

# Personendosimetrische Überwachung in der Tierarztpraxis

## Direkt ablesbare Dosimeter in der Veterinärmedizin

von Markus Borowski und Anne-Maren Marxen

Für zahlreiche Personengruppen ist der Einsatz direkt ablesbarer Personendosimeter notwendig oder zumindest sinnvoll. Hierzu sind seit einigen Jahren Elektronische Personendosimeter (APD) verfügbar. APD weisen im Vergleich zu den früher genutzten Stabdosimetern zahlreiche Vorteile auf. Gleichwohl sind einige Rahmenbedingungen für einen sicheren Einsatz zu beachten.

Fast alle Tierärzte betreiben in Ihrer Praxis oder Tierklinik Röntengeräte, an denen vereinzelt bis zu etlichen Malen jeden Tag Aufnahmen angefertigt werden. Oftmals ist während der Aufnahmen zusätzlich zur fachkundigen Tierärztin oder zum fachkundigen Tierarzt auch eine Assistenz (TFA oder Tierbegleitperson) vor Ort. Diese ist häufig zur Positionierung des Patienten, zum Halten der Kassetten oder zur Beruhigung des Tieres unverzichtbar (**Abb. 1 und 2**).

### Allgemeine Regelungen zur Personendosimetrie

Diese Personen halten sich in einem Bereich auf, der von der Röntgenverordnung als „Kontrollbereich“ bezeichnet wird. Der Kontrollbereich zeichnet sich dadurch aus, dass Personen dort einer Strahlenexposition von mehr als 6 Millisievert (mSv) im Jahr ausgesetzt sein können. Dies entspricht in etwa dem Dreifachen der Strahlendosis, der ein Normalbürger auf

natürliche Weise an Strahlung im Jahr erhält. In den meisten Fällen liegt jedoch auch bei Personen, die sich in Kontrollbereichen aufhalten, die Strahlenexposition innerhalb eines Jahres deutlich unter dem Wert von 6 mSv. Das ändert aber nichts an der Festlegung des Bereichs an sich. Die für Kontrollbereiche festgelegten Regelungen treffen auch dann zu, wenn eine Person sich nur einmal im Jahr, z. B. bei der Röntgenaufnahme des eigenen Haustieres, im Kontrollbereich aufhält und damit erwartungsgemäß nur wenige Mikrosievert an Strahlung erhält, was um den Faktor 1000 unterhalb des genannten Grenzwertes liegt.

An Personen, die sich in den Kontrollbereichen aufhalten, ist entsprechend der Röntgenverordnung (RöV) die Körperdosis zu ermitteln. Für Tierärzte und deren Assistenzpersonal, also Personen die sich regelmäßig in Kontrollbereichen aufhalten, wird die Körperdosis im Normalfall durch eine amtliche Personendosimetrie ermittelt. Die amtlichen Personendosimeter, die „Plaketten“, werden von der jeweils zuständigen amtlichen Messstelle bezogen und in regelmäßigen Intervallen von einem oder drei Monaten gewechselt. Bei den Personengruppen, die nicht regelmäßig in den Kontrollbereichen tätig sind, wie Tierbegleitpersonen, werden zur Messung der Strahlenexposition sinnvollerweise direkt ablesbare Dosimeter eingesetzt (**Abb. 3**). Grundsätzlich ist es aber auch möglich, anstelle einer Messung, die Strahlenexposition für helfende Personen anhand der Expositionssituation zu schätzen. Dafür müssen jedoch die Basisdaten für die bei einer Untersuchung mögliche Strah-



Abb. 3: Strahlenexponierte Person mit zu Schulungszwecken an der Außenseite der Strahlenschutzkleidung angebrachtem direkt ablesbarem Dosimeter. Foto: M. Borowski

lenexposition bekannt sein, z. B. nachdem sie durch einen Sachverständigen bestimmt und den Anwendern mitgeteilt wurden. Eine Sache ist, unabhängig von der realistisch möglichen Strahlenexposition, gleichwohl zu beachten: Der Zutritt Schwangerer als Tierbegleitperson zum Kontrollbereich ist nicht zulässig. Schwangere Mitarbeiterinnen hingegen dürfen sich im Kontrollbereich aufhalten. Diese benötigen



Abb. 1 und 2: Exemplarische Expositionssituationen in der Kleintier- und Großtierradiologie.

