

# Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz

**Machbarkeitsstudie zur Erhebung der medizinischen  
Strahlenexposition in der Helmholtzkoorte  
- Vorhaben 3610S40001**

**Auftragnehmer:  
BIPS - Institut für Epidemiologie und Präventionsforschung GmbH, Bremen**

**H. Zeeb  
J. Breckow  
H. Merzenich  
A. Ningo  
N. Obi  
S. Pöttgen  
F. Samkange-Zeeb**

**Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.**

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMU (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BfS übereinstimmen.

**BfS-RESFOR-84/13**

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
**urn:nbn:de:0221-2013090511030**

Salzgitter, September 2013

# MACHBARKEITSSTUDIE ZUR ERHEBUNG DER MEDIZINISCHEN STRAHLENEXPOSITION IN DER NATIONALEN KOHORTE

## Abschlussbericht

Kennzeichen 36 10 S40001

### **Projektleitung:**

Prof. Dr. Hajo Zeeb

BIPS - Institut für Epidemiologie und Präventionsforschung GmbH

### **Wissenschaftliche Mitarbeit Bremen:**

Florence Samkange-Zeeb, MPH

Saskia Pöttgen

### **In Zusammenarbeit mit:**

Dr. Hiltrud Merzenich

Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI),

Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg - Universität Mainz;

Prof. Dr. Joachim Breckow

Anye Ningo

Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz, THM Gießen – Friedberg

### **Weitere Mitarbeit:**

Dr. Nadia Obi

UKE Hamburg

Datenerhebung: Study Nurses der Feldarbeit (Bremen und Hamburg)

Dokumentation/Dateneingabe: Anna Höpner, Elke Bonus, Daniela Husmann (Bremen)

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Bremen, November 2012

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	4
Abstract .....	6
1 Zielsetzung .....	8
2 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 1 (AP1) .....	9
2.1 Systematische Recherche und Zusammenstellung validierter Erhebungsinstrumente zur Erfassung der medizinischen Strahlenexposition .....	9
2.2 Bewertung der Erhebungsinstrumente unter den Gesichtspunkten der Anwendbarkeit und Qualität sowie der Fehlerquellen und möglicher Gegenmaßnahmen .....	16
2.2.1 Arzt- oder Krankenhausunterlagen .....	16
2.2.2 Fragebögen, standardisierte Interviews .....	17
2.2.3 Röntgenpass .....	18
2.3 Entwicklung geeigneter Instrumente für eine valide Expositionserhebung.....	18
2.3.1 Umsetzung 1: computergestütztes Interview .....	19
2.3.2 Umsetzung 2: Röntgenpass der Nationalen Kohortenstudie .....	20
2.4 Durchführung eines Pilottest .....	21
3 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 2 (AP2) .....	22
3.1 Kontaktaufnahme mit Studienzentren, Auswahl einer Studienkohorte .....	22
3.2 Einsatz und Erprobung der Instrumente .....	23
3.2.1 Retrospektive Erhebung .....	23
3.2.2 Prospektive Erhebung .....	30
3.3 Erstellung einer Datenbank .....	31
3.4 Prüfung, Bewertung, Diskussion von Fehlerquellen.....	31
3.4.1 Integrierbarkeit der Expositionserhebung in das Gesamtprogramm der Nationalen Kohorte .....	31
3.4.2 Vollständigkeit und Validität der Erhebung .....	32
3.4.3 Aufgetretene Probleme im Rahmen der Machbarkeitsstudie .....	33
4 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 3 (AP3) .....	34
4.1 Methodenentwicklung bzw. Prüfung vorhandener Methoden .....	34
4.1.1 Abschätzung der Organdosis bei Röntgenuntersuchungen .....	35
4.1.2 Abschätzung der Organdosis bei CT-Untersuchungen.....	40
4.1.3 Abschätzung der Organdosis mittels Daten aus dem Röntgenpass .....	43
4.2 Anwendung der Dosisabschätzungsmethodik auf die in AP 2 erhobenen Daten .....	44
4.2.1 Röntgenuntersuchungen.....	44
4.2.2 CT-Untersuchungen.....	47
4.2.3 Ergebnis der Dosisabschätzung .....	47
4.3 Prüfung, Bewertung, Diskussion von Fehlerquellen.....	55
4.3.1 Mögliche Fehlerquellen in der Dosisabschätzung .....	55
4.3.2 Qualitative Bewertung .....	56

4.3.3 Integrierbarkeit der Dosisberechnung in das Gesamtprogramm der Nationalen Kohorte .....	57
5 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 4 (AP4) .....	59
5.1 Kostenabschätzung für die retrospektive Erhebung .....	59
5.2 Kostenabschätzung für die prospektive Erhebung .....	64
5.3 Diskussion .....	67
6 Gesamtdiskussion .....	68
Anhang .....	73

## Zusammenfassung

Die medizinische Strahlenexposition hat in den vergangenen Jahrzehnten zugenommen und weist den höchsten Anteil an der zivilisatorischen Strahlenexposition auf. Besonders die tendenziell mit höheren Strahlendosen verbundenen Untersuchungen wie CT haben in Deutschland (Brix et al, 2005) ebenso wie den USA (Mettler et al, 2008) an Häufigkeit zugenommen. Das Ziel dieser Machbarkeitsstudie war die Entwicklung praktikabler Erhebungsinstrumente für eine valide Erhebung der medizinischen Strahlenexposition in der Nationalen Kohorte. A priori wurde festgelegt, dass die Machbarkeit der Erhebung der lebenslangen medizinischen Strahlenexposition sowie die prospektive Erfassung potentieller Expositionen im Rahmen eines Follow up überprüft werden sollen.

Das BIPS koordinierte diese Machbarkeitsstudie, die gemeinsam mit dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Universitätsmedizin Mainz sowie dem Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz (IMPS) der Technischen Hochschule Mittelhessen durchgeführt wurde.

Zunächst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um in anderen Studien eingesetzte Erhebungsinstrumente zur Erhebung retrospektiver medizinischer Strahlenexpositionen zu evaluieren und zu bewerten. Auf Basis der gefundenen Informationen wurde ein Fragebogeninstrument für die Machbarkeitsstudie entwickelt.

Nachfolgend wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudien für die Nationale Kohorte alle Teilnehmer der Rekrutierungsorte Bremen und Hamburg gebeten, den für die Machbarkeitsstudie entwickelten Fragebogen zu früheren Röntgenuntersuchungen zu beantworten. Insgesamt 199 Personen (87 männlich, 112 weiblich) beantworteten den Fragebogen. Alle Studienteilnehmer gaben an, jemals radiologisch untersucht worden zu sein, wobei am häufigsten die Zähne (n=191), obere (n=124) sowie untere Extremitäten (n=121) und der Brustraum (n=117) untersucht wurden. 45% der Studienteilnehmer (n=90) hatten jemals eine CT-Aufnahme. Am häufigsten wurde eine CT des Schädels (n=42) genannt. Für Röntgen- und Interventionelle Untersuchungen wurden Geräteherstellerempfehlungen, Leitlinien der Bundesärztekammer und Konversionsfaktoren aus Drexler u.a (1993), benutzt, um eine retrospektive Schätzung der Organdosen, z.B. für das Gehirn, die Augenlinse, die Nebennieren, die Lunge und die Speicheldrüse durchzuführen. Bei den CT-Untersuchungen wurden Organdosen mit dem Programm CT-Expo ermittelt. Eine mittlere gesamte Dosis von 0,6 mSv wurde bei Brustraumuntersuchungen mit erhöhter Belastung von 0,11 mSv für die Nebennieren sowie die Lunge errechnet. Für CT-Schädel Untersuchungen wurde eine mittlere Gesamtorgandosis von 52,9 mSv geschätzt.

Für die prospektive Erhebung wurden die Teilnehmer aus Bremen gebeten, den für die Machbarkeitsstudie entwickelten Röntgenpass bei zukünftigen radiologischen Untersuchungen in den nächsten 6 Monaten nach der Befragung dem behandelnden Radiologen vorzulegen. In dem Röntgenpass sollten bestimmte, für die Dosisabschätzung benötigte Parameter, eingetragen werden. 56% der 98 Teilnehmer, die den Röntgenpass annahmen, schickten diesen nach 6 Monaten zurück. 13 der zurückgeschickten Röntgenpässe enthielten Aufzeichnungen.

Zum Projektabschluss wurde eine Kostenabschätzung für die Untersuchung im Rahmen der Hauptstudie entwickelt.

## Abstract

Exposure to medical ionizing radiation has been increasing over the past decades and clearly constitutes the largest contributor to overall human radiation exposure. In particular, dose-intensive diagnostic procedures like CT have been increasing in terms of frequency in Germany (Brix et al, 2005) and other countries like the USA (Mettler et al, 2008). The aim of this feasibility study was to develop usable instruments for a valid assessment of individual medical radiation exposure in the National Cohort Study. It was a priori determined that the feasibility study would not only assess the life-long medical ionizing radiation exposure, but that the prospective assessment of exposure would also be considered. The BIPS coordinated the study which was conducted jointly with the Institute for Medical Biostatistics, Epidemiology and Informatics, University Medical Centre Mainz and the Institute for Medical Physics and Radiation Protection, University of Applied Sciences (THM), Gießen.

Initially, a systematic literature review to provide an overview of instruments used in similar studies, as well as assess their quality was conducted. On the basis of the retrieved instruments, a questionnaire to be used in the feasibility study was constructed. Thereafter, the developed questionnaire was used in the context of the feasibility studies for the National Cohort Study. Details of previous x-ray examinations were collected from participants of the Bremen and Hamburg study centres during face-to-face interviews. To assess the feasibility of a prospective assessment of medical radiation exposures, modified x-ray cards, developed for the feasibility study, were distributed to participants in Bremen. The cards were constructed such that in addition to type and date of examination, parameters required for dose estimation, e.g. the dose-length-product and dose-area-product, could also be documented. The participants were requested to use the card over a period of six months from the day of the interview, and have all radiological examinations which they might undergo documented.

A total of 199 individuals (87 male and 112 female) took part in the interviews. All participants had been x-rayed at least once during their life-time, and the most common examinations were dental (n=191), upper (n=124) and lower extremities (n=121), and chest x-rays (n=117). The most common examination among the 90 participants who reported CT examinations was of the skull (n=42). For x-ray and interventional examinations, recommendations of manufacturers, guidelines of the German Medical Association for radiology, and conversion factors published by Drexler et al, were used for the retrospective organ dose estimation, e.g. for the brain, eye lens, adrenal gland, lungs and the spleen. For CT examinations, organ doses were estimated using the CT-Expo software. A total mean dose of 0.6 mSv was calculated for chest examinations, with an increased load of 0.11

mSv for the adrenal glands and the lungs. A mean total organ dose of 52.9 mSv was estimated for skull-CT examinations.

For the prospective assessment, 55 of the 98 distributed x-ray cards were returned after 6 months, 13 of which contained records. The usefulness of the records for dose estimation was however limited.

At the end of the project, an estimation of the costs for the main study was done, based on the costs of the feasibility study. The final report was submitted to the Federal Office for Radiation Protection (BfS) in November 2012.

## **1 Zielsetzung**

Das Hauptziel der Machbarkeitsstudie war die Entwicklung praktikabler und valider Erhebungsinstrumente für die Ermittlung individueller Daten zur medizinischen Strahlenexposition im Rahmen der Nationalen Kohorte. Das Projekt bestand aus den unten aufgelisteten vier Arbeitsschritten, die nacheinander einzeln ausführlich dargestellt werden<sup>1</sup>.

Arbeitsschritt 1 (AP 1): Entwicklung praktikabler Erhebungsinstrumente für eine valide Erhebung der medizinischen Strahlenexposition in der Nationalen Kohorte.

Arbeitsschritt 2 (AP 2): Erprobung der in AP 1 entwickelten Instrumentarien in einer Pilotphase an einer Stichprobe von etwa 100 Probanden der Nationalen Kohorte.

Arbeitsschritt 3 (AP 3): AP3 Abschätzung der effektiven Dosis (bzw. Organdosis) anhand der in AP2 erhobenen Daten.

Arbeitsschritt 4 (AP 4): Abschätzung des Aufwands und der Kosten für eine Erhebung im Rahmen der Hauptstudie der Nationalen Kohorte.

---

<sup>1</sup> Im Projektbericht wird durchgängig die männliche Form verwendet, Die Verwendung der männlichen Sprachform bezieht in gleicher Weise beide Geschlechter ein, sofern nicht explizit erläutert.

## **2 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 1 (AP1)**

Einzelziele und Aufgaben waren:

- 2.1 Systematische Recherche und Zusammenstellung validierter Erhebungsinstrumente zur Erfassung der medizinischen Strahlenexposition
- 2.2 Bewertung der Erhebungsinstrumente unter den Gesichtspunkten der Anwendbarkeit und Qualität sowie der Fehlerquellen und möglicher Gegenmaßnahmen
- 2.3 Entwicklung geeigneter Instrumente für eine valide Expositionserhebung
- 2.4 Durchführung eines Pilottest.

### **2.1 Systematische Recherche und Zusammenstellung validierter Erhebungsinstrumente zur Erfassung der medizinischen Strahlenexposition**

Die Recherche zur Erfassung validierter Erhebungsinstrumente umfasste folgende methodische Ansätze:

- Literaturreview zu strahlenepidemiologischen Studien der vergangenen 20 Jahre, bei denen eine individuelle Expositionsermittlung stattfand.
- Fragebögen früherer strahlenepidemiologischer Studien: Durchführung einer Recherche zu bereits eingesetzten Erhebungsinstrumenten durch Kontaktaufnahme zu nationalen und internationalen Forscherinnen und Forschern, die strahlenepidemiologische Studien zur medizinischen Strahlenexposition durchgeführt haben.

Mit Hilfe des Literaturreviews sollten Studien recherchiert werden, die die Erhebung der diagnostischen Strahlenexposition zum Gegenstand haben oder aber die methodische Vorgehensweise zur Erhebung der Exposition beschreiben. Da das Ziel von AP1 die konkrete Entwicklung praktikabler Erhebungsinstrumente ist, war es nicht Ziel des Reviews, alle in den vergangenen 20 Jahren jemals durchgeführten strahlenepidemiologischen Studien systematisch zu recherchieren und zu bewerten. Vielmehr sollten wichtige Kernstudien ermittelt werden, die die diagnostische Strahlenexposition auf individueller Ebene untersucht haben.

Für die Literatursuche wurden folgende Kriterien festgelegt.

- Einschlusskriterien: Publikationsjahr ab 1.1.1990, englische oder deutsche Sprache, epidemiologische Studie, Erhebung individueller Expositionsdaten. Da zu Beginn der Machbarkeitsstudie die genauen Einschlusskriterien der Nationalen Kohorte noch nicht feststanden,

wurden auch Studien berücksichtigt, die strahlenepidemiologische Untersuchungen bei Kindern durchgeführt haben.

- Ausschlusskriterien: Therapiestudien, Dosimetrie-Studien, Studien zur beruflichen Exposition, Case Report, Case Series, Ökologische Studien, Comments, Letters, Clinical trials.

Zur Ermittlung strahlenepidemiologischer Studien im Zeitraum 1990 bis 2005 wurden die Bibliografien des UNSCEAR-Reports 2006 (Epidemiological Studies of Radiation and Cancer) und 2008 (Sources and Effects of Ionizing Radiation) überprüft. Für den Zeitraum 2005 bis 2010 wurde eine PubMed-basierte Literatursuche mit erhebungsspezifischen Search-Terms durchgeführt (Search terms: Medical diagnostic radiation, diagnostic x-ray exposure, CT exposure, fluoroscopy exposure, diagnostic radioisotope exposure and individual exposure assessment. Medical diagnostic radiation and leukaemia. Medical diagnostic radiation and thyroid cancer. Medical diagnostic radiation and cancer.) Bei Artikeln, die den Einschlusskriterien entsprachen, wurde zusätzlich die jeweilige Literaturliste nach relevanten Artikeln überprüft.

Im Rahmen der Literatursuche wurden insgesamt 86 Publikationen ermittelt, die den vorgegebenen Einschlusskriterien entsprachen (Tabelle 1).

**Tabelle 1      Literaturreview zu strahlenepidemiologischen Studien: Anzahl relevanter Publikationen**

Suche Nr	Quelle(n)	Relevante Publikationen, Anzahl	Vorgehen
1	Bibliografie UNSCEAR 2008	4 Publikationen	Überprüfung der Bibliografie
2	Bibliografie UNSCEAR 2006	20 Publikationen	Überprüfung der Bibliografie
3	PubMed_Suche	37 Publikationen	Search terms
4	Handsuche in Bibliografien der Publikationen (3)	25 Publikationen	Überprüfung der Bibliografien von (3).
		$\Sigma = 86$	

Von den 86 Studien wurden 14 ausgeschlossen, da es sich um epidemiologische Untersuchungen handelte, die zwar die individuelle Exposition erfassten, dabei jedoch ausschließlich den dosimetrischen Ansatz beschrieben und kein Erhebungsinstrument (Fragebogen, Interview). Somit verbleiben n=72 publizierte Studien (**Anhang AP1, A**).

Die im Rahmen des Literaturreviews identifizierten Studien wurden in eine ACCESS-Datenbank eingegeben. Folgende Kerninformationen wurden dabei extrahiert:

- Studiendesign,
- Art der erhobenen Exposition (CT, Röntgen, interventionelle radiologische Untersuchungen, Anderes),
- Expositionsphase (pränatal, Kindheit, Erwachsenenalter),
- Quantifizierung (ever/never, Anzahl der Untersuchungen, dosimetrische Schätzung),
- Erfasster Expositionszeitraum,
- Erhebungsart (Fragebogen, Interview,...).

Primäres Ziel einer deskriptiven Untersuchung war es, einen Überblick über häufige Erhebungsarten in Abhängigkeit vom Studiendesign zu erhalten.

Für die im Rahmen der Literaturrecherche ermittelten Publikationen vermittelt Tabelle 2 einen Überblick zur Verteilung des Studiendesigns. Überwiegend handelte es sich um Fall-Kontroll-Studien (45,6%) und Kohortenstudien (31,7%). Es wurde lediglich eine prospektive Kohortenuntersuchung im Rahmen dieses Literaturreviews gefunden (Schaefer et al. 2009). Da Mehrfachnennungen möglich waren (z.B. Kohortenstudien und gleichzeitig eine eingebettete Fall-Kontroll-Studie) weist Tabelle 2 insgesamt 79 Studien auf, basierend auf 72 Publikationen.

**Tabelle 2 Studiendesign relevanter strahlenepidemiologischer Untersuchungen**  
(Mehrfachnennungen möglich)

<b>Studiendesign</b>	<b>Anzahl</b>	<b>%</b>
Prospektive Kohortenstudie	1	1,3
Retrospektive Kohortenstudie	24	30,4
Eingebettete Fall-Kontroll-Studie	5	6,3
Fall-Kontroll-Studie	36	45,6
Querschnittsstudie	6	7,6
Anderes*	7	8,8
<b>Σ</b>	<b>79</b>	<b>100</b>

\*Poolingstudien

Von allen (n=72) strahlenepidemiologischen Untersuchungen haben 97% (n=70) die medizinische Strahlenexposition erfasst bzw. nähere Angaben zur Methodik gemacht. Tabellen 3 und 4 zeigen für diese Studien die Art der erhobenen Exposition sowie die Art der Quantifizierung der Strahlenexposition. Die Erfassung von Expositionen durch das Röntgen ist mit 48% am häufigsten. Eine exakte Dosisschätzung (d.h. eine über „jemals versus niemals“ oder einfache Häufigkeiten hinausgehende Abschätzungen von Organdosen oder effektiven Dosen ) wurde nur in 22% der publizierten Studien durchgeführt.

**Tabelle 3 Erhobene medizinische Strahlenexposition**  
(Mehrfachnennungen möglich)

Erhobene medizinische Strahlenexposition	Anzahl	%
Röntgen	45	48,4
Computertomografie	11	11,8
Interventionelle Prozeduren	13	14,0
Anderes*	24	25,8
<b>Σ</b>	<b>93</b>	<b>100</b>

\* Anderes: Thorotrast injections, szintigraphy, diagnostic Iodine-131, therapeutic radiation, dental x-ray exposure, nuclear medicine examinations, mammography, technetium-99m, parental exposure to radiation.

**Tabelle 4 Quantifizierung der medizinischen Strahlenexposition**  
(Mehrfachnennungen möglich)

Erhobene medizinische Strahlenexposition	Anzahl	%
Ever/never	41	39,8
Anzahl der Untersuchungen (frequency)	39	37,9
Exakte Dosisschätzung	23	22,3
<b>Σ</b>	<b>103</b>	<b>100</b>

Bezüglich des Expositionszeitraumes betrachten 17,8% der veröffentlichten Studien den pränatalen Zeitraum, 32% die Kindheit und 50% die Exposition im Erwachsenenalter.

Insbesondere in retrospektiven Kohortenstudien werden sehr weit zurückliegende Zeiträume erfasst. So erheben Doody et al. (2000) die Strahlenexposition von Skoliosepatientinnen in den Jahren 1912 bis 1965. In der einzigen (klassischen) prospektiven Kohortenstudie wird die Exposition gegenüber szintigrafischen Untersuchungen bei schwangeren Frauen in den Jahren 1991 bis 2008 betrachtet (Schaefer et al. 2009).

Die retrospektiven Kohortenstudien erfassen zurückliegende Zeiträume von durchschnittlich 27 Jahren (vor Interview), Fall-Kontrollstudien von durchschnittlich 11 Jahren.

Tabelle 5 zeigt die eingesetzten Erhebungsinstrumente unter Berücksichtigung des Studiendesigns. Auch hier sind Mehrfachnennungen möglich. So können in einer Studie z.T. mehrere Erhebungsinstrumente eingesetzt werden, beispielsweise ein Basisfragebogen und ein Follow-up-Instrument zur prospektiven Erhebung der medizinischen Strahlenexposition (Pijpe et al. 2010).

Insgesamt werden in den betrachteten Kohortenstudien überwiegend Krankenhausunterlagen (schriftliche Unterlagen oder „hospital registries“) als Datenquellen zur Erhebung der individuellen Exposition (65,5%) genutzt. Der Einsatz von Fragebögen bzw. Interviews erfolgte in Kohortenstudien zu 17,3% bzw. 7%. Demgegenüber werden in Fall-Kontroll-Studien Fragebögen zu 30,8% eingesetzt und Interviews zu 38,5%.

**Tabelle 5 Verteilung der eingesetzten Erhebungsinstrumente nach Studientyp**  
Mehrfache Nennung von Erhebungsinstrumenten pro Studientyp möglich

	Interview	Fragebogen	Arzt-Fragebogen	Arzt-/Krankenhaus- unterlagen	Follow-up instru- ment (Kohortenstudien)	Anderes*	Keine An- gabe	Summe Erhebungsin- strumente
	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)	Anzahl (%)
Retrospektive Ko- hortenstudie	2 (7%)	5 (17,3%)	1 (3,4%)	19 (65,5%)	1 (3,4%)	0	1 (3,4%)	29 (100%)
Prospektive Kohor- tenstudie	0	1 (100%)	0	0	0	0	0	1 (100%)
Eingebettete Fall-Kontroll-Studie	0	2 (40%)	0	2 (40%)	0	0	1 (20%)	5 (100%)
Fall-Kontroll-Studie	15 (38,5%)	12 (30,8%)	0	11 (28,2)	0	1 (2,5%)	0	39 (100%)
Querschnittsstudie	2 (28,6%)	0	0	3 (42,8%)	0	2 (28,6%)	0	7 (100%)
Anderes	2 (22,2%)	3 (33,3%)	0	3 (33,3%)	0	0	1 (11,2%)	9 (100%)

\*Anderes Erhebungsinstrument: Telefoninterview, Daten einer Versicherung, Interview mit Müttern der Fälle

Fragebögen früherer strahlenepidemiologischer Studien: Zusätzlich wurden Kontakte zu nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen, die strahlenepidemiologische Studien zur medizinischen Strahlenexposition durchgeführt haben, aufgenommen. Forscher, die hier tätig waren, wurden gebeten, die in strahlenepidemiologischen Studien eingesetzten Erhebungsinstrumente für die Machbarkeitsstudie zur Verfügung zu stellen. Insgesamt wurden 9 Erhebungsinstrumente zur Verfügung gestellt (Tabelle 6).

**Tabelle 6 Erhebungsinstrumente früherer strahlenepidemiologischer Untersuchungen**

<b>Kontakt</b>	<b>Studie</b>	<b>Erhebungsinstrumente</b>
US National Cancer Institute (NCI), Radiation Epidemiology Branch	US Radiologic Technologists - Kohortenstudie	Fragebogen, erster Survey
	US Radiologic Technologists - Kohortenstudie	Fragebogen, zweiter Survey
	US Radiologic Technologists - Kohortenstudie	Zweiter Survey (Kurzfragebogen)
	US Radiologic Technologists - Kohortenstudie: Buccal cell collection study. (nested case-control-study)	RQ1 Questionnaire
	Airline Pilot Biomarker Study (case-control-study)	NCI_NIOSH* - Questionnaire
	Airline Pilot Biomarker Study	NCI_NIOSH-FISH (Interview)
Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin (BIPS)	Norddt. Leukämie- und Lymphomstudie (Fall-Kontroll-Studie)	standardisiertes Interview
Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI)	Interphone-Studie	standardisiertes Interview
Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg	Epilymph_Europe: Study on Health and Environment	standardisiertes Interview

\* National Cancer Institute/NCI, US National Institute for Occupational Safety and Health/NIOSH

Die vorliegenden 9 Fragebögen wurden hinsichtlich der Kriterien „Erhebungsart, Expositionsart, Quantifizierung der Exposition, erfasste strahlenmedizinische Prozeduren“ beschrieben (**Anhang AP1, B**). Tabelle 7 zeigt zusammenfassend die grundsätzlichen Vorgehensweisen bzgl. der Erhebungsart und der Häufigkeitsabfrage.

