

Aus dem Institut für Diagnostische Radiologie  
des Universitätsklinikums Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. med. U. Mödder

Die Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung  
durch sozialmedizinisch bedingte Röntgenuntersuchungen  
in der Bundesknappschaft

## Dissertation

zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf

vorgelegt von

Hilde Weitkämper

2004

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-  
Universität Düsseldorf

gez.: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Wolfgang H.-M. Raab  
Dekan

Referent.: Prof. Dr. K. Ewen

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. U. Mödder

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet.

## Inhaltsverzeichnis:

	Seite
Abkürzungsverzeichnis.....	1
Liste der in dieser Arbeit verwendeten Dosisbegriffe.....	2
1. Einführung .....	3
2. Röntgenverordnung .....	5
3. Rechtliche Grundlagen zur Durchführung von Röntgenuntersuchungen in der Bundesknappschaft .....	10
4. Röntgenuntersuchungen im Sozialmedizinischen Dienst Moers .....	12
5. Technische Durchführung der Röntgenuntersuchungen im Sozialmedizinischen Dienst Moers .....	17
6. Strahlenexposition des Patienten.....	19
7. Strahlenexposition der Bevölkerung durch Röntgenunter- suchungen von Versicherten in der Bundesknappschaft .....	23
8. Diskussion .....	33
9. Zusammenfassung.....	44
10. Anhang.....	46
11. Literaturverzeichnis.....	55

## Abkürzungsverzeichnis

BfS	=	Bundesamt für Strahlenschutz
BG	=	Berufsgenossenschaft
BKN	=	Bundesknappschaft
BRD	=	Bundesrepublik Deutschland
CE	=	Confirmation Européen
DFP	=	Dosisflächenprodukt
ICRP	=	International Commission on Radiological Protection (*)
MTA	=	Medizinisch technische(r) Assistent(in)
MTRA	=	Medizinisch technische(r) Radiologieassistent(in)
NAR	=	Normenausschuss Radiologie
RL	=	Richtlinie
RöV	=	Röntgenverordnung
SC	=	Speedclass (Empfindlichkeitsklasse)
SMD	=	Sozialmedizinischer Dienst
SSK	=	Strahlenschutzkommission
SV-RL	=	Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach RöV

(\*) Internationale Strahlenschutzkommission

## Liste der in dieser Arbeit verwendeten Dosisbegriffe

- Effektive Dosis  $E$  (mSv)
- Kollektive effektive Dosis (kurz: Kollektivdosis)  $E_o$  (mSv • Zahl der Röntgenuntersuchungen)
- Dosisflächenprodukt DFP ( $\text{mGy} \cdot \text{cm}^2$ )
- Organdosis  $H_T$  (mSv)
- Effektive Dosis für eine bestimmte Röntgenuntersuchung  $E_u$  (mSv)
- alterskorrigierte effektive Dosis  $E_{k,t}$  (mSv)
- individuelle alterskorrigierte effektive Gesamtdosis  $\underline{E}_N$  (mSv)
- kollektive alterskorrigierte effektive Gesamtdosis  $E_N$  (mSv)
- durch knappschaftlich indizierte Röntgenuntersuchungen bedingte zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung der BRD pro Jahr und Person  $E_z$  (mSv)

## 1. Einführung

Röntgenuntersuchungen sind mit Strahlenexpositionen verbunden und können für den Untersuchten schädlich sein. Es ist daher nach § 23 Abs. 1 Satz 2 der Röntgenverordnung (RöV) immer abzuwägen, ob das Gesamtpotenzial an diagnostischem Gewinn und des daraus resultierenden gesundheitlichen Nutzens für den untersuchten Patienten die von der Strahlenexposition möglicherweise verursachte Schädigung überwiegt. Aus diesem Grund ist nach § 2a RöV für die Durchführung jeder Röntgenuntersuchung eine „spezifische Rechtfertigung“ erforderlich.

Als medizinische Indikation für Röntgenuntersuchungen gelten:

- Klärung von Symptomen
- Nachweis/Dokumentation von Krankheiten als Grundlage der Diagnostik vieler Krankheiten
- Erhöhung der Sicherheit diagnostischer Aussagen; Frühdiagnostik
- Differentialdiagnostik und spezielle Hinweise auf therapeutische Vorgehen
- Informationen zur Morphologie und Funktion als Voraussetzung für einen großen Teil chirurgischer Eingriffe bzw. für eine spezifische Therapie
- Ausschluss von krankhaften Veränderungen bei konkretem Verdacht
- Ermittlung übertragbarer Krankheiten oder Früherkennung von Krankheiten bei besonders betroffenen Personengruppen (§ 25 Abs. 1 Satz 2 RöV)

- Untersuchungen nach Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes (§ 25 Abs. 1 Satz 1 RöV)

Als Voraussetzung zur Durchführung einer Röntgenuntersuchung ist neben der Stellung der medizinischen Indikation zusätzlich nach der RöV auch die Stellung der sogenannten rechtfertigenden Indikation erforderlich. Letztgenannte darf nur von einem Arzt mit Fachkunde im Strahlenschutz gestellt werden (§ 23 Abs. 1 Satz 1 RöV). Erst dann darf die „Anwendung von Röntgenstrahlen am Menschen“ (Begriffsbestimmung in § 2 Nr. 1 RöV) erfolgen. Welche Personengruppe Röntgenstrahlen am Menschen anwenden bzw. Röntgenuntersuchungen technisch durchführen darf, ist im § 24 Abs. 1 Nr. 1-3 bzw. Abs. 2 Nr. 1-4 RöV festgelegt.

Die Röntgendiagnostik liefert mit einer durchschnittlichen effektiven Dosis von 2,0 mSv pro Jahr und Person der Bevölkerung den weitaus größten Beitrag zur künstlichen Strahlenbelastung der Bevölkerung der BRD.

Dieser Dosiswert errechnet sich, indem man die sogenannte kollektive effektive Dosis (hier im Folgenden kurz mit „Kollektivdosis“ abgekürzt)  $E_o$  durch die Bevölkerungszahl  $N_o$  der BRD dividiert.

Die Kollektivdosis  $E_o$  ist das Produkt aus der mittleren Zahl  $n_o$  der Röntgenuntersuchungen pro Jahr und Person der Bevölkerung und der über diese Untersuchungen gemittelten Strahlenexposition, ausgedrückt als effektive Dosis  $E$ :

$$E_o / N_o = 2,0 \text{ mSv/a mit } E_o = n_o \cdot E \quad \dots (1.1)$$

Im Rahmen dieser Arbeit soll festgestellt werden, ob die im Rahmen sozialmedizinischer Untersuchungen erforderliche Röntgentätigkeit, die in den Sozialmedizinischen Dienststellen (SMD) der Bundesknappschaft durchgeführt wird, einen merklichen Beitrag zur röntgendiagnostisch bedingten Strahlenbelastung der Bevölkerung der BRD liefert. Dabei wird unterstellt, dass diese Art der Röntgenuntersuchungen aus Mangel

entsprechender Informationen bei der Berechnung des o. g. Dosiswertes von 2,0 mSv/a bisher nicht berücksichtigt worden ist.

In diesem Zusammenhang soll die Besonderheit der Bundesknappschaft (BKN), die sich von anderen Versicherungsträgern in der BRD abhebt, näher beschrieben werden. Die BKN, ursprünglich Versicherungsträger für alle im Bergbau Tätigen, ist Renten-, Kranken- und mittlerweile auch Pflegeversicherung in einem.

Dies hat zur Folge, dass eine Vielzahl an sozialmedizinischen Fragestellungen zu klären ist, was im Wesentlichen in den sog. SMD im Rahmen körperlicher Untersuchungen und bedarfsweiser Diagnostik geschieht. Zu nennen sind Begutachtungen im Zusammenhang mit laufender Arbeitsunfähigkeit, zur Klärung von Rehabilitationsbedarf und insbesondere zu Rentenantragstellungen. Insbesondere letztere haben bezüglich der daraus ggf. resultierenden Gewährung von meistens langjährigen Rentenzahlungen eine erhebliche volkswirtschaftliche Bedeutung. Den sozialmedizinisch tätigen Ärzten stehen zur Klärung ihrer Aufgaben zahlreiche diagnostische Möglichkeiten zur Verfügung, wobei die Röntgendiagnostik eine zentrale Rolle spielt.

## **2. Röntgenverordnung**

Europäische Strahlenschutz-Richtlinien haben die Bundesregierung veranlasst, das deutsche Strahlenschutzrecht (u. a. die RöV) zu novellieren. Die beiden wichtigsten Richtlinien (RL) sind in diesem Zusammenhang:

- die sog. Grundnormen-RL [Lit. 1]
- die sog. Patientenschutz-RL [Lit. 2]

Die Grundnormen-RL enthält u. a. neue Grenzwerte für beruflich Strahlenexponierte und für die Bevölkerung sowie neue Definitionen für Kontroll- und Überwachungsbereiche. Sie ist für die Belange dieser Arbeit nicht so bedeutsam. Die Patientenschutz-RL legt das atomrechtlich relevante Verhältnis zwischen radiologisch tätigem Arzt und Patient fest.

Deshalb hat diese Richtlinie für die Thematik dieser Arbeit einen höheren Stellenwert.

Im Folgenden sollen diejenigen Paragraphen der geänderten RöV [Lit. 3] (in Kraft getreten am 01. Juli 2002) kurz kommentiert werden, die auf dieses radiologische Arzt-Patienten-Verhältnis eingehen. Die entsprechenden Passagen der Patientenschutz-RL mussten seitens der Bundesregierung sozusagen eins zu eins in den nationalen Text der RöV übernommen werden.

Damit Röntgenstrahlung am Menschen (zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken) angewendet werden darf, ist von einem Arzt/Zahnarzt mit Fachkunde im Strahlenschutz die sog. rechtfertigende Indikation zu stellen. Damit entscheidet dieser unter Berücksichtigung strahlenhygienischer Aspekte, dass und in welcher Weise diese Anwendung erfolgen darf. In diesem Zusammenhang muss man das in § 2 a RöV geforderte sog. Rechtfertigungsprinzip mit einbeziehen. Die rechtfertigende Indikation kann durchaus in die jedem Arzt/Zahnarzt erlaubte Stellung der medizinischen Indikation als eine zusätzliche Aussage zu der geplanten Röntgen-Strahlenanwendung integriert werden. Das beinhaltet aber die Beachtung der Rechtfertigung. Der Gesetzgeber geht davon aus, dass eine qualifizierte Aussage darüber nur möglich sein kann, wenn der betreffende Arzt/Zahnarzt fachkundig im Strahlenschutz ist.

Wie muss der Text im Zusammenhang mit der Definition des Begriffes „rechtfertigende Indikation“ (§ 2 Nr. 10 RöV) „Dass und in welcher Weise“ verstanden werden?

- „Dass“: Im Rahmen dieser Entscheidung sind folgende Fragen zu beantworten: Ist der Nutzen bei der Röntgenstrahlenanwendung größer als ein möglicherweise dadurch induzierter Schaden? Gibt es alternative Methoden außerhalb der ionisierenden Strahlung (z. B. Kernspintomographie, Ultraschall, Endoskopie), die eine vergleichbare medizinisch nutzbare Aussage liefern?

- „in welcher Weise“: Hier sind folgende Fragen relevant: Ist die erforderliche medizinische Bildqualität (Auflösung, Kontrast, etc.), und dieses bei möglichst kleiner Dosis, mit dem Ziel der Untersuchung und dem zu erwartenden Befund vereinbar?  
Muss es z. B. unbedingt eine mit hoher Dosis verbundene CT-Untersuchung sein? Reicht eine Übersichtsaufnahme mit niedriger Dosis nicht auch aus?

Weitere strahlenschutzrechtliche Details zur rechtfertigenden Indikation sind in § 23 RöV enthalten.

Nach Stellung der rechtfertigenden Indikation erfolgt die Anwendung der Röntgenstrahlung auf den Menschen (z. B. zu diagnostischen Zwecken). Unter Anwendung im Sinne der RöV (§ 2 Nr. 1) versteht man die Kombination aus „technischer Durchführung der Anwendung“ (Begriffsbestimmung: s. § 2 Nr. 7 RöV) und Befundung. Da die Befundung nur Ärzten/Zahnärzten vorbehalten sein darf, ist die so definierte Anwendung auch nur diesen erlaubt. Aber sie benötigen dazu nach § 24 Abs. 1 RöV entweder Fachkunde oder Kenntnisse im Strahlenschutz. Ärzte/Zahnärzte, die nur über Kenntnisse im Strahlenschutz verfügen, dürfen nur „anwenden“, wenn ein im Strahlenschutz fachkundiger Arzt/Zahnarzt dabei die „ständige Aufsicht und Verantwortung“ übernimmt. Letztgenannte Person muss nach fachjuristischen Kommentaren zur RöV „im Haus“, d. h. in der Lage sein, bei Problemen möglichst schnell eingreifen zu können. In der Regel wird die Anwendung in der Röntgendiagnostik nach folgendem Schema ablaufen:

Untersuchungsart	Anwendung	
	techn. Durchführung	Befundung
Aufnahmebetrieb	MTA, MTRA, Arzthelferin etc.	Arzt (Fachkunde oder Kenntnisse im Strahlenschutz nicht erforderlich)
Durchleuchtungsbetrieb	Arzt, da die techn. Durchführung <u>und</u> die Befundung vom Monitor gleichzeitig („online“) nur von ihm durchgeführt werden (dürfen). (Fachkunde oder Kenntnisse im Strahlenschutz erforderlich)	

Als „technische Durchführung der Anwendung“ bezeichnet man das Einstellen der technischen Parameter an der Röntgeneinrichtung, das Lagern des Patienten, das Zentrieren und Begrenzen des Nutzstrahls, die Durchführung von Strahlenschutzmaßnahmen und das Auslösen der Strahlung (Begriffsbestimmung: s. § 2 Nr. 7 RöV).