Foto: M. Lüpke

Tab. 1: Kenngrößen von Stabdosimetern und APD; für APD wurden die Kenngrößen des am weitesten verbreiteten Gerätetyps Mk2 (Thermo Electron) verwendet.

Eigenschaft	Stabdosimeter	APD
<b>Stoßempfindlichkeit</b>	Große Stoßempfindlichkeit	Nahezu unempfindlich gegen Stöße bei normalem Umgang
<b>Ablesegenauigkeit</b>	etwa 25 $\mu$ Sv	1 $\mu$ Sv
<b>Dynamikbereich</b>	25 $\mu$ Sv bis 2 mSv	10 $\mu$ Sv bis 10 Sv
<b>Energiebereich</b>	18 keV bis 2 MeV	16 keV bis 7 MeV
<b>Betriebstemperatur</b>		-10 °C bis +40 °C
<b>Warnvorrichtungen</b>	Nicht vorhanden	Dosis- und Dosisleistungsalarm

dann jedoch in jedem Fall, ergänzend zu dem amtlichen, ein direkt ablesbares Dosimeter. Und noch etwas ist zu erwähnen, weil dieses oftmals nicht bekannt ist: Jeder Mitarbeiter, der sich in Kontrollbereichen aufhält, hat das Recht, ein direkt ablesbares Dosimeter einzufordern. Dieses muss dann von dem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten, meist der verantwortliche Veterinärmediziner, bereitgestellt werden.

#### Typen direkt ablesbarer Dosimeter

In früheren Jahren wurden als direkt ablesbare Dosimeter Stabdosimeter verwendet. Die Nutzung dieser Dosimeter war in der Praxis oftmals zahlreichen Tücken ausgesetzt: So sind Stabdosimeter sehr stoßempfindlich. Das hatte zur Folge, dass in Abhängigkeit der Trageweise der überwachten Person, recht willkürliche Werte resultieren konnten. Auch das Ablesen der Stabdosimeter war vielfach eine Herausforderung. Die aus einer einzelnen Röntgenaufnahme resultierende Strahlenexposition ließ sich oftmals faktisch nicht nachweisen. Gemessen haben Stabdosimeter die Dosis in einer Messgröße – Hx (Photonen-Äquivalentdosis frei in der Luft) –, die bereits seit vielen Jahren nicht mehr die eigentlich zu verwendende Messgröße ist. Im Rahmen einer Übergangsregelung war die Weiternutzung der Geräte jedoch über viele Jahre möglich. Diese Übergangsfrist lief zum 31. Juli 2011 aus. Seitdem ist die Nutzung von Stabdosimetern zur Ermittlung der Körperdosis nicht mehr gestattet.

Seit etlichen Jahren gibt es eine weitere Gruppe direkt ablesbare Dosimeter: Aktive elektronische Personen-Dosimeter (APD), früher auch als EPD bezeichnet. APD weisen im Vergleich zu den Stabdosimetern zahlreiche Vorteile auf (Tab. 1).