**Tabelle 7 Erhebungsinstrument und Erhebungsmodus**

<b>Studie</b>	<b>Erhebungsart</b>	<b>Erhebungsmodus</b>
US radiologic technologists - Kohortenstudie	Erster survey: Fragebogen (Selbstaussfüller)	Jemals/niemals Häufigkeit (lebenslang) Jahr der ersten Anwendung
US radiologic technologists - Kohortenstudie	Zweiter survey: Fragebogen (Selbstaussfüller)	Jemals/niemals Häufigkeitsabfrage in Zeitfenstern: vor 1980, 1980-89, 1990 und später
US radiologic technologists - Kohortenstudie	Kurzfragebogen (Selbstaussfüller)	Siehe zweiter Survey
Nested case-control in the US radiologic technologists cohort: buccal cell collection study	RQ1 Fragebogen (Selbstaussfüller)	Jemals/niemals Häufigkeitsabfrage in Zeitfenstern: 1980-1989, 1990-1999, 2000-to present. Systematische Abfrage von Körperregionen beginnend im Kopfbereich.
Airline Pilot Biomarker Study (case-control-study)	NCI_NIOSH* - Fragebogen (Selbstaussfüller)	Jemals/niemals Häufigkeitsabfrage in Altersklassen: "Please record the number of chest x-rays you had when you were <20 years, 20-29, 30-39, 40-49, >50 years".
Airline Pilot Biomarker Study (FISH /Fluorescence in situ hybridization) - Study	NCI_NIOSH-FISH (Interview)	Jemals/niemals <u>Häufigkeitsabfrage</u> :before 1950, between 1950-1969, 1970+.
Norddt. Leukämie- und Lymphomstudie (Fall-Kontroll-Studie)	Standardisiertes Interview	Erfassung der lebenslangen Exposition. Jemals/niemals, wie oft, in welchem Jahr, welcher Körperteil?
Interphone-Studie	Standardisiertes Interview	Nur Expositionserfassung im Kopf-Halsbereich Wie oft, wie alt, welche Indikation, welcher Körperteil?
Epilymph_Europe: Study on Health and Environment	Standardisiertes Interview	Nur Erfassung von Expositionen durch Röntgen.

## **2.2 Bewertung der Erhebungsinstrumente unter den Gesichtspunkten der Anwendbarkeit und Qualität sowie der Fehlerquellen und möglicher Gegenmaßnahmen**

Die Zielgruppe der Nationalen Kohorte sind Erwachsene von 20 bis 70 Jahren. A priori wird für den Pilottest (AP2) festgelegt, dass die Machbarkeit der Erhebung der lebenslangen medizinischen Strahlenexposition überprüft werden soll sowie die prospektive Erfassung potentieller Expositionen im Rahmen eines Follow-up. Nachfolgend werden die hierzu in Frage kommenden Erhebungsinstrumente unter den Aspekten Anwendbarkeit, Qualität der Daten und Fehlerquellen diskutiert.

### 2.2.1 Arzt- oder Krankenhausunterlagen

Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, sind bei der Mehrheit der Studien Arzt- oder Krankenhausunterlagen bzw. elektronische Register die entscheidenden Datenquelle zur Bestimmung der individuellen Strahlenexposition. Im Hinblick auf die Nationale Kohorte dürfte die Nutzung von Registern oder EDV-Dokumentationen nicht umsetzbar sein, da in Deutschland diese Art der systematischen Registrierung nicht zur Routine in Krankenhäusern gehört. Arzt- oder Krankenhausunterlagen beinhalten in der Regel valide Angaben zur Häufigkeit und zum Zeitpunkt der Exposition gegenüber medizinischer Strahlung. Allerdings enthalten Papierakten keine Dosisinformationen.

Dosisschätzungen für Röntgenuntersuchungen auf der Basis von Häufigkeitsangaben und Zeitangaben sind machbar (mündliche Auskunft, Prof. Joachim Breckow, Gießen). Problematisch ist hingegen eine Dosisabschätzung für CT-Untersuchungen, aufgrund technischer Änderungen der CT-Geräte in den letzten Jahren. Das bedeutet für die Erhebung der medizinischen Strahlenexposition (im Rahmen der Nationalen Kohorte), dass für dosimetrische Schätzungen weitere technische Details (z.B. Gerätetyp, Position des Patienten etc.) erhoben werden müssen. In Deutschland sind im sog. RIS (Radiologisches Informationssystem) alle untersuchungsrelevanten Informationen (persönliche Daten, Datum, Anamnese, Befunde, Behandlung), nicht aber die Strahlendosis enthalten. Im PACS (picture archiving and communication system), dem hoch standardisierten Bilddatenarchiv für alle radiologischen Anwendungen, sind als Metainformationen die Geräteparameter enthalten, die eine individuelle Expositionsbestimmung ermöglichen<sup>2</sup>. Die Einholung solcher expositionsrelevanter Informationen über den Arzt (Radiologe / Teilgebietsradiologe) im Rahmen der Nationalen Kohorte

---

<sup>2</sup> Die Beschreibung der Ableitung von Dosisschätzungen aus Häufigkeitsangaben und/oder PACS-Informationen ist Gegenstand von AP3

wäre grundsätzlich sinnvoll, jedoch sehr aufwändig und abhängig von der Kooperation der einzelnen Ärzte. Allerdings wurde die Dokumentation im Bildarchivierungssystem PACS erst im Jahre 2002 eingeführt, wobei insbesondere in den ersten Jahren nicht von einer flächendeckenden Anwendung ausgegangen werden kann. Aus diesem Grund und auch unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Unterlagen im Krankenhaus nur zeitlich begrenzt archiviert werden, ist es für die Erfassung der medizinischen Strahlenexposition im Rahmen der Nationalen Kohorte unerlässlich, klassische epidemiologische Erhebungsinstrumente wie Fragebögen oder persönliche Interviews einzusetzen.

### 2.2.2 Fragebögen, standardisierte Interviews

Fragebögen oder standardisierte Interviews werden in strahlenepidemiologischen Untersuchungen routinemäßig eingesetzt. Insbesondere für die retrospektive Erhebung weit zurückliegender Expositionen (z.B. in Fall-Kontroll-Studien) sind diese Instrumente unerlässlich.

In verschiedenen US-amerikanischen Studien (vgl. Tabelle 7) wurden ausschließlich Fragebogeninstrumente als sog. Selbstausfüller erfolgreich eingesetzt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil der Kosteneinsparung, da keine Personalkosten für Interviewer anfallen. Der Studienteilnehmer muss keine Terminabsprache treffen und kann sich in Ruhe mit den Fragen auseinandersetzen. Die Vorteile eines face-to-face Interviews gegenüber dem Einsatz eines Fragebogeninstrumentes sind dagegen die Möglichkeit zum gezielten Probing, die Möglichkeit, radiologische Verfahren genauer erläutern zu können sowie durch den persönlichen Kontakt zum Studienteilnehmer das Abbrechen des teilweise schwierigen Fragenkataloges zu verhindern. Letztlich würde aber nur eine Validierungsstudie, die beide Methoden vergleichend evaluiert, eine genaue Aussage darüber erlauben, ob zur Erhebung der medizinischen Strahlenexposition ein Fragebogen oder das persönliche Interview die effektivste Methode ist. Aufgrund der positiven Erfahrungen mit standardisierten Interviews in Deutschland (vgl. Tabelle 7) soll in der Nationalen Kohorte diese Erhebungsart eingesetzt werden. Im Hinblick auf mögliche Einbußen bei der Responserate sei darauf verwiesen, dass die hohe Responserate in der US Radiologic Technologists-Kohortenstudie (68%) möglicherweise weniger ein Effekt des Erhebungsinstrumentes war, als vielmehr das Resultat der spezifischen Zusammensetzung dieser Kohorte (hoher Frauenanteil, hoher Sozialstatus, hohe Motivation durch den spezifischen beruflichen Hintergrund der Studienteilnehmer).

Die besondere Schwierigkeit bei beiden Vorgehensweisen (Fragebogen und Interview) dürfte in der Erfragung weit zurückliegender Expositionszeiträume (einschließlich der Kindheit) bestehen, was an das Erinnerungsvermögen insbesondere älterer Kohortenmitglieder hohe

Ansprüche stellt. Dies gilt insbesondere für Röntgenuntersuchungen, die relativ häufig durchgeführt werden. Hingegen dürften „singuläre“ Ereignisse (CT oder nuklearmedizinische Untersuchungen) leichter zu erinnern sein. Eine Überprüfung der Angaben des Studienteilnehmers ist möglich, wenn mit dem behandelnden Arzt Kontakt aufgenommen wird, auch hier bleiben Probleme bestehen, wenn die Untersuchungen lange zurück liegen und die Aufbewahrungsfristen für Dokumente überschritten sind. Grundsätzlich muss hierzu der Studienteilnehmer allerdings seine Einwilligung zur Entbindung des Arztes von dessen Schweigepflicht erteilen, ggf. auch nur selektiv in Bezug auf Angaben zu Röntgenuntersuchungen bzw. Dosisangaben. Auch dieser Punkt spricht für das Interview als Methode der Wahl in der Nationalen Kohorte, da die Entbindung von der ärztlichen Schweigepflicht ggf. auf Vorbehalte des Studienteilnehmers stoßen dürfte. Der Interviewer hat die Möglichkeit den Sinn dieses Vorgehens genauer zu erklären.

### 2.2.3 Röntgenpass

Der in Deutschland bekannte Röntgenpass (Röntgennachweisheft gemäß §28 Röntgenverordnung) kann als additives Erhebungsinstrument genutzt werden. Hier werden vom behandelnden Arzt oder Radiologen folgende Angaben dokumentiert: Datum der Untersuchung, die untersuchte Körperregion und die Art der Anwendung. Stempel und Unterschrift des Arztes bestätigen die Angaben.

Allerdings ist die Führung des Röntgenpasses freiwillig, und dessen Vollständigkeit ist folglich allein von der Umsicht des Patienten abhängig. Insofern kann der Röntgenpass die Erhebung der medizinischen Strahlenexpositionen nicht umfassend gewährleisten.

## **2.3 Entwicklung geeigneter Instrumente für eine valide Expositionserhebung**

Auf Grundlage der Erkenntnisse aus der Literatur wurde ein neues Instrument für die Erhebung der diagnostischen Strahlung in der Nationalen Kohorte entwickelt.

Die Entwicklung eines Erhebungstools musste folgende Rahmenbedingungen berücksichtigen:

- Umfassende Erhebung aller in Frage kommenden Expositionsquellen der medizinischen Strahlenexposition,
- Beschränkung der Dauer des Interviews auf maximal 30 Minuten unter Berücksichtigung der Tatsache, dass in der Nationalen Kohortenstudie weitere und umfangreiche Erhebungen anderer Expositionen vorgesehen sind,

- sprachlich ansprechende Gestaltung, die die teils schwierigen technischen Begrifflichkeiten der Radiologie auch für Laien verständlich macht,
- Unterstützung der allgemeinen Verständlichkeit durch Einsatz von Bildmaterial (z.B. Visualisierung des Unterschiedes zwischen einem CT und einem MRT),
- Erfassung zurückliegender Expositionen und auch therapeutischer Expositionen (z.B. Strahlentherapie nach Krebserkrankung),
- Zur Dosisschätzung Einholung expositionsrelevanter Informationen (Röntgen: Angabe des Dosisflächenproduktes, CT: Angabe des Dosislängenproduktes, Nuklid, Aktivitätsreferenzwert) über den behandelnden Arzt im Rahmen eines prospektiven Ansatzes.

### 2.3.1 Umsetzung 1: computergestütztes Interview

Es wurde eine Vorlage für ein computergestütztes Interview entwickelt (**Anhang AP1, C**). Das Institut für Epidemiologie und Präventionsforschung (BIPS) verfügt durch zahlreiche Studien über eine langjährige Erfahrung in der Durchführung komplexer Interviews. Zudem ist diese Vorlage auch eine gute Grundlage für eine Umgestaltung zum Fragebogeninstrument (z.B. als Kurzfragebogen).

Im Interview werden folgende Expositionsarten erfragt: Computertomografie, Röntgenuntersuchungen (einschließlich zahnärztlicher Untersuchungen und Kontrastmitteluntersuchungen), interventionelle radiologische Verfahren (Herzkatheter- Untersuchungen, andere minimal-invasive Eingriffe), Verfahren der nuklearmedizinischen Diagnostik (Szintigramme), Strahlentherapien. Ebenfalls werden besondere Verfahren wie die Mammografie oder Knochendichtemessungen berücksichtigt. Auf die Erfragung von MRT-Untersuchungen wurde verzichtet, da diese nicht mit ionisierender Strahlung verbunden sind.

Die Erfassung jeder Expositionsart beginnt mit einer „Ever/never“-Einstiegsfrage. Es folgt die Erfassung der Untersuchungsart durch die systematische Auflistung möglicher betroffener Körperregionen. Dabei wird jeweils die Häufigkeit erfragt, das Jahr der Untersuchung und, zum Zwecke des Probing, das Alter bei Untersuchung.

Jedes radiologische Verfahren wird einleitend mit einfachen Worten beschrieben. Um Verwechslungen verschiedener radiologischer Untersuchungsverfahren zu vermeiden, kann von dem Interviewer Bildmaterial eingesetzt werden, beispielsweise zur Verdeutlichung des Unterschiedes zwischen CT und MRT.

Bei Anwendungen nuklearmedizinischer Diagnostik und bei strahlentherapeutischen Verfahren soll der Studienteilnehmer gebeten werden, seine Einwilligung zur Rücksprache mit dem

behandelnden Arzt zu geben bzw. diesen von der ärztlichen Schweigepflicht zu entbinden. Ziel ist die Erhebung genauerer radiologischer Angaben über den Arzt (strahlentherapeutische Dosis, Nuklid, Aktivitätsreferenzwert). Im Rahmen der Pilotphase (AP2) wird zunächst nur die grundsätzliche Bereitschaft des Studienteilnehmers zu diesem Schritt ermittelt (Mit der Frage: *Wären Sie einverstanden, dass wir Ihren Radiologen / oder behandelnden Arzt kontaktieren und um weitere Informationen zur Art der Therapie und der Strahlendosis bitten?*).

### 2.3.2 Umsetzung 2: Röntgenpass der Nationalen Kohortenstudie

Für Röntgenuntersuchungen sind auf der Basis von Häufigkeitsangaben und Zeitangaben, wie sie im Interview erhoben werden, retrospektive Dosisschätzungen machbar. Dies gilt jedoch nicht (oder nur unzureichend) für CT-Untersuchungen oder andere radiologische Verfahren. Aus diesem Grunde wurde ein Follow-up-Instrument entwickelt, das die Grundlage einer möglichst präzisen Dosisschätzung sein soll, dabei aber auch die praktischen Gegebenheiten im medizinischen Alltag sowie das bisher bekannte Format des Röntgenpasses beachtet. Dabei wird nicht die retrospektive medizinische Strahlenexposition erfragt, die durch Erinnerungslücken oder fehlerhafte Informationen durch die Studienpersonen beeinflusst werden kann (Recall bias, Informationsbias). Vielmehr erhalten die Studienteilnehmer den sog. „Röntgenpass der Nationalen Kohortenstudie“ (**Anhang AP1, D**). Der Studienteilnehmer wird gebeten, den Röntgenpass bei jeder radiologischen Untersuchung dem behandelnden Arzt vorzulegen. Dieser soll folgende Informationen eintragen: Art der Untersuchung und untersuchte Körperregion, Datum der Untersuchung, Dosisflächenprodukt (für Röntgenaufnahmen) bzw. Dosislängenprodukt (für CT-Aufnahmen), Nuklid und Aktivitätsreferenzwert (bei nukleardiagnostischen Untersuchungen; noch zu ergänzen auf abschließendem Entwurf des Passes).

Es wurde zudem diskutiert, ob es umsetzbar ist, Ärzte zu bitten, dass sie dem Patienten bzw. Studienteilnehmer eine CD (oder DVD) mit allen Untersuchungsangaben (Spez. DICOM – Header) bzw. Bilddokumenten (PACS) überlassen. Der Studienteilnehmer würde dann die CD dem Studienzentrum zur Dosisabschätzung überantworten. Erste Rücksprachen mit Ärzten haben ergeben, dass dieses nicht einfach umzusetzen ist. Im Modul 2 soll dieser Frage aber durch gezielte Kontaktierung und persönliche Interviews mit ca. 10 Radiologen und Teilgebietsradiologen in Praxis und Klinik weiter nachgegangen werden.

## 2.4 Durchführung eines Pilottest

Der entwickelte Fragebogen wurde im Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) bei 12 freiwilligen Personen (Wissenschaftlern, Dokumentaren, Sekretärinnen) auf sprachliche Verständlichkeit, zeitliche Dauer des Interviews und logische Konsistenz der Filterführung getestet.

Insgesamt dauerten alle Interviews ca. 15–20 Minuten. Erinnerungsprobleme gab es bei einer Person bei den Röntgenuntersuchungen. Hier gab der Befragte an, „er wisse nicht, ob es sich um eine Röntgen- oder CT-Untersuchung gehandelt habe, aufgrund einer Amnesie“. Nach Abschluss von AP2 könnte das Interview dahingehend abgeändert werden, dass für alle Polytraumata oder schwere Unfälle das Einverständnis eingeholt wird, den behandelnden Arzt kontaktieren zu dürfen. Schwierig erschien einigen Teilnehmern des Pilottestes auch die exakte Erinnerung aller zahnärztlichen Röntgenaufnahmen.

Wichtig waren die Hinweise der Interviewten zu den Beschreibungen der radiologischen Untersuchungen. Diese waren in ihrer ursprünglichen Fassung sprachlich zu technisch. Positiv reagierten die interviewten Personen auf die systematische Abfrage von Körperregionen, beginnend im Kopfbereich bis zu den unteren Extremitäten. Dies sei „fördernd für die Erinnerung“.

Schließlich wurde die Interview-Vorlage auch mit Bremer Kolleginnen aus der Feldarbeit, der EDV, der Studienärztin, einer Radiologin und einem Physiker diskutiert und Anregungen in die Endfassung des einzusetzenden Instrumentes aufgenommen.

### **3 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 2 (AP2)**

Einzelziele und Aufgaben waren:

- 3.1 Kontaktaufnahme mit Studienzentren, Auswahl einer Studienkohorte
- 3.2 Einsatz und Erprobung des/der Instrumente an ca. 100 Probanden
- 3.3 Erstellung einer Datenbank
- 3.4 Prüfung, Bewertung, Diskussion von Fehlerquellen

#### **3.1 Kontaktaufnahme mit Studienzentren, Auswahl einer Studienkohorte**

Die Rekrutierungsorte des Rekrutierungszentrums Nord-West (Bremen, Hamburg und Hannover/Braunschweig) wurden gebeten, den in AP 1 entwickelten Fragebogen zur medizinischen Strahlenexposition im Rahmen ihrer Machbarkeitsstudien einzusetzen. Um den Prozess zu vereinfachen, wurde von den Rekrutierungsorten vorgeschlagen, dass alle Teilnehmer der jeweiligen Rekrutierungsorte den Fragebogen als Teil des Basisprogramms der Machbarkeitsstudien beantworten sollten. Dadurch hatten wir eine potentielle Stichprobe von 300 Teilnehmern. Des Weiteren wurde beschlossen, dass der Röntgenpass nur an Teilnehmer aus Bremen ausgehändigt werden sollte, um den Follow-up für diese Erprobungsphase schneller und einfacher zu machen.

Die Teilnehmer für die Machbarkeitsstudie wurden anhand einer nach Alter und Geschlecht stratifizierten Zufallsstichprobe der Anwohnermeldeämter in den jeweiligen Rekrutierungsort gezogen. Insgesamt erklärten sich 200 Personen (je 100 aus Bremen und Hamburg) bereit, an der Studie teilzunehmen (113 Frauen und 87 Männer). Die Geschlechterverteilung in den beiden Orten war ähnlich. Die Altersspanne der eingeschlossenen Personen betrug 20-69 Jahre.

Vor der Durchführung der Machbarkeitsstudie wurde eine SOP (Standard Operating Procedure) für den Einsatz des Fragebogens entwickelt, anhand derer eine Schulung der Interviewer durchgeführt wurde. Die Schulung dauerte ca. eine Stunde. Die SOP ist auf Anfrage verfügbar.

## 3.2 Einsatz und Erprobung der Instrumente

### 3.2.1 Retrospektive Erhebung

Der Fragebogen wurde bei insgesamt 199 Teilnehmern (99 aus Bremen und 100 aus Hamburg) eingesetzt (Tabelle 8). Aus gesundheitlichen Gründen konnte ein Teilnehmer aus Bremen den Fragebogen zur medizinischen Strahlenexposition nicht beantworten. Die Dauer der Interviews betrug im Median 12 Minuten, die Spannweite 2-40 Minuten. Der Durchschnitt war 11 Minuten (Standardabweichung  $\pm 5$  Minuten).

**Tabelle 8** Jemals durchgeführte Untersuchungen nach Erhebungsort

<b>Röntgenuntersuchung</b>	<b>Jemals</b>	<b>Niemals</b>	<b>Weiss nicht</b>	<b>Missing</b>
<b>Hamburg n=100</b>				
Computertomographie	48	50	2	0
Röntgenuntersuchung ohne Kontrastmittel	100	0	0	0
Röntgenuntersuchung mit Kontrastmittel	29	64	7	0
Interventionelle Radiologie	6	94	0	0
Nuklearmedizinische Diagnostik	15	82	3	0
Radiojodtherapie	1	98	0	1
Strahlentherapie	4	94	0	2
<b>Röntgenuntersuchung</b>	<b>Jemals</b>	<b>Niemals</b>	<b>Weiss nicht</b>	<b>Missing</b>
<b>Bremen n=99</b>				
Computertomographie	42	55	2	0
Röntgenuntersuchung ohne Kontrastmittel	99	0	0	0
Röntgenuntersuchung mit Kontrastmittel	36	55	7	1
Interventionelle Radiologie	3	96	0	0
Nuklearmedizinische Diagnostik	17	81	1	0
Radiojodtherapie	2	97	0	0
Strahlentherapie	2	97	0	0

Für eine bessere Darstellbarkeit der deskriptiven Ergebnisse wurden teilweise Variablen einzelner Körperregionen zusammengefasst. Zum Beispiel wurden die Variablen „Röntgenaufnahme ohne Kontrastmittel eines einzelnen Zahnes“ und „Röntgenpanorama-Aufnahme ohne Kontrastmittel der Zähne“ zu der Variable „Zähne“ umkodiert. Gleiches gilt für die Variable „Röntgenaufnahme ohne Kontrastmittel der unteren Extremitäten“. Diese besteht aus den Variablen „Becken/ Hüfte“, „Oberschenkel/ Knie“, „Unterschenkel/ Fußgelenk“ sowie „Fuß/ Zehen“.

Folgende Schwierigkeiten traten bei den statistischen Auswertungen auf:

- Definition der Gruppen „Ja“, „Nein“, „Weiß Nicht“. Da teilweise verschiedene Körperregionen zusammengefasst werden, wird ein „Ja“ vergeben, wenn die Person bei einer der abgefragten Körperregionen ein „Ja“ angekreuzt hat. Ein „Nein“ wird vergeben, wenn die Personen bei allen abgefragten Körperregionen ein „Nein“ angekreuzt hat. Ein „Weiß Nicht“ wird vergeben, wenn die Person bei allen abgefragten Körperregionen ein „Weiß Nicht“ angekreuzt hat.
- Sonderauszählung der Variable „Röntgenaufnahme Mammographie“. Diese Frage soll laut Fragebogen nur von Frauen beantwortet werden, ist aber teilweise auch von Männern beantwortet worden. Deshalb wird für die Häufigkeitsauszählungen zur Mammographie ein neuer Datensatz gebildet, der nur Frauen einbezieht.

#### *Berichtete Röntgenaufnahmen ohne Kontrastmittel*

Tabelle 9 zeigt Häufigkeitsverteilungen von Röntgenaufnahmen verschiedener Körperregionen ohne Kontrastmittel, gesamt für jede Körperregion und nach Alterskategorien (n=199).

