

4. Frühe Empfehlungen zum Strahlenschutz (von 1896-1945)

4.1. Die ersten Empfehlungen des Strahlenschutzes in der Humanmedizin

Röntgenstrahlen sind mit unseren Sinnesorganen nicht wahrzunehmen, sie sind weder zu sehen, zu riechen, zu fühlen noch zu hören. Daher kann der Untersuchende leicht mit einer höheren Strahlendosis exponiert werden, ohne dass er es sofort bemerkt. Ziel des heutigen Strahlenschutzes ist es, Individuen, deren Nachkommen und die Mehrheit als Ganzes vor den schädigenden Strahlenwirkungen zu schützen. Gleichzeitig sollte aber eine Tätigkeit möglich sein, bei der eine zusätzliche Strahlenexposition unumgänglich ist. Dies erfordert eine sorgfältige Festlegung von Grenzwerten, welche die für den Menschen bedeutsamen biomedizinischen Strahlenwirkungen berücksichtigt.

Zu Beginn des Einsatzes von Röntgenstrahlen beschäftigte sich der Strahlenschutz lediglich mit den somatischen Schäden von Individuen, die größere Strahlendosen erhielten wie z.B. Haut-Erytheme oder Strahlenkatarakt. Somatische Strahlenschäden werden durch **nicht-stochastische Strahlenwirkung** hervorgerufen, das heißt, dass ab einem bestimmten Dosis-Schwellenwert Schäden nachweisbar sind. Der Schweregrad der Reaktion ist von der Höhe der Dosis abhängig, so dass die Schäden nicht vom Gesetz des Zufalls abhängig sind. Im Gegensatz dazu stehen die **stochastischen Strahlenschäden**, deren Schweregrad nicht dosisabhängig ist und deren Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens mit der Strahlendosis zunimmt.

Als MULLER (46) 1927 erstmals quantitative strahlenbedingte erbliche Schäden feststellte, wurde der Strahlenschutz auch auf die genetischen Schäden ausgeweitet. Diese genetischen Schäden, wie z.B. das Auslösen von Mutationen, die Induktion von Leukämien und bösartigen Tumoren, hängen von den Gesetzen des Zufalls ab, so dass sie unabhängig von einem Schwellenwert auftreten können und schon bei kleinsten Dosen entstehen. Dabei ist die Häufigkeit des Auftretens und nicht ihr Schweregrad von der Dosis abhängig. Aufgrund dieser Tatsache wurde das genetische Risiko lange Zeit in den Vordergrund gestellt. Erst nach der Erkenntnis, dass auch kleine Dosen zu somatischen Änderungen (Krebs) führen können und durch die Einführung der Äquivalenzdosis, mit der die gesamte mögliche Strahlenschädigung abgeschätzt werden kann, wurde das "Gonadendenken" im Strahlenschutz abgelöst.

Jeder bestrahlte Körper wird ebenfalls zur Strahlenquelle und gibt Sekundärstrahlung ab. Vor dieser muss sich der Untersuchende besonders schützen. Blickt man in der Literatur zurück, so zeigt sich in den Berichten über beobachtete Strahlenschäden, eine vielfach schockierende Mißachtung aller heute selbstverständlichen Strahlenschutzmaßnahmen. Gleichzeitig finden sich jedoch häufig bei Veröffentlichungen, in denen der Einsatz von Röntgenstrahlen beim Menschen beschrieben wird, klare Warnungen vor den sekundären Wirkungen der ionisierenden Strahlung. Diese schädigenden Wirkungen wurden nicht nur bei strahlenbehandelten Patienten beobachtet, sondern traten auch in zunehmendem Ausmaß bei den ersten Radiologen und Röntgentechnikern auf.

BELOW 1898 (11) und KIENBÖCK 1906 (92) warnen vor Hautverbrennungen, die bei der therapeutischen und diagnostischen Anwendung von Röntgenstrahlen entstehen. LEVY-DORN (148) demonstrierte am 8. Mai 1898 erstmals Vorrichtungen, welche er zum Schutz des Untersuchers gegen die Röntgenstrahlen und zur Erzeugung scharfer Bilder konstruiert hat. Dabei befestigte er das sonst frei hängende Röntgenrohr mit einer Klemme an einem hängenden Kasten mit Stativ. Die Wand des Kastens besteht aus Blei und besitzt eine zentrale Öffnung. Diese Öffnung kann durch eine Bleiblende beliebig verengt werden. Er empfiehlt schon zu dieser Zeit diese Öffnung bei Untersuchungen möglichst klein zu wählen. Weiterhin bringt er am Schirm über der Fluoreszenzschicht eine 9 mm dicke Spiegelglasscheibe an, so dass es zur Abblendung kommt und die diffuse Strahlung sinkt.

WALTER und LEVY-DORN empfehlen den Patienten, sich während der Strahlentherapie unter eine Bleikiste mit Blendvorrichtung oder einem Bleibrett mit verstellbaren Füßen zu

Frühe Empfehlungen zum Strahlenschutz

legen. Zusätzlich werden von LEVY-DORN 1903 (217) maximale Strahlendosen für die Therapie von verschiedenen Erkrankungen empfohlen. Er erwähnt dabei die konkreten Vorsichtsmaßnahmen, wie das Blei zum Abdecken des Patienten und Bleiglasnutzung für die Abdeckung des Leuchtschirmes. Beim Durchleuchten lehnt er die Hand als Testobjekt ab. Als Ersatz empfiehlt er einen mit Leinen umhüllten Knochen und Fausthandschuhe mit Staniolinlage. Der Untersucher soll sich während der Untersuchung hinter eine Schutzwand aus Metall mit Beobachtungsfenster begeben. Dabei beobachtet der Untersucher das Licht der Röhren im Spiegelbild. Somit ist Levy-Dorn einer der ersten Ärzte, der detaillierte Strahlenschutzmaßnahmen in Bezug auf die Ausrüstung der Geräte und der Schutzkleidung fordert.

ALBERS-SCHÖNBERG (145) weist 1903 auf den Gonadenschutz hin und ist deshalb einer der ersten, der die Organe nicht nur vor schweren lokalen Schäden schützt, sondern auch vor kleinen Strahlenmengen, die sich mit der Zeit kumulieren und Spätschäden auslösen können.

Weitere Autoren wie UNNA (158) 1904, KRAUSE (99, 176) 1906 und LEVY-DORN (117) 1905 empfehlen Schutzhandschuhe aus Metallfolie, keine Manipulation der Tiere in Nähe der Röhre und des Schirmes, sowie Schutz vor Sekundärstrahlung durch Bleimäntel, Bartschutz, Schutzmützen und Bleibrillen. Es wurde zusätzlich ein mit Blei verkleidetes Schutzhäuschen für Personen konstruiert, welche die Apparate bedienen.

GOCHT (107) empfiehlt 1905 eine plastische Schutzmaske für das Gesicht.

Weitere Warnungen vor Strahlenschäden werden bei der Bestrahlung der Hoden bzw. Ovarien von PHILIPP (159) 1904/05 ausgesprochen.