Sie sind bei normalem Gebrauch nicht stoßempfindlich. Der für Messungen zulässige Temperaturbereich reicht von etwa -10 °C bis +40 °C. Und auch bei einigen Regentropfen funktionieren APD immer noch gut. Einzig in eine Pfütze fallen sollten sie nicht. Ein weiterer, wesentlicher Vorteil ist, dass APD die Messwerte meist direkt auf einem Display am Dosimeter anzeigen – üblicherweise in

Schritten von 1  $\mu$ Sv. Sie sind damit ohne relevanten Aufwand ablesbar und die Skala ist so feinstufig, dass selbst kleinere Strahlenexpositionen gut nachgewiesen werden können. Wer ein APD dauerhaft eingeschaltet lässt, stellt fest, dass täglich etwa 2 bis 3  $\mu$ Sv an Dosis hinzukommen. Das ist die Strahlenmenge, die aus der natürlichen Umgebungsstrahlung resultiert. Schwangere sollten darüber informiert werden, damit sie nicht unnötig verängstigt werden, wenn kontinuierlich Strahlung auf ihrem Dosimeter aufläuft. Aus praktischer Sicht ist zu empfehlen, dass Schwangere ihr Dosimeter nur dann einschalten, wenn sie wirklich beim Röntgen mithelfen, was auch den Vorteil hat, dass dann die Batterien der Dosimeter wesentlich länger halten.

Die hohe Auflösung der APD eröffnet es erstmals auch jedem Mitarbeiter, das eigene Handeln vor dem Hintergrund des Strahlenschutzes kritisch zu hinterfragen. Mit Hilfe von APD können unterschiedliche Untersuchungsmethoden oder Aufenthaltsorte auf die bei einer Untersuchung resultierende Strahlenexposition des Personals bzw. der helfenden Personen betrachtet und anhand der Werte Optimierungen angestoßen werden. Außerdem verfügen APD vielfach über einen Dosis- bzw. Dosisleistungswarnalarm. Eine unbeabsichtigte, hohe Strahlenexposition wird damit unmittelbar angezeigt.

Da APD nicht für die amtliche Personendosimetrie verwendet werden, ist es möglich, die Dosimeter je nach Anwendungszweck oberhalb oder unterhalb der Strahlenschutzkleidung zu tragen. Wenn APD zur Optimierung der Vorgehensweise oder zur eigenen Orientierung verwendet werden, sollten sie oberhalb der Strahlenschutzkleidung getragen werden, um auch bei geringer Strahlenexposition einen deutlichen, von Null abweichenden Anzeigewert zu erhalten. Beim Einsatz an Schwangeren oder anderen Messaufgaben, die offiziellen Charakter haben, müssen APD bis auf weiteres unterhalb der Strahlenschutzkleidung getragen werden (s. u.).

Es gibt zwar grundsätzlich zahlreiche unterschiedliche APD auf dem Markt, für Deutschland sind aber bislang nur zwei APD-Typen bauartzugelassen und damit z. B. für

den Einsatz an Schwangeren zugelassen. Der in Deutschland am meisten vertretene APD-Typ, das EPD Mk2 von Thermo Electron, liegt bei einem Stückpreis von etwa 750 €. Es besteht aber die Möglichkeit, ein APD, z. B. für die Überwachung einer Schwangeren, von den amtlichen Messstellen für den benötigten Zeitraum zu leihen. Alternativ empfiehlt es sich, gleich mehrere APD im Rahmen einer Einkaufsgemeinschaft zu beschaffen. Die Preise sinken dadurch relevant.

#### Probleme elektronischer Personendosimeter

Neben den zahlreichen positiven Eigenschaften haben APD gleichwohl in aller Regel ein Problem, auf welches man erst aufmerksam wurde, nachdem sie schon einige Jahre genutzt wurden: Werden APD Strahlungsfeldern sehr hoher Dosisleistung ausgesetzt, z. B. wenn sich der Träger des APD im ungeschwächten Direktstrahl der Röntgenanlage befindet, so ist das Messergebnis oftmals deutlich zu niedrig [1]. Das bedeutet, Personen, die eigentlich eine vergleichsweise hohe Strahlenmenge erhalten haben, bemerken diese gegebenenfalls nicht, wenn sie nur ein APD tragen. Nun kann man mit gutem Grund sagen, dass sich normalerweise niemand im Direktstrahl einer Röntgenanlage aufhält und schon gar nicht, ohne dass diese Person eine Röntgenschürze trägt. An der grundlegenden Eigenschaft einer Fehlfunktion der APD in einigen wenigen Extremsituationen ändert dieses aber nichts. Das Bundesumweltministerium (BMU) hat daher im Jahr 2008 die zuständigen Landesministerien zeitnah nach dem Bekanntwerden der Problematik über diese potenziellen Probleme informiert [2] und sie aufgefordert, bis auf weiteres keine APD zur Überwachung der Körperdosis zuzulassen.