Dieses dürfen nach § 24 Abs. 2 RöV neben Ärzten mit Fachkunde oder Kenntnissen:

- MTA, MTRA (§ 24 Abs. 2 Nr. 1 und 2 RöV),
- Personen, die sich in einer die erforderlichen Voraussetzungen zur technischen Durchführung vermittelnden beruflichen Ausbildung befinden, wenn sie ihre Tätigkeit unter regelmäßiger Aufsicht und Verantwortung eines im Strahlenschutz fachkundigen Arztes ausüben (§ 24 Abs. 2 Nr. 3 RöV),
- Personen, die eine Ausbildung in einem gesetzlich geregelten Beruf im Gesundheitswesen abgeschlossen haben (z. B. eine Arzthelferin), wenn sie Kenntnisse im Strahlenschutz besitzen (Strahlenschutzkurs!) und wenn sie ihre Tätigkeit unter regelmäßiger Aufsicht und Verantwortung eines im Strahlenschutz fachkundigen Arztes ausüben (§ 24 Abs. 2 Nr. 4 RöV).

Bei der medizinischen Nutzung von Röntgenstrahlen in Diagnostik und Therapie müssen bestimmte, in § 25 RöV festgelegte Anwendungsgrundsätze beachtet werden: Röntgenstrahlung darf am Menschen nur in Ausübung der Heilkunde und Zahnheilkunde, in sonstigen durch das Gesetz vorgesehenen oder zugelassenen Fällen oder zur Untersuchung nach berufsgenossenschaftlichen Vorschriften angewendet werden (§ 25 Abs. 1 Satz 1 RöV). Wichtig ist, dass für alle drei genannten Indikationsgebiete (Ausübung der Heilkunde, gesetzlich vorgesehene oder zugelassene Fälle, BG-Vorschriften) die genannten Regelungen zur rechtfertigenden Indikation, zur Anwendung und zur technischen Durchführung der Anwendung zu beachten sind. Die Stellung der rechtfertigenden Indikation ist irrelevant und nach der RöV auch nicht gefordert, wenn freiwillige Röntgenuntersuchungen, z. B. zur Früherkennung von Krankheiten bei besonders betroffenen Personengruppen (beispielsweise: Mammographie-Screening), durchgeführt werden sollen. Dies bedarf aber der Zulassung durch die in jedem Bundesland zuständigen obersten Landesgesundheitsbehörden (§ 25 Abs. 1 Satz 2 RöV).

Wie bereits in der Einführung erläutert, dient die Röntgentätigkeit in den SMD's hauptsächlich der differenzierten Klärung sozialmedizinischer Fragestellungen, die im Rahmen von Begutachtungen im Zusammenhang mit laufender Arbeitsunfähigkeit, Klärung von Rehabilitationsbedarf und vor allem Rentenantragstellungen anfallen.

Die Röntgentätigkeit in den SMD's der Bundesknappschaft geschieht somit im Wesentlichen nicht in Ausübung der Heilkunde, sondern fällt eindeutig unter die sonstigen durch das Gesetz vorgesehenen oder zugelassenen Fälle.

Im SMD Moers werden ca. 42.000 Versichertenakten verwaltet, so dass ein umfangreicher Datenpool vorhanden ist. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Teil dieser Daten spezifisch ausgewertet.

Der Dienststelle steht eine eigene Röntgenanlage zur Verfügung. Es werden im Wesentlichen folgende Röntgenuntersuchungen durchgeführt: Thorax (Lungenaufnahme), sämtliche Wirbelsäulenabschnitte, sonstiger Bewegungsapparat, vornehmlich in den früheren Jahren auch Durchleuchtungen mit und ohne Kontrastmittel (Magen-Darm-Passagen; Kolon-Kontrasteinläufe) sowie Schädelaufnahmen.

Am Beispiel des SMD Moers sollen anhand einer definierten und zufällig erfolgten Auswahl von Versicherten die Parameter  $n_0$  und E in Gl. (1.1) ermittelt und danach erörtert werden, inwieweit eine zusätzliche relevante Strahlenexposition resultiert. Desweiteren soll untersucht werden, ob und inwieweit im Untersuchungszeitraum eine signifikante Veränderung in Art und Indikationsstellung der Röntgenuntersuchungen zu erkennen ist, mitbedingt einerseits durch ein zunehmend sensibleres Bewusstsein für die potenzielle Schädlichkeit von Röntgenstrahlen und andererseits durch die Vorschriften der neuen Röntgenverordnung (RöV), in Kraft seit 01. Juli 2002. Bezogen auf die Verhältnisse der Röntgendiagnostik ist es ein wesentliches Ziel der RöV, bei einer vorgesehenen Art der Untersuchung die erforderliche Bildqualität mit einer möglichst geringen Strahlenexposition für Patient und Personal zu erreichen.

### **3. Rechtliche Grundlagen zur Durchführung von Röntgenuntersuchungen in der Bundesknappschaft**

Strahlenschutzverantwortlicher, d. h. Betreiber bzw. Besitzer der Röntgeneinrichtungen des SMD Moers, ist die Bundesknappschaft.

Der Leitende Arzt bzw. ein ärztlicher Mitarbeiter sind der Strahlenschutzbeauftragte bzw. dessen Stellvertreter. Sie besitzen die notwendige Fachkunde im Strahlenschutz, die sie nach altem Strahlenschutzrecht durch Ablegen des 3. Staatsexamens vor 1989 erworben haben.

Im SMD Moers sind insgesamt 11 Ärzte tätig, die größtenteils ihre Fachkunde im Strahlenschutz ebenfalls durch Ablegen des 3. Staatsexamens vor 1989 erworben haben. Es ist somit gewährleistet, dass immer ein Arzt mit der erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz in der Dienststelle anwesend ist, der die rechtfertigende Indikation stellen darf.

Die Unterweisungen nach § 36 RöV werden vom ärztlichen Leiter oder dessen Stellvertreter jährlich vorgenommen. Unterwiesen werden alle im SMD Moers tätigen Ärzte sowie die MTRA.

Eine arbeitsmedizinische Vorsorge nach § 37 RöV wird nicht durchgeführt, da sämtliche im SMD Moers tätigen beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie B im Sinne des § 31 Nr. 2 RöV zuzuordnen sind.

Für die Personendosimetrie werden Filmdosimeter eingesetzt, die einmal monatlich ausgewertet werden.

Alle fünf Jahre finden Sachverständigenprüfungen nach § 18 Abs. 1 Nr. 5 RöV statt. Diese erfolgen durch den Technischen Überwachungsverein Essen.

Die Konstanzprüfung nach § 16 Abs. 3 RöV sieht so aus, dass die Filmverarbeitung arbeitstäglich und die Röntgeneinrichtung selbst nach Festlegung durch die zuständige Behörde alle drei Monate überprüft werden. Alle eineinhalb Jahre erfolgt die nach § 17 a RöV vorgeschriebene Kontrolle der Qualitätssicherung durch die ärztliche Stelle der Ärztekammer Nordrhein, Düsseldorf.

Die Archivierungs- und Aufzeichnungspflicht nach § 28 RöV sieht vor, dass alle Unterlagen zu einer Röntgenuntersuchung (u. a. Röntgenbilder und Befunde) zehn Jahre aufbewahrt werden müssen. Dies wird entsprechend in der Dienststelle umgesetzt.

#### **4. Röntgenuntersuchungen im Sozialmedizinischen Dienst Moers**

Die Bundesknappschaft ist ein Versicherungsträger, ursprünglich für alle im Bergbau Beschäftigten, der als einziger in der BRD sowohl Renten-, Kranken- als auch Pflegeversicherung unter einem Dach vereint.

Die sogenannten Sozialmedizinischen Dienststellen (SMD) sind in zahlreichen Städten der ehemaligen Bergbaugebiete Deutschlands ansässig. Die dort beschäftigten Ärzte haben die Aufgabe, die knappschaftlich Versicherten zu den unterschiedlichen sozialmedizinischen Fragestellungen zu untersuchen. Hierzu gehören Begutachtungen im Rahmen laufender Arbeitsunfähigkeit, Klärung von Rehabilitationsbedarf, Rentenantragstellungen und z. B. auch Untersuchungen im Rahmen von Überweisungen durch niedergelassene Ärzte, die für ihre Knappschaftspatienten die diagnostischen Möglichkeiten der SMD's nutzen möchten. Desweiteren werden von den Ärzten der SMD's auch die – allerdings fast ausschließlich im häuslichen Umfeld stattfindenden – Pflegegutachten durchgeführt.

Zur Klärung ihrer Aufgaben stehen den Ärzten der SMD's zahlreiche diagnostische Möglichkeiten zur Verfügung, wie z. B. Ruhe-, Belastungs- und Langzeit-EKG, Sonographie einschließlich Echokardiographie, Lungenfunktion (Spirometrie und Bodyplethysmographie), Labor und nicht zuletzt die Röntgendiagnostik.

Wesentliche Indikationen, die zur Anordnung von Röntgenuntersuchungen Anlass geben, sind die sozialmedizinischen Aspekte einer beim Versicherten vorhandenen Symptomatik oder Funktionsstörung. D. h., dass hier nicht die therapeutischen Konsequenzen im Vordergrund stehen, sondern die sozialmedizinische Relevanz der röntgenologisch erfassten Veränderungen z. B. der Lunge, der Wirbelsäule oder von Gelenken. Letztlich bedeutet dies, dass die vom Gutachter zu erbringende Aussage z. B. zur Notwendigkeit rehabilitativer Maßnahmen, zur Anregung eines Arbeitsplatzwechsels (also im weiteren Sinne beruflicher Rehabilitation) sowie insbesondere zur qualitativen und quantitativen Leistungsfähigkeit des Untersuchten untermauert und objektivierbar wird.

Selbstverständlich kann dies in einigen Fällen auch nicht der Nachweis, sondern gerade der Ausschluss röntgenologisch krankhafter Veränderungen sein, der eine Beurteilung maßgeblich stützt.

In früheren Jahrzehnten war z. B. eine sich wiederholende Röntgenuntersuchung der Lunge zum frühzeitigen Nachweis etwaiger silikotischer Veränderungen und Tuberkulose üblich, was heutzutage wegen erheblich verbesserter Arbeitsplatzbedingungen unter Tage und des Rückgangs der Tuberkuloseinzidenz zunehmend an Bedeutung verloren hat.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass aufgrund technischer Neuerungen bzw. der Entwicklung weniger belastender Untersuchungstechniken bestimmte Röntgenuntersuchungen zunehmend in den Hintergrund gerückt sind. Das betrifft vor allem die Durchleuchtungen des Magen-Darm-Traktes, die immer mehr von der Gastroskopie bzw. Koloskopie und sicher auch von der Sonographie verdrängt werden.

Zur Exploration der zugrundeliegenden Fragestellung wurden exemplarisch an der zuvor genannten Dienststelle 400 Versichertenakten nach dem Zufallsprinzip ausgewählt.

Die Versicherten sind zwischen 1928 und 1980 geboren.

Erfasst wurden ausschließlich die Daten von männlichen Versicherten, da, bedingt durch die Entstehungsgeschichte der Bundesknappschaft, die Hauptklientel der Versicherten männlich ist.

Der Untersuchungszeitraum umfasst die Jahre 1950 bis 2000, wobei bei der Auswertung immer jeweils Fünfjahreszeiträume zusammenfassend betrachtet werden (z. B. Zeitraum 1956 bis 1960, 1961 bis 1965 usw.).

In diesem Zeitraum stellten sich die ausgewählten 400 Personen insgesamt 3438 mal zu einer Untersuchung vor. Anlass zur Vorstellung war entweder eine Fragestellung zur Arbeitsunfähigkeit, Berentung bzw. Rehabilitation oder (seltener) eine Überweisung durch den Hausarzt.

Es wurden insgesamt 2924 Röntgenuntersuchungen einschließlich Durchleuchtungen durchgeführt.

Durchschnittlich wurden somit zur Klärung einer sozialmedizinischen Fragestellung 0,85 Röntgenuntersuchungen pro Vorstellung für erforderlich gehalten.

Die Röntgenuntersuchungen teilen sich auf in 426 Durchleuchtungen und 2498 Nativaufnahmen mit: Thorax 862, Wirbelsäule 1003, Schädel 211, Becken/Abdomen 67 und Extremitäten 355 (siehe hierzu Tab. 4.1 und Abb. 4.1).

	Thorax	Wirbelsäule	Schädel	Abd./-Becken	Durchleuchtungen	Extremität	Rö-U. gesamt	Vorstellungen
1950-1955	7	2	2	1	15	6	33	32
1956-1960	24	15	16	2	26	11	94	116
1961-1965	32	33	20	3	33	17	138	271
1966-1970	49	60	28	5	51	29	222	276
1971-1975	101	114	62	8	98	34	417	379
1976-1980	160	264	51	18	108	57	658	590
1981-1985	172	126	17	8	58	34	415	498
1986-1990	175	212	11	13	29	78	518	519
1991-1995	82	104	4	7	8	66	271	453
1996-2000	60	73	0	2	0	23	158	304
<b>gesamt</b>	<b>862</b>	<b>1003</b>	<b>211</b>	<b>67</b>	<b>426</b>	<b>355</b>	<b>2924</b>	<b>3438</b>

Tab. 4.1: Anzahl und Art der im SMD Moers im Zeitraum zwischen 1950 und 2000 erfolgten Röntgenuntersuchungen bei 400 Versicherten.