Abb. 13: Demonstration einer Schutzmütze, Bartschutz, Handschuhe, Schutzschürzen und Plattenschutz. (LEVY-DORN 1905 (117))

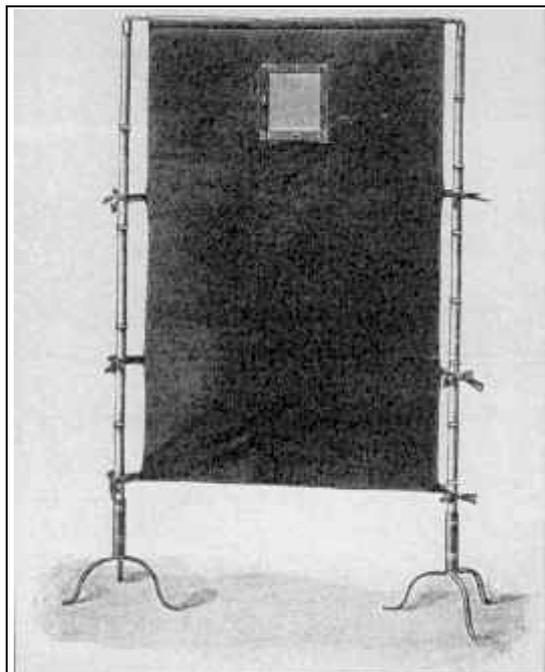


Abb. 14: Schutzwand mit Beobachtungsfenster aus Schwermetallsalz zwischen Gummi, Leder o.a.. LEVY-DORN 1905 (117))

Am 2. Mai 1905 wird die *Deutsche Röntgengesellschaft* in Berlin gegründet, die sich eine einheitliche Nomenklatur für die Röntgenologie, eine Kommission zur Festsetzung fester Normen für die Intensitätsmessung der Röntgenstrahlen und des Strahlenschutzes, sowie die gesetzliche Regelung der Anwendung von Röntgenstrahlen (gefordert von dem Franzosen HENNECART) zum Ziel gesetzt hat. Schon 1906 wurde im BGB § 618 die

gesetzliche Verpflichtung der Ärzte festgelegt, dass Assistenten, Patienten und Bediener eines Röntgengerätes vor der Strahlung geschützt werden müssen. Die Diagnose und Therapie darf mit dem Röntgengerät nur der Arzt vollziehen.

In den folgenden Jahren wurde auf den Röntgenkongressen die neuesten technischen Entwicklungen, Hilfsmittel, Dosierungsmethoden und Schutzmaßnahmen erörtert, bekannt gegeben und diskutiert.

In Österreich konnten jedoch auch Nichtmediziner ein öffentliches Röntgeninstitut betreiben, wenn sie eine Bestätigung für ihre praktische Erfahrung mit der Röntgentherapie vorweisen konnten (SCHENK (75) 1905). War der Besitzer des Röntgeninstitutes nicht qualifiziert, so war die Betreibung des Röntgengerätes nur in Anwesenheit eines Arztes möglich.

1909 wurden die ersten *Grundsätze zum Strahlenschutz* bekannt gegeben (45). In ihnen hatten nur Ärzte oder deren Assistenten, die unter der Aufsicht und Verantwortung des Arztes standen, die Befugnis Röntgenstrahlen zur Therapie und Diagnostik anzuwenden. Weiterhin wurde der Einsatz von zuverlässigem und erfahrenem Personal im Röntgenlabor empfohlen. Der Arzt und der Fabrikant sind verpflichtet, ihre Angestellten über Röntgenshäden zu belehren, übliche Schutzmaßnahmen zur Verfügung zu stellen und deren Gebrauch zu fordern. Die Röntgentechnik und die Dosierungsfrage sollte vom Arzt genau ausgewählt werden. Er ist an keine Dosierungsmethode gebunden, jedoch wird ihm angeraten, sich die Dosis bei jeder Strahlenanwendung zu notieren. Dabei soll der Patient über eventuelle frühere Röntgenbestrahlungen befragt werden. Als Gutachter werden nur Ärzte berufen, die sich auf Röntgen spezialisiert haben.

Als Ursache für die Strahlenschäden gibt WALTER (216) 1910 die Primär- (Glasstrahlung) und Sekundärstrahlung (Körperstrahlung des bestrahlten Körpers) an. Er bereinigt Mißverständnisse, wie z.B. die Meinung einiger Personen, dass sich der Untersucher hinter der Horizontalen der Antikathode seiner Röhre aufhalten muss, um von weniger Strahlung getroffen zu werden, oder dass Patienten möglichst auf dem Boden zu lagern sind.

Der Strahlenschutz entwickelte sich durch die Erfindung neuer Messgeräte weiter, wie dem Chromoradiometer von HOLZKNECHT (93) 1902, dem Radiometer von SABOURAUD und NOIRÉ (44) 1904/05 sowie den Quantimetern von KIENBÖCK (92) 1905. So konnten nun maximale Dosen angegeben werden, bei denen mit größter Wahrscheinlichkeit keine Hautveränderung hervorgerufen wurden. Weiterhin wurden erste Minutentabellen in Abhängigkeit der Dosis erstellt.

1913 konnte die erste zusammenfassende allgemeine Strahlenschutzempfehlung in Form eines Merkblattes von der *Deutschen Röntgengesellschaft* herausgegeben werden.

Nach dem ersten Weltkrieg formulierte ein *Sonderausschuß der Deutschen Röntgengesellschaft* unter GROEDEL, INIGER und LOSSEN für die Berufsgenossenschaften die Unfall- und Schadensverhütungs-Vorschriften für medizinische Röntgenbetriebe, welche 1926 publiziert wurden.

1935 wurden die Mitglieder des Ausschusses für Strahlenschutzvorschriften in medizinischen Röntgenanlagen zusammen gerufen, um einen Entwurf über "*Vorschriften für den Strahlenschutz in medizinischen Röntgenanlagen-EVW 47*" zu erarbeiten (157).

In England schlug RUSS (HOLBACH (78)) 1915 der *British Roentgen Society* vor, von sich aus eine Reihe von Sicherheitsstandards aufzustellen. Dazu kam es jedoch erst nach der Bildung des *British X-Rays and Radium Protection Committee* im Juli 1921. Es handelt sich dabei um Richtlinien, die den Strahlenschutz in Krankenhäusern und ähnlichen Einrichtungen betrafen. Im Jahre 1925 trat in London erstmals der *International Congress of Radiology* zusammen.

In Amerika entwarf 1922 die *American X-Ray Society* ihre eigenen Richtlinien.

1928 wurde die erste *Internationale Strahlenschutzkommission* in Stockholm gegründet. Von dieser Kommission wurde die *International Commission on Radiological Protection (IRCP)* eingesetzt, eine nicht staatliche Kommission aus zwölf anerkannten Strahlenfachleuten, die als solche noch heute besteht und regelmäßig international anerkannte Strahlenschutzempfehlungen herausgibt. Die IRCP diskutierte schon Anfang der dreißiger Jahre über eine "Toleranzdosis" für Personen, die mit ionisierenden Strahlen arbeiteten.

1934 wurde die Tagesdosis von 0,2R, die von MUTSCHELLER (193) 1925/26 vorgeschlagen wurde, offiziell vom IRCP übernommen.

Durch die Weiterentwicklung von Röntgenapparaten mit Blendeneinsätzen, Wasserkühlröhren mit Gummischutzmantel oder Bleikästen, dem Anbringen von Schutzwänden an den Seiten des Durchleuchtungstisches, der Entwicklung der gasfreien Röhre (LASSAR (108) 1916) sowie die Entwicklung des Streustrahlenrasters (BUCKY 1912 (STETTER (201))), konnte die Strahlenbelastung des Untersuchers und des Patienten verringert werden. Durch diese neuen Techniken verkürzte sich die Belichtungszeit und die Strahlendosis wurde kleiner. MARKÖ bemängelt jedoch noch 1925 (123) das Nichtvorhandensein eines zweckmäßig ausgebauten Raumes für die diagnostische Röntgenaufnahme.

4.2. Die ersten Empfehlungen zum Strahlenschutz in der Veterinärmedizin

Im Gegensatz zur Humanmedizin ist das Röntgen in der Veterinärmedizin mit einigen Problemen verbunden. Es handelte sich meist um "unkooperative Patienten" verschiedener Tierarten mit unterschiedlichen Größen und Rassen.