96% (n=191) der Studienteilnehmer hatten eine Röntgenaufnahme der Zähne, im Durchschnitt wurden 5,9 Zahnärztliche Untersuchungen pro Teilnehmer angegeben. Es lässt sich ebenso eine Gleichverteilung in den einzelnen Alterskategorien feststellen. Weiterhin wurden häufig Röntgenaufnahmen der oberen (n=124) und unteren Extremitäten (n=121) sowie des Brustraumes (n=117) durchgeführt. Diese weisen Durchschnittshäufigkeiten von 2,7 (obere und untere Extremitäten) und 3,7 (Brustraum) auf. Die Spannweite liegt bei 1-41, 1-28 und 1-32. Anhand von Histogrammen wurde die Verteilung der Häufigkeiten ermittelt. Dabei wurde ersichtlich, dass die Mehrzahl der Studienteilnehmer nur wenige Untersuchungen (bis 10) hatte.

Bei Röntgenaufnahmen der oberen Extremitäten liegt die Durchschnittshäufigkeit bei Personen bis 40 Jahren bei 3,4, wohingegen sie bei Personen über 50 Jahren bei 2,0 liegt. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Röntgenaufnahmen des Bauchraumes. Die Durchschnittshäufigkeit bei Personen bis 40 Jahren liegt bei 4,3 und bei Personen über 50 Jahren bei 1,3. Es ist darauf hinzuweisen, dass bei beiden Untersuchungen hohe Spannweiten in der Altersgruppe der bis 40 Jährigen zu finden sind, die den Durchschnittswert nach oben verschieben. Bei den anderen dargestellten Röntgenaufnahmen unterscheiden sich die Durchschnittshäufigkeiten zwischen den Altersgruppen kaum (z.B. Kopf, Rippen, Wirbelsäule, untere Extremitäten) oder sie liegen erwartungsgemäß bei den über 50 Jährigen am höchsten (z.B. Zähne, Brustraum, Knochendichtemessung, Mammographie).

Eine hohe Untersuchungshäufigkeit zeigt sich bei der Mammographie. Von 112 Studienteilnehmerinnen wurde bei 60 bereits eine Mammographie durchgeführt. Hier zeigt sich, dass diese besonders in der Alterskategorie ab 50 Jahren (n=46) durchgeführt werden. In dieser Altersgruppe zeigt sich mit 5,4 eine höhere Durchschnittshäufigkeit als in der gesamten Studienpopulation (4,6).

**Tabelle 9 Röntgenaufnahmen verschiedener Körperregionen ohne Kontrastmittel, gesamt und nach Alter**

<b>Körperregion</b>	<b>Ja n (%)</b>	<b>Nein n (%)</b>	<b>Weiß Nicht n (%)</b>	<b>Durchschnittshäufigkeit (Standardabweichung, Spannweite)</b>
<b>Zähne (n=199)</b>	191 (96,0)	6 (3,0)	2 (1,0)	5,9 (6,0; 1-50)
Unter 40	57 (28,6)	2 (1,0)	0 (0)	4,8 (3,9; 1-22)
40 bis 50	40 (20,1)	0 (0)	0 (0)	6,2 (5,7; 1-25)
Über 50	94 (47,2)	4 (2,0)	2 (1,0)	6,5 (7,0; 1-50)
<b>Kopf (n=190)</b>	83 (43,7)	107 (56,3)	0 (0)	2,5 (2,6; 1-15)
Unter 40	22 (11,6)	35 (18,4)	0 (0)	2,5 (2,4; 1-11)
40 bis 50	17 (8,9)	20 (10,5)	0 (0)	2,0 (1,3; 1-6)
Über 50	44 (23,2)	52 (27,4)	0 (0)	2,7 (3,1; 1-15)
<b>Brustraum (n=197)</b>	117 (59,4)	79 (40,1)	1 (0,5)	3,7 (4,2; 1-32)
Unter 40	19 (9,6)	40 (20,3)	0 (0)	2,1 (2,1; 1-10)
40 bis 50	22 (11,2)	16 (8,1)	0 (0)	3,6 (4,1; 1-5)
Über 50	76 (38,6)	23 (11,7)	1 (0,5)	4,1 (4,7; 1-32)
<b>Bauchraum (n=199)</b>	32 (16,1)	165 (82,9)	2 (1,0)	2,1 (3,0; 1-15)
Unter 40	7 (3,5)	51 (25,6)	1 (0,5)	4,3 (5,8; 1-15)
40 bis 50	4 (2,0)	35 (17,6)	1 (0,5)	2,3 (1,9; 1-5)
Über 50	21 (10,6)	79 (39,7)	0 (0)	1,3 (0,8; 1-4)
<b>Skelettaufnahmen</b>				
<b>Rippen (n=197)</b>	17 (8,6)	175 (88,8)	5 (2,5)	1,1 (0,2; 1-2)
Unter 40	5 (2,5)	52 (26,4)	2 (1,0)	1,0
40 bis 50	3 (1,5)	37 (18,8)	0 (0)	1,0
Über 50	9 (4,6)	86 (43,7)	3 (1,5)	1,1 (0,3; 1-2)
<b>Wirbelsäule (n=190)</b>	87 (45,8)	99 (52,1)	4 (2,1)	2,5 (2,6; 1-20)
Unter 40	20 (10,5)	35 (18,4)	1 (0,5)	2,5 (4,2; 1-20)
40 bis 50	18 (9,5)	20 (10,5)	1 (0,5)	2,4 (2,0; 1-6)
Über 50	49 (25,8)	44 (23,2)	2 (1,1)	2,5 (2,0; 1-10)
<b>Obere Extremitäten (n=196)</b>	124 (63,3)	72 (36,7)	0 (0)	2,7 (4,0; 1-41)
Unter 40	42 (21,4)	16 (8,2)	0 (0)	3,4 (6,5; 1-41)
40 bis 50	26 (13,3)	13 (6,6)	0 (0)	3,2 (2,5; 1-9)
Über 50	56 (28,6)	43 (21,9)	0 (0)	2,0 (1,2; 1-6)

Untere Extremitäten (n=195)	121 (62,1)	74 (37,9)	0 (0)	2,7 (3,1; 1-28)
Unter 40	30 (15,4)	27 (13,8)	0 (0)	2,7 (5,0; 1-28)
40 bis 50	24 (12,3)	15 (7,7)	0 (0)	2,7 (1,8; 1-8)
Über 50	67 (34,4)	32 (16,4)	0 (0)	2,6 (2,3; 1-13)
Knochendichtemessung (n=199)	21 (10,6)	172 (86,4)	6 (3,0)	1,4 (1,2; 1-6)
Unter 40	2 (1,0)	55 (27,6)	2 (1,0)	1,0
40 bis 50	1 (0,6)	38 (19,1)	1 (0,5)	1,0
Über 50	18 (9,0)	79 (39,7)	3 (1,5)	1,5 (1,2; 1-6)
Mammographie*	60 (54,1)	51 (45,9)	0 (0)	4,6 (4,2; 1-22)
Unter 40	3 (2,7)	40 (36,0)	0 (0)	1,0
40 bis 50	11 (9,9)	11 (9,0)	0 (0)	2,1 (1,6; 1-6)
Über 50	46 (41,4)	0 (0)	0 (0)	5,4 (4,5; 1-22)
Andere Röntgenunter- suchungen (n=196)	9 (4,6)	187 (95,4)	0 (0)	1,4 (0,7; 1-3)
Unter 40	1 (0,5)	57 (29,1)	0 (0)	1,0
40 bis 50	3 (1,5)	37 (18,9)	0 (0)	2,0 (1,0; 1-3)
Über 50	5 (2,6)	93 (47,4)	0 (0)	1,2 (0,4; 1-2)

\* nur Frauen (n=112)

### *Berichtete Röntgenaufnahmen mit Kontrastmittel*

In Tabelle 10 sind die Röntgenaufnahmen verschiedener Körperregionen mit Kontrastmittel, gesamt und nach Alterskategorien, dargestellt. Die Durchschnittshäufigkeit, die Standardabweichung und die Spannweite wurden aufgrund kleiner Zellenbesetzungen und einer geringen Aussagekraft nicht berechnet.

Am häufigsten wurden Röntgenaufnahmen des Magen/ Dünndarms (n=12), der Nieren/ ableitenden Harngefäße (n=13) und der Gefäße (n=13) durchgeführt. 1-6 Studienteilnehmer hatten eine Röntgenaufnahmen der Speiseröhre, des Dickdarms, der Gallenblase/ Gallenwege, des Rückenmarkskanals und der Gelenke. Bei Betrachtung nach Alterskategorien ist ersichtlich, dass die meisten Studienteilnehmer über 50 Jahre alt sind.

**Tabelle 10 Röntgenaufnahmen verschiedener Körperregionen mit Kontrastmittel, gesamt und nach Alter**

<b>Körperregion</b>	<b>Ja n (%)</b>	<b>Nein n (%)</b>	<b>Weiß Nicht n (%)</b>
Speiseröhre (n=62)	1 (1,6)	59 (95,2)	2 (3,2)
Unter 40	0 (0)	12 (19,4)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	7 (11,3)	0 (0)
Über 50	1 (1,6)	40 (64,5)	2 (3,2)
Magen/ Dünndarm (n=62)	12 (19,4)	50 (80,6)	0 (0)
Unter 40	1 (1,6)	11 (17,7)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	7 (11,3)	0 (0)
Über 50	11 (17,7)	32 (51,6)	0 (0)
Dickdarm (n=62)	6 (9,7)	56 (90,3)	0 (0)
Unter 40	0 (0)	12 (19,4)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	7 (11,3)	0 (0)
Über 50	6 (6,7)	37 (59,7)	0 (0)
Gallenblase/ Gallen- wege (n=62)	3 (4,8)	58 (93,6)	1 (1,6)
Unter 40	1 (1,6)	11 (17,7)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	7 (11,3)	0 (0)
Über 50	2 (3,2)	40 (64,6)	1 (1,6)
Nieren/ ableitende Harnwege (n=62)	13 (20,7)	47 (75,8)	2 (3,2)
Unter 40	3 (4,8)	9 (14,5)	0 (0)
40 bis 50	1 (1,6)	6 (9,7)	0 (0)
Über 50	9 (14,5)	32 (51,6)	2 (3,2)
Gefäße (n=62)	13 (21,0)	46 (74,2)	3 (4,8)
Unter 40	3 (4,8)	8 (12,9)	1 (1,6)
40 bis 50	2 (3,2)	5 (8,1)	0 (0)
Über 50	8 (12,9)	33 (53,2)	2 (3,2)
Rückenmarkskanal (n=61)	2 (3,3)	59 (96,7)	0 (0)
Unter 40	0 (0)	12 (19,7)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	7 (11,5)	0 (0)
Über 50	2 (3,3)	40 (65,6)	0 (0)
Gelenke (n=61)	2 (3,3)	57 (93,4)	2 (3,3)
Unter 40	2 (3,3)	10 (16,4)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	7 (11,5)	0 (0)
Über 50	0 (0)	40 (65,6)	2 (3,3)
Gebärmutter (n=56)	0 (0)	56 (100)	0 (0)

### Berichtete CT-Untersuchungen

Tabelle 11 zeigt Häufigkeitsverteilungen von CT-Aufnahmen verschiedener Körperregionen, gesamt für jede Körperregion und nach Alterskategorien.

Am häufigsten wurde eine CT-Aufnahme des Kopfes durchgeführt (n=42), wobei mehr als 50% dieser Studienteilnehmer über 50 Jahre alt sind. Es folgen CT-Aufnahmen der Wirbelsäule (n=27), des Bauchraumes (n=15) und des Brustraumes (n=15). Auch hier zeigt sich, dass die meisten Studienteilnehmer der Altersgruppe der über 50 Jährigen angehören.

Die durchschnittliche Untersuchungshäufigkeit liegt für CT-Aufnahmen des Brustraumes bei 3,5, wobei sich keine Unterschiede zwischen den Alterskategorien zeigen. Bei CT-Aufnahmen des Bauchraumes liegt die Durchschnittshäufigkeit bei 3,0. Es zeigen sich Unterschiede zwischen den Alterskategorien – die Durchschnittshäufigkeit liegt bei Personen zwischen 40 und 50 Jahren und den über 50 Jährigen höher als bei den unter 40 Jährigen.

**Tabelle 11 CT-Aufnahmen verschiedener Körperregionen, gesamt und nach Alter**

Körperregion	Ja n (%)	Nein n (%)	Weiß Nicht n (%)	Durchschnittshäufigkeit (Standardabweichung, Spannweite)
Kopf (n=87)	42 (48,3)	44 (50,6)	1 (1,1)	1,3 (0,8; 1-5)
Unter 40	9 (10,3)	6 (6,9)	0 (0)	1,1 (0,3; 1-2)
40 bis 50	9 (10,3)	9 (10,3)	0 (0)	1,2 (0,4; 1-2)
Über 50	24 (27,6)	29 (33,3)	1 (1,1)	1,5 (1,0; 1-5)
Halsweichteile (n=82)	2 (2,4)	80 (97,6)	0 (0)	1,0
Unter 40	2 (2,4)	12 (14,6)	0 (0)	1,0
40 bis 50	0 (0)	18 (22,0)	0 (0)	-
Über 50	0 (0)	50 (61,0)	0 (0)	-
Brustraum (n=83)	15 (18,1)	67 (80,7)	1 (1,2)	3,5 (3,5; 1-12)
Unter 40	2 (2,5)	11 (13,3)	1 (1,2)	3,5 (3,5; 1-6)
40 bis 50	5 (6,0)	13 (15,7)	0 (0)	3,6 (4,8; 1-12)
Über 50	8 (9,6)	43 (51,8)	0 (0)	3,4 (3,1; 1-8)
Bauchraum (n=82)	15 (18,3)	66 (80,5)	1 (1,2)	3,0 (3,4; 1-12)
Unter 40	1 (1,2)	13 (15,9)	0 (0)	1,0
40 bis 50	3 (3,7)	14 (17,1)	0 (0)	4,7 (6,4; 1-12)
Über 50	11 (13,3)	39 (47,6)	1 (1,2)	2,7 (2,7; 1-8)
Schulter, Hüfte, Oberschenkelhals (n=84)	9 (10,7)	75 (89,9)	0 (0)	1,4 (0,9; 1-3)
Unter 40	1 (1,2)	13 (15,5)	0 (0)	1,0
40 bis 50	0 (0)	18 (21,4)	0 (0)	-
Über 50	8 (9,5)	44 (54,2)	0 (0)	1,5 (0,9; 1-3)

Gefäßdarstellung (n=82)	2 (2,4)	78 (95,1)	2 (2,4)	1,5 (0,7; 1-2)
Unter 40	1 (1,2)	12 (14,6)	0 (0)	1,0
40 bis 50	0 (0)	18 (22,0)	0 (0)	-
Über 50	1 (1,2)	48 (58,5)	2 (2,4)	2,0
Skelettaufnahmen				
Wirbelsäule (n=79)	27 (34,2)	52 (65,8)	0 (0)	1,7 (1,0; 1-5)
Unter 40	1 (1,3)	13 (16,5)	0 (0)	2,0
40 bis 50	4 (5,1)	12 (15,2)	0 (0)	1,3 (0,5; 1-2)
Über 50	22 (27,8)	27 (34,2)	0 (0)	1,7 (1,0; 1-5)
Obere Gliedmaßen (n=83)	3 (3,6)	80 (96,4)	0 (0)	1,5 (0,7; 1-2)
Unter 40	1 (1,2)	12 (14,5)	0 (0)	Fehlende Angabe
40 bis 50	0 (0)	18 (21,7)	0 (0)	-
Über 50	2 (2,4)	50 (60,2)	0 (0)	1,5 (0,7; 1-2)
Untere Gliedmaßen (n=83)	12 (14,5)	71 (85,5)	0 (0)	1,7 (0,8; 1-3)
Unter 40	1 (1,2)	12 (14,5)	0 (0)	2,0
40 bis 50	4 (4,8)	14 (16,9)	0 (0)	1,3 (0,5; 1-2)
Über 50	7 (8,4)	45 (54,2)	0 (0)	1,9 (0,9; 1-3)
Andere Röntgenuntersuchungen (n=81)	9 (11,1)	72 (88,9)	0 (0)	1,8 (2,1; 1-7)
Unter 40	0 (0)	14 (17,3)	0 (0)	-
40 bis 50	2 (2,5)	16 (19,8)	0 (0)	1,0
Über 50	7 (8,6)	42 (51,9)	0 (0)	1,9 (2,3; 1-7)

### *Berichtete nuklearmedizinischen Untersuchungen*

In Tabelle 12 sind die deskriptiven Ergebnisse der nuklearmedizinischen Diagnostik verschiedener Körperregionen, gesamt und nach Alterskategorien, zusammengefasst.

Am häufigsten wurde eine nuklearmedizinische Untersuchung der Schilddrüse durchgeführt (n=19). Diese Untersuchung wurde nur von Frauen angegeben. Die Knochen von 7 Studienteilnehmern wurden bereits nuklearmedizinisch untersucht, wobei die Geschlechtsverteilung nahezu identisch ist.

Insgesamt wurden nuklearmedizinische Untersuchungen häufiger bei Frauen im Vergleich zu Männern (25:6) durchgeführt. Ferner sind die meisten nuklearmedizinischen Untersuchungen in der Alterskategorie der über 50 Jährigen zu finden.

**Tabelle 12 Nuklearmedizinische Diagnostik verschiedener Körperregionen, gesamt und nach Alter**

<b>Körperregion</b>	<b>Ja n (%)</b>	<b>Nein n (%)</b>	<b>Weiß Nicht n (%)</b>
Lunge (n=27)	0 (0)	27 (100)	0 (0)
Herz (n=27)	1 (3,7)	26 (96,3)	0 (0)
Unter 40	0 (0)	2 (7,4)	0 (0)
40 bis 50	1 (3,7)	5 (18,5)	0 (0)
Über 50	0 (0)	19 (70,4)	0 (0)
Nieren (n=28)	2 (7,1)	26 (92,9)	0 (0)
Unter 40	1 (3,6)	2 (7,1)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	6 (21,4)	0 (0)
Über 50	1 (3,6)	18 (64,8)	0 (0)
Schilddrüse (n=29)	19 (65,5)	10 (34,5)	0 (0)
Unter 40	1 (3,4)	1 (3,4)	0 (0)
40 bis 50	4 (13,8)	2 (6,9)	0 (0)
Über 50	14 (48,3)	7 (24,1)	0 (0)
Knochen (n=27)	7 (25,9)	20 (74,1)	0 (0)
Unter 40	1 (3,7)	1 (3,7)	0 (0)
40 bis 50	1 (3,7)	5 (18,5)	0 (0)
Über 50	5 (18,5)	14 (51,9)	0 (0)
Andere Körperregion (n=26)	2 (7,7)	24 (92,3)	0 (0)
Unter 40	0 (0)	2 (7,7)	0 (0)
40 bis 50	0 (0)	6 (23,1)	0 (0)
Über 50	2 (7,7)	14 (61,5)	0 (0)

### 3.2.2 Prospektive Erhebung

Für die prospektive Erhebung wurden die Teilnehmer aus Bremen gebeten, den für die Machbarkeitsstudie entwickelten Röntgenpass bei zukünftigen radiologischen Untersuchungen in den nächsten 6 Monaten nach der Befragung dem behandelnden Radiologen vorzulegen. Insgesamt 98 Teilnehmer haben den Röntgenpass angenommen (Tabelle 13). Die Teilnehmer bekamen einen an das BIPS adressierten Umschlag für die Rücksendung des Röntgenpasses ausgehändigt. Von den 98 verteilten Röntgenpässen wurden nach 6 Monaten 55 (56%) an das BIPS zurückgeschickt. Von diesen enthielten 13 (23,6%) entsprechende Angaben zu radiologischen Untersuchungen.

**Tabelle 13 Verteilte Röntgenpässe und Rücklauf in Bremen sowie Einwilligungen zum Datenabgleich**

	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>	<b>Missing</b>
Röntgenpass angenommen* (n=99; nur Bremen)	98	1	0
Rücklauf Röntgenpässe	55	43	0
Röntgenpässe mit Aufzeichnungen	13	42	0
Einverstanden zu Datenabgleich mit Krankenkassendaten* (n=99: nur Bremen)	97	2	0
Fall nuklearmedizinische Diagnostik ‚ja‘, Name von Arzt/Ärztin/Praxis gegeben (Bremen n=17: nur Bremen)	14	1	2
Fall Strahlentherapie ‚ja‘, Name von Arzt/Ärztin/Praxis gegeben (n=2: nur Bremen)	2	0	0

### **3.3 Erstellung einer Datenbank**

Eine MS-ACCESS2003 Datenbank wurde für die Erhebung erstellt. Die Dateneingabe und Datenhaltung wurde im BIPS durch die entsprechenden Fachgruppen (Feldarbeit bzw. IT, Datenmanagement und Dokumentation) durchgeführt. Die Qualitätssicherung orientiert sich an den im BIPS üblichen Standards. Diese Datenbank, ggf. erweitert um Angaben aus dem Röntgenpass, wird dem BfS zum Projektabschluss zur Verfügung gestellt.

#### *Weiterleitung der Datenbank für die Dosisabschätzung*

Die Daten der Bremen-Befragung wurden am 17.11.2011 an das Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz (IMPS), Technische Hochschule Mittelhessen für die Dosisabschätzung weitergeleitet. Die Daten aus Hamburg wurden im Januar 2012 weitergeleitet.

### **3.4 Prüfung, Bewertung, Diskussion von Fehlerquellen**

#### 3.4.1 Integrierbarkeit der Expositionserhebung in das Gesamtprogramm der Nationalen Kohorte

Für die Machbarkeitsstudie wurde der spezifische Fragebogen an das Ende des Basisfragebogens der Erhebung für die Nationale Kohorte „angehängt“. Dadurch gab es keinen Bruch im Befragungsablauf. Für die Teilnehmer gehörte der Fragebogen zum Gesamtpaket „Befragung“ und entsprechend haben alle (mit einer Ausnahme) die Fragen zur medizinischen Strahlenexposition beantwortet. Im Rahmen des Gesamtprogramms der Nationalen Kohorte erscheint es daher möglich, die retrospektive Erhebung der medizinischen Strahlenexposition

in ähnlicher Weise zu integrieren. Darüber hinaus bietet die Nationale Kohorte eine einzigartige Gelegenheit, die medizinische Strahlenexposition prospektiv zu erheben. Dafür könnte der für die Machbarkeitsstudie entwickelte Röntgenpass eingesetzt werden. Die Akzeptanz des Röntgenpasses unter den Teilnehmern war sehr hoch (99%). Jedoch wurde lediglich in einzelnen Fällen die erfragten Angaben zu Dosislängen- bzw. Dosisflächenprodukt in den Röntgenpässen eingetragen. In den meisten wurden lediglich die untersuchte Körperregion und die KVP-Werte festgehalten. Hier besteht also Verbesserungspotential.

### 3.4.2 Vollständigkeit und Validität der Erhebung

Bei den in der Machbarkeitsstudie erhobenen Daten handelt es sich bei den Fragebogendaten um retrospektive, selbstberichtete Angaben der Teilnehmer. Die prospektiven Daten werden auf Initiative der Teilnehmer von Praxispersonal oder behandelnden Ärzten auf dem Röntgenpass notiert..

Selbstberichtete Angaben zur medizinischen Strahlenexposition können durch verschiedene Strategien validiert werden. Die in internationalen Studien am häufigsten verwendete Methode ist der Abgleich mit medizinisch dokumentierten Angaben (Berrington de Gonzalez et al 2003, Norman et al 2003, Pijpe et al 2011). Weitere Methoden sind spezifische statistische Auswertungen, wie Stratifizierung nach bestimmten Merkmalen oder der Vergleich von eingeschlossenen und ausgeschlossenen Fällen (Davis et al 2011), der Abgleich mit anderen Studienergebnissen (Berrington de Gonzalez et al 2003, Claus et al 2012, Davis et al 2011, Memon et al 2010, Inskip et al 1995, Norman et al 2003, Pijpe et al 2011, Sigurdson et al 2008), Blutuntersuchungen zur Dosisabschätzung (Sigurdson et al 2008) oder hinsichtlich der Reliabilität eine erneute Befragung der Studienteilnehmer (Memon et al 2010, Inskip et al 1995). In vielen Validierungsstudien wurde festgestellt, dass Unterschiede zwischen selbstberichteten Angaben und dem gewählten Goldstandard, häufig in Form eines Overreportings, bestehen. Dies scheint jedoch die verschiedenen Untersuchungsgruppen in ähnlichem Ausmaß zu betreffen, so dass es sich um eine nicht-differentielle Missklassifikation handelt (**Literatur siehe Anhang AP2**).

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wäre es aus organisatorischen, zeitlichen und Kostengründen nicht möglich gewesen, die Angaben der Teilnehmer mit medizinischen Akten zu vergleichen. Die eine Möglichkeit, die uns machbar schien war, war ein Abgleich der selbstberichteten Angaben mit Abrechnungsdaten der Krankenkassen zu radiologischen bzw. nuklearmedizinischen Untersuchungen. In diesem Sinne wurden die Teilnehmer aus Bremen ge-

fragt, ob wir ihre Krankenkasse zum Zweck der Validierung ihrer Angaben kontaktiert dürfen. 97 der 99 Befragten stimmten zu, allerdings hat sich nur eine Krankenkasse, bei der 11 der Teilnehmer versichert sind, bereiterklärt, uns die benötigten Daten möglicherweise bereitzustellen. Dieser Abgleich hat jedoch noch nicht stattgefunden, da zunächst vertragsrechtliche Punkte geklärt werden müssen. Seitens des BIPS wurden alle notwendigen Dokumentationen vorbereitet, sobald die Krankenkasse ihr Einverständnis zum Datenauszug gibt, wird dieser erfolgen und separat an das BfS berichtet.