Bezogen auf die Indikation, die zu einer Röntgenuntersuchung Anlass gab, stellt sich die Verteilung folgendermaßen dar: Wegen eines Antrags auf Rehabilitation erfolgten insgesamt 361 Röntgenuntersuchungen, wegen Rente 540, wegen Arbeitsunfähigkeit 1623 und im Rahmen einer Überweisung 400 (siehe hierzu Tab. 4.2 und Abb. 4.2).

**Abb.4.1: Art und Anzahl von Röntgenuntersuchungen (Rö.-U.) bei 400 Versicherten im Zeitraum 1950-2000**

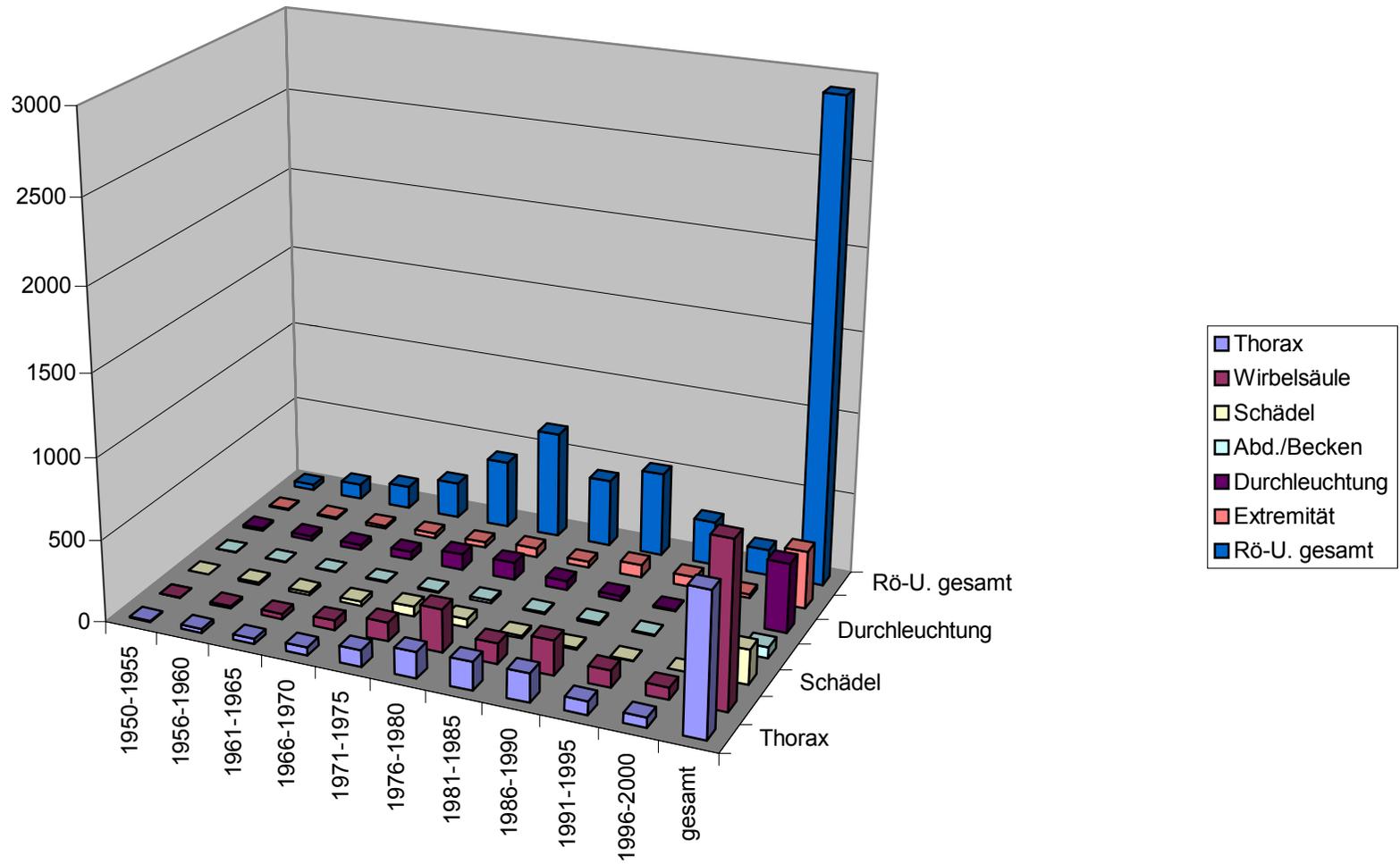
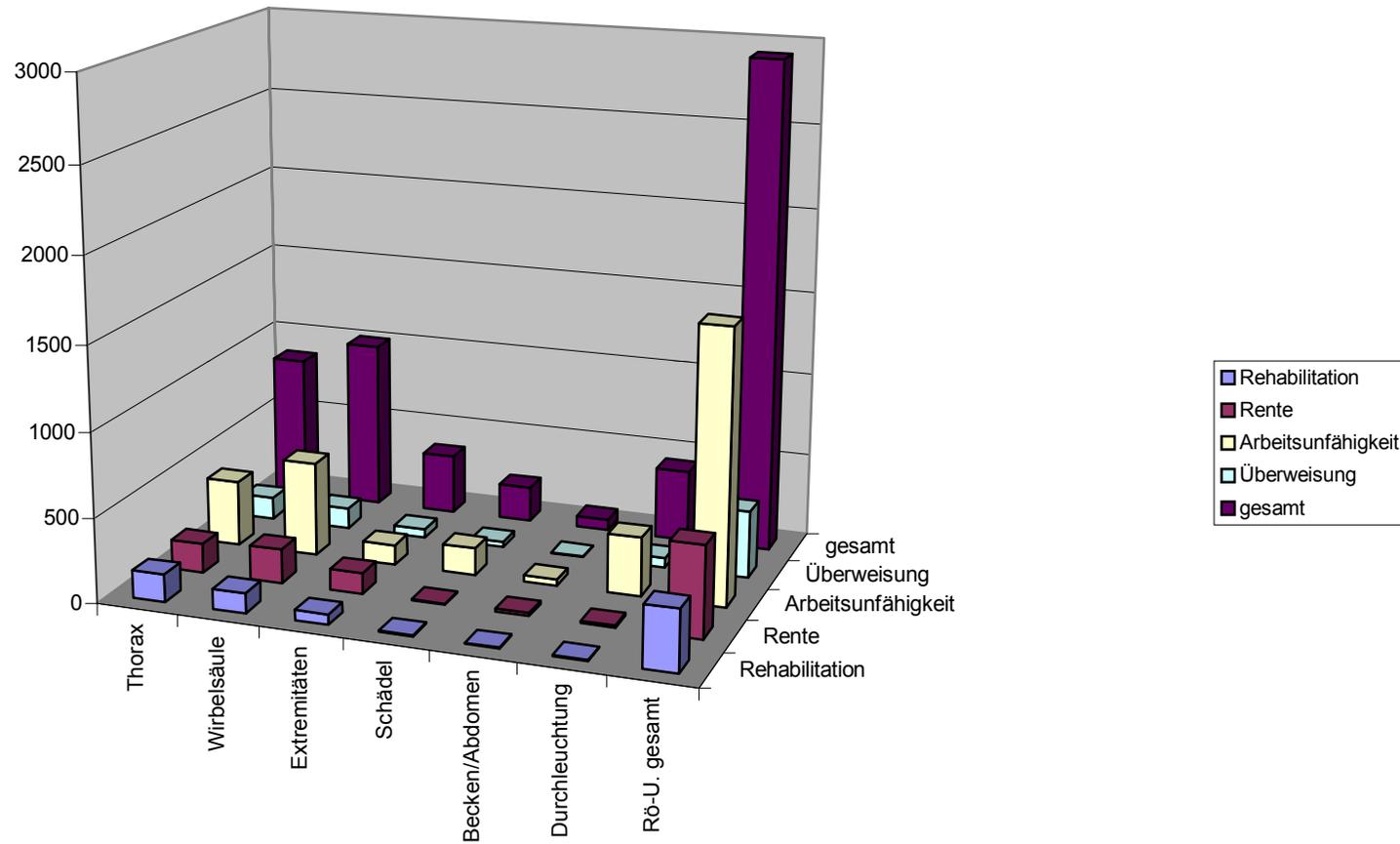


Abb.4.2: Art und Anzahl der Röntgenuntersuchungen (Rö.U.), bezogen auf die Indikation



	Rehabilitation	Rente	Arbeitsunfähigkeit	Überweisung	Rö-U. gesamt
Lungenaufnahme	164	175	391	132	862
Wirbelsäule	119	203	560	121	1003
Extremitäten	60	124	119	52	355
Schädel	7	7	164	33	211
Becken/Abdomen	6	19	37	5	67
Durchleuchtung	5	12	352	57	426
<b>gesamt</b>	<b>361</b>	<b>540</b>	<b>1623</b>	<b>400</b>	<b>2924</b>

Tab. 4.2 Anzahl und Art der Röntgenuntersuchungen (Rö-U.), bezogen auf die Indikation, bei 400 Versicherten im Zeitraum zwischen 1950 und 2000 im SMD Moers.

## **5. Technische Durchführung der Röntgenuntersuchungen im Sozialmedizinischen Dienst Moers**

Im SMD Moers befinden sich zwei Röntgeneinrichtungen der früheren Firma CGR, jetzt General Electric.

Wesentlich für die heutige Tätigkeit im SMD Moers ist der Aufnahmearbeitsplatz, der aus einem Rasteraufnahmetisch und einem Rasterwandstativ besteht.

Bei dem zweiten Gerät handelt es sich um einen verstellbaren Rasteraufnahmetisch, der wegen der mit diesem Gerät ausschließlich durchgeführten Durchleuchtungen zur Bilddarstellung mit einer Bildverstärkerfernsehkette ausgestattet ist.

Die Röhrenspannung ist an beiden Geräten zwischen 40 und 115 kV einstellbar. Die Herstellung der Röntgenaufnahmen geschieht mit einem Film-Folien-System, das aus dem Kodak T-Mat Plus DG Film und – wahlweise – aus den Verstärkerfolien Medium (SC=200) und Regula (SC=400) besteht.

Bei dem in dem Aufnahmearbeitsplatz eingebauten Röntgenstrahler handelt es sich um ein CE-gekennzeichnetes Medizinprodukt der Firma Comet mit einer Gesamtfilterung von ca. 3 mm Al.

In diesem Strahler befindet sich eine Röntgenröhre, an der zwei Brennfleckgrößen (Nennwert: 1,2; 50 kW und Nennwert: 0,6; 21 kW) angewählt werden können. Der Hochspannungsgenerator ist ein moderner, zeitgesteuerter Konvertergenerator, der die Einstellung einer Schaltzeit von weniger als 5 ms gestattet.

Der Röntgenaufnahmearbeitsplatz erfüllt alle technischen Vorgaben der RöV, besonders diejenigen ihres untergesetzlichen Regelwerkes (Richtlinien, Normen). Das gilt besonders für die Anlage I der „Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach RöV“ (SV-RL) [Lit. 4], in der technische Mindestanforderungen für medizinische Röntgenuntersuchungen festgelegt sind, wie Generatortyp, Brennfleck-Nennwert, Nennwert der kürzesten Schaltzeit, Grenzwert für die Bildempfängerdosis (bzw. Empfindlichkeitsklasse des Film-Folien-Systems, SC) und räumliches Auflösungsvermögen. Das gilt weiterhin für eine Vielzahl von Normen des Normenausschusses Radiologie (NAR), so z. B. für die Norm DIN 6815 „Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV; Regeln für die Prüfung des Strahlenschutzes nach Errichtung, Instandsetzung und Änderung“ [Lit. 5]. Schließlich sind auch die „Leitlinien zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik“ der Bundesärztekammer [Lit. 6] zu beachten.

Bei der Bewertung der im Rahmen dieser Arbeit zusammengestellten Dosiswerte kann unterstellt werden, dass bei deren Zustandekommen die Anforderungen aus den oben genannten Richtlinien, Normen und Leitlinien eingehalten worden sind.

Im SMD Moers sind zwei vollzeitig tätige MTRA beschäftigt, sodass jederzeit eine optimale technische Durchführung gewährleistet ist. Die Durchleuchtungen werden von den jeweils anordnenden Ärzten, die die Fachkunde im Strahlenschutz besitzen, durchgeführt.

## 6. Strahlenexposition des Patienten

Bei der Beschreibung der Strahlenexposition des Patienten im Zusammenhang mit radiologischen Maßnahmen muss man unterscheiden zwischen der Anwendung ionisierender Strahlung in der

- Nuklearmedizin (interne Exposition durch Gammastrahlung, ggf. auch durch Bestrahlung, also durch applizierte radioaktive Stoffe; moderate Dosiswerte),
- Strahlentherapie (in der Regel: externe Exposition durch Gammastrahlung aus Telegammabestrahlungsanlagen sowie durch hochenergetische Brems- und Elektronenstrahlung aus Linacs; hohe Dosiswerte),
- Röntgendiagnostik (externe Exposition durch Röntgenstrahlung aus Röntgeneinrichtungen mit Röhrenspannungen bis 150 kV; niedrige bis moderate Dosiswerte).