Deshalb benutzte SCHMIDT 1907 (183) bei der diagnostischen Röntgenaufnahme von Hunden, Katzen, Hühnern und Tauben Morphinum, Äther und Chloroform, um diese ruhig zu stellen. Weiterhin konnten in den Anfängen der Röntgenologie nur starre Röntgengeräte aus der Humanmedizin genutzt werden, die einerseits sehr teuer waren und andererseits den Ansprüchen der Tiermedizin nicht genügen konnten.

LIEBERT (114) führte 1914 die geringe Nutzung der Röntgenstrahlen an tierärztlichen Instituten, auf die geringe Anzahl von Röntgenapparaten zurück. Er selber benutzte für seine Tierversuche ein Röntgengerät aus einem Krankenhaus.

Einer der Tierärzte, der von Beginn an die Röntgenuntersuchung nicht nur als diagnostisches Hilfsmittel verwendete, sondern auch grundsätzliche theoretische Untersuchungen zum Strahlenschutz durchführte und die Röntgentechnik weiter entwickelte, war der Chirurg der *Tierärztlichen Hochschule Berlin* Prof. Dr. Richard EBERLEIN. Er benutzte schon 1895 Verstärkungsschirme (30), konstruierte Verstärkerfolien und war 1905 ein Mitbegründer der *Deutschen Röntgengesellschaft*. Er wurde als einziger Tierarzt, Präsident der ersten beiden großen Medizinischen Röntgenkongresse 1905 und 1906.

4.2.1. Strahlenschutz durch Weiterentwicklung der Röntgenausrüstung

4.2.1.1. Raumgestaltung

Durch die technische Weiterentwicklung in der Raumgestaltung konnten elementare Fortschritte im Strahlenschutz verzeichnet werden.

FLEISCHHAUER (38) beschreibt 1924 die Einrichtung eines Röntgenlaboratoriums in der *Tierärztlichen Hochschule Berlin*. Zu dieser Zeit gehörten Röntgenapparate noch zu Luxuseinrichtungen in Tierkliniken. Sie waren teuer (3600-7200 Mark) und bedingten eine schwierige Aufnahmetechnik bei Großtieren, die nicht jeder Untersucher anwenden konnte. Der Autor empfiehlt aktuelle Röhren und Röntgenanlagen für Praktiker und beschreibt den Röntgenraum in der *Klinik für kleine Haustiere der Tierärztlichen Hochschule Berlin*. Dort wurden strahlenschutztechnische Vorrichtungen an den Apparaten, wie beispielsweise gasfreie Röhren, Metallstative, leicht verstellbare Schutzhauben, sowie Tubusblenden verwendet. Eine Schutzwand oder ein Schutzhaus aus Blei mit Bleiglasfenster dienten als Schutzvorrichtungen im Raum. In diesem Zusammenhang weist er auf das *Merkblatt der Deutschen Röntgengesellschaft über den Gebrauch von Schutzmaßregeln gegen*

Röntgenstrahlen hin. Ein weiteres wichtiges Kriterium des Strahlenschutzes sieht Fleischhauer in den Weiterbildungsmöglichkeiten, z.B. in den Röntgenkursen der Firma Sanitas und dem Lehrbuch von Gocht *„Handbuch der Röntgenlehre zum Gebrauche für Mediziner“* (38).

SCHOUPPE (190) und DEBICKI (22) erklären sich 1925 den geringen Einsatz der Röntgentherapie beim Tier, im Vergleich zur Humanmedizin damit, dass die Anschaffungskosten der Röntgengeräte sehr hoch sind und keine Fortbildungsmöglichkeiten bzw. Lesungen in den Hochschulen angeboten werden. Es bestanden zusätzlich einige technische Schwierigkeiten im Röntgenverfahren, beispielsweise durch die Fixierung der Patienten mit den Händen, da meist ungeeignete Tische vorhanden waren. Weiterhin wird durch Bewegungen der Tiere eine kurze Belichtungszeit benötigt. Der Röntgenapparat ist in diesem Fall für die Strahlentherapie von Großtieren in die Wand des OP-Saals eingebaut. Dazu wird das Pferd auf einem hölzernen OP-Tisch befestigt. Kleintiere können auch auf einem Tisch fixiert werden, über dem ein beweglicher Röhrenkasten mit Blenden, der an einem Stativ befestigt ist, installiert ist.

Da für Röntgenaufnahmen von großen Tieren harte Strahlung nötig ist und eine starke Sekundärstrahlung entsteht, schlägt DEBICKI (22) 1925 die Verwendung von Bucky-Blenden und eine räumliche Trennung vor. Es werden zwei Räume benötigt, die durch eine Wand voneinander getrennt sind. Ein entsprechend großer Abschnitt aus dieser Wand besteht aus dünnem, strahlendurchlässigem Holz, welches verschiebbar ist und aus mehreren Teilen zusammengesetzt ist. Hinter dieser Durchleuchtungswand befindet sich die Röntgenröhre. Im ersten Raum, dem Beobachtungs- oder Untersuchungsraum, stehen ein verschiebbarer Fluoreszenzschirm und eine Bucky-Blende. Der Freiraum zwischen dem Fluoreszenzschirm und der Wand ist für das Tier bestimmt. Der Fußboden dieses Raumes kann entweder herausgenommen werden, so dass das Tier tiefer steht und Aufnahmen von Kopf, Kehlkopf usw. angefertigt werden können, oder mit einer Brücke oder einem Tisch versehen werden, so dass Extremitäten oder kleinere Tiere bestrahlt werden können. Im zweiten Raum, dem Apparatraum, befinden sich die verschiebbare Röntgenröhre mit Blenden, einem Generator, Hochspannungsleitungen, Regulierröhre und einem Schutzhaus. Durch leicht herzustellende, mit federndem Druck versehene Kassettenhalter können die Kassetten mechanisch an das zu untersuchende Körperteil sanft angepresst werden. Die Röhre kann nicht selbst vom Untersucher, sondern von seinem Assistenten bedient werden, was einen Nachteil für den Untersucher darstellt. Er dirigiert diesen durch eine Öffnung in der zimmertrennenden Wand.

Auch HENKELS (71, 72, 74) gibt im Jahr 1925 praktische Vorschläge für eine moderne Röntgeneinrichtung. Dabei teilt er drei Räume auf: den Untersuchungs-/Aufnahmeraum, den Maschinen-/ Röhrenaufbewahrungsraum und die Dunkelkammer. Er beschreibt die Gerätschaften in den Räumen und bemerkt, dass die bis zu diesem Zeitpunkt benutzten Bleihauben, -schürzen, -brillen, -handschuhe bei harter Strahlung keinen ausreichenden Schutz bieten. Seine frühe Erkenntnis wurde auf dem darauf folgenden Röntgenkongress bestätigt.

1927 wurde von Prof. Dr. Alois POMMER, einem weiteren Wegbereiter der Röntgenologie in der Tiermedizin, das erste Röntgeninstitut an der tierärztlichen Hochschule in Wien errichtet (159). Dies ließ sich nur durch großzügige Spenden mit Röntgengeräten, Schutzvorrichtungen und Hilfsgeräten erbauen. Dabei wurden für den Strahlenschutz ein Strahlenschutzhaus mit Bleiglasfenster, Strahlenschutzröhren, Bleigummischürzen, -handschuhe,- und -brillen eingesetzt. Die Wände des Raumes selbst bestanden aus sechzig Zentimeter dicken Mauern, die zusätzlich mit einer zwei Zentimeter dicken Schwereputzmörtelschicht verkleidet waren. Dabei wurden Türen aus Bleiplatten eingesetzt. Mit dieser Raumkonstruktion wurde ein Austreten von Röntgenstrahlung vermieden.

