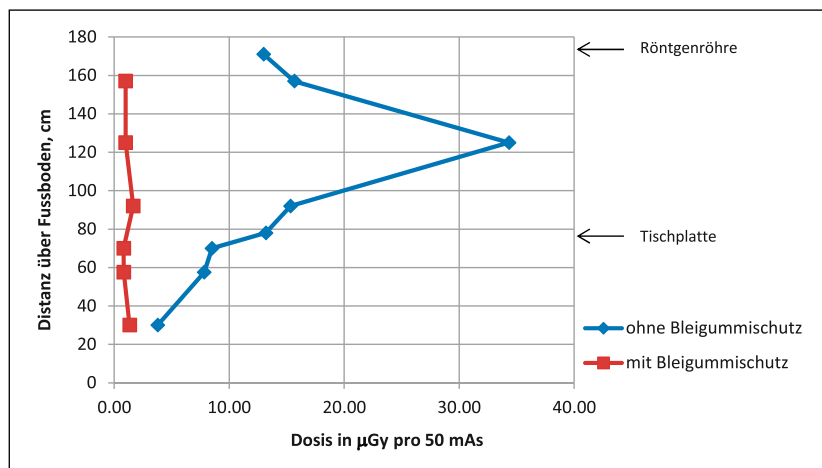


Abbildung 7: Dosen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Fussboden bei einer HD-Röntgenaufnahme des Hundes. Standort am Tischende (vgl. Abbildung 2), Abstand vom Zentralstrahl 55 cm.

tion beurteilt resp. erkannt werden mit geschlossenen, vom Objekt abgewandten Augen, wie es teilweise instruiert wird?

Die heute betriebenen Röntgenanlagen sind wesentlich besser als diejenigen vor 15 oder 20 Jahren. Die regelmässig durchzuführenden Konstanz- und Zustandsprüfungen (Weisung R-08-06, 2004), zum Beispiel die genaue Zentrierung, die Übereinstimmung von Licht- und Strahlenfeld, die Begrenzung der Streustrahlung usw., sollen einen guten Strahlenschutz sowie eine optimale Bildqualität garantieren. Bleigummischürzen und -handschuhe sind für einen effektiven Strahlenschutz notwendig (Röntgenverordnung Anhang 2) und gleichzeitig ausreichend. Wenn das Tragen von Bleigummihandschuhen nicht realisierbar ist, zum Beispiel bei kleinen Tieren, muss alternativ sediert werden. Das Personal sowie erforderliche Drittpersonen müssen bei Röntgentätigkeiten vor unnötiger Strahlung optimal geschützt werden. Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Ausbildung durch praxisorientierte Lehrkräfte. Selbstverständlich muss auch das Personal in der Veterinärmedizin, welches eine Röntgentätigkeit ausübt, ein individuelles Dosimeter unter der Bleigummischürze tragen (Strahlenschutzverordnung, 1994). Wird bei der monatlichen Auswertung des Dosimeters ein festgelegter Richtwert überschritten, wird die betreffende Dosimetriestelle (Auswertestelle) Abklärungen durchführen. Massgebend ist jedoch, dass der gesetzliche Jahres-Grenzwert nicht überschritten wird (Strahlenschutzverordnung, 1994). Gemäss Angaben der Abteilung Strahlenschutz vom Bundesamt für Gesundheit (persönliche Mitteilung, 2015) haben im Jahre 2014 in der Tiermedizin etwa 3'500 Personen ein Ganzkörperdosimeter getragen. Davon wurden bei 96% sogenannte Nulldosen registriert. Die übrigen Dosen lagen zwischen 0 und 4 mSv pro Jahr (zulässiger Grenzwert 20 mSv, für Personen im Alter von 16–18 Jahren 5 mSv, während einer Schwangerschaft 2 mSv). Elf Personen trugen zusätzlich ein Fingerdosimeter. Dabei lagen alle Dosen unterhalb von 5 mSv pro Jahr (zulässiger Grenzwert für Hände 500 mSv). Diese Zahlen belegen, dass die Grenzwerte beim Röntgen von Tieren an den dosimetrierten Personen stets stark unterschritten wurden. Die Einhaltung der gesetzlichen Dosisgrenzwerte ist ein wichtiges Merkmal für strahlenschutzkonformes Arbeiten bei der Röntgentätigkeit.