Speziell in der Röntgendiagnostik gibt es zwischen der Strahlenexposition des radiologischen Personals und der Patientenexposition folgende für deren strahlenbiologische Bewertung wesentliche Unterschiede:

<b>Personalexposition</b>	<b>Patientenexposition</b>
typisch: Ganzkörperexposition durch hauptsächlich von Patienten ausgehende Streustrahlung, die ggf. durch Schutzkleidung reduziert werden kann	typisch: Teilkörperexposition durch Nutzstrahlung, überlagert von einer geringen Ganzkörperexposition durch vom Nutzstrahlenfeld ausgehende Streustrahlung
niedrige Dosisleistung: $\mu\text{Sv/h}$ -Bereich	hohe Dosisleistung in der Nutzstrahlung: $\text{mSv/min}$ -Bereich
beruflich bedingte Exposition, d. h. bezogen auf relativ lange Expositionszeiten z. B. auf ein Jahr	nur nach medizinischer Indikation bedingte Exposition, d. h. relativ kurze Expositionszeiten, z. B. im ms-Bereich (Aufnahme) bzw. im Minutenbereich (Durchleuchtung)

Es existiert keine Dosisgröße, die alle physikalischen und biologischen Aspekte der Patientenexposition der Röntgendiagnostik in idealer Weise

zu erfassen vermag. Welche Anforderungen sind diesbezüglich zu stellen?

- Die Dosisgröße muss messtechnisch zugänglich sein (Eigenschaft: „Messbarkeit“).
- Die Dosisgröße muss die 1. Stufe der Strahleneinwirkung auf biologisches Gewebe, die sog. physikalische Phase, also die Energieübertragung der Strahlung auf kritische Organe und Gewebe durch Ionisationen und Anregungen, korrekt wiedergeben (Eigenschaft: „Gewebeäquivalenz“).
- Die Dosisgröße muss die 3 weiteren Stufen der Strahlenwechselwirkung mit Gewebe, die physikalisch-chemische, die biochemische und die biologische Phase, möglichst genau nachvollziehen (Eigenschaft: „Risikobewertung“).

In der Tabelle 6.1 ist zusammengestellt, in welcher Weise die radiologisch häufig genutzten Dosisgrößen die obengenannten Anforderungen erfüllen („ja“) bzw. nicht erfüllen („nein“).

<b>Dosisgröße</b> \ <b>Eigenschaft</b>	<b>Messbarkeit</b>	<b>Gewebe- äquivalenz</b>	<b>Risiko- bewertung</b>
Einfalldosis	ja	nein	nein
Oberflächendosis	ja	nein *)	nein *)
Dosisflächenprodukt	ja	nein	nein
Bildempfänger-Dosis	ja	nein	nein
mittlere Energiedosis in einem Organ	nein	ja	nein
Organ-Äquivalentdosis (kurz: Organdosis)	nein	ja	ja
effektive Dosis	nein	ja	ja

\*) ja, nur für die Haut, die aber strahlenbiologisch gesehen nicht zu den kritischen Organen oder Geweben zählt

Tab. 6.1 Überblick über die Eigenschaften verschiedener Dosisgrößen im Hinblick auf eine korrekte Beschreibung der Patientenexposition in der Röntgendiagnostik (nähere Erklärungen zu den Eigenschaften: siehe Text).

Keine der in Tab. 6.1 aufgeführten Dosisgrößen erfüllt alle Ansprüche, die an eine ideale Dosisgröße zur korrekten physikalischen und strahlenbiologischen Beschreibung der Patientenexposition in der Röntgendiagnostik gestellt werden müssen. Man erkennt 2 Gruppen:

- Dosisgrößen, die zwar messtechnisch zugänglich sind, aber keine Aussagen über radiologische und strahlenbiologische Konsequenzen erlauben,
- Dosisgrößen, bei denen sich diese Konstellationen genau umgekehrt darstellen.

In der Praxis wird daher oft folgende Vorgehensweise bei der Ermittlung und Bewertung der Patientenexposition in der Röntgendiagnostik favorisiert:

- (1) Nutzung einer geeigneten Dosismessgröße; häufig wird das Dosisflächenprodukt DFP angegeben (in der Einheit:  $\text{Gray} \cdot \text{cm}^2$ ),
- (2) Umrechnung dieses Messwertes in eine strahlenbiologisch relevante Dosisgröße; man nutzt entweder die Organdosis  $H_T$  ( $T = \text{Tissue}$ ) oder die effektive Dosis  $E$  (beide als Äquivalentdosis in der Einheit Sv),
- (3) zur Umrechnung dienen spezielle, rechnerisch oder aus Phantommessungen ermittelte sog. Konversionsfaktoren  $f$ , die von vielen Parametern (u. a. vom Wert der Röhrenspannung) abhängen.

$$E \text{ bzw. } H_T = f \cdot \text{DFP} \quad \dots (6.1)$$

Die Konversionsfaktoren sind Zahlenwerte in der Einheit  $\text{Sv} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ . Die Energiedosis  $D$  und die mit ihr „verwandte“ Dosisgröße, die Kerma  $K$ , beide in der Einheit Gy, gelten als dosimetrische Basisgrößen. Die Kerma bildet die Grundlage der ersten 4 in Tab. 6.1 genannten Dosismessgrößen und auf die Energiedosis beziehen sich die strahlenbiologisch relevanten Dosisgrößen Organdosis  $H_T$  und effektive Dosis  $E$  [s. Gl. (6.2) bis (6.4)].

Für Röntgenstrahlung gelten folgende Zusammenhänge:

$$H_T = W_R \cdot \overline{D_T} \quad \dots (6.2)$$

$\overline{D_T}$  ist die mittlere Energiedosis in einem räumlich ausgedehnten Organ oder Gewebe. Für Röntgenstrahlung ist der sog. Strahlungswichtungsfaktor  $W_R$ , der ein Maß für die relative biologische Wirksamkeit einer bestimmten Strahlenart beschreibt, auf den Wert 1 normiert (z. B. für  $\alpha$ -Strahlung ist  $W_R = 20$ ).

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T \quad \dots (6.3)$$

Der Faktor  $W_T$  heißt Gewebewichtungsfaktor. Er nimmt für die einzelnen Gewebe und Organe unterschiedliche Werte kleiner als 1 an, wobei folgende Normierung eingeführt wurde:

$$\sum_T W_T = 1 \quad \dots (6.4)$$

Die einzelnen Zahlenwerte für den Gewebewichtungsfaktor sind im Anhang III der neuen RöV [Lit. 3] zusammengestellt (s. auch Tab. 6.2).

<b>Gewebe und Organe</b>	<b><math>W_T</math></b>
Keimdrüsen	0,20
Knochenmark (rot)	0,12
Dickdarm	0,12
Lunge	0,12
Magen	0,12
Blase	0,05
Weibliche Brust	0,05
Leber	0,05
Schilddrüse	0,05
Haut	0,01
Knochenoberfläche	0,01
Andere Organe/Gewebe	0,05

Tab. 6.2 Gewebe-Wichtungsfaktoren  $W_T$  für Röntgenstrahlung [Lit. 3]

Das jeweilige Produkt  $W_T \cdot H_T$  beschreibt den relativen Beitrag einer Einzeldosis  $H_T$  im Organ T zum Gesamtrisiko eines exponierten Individuums, das durch die effektive Dosis ausgedrückt wird, infolge fatal verlaufender stochastischer Strahlenwirkungen (Krebs, Leukämie, genetische Schädigungen).

In der vorliegenden Arbeit wird die Strahlenexposition des Patienten durch die effektive Dosis ausgedrückt. Dieses Vorhaben ist nicht ganz unproblematisch [Lit. 7], [Lit. 8], aber man geht mangels besser geeigneter Dosisgrößen immer mehr dazu über, auf diese Art und Weise die Patientenexposition zu bewerten.

Der Begriff der effektiven Dosis war ursprünglich von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) für die Beschreibung der Strahlenexposition der Bevölkerung und der beruflich strahlenexponierten Personen konzipiert worden. Aus diesem Grund hat man die Zahlenwerte der Gewebewichtungsfaktoren  $W_T$ , die das Risiko für fatal verlaufende stochastische Strahlenwirkungen ausdrücken, auf eine Altersverteilung der sog. Normalbevölkerung bezogen. Diese entspricht aber keineswegs der Altersverteilung radiologischer Patienten, deren Schwerpunkt deutlich zu einem höheren Alter verschoben ist. Dadurch reduziert sich das relative stochastische Strahlenrisiko dieses Kollektivs im Vergleich zur Normalbevölkerung. Dieser Umstand ist bei Nutzung der effektiven Dosis im Zusammenhang mit einer quantitativen Angabe der Patientenexposition in der Röntgendiagnostik zu bedenken. Die effektive Dosis muss also mit einer „Korrekturfunktion“ versehen werden. Dieses Verfahren ist in Kapitel 7 beschrieben.

## **7. Strahlenexposition der Bevölkerung durch Röntgenuntersuchungen von Versicherten in der Bundesknappschaft**

Ziel dieser Arbeit war es, durch entsprechende Auswertung von Versichertenakten des Sozialmedizinischen Dienstes Moers zu ermitteln, welchen zusätzlichen Beitrag zur Strahlenexposition der Bevölkerung der BRD die Röntgenuntersuchungen in der Bundesknappschaft liefern.

Da das Spektrum der Untersuchungsarten, bedingt durch die Indikationsstruktur in der Bundesknappschaft (s. Kap. 4), stark eingeeengt ist (s. Tab. 2), erscheint die Auswertung von 400 Akten ausreichend zu sein, um eine signifikante Dosisangabe errechnen zu können.

Um zu erläutern, wie dieser Dosiswert im Rahmen der vorliegenden Arbeit hier ermittelt worden ist, soll zunächst dargestellt werden, auf welcher Basis die Berechnung hier durchgeführt wurde, da hierzu verschiedene Ansätze gewählt werden können. In allen Fällen erfolgt die Dosisangabe auf der Grundlage der effektiven Dosis, und das trotz der schon erwähnten Einschränkungen, die man bei Beschreibung der Patientenexposition durch diese Dosisgröße bedenken muss [Lit. 7], [Lit. 8].

- **Ansatz 1 (Leitlinien der Bundesärztekammer)**

Dieser Ansatz geht von den Dosisangaben in den Leitlinien der Bundesärztekammer [Lit. 6] aus (Tab. 7.1).

<b>Röntgenuntersuchung U</b>	<b><math>E_U</math> (mSv)</b>
Schädel (A)	0,02
Wirbelsäule (A)	0,15
Lunge (A)	0,03
Bauchraum/Becken (A)	0,2

Tab. 7.1 Patientenexposition (effektive Dosis  $E_U$ ) für Röntgenuntersuchungen U (A = Aufnahme) nach den Leitlinien der Bundesärztekammer, die für die radiologische Tätigkeit im SMD Moers relevant sind („Ansatz 1“)

Im Vergleich zu anderen Literaturangaben liegen die Werte der Tab. 7.1 allerdings am unteren Ende der Dosisskala. Andere bekannt gegebene

Werte sind zum Teil um den Faktor 3 - 5 höher, so dass daraus ein weiterer Dosisansatz resultiert, der hier nicht ohne Grund als „Praxisnähe“ bezeichnet wird.

- **Ansatz 2 (Praxisnähe)**

Man beschreibt das „realistische“, dem Schwerpunkt der Literaturangaben [Lit. 9] entsprechende Dosisniveau am besten, wenn man die Dosiswerte der Tab. 7.1 mit den Faktoren 3 – 5 multipliziert. Dadurch entsteht das Dosisprofil der Tab. 7.2.

In diesem Zusammenhang wird insbesondere auf die Dissertationsarbeit von A. Tyll [Lit. 9] hingewiesen, die die Strahlenexposition des Patienten zum Thema hat, und deren Ergebnisse in diese Arbeit mit eingeflossen sind.

<b>Röntgenuntersuchung U</b>	<b><math>E_U</math> (mSv)</b>
Schädel (A)	0,06 – 0,1
Wirbelsäule (A)	0,45 – 0,75
Lunge (A)	0,09 – 0,15
Bauchraum/Becken (A)	0,6 – 1,0

Tab. 7.2 Patientenexposition (effektive Dosis  $E_U$ ) für bestimmte Röntgenuntersuchungen U (A = Aufnahme) nach Multiplikation der Tab. 7.1-Werte mit den Faktoren 3 - 5

- **Ansatz 3 (Strahlenschutzkommission, SSK)**

In Tab. 7.3 sind Werte für die effektive Dosis, die von der SSK bekannt gegeben wurden [Lit. 10], zusammengestellt. Deren Größenordnungen bestätigen den Ansatz 2.

Röntgenuntersuchung U		E <sub>U</sub> (mSv)
Schädel (A)		0,03
Wirbelsäule (A)		1,2
Lunge (A)		0,3
Bauchraum/Becken (A)	} Abdomen Becken Hüfte	1,17
		1,05
		0,54
Mittelwert Bauchraum/Becken (A)		0,92
Extremitäten (A)		0,06
Ösophagus + Magen (D)		8,27
Dünndarm (D)		16,38
Dickdarm (D)		18,46
Galle (D)		7,08
Harntrakt (D)		4,65
Mittelwert (D)		10,95

Tab. 7.3 Patientenexposition (effektive Dosis E<sub>U</sub>) für Röntgenuntersuchungen U (A = Aufnahme, D = Durchleuchtung) nach Angaben der SSK, die für die radiologische Tätigkeit im SMD Moers relevant sind („Ansatz 3“)

Fasst man die in ihrer Größenordnung übereinstimmenden Dosiswerte der Ansätze 2 und 3 durch Mittelwertbildung zusammen, ergibt sich das Dosisprofil der Tab. 7.4, das in dieser Arbeit für die weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt wird.