4.2.1.2. Röntgenapparate

Laut HENKELS (73) wurde die erste Röntgenaufnahme von einem Tier wahrscheinlich mit einer **Hittorfschen Röhre** und einer selbsterregenden Influenzmaschine hergestellt. Als Kühlvorrichtung diente damals ein Petroleumbad. Die Expositionszeit betrug zu dieser Zeit noch 15-20 Minuten.

EBERLEIN fertigte im April 1896 Röntgenaufnahmen der distalen Extremität des Pferdes von anatomischen Präparaten an und benötigte dafür eine Expositionszeit von 65 Minuten. Diese Röhren besaßen keine Antikathode, so dass nur diffuse Gasstrahlung erzeugt wurde. In den Berichten von HOBDAV und JOHNSON im Juli des selben Jahres, sowie von EBERLEIN 1897, konnte die Belichtungszeit für das Anfertigen von Röntgenaufnahmen am lebenden Tier auf eine Minute gesenkt werden. Diese Zeitverkürzung, bzw. erhebliche Reduzierung der notwendigen Strahlung, ist auf eine Verbesserung der Röntgentechnik zurückzuführen, wie z.B. dem Einsatz von **Fokusröhren**.

Um die Strahlendosis zu verringern, die nötig ist um einen Film zu schwärzen, wurde der Film zwischen zwei **Verstärkerfolien** gelegt. Diese konnten an den Kassettenwänden befestigt werden. Eine Schwärzung des Filmes erfolgte dann zu 95% durch die Verstärkerfolien und die restlichen 5% wurden direkt durch die Röntgenstrahlen geschwärzt. Solche Folien nutzte EBERLEIN schon im Jahre 1895. Ihre Anwendung beinhaltete eine erhebliche Reduzierung der notwendigen Strahlung und damit eine deutliche Verkürzung der Belichtungszeiten.

In Bezug auf die unruhigen Patienten, ist auch eine Minute immer noch zu lang. 1898 wurden von EBERLEIN erste Röhren mit **Regeneriervorrichtungen**, Verstärkerfolien und besonders empfindliche fotografische Platten aus Quecksilber, Urannitrat und Rodinalbromkalium vorgestellt, die eine wesentliche Verringerung der Aufnahmezeit mit sich brachten. Weiterhin wurden die kleine Röntgenröhren durch neue große Röhren mit einem Kugeldurchmesser von 10 bis 14 cm und integrierten Regeneriervorrichtungen ersetzt. Unter Regeneriervorrichtungen sind verschiedene Methoden zu verstehen, die den "hart" gewordenen Röhren Luft zufügten und sie somit wieder brauchbar machten. Durch diese Entwicklungen gelang es Eberlein eine Röntgenaufnahme beim Pferd in 25 Sekunden anzufertigen. In dieser Zeit wurden auch evakuierte Röhren hergestellt, so dass Eberlein für eine Röntgenaufnahme die mittelmäßig evakuierte Röhre empfahl.

1904 beschreibt TRÖSTER den Stand der Röntgentechnik mit modifizierten Röntgenapparaten. Dabei ist ihm das gebräuchliche Stativ zu schwer und zu unbeweglich, so dass er das Röntgenrohr, welches von einer Kiste umgeben ist, an einer Laufkatze befestigt. Dadurch wurde die Vorbereitungszeit der Aufnahme verkürzt und die Geduld des Tieres geschont. Das gleiche Verfahren wurde 1926 an der chirurgischen Universitäts-Tierklinik in Gießen verwendet.

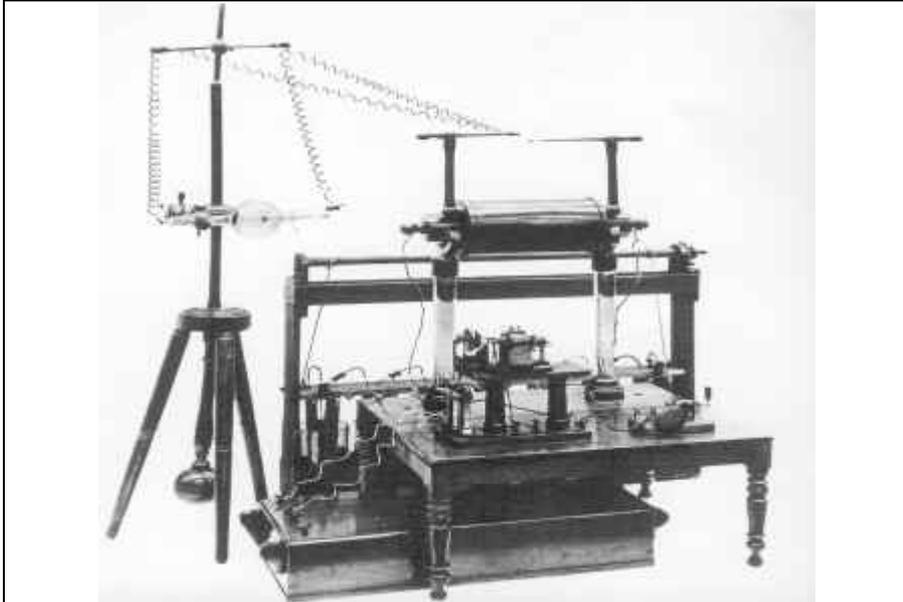


Abb. 15: Experimenteller Aufbau zur Erzeugung von Röntgenstrahlen. Mit Versuchsanordnungen dieser Art hatten vor Röntgen bereits eine Reihe von Wissenschaftlern experimentiert. Doch Röntgen war der erste, der das Auftreten einer neuen Strahlung bemerkte. (LOSSEAU 1995 (119), S. 11)

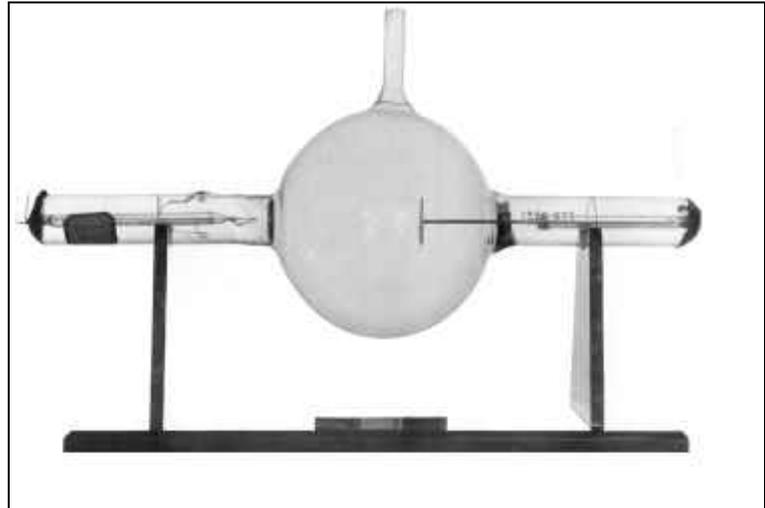
1908 berichtet ROSENTHAL (169) auf dem 4. Kongress der Deutschen Röntgengesellschaft über einen neuen Universalinduktor, der eine kurze Expositionszeit benötigt und zusätzlich scharfe Aufnahmen liefert. Diese Methode verwendet WENGER (86) 1909 erstmals erfolgreich an Tieren. Dabei weist er auf Einflußfaktoren, wie Dicke und Konsistenz der Körperteile, die photographische Schicht, sowie die nötige Stromstärke, hin. Er gibt bei Hunden Expositionszeiten von 0,5 bis 2,0 Sekunden sowie bei Großtieren von 2,0 bis 6,0 Sekunden an, wobei sich der Röntgenfilm zwischen zwei Verstärkerschirmen befindet. Leider muss er einen geringen Kontrastreichtum durch Verschleierungen in Kauf nehmen, die durch Streustrahlung entstehen. Obwohl in der Humanmedizin kurze Zeit später sogenannte "Momentaufnahmen" gemacht wurden, deren Exposition unter 1/50 bzw. 1/100 Sekunde lagen (23), war WEGNER für längere Zeit der Einzige, der erfolgreich Kurzaufnahmen an Kleintieren durchführte.

