

# Historische Aspekte der Entwicklung von Grenzwerten im Strahlenschutz

## Historical aspects of limiting values for radiation protection

### Entdeckung und erste Strahlenschäden

Am 8. November 1895 machte der Würzburger Physiker Wilhelm Conrad Röntgen eine Entdeckung, die die Wissenschaft und die Welt verändern sollte. Innerhalb weniger Wochen nach Bekanntwerden der sensationellen Nachricht eröffneten Krankenhäuser auf der ganzen Welt Röntgenkabinette. Bereits im Januar 1896 wurden medizinische Röntgenuntersuchungen vorgenommen. Experimentatoren und Ärzte, Physiker und Laien gleichermaßen experimentierten ohne Kenntnis der potentiellen Gefahren mit selbst gebastelten Röntgengeräten. Die umgehend einsetzende kommerzielle Nutzung der Röntgentechnik machte Wissenschaft zur Show. Öffentliche Vorführungen erhielten großen Zulauf, getragen durch ein allgemeines Wissenschaftsinteresse und eine positive Einstellung zu neuen technischen Entwicklungen. Die Sorglosigkeit im Umgang war durchaus verständlich, denn es gab nichts im Erfahrungsschatz der Anwender, das auf die Gefährlichkeit hindeutete. Angesichts der offensichtlichen Vorteile der neuen Strahlen in Diagnostik und Therapie wurden alle Bedenken vorerst zur Seite gestellt. Expositionszeiten von 30 bis 60 Minuten waren damals keine Seltenheit. Diese hatten nicht selten bei Ärzten und Patienten die Folge von Strahlenschäden an Haut und Gewebe. Wenige Jahre nach Röntgens Entdeckung gab es erste „Strahlenopfer“. Selbst der geschäftstüchtige TA Edison stellte seine Röntgenshows ein, nachdem sein Chefassistent, Clarence Dally, 1904 an Verbrennungen durch die Strahlen gestorben war.

### Erste Erkenntnisse und Empfehlungen zum Strahlenschutz

Um 1900 wurden die immanenten schädigenden Wirkungen der Strahlen objektive Grundlage des radiologischen Handelns. Die Reduktion der Belichtungszeiten und der Frequenz der Untersuchungen bildete eine Grundlage zur Dosisreduktion. Auf der technischen Seite fanden geschlossene Röhrensysteme, Filter, Strahlfokussierung, Verstärkerfolien, Bleiglasbrillen und Hochvoltgeräte und ab 1913 die Hochvakuumröntgenröhre nach Coolidge Einzug in die Röntgenkabinette (Tab. 1).

Bereits 1908 findet man die erste Formulierung des ALARA-Prinzips („as low as reasonably achievable“) durch den Wiener Strahlentherapeuten Victor Blum (1877–1954): „Wir haben es uns zur Regel gemacht, die minimalste Dosis wirksamen Röntgenlichtes anzuwenden, die gerade hinreicht,

bei einem gewöhnlichen Menschen den gewünschten Erfolg zu zeitigen“ [14]. Erste Empfehlungen der Deutschen Röntgengesellschaft über Schutzmaßnahmen gegen Röntgenstrahlen wurden bereits 1903 von Heinrich Albers-Schönberg (1865-1921) herausgegeben. Weitere Leitsätze wurden 1913 von Bernhard Walter (1861-1950), Guido Holzknecht (1872-1932) und Alban Köhler (1874-1947) formuliert [15].

### Institutionalisierung des Strahlenschutzes

Die Anforderungen des Ersten Weltkriegs brachten neue Herausforderungen. Zur Vermeidung von Unfällen und Strahlenschäden beim Betrieb von Feldröntgeneinrichtungen verfasste die britische Roentgen Ray Society 1915 erste Empfehlungen (Code of Practice) für den Umgang mit ionisierenden Strahlen. Einfach und an für die damalige Zeit modernen Standards orientiert, bildeten diese Empfehlungen nicht nur eine gute Grundlage für Nutzer, vielmehr signalisierten sie ein erstes institutionalisiertes öffentliches Interesse am Strahlenschutz [16]. Das 1921 gegründete britische Röntgen- und Radium Protection Committee unter der Leitung von Sir Humphry Rolleston (1862-1944) veröffentlichte 1923 seinen ersten Bericht, der ebenfalls eine Empfehlung zum Schutz bei Verwendung von Radium enthielt [17]. Die Richtlinien wurden allseitig begrüßt und bildeten die Grundlage für ähnliche Empfehlungen in den meisten Ländern und für die nachfolgenden internationalen Empfehlungen.