Die aus den Messungen abgeleitete und in Tabelle 1 zusammengefasste Strahlenexposition für Personal und Drittpersonen, welche ein Tier während der Röntgenaufnahme festhalten müssen, zeigen, dass die auch in der Humanmedizin übliche aufrechte Stellung optimal ist. Die Position „in die Knie gehen“ ist kontraproduktiv, da dabei der Kopfbereich mit Augen und Schilddrüsen bis zum dreifachen Wert wie bei der aufrecht stehenden

Tabelle 1: Aus den Messergebnissen in den Abbildungen 5 bis 7 abgeleitete Oberflächendosen in μGy an verschiedenen Stellen an einer Person bei unterschiedlichen Röntgenuntersuchungen und Positionen.

Aufnahme	Katze: Abdomen 50 kV, 5 mAs, 25 cm \times 20 cm			Hund: Abdomen 60 kV, 25 mAs, 44 cm \times 31 cm			Hund: HD 55 kV, 50 mAs, 38 cm \times 28.5 cm		
Abstand vom Zentralstrahl	45 cm			45 cm			55 cm		
Position Personal	Füsse	Rumpf (unter Bleigummi)	Kopf (Augen)	Füsse	Rumpf (unter Bleigummi)	Kopf (Augen)	Füsse	Rumpf (unter Bleigummi)	Kopf (Augen)
stehend (Abb. 2 bzw. 3)	<0.1 μGy	<0.1 μGy	0.4 μGy	0.5 μGy	0.5 μGy	9.5 μGy	4 μGy	1.0 μGy	13 μGy
kauernd (Abb. 4)	<0.1 μGy	<0.1 μGy	1.0 μGy	0.5 μGy	0.5 μGy	21.5 μGy	4 μGy	1.0 μGy	34 μGy

Tabelle 2: Gemessene Dosen im mGy an der Tier- bzw. Phantomoberfläche im Zentralstrahl.

Patient	Messort	kV	mAs	Distanz Fokus- Oberfläche, cm	Feldgrösse auf Oberfläche, cm \times cm	Oberflächen- Dosis, mGy
Katze: Abdomen	Oberfläche, Zentralstrahl	50	5	91.5	25 \times 20	0.2
Hund: Abdomen	Oberfläche, Zentralstrahl	60	25	83	44 \times 31	2.0
Hund: HD	Oberfläche, Zentralstrahl	55	50	83	38 \times 28.5	4.9

Position exponiert wird. Dabei ändern auch fragwürdige Empfehlungen wie das Abwenden des Kopfes oder sogar das Augenschliessen nichts.

Abschliessend sollen die wichtigsten Massnahmen zur Reduzierung der Streustrahlung an Haltepersonen in Erinnerung gerufen werden (Roth, 2008):

- Indikation für eine Röntgenuntersuchung prüfen (Notwendigkeit)
- möglichst grosse Distanz von der Strahlenquelle und vom Patienten (quadratisches Abstandsgesetz)
- kleinstmögliche Einblendung (auf jeden Fall kleiner als die Grösse des Bildempfängers)
- vorgeschriebene Bleigummischürzen und -handschuhe verwenden (Röntgenverordnung Anhang 2)
- auf Streustrahlenraster verzichten, falls für die Bildqualität nicht erforderlich
- empfindliches Bildsystem verwenden (digitales Bildsystem, optimale Film-Folien-Kombination)
- Anzahl der Röntgenaufnahmen beschränken und Wiederholungen vermeiden.

Dank

Wir danken der Kleintierklinik Klaus AG in Liestal für die Benutzung der Röntgenanlage, an der die Messungen durchgeführt werden konnten. Yolanda Roth-Bürgi, MTRA in der Kleintierklinik Klaus AG in Liestal, unterstützte uns bei den Einstellungen und mit zahlreichen Hinweisen aus der praktischen Röntgentätigkeit in der Veterinärmedizin. Dr. H.W. Roser von der Radiologischen Physik im Universitätsspital Basel stellte freundlicherweise das Dosimetrie-System für die Messungen zur Verfügung. Bestens verdankt wird zudem die Zusammenstellung der Personendosen in der Veterinärmedizin durch Daniel Frei von der Abteilung Strahlenschutz im BAG.