1912 wurden von MAREK und FICUS (122) wechselnde Expositionszeiten je nach Dicke des Körperteils, dem Härtegrad der Röhre, der in der Zeiteinheit der Röhre gelieferten Energiemenge, sowie der Kurvenform des induzierten Stromes angegeben. Sie betrug für allgemeine Extremitätenaufnahmen bei kleinen Tieren zehn bis 120 Sekunden, bei großen Tieren dagegen zwei bis vier Minuten. Für Rumpfaufnahmen bei kleinen Tieren wurden eine bis vier Minuten bestimmt. Den Autoren ist es bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht gelungen, brauchbare Röntgenaufnahmen vom Brustkorb oder Bauch der großen Haustiere herzustellen.

1913 wurden erstmals gasfreie Röhren, die "Coolidgeöhre" sowie die "Lilienfeldröhre" in der Tiermedizin eingesetzt (220). Hier setzte sich die Coolidgeöhre durch, da sie leichter regulierbar war. Nachteil dieser Röhren waren die ungenaue Einstellung der Strahlenintensität durch starke Schwankungen.

Abb. 16: Coolidge Röhre
Ein Original der experimentellen Röhren, mit denen Coolidge 1913 arbeitete.

Die Coolidge-Röhren waren die ersten, bei denen sich Intensität und Härte der erzeugten Röntgenstrahlung unabhängig voneinander regulieren ließen. (LOSSEAU 1995 (119), S. 110)



1923 erwähnt WEISER (220) die **Gundelach'sche Schwangerschaftsröhre** aus der Humanmedizin, die zu dieser Zeit den „Weltrekord“ in der Belastbarkeit mit 100 mA für die Dauer von einer Sekunde hielt. Mit dieser Röhre konnten sehr gute Aufnahmen im Kleintierbereich erzielt werden, jedoch nicht bei Großtieren. Um auch die massigen Körperteile der Großtiere röntgenologisch darzustellen, wurde 1926 die **Mammut-Media Röhre** von C.H.F. Müller (221) eingesetzt. Mit ihr konnte der Thorax eines Rindes und eines schweren Arbeitspferdes in 0,3 bis 0,5 Sekunden dargestellt werden.

BERGE (10) reduziert 1927 mit Hilfe eines Röntgenapparates aus der Humanmedizin die Expositionszeit einer solchen Aufnahme auf 0,05 Sekunden. Somit konnte durch einen leistungsstarken Apparat auf das Stillhalten des Tieres weitgehend verzichtet werden. Durch Zusatzausstattungen wie einer Zeitschaltuhr, konnten Meßfehler vermieden oder eingeschränkt werden und die Möglichkeit, den Röntgenapparat mit Hilfe eines Kabels von der Ferne aus bedienen zu können, sowie der Umschaltung von "Durchleuchtung" auf "Aufnahme" in einem geeigneten Augenblick, wurden günstige Voraussetzungen für das Gelingen von guten Aufnahmen geschaffen.

1933 wird von SALMONY (121) der "**Coolinax-Röntgenapparat**" empfohlen, der in den Anschaffungskosten relativ günstig zu erstehen war, eine geringe Raumbeanspruchung, sowie eine leichte Ortsbeweglichkeit und Handhabung besaß. Er war weiterhin mit einer strahlenschutzgerechten Hochspannungskonstruktion ausgestattet, so dass er an Lichtleitungen angeschlossen werden konnte und der Einsatz dieses Apparates auch im kleinsten Dorf möglich war.

Die Entwicklung der Röntgenologie in der Veterinärmedizin blieb über Jahrzehnte experimentierfreudigen Tierärzten überlassen, die sich Hilfsmittel in mühevoller Einzelarbeit konstruierten. Erst 1945 wurde die Firma Physia gegründet, die sich speziell mit dem tierärztlichen Instrumentarium befasste und 1952 die ersten spezifischen Röntgenapparate auf den Markt brachte.

Der Einsatz von Röntgenstrahlen wurde in der Tiermedizin durch weitere Versuche ausgedehnt. So übernahm und nutzte BERGE 1925 die Hartstrahltechnik in der Tiermedizin, welche 1924 von GORTAN und WEBER in der Humanmedizin angewandt wurde. Auch HENKELS (72) vergleicht 1925 weiche mit harten Strahlen und bemerkt, dass harte Strahlen bei gleicher Strahlendosis, eine höhere spezifische Wirkung auf die Emulsion der photographischen Platte besitzen und dickere Masse durchdringen können, als weiche Strahlen. Deshalb kann man sie sehr gut bei Aufnahmen von Großtieren einsetzen. Auch die Expositionszeit wird durch Hartstrahlen verkürzt, jedoch stellte BERGE (9) 1925 dabei das Problem der Unschärfe fest. FLEISCHHAUER (176) entscheidet sich deshalb 1925 für eine längere Expositionszeit von einer bis zwei Sekunden, mit dem Vorteil, eines kontrastreicheren Bildes.

Frühe Empfehlungen zum Strahlenschutz

HENKELS (72) benutzt 1925 die Waben-Blende, welche 1912 in der Humanmedizin von Bucky konstruiert wurde, um Streustrahlen, welche beim Durchdringen der Röntgenstrahlen im Gewebe entstehen, durch Auffangen an den zahlreichen Zylindern zu reduzieren. Er erhält damit ein kontrastreicheres Röntgenbild. Diese Blende wird, nicht wie die zuvor in der Veterinärmedizin genutzten Blenden, zwischen die Röhre und das Objekt gelegt, sondern hinter das Objekt plaziert. Aufgrund des durchschlagenden Erfolgs, gehörte die Wabenblende von diesem Zeitpunkt an zur Grundausstattung in der *Tiermedizinischen Klinik Hannover*.

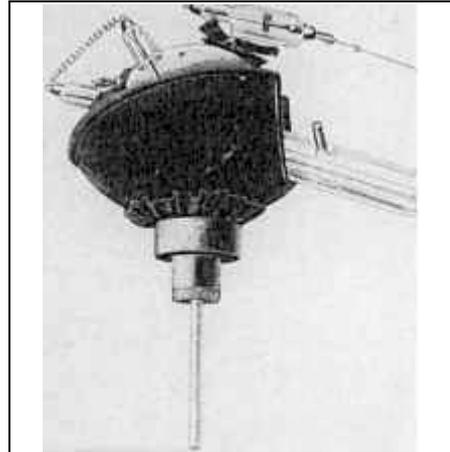


Abb. 17: Röntgenblende aus biegsamen Material. Die Blende enthält eine Öffnung, welche ihrem Durchmesser nach variiert werden kann.

(LEVY-DORN 1905 (117))

Auch BERGE versucht 1925 (9) den Einsatz von harten Strahlen und löst die entstehende Unschärfe der Aufnahmen durch den Einsatz von Doppelfilmen und zwei Verstärkerfolien. Dabei betrug die Expositionszeit beim Hund 0,06 bis 0,1 Sekunden und bei Pferdegliedmaßen 0,3 bis 1,0 Sekunde. Um eine bessere Detailerkennung zu erhalten fertigte er Aufnahme ohne Folien an, was jedoch die Expositionszeit auf 1,5 Sekunden erhöhte.