### Frühe Konzepte zu Dosimetrie und Strahlenschutz

Schon früh wurde offensichtlich, dass Strahlenschutz die Messung der 'Strahlungsmenge' voraussetzt. Grundlegende Arbeiten zum Aufbau physikalischer Messgrößen leistete dabei der Schweizer Physiker und Mediziner Theophil Christen (1873-1920) [18]. In Ermangelung eines für den klinischen Alltag tragfähigen physikalischen Konzeptes für Strahlungsmessungen wurde die durch Strahlung hervorgerufene Rötung der Haut herangezogen: die Hauterythemdosis (HED) [19]. Als Mittelwert für die HED wurden 550 R (5,5 Sv) [20] berechnet [21].

Unter Berücksichtigung des Konzeptes der HED schlug der deutsch-amerikanische Physiker Arthur Mutscheller (1886-1950) bei einem Treffen der American Roentgen Ray Society im September 1924 erstmals eine „Toleranzdosis“ für strahlenexponierte Personen vor [22]. Aus den Parametern

Tabelle 1

Frühe Erkenntnisse zu Strahlenschädigungen und zum Strahlenschutz.

1896	Frühe Berichte über biologische Wirkungen von Röntgenstrahlen	Frey [1], Stevens [2], Gilchrist [3], Colwell [4]
1896	Erste Warnungen auf mögliche schädliche Auswirkungen von Röntgenstrahlen	Edison, Morton [5], Tesla [6]
1896	Gezielte Bestrahlung des eigenen Fingers	Thomson [7]
1896	Erste Empfehlungen zum Strahlenschutz (Kurze Exposition, FFA min 30 cm, Vaseline für die Haut)	Fuchs [8]
1899	Erste Handlungsrichtlinien für den Betrieb von Instituten für Radiographie und Radiotherapie	[9]
1900	Erster Bericht zur biologischen Wirkung von Radiumsalz	Giesel [10]
1901	Technische Verbesserungen zum Strahlenschutz (Röhrengehäuse, Kollimatoren, Blenden und spezielle Hochspannungsrohren, Bleiglasbrillen, Bleischutz für Patienten, Bestrahlung nur des erforderlichen Bereichs)	Rollins [11]
1904	Erste Berichte von retardierten induzierten skelettalen Veränderungen durch Röntgenstrahlen	Hall-Edwards [12]
1907	Idee des Monitorings durch Filmplaketten	Wagner [13]

Röhrenstrom, Röhrenspannung, Filterung, Röhrenabstand und Belichtungszeit schätzte Mutscheller die erhaltene Dosis der Mitarbeiter auf ein Zehntel der monatlichen HED (oder ca. 0,6 Sv im Monat). Er empfahl daraufhin einen Grenzwert von einem Hundertstel der HED pro Monat ( $\sim 60$  bis  $90$  mSv). Bei dieser angenommenen Strahlungsdosis sollten keine nachweisbaren schädigenden Wirkungen entstehen. Ähnliche Empfehlungen gab auch der schwedische Physiker Rolf Sievert (1896-1966). Einen signifikanten Beitrag zu einer wissenschaftlich basierten Festsetzung von Dosisgrenzwerten auf Grundlage strahlenbiologischer Erkenntnisse leistete 1927 der amerikanische Genetiker Hermann Muller mit der Entdeckung der Strahlenmutagenese [23].