Röntgenuntersuchungen U	E <sub>U</sub> (mSv)	zum Vergleich: BfS-Werte [Lit. 11]
Schädel	0,06	0,03 – 0,1
Wirbelsäule (2 Ebenen, gemittelt über HWS, BWS, LWS)	0,8	0,45 – 0,9
Lunge (Thorax) (2 Ebenen)	0,2	0,04 – 0,1
Bauchraum/Becken	0,9	0,5 – 1,0
Extremitäten	0,06	0,01 – 0,1
Durchleuchtung (gemittelt über Magen und Darm)	11	8 – 15

Tab. 7.4 Patientenexposition (effektive Dosis  $E_U$ ) als Basis für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen (Mittelwerte aus den Ansätzen 2 und 3); zum Vergleich: Werte des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS)

Um die effektive Dosis als Beschreibung der Patientenexposition nutzen zu können, müssen die in Tab. 7.4 genannten Werte – wie in Kapitel 6 schon angedeutet – „alterskorrigiert“ werden, da bei der Festsetzung der stochastischen Risikofaktoren (Wichtungsfaktoren  $W_T$ , s. Gl. (6.3) und Tab. 7.5) aus in den Kapitel 6 genannten Gründen die Altersverteilung der Normalbevölkerung zu Grunde gelegt wurde.

Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten stochastischer Strahlenschäden ist altersabhängig, und zwar ist sie in jungen Jahren hoch, im Alter niedrig.

Die Altersverteilung der radiologischen Patienten ist aber mit derjenigen der Normalbevölkerung nicht identisch. Kurz gesagt: Radiologische Patienten sind im Mittel deutlich älter als die Normalbevölkerung.

Auch die Altersverteilung der beim SMD Moers, respektive der bei der BKN untersuchten Personen, entspricht sicherlich nicht derjenigen der Normalbevölkerung, sondern wird im Trend der Verteilung radiologischer Patienten ähneln.

Die Alterskorrektur der effektiven Dosis  $E_U$  erfolgt nach folgenden Zahlenwertgleichungen [Lit. 8].

$$E_{k,t} = E_U \cdot k(t) \quad \dots \text{ Gl. (7.1)}$$

$$\text{mit } k(t) = 2,1 \cdot e^{-0,04 \cdot t} \quad \dots \text{ Gl. (7.2)}$$

Hierbei entspricht  $t$  dem Alter in Jahren ( $a$ ).  $k(t)$  ist so dimensioniert, dass für  $t = 18 \text{ a}$   $k(t) = 1$  ist.

$E_u$  ist die altersmäßig nicht korrigierte effektive Dosis nach Gleichung (6.3), deren für diese Arbeit relevanten Werte in Tab. 7.4 zu finden sind, und  $E_{k,t}$  die alterskorrigierte effektive Dosis.

Am Beispiel einer der 400 ausgewerteten Akten des SMD Moers soll dieses Korrekturverfahren veranschaulicht werden (siehe Tab. 7.5).

Im Anhang findet sich eine Auflistung der für jede der 400 ausgewerteten Personen ermittelten Werte der alterskorrigierten effektiven Gesamtdosis  $E_N$ .

Röntgenuntersuchung U	t (a)	E <sub>u</sub> (mSv)	Zahl der Untersuchungen U (=n)	n • E <sub>u</sub> (mSv)	k(t)	n • E <sub>u</sub> • k(t) = n • E <sub>k,t</sub> (mSv)
Durchleuchtung	26	11	1	11	0,74	8,14
Thorax	27	0,2	1	0,2	0,71	0,14
Wirbelsäule	27	0,8	2	1,6	0,71	1,14
Durchleuchtung	27	11	1	11	0,71	7,81
Wirbelsäule	30	0,8	3	2,4	0,63	1,51
Schädel (NNH)	30	0,06	1	0,06	0,63	0,04
Thorax	30	0,2	1	0,2	0,63	0,13
Extremität	34	0,06	2	0,12	0,54	0,07
Wirbelsäule	38	0,8	3	1,6	0,46	0,74
Extremität	40	0,06	4	0,24	0,42	0,10
Wirbelsäule	48	0,8	2	1,6	0,31	0,50
Thorax	48	0,2	1	0,2	0,31	0,06
Thorax	51	0,2	1	0,2	0,27	0,05
Becken	56	0,9	1	0,9	0,22	0,20
Wirbelsäule	56	0,8	4	3,2	0,22	0,70
Thorax	56	0,2	2	0,4	0,22	0,09
Thorax	62	0,2	2	0,4	0,18	0,07
					E <sub>N</sub> =	19,82

Tab: 7.5: Beispiel für die Auswertung einer beim SMD Moers untersuchten Person N [t = Alter zur Zeit der Röntgenuntersuchung; siehe Tab. 7.4, Gl. (6.3), Gl. (7.1) und Gl. (7.2)] bezüglich der Ermittlung der alterskorrigierten effektiven Gesamtdosis E<sub>N</sub> (Expositionszeitraum: t<sub>N</sub> = 37 a)

Anhand der in Tab. 7.5 ermittelten individuellen alterskorrigierten effektiven Gesamtdosis  $E_N = \sum_t (n \cdot E_{k,t})$  ... (7.3)

(hier: 19,82 mSv) errechnet sich für die exemplarisch ausgewählte eine Person N bei einem Expositionszeitraum von  $t_N = 37$  Jahren die auf ein Jahr bezogene zeitlich ermittelte Strahlenexposition  $\overline{E_{N,a}}$  folgendermaßen ( $n =$  Zahl der Untersuchungen pro Untersuchungsart U mit der dafür typischen effektiven Dosis  $E_u$  nach Tab. 7.4):

$$\overline{E_{N,a}} = (1/t_N) \cdot (1/N) \cdot \sum_N E_N \quad \dots (7.4)$$

Für das Beispiel der Tabelle 7.5 ergibt sich bei  $N = 1$  aus Gl. (7.3):

$$\overline{E_{N,a}} = (1/37a) \cdot 19,82 \text{ mSv} = 0,54 \text{ mSv/a}$$

Soweit die Erläuterungen zu dem anhand der Tab. 7.5 dargestellten Beispiel.

Allgemein ausgedrückt, errechnet sich die über alle im Rahmen dieser Arbeit statistisch ausgewerteten und im SMD Moers radiologisch untersuchten Personen N gemittelte kollektive alterskorrigierte effektive Gesamtdosis  $E_N$  wie folgt:

$$\overline{E_N} = (1/N) \cdot \sum_N (\sum_t n \cdot E_{k,t}) \quad \dots (7.5a)$$

bzw. mit Gl. (7.3):

$$\overline{E_N} = (1/N) \sum_N E_N \quad \dots (7.5b)$$

wobei nach Gl. (7.1) gilt)

$$E_{k,t} = E_u \cdot k(t)$$

Als Folge einer in Tab. 7.5 für eine Person exemplarisch dargestellten Auswertung aller 400 Versichertenakten ( $N = 400$ ) ergibt sich für jede Person ein für sie typischer Wert von  $E_N$  [siehe Gl. (7.3)].

Im Sinne der Gl. (7.5b) führt nach Summierung aller  $E_{N,a}$ -Werte ( $\sum E_{N,a}$ ) eine Division dieser Summe durch  $N = 400$  zu der kollektiven  $\bar{E}_N$  alterskorrigierten effektiven Dosis für die 400 im Rahmen dieser Arbeit ausgewerteten Personen mit einem Wert von

$$\bar{E}_{N,a} = 0,65 \text{ mSv}$$

Im SMD Moers werden 40.000 Versichertenakten verwaltet, wobei jedoch insgesamt 70.000 Versicherte betreut werden. Dies erklärt sich aus dem Umstand, dass den mitversicherten Familienangehörigen keine eigene Akte zugeordnet wird.

In der gesamten BRD sind ca. 1,4 Millionen Personen knappschäftlich versichert.

Um herauszufinden, welchen zusätzlichen Beitrag die Röntgenuntersuchungen im Bereich der Bundesknappschaft zur röntgendiagnostisch bedingten Strahlenexposition der Gesamtbevölkerung der BRD liefern (diese beträgt  $2,0 \pm 0,5$  mSv/a effektive Dosis [Lit. 11]) wurde in dieser Arbeit folgendes Abschätzungskonzept genutzt: Von den in den 400 ausgewerteten Versichertenakten dokumentierten Personen wurden 103 Personen röntgendiagnostisch nicht untersucht.

Dies entspricht etwa 25 % der Gesamtpersonenzahl.

Wenn – wie zutreffend im SMD Moers – 40.000 Versichertenakten einer Zahl der insgesamt Versicherten von 70.000 entsprechen, würde dies, hochgerechnet, bei einer Gesamtversichertenzahl von 1,4 Millionen in der BRD zu einer Gesamtaktenzahl  $X$  in der BRD führen von

$$X = 1,4 \cdot 10^6 \cdot (40000/70000) = 800000$$

Davon werden, wiederum auf die Gesamtverhältnisse der BRD sicherlich ohne Bedenken umsetzbar, 25 % der Personen keiner Röntgenuntersuchung unterzogen, so dass insgesamt ca. 600.000 Personen nach knappschaftlich bedingten Indikationen röntgendiagnostisch untersucht wurden. Ausgehend von den 400 ausgewerteten Akten des SMD Moers, nach denen in dem betrachteten Zeitraum von 50 Jahren rund 3000 Röntgenuntersuchungen, also 60 pro Jahr erfolgten, kann, auf die Gesamtzahl der landesweiten „Knappschaftsakten“ bezogen, von folgenden Untersuchungszahlen in der BRD Y ausgegangen werden:

$$Y = (1/N) \cdot X \cdot 60 \quad \dots(7.6)$$

$Y = (1/400) \cdot 800000 \cdot 60 = 120000$  Röntgenuntersuchungen pro Jahr für den Bereich der knappschaftlich Versicherten.

Mit einer durchschnittlichen Strahlenexposition von  $\overline{E_N} = 0,65$  mSv pro Jahr und Person errechnet sich die zusätzliche Strahlenexposition für die gesamte Bevölkerung der BRD ( $= 8,5 \cdot 10^7$  Einwohner)  $E_Z$  wie folgt:

$$E_Z = (1/8,5 \cdot 10^7) \cdot Y \cdot \overline{E_N} \quad \dots(7.7)$$

$$E_Z = (1/8,5 \cdot 10^7) \cdot 120000/a \cdot 0,65 \text{ mSv/a} = 0,0009 \text{ mSv/a,}$$

also ca. 0,001 mSv/a.

Addiert man diesen Wert zu der durchschnittlich jährlichen röntgendiagnostisch bedingten Strahlenexposition der Bevölkerung der BRD von 2,0 mSv/a, so ergibt sich damit ein Wert von 2,001 mSv pro Jahr und pro Person der Bevölkerung.

## 8. Diskussion

Ziel dieser Arbeit war die Abschätzung, mit welcher Größenordnung alle nach knappschaftlich festgelegten Indikationen durchgeführten Röntgenuntersuchungen zu der insgesamt durch die Röntgendiagnostik bedingten mittleren Bevölkerungsexposition in der Bundesrepublik Deutschland beitragen. Da derartige Überlegungen und Erhebungen bisher nicht durchgeführt worden sind, kann man davon ausgehen, dass dieser Beitrag bei den diesbezüglichen Berechnungen und Abschätzungen des Bundesamtes für Strahlenschutz gar nicht oder nur in Form eines ganz groben Pauschalwertes, erkenntlich an der Angabe einer verhältnismäßig großen Fehlerbreite von  $\pm 0,5$  mSv [Lit. 11], berücksichtigt worden ist.

Nach den im Rahmen dieser Arbeit angestellten Überlegungen ist der Anteil der Strahlenexpositionen von Röntgenuntersuchungen, die hauptsächlich zur Klärung sozialmedizinischer Fragestellungen in knappschaftlichen Einrichtungen vorgenommen werden, an der durch die kurative Röntgendiagnostik bedingten Bevölkerungsexposition (2,0 mSv  $\pm$  0,5 mSv pro Jahr und Person [Lit. 11]) mit ca. 0,001 mSv pro Jahr und Person vernachlässigbar gering. An dieser Stelle könnte (vorschnell) eingewendet werden, dass diese Feststellung zu erwarten gewesen und daher verhältnismäßig trivial wäre. Darauf ist – zunächst erst ganz allgemein – zu antworten, dass oft trivial erscheinende Sachverhalte durchaus komplexe Strukturen aufweisen können, und – speziell bezogen auf die Thematik dieser Arbeit – dass die Feststellung „vernachlässigbar“ in dieser Arbeit mit der Angabe eines konkreten Dosiswertes verbunden ist.

Zur Beurteilung dieses Ergebnisses und zur Abschätzung dessen Fehlerbreite müssen folgende Fragestellungen diskutiert werden:

- Sind die den Rechnungen zugrunde gelegten Werte für die effektive Dosis  $E_u$  der hier angesprochenen Röntgen-

untersuchungen (siehe Tab. 7.4) ausreichend repräsentativ bzw. sind sie auf jeden Fall nicht zu gering angesetzt worden?