1927 werden von Berge neue Röntgenapparate für Großtiere mit integriertem Schalttisch vorgestellt.

Um einen kurzen, amüsanten Einblick über den Einsatz der Röntgenröhren zu dieser Zeit zu erhalten, kann das „*Belauschte Strahlengeflüster unter Röhrenveteraninnen*“ von MOSER (217) zitiert werden:

„Bei mäuschenstillem Verhalten konnte aus dem Ensemble der Röhrentypen ursprünglicher und neuzeitlicher Gestaltung vernehmlich werden wie gerade eine der Veteraninnen anhub: „Ei, guten Tag Madame Müller, wie freut es mich, daß Sie so hochbetagt dem Aufgebot der Landesausstellung Folge geleistet haben! Ja, so eine Ehrensache kann man sich nicht entgehen lassen - Frau Gundelach ist mein Name, darf ich Ihnen auch gleich Fräulein Rosenthal vorstellen? Sagen Sie, sind das Berufskolleginnen da nebenan?“ - „Ja, gewiß, aber nicht von der alten Garde, alles Nachkriegskinder. Einzig eine gewisse edelgashaltige Dame Lilienfeld ist 1911 zur Welt gekommen. Sie hat eine vollständige Metamorphose ihrer Nachkommenschaft bewirkt durch ihre Elektronenschwärmerei. Da sind wir Ionenfliegerinnen doch recht behäbige Figuren neben diesen langen, mageren Ding“. - „Ja, aber wissen Sie, unsere Urahnen „Geißler“, „Hittdorf“ und Crookes“ waren auch behäbiger, daher auch die banale Bezeichnung „Röhre“. Eigentlich sind wir doch recht prachtvoll und ansehnliche Kugeln und wenn wir arbeiten leuchten wir wie ein Smaragd!“ -

„Aber mir will scheinen auf dem Antlitz jener beiden hübschen schlanken Cousinen Multix und Metalix zucken einige Fragen, warum sie nicht so schöne Kugelform haben wie wir, wo der Kernpunkt des Unterschiedes liegt zwischen ihnen und uns und weshalb sie in einen so dichten Anzug gehüllt sein müßten. Daß ihnen wegen des Pertinaxmentels mit dem kleinen Strahlenfenster der bedeutungsvolle Titel „Selbstschutzhöhre“ verliehen wurde, ist ihnen noch nicht recht bewußt. Die schwerfälligen, ungenügenden Schutzgehäuse am Stativ haben sich eben seit ihrem Erscheinen vollständig erübrigt, welche sie hätten daran erinnern können, wie sehr Arzt, Kranker und Personal von Primär- und Sekundärstrahlen gefährdet waren!“

In den folgenden Jahren wurde es etwas stiller um die Röntgenologie in der Tiermedizin. Das ganze Gebiet der tierärztlichen Röntgenkunde wurde zu schnell erobert ohne eine genaue Abschätzung des weitreichenden Gebietes zu erlangen. Somit konnte sich die Eroberung nicht weiter in dem begonnenen Maße halten. WEISER (220) begründet dieses Phänomen mit den Worten *”Trotz alledem kommt man um die Tatsache nicht herum, dass das tierärztliche Röntgenverfahren nicht in einem Maße vorwärtsgekommen ist, welches seiner Leistungsfähigkeit entspricht Das Verfahren tritt in der Tierheilkunde sprunghaft auf.... Die Röntgenologie vermag sich nicht als ständig angewandtes Rüstzeug in die Kliniken, geschweige denn in die tierärztliche Praxis einzuführen. Sie steht und fällt immer mit der Persönlichkeit, welche ihr eine Vorliebe und eine besondere Geschicklichkeit entgegenbringt.”*

4.2.1.3. Durchleuchtungsgeräte

In den ersten Jahren der Röntgenologie wurde lediglich mit Durchleuchtungsgeräten gearbeitet, da die Röntgenaufnahmen viel Erfahrung, gute Technik und beste Röntgengeräte, sowie einen größeren Zeitaufwand voraussetzten. HENKELS (73) benutzt 1926 für die Untersuchung von Kleintieren ein modifiziertes Trochoskop nach Lorenz. Dabei befand sich die Röntgenröhre in einem bleiausgelegten Kasten, der in der Horizontalen bewegt werden konnte. Das Tier wurde über einen quadratförmigen Ausschnitt auf den Kasten gelegt und von einem Ossalschirm bedeckt. So konnte der Untersucher das Röntgenbild bequem von oben im Schirm betrachten. Seiner Meinung nach besitzt das Trochoskop den größten Röntgenschutz, da das Rohr nach allen Seiten hin, bis auf den quadratischen Ausschnitt, von strahlensicheren Bleiwänden umgeben wird und die Hochspannungsleitung von einem Bitterfeldkabel umgeben war. Er ist der fatalen Ansicht, dass Besucher und Studierende, ohne Röntgen- und Stromschäden, dicht an den Untersuchungstisch herantreten können. 1927 wird von HORNING (82) ein Röntgentisch vorgestellt, der für Aufnahmen und Durchleuchtungen geeignet ist.

4.2.1.4. Hilfsmittel in der Veterinärröntgenologie

Im Laufe der Jahre wurden in der Tiermedizin die Röntgenapparate, Durchleuchtungsgeräte und auch das benötigte Zubehör dem neuesten Stand der Röntgentechnik angepasst. Mit dieser technischen Fortentwicklung konnten die Röntgenuntersuchungen unter günstigeren Bedingungen durchgeführt werden und ein sicheres Arbeiten des Untersuchers größtenteils gewährleistet werden.

In den Anfängen der Röntgenuntersuchung wurden die Tiere sowie die Kassetten von Hand vom Hilfspersonal gehalten. Auch WEISER spricht sich 1923 (220) gegen Bandagen und Zwangsmittel aus und empfiehlt die Fixierung der Tiere mit den Händen vorzunehmen. Ein solches Vorgehen ist auch heute noch in der Tierärztlichen Praxis häufig zu beobachten! Die humanmedizinischen Röhrenhalter und Röhrenstative konnten den Ansprüchen der Veterinärmedizin nicht genügen. Deshalb wurden individuell neue Röntgenröhrenstative und **Kassettenhalter** entwickelt. BERGE (10) konstruierte 1927 einen keilförmigen **Holzblock für Hufbeinaufnahmen** auf dem eine Kassette ohne zusätzliche Hilfe fixiert werden konnte. Weiterhin entwickelte er ein Röhrenstativ, durch das ein Röntgen in jeder Höhe ermöglicht wurde. Durch diese Entwicklungen war keine Person mehr zum Halten der Kassette bzw. des Röntgenapparats nötig. HENKELS (71) benutzte 1928 als Stütze der Zehenspitze einen Schemel im dorsoventralen Strahlengang. Er empfiehlt, wie auch DEBICKI (22), die Verabreichung von Chloralhydrat bei zu nervösen Patienten.