## Internationalisierung des Strahlenschutzes

Die Notwendigkeit für eine internationale Standardisierung der Aufgaben des Strahlenschutzes mündete auf dem ersten International Congress of Radiology (ICR) in London 1925 in der Gründung der „International Commission on Radiation Units and Measurement (ICRU)“. Auf dem zweiten ICR wurde 1928 die „International Commission on Radiological Protection (ICRP)“ gegründet, die nun seit 1934 in ihren „International recommendations for X-ray and radium protection“ die Standards für den Strahlenschutz festlegt. Nachdem die Standardisierungskommission der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) bereits 1925 die Dosisgröße „Röntgenstrahlendosis“ mit der Einheit Röntgen (R) eingeführt hatte [24], wurde diese 1928 durch die ICRU im Rahmen eines internationalen Abkommens festgesetzt. In der Definition folgte man den Vorschlägen des deutschen Physikers Hermann Behnken (1889-1945), zur Bestimmung der Dosis die gut messbare Ionisierung der Luft zu nutzen [25]. Dies war ein Meilenstein. Ohne die solide physikalische Definition der Standardionendosis (exposure) durch die ICRU wäre praktischer Strahlenschutz nahezu undenkbar. Erst 1980 wurde die Standardionendosis durch die Luftkerma abgelöst.

Im ICRP Report wurden 1934 die Begriffe Dosisgrenzwert (dose limit) und Toleranzdosis (tolerance dose) offiziell

eingeführt [26]. Gleichzeitig verabschiedete die ICRP erstmals und vorerst basierend auf relativ vagen Annahmen aus der Erfahrung eine internationale Empfehlung für einen Dosisgrenzwert entsprechend  $2$  mSv/Tag oder  $10$  mSv/Woche, welcher auf der Basis einer kontinuierlichen Ganzkörper-Bestrahlung während eines Arbeitstages von sieben Stunden einer „Toleranz-Dosisleistung“ von  $10^{-7}$  Sv/s entsprechen sollte. Dies geschah jedoch ohne Grundlage systematischer strahlenbiologischer Untersuchungen und ausschließlich im Hinblick auf deterministische Schäden, da stochastische Schäden noch nicht bekannt waren. Vor diesem Hintergrund kann der 1934-er Wert als durchaus angemessen gelten. 1937 erweiterte die ICRP diese Empfehlung, indem sie auch die Gammastrahlung mit einschloss. Teilkörperbestrahlung und interne Exposition durch Inkorporation wurden hier noch nicht berücksichtigt.

In den deutschen Unfallverhütungsvorschriften für die Anwendung von Röntgenstrahlen im nicht-medizinischen Bereich wurde bereits 1941, neben der höchstzulässigen Toleranzdosis entsprechend  $2,5$  mSv je Tag, in Bezug auf somatische Schäden auch eine „höchstzulässige Erbschädigungs-Dosis“ entsprechend  $0,25$  mSv je Tag eingeführt [27]. Die rasante Entwicklung der Kerntechnik, die steigende Anwendung von Radionukliden in der Medizin und neue strahlenbiologische Erkenntnisse führten zu wesentlichen Präzisierungen und Erweiterungen im Strahlenschutz. Sie fanden insbesondere ihren Niederschlag im Kontext einer neuen Systematik der Strahlenschäden. In den Strahlenschutzempfehlungen der ICRP wurden 1950 zum ersten Mal Dosisgrenzwerte für einzelne Organe oder Gewebe festgelegt [28]. Zudem wurde klar zwischen einer „Ganzkörperbestrahlung“ und der Bestrahlung einzelner „kritischer Gewebe und Organe“ unterschieden. Der Dosisgrenzwert wurde für Ganzkörperbestrahlung entsprechend  $5$  mSv pro Woche (an der Körperoberfläche) festgelegt, was einer Reduzierung des 1937 aufgestellten Grenzwertes um den Faktor 3 entsprach. Der für Diagnostiker wichtige Grenzwert für Teilkörperbestrahlung der Hände und Unterarme wurde auf  $15$  mSv pro Woche festgelegt [29]. Erstmals

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/10732570>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/10732570>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)