- Weist die in Kapitel 7 durchgeführte Berechnung bzw. Abschätzung eine für statistische Zwecke ausreichende Genauigkeit auf?
- Ist das Ergebnis (die zusätzliche Bevölkerungsexposition beträgt nur 0,001 mSv pro Jahr und Person) mit sachlichen Argumenten schlüssig erklärbar?

### **8.1 Die effektive Dosis $E_u$**

Trotz bestimmter grundsätzlicher Bedenken, die aber im Rahmen dieser Arbeit nicht diskutiert werden sollen (siehe [Lit. 7], [Lit. 8]), wurde die effektive Dosis zur Beschreibung der Patientenexposition aus folgenden Gründen gewählt:

- Sie quantifiziert von allen im Strahlenschutz genannten Dosisgrößen (siehe Tab. 6.1) am besten die strahlenbiologische Wirkung einer in der Röntgendiagnostik applizierten Teilkörperexposition.
- Ein wesentliches Argument gegen die patientenbezogene Nutzung der effektiven Dosis, die von der Normalbevölkerung abweichende Altersverteilung radiologischer Patienten und die dadurch bedingte Fehlfestlegung der Wichtungsfaktoren  $W_T$  (siehe Tab. 6.2), ist durch die Einführung der Korrekturfunktion  $k(t)$  [siehe Gl. (7.1) und (7.2)] ausgeräumt worden.
- Den Berechnungen des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Ermittlung der durch die Röntgendiagnostik verursachten mittleren Bevölkerungsexposition (2,0 mSv pro Jahr und Person)

ist ebenfalls die effektive Dosis zugrunde gelegt worden. Bei Wahl einer anderen Dosisgröße im Rahmen dieser Arbeit wäre ein Vergleich schwierig gewesen.

Die Basis für die in Kapitel 7 dargestellte Berechnungsmethode bilden die in Tab. 7.4 aufgeführten Werte der effektiven Dosis  $E_u$ . Diese Dosiswerte sollen für die dort angegebenen und für die in der knappschaftlich bedingten Röntgendiagnostik typischen Untersuchungen repräsentativ, zumindestens aber nicht zu niedrig sein. Sozusagen im ersten Ansatz zur Festlegung von Dosiswerten wurden diesbezügliche Angaben aus den Leitlinien der Bundesärztekammer entnommen (Tab. 7.1), für die sich aber nach einem Vergleich mit Angaben aus der Literatur – hier als zweiter Ansatz bezeichnet (Tab. 7.2) – herausstellte, dass die Autoren der Leitlinien, möglicherweise im Sinne einer idealisierten Optimierung, die unterste Grenze der theoretisch möglichen Dosisskala gewählt hatten. Der Literaturvergleich hat aber gezeigt, dass man in der realistischen radiologischen Praxis aus verschiedenen, für das Anliegen dieser Arbeit aber im Detail nicht relevanten Gründen dosismäßig deutlich oberhalb der Leitlinien-Werte angesiedelt ist (Faktor 3 bis 5). Zur Ursache für diese Diskrepanz sollen stichwortartig nur folgende Fakten gegenüber gestellt werden:

<b>Leitlinien</b>	<b>Literatur</b>
Empfindlichkeitsklassen (SC): 400-800	SC: 400, zum Teil auch 200
„Standardpatient“, d. h. konstante Dosiswerte	„realistische“ Patienten, d. h. Dosiswerte mit breiter Verteilung
idealisierte Einstellparameter (z. B. kV, mAs, Feldgröße, Abstände)	„praxiserfahrene“, möglicherweise oft nicht optimierte Einstellparameter

Die von der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit angegebenen Dosiswerte (3. Ansatz, Tab. 7.3) bestätigen in ihrer Größenordnung die Faktoren 3 bis 5. So war es dann folgerichtig, zur endgültigen Festlegung der Werte für die effektive Dosis  $E_u$  die Mittelwerte aus den Dosisprofilen des 2. und 3. Ansatzes zu übernehmen.

Mit dem Inkrafttreten der neuen RöV [Lit. 3] wird gefordert, dass die vom Bundesamt für Strahlenschutz veröffentlichten sogenannten diagnostischen Referenzwerte bei Röntgenuntersuchungen [Lit. 13] zu Grunde zu legen sind (§ 16 Abs. 1 RöV). Damit sind Dosiswerte für typische Röntgenuntersuchungen gemeint, deren Größenordnungen auf Standardphantome oder auf Patienten mit Standardmaßen bezogen sind. Die diagnostischen Referenzwerte sind nicht als effektive Dosis angegeben, sondern in einer Dosisgröße, und zwar dem Dosisflächenprodukt, die messtechnisch erfassbar ist (vgl. Tab. 6.1). Zum mindesten für Röntgenaufnahmen existieren Konversionsfaktoren [siehe Gl. (6.1)], mit denen man die Dosisflächenprodukte in die Werte der effektiven Dosis umrechnen kann [Lit. 12]. So ist es interessant, diese aus den diagnostischen Referenzwerten resultierenden Werte der effektiven Dosis mit denjenigen zu vergleichen, die als Basis für die in Kapitel 7 angestellten Berechnungen gedient haben. In Tab. 8.1 sind bis auf die Extremitäten für die in der Tab. 7.4 genannten Röntgenaufnahmen die entsprechenden Dosiswerte gegenübergestellt.

Röntgenaufnahmen	$E_u$ (mSv) aus Tab. 7.4	DFP (mGy • cm <sup>2</sup> ) aus [Lit. 13]	f	E (mSv)
Schädel	0,06	1100 (ap, pa)	$0,37 \cdot 10^{-4}$	0,04
Wirbelsäule	0,8	2200 (BWS, ap) bis 8000 (LWS, seitl.)	$2,75 \cdot 10^{-4}$ bis $1,06 \cdot 10^{-4}$	0,6 bis 0,85
Lunge (Thorax)	0,2	200 (pa), 1000 (seitl.)	$1,07 \cdot 10^{-4}$ bis $2,2 \cdot 10^{-4}$	0,02 bis 0,22
Bauchraum/ Becken	0,9	5000	$2,17 \cdot 10^{-4}$	1,1

Tab. 8.1 Mit Ausnahme der Extremitäten:  
 Vergleich der Werte für die effektive Dosis  $E_u$  aus Tab. 7.4 mit den aus den diagnostischen Referenzwerten in Form des Dosisflächenproduktes (DFP) [Lit. 13] mit Hilfe von Konversionsfaktoren  $f$  gewonnenen Werten für die effektive Dosis  $E$  ( $E = f \cdot \text{DFP}$ )

Aus dem Vergleich zwischen den in dieser Arbeit genutzten Werten der effektiven Dosis  $E_u$  und den aus den diagnostischen Referenzwerten mittels Konversionsfaktoren resultierenden Werten der effektiven Dosis  $E$  (Tab. 8.1) zeigt sich, dass mit den Angaben in der Tab. 7.4 die richtige Wahl getroffen worden ist.

## 8.2 Fehlerabschätzung

Fasst man das in Kapitel 7 entwickelte Formelwerk zur Ermittlung der für die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland infolge knappschaftlich durchgeführter Röntgenuntersuchungen zusätzlichen Strahlenexpositionen  $E_Z$  zusammen, dann ergibt sich folgendes Gleichungspaar:

$$E_Z = (1/N_0) (X/N) \cdot m \cdot \overline{E_N} \quad \dots(8.1a)$$

mit

$$\overline{E_N} = (1/N) \sum_N [\sum_t n \cdot E_u \cdot k(t)] \quad \dots(8.1b)$$

Darin bedeuten:

$N_0$  = Bevölkerungszahl der BRD ( $= 8,5 \cdot 10^7$ ),

$X$  = Gesamtzahl der knappschaftlich registrierten Vorgänge („Akten“)  
 ( $= 8 \cdot 10^5$ ),

$N$  = Zahl der im Rahmen dieser Arbeit beim SMD Moers ausgewerteten Akten ( $= 400$ ),

$m$  = Zahl der auf  $N$  bezogenen Röntgenuntersuchungen pro Jahr  
 ( $=60$ ),

- $E_N$  = kollektive alterskorrigierte effektive Gesamtdosis, bezogen auf N  
(= 0,65 mSv),
- t = individueller Expositionszeitraum (für das Beispiel der Tab. 7.5:  
37 Jahre),
- n = individuelle Zahl der Untersuchungen pro Untersuchungsart U  
[für das Beispiel der Tab. 7.5: 3 für Schädel (NNH)],
- $E_U$  = effektive Dosis für die Untersuchung U (siehe Tab. 7.4),
- k(t) = Alterskorrekturfunktion [siehe Gl. (7.2); für das Beispiel der Tab.  
7.5: 0,74 für t = 26 Jahre].

In Tab. 8.2 ist zusammengestellt, für welche Parameter der Gl. (8.1a) und (8.1b) signifikante Unsicherheiten bei der Festlegung der entsprechenden Zahlenwerte erwartet werden müssen bzw. welche Parameter diese Eigenschaft nicht oder für das Endergebnis (zahlenmäßige Angabe von  $E_Z$ ) in nur kaum merklicher Form aufweisen.

Parameter der Gl. (8.1a) und (8.1b)	Unsicherheit bei der Annahme eines Zahlenwertes?
Bevölkerungszahl ( $N_0$ )	nein
Gesamtzahl der Akten zur Zahl der ausgewerteten Akten ( $X/N$ )	nein, siehe Kommentierung im Text
Zahl der Röntgenuntersuchungen pro Jahr (m)	ja
Expositionszeitraum (t)	nein
Zahl der Untersuchungen pro Untersuchungsart (n)	nein
Effektive Dosis pro Untersuchung ( $E_U$ )	ja
Alterskorrekturfunktion [k(t)]	nein [Lit. 7], [Lit. 8]

Tab. 8.2 Mögliche Unsicherheiten bei der Annahme von Zahlenwerten für Parameter der Gl. (8.1a) und (8.1b) zur Ermittlung von  $E_Z$

Mit Blick auf Tab. 8.2 müssen drei Parameter bezüglich möglicher Unsicherheiten ihrer zahlenmäßigen Annahmen etwas ausführlicher kommentiert werden.

- Verhältnis der Gesamtzahl aller in der Bundesknappschaft geführten Akten zur Zahl der im Rahmen dieser Arbeit beim SMD Moers ausgewerteten Akten: Bei einer Gesamtzahl von 800000 Akten erscheinen nur 400 ausgewertete Akten völlig unzureichend zu sein. Aber abgesehen von der Tatsache, dass die Auswertung schon von 400 Akten mit einem hohen Zeitaufwand verbunden war, ließ sich durch wiederholte Berechnung der Dosis  $E_z$  während des Auswertevorgangs zeigen, dass sich oberhalb von 300 Auswertungen an dem Wert von  $E_z$  praktisch nichts mehr geändert hatte. Die Begründung dafür ist in der sehr begrenzten Variabilität der im Vergleich zur kurativen Röntgendiagnostik kleinen Auswahl knappschaftlich indizierter Röntgenuntersuchungen zu sehen (vgl. Tab. 7.4).
- Zahl der Röntgenuntersuchungen pro Jahr, bezogen auf die Zahl der ausgewerteten Akten, hochgerechnet auf die Gesamtzahl aller jährlich in der Bundesknappschaft durchgeführten Röntgenuntersuchungen: In dieser Arbeit wurden, bezogen auf die 400 Auswertungen, 60 Röntgenuntersuchungen pro Jahr registriert. Bezüglich dieser Zahlenangabe muss eine erhebliche Unsicherheit (Schätzung: 50 %) unterstellt werden, wohl aber dem Trend der letzten Jahre zu weniger Röntgenuntersuchungen folgend, eher in Richtung einer geringeren Zahl als die hier zugrundeliegenden 60 Untersuchungen pro Jahr.
- Effektive Dosis pro Untersuchung: Über das Zustandekommen der Werte für die effektive Dosis (vgl. Tab. 7.4) ist schon im Abschnitt 8.1 ausführlich diskutiert worden, so dass an dieser Stelle nur noch eine Abschätzung der Fehlerbreite (Schwankungsbreite) verbleibt, mit der die Zahlenwerte der Tab. 7.4 zu

versehen sind. Bei der Bekanntgabe von Dosiswerten zur Patientenexposition in der Literatur werden in der Regel Fehlerbreiten zwischen  $\pm 25$  und  $\pm 50$  % genannt [Lit. 9]. Als konservative Annahme soll hier für die Werte von  $E_u$  eine Fehlerbreite  $\pm 50$  % angenommen werden.

### **Zusammenfassung:**

Die Unsicherheiten, mit denen die Zahlenwerte derjenigen Parameter zu bewerten sind, die nach Gl. (8.1a) und (8.1b) zur Berechnung von  $E_z$  führen, liegen zwischen „vernachlässigbar“ und  $\pm 50$  %. Daraus lässt sich folgende (vorsichtige) Aussage über den Anteil  $E_z$  der knappschaftlichen Röntgendiagnostik an der gesamten, durch die kurative Röntgendiagnostik verursachten Strahlenexposition der Bevölkerung der BRD von 2,0 mSv pro Jahr und Person ableiten:

$$E_z \leq 0,002 \text{ mSv}$$

### **8.3 Plausibilität**

Ist dieses Ergebnis ( $E_z \leq 0,002$  mSv pro Jahr und Person durch knappschaftlich indizierte Röntgendiagnostik) mit sachlichen Argumenten schlüssig erklärbar? Ist es plausibel? Zur Beantwortung dieser Fragen muss noch einmal kurz rekapituliert werden, wie der Wert für die pro Jahr und Person der Bevölkerung der BRD durch die kurative Röntgendiagnostik applizierte effektive Dosis von 2,0 mSv ermittelt worden ist [Lit. 11]. Zunächst mussten für alle röntgendiagnostischen Maßnahmen die Werte der effektiven Dosis zusammengestellt werden (Auszug: siehe Tab. 8.3).