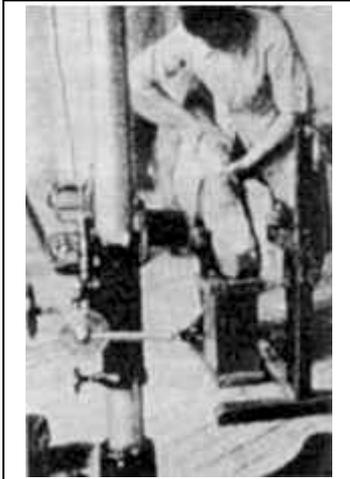


Abb. 18: Kassettenstativ
(BERGE 1927 (10))

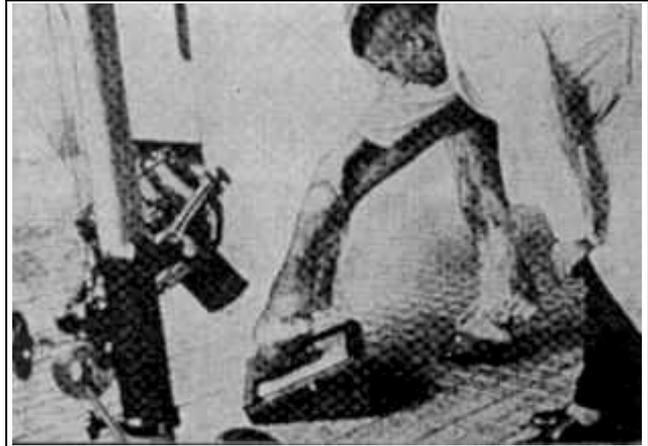


Abb. 19: Keilförmiger Bock für Hufbeinaufnahmen.
(BERGE 1927 (10))

Mit der Zeit wurden auch die **Aufnahmekassetten** für die Tiermedizin modifiziert. Angeregt durch HENKELS (73) Bemühungen, fertigte 1926 Fa. Heyden-Radebeul, die zuvor lediglich humanmedizinische Geräte herstellte, spezielle Zahnkassetten für den veterinärmedizinischen Gebrauch an.

Das Problem der Fixierung der Tiere und der daraus folgenden Strahlenbelastung des Haltepersonals, wurde von den Tierärzten mit neuen Erfindungen zu bewältigen versucht. So wurde 1923 von der *Royal Army Veterinary School* in Aldershot, England ein **Operationstisch** konstruiert (9), an dem das Pferd stehend fixiert wurde. Hinter dem Tisch war eine Röntgenröhre befestigt. Der Tisch bestand aus verschiebbaren Holzplatten, so dass durch einfaches Zurückziehen der entsprechenden Platten, Röntgenbilder des jeweiligen Körperteils des Pferdes angefertigt werden konnten.

Auch SCHOUPE (191) stellt 1925 einen neuen Therapietisch vor, der keine Schäden am Tier hinterläßt und keine Fixierung durch den Wärter benötigte.

POMMER (163) beschreibt 1936 die **Fixierung von kleinen Tieren**. Dabei wurden die Katzen mit Fußriemen und Bändern am Tisch befestigt, sowie deren Kopf mit Halsriemen oder Segelleinen fixiert. Die Bestrahlung eines Tapir erfolgte in einem Transportkäfig aus Holz, in dem ein Fenster für den Strahleneintritt eingearbeitet war. Abgelenkt wurde das Tier während der Bestrahlung mit Futter. Bei der Bestrahlung eines Katzenschwanzes, wurde die Katze in eine Bleikiste gesetzt, aus der der Schwanz heraus ragte.

HENKELS (71, 74), POMMER (162), DEBICKI (22) sowie zuvor EBERLEIN (73) zeigten 1928 weitere Möglichkeiten auf, wie die Tiere ohne Wärter fixiert werden konnten. Dabei wurden Kleintiere meist an einen Tisch und Großtiere mit Fesseln und Bauchgurt an einen Notstand gefesselt. KRÁL und SOBRA (96) berichten 1926 über die Lösung von technischen Schwierigkeiten bei einzelnen Tierarten in der Hochschule Brünn. Geflügel und Vögel wurden mit einer gespannten Leinwand auf Rahmen befestigt. Kleine Tiere wie Hunde, Katzen, Ziegen und Schafe wurden im Stehen oder in Aufhängung durchleuchtet. Dazu konnten vier Riemen oder zwei breite Bänder unterhalb der Schultern und der Schenkel des Tieres durchgezogen und diese an einer Stange über dem Tisch befestigt werden. Liegende Tiere wurden mit Gurten über den Hals, am Brustkorb und am Bauch fixiert. Die Autoren weisen darauf hin, dass Großtiere möglichst ohne Fixierung geröntgt werden sollen, so dass Zwangsmittel oder Narkotika nur in seltenen Fällen zum Einsatz kommen. Sehr unruhige Tiere werden an einen Notstand gefesselt. Auch HENKELS (71, 73) beschreibt für diesen Zweck 1926 einen modifizierten Notstand nach Hauptner.

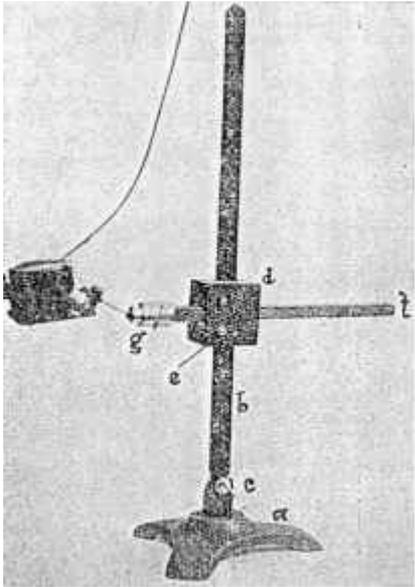


Abb. 20: Röntgenstativ für die Veterinärmedizin.
(HENKELS 1925 (71))

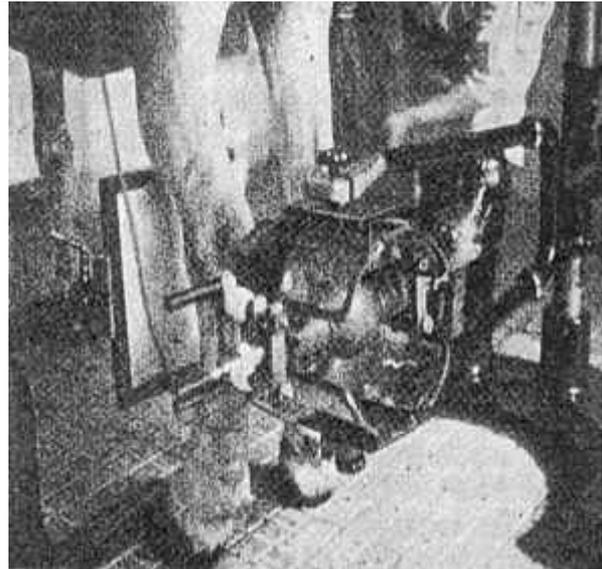


Abb. 21: Die Verwendung des Stativs mit großer Kassettenplatte bei Sprunggelenksaufnahmen.
(BERGE 1927 (10))

Es wurden nicht nur Fixierungs- und Zwangsmittel für Tiere erarbeitet, sondern auch Geräte, mit deren Hilfe der Untersucher einen größeren Abstand zur Röntgenröhre erhielt. So konstruierte HENKELS (71, 74) im Jahre 1925 ein flexibles Röntgenstativ mit zwei Kugelgelenken am Fuß, sowie am Ende des Querarmes und damit Rotationen möglich waren. Der Röhrenhalter bestand weiterhin aus einer vier Millimeter dicken Bleilage mit Blendenöffnung. Auch BERGE (10) entwickelte 1927 neue Kassettenstative mit Kugelgelenken, die verstellbar waren und eine Schrägstellung der Kassette ermöglichten.