Streustrahlenmessung
beim Röntgen von
Kleintieren

J. Roth, G. Klaus

Mesure du rayonnement diffusé lors de radiographies chez les petits animaux

La radioprotection en médecine vétérinaire doit être prise en compte tout particulièrement pour les personnes exposées professionnellement aux rayons ainsi que pour les tiers qui apportent leur aide pour tenir un animal lors de la prise d'un cliché. On a, dans une clinique pour petits animaux, effectué des mesures de doses sur diverses parties du corps, tant chez des personnes exposées professionnellement de chez des tiers lorsqu'ils tenaient un animal, et ceci avec et sans tablier de plomb. Les résultats de ces mesures montrent que le fait de „se mettre à genoux“, qui est enseigné dans plusieurs écoles pour assistantes médicales ou assistantes en médecine-vétérinaire est contre-productif, puisqu'on obtient ainsi une dose trois fois plus importante dans la zone non protégée de la tête, avec les yeux et la thyroïde, par rapport avec celle mesurée en position debout. Cette recommandation peut conduire – indépendamment de celles de détourner la tête ou même de fermer les yeux- au fait de devoir répéter des prises de vue de mauvaise qualité et n'est donc en aucune façon en accord avec les bases de la radioprotection. Une formation correcte par des personnes proches de la pratique est la condition pour assurer une protection optimale du personnel et des tiers nécessaires contre les irradiations inutiles.

Misurazione della radiazione diffusa nei raggi X per i piccoli animali

La protezione dalle radiazioni in medicina veterinaria è di grande importanza non solo per le persone esposte professionalmente ma anche per coloro che aiutano a tenere un animale durante una radiografia. In un ospedale per piccoli animali sono state effettuate misurazioni delle dosi in vari punti del corpo di persone professionalmente esposte o di persone terze durante la tenuta di un animale con o senza grembiule di gomma piombo. I risultati mostrano che in alcune scuole per assistenti di medicina e medicina veterinaria, l'istruzione "alle ginocchia" è controproducente poiché nella zona non protetta della testa, degli occhi e della tiroide, la dose trovata è tripla rispetto alla posizione eretta. Questa indicazione – oltre a quella di girare la testa o addirittura chiudere gli occhi – può causare che la radiografia debba essere ripetuta a causa di una qualità insufficiente e quindi non rende giustizia al concetto di radioprotezione. Prerequisito per una protezione ottimale contro le radiazioni non necessarie, sia per il personale che per le persone terze, è una formazione corrispondente attraverso l'insegnamento con la pratica.

Literatur

Brunner Ch., Lütolf Y., Roeber B.: Medizinische Bildgebung. Hrsg. Selbstverlag, Digital Print Solution GmbH, Wil, 2011, 130.

Merkblatt R-09-02: Schutzmittel für Patienten, Personal und Dritte in der Röntgendiagnostik. Hrsg. Bundesamt für Gesundheit, Bern, 2003.

Persönliche Mitteilung. Abteilung Strahlenschutz, Bundesamt für Gesundheit, Bern, 2015.

Röntgenverordnung Art. 3, Art. 18–21 und Anhang 2. Bundesamt für Gesundheit, Bern, 1998 (Stand 14. April 1998).

Roth J.: Strahlenschutz in der Medizin. Verlag Hans Huber, Bern, 2008, 41 und 201–215.

Strahlenschutzverordnung Art. 15 und 33–57. Bundesamt für Gesundheit, Bern, 1994 (Stand 01.01.2014).

Tiermedizinische Praxisassistentin, Reglement über die Ausbildung und die Lehrabschlussprüfung. Eidg. Volkswirtschaftsdepartement, Bern, 1994 (Stand 15.12.2002).

Korrespondenz

Prof. em. Dr. phil. nat. Jakob Roth
Medizinphysiker
Kirchackerstrasse 28
4422 Arisdorf
Schweiz
Tel. +41 (0)61 811 25 41
E-Mail: jroth@bluewin.ch