Bei Anwendungen nuklearmedizinischer Diagnostik und bei strahlentherapeutischen Verfahren ist es wünschenswert, genauere Angaben über die strahlentherapeutische Dosis, die Nuklide, und die Aktivitätsreferenzwerte zu bekommen. Aus zeitlichen Gründen wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie die Teilnehmer zunächst nur nach der grundsätzlichen Bereitschaft gefragt, ihre Einwilligung für eine Rücksprache mit ihrem behandelnden Arzt zu geben. Von den 17 Teilnehmern aus Bremen, die angaben, eine nuklearmedizinische diagnostische Untersuchung gehabt zu haben, waren 14 bereit, die Kontaktdetails ihres behandelnden Arztes anzugeben (Tabelle 13). In Hamburg wurde diese Information nicht erhoben.

### 3.4.3 Aufgetretene Probleme im Rahmen der Machbarkeitsstudie

Zu Beginn der Vorstudie wurde die Papierversion des Fragebogens benutzt, da die elektronische Version noch nicht einsatzfähig war. Nach Angaben der Interviewer gab es keine Schwierigkeiten mit dem Einsatz der Papierversion. Einzig bei Teilnehmern mit mehreren gleichen Untersuchungen, die über verschiedene Jahre durchgeführt worden waren, war es unklar, wo die Jahresangaben einzutragen seien.

Dieses Problem kommt nicht bei der elektronischen Version vor, da der Fragebogen so programmiert ist, dass unbegrenzte Angaben gemacht werden können. Die elektronische Version wurde am Ende der Studie bei 10 Teilnehmern erfolgreich eingesetzt.

Grundsätzlich wussten alle Teilnehmer, ob sie jemals Röntgenuntersuchungen ohne Kontrastmittel, interventionelle Radiologie und Radiojod- und Strahlentherapie gehabt hatten oder nicht. Bei Computertomographie, Röntgenuntersuchung mit Kontrastmittel und nuklearmedizinischer Diagnostik wussten jedoch 3, 7 und 3 Teilnehmer nicht, ob sie diese Untersuchungen jemals gehabt hatten oder nicht (Tabelle 8). Nach Angaben der Interviewer hatten manche Teilnehmer Schwierigkeiten, sich an Untersuchungsangaben, insbesondere die Zeitpunkte bzw. Jahre der Untersuchungen, zu erinnern.

## **4 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 3 (AP3)**

Einzelziele und Aufgaben waren:

- 4.1 Methodenentwicklung bzw. Prüfung vorhandener Methoden zur Abschätzung der medizinischen Strahlendosis aus Angaben zur Exposition bei verschiedenen Untersuchungsarten gemäß Erhebungsprotokoll (AP 1, AP 2)
- 4.2 Anwendung dieser Dosis-schätzungsmethodik auf die in AP 2 erhobenen Daten
- 4.3 Prüfung, Bewertung, Diskussion von Fehlerquellen und Unsicherheiten

### **4.1 Methodenentwicklung bzw. Prüfung vorhandener Methoden**

In AP1 wurde festgestellt, dass klassische epidemiologische Erhebungsinstrumente, wie Fragebögen oder standardisierte Interviews, für die Erfassung der retrospektiven medizinischen Strahlenexpositionen im Rahmen der Nationalen Kohorte am besten geeignet sind. Es wurde allerdings auch festgestellt, dass die so erhaltenen Daten (Häufigkeitsangaben und Zeitangaben) keine präzisen Dosis-schätzungen ermöglichen. Aus diesem Grund wurde ein prospektives Follow-Up-Instrument entwickelt, der sog. „Röntgenpass der Nationalen Kohortenstudie“, mit dem Ziel, eine möglichst präzise Dosis-schätzung zu ermöglichen. In AP2 wurden diese Erhebungsinstrumente, d.h. standardisierte Interviews und Röntgenpass, erprobt. Die retrospektive Erhebung der Expositionsdaten erfolgte mit elektronischen Fragebögen und Interviews von 100 Teilnehmern aus Hamburg und 99 aus Bremen. Danach erhielten die Teilnehmer aus Bremen je einen Röntgenpass für die prospektive Datenerhebung bei zukünftigen radiologischen Untersuchungen.

Zur retrospektiven bzw. prospektiven Abschätzung der Organdosis und der effektiven Dosis wurden für den vorliegenden Bericht die im AP2 erhobenen Daten verwendet. Diese wurden als Datenbank mit selbstberichteten Daten zur medizinischen Strahlenexposition von insgesamt 199 Teilnehmern aus Bremen und Hamburg zusammengefasst und weitergeleitet. Alle Teilnehmer haben Informationen zu sechs Strahlenanwendungen gegeben: Computertomographie (CT)<sup>3</sup>, Röntgenuntersuchungen mit bzw. ohne Kontrastmittel, interventionelle Radiologie, nuklearmedizinische Diagnostik, Radiojodtherapie und Strahlentherapie. Bei jeder Strahlenanwendung wurde Art, Häufigkeit, Jahr und Alter bei der Untersuchung aufgenommen.

---

<sup>3</sup>Auch CT-Untersuchungen sind Untersuchungen mit Röntgenstrahlen. Zur Unterscheidung von "CT-Untersuchungen" werden im gesamten Text die konventionellen Röntgen-Projektionsverfahren als "Röntgenuntersuchungen" bezeichnet.

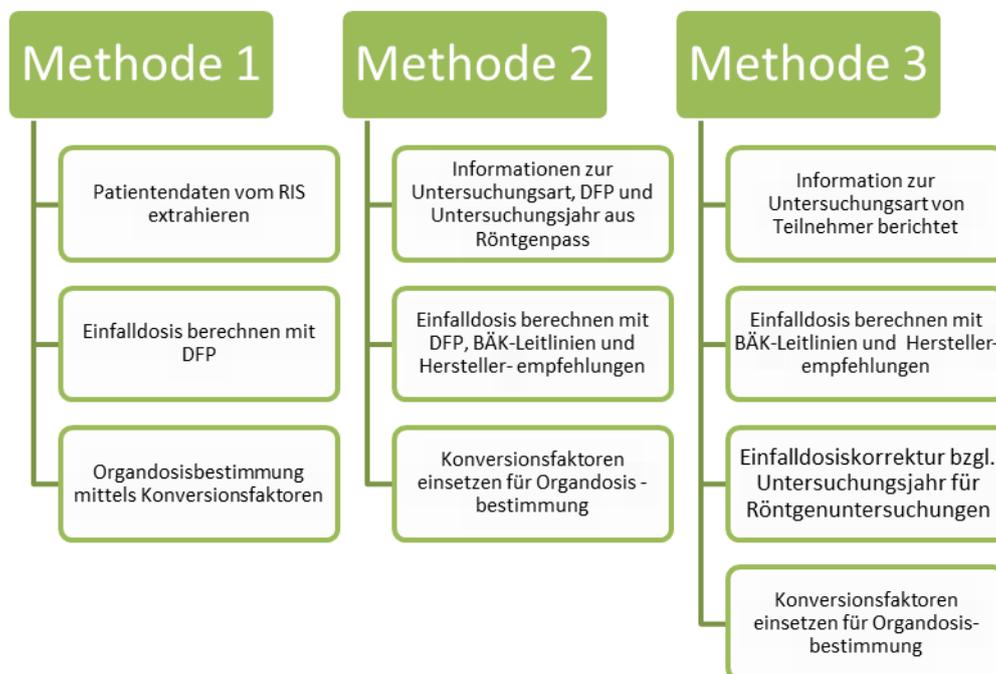
men, für Strahlentherapie und nuklearmedizinische Untersuchungen wurde zunächst nur der Name des betreffenden Behandlers für weitere Detailklärungen erfragt.

Für die Abschätzung der Organdosis werden genauere Angaben zu den Untersuchungs- und Geräteparametern, zu Nukliden bzw. Aktivitätswerten oder zur strahlentherapeutischen Dosis benötigt. In Deutschland gehört die systematische Registrierung von allen Untersuchungsparametern in Krankenhausunterlagen (bzw. Praxisdaten) oder eine elektronische Registrierung nicht zur Routine. Individuelle Expositionsparameter liegen daher in der Regel nicht oder nur in begrenztem Umfang vor. Auch im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie konnte nicht auf individuelle Expositionsdaten zurückgegriffen werden.

#### 4.1.1 Abschätzung der Organdosis bei Röntgenuntersuchungen

Es wurden drei verschiedene Methoden entwickelt, die in Abhängigkeit vom Umfang und von der Qualität der zur Verfügung stehenden Daten zur Anwendung kommen können. Im Rahmen von AP3 liegen jedoch nur Daten vor, die ausschließlich mit Methode 3 bearbeitet werden können. Die prinzipiell möglichen Methoden sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

**Abbildung 1 Darstellung verschiedener Methoden für die Abschätzung der Organdosis bei Röntgenuntersuchungen**



Methode 1 ist implementierbar, wenn patientenspezifische Untersuchungsparameter vom RIS (Radiologisches Informations-System) für die Dosisberechnung zur Verfügung stehen. Aus einem jedem Bilddatensatz vorangestellten Parameter-Datenfeld, dem so genannten DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) Header, werden das Dosis-Flächen-Produkt (DFP), die bestrahlte Fläche ( $A_F$ ), der Film-Fokus Abstand (FFA) und der Film-Haut Abstand (FHA) extrahiert und mithilfe von Gleichung (1) die Einfalldosis  $K_E$  berechnet. Danach wird durch Multiplikation  $K_E$  mit dem zugeordneten Konversionsfaktor ( $f_{T,U}$ ) aus Drexler et al. (1993) die Organdosis ermittelt (siehe Gleichung (4)). Die Konversionsfaktoren ( $f_{T,U}$ ) basieren auf Berechnungen durch Monte-Carlo-Verfahren.

Bei vollständigen Angaben aus dem Röntgenpass zur Untersuchungsart, zum DFP und zum Jahr der Untersuchung wird Methode 2 benutzt. Mithilfe von Angaben zur Untersuchungsart können die fehlenden Parameter aus den Leitlinien der Bundesärztekammer (BÄK) (BÄK 2007) bzw. den Herstellerempfehlungen (Philips Medizin Systeme 1996) entnommen werden. Diese Parameter werden in Gleichung (1) eingesetzt, um die Einfalldosis  $K_E$  zu berechnen. Die Einfalldosis und die Konversionsfaktoren  $f_{T,U}$  werden zur Bestimmung der Organdosis  $H_{T,U}$  benutzt.

Weil die selbstberichteten Daten nur Angaben zur Untersuchungsart, Jahr und der Häufigkeit, mit der jeder Teilnehmer untersucht wurde, lieferten, wurde zunächst Methode 3 für die Bestimmung der Organdosis eingesetzt. Um die Berechnung der Einfalldosis  $K_E$  bzw. des Dosis-Flächen-Produkts DFP zu ermöglichen, wurden die berichteten Untersuchungsarten durch passende medizinische Beschreibungen und Untersuchungsparameter aus den Leitlinien der BÄK zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik bzw. Herstellerempfehlungen zu Aufnahme- und Einstelltechniken ergänzt (siehe dazu Tabelle 14) (BÄK 2007; Philips Medizin Systeme 1996).

In diesem Fall wurde die Einfalldosis  $K_E$  gemäß Gleichung (2) bestimmt. Danach wurde die berechnete Einfalldosis mit organspezifischen Konversionsfaktoren multipliziert, um die Organdosis zu erhalten.

$$K_E = \frac{(DFP)}{(A_F)} * \left[ \frac{FFA}{FHA} \right]^2 \quad (1)$$

$K_E$  : Einfalldosis (Eintrittskerma) [Gy]  
 DFP : Dosis-Flächen-Produkt [cGy\*cm<sup>2</sup>]  
 $A_F$  : Bestrahlte Fläche [cm<sup>2</sup>]

FFA : Fokus-Film-Abstand [cm]

FHA : Fokus-Haut-Abstand [cm]

$$K_E = Y_{100} * I_T * t * \left[ \frac{100cm}{FHA} \right]^2 \quad (2)$$

$Y_{100}$ <sup>4</sup>: Dosisausbeute [ $\mu$ Gy/mAs]

$I_T * t$ : Stromzeitprodukt [mAs]

$$DFP = K_E * A_F * \left[ \frac{FHA}{FFA} \right]^2 = Y_{100} * I_T * t * A_F * \left[ \frac{100cm}{FFA} \right]^2 \quad (3)$$

$$H_{T,U} = K_E * f_{T,U} \quad (4)$$

$H_{T,U}$ : Organdosis für Organ  $T$  bei Untersuchungsart  $U$  [Sv]

$f_{T,U}$ : Konversionsfaktor für Organ  $T$  bei Untersuchungsart  $U$  [Sv/Gy]

Obwohl gerätespezifische Unterschiede bestehen, wurden "typische" Parameter für die Organdosisberechnung aus Philips Medizin Systeme (1996) und Drexler et al. (1993) verwendet. In Tabelle 14 sind typische Parameter (Spannung, Stromzeitprodukt, FFA, FHA) und die berechneten Einfalldosis- bzw. DFP-Werte für 18 von insgesamt 22 Untersuchungsarten aufgelistet. Für die anderen 4 Untersuchungstypen (Auge, Nase, Knochendichtemessung und Mammographie) liegen keine typischen Parameter vor, mit denen die Einfalldosis bzw. Organdosis berechnet werden könnte. Aus Drexler et al. (1993) konnten Konversionsfaktoren für 11 der 22 Untersuchungsarten entnommen werden, weshalb nur für diese Untersuchungsarten eine Organdosisberechnung durchgeführt werden konnte. Für die anderen 11 Untersuchungsarten (Auge, Nase, Knochendichtemessung, Unterschenkel, Kiefer, Wirbelsäule, Fuß, Hand, Mammographie, Elle, Zähne) konnten keine Dosisberechnungen vorgenommen werden (vgl. Abbildung 3). Prinzipiell sind diese jedoch bei Kenntnis der entsprechenden Organkonversionsfaktoren berechenbar. Sollen in einer Hauptstudie die betreffenden Untersuchungsarten mitberücksichtigt werden, müssen diese in einer separaten Studie, beispielsweise mit der in Drexler et al. (1993) beschriebenen Methodik, bestimmt werden.

---

<sup>4</sup>Ermittlung der Dosisausbeute  $Y_{100}$  erfolgte anhand von Richtwerten für Röntgenstrahler bei einer Eigenfiltration von 2,5 mm Al in Abhängigkeit der Röhrenspannung nach DIN 6809-7. Ein erklärendes Bild wird dem Anhang des Endberichts des Projektes beigelegt.

**Tabelle 14 Parameter aus Herstellerangaben bzw. BÄK-Leitlinien und der jeweiligen Einfalldosis und DFP (BÄK 2007; Philips Medizin Systeme 1996).**

Untersuchung	Medizinische Beschreibung	Spannung [kV]	Strom-Zeit-Produkt [mAs]	FFA [cm]	FHA [cm]	Y <sub>100</sub> [μGy/mAs]	K <sub>E</sub> [mGy]	DFP [cGy*cm <sup>2</sup> ]	DRW <sup>5</sup> [cGy*cm <sup>2</sup> ]
Kopf	Kopf a.p.	75	16	115	85	64	1,42	55,8	65
NNH	Nasennebenhöhlen p.a	75	32	150	120	64	1,42	32,7	
Brust-raum	Lungen p.a	125	1,5	150	120	160	0,17	15	16
Bauch-raum	Abdomen-übersicht a.p	85	12,5	115	85	81	1,35	91,6	300
Rippen	Rippen a.p.	70	16	115	85	56	1,24	48,8	
Schulter	Schultergelenk a.p.	66	25	150	130	50	0,74	19,4	
HWS	Halswirbelsäule a.p	65	10	150	125	49	0,34	4,8	
BWS	BWS a.p.	75	16	115	85	64	1,41	37,0	130
LWS	LWS + Kreuz-bein a.p.	75	25	115	85	64	2,21	72,3	230
Becken	Becken a.p.	75	10	115	85	64	0,88	57,9	300
Ober-schenkel	Linker Ober-schenkel a.p.	75	12,5	115	90	64	1,01	35,4	
Elle	Unterarm volo-dorsal mit Handgelenk	52	3,2	105	98	31	0,10	4,4	
Fuß	Fuß dorso-plantar	80	3,2	105	98	72	0,24	7,3	
Hand	Hand dorso-volar	46	3,2	105	98	23	0,08	2,4	
Kiefer	Jochbogen-darstellung („Henkeltopf“)	73	8	105	85	61	0,67	14,8	
Nase	Nase seitlich	44	2,5	105	95	21	0,06	0,9	
Unter-schenkel	Unterschenkel a.p.	57	4	105	95	38	0,17	6,5	
Wirbel-säule	Lumbosakraler Übergang a.p	77	32	115	95	67	2,38	56,2	

a.p antero-posterior, p.a ,postero-anterior; weitere Abkürzungen siehe Formeln 1-4 oben

Bei jedem der 199 Teilnehmer wurden mit Hilfe der Häufigkeitsangaben (vgl. Abbildung 3 Röntgenuntersuchungen und Abbildung 3a CT) alle Organdosen und die effektive Dosis (vgl. Abbildung 4a Röntgenuntersuchungen und Abbildung 4b CT) jeweils für die von jedem Teilnehmer berichteten Untersuchungsarten bestimmt (**Anhang AP3, D**). Die in Tabelle 14 ange-

<sup>5</sup> Die diagnostischen Referenzwerte (DRW) sind vom Bundesamt für Strahlenschutz festgelegte Referenzwerte für typische Untersuchungen mit Röntgenstrahlung, bezogen auf Standardphantome oder auf Patientengruppen mit Standardmaßen (Patienten mit einem Gewicht von 70 +/- 3 kg) mit für die jeweilige Untersuchungsart geeigneten Röntgeneinrichtung (Röntgen- oder CT-Geräte) und Untersuchungsverfahren (BfS 2010). Bei der konventionellen Röntgendiagnostik wird die Dosisbelastung des Patienten als Dosisflächenprodukt angegeben und soll der Strahlenoptimierung und Qualitätssicherung dienen.

gebenen typischen Werte beziehen sich auf Herstellerempfehlungen (Philips Medizin Systeme 1996). In der Vergangenheit eingesetzte Geräte und Techniken lieferten z.T. erheblich höhere Dosiswerte. Um den höheren Werten in der Vergangenheit Rechnung zu tragen, wurden für jede berichtete Untersuchung entsprechende Korrekturfaktoren  $g_{\Delta t}$  eingesetzt (vgl. **Anhang AP3, C**), die vom Untersuchungszeitpunkt abhängen und umso größer sind, je weiter die Untersuchung in der Vergangenheit liegt (Referenzwert 1 für das Jahr 2010). Die Korrekturfaktoren wurden mithilfe der Empfindlichkeit (S) des eingesetzten Film-Folien-Systems (FFS)<sup>6</sup> entwickelt. Als Bezugssystem wurde die Systemempfindlichkeit von 800 für die Film-Folien-Systeme (FFS<sub>Sys.-Emp.</sub>), für die Dekade 2001–2010 mit einem Referenzwert von 1, genommen. Die anderen Korrekturfaktoren für die vorherigen Dekaden sind in Tabelle 15 zu sehen.

$$H_{T,U,total} = \sum_{i=1}^n g_{\Delta t} * H_{T,U} = H_{T,U} * \sum_{i=1}^n g_{\Delta t} \quad (5)$$

$H_{T,U,total}$ : Gesamt-Organodosis für Organ T bei Untersuchung U

$H_{T,U}$ : Einzel-Organodosis für Organ T bei Untersuchung U

$g_{\Delta t}$ : Wichtungsfaktor für den Untersuchungszeitpunkt

n: Anzahl der Untersuchungen

**Tabelle 15**      **Wichtungsfaktoren  $g_{\Delta t}$  in Abhängigkeit von der Empfindlichkeit des eingesetzten Film-Folien-Systems FFS<sub>Sys, Emp</sub> bzw. vom Untersuchungszeitpunkt (Dekade)**

FFS <sub>Sys.-Emp.</sub>	Dekade	$g_{\Delta t}$
800	2001 - 2011	1
200	1990 - 2000	2
100	bis 1990	4

<sup>6</sup> Die Lichtausbeute des Film-Folien-Systems (FFS) hängt von der Empfindlichkeit (S) und somit der Dicke der Leuchtschicht ab. Je dicker die Leuchtschicht desto weniger Licht und damit weniger Röntgenstrahlung wird benötigt, um den Film gleicher Maße zu schwärzen. Die Vergrößerung der Leuchtschicht führt zu einem niedrigeren Dosisbedarf für das FFS, wodurch die pro Untersuchung applizierte Dosis reduziert wird.

#### 4.1.2 Abschätzung der Organdosis bei CT-Untersuchungen

Bei den CT-Untersuchungen wurde die Exposition mit dem Programm CT-Expo ermittelt. Dies ist ein Excel basiertes Rechenprogramm für die Berechnung der Organdosis und der effektiven Dosis (Stamm & Nagel 2011). Abbildung 2 stellt die Berechnungsoberfläche „Berechnen“ von CT-Expo dar.

**Abbildung 2 Berechnungsmodul von CT-Expo für die Organdosisbestimmung mit eingestellten Parametern für Brustraum-Untersuchungen eines männlichen Teilnehmers**

The screenshot shows the 'Berechnen' (Calculate) interface of the CT-Expo software. It is divided into several sections:

- 1. Altersgruppe / Geschlecht:** Altersgruppe: Erwachsener; Geschlecht: männlich.
- 2. Scanbereich:** Bereichsgrenzen (Schichtpositionen): von z- bis z+ Scanlänge L [cm]. Values: 41, 69, 28.
- 3. Scannertyp:** Hersteller: Siemens; Gerät: Somatom DRH.
- Geräte-Eckdaten für Region "Rumpf":**

CTDI <sub>w</sub> [mGy/mAs]	U <sub>ref</sub> [kV]	P <sub>B,H</sub>	k <sub>CT</sub>	k <sub>CB</sub>	ΔL [cm]
0,087	125	0,71	1,00	1,00	0,0
- 4. Modus anpassen:** Rumpf-Modus für Kopf/Hals Region (checked); Spiral-Modus (unchecked).
- 5. Scanparameter:** Bitte aktuelle Werte eingeben:

U [kV]	I [mA]	t [s]	Q <sub>air</sub> [mAs]	Q [mAs]	N * h <sub>coll</sub> [mm]	TV [mm]	h <sub>rec</sub> [mm]	p	Ser.
120	150	0,75	113	113	7,0	10,0	7,0	1,42857143	1
- 6. Ergebnisse:**

Dosiswerte pro Scan bzw. pro Serie*				
CTDI <sub>w</sub> [mGy]	CTDI <sub>vol</sub> [mGy]	DLP <sub>w</sub> * [mGy*cm]	E* [mSv]	D <sub>Uterus</sub> * [mSv]
8,9	6,2	178	1,8	n.a.

CTDI- und DLP-Angaben gelten für das 32cm-Rumpphantom

Effektivdosis E nach ICRP 103

Dosiswerte pro Untersuchung			
DLP <sub>w</sub> [mGy*cm]	E [mSv]	D <sub>Uterus</sub> [mSv]	
178	1,8	n.a.	

Effektivdosis E nach ICRP 103

7. Effektivdosis: ICRP 60 (unchecked), 103 (checked).

**Hinweis:** Sämtliche Organdosiswerte H<sub>T</sub> basieren auf Konversionsfaktoren für Standardpatienten (ADAM, EVA, CHILD, BABY) und dienen nur zu Orientierungszwecken (insb. Organe außerhalb der Scanregion)!