4.2.2. Direkter Strahlenschutz durch Schutzvorrichtungen

4.2.2.1. Schutzkleidung

Die Gefahr durch Röntgenstrahlen war und ist vielen Veterinärmedizinern heute noch nicht ganz bewußt. Deshalb ist in der Literatur häufig ein außerordentlich sorgloses Umgehen mit ionisierenden Strahlen feststellbar. Mittlerweile ist bekannt, dass Schutzkleidung nicht gänzlich vor Primärstrahlung schützt und deshalb nur wirksam gegen Sekundärstrahlung eingesetzt werden kann (HARTUNG und MÜNZER 1984 (65)). Das Tragen von Schutzkleidung wurde lange nicht praktiziert. Obwohl schon 1913 das *Merkblatt für den allgemeinen Strahlenschutz* in der Humanmedizin veröffentlicht wurde, sprach FLEISCHHAUER (38) 1924 erstmals von Bleischürzen, Schutzhandschuhen, -masken, -kappen und -brillen, die dem Personal in einem Röntgenlaboratorium zur Verfügung stehen müssen. Auch POMMER und HENKELS 1926 (73) erwähnen in ihren Veröffentlichungen die Notwendigkeit des Tragens von Schutzkleidung. Dabei empfiehlt HENKELS bei der Strahlentherapie zusätzlich einen Röhrenbleimantel mit Luftkühlung. POMMER (163) benutzte bei der Bestrahlung von Adenomen in der Analgegend (163) 1936 eine Bleigummidecke mit einer Öffnung zum Schutz der Scheide bzw. des Hodens.

4.2.2.2. Messgeräte

In der Veterinärmedizin wurden die Messgeräte aus der Humanmedizin übernommen. Der Chromoradiometer von HOLZKNECHT (93) 1902, der Radiometer von SABOURAUD und NOIRÈ (93) 1904/05 sowie der Quantimeter von KIENBÖCK (92) 1905 unterstützten genaue Dosisangaben. FLEISCHHAUER benutzte 1925 zur Messung der Strahlenstärke den Härtemesser nach Wehnelt oder nach Beez.

Durch die Weiterentwicklung der Messgeräte konnte eine genauere Dosierung der Strahlung erfolgen, was einen gewissen Strahlenschutz beinhaltete.



Abb. 22: Eines der ersten Strahlenmessgeräte: Das 1915 von Fürstenau entwickelte Dosimeter registrierte die Änderung der Leitfähigkeit des Halbleiters Selen bei einer Bestrahlung mit Röntgenlicht.
(LOSSAU 1915 (119), S. 95)

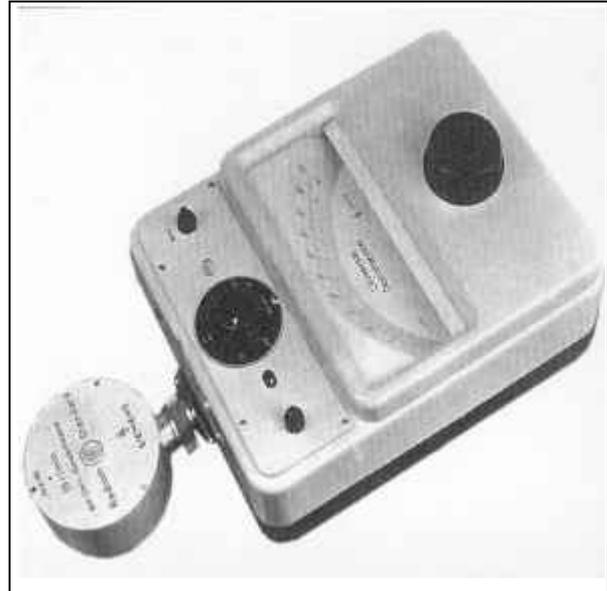


Abb. 23: Messgerät zum Nachweis von Röntgenstrahlen aus den 50er Jahren. Erst der verlässliche Nachweis der Strahlen ermöglicht effiziente Strahlenschutzmaßnahmen.
(LOSSAU 1995 (119), S. 95)

4.2.3. Warnungen und Anwendungshinweise für den Umgang mit Röntgenstrahlen

FLEISCHHAUER sowie WEISER (220) erkannten schon 1923/24 den Bedarf und die Wichtigkeit einer gezielten Ausbildung in der Röntgendiagnostik. Weiser stellt in seinem Lehrbuch *„Tierärztliche Röntgenkunde“* fest. *„...die Unterweisung der Studenten ist unbedingt erforderlich, wenn das Verfahren von den jungen Tierärzten mit in die Praxis genommen werden soll. Dazu aber ist es notwendig, dass das Röntgenverfahren nicht mehr wie bisher nur gelegentlich im klinischen Unterricht mitbesprochen, sondern dass es in besonders angesetzter Vorlesungen und Übungen planmäßig in jedem Semester gelehrt wird.“*

FLEISCHHAUER (176) gab 1925 genaue Dosisangaben für die Tiefentherapie, sowie der Oberflächentherapie beim Tier an. Er erarbeitete ein festes Arbeitsschema zur Erzielung von guten Röntgenaufnahmen und Vermeidung von unerwünschten Zwischenfällen. 1924 betonte er, dass bei Durchleuchtungen nur hinter einer Schutzwand gearbeitet werden darf. Weiterhin weist er darauf hin, dass auch bei kurzen Aufnahmen oder Durchleuchtungen Schutzkleidung getragen werden muss.

Frühe Empfehlungen zum Strahlenschutz

Auch SCHOUPPÉ (191) beschreibt 1925 Schutzmaßnahmen, die das Personal, den Tierarzt und die Wärter vor Strahlung schützen. Dabei wird das Tier am Tisch festgebunden. Der Tierarzt und der Wärter halten sich während der Bestrahlung hinter einem dreiteiligen Bleischirm auf. Andere Personen müssen zuvor den Raum verlassen. Auch bei Großtieren bleibt nur der Tierarzt im Raum und nutzt dabei die üblichen Schutzvorrichtungen.

HENKELS weist 1926 in seinem „*Lehrbuch der veterinärmedizinischen Röntgenkunde*“ auf den ungenügenden Schutz der damals bestehenden „Strahlenhäuser“ hin. Er selbst führte erste Messungen mit einer fotografischen Platte durch und kam zu dem Ergebnis, dass mindestens vier Millimeter Bleilage in der Wand, sowie ein mindestens acht Millimeter dickes Bleiglas für den geforderten Strahlenschutz nötig sind. Weiterhin muss das Schutzhaus aufgrund der entstehenden Sekundärstrahlen, von allen Seiten geschlossen sein.

SCHOUPPÉ (191) bestrahlte 1927 ein Rind, das an Aktinomykose erkrankt war, von der entgegengesetzten Seite der Wand aus, an der es befestigt war. Er war der Meinung das Tier damit vor Strahlenschäden zu schützen.

CARLIN (16) demonstrierte 1928 das Halten des Hundes bei der Durchleuchtung durch zwei Helfer. Dabei wurde der Schirm über den Rücken des Hundes aufgestellt, so dass ein vertikaler Strahlengang in Richtung Decke herrschte. Die Lagerung der Kassette unter dem Hund, wurde bei Aufnahmen, aus praktischen Gründen, aufgegeben.

POMMER (164) versuchte die Spätschädigung der Patienten durch Filterbestrahlung, Teildosen, lange Serienpausen und schonende Nachbehandlung zu verringern. Seiner Meinung nach wird das Hilfspersonal genügend durch eine gründliche Ausbildung und durch strenge Einhaltung von Sicherheits- und Strahlenschutzvorrichtungen geschützt. Es soll sich mindestens ein mal pro Jahr einer Blutuntersuchung unterziehen lassen. Weiterhin empfiehlt er, zur Personalsicherheit, den Einbau von Strahlenschutzröhren in hochspannungsgeschützte Geräte. Um die Strahlendosis zu verringern, gibt er für die Oberflächentherapie eine einfache fraktionierte Dosierung an, so dass eine Erythemdosis in Teildosen verabreicht wird. Zur Tiefentherapie nutzte er eine protrahierte-fraktionierte Dosierung, was zu längeren Einzelbestrahlungen führte. Dazu wurde jeweils eine Pause von ein bis drei Tagen eingehalten.