Das Fehlverhalten der APD in starken Strahlungsfeldern resultiert aus dem Aufbau der Signaldetektion und -verarbeitung. Es ist ein prinzipielles Problem der eingesetzten Technik und lässt sich nicht auf einfachem Weg umgehen. APD, die bei gleichem Leistungsumfang die Probleme mit hohen Strahlungsfeldern nicht haben, sind daher aktuell nicht verfügbar. Wann entsprechend andere APD allgemein verfügbar sein werden, ist nicht zu übersehen.

Wie bereits erwähnt, treten Fehlmessungen erst bei „hohen“ Feldstärken auf. Es wurden daher seit dem Bekanntwerden der Problematik einige Studien durchgeführt, um herauszufinden, ab welcher Feldstärke APD die wirkliche Dosis relevant unterschätzen und an welchen Arbeitsplätzen entsprechende Fehlmessungen nicht auszuschließen sind [3, 4, 5, 6]. Darüber hinaus werden Möglichkeiten diskutiert, APD so einzustellen, dass sie den Nutzer eigenständig über ein starkes Strahlungsfeld und damit eine Fehlfunktion informieren [3]. Die bislang publizierten Arbeiten betrachten zwar nur Arbeitsplätze der humanmedizinischen Röntgendiagnostik, die

dort erhaltenen Resultate sind jedoch gut auf die Veterinärmedizin zu übertragen. Aktuell läuft noch eine vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) initiierte Studie, in der für den Gesamtbereich der Röntgendiagnostik in der Human- und Veterinärmedizin alle relevanten Arbeitsplätze und Untersuchungen auf mögliche Probleme beim Einsatz von APD untersucht werden [7]. Aktuelle Zwischenergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass selbst unter konservativen Annahmen davon ausgegangen werden kann, dass an allen Arbeitsplätzen der Veterinärmedizin mit APD sinnvolle Messwerte erhalten werden – wenn man sich nicht gerade in den Direktstrahl stellt [8].

### Aktuelle Entwicklungen

Die neueren Studien haben das BMU bewogen, die Länder am 29. Juli 2011 darüber zu informieren, dass einer neuerlichen Nutzung der EPD Mk2-Dosimeter in Deutschland zugestimmt werden kann, solange einige Rahmenbedingungen eingehalten werden [9]: Dazu zählt v. a. das Einstellen einer Warnschwelle, bei der ein APD automatisch mitteilt, dass es in einem Strahlungsbereich ist, bei dem eine Fehlmessung auftreten kann. Aus praktischer Sicht erscheint es sinnvoll, sich direkt beim Kauf oder der Leihe eines APD die jeweils sinnvolle Warnschwelle einstellen zu lassen. Sinnvolle Werte für die Höhe der Warnschwellen für unterschiedliche Anwendungsbereiche innerhalb der Veterinärmedizin sind über die Internetseite des Instituts für Allgemeine Radiologie und Medizinische Physik der Tierärztlichen Hochschule Hannover einzusehen [10]. Der Nutzung eines APD muss jedoch die jeweils zuständige Behörde zustimmen. Eine Liste der zuständigen Behörden befindet sich auf der

Homepage der Bundestierärztekammer [11].