Organ bzw. Gewebe	H <sub>T</sub> pro Serie [mSv]	Organ bzw. Gewebe	H <sub>T</sub> pro Serie [mSv]
Gehirn	0,1	Oberes Colon	0,1
Speicheldrüse	0,3	Thymus	6,4
Schilddrüse	1,1	Milz	1,3
Brust	0,0	Pankreas	1,3
Oesophagus	6,4	Nebennieren	2,1
Lunge	6,5	Nieren	0,4
Leber	1,8	Dünndarm	0,1
Magen	1,1	Uterus	0,0
Unteres Colon	0,0	Prostata	0,0
Testes	0,0	Gallenblase	1,3
Ovarien	0,0	Herz	5,7
Blase	0,0	Ob. Atemwege	1,1
Knochenmark	1,5	Mundschleimh.	0,3
Skelett	4,1	Lymphknoten	1,5
Haut	1,4	Muskel	1,5
		Augenlinsen	0,1

Bei CT-Untersuchungen wird die Dosis mithilfe des „Computer Tomography Dose Index (CTDI)“ beschrieben. Der CTDI entspricht der Dosis innerhalb der nominellen Schicht, die sich ergeben würde, wenn die gesamte absorbierte Strahlung in einem rechteckigen Profil mit der nominellen Schichtdicke als Breite konzentriert wäre (Nagel 2002). Die Dosismessgröße für den CTDI ist die Luftkerma  $K_a$ . Diese wird über eine Integrationslänge von 100 mm ( $CTDI_{100}$ ) gemessen (siehe Gleichung (6)).

$$CTDI_{100} = \frac{1}{h} * \int_{-50mm}^{+50mm} K_a(z) * dz \quad (6)$$

CTDI: Computer Tomography Dose Index [mGy]

h: Nominelle Schichtdicke [mm]

$K_a$ : Luftkerma [Gy]

Diese Messung erfolgt in der Mitte ( $CTDI_{100,C}$ ) und an der Peripherie ( $CTDI_{100,P}$ ) des zylindrischen Plexiglas-Phantoms. Aus den Messungen lässt sich ein gewichteter CTDI-Wert berechnen. Dieser Wert wird mit  $CTDI_w^7$  bezeichnet. Das bei der Messung verwendete Strom-Zeit-Produkt wird benutzt, um den  $CTDI_w$  zu normieren. Mithilfe des normierten gewichteten Computer Tomography Dose Index  $_nCTDI_w$  wird dann die Dosisleistungskonstante bzw. Dosisausbeute ermittelt. Der  $_nCTDI_w$  ist charakteristisch für jeden CT-Scanner. Die Rechenschritte für die Abschätzung der effektiven Dosis sind unten zu sehen (siehe insgesamt Gleichungen 6 bis 9).

Im ersten Schritt wird aus für den CT-Scanner charakteristischen  $_nCTDI_w$ -Werten der  $CTDI_{w,u}$  für eine Untersuchung nach Gleichung (7) bestimmt. Dabei ist eine Korrektur der spannungsbedingten Änderung des  $CTDI_w$  bzw. der Konversionsfaktoren pro Untersuchung erforderlich ( $k_U$ ).

$$CTDI_{w,u} = _nCTDI_w * k_U * I * t \quad (7)$$

$$k_U = \left( \frac{U}{U_{ref}} \right)^{2,5}$$

$U_{ref}$  : Referenzspannung des Gerätes

$U$  : eingestellte Spannung

Die Korrektur der spannungsbedingten Änderung des  $CTDI_w$  bzw. der Konversionsfaktoren pro Untersuchung  $k_U$  kommt zustande, weil die in Zankl et al. (1991) erstellten Konversionsfaktoren für Geräte gelten, die mit  $U_{ref} = 125$  kV und einer Strahlenfilterung von 2 mm Al + 0,2 mm Cu, ohne Formfilter betrieben werden, die eine lange Geometrie mit Fokus-Rotationsachse-Abständen von 70 bis 76 cm aufweisen. Geräte, die mit den oben genannten Parametern arbeiten, sind nicht repräsentativ für das heutige Gerätespektrum. Demzufolge sind die Konversionsfaktoren bis zu einem Faktor 2,5 niedriger als die angegebenen Werte (Nagel 2002).

---

<sup>7</sup> Summe aus einem Drittel des zentralen  $CTDI_{100,c}$  und zwei Dritteln des oberflächennahen  $CTDI_{100,p}$

Des Weiteren wird nach Gleichung (8) das gewichtete Dosis-Längen-Produkt für die Untersuchung ( $DLP_{w,U}$ ) bestimmt:

$$DLP_{w,U} = CTDI_{w,U} * \frac{L}{p} \quad (8)$$

$DLP_{w,U}$ : Gewichtetes Dosis-Längen-Produkt bei Untersuchung U

L: Scanlänge [cm]

P: Pitchfaktor<sup>8</sup>

Die effektive Dosis wird nach Gleichung (9) aus dem Produkt der  $DLP_{w,U}$  mit dem jeweiligen Konversionsfaktor der Untersuchungsart  $f_{T,U}$  bestimmt:

$$E = DLP_{w,U} * f_{T,U} \quad (9)$$

Scannertyp, Scanparameter, sowie die Standard-CT-Untersuchungsregionen, mit Angabe der anatomischen und geometrischen Grenzen des Scanbereichs, wurden aus Nagel (2002) und Nagel & Vogel (2010) entnommen. Sie wurden in das Berechnungsprogramm (Abbildung 2) eingegeben, um die Organdosis zu erhalten. In Tabelle 16 sind die eingestellten Parameter für die Abschätzung der Organdosis bei CT-Untersuchungen zu sehen. Für die CT-Untersuchungen wurden keine Korrekturfaktoren entwickelt, weil keine Senkung des durchschnittlichen Dosisniveaus pro CT-Untersuchung in den letzten 10 Jahren festgestellt wurde (Nagel & Vogel 2010). Von den 199 Teilnehmern berichteten 90 Personen CT-Untersuchungen. Für 5 (vgl. Tabelle 16) der insgesamt 13 CT-Untersuchungsarten lagen Organkonversionsfaktoren aus Drexler et al. (1993) vor, die in CT-Expo implementiert waren. Für jeden Teilnehmer mit diesen Untersuchungsarten wurde mit Hilfe der Häufigkeitsangaben (vgl. Abbildung 3 und 3a) die effektive Dosis bestimmt (vgl. Abbildung 4a und 4b).

---

<sup>8</sup> Verhältnis von Tischvorschub (TV) zum Produkt aus Schichtdicke mal Anzahl der gleichzeitig gescannten Schichten ( $n * h_{col}$ )

**Tabelle 16     Eingestellte Parameter in CT-Expo für die Dosisberechnung**

Untersuchungsart	Kopf	Brustraum (Thorax)	Bauchraum (Abdomen +Becken)	Lendenwirbelsäule	Halswirbelsäule
Scanbereich (M)	82-94 (12 cm)	41-69 (28 cm)	0-43 (43 cm)	24-30 (6 cm)	69-73 (4 cm)
Scanbereich (W)	77-89 (12 cm)	39-65 (26 cm)	0-41 (41 cm)	22-28 (6 cm)	65-69 (4 cm)
Scannertyp	Siemens DRH	Siemens DRH	Siemens DRH	Siemens DRH	Siemens DRH
Spannung- U (kV)	120	120	120	120	120
Strom - I (mA)	170	150	220	155	145
Zeit - T (s)	1,5	0,75	0,75	2	2
I*T (mAs)	255	113	165	310	290
n*h <sub>col</sub> (mm)	8	7	7	3	2
TV (mm)	8	10	10	3	2
Pitch	1	1,43	1,43	1	1
$nCTDI_w$ (mGy/mAs)	0,087				

n: Anzahl der gescannten Schichten, h<sub>col</sub>: Nominelle Schichtdicke, TV: Tischvorschub

#### 4.1.3 Abschätzung der Organdosis mittels Daten aus dem Röntgenpass

Die Teilnehmer aus Bremen haben einen Röntgenpass bekommen, womit genauere Angaben zum Untersuchungstyp und das bei der Untersuchung erhaltene Dosis-Flächen-Produkt bzw. Dosis-Längen-Produkt erfasst werden können. Wie schon in AP1 diskutiert, gewährleistet der Röntgenpass keine vollständige Information, da die Führung des Röntgenpasses freiwillig ist. Es kann außerdem nicht immer gewährleistet werden, dass die eingetragenen Informationen vollständig sind. Nur wenige Teilnehmer waren während der Projektlaufzeit (6 Monate für diesen Teil) beim Radiologen. Die Personen, bei denen radiologische Untersuchungen durchgeführt wurden, lieferten zumeist nur unvollständige Angaben, weshalb diese nicht bei der Auswertung in Betracht gezogen wurden. Damit ist festzuhalten, dass die Nutzung eines speziellen Röntgenpasses zumindest in der Machbarkeitsstudie keinen Vorteil in Bezug auf eine genauere Dosisbestimmung bot, der kurze Erhebungszeitraum ist dabei jedoch zu beachten.

## 4.2 Anwendung der Dosisschätzungsmethodik auf die in AP 2 erhobenen Daten

### 4.2.1 Röntgenuntersuchungen

Im Folgenden soll auf der Grundlage von Methode 3 beispielhaft eine Berechnung der Organ- bzw. effektiven Dosis durchgeführt werden:

Ein männlicher Teilnehmer berichtet von einer Brustraumuntersuchung. Diese entspricht einer Lungenaufnahme posterior-anterior (p.a.). Die Herstellerempfehlungen für diese Untersuchung sind 125 kV, 1,5 mAs, FFA = 150 cm, FHA = 120 cm und ein Röntgen-Film-Feld von 35 cm x 40 cm = 1400cm<sup>2</sup>. Daraus ergeben sich folgende Berechnungen:

Einfalldosisberechnung mit Gleichung (2):

$$K_E = Y_{100} * I_T * t * \left[ \frac{100cm}{FHA} \right]^2 = 160 \frac{\mu Gy}{mAs} * 1,5mAs * \left[ \frac{100cm}{120cm} \right]^2 = 0,17mGy$$

Berechnung der DFP mit Gleichung (3):

$$DFP = 0,17mGy * 1400cm^2 * \left[ \frac{120cm}{150cm} \right]^2 = 15cGy \cdot cm^2$$

Ein Vergleich des berechneten DFP mit den DRW zeigt, dass in diesen Fall der DRW nicht überschritten wurde.

Die Organdosis wird durch Multiplikation mit untersuchungsspezifischen Organkonversionsfaktoren aus Drexler et al. (1993) berechnet. Als Beispiel ist die Organdosis an der Schilddrüse bei einer Brustraumuntersuchung ( $H_{SD, Brustraum}$ ) berechnet worden (siehe Zeile 3 in Tabelle 17):

$$H_{SD, Brustraum} = 0,17mGy * 0,09 \frac{mSv}{mGy} = 0,015mSv$$

In Tabelle 17 sind die berechneten Werte für die Organdosen und für die effektive Dosis für die Brustraumuntersuchung bei einem männlichen Teilnehmer zu sehen. Für alle anderen Untersuchungen sind die Tabellen dem **Anhang AP3, B** zu entnehmen. Alle Tabellen beziehen sich auf die berechneten Werte der Einfalldosis aus Tabelle 14.

**Tabelle 17 Berechnete Organdosis und Effektive-Dosis bei einer Brustraumuntersuchung (m)**

<b>Organ</b>	<b>Organdosis (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Gewichtete Organdosis (mSv)</b>
Gehirn	0,002	0,05	0,0001
Augenlinse	0,002	0,05	0,0001
<b>Schilddrüse</b>	<b>0,015</b>	<b>0,05</b>	<b>0,00075</b>
Lunge	0,11	0,12	0,0132
Milz	0,045	0,05	0,00225
Pankreas	0,035	0,05	0,00175
Magenwand	0,015	0,12	0,0018
Dünndarm	0,002	0,05	0,0001
Kolon	0,004	0,12	0,00048
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,002	0,20	0,0004
Rotes Knochenmark	0,023	0,12	0,00276
Skelett	0,053	0,01	0,00053
<b>Effektive Dosis</b>	<b>0,024</b>		

w<sub>T</sub> : Organwichtungsfaktoren

In Tabelle 18 sind die selbstberichteten Röntgenuntersuchungsangaben von zwei Teilnehmern aufgeführt, mit denen der Berechnungsvorgang beschrieben wird. Teilnehmer 2620003 (w) berichtete beispielsweise 3 Schulteruntersuchungen, davon 1 bis 1990 ( $g_{\Delta t}=4$ ) und 2 zwischen 1990 und 2000 ( $g_{\Delta t}=2$ ). Von den 8 berichteten Brustraumuntersuchungen von Teilnehmer 2620003 (w) wurden 4 Untersuchungen zwischen 2001 und 2009 durchgeführt ( $g_{\Delta t}=1$ ), 2 zwischen 1990 und 2000 ( $g_{\Delta t}=1$ ) und 2 vor 1990 ( $g_{\Delta t}=4$ ). Die von Teilnehmer 2620016 (m) berichteten Schulteruntersuchungen wurden in der Zeitperiode 2001 bis 2011 durchgeführt ( $g_{\Delta t}=1$ ).

**Tabelle 18 Selbstberichtete Untersuchungsangaben von zwei Studienteilnehmer/innen**

Untersuchungsart	Teilnehmer			
	2620003 (w)		2620016 (m)	
	n	$\sum_{i=1}^n g_{\Delta t}$	n	$\sum_{i=1}^n g_{\Delta t}$
Brustraum	8	16	1	1
Rippen	0	0	1	1
Lendenwirbelsäule	3	3	0	0
Schulter	3	8	2	2
Becken	1	1	0	0

n Anzahl der berichteten Untersuchungen

Gesamtdosis an der Schilddrüse für Teilnehmerin 2620003 (w):

$$H_{SD,total} = (16 * H_{SD,Brustraum}) + (3 * H_{SD,LWS}) + (8 * H_{SD,Schulter}) + (H_{SD,Becken})$$

$$H_{SD,total} = (16 * 0,015mSv) + (3 * 0,022mSv) + (8 * 0,017mSv) + (0,009mSv) = 0,45mSv$$

Gesamtdosis an der Schilddrüse für Teilnehmer 2620016 (m):

$$H_{SD,total} = (H_{SD,Brustraum}) + (H_{SD,Rippen}) + (H_{SD,Schulter} * 2)$$

$$H_{SD,total} = (0,015mSv) + (0,025mSv) + (0,017 * 2) = 0,07mSv$$

**Tabelle 19 Gesamtdosis an 15 Organen und effektive Dosis bei Röntgenuntersuchungen von zwei Teilnehmer/innen**

Organ	$H_{T,U,total}(mSv)$	
	Teilnehmer	
	2620003 (w)	2620016 (m)
Gehirn	0,23	0,05
Augenlinse	0,24	0,05
<b>Schilddrüse</b>	<b>0,45</b>	<b>0,07</b>
Lunge	3,14	0,70
Milz	0,74	0,15
Pankreas	1,18	0,13
Magenwand	1,24	0,17
Dünndarm	2,01	0,05
Kolon	2,58	0,10
Brust	1,68	0,00
Ovarien	1,68	0,00
Uterus	2,48	0,00
Hoden	0,00	0,05
Rotes Knochenmark	0,67	0,08
Skelett	1,96	0,36
<b>Effektive Dosis (mSv)</b>	<b>1,72</b>	<b>0,16</b>

#### 4.2.2 CT-Untersuchungen

Auf Basis der in Tabelle 16 dargestellten Einstellungsparameter aus Stamm & Nagel (2011) und Nagel (2002) wird eine Berechnung der effektiven Dosis bei einer Brustraumuntersuchung durchgeführt. Die hier unten verwendeten Formeln sind oben beschrieben. In Nagel (2002) ist eine ausführliche Beschreibung aller Parameter dargelegt.

Ein männlicher Teilnehmer berichtet von einer Brustraumuntersuchung. Die für die Rechnung benötigten Parameter  $nCTDI_w = 0,087 \text{ mGy/mAs}$ ,  $U = 120 \text{ kV}$ ,  $U_{\text{ref}} = 125 \text{ kV}$ ,  $I = 150 \text{ mA}$ ,  $T = 0,75 \text{ s}$ ,  $L = 28 \text{ cm}$ ,  $P = 1,43$  sind in Tabelle 16 zu sehen und wurden aus Stamm & Nagel (2011) und Nagel (2002) entnommen.

$CTDI_{w,U}$ -Berechnung mit Gleichung (7):

$$CTDI_{w,Brustraum} = 0,087 \frac{\text{mGy}}{\text{mAs}} * \left( \frac{120}{125} \right)^{2,5} * 150 \text{ mA} * 0,75 \text{ s} = 8,9 \text{ mGy}$$

Berechnung der  $DLP_{w,U}$  mit Gleichung (8):

$$DLP_{w,Brustraum} = 8,9 \text{ mGy} * \frac{28 \text{ cm}}{1,43} = 174 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$$

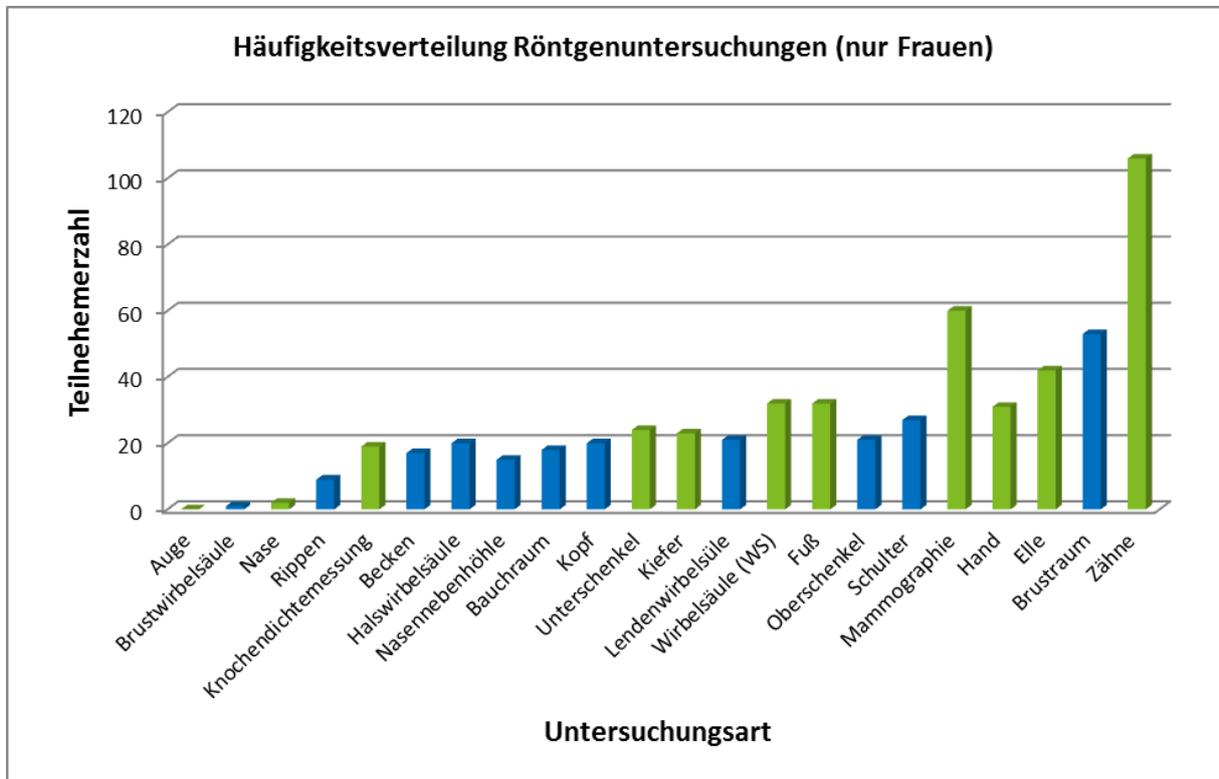
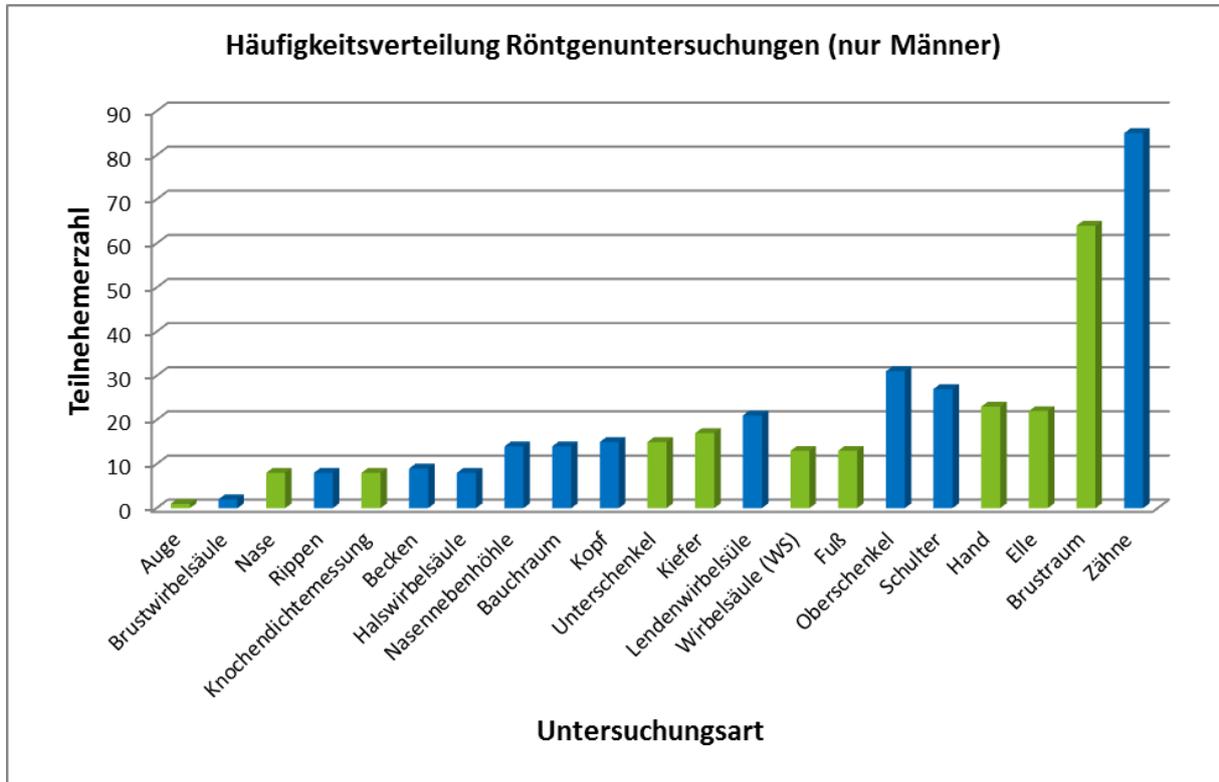
Die effektive Dosis wird in CT-Expo durch Multiplikation mit untersuchungsspezifischen Konversionsfaktoren aus Nagel (2002) berechnet. Als Beispiel ist die effektive Dosis bei einer Brustraumuntersuchung berechnet worden.

$$E = 174 \text{ mGy} \cdot \text{cm} * \left[ 0,01 \frac{\text{mSv}}{\text{mGy} * \text{cm}} \right] = 1,7 \text{ mSv}$$

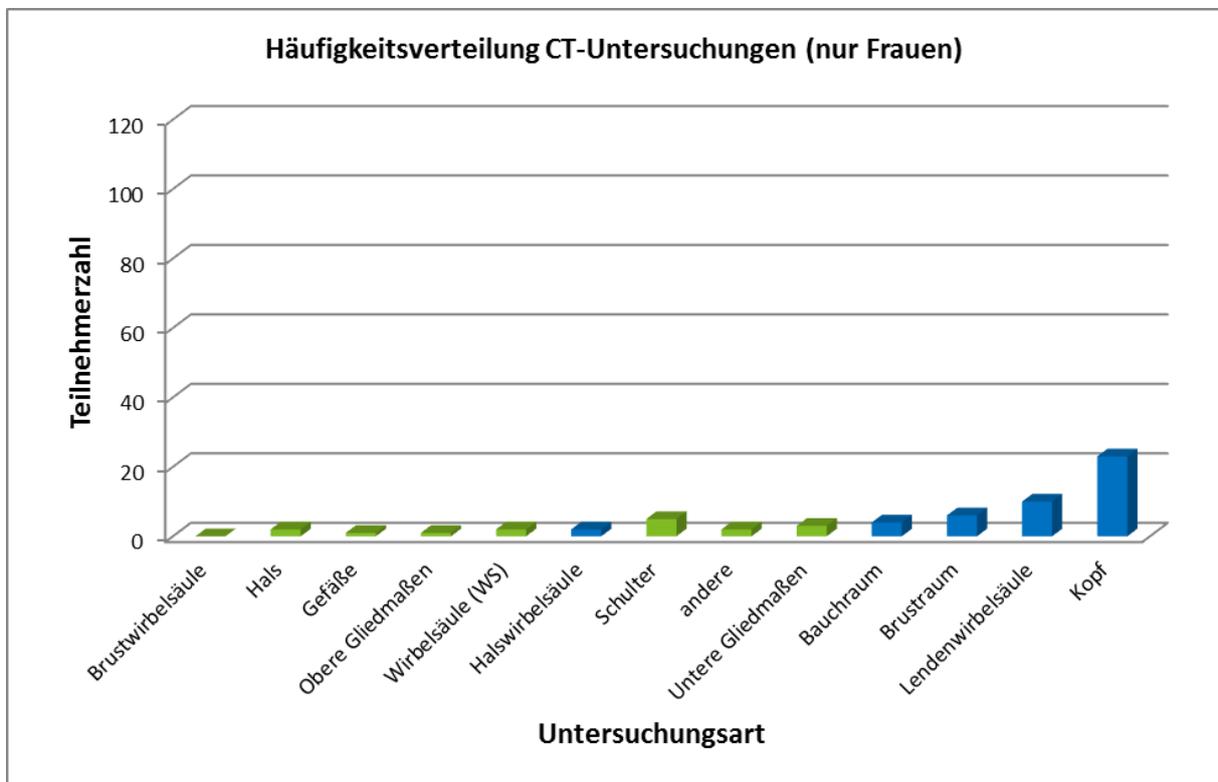
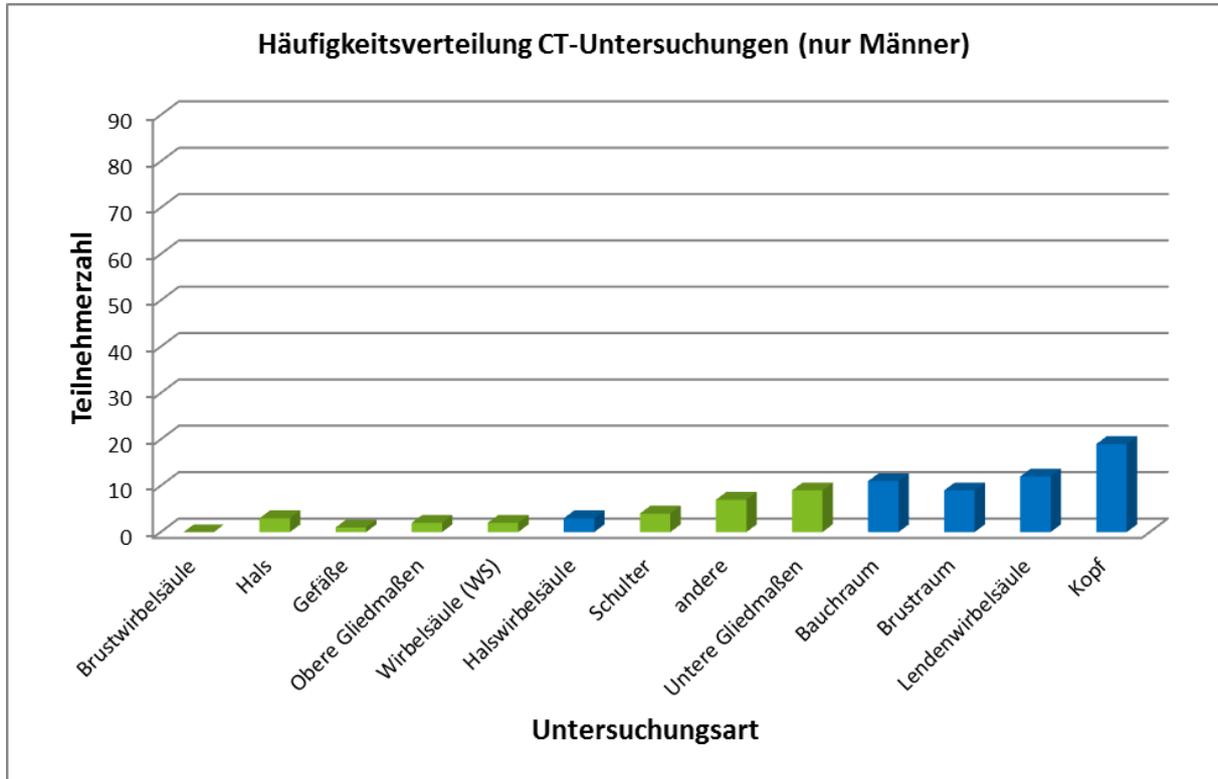
#### 4.2.3 Ergebnis der Dosisschätzung