<b>lfd. Nr.</b>	<b>Art der Röntgenuntersuchung</b>	<b>Effektive Dosis (mSv)</b>
1	CT Abdomen	20
2	Arteriendarstellung	15
3	CT Schädel	3
4	Becken	1,0
5	Thorax	0,2
6	Extremitäten	0,06
7	Schädel	0,06
8	Zähne	0,01

Tab. 8.3 Werte der effektiven Dosis für röntgendiagnostische Untersuchungen (Auszug, [Lit. 11])

Man beachte die großen Unterschiede der Patientenexpositionen für einzelne Untersuchungsarten (z. B. zwischen Thorax-CT und der konventionellen Thorax-Übersichtsaufnahme).

Im zweiten Schritt erfolgte für jede Untersuchungsart eine Auflistung der Untersuchungsfrequenzen (Auszug: siehe Tab. 8.4).

<b>lfd. Nr.</b>	<b>Art der Röntgenuntersuchung</b>	<b>Frequenz</b>
1	Extremitäten	$2,498 \cdot 10^7$
2	Zähne	$2,252 \cdot 10^7$
3	Thorax	$2,165 \cdot 10^7$
4	Schädel	$1,125 \cdot 10^7$
5	Becken	$3,78 \cdot 10^6$
6	CT außer Schädel	$3,57 \cdot 10^6$
7	CT Schädel	$1,66 \cdot 10^6$
8	Arteriendarstellung	$1,44 \cdot 10^6$

Tab. 8.4 Untersuchungsfrequenzen für röntgendiagnostische Untersuchungen (Auszug, [Lit. 11])

Auch hier sind (natürlich) erhebliche Unterschiede zwischen den Untersuchungszahlen für einzelne Untersuchungsarten erkennbar, die aber bezüglich ihrer Reihenfolge keineswegs mit der durch die Werte der effektiven Dosis bestimmten Rangordnung korrelieren.

Schließlich wurden die Werte der Tab. 8.3 und 8.4 miteinander multipliziert (Auszug: siehe Tab. 8.5), diese hier als Kollektivdosis (Einheit: mSv • Zahl der Untersuchungen pro a) bezeichneten Produkte addiert und die Summe durch die Einwohnerzahl der BRD dividiert. Als Ergebnis erhält man den schon mehrfach genannten Wert für die effektive Dosis von 2,0 mSv pro Jahr und Person.

lfd. Nr.	Art der Röntgenuntersuchung	Effektive Dosis (mSv)
1	CT außer Schädel	$71,4 \cdot 10^6$
2	Arteriendarstellung	$21,6 \cdot 10^6$
3	Thorax	$4,98 \cdot 10^6$
4	CT Schädel	$4,15 \cdot 10^6$
5	Becken	$3,78 \cdot 10^6$
6	Schädel	$0,68 \cdot 10^6$
7	Zähne	$0,23 \cdot 10^6$

Tab. 8.5 Werte der Kollektivdosis für röntgendiagnostische Untersuchungen (Auszug, [Lit. 11])

Die Reihenfolge bezüglich der Höhe der Kollektivdosis ist wiederum eine völlig andere als die in den Tab. 8.3 bzw. 8.4 durch die Werte der effektiven Dosis bzw. der Untersuchungsfrequenzen bestimmte Rangordnung.

Um die Plausibilität im Hinblick auf die Relation zwischen dem in dieser Arbeit ermittelten (sehr niedrigen) Wert von  $E_z (\leq 0,002 \text{ mSv})$  und dem (im Vergleich dazu hohen) Wert  $E = 2,0 \text{ mSv}$  erkennbar zu machen, sollen bei Beachtung bestimmter Auffälligkeiten in den Tab. 8.3 bis 8.5 folgende Fakten zusammengefasst werden:

- Bei der Zusammenstellung der Werte für die effektive Dosis durch das Bundesamt für Strahlenschutz ist – im Gegensatz zu dieser Arbeit – aus Ermangelung entsprechender Informationen eine Alterskorrektur nicht vorgenommen worden.
- Die Zahl der knappschaftlich indizierten Röntgenuntersuchungen ist wesentlich geringer als die kurativ bedingten Untersuchungsfrequenzen.
- Die knappschaftlich notwendigen Untersuchungsarten (siehe Tab. 7.4) gehören nicht zu den „Hochdosistechniken“. Beispielsweise entfallen CT-Untersuchungen und alle dosisintensiven Durchleuchtungen.
- Im Gegensatz zum bundesweiten Trend [Lit. 11] beobachtet man bei knappschaftlichen Röntgenuntersuchungen bezüglich der Untersuchungsfrequenzen eine deutlich abnehmende Charakteristik (vgl. Tab. 4.1).

## 9. Zusammenfassung

Röntgenstrahlung wird in der Medizin nicht nur kurativ, d. h. in Ausübung der Heilkunde, sondern auch unter anderem zu Untersuchungen nach den Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes, beispielsweise nach berufsgenossenschaftlichen Vorschriften, und nach sonstigen durch das Gesetz vorgesehenen oder zugelassenen Fällen angewendet. So kann es sein, dass im Rahmen sozialmedizinischer Untersuchungen in den entsprechenden Dienststellen (SMD) der Bundesknappschaft im Zusammenhang mit Begutachtungen auch röntgendiagnostische Maßnahmen unumgänglich sind. Deren Spektrum umfasst aber im Gegensatz zur kurativen Röntgendiagnostik nur eine kleine Auswahl der heutzutage zur Verfügung stehenden radiologischen Methoden, wobei die Röntgenaufnahmetechnik deutlich dominiert. Wesentliche Untersuchungen betreffen den Thorax, die Wirbelsäule, den Schädel, die Extremitäten und das Becken.

Fragen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung – künstlich oder natürlich verursacht – werden auch im politischen Rahmen häufiger als früher diskutiert. So befasst sich beispielsweise die novellierte Strahlenschutzverordnung sehr ausführlich mit der Problematik der Bevölkerungsexposition durch natürliche und zivilisatorische Strahlenquellen. In diesem Zusammenhang gerät die Röntgendiagnostik (berechtigt oder nicht) zunehmend in den Bereich politischer Kritik, weil ihr Dosisanteil den überwiegenden Beitrag zur künstlich erzeugten Strahlenexposition der Bevölkerung liefert ( $2,0 \pm 0,5$  mSv pro Jahr und Person). Bei Festlegung dieses Dosiswertes hat das dafür von der Bundesregierung beauftragte Bundesamt für Strahlenschutz alle kurativen röntgendiagnostischen Maßnahmen in ausreichender Weise berücksichtigt. Aber wie hoch sind die Anteile der in sonstigen durch das Gesetz vorgesehenen oder zugelassenen Fällen oder nach Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes durchgeführten Röntgenuntersuchungen an der Gesamtexposition der Bevölkerung?

Diese Arbeit hat versucht, darauf für die Röntgentätigkeit der SMD der Bundesknappschaft eine Antwort zu geben: Bei Berücksichtigung der bei derartigen statistischen Erhebungen typischen Fehlerbreiten und Unsicherheiten sollte dieser Beitrag nicht höher sein als 0,002 mSv pro Jahr und Person, bezogen auf die Gesamtbevölkerung der BRD, also nicht mehr als etwa 0,15 % des Gesamtdosiswertes von 2,0 mSv und damit noch deutlich innerhalb der vom BfS angegebenen Fehlerbreite von  $\pm 0,5$  mSv liegend.

## 10. Anhang

Auswertungen aller 400 beim SMD Moers untersuchten Personen ( $N_{1-400}$ ) [siehe Tab. 7.4, Gl. (7.1) und Gl. (7.2)] bezüglich der Ermittlung der kollektiven alterskorrigierten effektiven Dosis  $\overline{E_{N,a}}$  (mSv)

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E_{N1-400,a}}$ (mSv)
1	17	12,10	0,71
2	1	0,30	0,30
3	1	0,12	0,12
4	33	40,51	1,23
5	3	0	0
6	38	3,58	0,09
7	14	0	0
8	1	0,02	0,02
9	24	36,18	0,51
10	23	6,51	0,28
11	6	3,85	0,64
12	31	3,67	0,12
13	21	7,41	0,35
14	43	114,91	2,67
15	23	6,12	0,27
16	1	0,14	0,14
17	28	38,75	1,38
18	38	20,61	0,57
19	12	1,11	0,09
20	14	24,74	1,77
21	2	1,95	0,98
22	8	1,15	0,14
23	27	0,11	0,00
24	20	9,02	0,45
25	36	2,94	0,08
26	1	0,11	0,11
27	29	3,49	0,12
28	41	34,42	0,84
29	35	0,77	0,02
30	19	1,58	0,08
31	21	4,85	0,23
32	22	0,18	0,01
33	3	0,04	0,01
34	12	0,15	0,01
35	1	1,50	1,50
36	1	0,11	0,11
37	5	0	0
38	10	1,14	0,11
39	17	0,72	0,04

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N1-400,a}$ (mSv)
40	15	0	0
41	12	0,28	0,02
42	1	0	0
43	1	0	0
44	1	0,17	0,17
45	5	1,66	0,33
46	14	0,90	0,06
47	22	13,88	0,63
48	2	0	0
49	1	0	0
50	19	1,97	0,10
51	1	0	0
52	22	1,91	0,09
53	5	0	0
54	1	0,11	0,11
55	26	0,42	0,02
56	24	1,09	0,05
57	26	34,19	1,30
58	9	0,88	0,10
59	20	73,46	3,67
60	28	11,55	0,41
61	1	0,10	0,10
62	27	31,99	1,18
63	18	3,80	0,20
64	37	12,58	0,34
65	16	8,23	0,51
66	20	73,27	3,66
67	18	11,29	0,63
68	3	7,98	2,66
69	27	40,13	1,50
70	18	3,93	0,22
71	3	0,37	0,12
72	37	0,18	0,01
73	22	39,31	1,79
74	1	13,99	13,99
75	21	5,57	0,27
76	36	5,39	0,15
77	5	0,31	0,06
78	1	0	0
79	28	1,79	0,06
80	26	37,86	1,46
81	1	0,7	0,70
82	25	19,95	0,80
83	2	0	0
84	4	0	0
85	2	1,82	0,91
86	1	0	0

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N_{1-400},a}$ (mSv)
87	20	22,76	1,14
88	8	0,61	0,08
89	13	15,42	1,19
90	1	0	0
91	2	0,15	0,07
92	3	9,57	3,19
93	2	0	0
94	1	0	0
95	2	0	0
96	1	0	0
97	1	0	0
98	4	0	0
99	1	0	0
100	2	0	0
102	1	0	0
103	3	0	0
104	2	0	0
105	3	0	0
106	4	0	0
107	1	0	0
108	18	11,93	0,66
109	23	11,48	0,50
110	1	0,99	0,10
111	43	18,16	0,42
112	33	7,51	0,23
113	24	2,51	0,10
114	5	0	0
115	8	2,04	0,25
116	22	26,95	1,23
117	14	1,97	0,14
118	1	0,06	0,06
119	9	27,40	3
120	13	7,26	0,56
121	3	9,24	3,1
122	25	16,94	0,68
123	9	20,03	2,2
124	14	7,87	0,56
125	16	16,25	1
126	2	32,17	16,17
127	2	0,97	0,5
128	11	11,77	1,07
129	18	1,98	0,11
130	2	0	0
131	27	3,82	0,14
132	19	4,02	0,21
133	1	1,6	1,6
134	15	20,24	1,35

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N_{1-400,a}}$ (mSv)
135	28	12,41	0,44
136	1	0,38	0,38
137	3	0	0
138	1	0	0
139	4	0	0
140	18	12,01	0,67
141	12	10,55	0,88
142	1	0,19	0,19
143	14	1,80	0,13
144	1	0	0
145	13	2,23	0,17
146	21	4,46	0,2
147	1	0,22	0,22
148	18	0,25	0,01
149	36	4,39	0,12
150	2	0,15	0,08
151	1	1,22	1,22
152	11	5,79	0,53
153	1	0,79	0,79
154	1	0	0
155	39	158,62	4,07
156	26	10,18	0,40
157	8	0,40	0,05
158	46	2,50	0,05
159	38	3,40	0,01
160	30	20,56	0,70
161	43	3,63	0,08
162	26	40,47	1,56
163	35	19,45	0,56
164	2	0	0
165	38	22,58	0,60
166	28	54,33	1,94
167	18	2,93	0,16
168	44	5,28	0,12
169	19	28,89	1,52
170	21	2,85	0,14
171	28	22,10	0,79
172	3	0	0
173	27	1,04	0,04
174	2	0	0
175	10	14,53	1,45
176	2	0	0
177	1	1,57	1,57
178	3	19,31	6,44
179	11	0,25	0,02
180	2	0	0
181	3	0	0