Es ist zu empfehlen, schon vor der Beschaffung den Einsatzbereich, die vorgesehene Warnschwelle sowie sonstige Rahmenbedingungen mit der zuständigen Behörde abzustimmen. Der Prozess der Zustimmung durch die zuständige Behörde wird schon bald, wenn behördenseitig eine größere Routine in dieser Sache besteht, wenig Aufwand mit sich bringen. Mit einigen Jahren Verzug kann dann eine gute, neue Technik in den veterinärmedizinischen Kliniken und Praxen Einzug halten.

### Fazit

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass APD eine aus praktischer sowie aus Strahlenschutzsicht sicherlich sehr gute Neuerung sind. APD haben unter bestimmten Rahmenbedingungen Limitationen in der Anwendung, diese treten bei normaler Anwendung aber faktisch nicht zu Tage. Einem Einsatz von APD bei Schwangeren oder Tierbetreuerpersonen muss gleichwohl aktuell immer die Zustimmung der jeweils zuständigen Behörde vorausgehen.

### Danksagung:

Wir danken Dr. Matthias Lüpke vom Institut für Allgemeine Radiologie und Medizinische Physik der Tierärztlichen Hochschule Hannover für zahlreiche bereichernde, fachliche Diskussionen, die kritische Durchsicht des Manuskripts sowie die Bereitstellung der Bilder über die Expositionssituationen (Abb. 1 und 2).

### Literatur

- [1] U. Ankerhold, O. Hupe, P. Ambrosi (2009): Deficiencies of active electronic radiation protection dosimeters in pulsed fields. *Radiat. Prot. Dosim.* 135:149–153
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reak-

torsicherheit: Rundschriften Az. RS II.3 – 15530/2, GMBL 2010 S. 1240 vom 6. 10. 2008

[3] P. Ambrosi, M. Borowski, M. Iwatschenko (2010): Considerations concerning the use of counting active personal dosimeters in pulsed fields of ionizing radiation. *Radiat. Prot. Dosim.* 139:483–493

[4] M. Borowski et. al. (2010): Sind elektronische Personendosimeter in klinischen Expositionssituationen grundsätzlich nicht einsetzbar? *Fortsch. Röntgenstr.* 182:1–7

[5] ORAMED – Optimization of radiation protection of medical staff. (Contact number FP7-211361, 2008-2011), [www.oramed-fp7.eu](http://www.oramed-fp7.eu)

[6] J. Henninger et. al.: Abschlussbericht zum BFS-Ressortforschungsvorhaben 3608S02002 „Personendosimetrie mit elektronischen Personendosimetern in gepulsten Strahlungsfeldern“, urn:nbn:de:0221-2009082197

[7] Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2010, Thema: Dosimetrie mit elektronischen Dosimetern in gepulsten Photonen-Strahlungsfeldern. Teil 2

[8] M. Borowski et. al. (2011): Performance of active electronic personal dosimeters in radiological diagnostics. *European Medical Physics and Engineering Conference 2011*

[9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Rundschriften vom 29. 7. 2011

[10] [www.tiho-hannover.de/kliniken-institute/fachgebiete/fachgebiet-allgemeine-radiologie-und-medizinische-physik/strahlenschutz](http://www.tiho-hannover.de/kliniken-institute/fachgebiete/fachgebiet-allgemeine-radiologie-und-medizinische-physik/strahlenschutz)

[11] [www.bundestieraerztekammer.de/fachliches/praxis/roentgen/index.htm](http://www.bundestieraerztekammer.de/fachliches/praxis/roentgen/index.htm)

**Anschrift der Autoren:** Dr. rer. nat. Markus Borowski, Klinikum Braunschweig, Institut für Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin, Salz-dahlumerstr. 90, 38126 Braunschweig, Tel. (05 31) 5 95 21 37, [m.borowski@klinikum-braunschweig.de](mailto:m.borowski@klinikum-braunschweig.de)

Dr. Anne-Maren Marxen, Jungmannstr. 50, 24105 Kiel, Tel. (01 72) 8 52 07 30, [tierarzt@marxen-kiel.de](mailto:tierarzt@marxen-kiel.de)