Die selbstberichteten Röntgen- und CT-Untersuchungen sind in den Abbildungen 3 und 3a getrennt für Männer und Frauen dargestellt. Bei Röntgenuntersuchungen waren die am häufigsten berichteten Untersuchungen Zahnaufnahmen (96% der Teilnehmer), gefolgt von Untersuchungen des Brustraums (59%), sowie der oberen Extremitäten wie Elle (32%), Hand (27%) und Schulterbereich (26%). Der hohe Anteil von Frauen, die schon eine Mammographie hatten (54%), resultiert möglicherweise aus der Zunahme an Mammographien aufgrund des Mammographie-Screening-Programms. Knapp die Hälfte (90 Personen, 45%) aller Studienteilnehmer hatte jemals eine CT-Untersuchung. Am meisten wurden Untersuchungen des Kopfes (21% aller Teilnehmer), gefolgt von denen der Lendenwirbelsäule (11%), und dem Brustraum beziehungsweise Bauchraum (mit jeweils 8%) durchgeführt.

**Abbildung 3 Häufigkeitsverteilung selbstberichteter Röntgenuntersuchungen (Männer oben, Frauen unten). Die Untersuchungsarten, für die eine Dosisberechnung durchgeführt wurde, sind blau markiert**



**Abbildung 3a Häufigkeitsverteilung selbstberichteter CT-Untersuchungen. (Männer oben, Frauen unten). Die Untersuchungsarten, für die eine Dosisberechnung durchgeführt wurde, sind blau markiert**



\*In der Kategorie ‚Andere‘ sind Untersuchungen, die im Fragebogen nicht aufgelistet waren, aber von den Teilnehmern genannt wurden (wie Fuß, Genitalregion, Kiefer, Niere, Nase oder Nasennebenhöhlen)

Wie in dem Methodenteil schon erwähnt, konnten nur für die 11 Röntgenuntersuchungsarten sowie die 5 CT-Untersuchungsarten, für die Organkonversionsfaktoren vorlagen, eine Dosisberechnung durchgeführt werden. Abbildungen 4a und 4b veranschaulichen die mittlere effektive Dosis pro Röntgen- und CT-Untersuchungsart getrennt nach Geschlecht. Im Durchschnitt ist die effektive Dosis bei CT-Untersuchungen um den Faktor 20 höher als bei Röntgenuntersuchungen.

**Abbildung 4a Mittlere effektive Dosis durch Röntgen-Untersuchungsarten, getrennt nach Geschlecht**

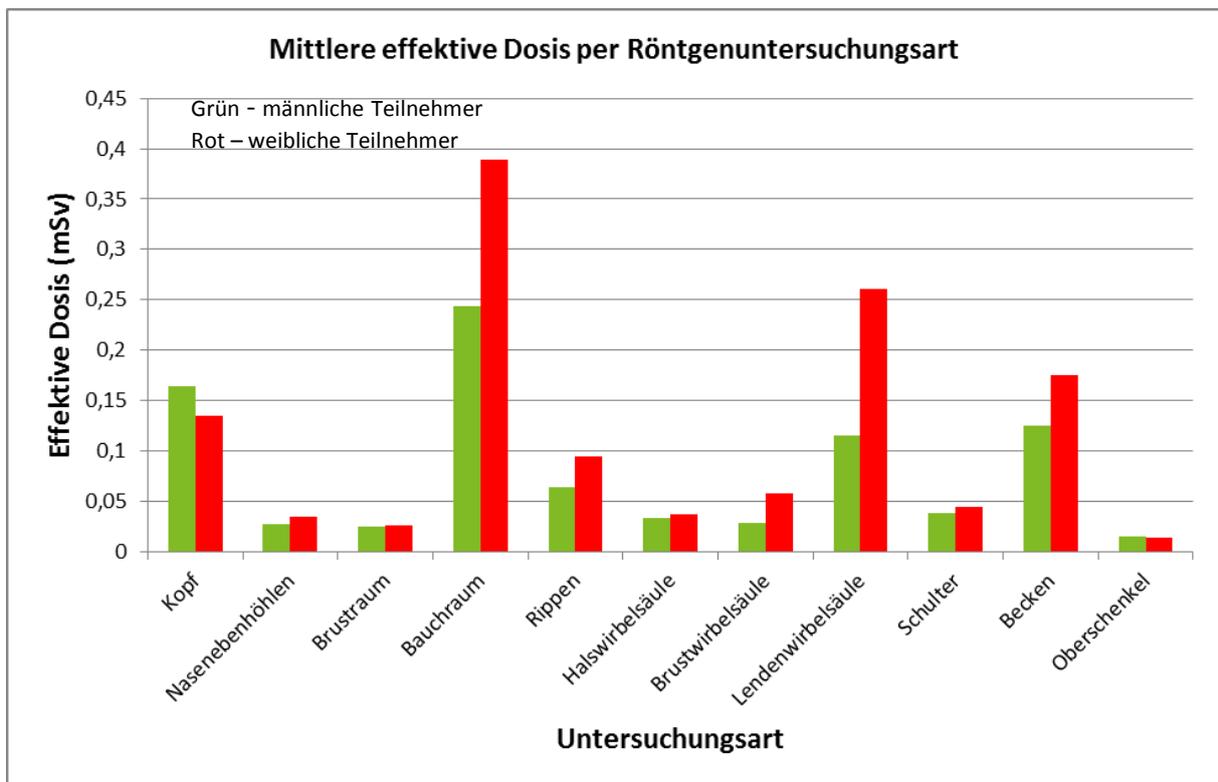


Abbildung 4b Mittlere effektive Dosis durch CT-Untersuchungsarten, getrennt nach Geschlecht

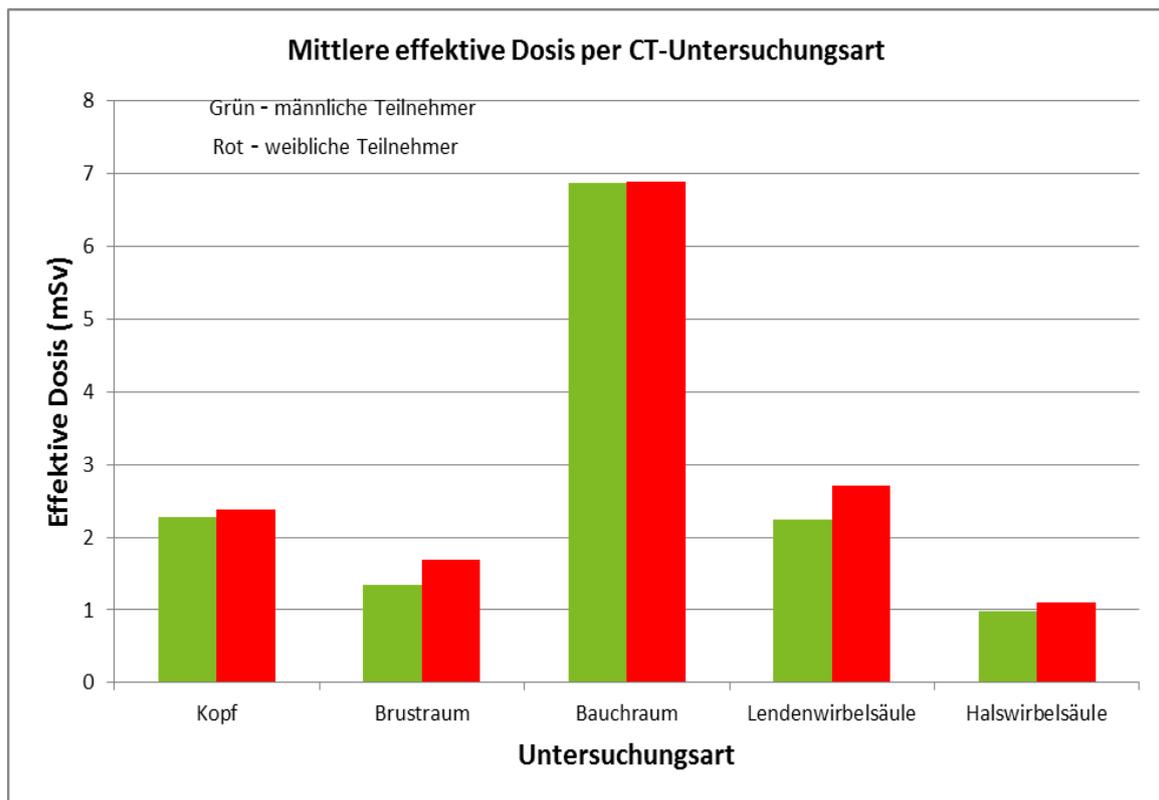


Tabelle 20 zeigt anhand der Organdosis-Zuordnung von unterschiedlichen Röntgen- sowie CT-Untersuchungsarten (Kopf, Brustraum, Bauchraum, Halswirbelsäule (HWS), Lendenwirbelsäule (LWS)), dass Organe, die direkt im Strahlenfeld liegen, die höchste Dosis erhalten. Die Organdosis wurde bei berechneten Werten, die kleiner als 0,005 waren, auf 0,00 abgerundet.

Tabelle 20 Organdosis-Zuordnung bei 5 Röntgen- bzw. CT-Untersuchungsarten

Untersuchungstyp		Organdosis (mSv)						
		Gehirn	Augenlinse	Schilddrüse	Lunge	Magenwand	Kolon	Rotes Knochenmark
Kopf	Röntgen	0,23	1,57	1,15	0,01	0,01	0,03	0,03
	CT	16,90	22,20	0,50	0,00	0,00	0,00	2,10
Brust- raum	Röntgen	0,00	0,00	0,02	0,11	0,02	0,00	0,02
	CT	0,00	0,00	0,30	2,50	0,10	0,00	0,50
Bauch- raum	Röntgen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,61	0,91	0,06
	CT	0,00	0,00	0,00	1,30	8,70	16,30	3,90
HWS	Röntgen	0,01	0,33	0,27	0,00	0,00	0,01	0,00
	CT	0,20	0,10	17,40	0,30	0,00	0,00	0,40
LWS	Röntgen	0,02	0,02	0,02	0,02	0,16	0,47	0,02
	CT	0,00	0,00	0,00	0,10	3,90	9,40	1,10

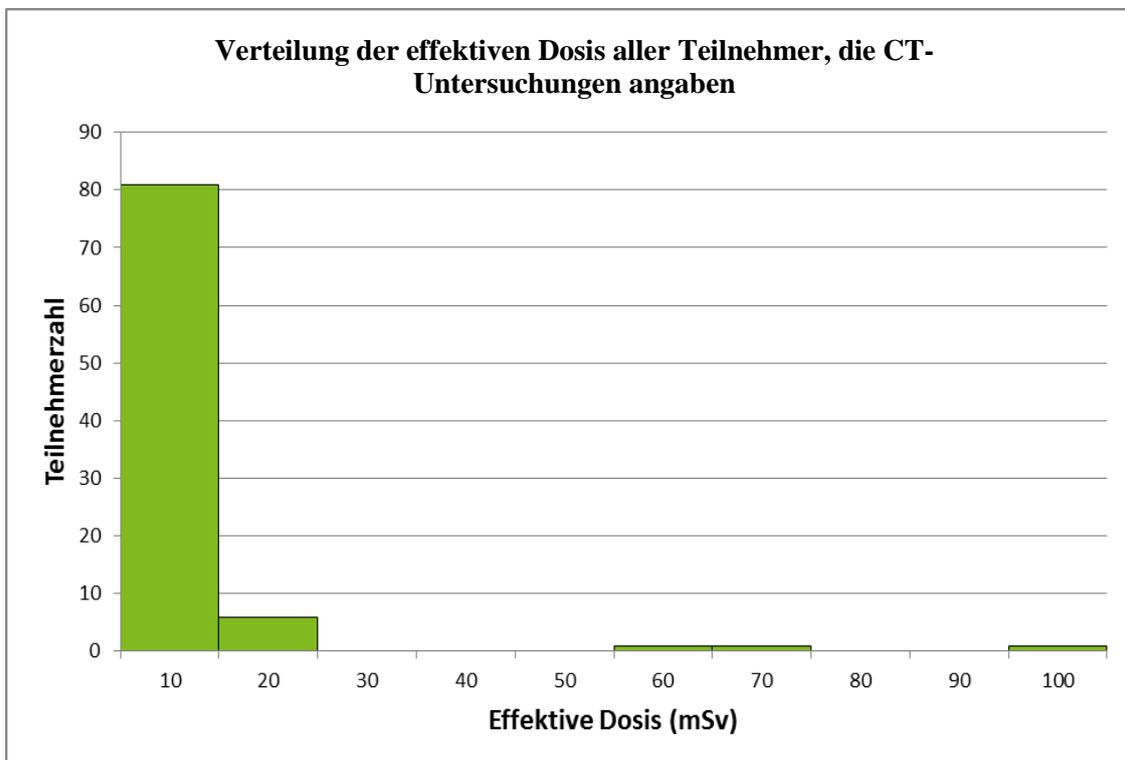
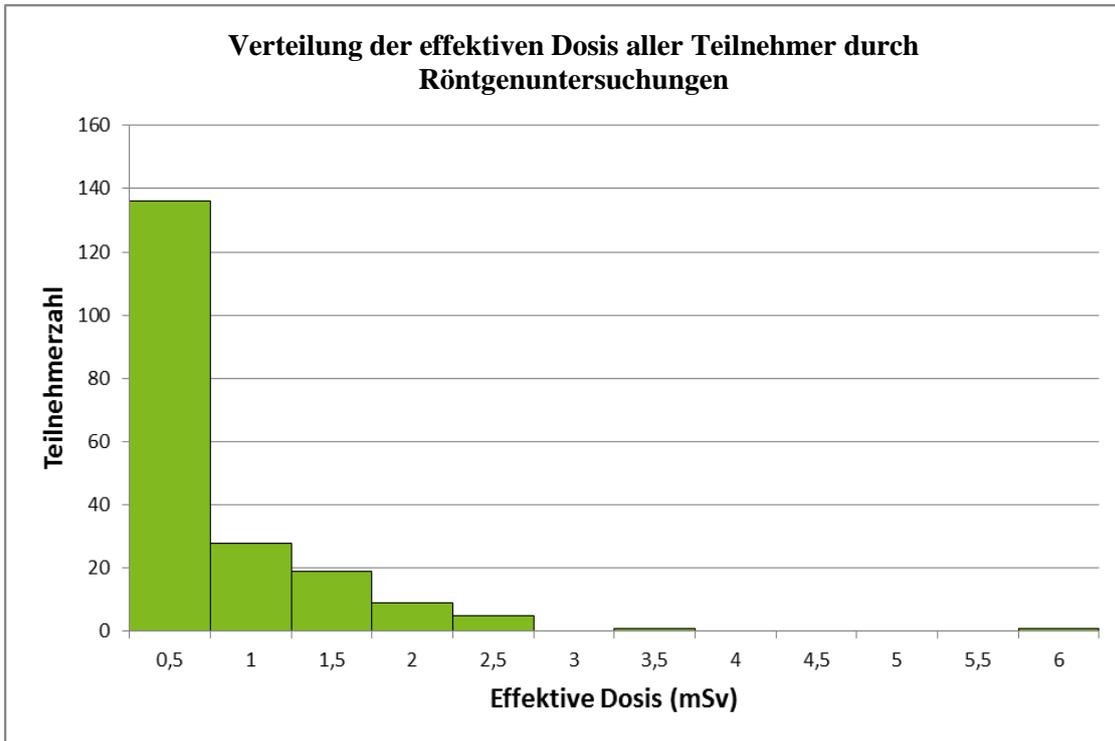
Die folgende Tabelle 21 zeigt einen Vergleich zwischen typischen Werten für die effektive Dosis häufiger Röntgen- und CT-Untersuchungen aus BMU (2010) und den hier berechneten Werten. Es fällt auf, dass sowohl bei den Röntgen- als auch bei den CT-Untersuchungen die typischen Werte von den berechneten teilweise abweichen. Es kann vermutet werden, dass die für die Dosisberechnung verwendeten typischen Werte in der Praxis häufig nicht realitätsnah sind, da bestimmte Einflussfaktoren, wie z.B. Patientengröße und -gewicht, nicht miteinbezogen werden.

**Tabelle 21**      **Vergleiche von typischen Werten der effektiven Dosis für häufige Röntgen- und CT-Untersuchungsarten aus (8) und den berechneten Werten**

Untersuchungsart	Effektive Dosis (mSv)	
	BfS Bericht 2010 (BfS 2010)	Berechnete Werte
<b>Untersuchungen mit konventionellen Röntgenaufnahmen</b>		
Kopf	0,03 - 0,06	0,15
Halswirbelsäule	0,1 - 0,2	0,04
Brustraum	0,02 - 0,04	0,03
Brustwirbelsäule	0,2 - 0,5	0,04
Lendenwirbelsäule	0,6 - 1,1	0,19
Becken	0,3 - 0,7	0,15
Bauchraum	0,3 - 0,7	0,32
<b>CT-Untersuchungen</b>		
Kopf	1,7 - 2,3	1,83
Lendenwirbelsäule	4,8 - 8,7	2,48
Brustraum	4,2 - 6,7	1,52
Bauchraum	8,8 - 16,4	6,88

Abbildung 5 stellt die Häufigkeitsverteilung der effektiven Dosis aller Teilnehmer durch Röntgen- und CT-Untersuchungen dar. Die mittlere Dosis pro Person durch CT-Untersuchungen von 6,2 mSv ist 15 mal so hoch wie die von Röntgenuntersuchungen, wo die mittlere Dosis bei 0,4 mSv liegt (Tabelle 22). Sowohl bei konventionellen Röntgen- als auch bei CT-Untersuchungen hat mehr als die Hälfte aller Teilnehmer eine Dosis erhalten, die niedriger als die mittlere Dosis ist.

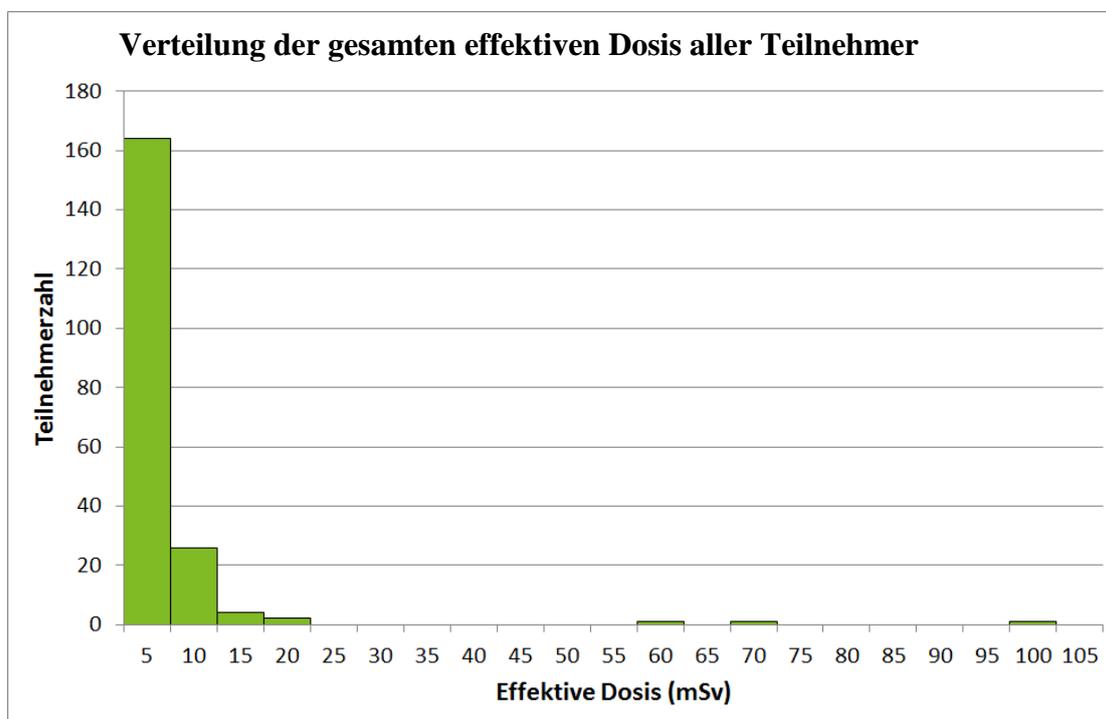
**Abbildung 5 Häufigkeitsverteilungen der effektiven Dosen aller Teilnehmer durch Röntgen- (oben) und CT-Untersuchungen (unten)**



**Tabelle 22 Effektive Dosis für Röntgen- bzw. CT-Untersuchungen sowie für beide Untersuchungstypen**

Effektive Dosis (mSv)					
	Min	Max	Mittelwert	Median	Std. abw.
<i>Röntgenuntersuchungen</i>	0,00	5,9	0,4	0,2	0,7
<i>CT-Untersuchungen</i>	0,00	98,8	6,2	2,6	13,6
<i>Gesamtdosis</i>	0,00	99,4	3,3	0,6	9,7

**Abbildung 6 Häufigkeitsverteilungen der gesamten effektiven Dosen aller Teilnehmer verursacht durch Röntgen- und CT-Untersuchungen**



In Abbildung 6 ist die gesamte effektive Dosis der berechneten Röntgen- sowie CT-Untersuchungsarten aller Teilnehmer zu sehen. Der größte Anteil der Dosis beruht auf CT-Untersuchungen. Die hohen effektiven Dosen, >55 mSv, wurden hauptsächlich durch mehrere CT-Untersuchungen des Brust- und Bauchraums verursacht. Die betroffenen 3 Teilnehmer hatten je 5 bis 7 CT-Untersuchungen des Brust- und Bauchraums. Bei einem Teilnehmer wurden alle Untersuchungen vor 1990 durchgeführt. Obwohl die durchschnittliche Gesamtdosis 3,3 mSv beträgt, haben die Hälfte aller Teilnehmer unter 0,6 mSv erhalten. Der relativ geringe Dosisanteil bei Röntgenuntersuchungen kommt u.a. zustande, weil die dosisintensiven Röntgenuntersuchungen der interventionellen Radiologie bei der Dosisberechnung nicht berücksichtigt wurden.