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N_{1-400,a}}$ (mSv)
182	5	0	0
183	28	0,12	0,00
184	9	0,36	0,04
185	17	0,11	0,01
186	1	0	0
187	9	2,70	0,3
188	2	11,29	5,65
189	24	2,97	0,12
190	3	0	0
191	22	3,25	0,15
192	5	0,86	0,17
193	2	0	0
194	1	0	0
195	1	0,17	0,17
196	22	26,74	1,22
197	2	0	0
198	33	2,36	0,07
199	1	0,83	0,83
200	34	7,53	0,22
201	30	1,42	0,05
202	3	0	0
203	5	0,12	0,02
204	3	0	0
205	22	9,51	0,43
206	22	0,44	0,02
207	1	0,03	0,03
208	8	2,26	0,28
209	1	7,48	7,48
210	3	0	0
211	33	1,25	0,04
212	2	0	0
213	4	0	0
214	2	0	0
215	11	1,49	0,14
216	14	1,22	0,08
217	17	1,82	0,11
218	11	24,08	2,19
219	1	0,7	0,7
220	4	0	0
221	7	0,24	0,03
222	25	23,93	0,96
223	32	4,83	0,15
224	1	0,04	0,04
225	2	0	0
228	43	43,29	1,01
229	29	2,75	0,1
230	10	5,94	0,6

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N1-400,a}$ (mSv)
231	14	6,73	0,5
232	2	3,01	1,5
233	4	0	0
234	12	14,26	1,19
235	1	0,82	0,82
236	5	0	0
237	29	54,51	1,88
238	16	11,75	0,73
239	0	0	0
240	2	0	0
241	1	0	0
242	2	0	0
243	1	0	0
244	3	0	0
245	2	0	0
246	4	0	0
247	1	0	0
248	2	0	0
249	25	0,15	0,08
250	24	1,47	0,06
251	0	0	0
252	9	0,29	0,03
253	2	0,27	0,14
254	2	0	0
255	2	1,79	0,90
256	1	1,02	1,02
257	1	0,19	0,19
258	1	0,19	0,19
259	1	0	0
260	2	0	0
261	1	1,13	1,13
262	3	0	0
263	7	27,23	3,90
264	2	0,58	0,29
265	1	0	0
266	17	0,15	0,01
267	2	2,10	1,05
268	25	3,18	0,13
269	30	41,81	1,39
270	18	3,06	0,17
271	5	0	0
272	2	0	0
273	4	0,23	0,06
274	1	7,06	7,06
275	32	16,64	0,52
276	14	3,57	0,25
277	1	0,17	0,17

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N_{1-400},a}$ (mSv)
278	26	2,18	0,08
279	1	0	0
280	10	6,48	0,65
281	27	18,05	0,67
282	26	1,29	0,05
283	4	0,22	0,06
284	5	7,26	1,45
285	3	1,73	0,58
286	17	1,20	0,07
287	2	0	0
288	4	0	0
289	15	1,07	0,07
290	2	0,10	0,05
291	19	0,19	0,01
292	1	0	0
293	1	1,92	1,92
294	1	0,46	0,46
295	1	0	0
296	2	0,36	0,18
297	19	29,62	1,56
298	6	0	0
299	2	0	0
300	2	13,22	6,61
301	6	0	0
302	2	0	0
303	6	24,53	4,01
304	5	0,46	0,01
305	10	3,16	0,32
306	1	0	0
307	1	0	0
308	1	0,04	0,04
309	5	0	0
310	3	0	0
311	11	0,47	0,04
312	2	0	0
313	23	12,58	0,55
314	1	10,26	10,26
315	13	10,78	0,83
316	8	0,05	0,01
317	11	1,14	0,10
318	1	0	0
319	13	3,30	0,25
320	1	0	0
321	30	1,86	0,06
322	28	42,13	1,50
323	3	0	0
324	22	1,16	0,05

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N_{1-400,a}}$ (mSv)
325	24	0,06	0
326	25	38,87	1,55
327	23	17,14	0,75
328	22	16,75	0,76
329	37	19,82	0,54
330	2	0,94	0,47
331	34	2,08	0,06
332	27	16,39	0,61
333	18	38,96	2,16
334	2	0	0
335	26	6,61	0,25
336	18	36,21	2,01
337	1	0,49	0,49
338	24	14,64	0,61
339	4	27,25	6,81
340	12	11,30	0,94
341	1	0,16	0,16
342	13	17,93	1,38
343	18	5,22	0,29
344	30	1,44	0,05
345	17	6,02	0,35
346	3	0	0
347	25	16,28	0,65
348	2	0	0
349	5	1,32	0,26
350	3	18,99	6,33
351	1	0,07	0,07
352	3	0	0
353	21	0,08	0
354	10	0,78	0,08
355	1	0	0
356	1	0,28	0,28
357	1	0,08	0,08
358	21	30,41	1,45
359	32	20,04	0,63
360	2	0,77	0,38
361	31	14,63	0,47
362	1	2,06	2,06
363	2	0	0
364	33	33,44	1,01
365	3	0,30	0,10
366	4	8,65	2,16
367	9	0,23	0,03
368	1	0	0
369	5	11,40	2,28
370	1	0,70	0,70
371	18	34,14	1,90

$N_{1-400}$	Betrachtungs- zeitraum t (a)	$\Sigma E_{k,t}$ (mSv) n	$\overline{E}_{N_{1-400},a}$ (mSv)
372	13	15,06	1,16
373	31	4,80	0,15
374	40	1,72	0,04
375	11	2,85	0,26
376	3	0	0
377	1	0,06	0,06
378	3	5,59	1,86
379	29	85,96	2,96
380	3	0	0
381	44	27,12	0,62
382	1	0,29	0,29
383	4	0,23	0,06
384	19	1,00	0,05
385	28	19,30	0,69
386	38	41,41	1,09
387	4	0	0
388	29	5,76	0,19
389	39	32,01	0,82
390	23	32,00	0,97
391	1	0,70	0,70
392	2	4,41	2,20
393	6	0	0
394	7	0,27	0,04
395	28	2,26	0,08
396	21	15,33	0,73
397	34	5,47	0,16
398	14	0,98	0,07
399	1	0	0
400	20	0,85	0,04

Nach Summierung aller  $E_{N,a}$ -Werte ( $\Sigma E_{N,a} = 260,56$  mSv) führt die Division dieser Summe durch  $N$

$N = 400$  zu der kollektiven alterskorrigierten effektiven Dosis pro Jahr mit einem Wert von

$$\overline{E}_{N,a} = 0,65 \text{ mSv}$$

## 11. Literaturverzeichnis

- [Lit.1] Richtlinie 96/29/EURATOM zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung, Abl. Nr. L 159 (1996) 1
- [Lit.2] Richtlinie 97/43/EURATOM über den Gesundheitsschutz von Personen gegen die Gefahren ionisierender Strahlen bei medizinischer Exposition und zur Aufhebung der Richtlinie 84/466, Abl. Nr. L 180 (1997) 22
- [Lit.3] Röntgenverordnung, BGBl. I (1987) 114, novellierte Fassung als Artikel 1 der Verordnung zur Änderung der Röntgenverordnung und anderer atomrechtlicher Verordnungen BGBl. I (2002) 1869
- [Lit.4] Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach RöV (SV-RL), Entwurf 2003
- [Lit.5] DIN 6815: Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV, Regeln für die Prüfung des Strahlenschutzes nach Errichtung, Instandsetzung und wesentliche Veränderungen, Entwurf, August 2003-08-22
- [Lit.6] Leitlinien zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik der Bundesärztekammer, Dtsch. Ärztebl. 92, Heft 34/35 v. 28.8.1995
- [Lit.7] Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK): Anwendung der effektiven Dosis bei medizinischen Untersuchungen. BAnz. Nr. 213 vom 14.11.1997 (1997) S. 1368-1372
- [Lit.8] Ewen, K. : Die effektive Dosis in der Röntgendiagnostik, Z. Med. Phys. 10 (2000) 119-122  
Ewen, K., Regula, D.: Ist die effektive Dosis zur strahlenbiologisch relevanten Beschreibung der Patientenexposition geeignet? In: Ganzkörperbestrahlung-Strahlenschutzsubstanzen – Strahlenexposition in der Diagnostik (Hrsg.: D. Gottschild, Chr. Reiners), in der Reihe „Strahlenschutz in Forschung und Praxis“, Band 44, Verlag Urban & Fischer, München-Jena (2001) S. 141-148
- [Lit.9] A. Tyll : Die Strahlenexposition des Patienten in der Röntgendiagnostik, Diss. Arbeit, Uni Düsseldorf (1996)

- [Lit.10] Strahlenschutzkommission (SSK) : Strahlenexposition in der medizinischen Diagnostik. Klausurtagung der SSK, Rostock, 18.-19. Oktober 1993 und Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission, Bd. 30 (Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit). Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York (1995)
- [Lit.11] Griebel, J., Bauer, B.: Medizinische Röntgen-Strahlenexposition der Bevölkerung: Auswertung der Daten für 1997, BfS Jahresbericht 2000, S. 11-13  
D. Regulla et al.: Erfassung und Bewertung der Patientenexposition in der diagnostischen Radiologie und Nuklearmedizin,  
Z. Med. Phys. 13 (2003) 127-135
- [Lit.12] W. Panzer, M. Zankl : Beziehung zwischen Dosisflächenprodukt und Einfalldosis, Oberflächendosis, Organdosis, absorbiertes Energie (Integraldosis) und Effektivdosis, in W. Löster et al. (Hrsg.) : Die Messung des Dosisflächenproduktes, Hoffmann-Verlag (1995)
- [Lit.13] Bundesamt für Strahlenschutz : Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungen, Entwurf (2003)

Titel der Arbeit: Die Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch sozialmedizinisch bedingte Röntgenuntersuchungen in der Bundesknappschaft

Name der Doktorandin: Hildegund Weitkämper

Abstract

Röntgenstrahlung wird in der Medizin nicht nur kurativ, sondern auch unter anderem zu Untersuchungen nach den Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes, beispielsweise nach berufsgenossenschaftlichen Vorschriften, und nach sonstigen durch das Gesetz vorgesehenen oder zugelassenen Fällen angewendet. So kann es sein, dass im Rahmen sozialmedizinischer Untersuchungen in den entsprechenden Dienststellen der Bundesknappschaft im Zusammenhang mit Begutachtungen auch röntgendiagnostische Maßnahmen unumgänglich sind. Deren Spektrum umfasst aber im Gegensatz zur kurativen Röntgendiagnostik nur eine kleine Auswahl der heutzutage zur Verfügung stehenden radiologischen Methoden, wobei die Röntgenaufnahmetechnik deutlich dominiert. Wesentliche Untersuchungen betreffen den Thorax, die Wirbelsäule, den Schädel, die Extremitäten und das Becken.

Fragen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung – künstlich oder natürlich verursacht – werden auch im politischen Rahmen immer häufiger diskutiert. So befasst sich beispielsweise die novellierte Strahlenschutzverordnung sehr ausführlich mit der Problematik der Bevölkerungsexposition durch natürliche und zivilisatorische Strahlenquellen. In diesem Zusammenhang gerät die Röntgendiagnostik (berechtigt oder nicht) zunehmend in den Bereich politischer Kritik, weil ihr Dosisanteil den überwiegenden Beitrag zur künstlich erzeugten Strahlenexposition der Bevölkerung liefert ( $2,0 \pm 0,5$  mSv [Millisievert] pro Jahr und Person). Bei Festlegung dieses Dosiswertes hat das dafür von der Bundesregierung beauftragte BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) alle kurativen röntgendiagnostischen Maßnahmen in ausreichender Weise berücksichtigt. Aber wie hoch sind die Anteile der in sonstigen durch Gesetz vorgesehenen oder zugelassenen Fällen oder nach Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes durchgeführten Röntgenuntersuchungen an der Gesamtexposition der Bevölkerung? Diese Arbeit hat versucht, darauf für die Röntgentätigkeit der SMD (Sozialmedizinischer Dienst) der Bundesknappschaft eine Antwort zu geben: Bei Berücksichtigung der bei derartigen statistischen Erhebungen typischen Fehlerbreiten und Unsicherheiten sollte dieser Beitrag nicht höher sein als 0,002 mSv und damit noch deutlich innerhalb der vom BfS angegebenen Fehlerbreite von  $\pm 0,5$  mSv liegend.

## Lebenslauf

### Persönliche Daten:

Weitkämper, Hildegund Franziska Maria  
geb. 08.04.1962 in Bochum als drittes Kind der  
Eheleute Heinrich und Ursula Weitkämper geb. Falkenstein  
18.06.1987 Geburt meiner Tochter Franziska  
08.10.1991 Geburt meiner Tochter Emilia

### Ausbildungsdaten:

1968 - 1972	Gemeinschaftsgrundschule Natorpstraße in Bochum-Weitmar
1972 - 1981	Städt. Gymnasium Schiller-Schule In Bochum, Reifeprüfung 27. Juni 1981
August 1981 – Oktober 1981	Aushilfstätigkeit im Krankenpflegebereich des St. Josef-Hospital, Bochum
Oktober 1981 – April 1982	Studium der Philosophie und kath. Theologie an der Universität Bochum
Mai 1982 – Juni 1982	Praktikum im Schneiderhandwerk
Dezember 1982 – Mai 1990	Studium der Humanmedizin an der GHS/Universität Essen und an der Universität Bochum, Ablegen des 3. Staatsexamens am 15. Mai 1990
seit August 1990	ärztliche Tätigkeit beim Sozialmedizinischen Dienst der Bundesknappschaft in Moers
seit September 1993	zusätzlich im Zentralen Beratungsdienst der Bundesknappschaft in Bochum, beides unter Leitung von Dr. med. Wolfgang Klingler