### 4.3 Prüfung, Bewertung, Diskussion von Fehlerquellen

#### 4.3.1 Mögliche Fehlerquellen in der Dosisabschätzung

Die Dosisabschätzung für Röntgenuntersuchungen wurde durch Multiplikation eines Konversionsfaktors mit der Einfalldosis (Luftkerma) rechnerisch durchgeführt. Drei Methoden wurden vorgestellt, die in Abhängigkeit von dem Informationsumfang der selbstberichteten bzw. im Röntgenpass eingetragenen Daten für die Berechnung der Einfalldosis benutzt werden können. Die Berechnung erfolgt entweder durch das Dosis-Flächen-Produkt oder die Dosisausbeute. Aufgrund der fehlenden untersuchungsspezifischen Angabe konnte nur Methode 3 (d.h. Berechnung der Dosisausbeute, Einfalldosis und Organdosis aus Literaturangaben) benutzt werden. Mögliche Fehlerquellen bzw. Quellen von Unsicherheit sind:

- Falsche bzw. unvollständige Angaben zur Untersuchungsart (z.B. unterschiedliches Erinnerungsvermögen der Studienteilnehmer, das umso unzuverlässiger ist, je älter der Teilnehmer ist und je länger die Untersuchung zurück liegt).
- Bestrahlte Fläche
- Fokus-Haut-Abstand
- Stromzeitprodukt
- Röhrenspannung
- Dosisausbeute
- Konversionsfaktoren

Die Dosisabschätzung für die CT-Untersuchungen wurde mit Hilfe von CT-Expo durchgeführt. Die für die Berechnung in CT-Expo erforderlichen Daten wurden aus Stamm & Nagel (2011) und Nagel (2002) entnommen. Mögliche Fehlerquellen bzw. Quellen von Unsicherheiten sind:

- Ungenauigkeit der erhobenen Daten
- Gerätestreuung
- Scanlänge
- Spannung
- Stromzeitprodukt
- Konversionsfaktoren

#### 4.3.2 Qualitative Bewertung

Die selbst berichteten Angaben zu den untersuchten Körperbereichen und der Untersuchungshäufigkeit unterscheiden nicht, wie zum Beispiel im Falle des Bauchraums, welche Art der Bauchraumuntersuchung durchgeführt wurde und spezifizieren nicht die Einstrahlrichtung (anterior-posterior, posterior-anterior oder lateral) für die Röntgenaufnahme. Je nach Einstrahlrichtung und Patientendicke variiert der Fokus-Haut-Abstand zwischen 10-50 cm, was zu 50% Unsicherheit bei der ermittelten Einfalldosis ( $\Delta K_E$ ), und somit auch der Organdosis, führen kann. Unter der Annahme, dass das Durchschnittsgewicht der Teilnehmer zwischen 60 kg und 90 kg liegt, folgt daraus eine Abweichung von 28% vom Standardmensch (70 kg). Bei konstant bleibender Spannung kann aufgrund des Gewichtsunterschieds das Stromzeitprodukt bis zu 50 % variieren. Nach DIN 6809-7 (Normdin 6809 Teil 7) kann die Anwendung von Richtwerten für die Dosisausbeute zu einer Unsicherheit von 25% bei der Berechnung der Einfalldosis führen. Anhand des Maßes an Unsicherheit der oben genannten Parameter wurde die Relativunsicherheit der Einfalldosis mittels der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung von Röntgenuntersuchungen bestimmt und liegt bei 56%. Allerdings können Unsicherheiten, die sich aus Größe und Gewicht der Personen ergeben, bei der geplanten Nationalen Kohorte verringert werden, da diese Daten im Rahmen der Grunddatenerhebung erfasst werden.

Falsche bzw. ungenaue Dateneingabe des Scannertyps, Scanbereichs, Untersuchungsregion, Scan- und Untersuchungsparametern können zu hohen Fehlschätzungen führen. Bei CT-Untersuchungen erfolgt die Abschätzung der Organ- und effektiven Dosis mit CT-Expo. Die für die Berechnung benutzten CT-Protokolle sind empfohlene Parameter und wurden aus Nagel & Vogel (2010) entnommen. Die Abschätzung der Unsicherheit erfolgt mit Angaben zur mittleren Streuung von Spannung, Stromzeitprodukt, Scanlänge und Pitch aus der bundesweiten Umfrage zur CT-Expositionspraxis (Galanski 2002). Die Streuung der einzelnen Parameter sind: Spannung 7 %, Stromzeitprodukt 40 %, Scanlänge 20 %, Pitch 22 %. Daraus erhält man die relative Unsicherheit des Dosislängenprodukts DLP von 53 %.

Die Nutzung von Konversionsfaktoren führt zu einer Vereinheitlichung der berechneten Organdosis, welche für einen Standardpatienten gilt. Die Konversionsfaktoren aus Zankl et al. (1991), Drexler et al. (1993), Pentoussi-Henss et al. (1998) und Nagel (2002) wurden anhand mathematischer Phantome mittels Monte-Carlo Simulationen bestimmt. Die dafür angewandte Organanlage in dem mathematischen Phantom entspricht nicht immer der Realität, was zu Abweichungen in der berechneten Organdosis führen kann. Die Fehler, welche bei der An-

wendung der Konversionsfaktoren im Einzelfall entstehen, sind sehr groß und können nicht systematisch behandelt werden (Drexler et al. 1993).

#### 4.3.3 Integrierbarkeit der Dosisberechnung in das Gesamtprogramm der Nationalen Kohorte

Basierend auf den selbstberichteten Informationen, die im Rahmen der Machbarkeitsstudie gesammelt wurden, wurde ein Verfahren entwickelt, mithilfe dessen die Organdosen aus den Angaben zu den medizinischen Untersuchungen berechnet werden können. Sofern Organkonversionsfaktoren vorliegen, ist diese Berechnung sowohl für konventionelle diagnostische radiologische Untersuchungen als auch für CT-Untersuchungen anwendbar. Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie lieferten die Teilnehmer Informationen über die untersuchte Körperregion, Untersuchungshäufigkeit und das Jahr, in dem die jeweilige Untersuchung stattfand. Für Prüfungsmodalitäten, für die die in 4.1 beschriebenen Methoden 1 und 2 zur Anwendung kommen sollen, werden mehr Daten benötigt (vgl. 4.1).

Um die Organdosis zu berechnen, muss die vom Teilnehmer beschriebene Untersuchungsart zu einer angemessenen, in der klinischen Routine implementierten Untersuchungsart zugeordnet werden können. Aufgrund der Vielzahl von Untersuchungsarten (z. B. im Bauchraum), kann eine exakte Spezifizierung nicht immer stattfinden, weshalb es bei der Berechnung der Organdosis zu Abweichungen kommen kann. Um diese Abweichungen reduzieren zu können, müssten die Angaben der Teilnehmer auf Vollständigkeit und Validität geprüft werden. Eine Möglichkeit, dies zu tun, wäre eine Anfrage an die Krankenkassen, die Arztpraxen oder Krankenhäuser der behandelten Teilnehmer, in der man um Einsicht weiterer Daten bittet. Ein hoher Aufwand ist hier vorhersehbar, insbesondere bei länger zurückliegenden Untersuchungen. Dieser Punkt und die Einsetzbarkeit des Röntgenpasses werden ausführlich in AP2 und der Gesamtdiskussion erörtert.

Eine weitere Möglichkeit wäre, das Erhebungstool sowohl sprachlich ansprechender zu gestalten, wie auch graphische Darstellungen der unterschiedlichen Untersuchungsarten der jeweiligen Körperregion hinzuzufügen. Zum Beispiel könnte man, anstatt der bloßen Abfrage, ob eine Kopfuntersuchung stattgefunden hat, Darstellungen der verschiedenen Kopfuntersuchungen integrieren, um die Art der Untersuchung eingrenzen zu können. Beides führt zu einem besseren Verständnis der technischen Begrifflichkeiten und kann somit auch die Dosis-schätzung verbessern.

Da eine genaue Spezifikation der jeweiligen Untersuchungsart nicht möglich war, wurde für die Dosisberechnung die am häufigsten vorkommende Untersuchungsart der entsprechenden

Körperregion (z.B. Bauchraum) benutzt. Dabei wurde angenommen, dass jeder Patient bei der Untersuchung die gleiche Dosis erhalten hat. Für die Dosisberechnung bei Röntgenuntersuchungen wurden die benötigten Parameter den Leitlinien der BÄK und Herstellerempfehlungen für Standardpatienten entnommen. Für die CT-Untersuchungen wurden optimierte Protokolle als Informationsquelle verwendet. Bei jedem Teilnehmer wurde mithilfe der Häufigkeitsangaben die gesamte Organdosis und effektive Dosis bestimmt. Die Teilnehmer berichteten teilweise von Röntgenuntersuchungen, die weit in der Vergangenheit stattgefunden haben. Um die höhere Strahlenexposition früherer Untersuchungen auszugleichen, wurden Korrekturfaktoren entwickelt.

Hinzu kommt, dass auch Faktoren, wie das Gewicht und die Größe der Teilnehmer, die Berechnung erheblich beeinflussen und es somit zu einer deutlichen Über- oder Unterschätzung der Organdosis kommen kann. Dieser Aspekt sollte im Rahmen der Nationalen Kohorte berücksichtigt werden. Das heißt, um Fehlschätzungen zu verringern, sollten die entsprechenden Daten zu Gewicht und Größe in zukünftige Befragungen integriert werden. Daraufhin sollten die Teilnehmer entsprechend ihrer BMI-Werte gruppiert werden, um Abweichungen, die auf anatomische Gegebenheiten zurückzuführen sind, zu reduzieren. Um für die Teilnehmer, die laut dieser Gruppierungen entweder nach oben oder nach unten (unterdurchschnittlicher bzw. überdurchschnittlicher BMI) vom Standardpatienten abweichen, eine möglichst optimale Organdosis ermitteln zu können, werden weitere Daten benötigt. Die erforderlichen Parameter könnten stichprobenartig aus Klinikakten extrahiert werden.

Aus diesen Überlegungen lässt sich schließen, dass für die Durchführbarkeit der Erhebung der medizinischen Strahlenexposition in der Nationalen Kohorte vor allem ein breites Spektrum valider Daten von großer Bedeutung sind. Dabei ist es wichtig, dass sowohl die Instruktionen in den Teilnehmerbefragungen so wenig Raum für Fehlangaben wie möglich zulassen, wie auch, dass diese Angaben nach Möglichkeit durch externe Informationen (Daten aus Kliniken etc.) untermauert werden können.

## **5 Einzelzielsetzung in Arbeitsschritt 4 (AP4)**

In AP4 wurden anhand der in AP 1-3 erarbeiteten Informationen und Methoden sowie anhand weiterer Überlegungen zu alternativen Szenarien der personelle und zeitliche Aufwand sowie entsprechende Mengen und Preise für eine Erhebung der medizinischen Strahlenexposition in der Gesamtkohorte geschätzt.

Zunächst wurden für alle Aufgabenbereiche, die bei der Durchführung der Machbarkeitsstudie bearbeitet wurden, das eingesetzte Personal und dessen Tätigkeiten aufgelistet. In Rücksprache mit den jeweiligen Abteilungen bzw. Arbeitsgruppen wurden die durchschnittlichen zeitlichen Aufwände für jede Tätigkeit, basierend auf den Erfahrungen aus der Machbarkeitsstudie, kalkuliert. Die Personalkosten wurden anhand von Informationen aus der Personalverwaltung berechnet. Hierfür wurde bei der Personalverwaltung der Stundenlohn des jeweiligen Personals nach TVL erfragt, welcher mit dem geschätzten zeitlichen Aufwand multipliziert wurde. Da weitere gesundheitsökonomische Abschätzungen nicht nötig bzw. sinnvoll waren, wurde auf die Zusammenarbeit mit einem gesundheitsökonomischen Experten verzichtet und stattdessen die Administration des BIPS – Institut für Epidemiologie und Präventionsforschung in die Ermittlung und Prüfung der Datenbasis für die Kostenschätzung einbezogen.

### **5.1 Kostenabschätzung für die retrospektive Erhebung**

Für die retrospektive Erhebung der medizinischen Strahlenexposition sind zwei mögliche Szenarien dargestellt. Dabei wird zunächst nur das Szenario samt des benötigten Personals dargestellt, in den nachfolgenden Tabellen eine Beispielrechnung für eine Erhebung von 10.000 Personen.

### **Szenario 1:**

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde ein Computergestütztes Interview Programm (CAPI) entwickelt, das in den teilnehmenden Zentren benutzt werden könnte. Das CAPI wurde in Bremen bei 10 Interviews erfolgreich eingesetzt. Im Durchschnitt dauerte das medizinische Strahlenexpositionsinterview, inklusive Vorbereitung, Aufklärung (Einleitung) und Dokumentation der Durchführung, 15 Minuten.

In den Fällen, wo das CAPI benutzt werden kann, wird folgendes Personal benötigt (aktuelle Personalkosten Stand 2012):

Study Nurse:

TVL 9 Stufe 2

3328,20 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

19,72 Euro pro Stunde

Dokumentar (Datenbankvorbereitung und -pflege):

TVL 9 Stufe 2

3328,20 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

19,72 Euro pro Stunde

Medizinphysiker (Dosisabschätzung):

TVL 13 Stufe 2

4482,60 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

26,56 Euro pro Stunde

Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Schulung der Interviewer/wissenschaftliche Koordination der Erhebung )

TVL 13 Stufe 2

4482,60 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

26,56 Euro pro Stunde

Druckkosten:

Studieninformation - 0,10 Euro cent pro A4 Seite

Einwilligungserklärung - 0,10 Euro cent pro A4 Seite

## **Szenario 2:**

Neben dem CAPI wurde in der Machbarkeitsstudie mit einer Papierversion des Fragebogens gearbeitet, die zum größten Teil in Bremen und für alle Interviews in Hamburg genutzt wurde. Für den Fall, dass eine Papierversion des Fragebogens benutzt wird, wird folgendes Personal benötigt:

Study Nurse:

TVL 9 Stufe 2

3328,20 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

19,72 Euro pro Stunde

Dokumentar (Datenbankvorbereitung und -pflege):

TVL 9 Stufe 2

3328,20 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

19,72 Euro pro Stunde

Studentische Hilfskraft auf 400 Euro-Basis (Dateneingabe):

10,88 Euro pro Stunde, inklusive Sozialversicherung usw.

Medizinphysiker (Dosisabschätzung):

TVL 13 Stufe 2

4482,60 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

26,56 Euro pro Stunde

Wissenschaftliche Mitarbeiter/Mitarbeiterin (Schulung der Interviewer/wissenschaftliche Koordination der Erhebung )

TVL 13 Stufe 2

4482,60 Euro im Monat, inklusive Sozialversicherung usw.

26,56 Euro pro Stunde

Druckkosten:

1 x Fragebögen – 4,80 Euro

1 x Studieninformation – 0,10 Euro cent pro A4 Seite

1 x Einwilligungserklärung – 0,10 Euro cent pro A4 Seite

**Tabelle 23 Szenario 1: Personal- und Sachkosten - Interview mit CAPI**

Aufgabenbereich	Personal	Tätigkeit	Zeitlicher Aufwand	Kosten (Euro)
Feldarbeit	Study Nurse TVL9 S2	Interview, inklusive Einleitung	15 Minuten pro Interview	$[(15 \times 10^4)/60] \times 20,00^* = 50.000,00$
IT/Dokumentation	Dokumentar TVL9 S2	Vorbereitung und Pflege der Datenbank	3PM über 3 Jahre verteilt	$3 \times 3328,20 = 9.984,60$
Dosisabschätzung	Medizinphysiker TVL 13 S2	Konzept Anpassung/ Vorbereitung Dosisabschätzung	6PM über 3 Jahre verteilt	$6 \times 4483 = 26.898,00$
Schulung/Wiss. Koordination	Wiss. Mitarbeiter TVL13 S2	Schulung der Interviewer, wissenschaftliche Koordination der Erhebung	12PM über 3 Jahre verteilt	$12 \times 4483 = 53.796,00$
Druckkosten: Studieninformation Einwilligungserklärung				$0,10 \times 10^4 = 1.000,00$ $0,10 \times 10^4 = 1.000,00$
Gesamtkosten für eine retrospektive Erhebung 10.000 Personen				142.678,60

\*aufgerundet auf ganze Euro

Anmerkung: es sind keine Umsatzsteuer und Gemeinkosten enthalten. Es ist zudem zu bedenken, dass ggf. aufgrund der Verteilung auf verschiedene Erhebungszentren höhere Kosten anfallen können

**Tabelle 24 Szenario 2: Personal- und Sachkosten - Interview mit Papier-Fragebogen**

Aufgabenbereich	Personal	Tätigkeit	Zeitlicher Aufwand	Kosten (Euro)
Feldarbeit	Study Nurse TVL9 S2	Interview, inklusive Einleitung	15 Minuten pro Interview	$[(15 \times 10^4)/60] \times 20,00^* = 50.000,00$
IT/Dokumentation	SHK* Dokumentar TVL9 S2	Dateneingabe /Pflege der Datenbank	15 Minuten pro Fragebogen 3PM über 3 Jahre verteilt	$[(15 \times 10^4)/60] \times 11,00 = 27.500,00$ $3 \times 3328,20 = 9.984,60$
Dosisabschätzung	Medizinphysiker TVL 13 S2	Konzept Anpassung/ Vorbereitung Dosisabschätzung	6PM über 3 Jahre verteilt	$6 \times 4483 = 26.898,00$
Schulung/Wiss. Koordination	Wiss. Mitarbeiter TVL13 S2	Schulung der Interviewer, wissenschaftliche Koordination der Erhebung	12PM über 3 Jahre verteilt	$12 \times 4483 = 53.796,00$
Druckkosten: Fragebogen Studieninformation Einwilligungserklärung				$4,80 \times 10^4 = 48.000,00$ $0,10 \times 10^4 = 1.000,00$ $0,10 \times 10^4 = 1.000,00$
Gesamtkosten für eine retrospektive Erhebung 10.000 Personen				218.178,60

\*aufgerundet auf ganze Euro

SHK\* - Studentische Hilfskraft

Anmerkung: es sind keine Umsatzsteuer und Gemeinkosten enthalten. Es ist zudem zu bedenken, dass ggf. aufgrund der Verteilung auf verschiedene Erhebungszentren höhere Kosten anfallen können

Zusätzlich zu den in den obigen Tabellen aufgeführten Kosten kommen Reisekosten, zum Beispiel um an den verschiedenen Zentren Schulungen zu halten bzw. an Schulungen teilzunehmen. Weitere reise- und kommunikationsbezogene Kosten (Telefonkonferenzen etc.) entstehen durch die Teilnahme an Treffen der Nationalen Kohorte.

## **5.2 Kostenabschätzung für die prospektive Erhebung**

Eine prospektive Erhebung der medizinischen Strahlenexposition könnte wie folgt aussehen:

### **Szenario 1: Einsatz eines Röntgenpasses**

Für die Machbarkeitsstudie wurde ein modifizierter Röntgenpass (siehe Anhang) an 98 Teilnehmer aus Bremen verteilt. In dem Röntgenpass ist nicht nur die Art und die Körperregion der Untersuchung einzutragen, sondern auch das Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt, ggf. Nuklid oder Aktivitätsreferenzwert.

Der Röntgenpass könnte an die Teilnehmer bei der Basisuntersuchung verteilt werden und anschließend bei jedem folgenden Follow-Up vorgelegt werden. In den Fällen, wo Eintragungen in den Pässen vorhanden sind, werden diese in einer dafür vorgesehenen Datenbank eingetragen. Weiterhin wird eine Kopie des Röntgenpasses angefertigt. Zur Erinnerung werden die Teilnehmer zweijährlich angerufen, um nach durchgeführten Röntgenuntersuchungen und der Eintragung dieser in den Röntgenpass zu fragen. Durchgeführte Untersuchungen würden in die dafür vorgesehene Datenbank eingetragen.

Das beschriebene Vorgehen könnte gut in das Programm der Nationalen Kohorte integriert werden, indem es z.B. an die geplanten telefonischen Follow-up Termine gekoppelt würde. Ein Vorteil läge darin, dass die Daten regelmäßig, relativ zeitnah und mit geringem Aufwand erhoben werden könnten. Es gäbe auch die Möglichkeit, die Einträge in den Röntgenpässen mit den zweijährlich erhobenen Daten zu vergleichen. Nachteilig ist jedoch, dass nicht gesichert ist, ob die Röntgenpässe wie erwünscht ausgefüllt werden. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie waren die Eintragungen in den Pässen unvollständig. Meistens wurden nur die Art der Untersuchungen und die kVp eingetragen.

Kosten:

Dokumentar:

Programmierung – 3 PM =  $(3 \times 3328,20) = 9.984,60$  Euro

Datenbankbetreuung – 2PM pro Jahr =  $(2 \times 3328,20) = 6.656,40$  Euro

Medizinphysiker:

Dosisabschätzung – 2PM pro Jahr =  $(2 \times 4483) = 8.966,00$  Euro

Druckkosten: pro 1000 Röntgenpässe 341 Euro, je 0,34 Cent. Der Preis wird niedriger, je mehr Ausdrucke angefordert werden.

## **Szenario 2: Record-linkage mit Krankenkassendaten**

Eine weitere Möglichkeit der prospektiven Erhebung stellt das Record-Linkage-Verfahren dar. Die persönlichen Daten der Teilnehmer (Name, Adresse und Geburtsdatum) werden mit Daten der Krankenkassen in bestimmten Zeitabständen (z.B. alle 5 Jahre) verknüpft und dahingehend überprüft, ob Angaben zu Röntgenuntersuchungen vorhanden sind. Da es bereits Überlegungen gibt, dieses Verfahren im Rahmen der Nationalen Kohorte einzusetzen, ist eine Erweiterung auf die Erhebung von Röntgenuntersuchungen möglich. Ein großer Vorteil wäre, dass die Datenerhebung unabhängig des Erinnerungsvermögen der Teilnehmer und der Genauigkeit der Dokumentation in Arztpraxen oder Krankenhäusern erfolgt. Die Krankenkassen müssen jedoch ihre Zustimmung geben und die Daten in dem Maße vorbereiten, dass benötigte Angaben gefiltert werden können. Da die Angaben zu Dosislängen- bzw. Dosisflächenprodukt nicht in den Krankenkassendaten enthalten sind, müssen radiologische Praxen kontaktiert werden, um diese zu erheben, oder aber es werden Standardwerte für die Dosen (siehe auch AP 3) eingesetzt. Eine Kontaktierung und einzelfallbezogene Nacherhebung von Untersuchungsdaten ist als langwierig und kompliziert einzuschätzen, zudem müssten für alle Untersuchungen das Einverständnis der Kohortenmitglieder zur Datenübermittlung eingeholt werden.

Kosten: Hierfür ist es nicht möglich, eine vollständige Kostenschätzung vorzunehmen, da zunächst Krankenkassen kontaktiert werden müssen und deren Aufwand je nach Ansatz und regionaler Häufigkeit einzelner Kassen mglw. erheblich variiert. Grundlegend werden folgende Personalkosten anfallen:

Dokumentar:

Programmierung – 3 PM =  $(3 \times 3328,20) = 9.984,60$  Euro

Datenbankbetreuung – 4 PM pro Jahr =  $(4 \times 3328,20) = 13.312,80$  Euro

Medizinphysiker:

Dosisabschätzung – 2PM pro Jahr =  $(2 \times 4483) = 8.966,00$  Euro

Dazu kämen dann die Gebühren der Krankenkassen für die Datenermittlung und die Kosten der Erhebung benötigter Parameter für die Dosisabschätzung von den radiologischen Praxen.

### **Szenario 3: Internet-basierter Fragebogen**

Der Einsatz von Internet-basierten Fragebögen ist eine weitere Möglichkeit für die prospektive Datenerhebung. In Abständen von 4 oder 5 Jahren (oder ggf. kürzer) erhalten die Teilnehmer einen kurzen Fragebogen per E-Mail bzw. einen Verweis auf eine Internetseite mit entsprechendem elektronischen Fragebogen, in dem sie nach Röntgenuntersuchungen in der zurückliegenden Zeitperiode gefragt werden. Dabei sollen die Teilnehmer die Art der Untersuchung, das Untersuchungsdatum und den Namen des Arztes bzw. der Röntgenpraxis angeben. Letztere werden dann kontaktiert und nach den benötigten Parametern gefragt. Wie in dem vorherigen Szenario beschrieben, kann dies jedoch mit Schwierigkeiten verbunden sein.

Basiskosten:

Dokumentar:

Programmierung – 3 PM =  $(3 \times 3328,20) = 9.984,60$  Euro

Datenbankbetreuung – 4 PM pro Jahr =  $(4 \times 3328,20) = 13.312,80$  Euro

Medizinphysiker:

Dosisabschätzung – 2PM pro Jahr =  $(2 \times 4483) = 8.966,00$  Euro

Zusätzlich kämen die Kosten für die Erhebung der benötigten Parameter für die Dosisabschätzung von den radiologischen Praxen ggf. sowie Programmierungskosten für einen internetbasierten Fragebogen.

Die Teilnehmer der Nationalen Kohorte werden in regelmäßigen Abständen von 4 Jahren untersucht und könnten im Rahmen dieser Untersuchungen die Röntgenpässe in das Untersuchungszentrum mitbringen. Bei der Basisuntersuchung sollte die Relevanz und Wichtigkeit der Dokumentation zukünftiger Röntgenuntersuchungen verständlich erklärt werden. Es ist anzunehmen, dass die Mehrheit sich bemühen wird, den Röntgenpass bei entsprechenden Un-

tersuchungen vorzuzeigen und ausfüllen zu lassen, sofern eine gute Betreuung durch Studienpersonal sowie eine einfache Handhabung des Passes gewährleistet sind. Obwohl die Röntgenpässe vermutlich nicht immer vollständig oder wie gewünscht ausgefüllt werden, wäre es möglich, eine Dosisabschätzung anhand der grundlegenden Angaben vorzunehmen. Aus den aufgeführten Gründen ist Szenario 1 (prospektiv) vermutlich am einfachsten zu realisieren.

### **5.3 Diskussion**

Die hier vorgelegten Schätzungen zeigen auf, dass unter der Annahme einer funktionierenden und finanzierten Basiserhebung der Nationalen Kohorte eine spezifisch auf die medizinische Strahlenexposition ausgerichtete Zusatzerhebung mit einem vertretbaren Kostenaufwand zu realisieren ist. Die genannten Kosten können aus vielerlei Gründen nur orientierend sein und sind als Nettokosten unter Rahmenbedingungen zu verstehen, die auf der Basis der Erhebung in der Machbarkeitsstudie ermittelt wurden und aus unserer Sicht eine vernünftige Grundlage für die Planung sind.

Unsicherheiten bestehen einerseits bei den geschätzten Aufwänden für die Datenermittlung und hier insbesondere für die Dosisabschätzung aus den Erhebungsdaten, da diese je nach betriebenem Aufwand und Ausmaß des Rückgriffs auf medizinische (ggf. länger zurückliegende) Akten und sonstige Unterlagen sehr unterschiedliche Kosten haben können. Die Heterogenität der Versorgungslandschaft in Deutschland ist hier als eine Schwierigkeit für eine umfassende und homogene Datenermittlung in Bezug auf Dosisdaten anzusehen.

Unsicherheiten liegen zudem in der Tatsache, dass eine umfassende Erhebung der medizinischen Strahlenexposition in der Nationalen Kohorte an den verschiedenen Erhebungszentren angesiedelt wäre, und hier lokale Umstände wie etwa die Zusammensetzung der Erhebungsteams (Ärzte, study nurses) oder andere Begebenheiten zur Variabilität der Kosten beitragen können.

Weitere Unsicherheiten liegen in der Personalkostenentwicklung, diese sind aber als vergleichsweise gering einzuschätzen.

Sollte im Verlauf der Nationalen Kohorte in umfänglicher Weise auf elektronische medizinische Daten zurückgegriffen werden können, so werden sich auch gänzlich andere Kostenstrukturen ergeben, die aktuell aber noch nicht abschätzbar erscheinen.

## 6 Gesamtdiskussion

Die Ziele dieser Machbarkeitsstudie waren die Entwicklung praktikabler sowie valider Erhebungsinstrumente zur Ermittlung der medizinischen Strahlenexpositionen in der geplanten Nationalen Kohorte und die Testung dieser an einer Stichprobe von Probanden aus der Nationalen Kohorte. Zusätzlich sollten Methoden zur Abschätzung der effektiven Dosis der Kohortenmitglieder entwickelt und an den Daten der Stichprobe erprobt werden.

In AP1 wurde eine Literaturrecherche durchgeführt und in anderen Studien eingesetzte Erhebungsinstrumente zur Erhebung retrospektiver medizinischer Strahlenexpositionen evaluiert und bewertet. Auf Basis der gefundenen Informationen wurde ein Fragebogeninstrument für die Machbarkeitsstudie entwickelt. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Fragebogen möglichst präzise und nicht zu lang war. Der entwickelte Fragebogen wurde in Mainz getestet, überprüft und bearbeitet. Der Fragebogen war nicht nur in Papierform, sondern zu einem späteren Zeitpunkt auch elektronisch (Computergestütztes Interview Programm - CAPI), verfügbar.

In verschiedenen US-amerikanischen Studien wurden ausschließlich Fragebögen als sogenannte Selbstausfüller mit Erfolg eingesetzt. Diese Vorgehensweise spart Personalkosten und gibt dem Teilnehmer ausreichend Zeit zum Ausfüllen, es können aber kein gezieltes Probing oder weitere Erklärungen wie bei einem face-to-face Interviews stattfinden. Vor allem aufgrund der positiven Erfahrungen mit standardisierten persönlichen Interviews in Deutschland wurde entschieden, diese Erhebungsart einzusetzen.

Für die Erhebung prospektiver strahlenmedizinischer Expositionen wurden verschiedene Möglichkeiten, wie der Einsatz eines elektronischen Röntgenpasses oder CDs bzw. DVDs mit Untersuchungsangaben, in Betracht gezogen. Die erste Methode ist noch in der Entwicklung und es ist nicht voraussehbar, wann sie einsatzfähig sein wird. Bezüglich der zweiten Methode gaben mehrere Bremer Radiologen an, dass diese nicht einfach umzusetzen sei, da u.a. Kostenfragen für die CDs/ DVDs geklärt werden müssten. Eine Methode, die im Rahmen der Machbarkeitsstudie und der Nationalen Kohorte realisierbar und wenig bürokratisch wäre, ist der Einsatz eines Röntgenpasses. Zu diesem Zwecke wurde der existierende Röntgenpass mit Angaben zu Untersuchungsart und -datum um zusätzliche Angaben, wie dem Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt, ergänzt. Diese Angaben sind für eine Dosisabschätzung notwendig. Der modifizierte Röntgenpass wurde an Teilnehmer aus Bremen mit der Bitte verteilt, diesen in den kommenden sechs Monaten ihrem Arzt bei jeder Röntgenuntersuchung vorzulegen.

Der entwickelte Fragebogen wurde im Rahmen des AP2 in Bremen und Hamburg bei 199 Interviews erfolgreich eingesetzt. Die elektronische Version wurde am Ende der Erhebungsphase bei 10 Interviews in Bremen eingesetzt, bei den anderen Interviews kam die Papierversion zum Einsatz. Ein großer Vorteil ist, dass der Fragebogen am Ende des Basisfragebogens der Nationalen Kohorte bzw. der entsprechenden Machbarkeitsstudie für die Hauptstudie „angehängt“ werden konnte. Somit gehörte er für die Teilnehmer zum Gesamtpaket „Befragung“. Diese Vorgehensweise ist sicherlich auch für die Hauptstudie der Nationalen Kohorte empfehlenswert. Ein Aspekt, der noch weiterer Klärung bedarf, ist die Validierung der berichteten Angaben zu retrospektiven Expositionen. Ein Vergleich der selbstberichteten Angaben mit medizinischen Daten kann für Untersuchungen, die mehr als 10 Jahre zurückliegen, aufgrund der gesetzlichen Aufbewahrungsfrist schwer zu realisieren sein. Zudem werden die Kontaktdaten der untersuchenden Ärzte/ Radiologen benötigt, um die notwendigen Daten nach vorheriger Einwilligung der Studienteilnehmer zu erhalten. Das Vorhaben, die Angaben der Teilnehmer mit Daten der Krankenkassen abzugleichen, wurde noch nicht realisiert, weil partnerseitig erhebliche Verzögerungen beim Abschluss der erforderlichen Vereinbarungen mit der Krankenkasse, die sich grundsätzlich zu einer Zusammenarbeit bereit erklärt hat, eingetreten sind. Der Abgleich von Befragungsdaten von 11 Personen mit Daten der Krankenkasse wird jedoch noch unabhängig vom vertraglichen Ende des Forschungsprojektes durchgeführt, die sich daraus ergebenden Erkenntnisse werden als getrennter Bericht an das BfS nachgeliefert, sobald die Daten verfügbar gemacht und ausgewertet wurden. Dennoch ist ein entsprechendes Vorgehen aus unserer Sicht als grundsätzlich sinnvoll und empfehlenswert zu werten. Derzeit stellen Krankenkassen die einzigen Institutionen dar, die auf der Basis von Abrechnungsdaten einen Gesamtüberblick über durchgeführte Untersuchungen von Versicherten haben. Die Vielzahl der Krankenkassen sowie datenschutzrechtliche und vielfache weitere Barrieren sind jedoch als Einschränkung dieses Vorgehens zu nennen. Es wird empfohlen, die eh für die Nationale Kohorte im Rahmen des Sekundärdatenlinkage angedachten und in der Abklärung befindlichen Kooperationsmodelle mit den Krankenversicherungen in Deutschland konkret in Hinblick auf einen regelmäßigen Datenauszug für Röntgenuntersuchungen der Kohortenmitglieder auszugestalten.

Die Ergebnisse der in AP3 durchgeführten Dosisabschätzungen zeigen, dass die Dosisbeiträge der konventionellen Röntgenuntersuchungen im Großen und Ganzen gering waren. Es wäre daher überlegenswert, für die Nationale Kohorte eine verkürzte Version des in der Machbarkeitsstudie eingesetzten Fragebogens zu verwenden. In dem verkürzten Fragebogen könnten hauptsächlich Untersuchungen mit relativ hoher Dosis erfragt werden. Die Liste der zu erfas-

senden Untersuchungen würde im Vorfeld z.B. anhand der Daten der Strahlenschutzkommission (SSK) zu typischen effektiven Dosen durch medizinische Strahlenexpositionen und internationaler Standardwerte bestimmt werden. In der Machbarkeitsstudie wurden Röntgenuntersuchungen der Zähne, der oberen und unteren Extremitäten und des Brustraums am häufigsten berichtet. Wie in Tabelle 25 zu erkennen ist, sind die effektiven Dosen, insbesondere bei den Untersuchungen der unteren Extremitäten und Gelenke, gering. Dies wird auch durch ältere Daten der SSK bestätigt. Die Entscheidung, nicht nach zurückliegenden und zukünftigen Röntgenuntersuchungen der Zähne und der oberen sowie unteren Extremitäten zu fragen, wäre daher vertretbar und könnte zu einer pragmatischen Gestaltung eines Fragebogens beitragen.

In dem verkürzten Fragebogen könnte zunächst eine Screening-Frage gestellt werden, z.B. „Wurde bei Ihnen jemals eine Röntgenuntersuchung durchgeführt?“. Anschließend könnte gezielt nach den in der Tabelle aufgelisteten Untersuchungen mit relativ hoher Dosis gefragt werden. Vertiefende Fragen zum Zeitpunkt der jeweiligen Untersuchungen würden nur bei Angaben mehrfacher Untersuchungen, z.B. mindestens 5 Thorax-Aufnahmen, gestellt werden. Da bei CT-Untersuchungen generell mit höherer Organ- und effektiver Dosis als bei konventionellen Röntgenuntersuchungen zu rechnen ist, sollte der Befragungsteil zu CT-Untersuchungen nicht gekürzt werden. Aus ähnlichen Gründen sollten die Teile zu Röntgenuntersuchungen mit Kontrastmittel, nuklearmedizinischen Untersuchungen sowie Strahlentherapie nicht gekürzt werden.

Ein verkürzter Fragebogen bedeutet insgesamt eine kürzere Befragungsdauer. Dies ist angesichts der erheblichen Zeitbeschränkungen beim Gesamtuntersuchungsprogramm der Nationalen Kohorte ein sehr wichtiger Aspekt. Die gezielten Fragen nach wenigen Röntgenuntersuchungen können möglicherweise zudem dazu führen, dass die Teilnehmer sich besser an Untersuchungen erinnern. Zusätzlich wird die Dosisabschätzung dadurch erleichtert, dass nur Angaben zu Röntgenuntersuchungen mit vergleichsweise hohen effektiven Dosen erhoben werden.

**Tabelle 25 Typische effektive Dosen durch medizinische Strahlenexposition**

Diagnoseverfahren	Typische effektive Dosis (mSv)	Anzahl von Untersuchungen des Thorax in 2 Ebenen, die zu einer vergleichbaren Exposition führt
Röntgenuntersuchungen*		
Extremitäten und Gelenke (außer Hüfte)	0,01	0,1
Thorax (einzelne p.a.-Aufnahme)	0,04	0,4
Thorax in 2 Ebenen	0,1	1
Schädel	0,07	0,7
Brustwirbelsäule	0,7	7
Lendenwirbelsäule	1,3	13
Hüfte	0,3	3
Becken	0,7	7
Abdomen	1,0	10
Mammographie bds. 2 Ebenen	0,5	5
Ausscheidungsurografie	2,5	25
Barium-Bolus	1,5	15
Bariumbrei	3	30
Bariumeinlauf	7	70
CT-Kopf	2,3	23
CT-Thorax	8	80
CT-Abdomen oder Becken	10	100

\*In Anlehnung an die Europäische Kommission: Leitlinien für die Überweisung zur Durchführung von bildgebenden Verfahren, Strahlenschutz 118 (2001), S.20.

Quelle: SSK Orientierungshilfe für bildgebende Untersuchungen 2008

Die effektive Dosis bzw. entsprechende Organdosen bei Röntgenuntersuchungen in früheren Jahren sind höher als heute. Die Verwendung eines verkürzten Fragebogens könnte diese ggf. erhöhte Strahlenexposition nicht erfassen, wodurch Strahlendosen, die möglicherweise bei der Schätzung gesundheitlicher Folgen medizinischer Strahlenexposition von Bedeutung sind, unberücksichtigt bleiben. Dies wird vermutlich vergleichsweise selten auftreten. Es ist zudem zu bedenken, dass selbst bei deutlich höheren Dosen von konventionellen Aufnahmen, z.B. der 1960-70er Jahre, eine CT Aufnahme immer noch eine vielfache Dosis bedeutet. Die Erhebung von CT und anderen (relativ) „hochdosigen“ Verfahren muss daher mit Präzision und guter Validität erfolgen, während für andere Röntgenuntersuchungen, z.B. über Standardannahmen, Abschätzungen getroffen werden könnten. Zudem wäre mittels Sensitivitätsuntersuchungen zu prüfen, inwieweit eine Unterschätzung der gesamten medizinischen Dosis Einfluss auf spätere Auswertungen in der Kohorte nimmt. Genaue Überlegungen hierzu sind aber erst dann anzustellen, wenn der Erhebungsumfang abschließend festgelegt wurde.

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie war es nicht möglich die Umsetzbarkeit des Röntgenpasses für die prospektive Erhebung abschließend zu beurteilen. Zum einen hatten weniger als ein Viertel der Teilnehmer, die den Pass zurückgesendet haben, eine Röntgenuntersuchung

innerhalb der vorgesehenen Zeit (6 Monate). Zum anderen wurden die erfragten Parameter (Dosisflächen- Dosislängenprodukt) nur in einzelnen Pässen eingetragen. Trotz allem bietet der Röntgenpass eine praktikable und realisierbare Möglichkeit zur prospektiven Erhebung der medizinischen Strahlenexpositionen in einer großen Studienpopulation. Im Vorfeld sollten radiologisch tätige Ärzte in der jeweiligen Studienregion über das Vorhaben gründlich informiert werden. Denkbar wäre es in Zusammenarbeit mit dem Berufsverband der Deutschen Radiologen (BDR) einen Flyer zu entwerfen, der durch die Organisation an ihre Mitglieder verteilt werden würde.

Die einzusetzende Methode für die Dosisabschätzung hängt, wie in AP3 dargestellt, vom Umfang der vorhandenen Informationen ab. Obgleich in dieser Studie lediglich Angaben zur Untersuchungsart, -häufigkeit und zum Untersuchungsdatum vorhanden waren, konnte eine Dosisabschätzung erfolgen. Die dafür ausgewählte Methode ermöglicht eine grobe Abschätzung, bei der das Fehlen genauerer Angaben, z.B. Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt, Gerätetyp und die Positionierung der Patienten während der Untersuchung berücksichtigt wurden. Um eine bessere Dosisabschätzung durchführen zu können, werden genauere Angaben zu Untersuchungsdetails benötigt. Diese Angaben könnten möglicherweise bei Ärzten/Radiologen oder Krankenhäusern erfragt werden. Jedoch dürfte dies bei Untersuchungen, die mehr als 10 Jahre zurückliegen, aufgrund der noch nicht vorhandenen elektronischen Verfügbarkeit und anderer Einschränkungen sehr aufwändig sein und wird von den Autoren bei Ausweitung der Erhebung auf eine größere Gruppe insgesamt als wenig realistisch eingeschätzt.

Der Kostenaufwand für die Implementierung der Expositionserhebung wurde in verschiedenen Szenarien abgeschätzt. Die zusätzlichen Kosten bewegen sich laut diesen Abschätzungen in Bereichen, die in einem vertretbaren Verhältnis zu den Gesamtkosten des Untersuchungsprogramms der Nationalen Kohorte stehen. Bei den Überlegungen zur Frage, ob die Erhebung der medizinischen Strahlenexposition zukünftig für die Gesamt- oder für Teilkohorten implementiert werden sollte, ist aus Sicht der Autoren auch zu berücksichtigen, dass die Nationale Kohorte hiermit ein weiteres Alleinstellungsmerkmal unter den internationalen prospektiven Kohortenstudien aufweisen würde.

# Anhang

## Anhang AP1

### Anhang A

#### Literatur

Andersson M; Storm HH. **Cancer incidence among Danish Thorotrast-exposed patients.** J Natl Cancer Inst 1992; 84(17):1318-1325

Andersson M; Wallin H; Jonsson M; Nielsen LL; Visfeldt J; Vyberg M; Bennett WP; De B; Travis LB; Storm HH. **Lung carcinoma and malignant mesothelioma in patients exposed to Thorotrast: incidence, histology and p53 status.** Int J Cancer 1995; 63(3):330-336

Andersson M; Carstensen B; Storm HH. **Mortality and cancer incidence after cerebral arteriography with or without Thorotrast.** Radiat Res 1995; 142(3):305-320

Andrieu N; Easton DF; Chang-Claude J; Rookus MA; Brohet R; Cardis E; Antoniou AC; Wagner T; Simard J; Evans G; Peock S; Fricker JP; Nogues C; Van't VL; Van Leeuwen FE; Goldgar DE. **Effect of chest X-rays on the risk of breast cancer among BRCA1/2 mutation carriers in the international BRCA1/2 carrier cohort study: a report from the EMBRACE, GENEPSO, GEO-HEBON, and IBCCS Collaborators' Group.** J Clin Oncol 2006; 24(21):3361-3366

Bartley K; Metayer C; Selvin S; Ducore J; Buffler P. **Diagnostic X-rays and risk of childhood leukaemia.** Int J Epidemiol 2010; 39(6):1628-1637

Bedetti G; Bedetti G; Botto N; Andreassi MG; Traino C; Vano E; Picano E. **Cumulative patient effective dose in cardiology.** Br J Radiol 2008; 81(969):699-705

Berrington de Gonzales A; Ekblom A; Glass AG; Galanti MR; Grimelius L; Allison MJ; Inskip PD. **Comparison of documented and recalled histories of exposure to diagnostic x-rays in case-control studies of thyroid cancer.** Am J Epidemiol 2003; 157(7):652-663

Bhatti P; Doody MM; Preston DL; Kampa D; Ron E; Weinstock RW; Simon S; Edwards AA; Sigurdson AJ. **Increased frequency of chromosome translocations associated with diagnostic x-ray examinations.** Radiat Res 2008; 170(2):149-155

Boice JD; Preston D; Davis FG; Monson RR. **Frequent chest X-ray fluoroscopy and breast cancer incidence among tuberculosis patients in Massachusetts.** Radiat Res 1991; 125(2):214-222

Boice JD; Morin MM; Glass AG; Friedman GD; Stovall M; Hoover RN; Fraumeni JF. **Diagnostic x-ray procedures and risk of leukemia, lymphoma, and multiple myeloma.** JAMA 1991; 265(10):1290-1294

Brix G; Nissen-Meyer S; Lechel U; Nissen-Meyer J; Griebel J; Nekolla EA; Becker C; Reiser M. **Radiation exposures of cancer patients from medical X-rays: how relevant are they for individual patients and population exposure?** Eur J Radiol 2009; 72(2):342-347

Bunin GR; Buckley JD; Boesel CP; Rorke LB; Meadows AT. **Risk factors for astrocytic glioma and primitive neuroectodermal tumor of the brain in young children: a report from the Children's Cancer Group.** Cancer Epidemiol 1994; 3(3):197-204

- Dickman PW; Holm LE; Lundell G; Boice JD; Hall P. **Thyroid cancer risk after thyroid examination with 131I: a population-based cohort study in Sweden.** *Int J Cancer* 2003; 106(4):580-587
- Doody MM; Lonstein JE; Stovall M; Hacker DG; Luckyanov N; Land CE. **Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study.** *Spine (Phila Pa)* 2000; 25(16):2052-2063
- Dos Santos Silva I; Jones M; Malveiro F; Swerdlow A. **Mortality in the Portuguese thorotrast study.** *Radiat Res* 1999; 152(6):S88-S92
- Fear NT; Roman E; Ansell P; Bull D. **Malignant neoplasms of the brain during childhood: the role of prenatal and neonatal factors (United Kingdom).** *Cancer Causes* 2001; 12(5):443-449
- Goldfrank D; Chuai S; Bernstein JL; Ramon YC; Lee JB; Alonso MC; Diez O; Baiget M; Kauff ND; Offit K; Robson M. **Effect of mammography on breast cancer risk in women with mutations in BRCA1 or BRCA2.** *Cancer Epidemiol* 2006; 15(11):2311-2313
- Golding J; Greenwood R; Birmingham K; Mott M. **Childhood cancer, intramuscular vitamin K, and pethidine given during labour.** *BMJ* 1992; 305(68):341-346
- Griffey RT; Sodickson A. **Cumulative radiation exposure and cancer risk estimates in emergency department patients undergoing repeat or multiple CT.** *AJR Am J* 2009; 192(4):887-892
- Hahn K; Schnell-Inderst P; Grosche B; Holm LE. **Thyroid cancer after diagnostic administration of iodine-131 in childhood.** *Radiat Res* 2001; 156(1):61-70
- Hall P; Mattsson A; Boice JD. **Thyroid cancer after diagnostic administration of iodine-131.** *Radiat Res* 1996; 145(1):86-92
- Hall P; Boice JD; Berg G; Bjelkengren G; Ericsson UB; Hallquist A; Lidberg M; Lundell G; Mattsson A; Tennvall J. **Leukaemia incidence after iodine-131 exposure.** *Lancet* 1992; 340(88):1-4
- Hallquist A; Jansson P. **Self-reported diagnostic X-ray investigation and data from medical records in case-control studies on thyroid cancer: evidence of recall bias?** *Eur J Cancer Prev* 2005; 14(3):271-276
- Hallquist A; Hardell L; Degerman A; Wingren G; Boquist L. **Medical diagnostic and therapeutic ionizing radiation and the risk for thyroid cancer: a case-control study** *Eur J Cancer Prev* 1994; 3(3):259-267
- Hallquist A; Nasman A. **Medical diagnostic X-ray radiation--an evaluation from medical records and dentist cards in a case-control study of thyroid cancer in the northern medical region of Sweden.** *Eur J Cancer Prev* 2001; 10(2):147-152
- Hardell L; Nasman A; Pahlson A; Hallquist A. **Case-control study on radiology work, medical x-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors.** *MedGenMed* 2000; 2(2):E2
- Hardell L; Mild KH; Pahlson A; Hallquist A. **Ionizing radiation, cellular telephones and the risk for brain tumours** *Eur J Cancer Prev* 2001; 10(6):523-529
- Hill DA; Preston-Martin S; Ross RK; Bernstein L. **Medical radiation, family history of cancer, and benign breast disease in relation to breast cancer risk in young women, USA.** *Cancer Causes* 2002; 13(8):711-718

- Holly EA; Aston DA; Ahn DK; Kristiansen JJ. **Ewing's bone sarcoma, paternal occupational exposure, and other factors.** Am J Epidemiol 1992; 135(2):122-129
- Howe GR. **Lung cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with lung cancer mortality in the Atomic Bomb survivors study.** Radiat Res 1995; 142(3):295-304
- Howe GR; McLaughlin J. **Breast cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with breast cancer mortality in the atomic bomb survivors study.** Radiat Res 1996; 145(6):694-707
- Infante-Rivard C; Mathonnet G; Sinnott D. **Risk of childhood leukemia associated with diagnostic irradiation and polymorphisms in DNA repair genes.** Environ Health 2000; 108(6):495-498
- Inskip PD; Harvey EB; Boice JD; Stone BJ; Matanoski G; Flannery JT; Fraumeni JF. **Incidence of childhood cancer in twins.** Cancer Causes 1991; 2(5):315-324
- Inskip PD; Ekblom A; Galanti MR; Grimelius L; Boice JD. **Medical diagnostic x rays and thyroid cancer**  
J Natl Cancer Inst 1995; 87(21):1613-1621. PMID 7563204
- John EM; Phipps AI; Knight JA; Milne RL; Dite GS; Hopper JL; Andrulis IL; Southey M; Giles GG; West DW; Whittemore AS. **Medical radiation exposure and breast cancer risk: findings from the Breast Cancer Family Registry.** Int J Cancer 2007; 121(2):386-394
- Khan S; Evans AA; Rorke-Adams L; Orjuela MA; Shiminski-Maher T; Bunin GR. **Head injury, diagnostic X-rays, and risk of medulloblastoma and primitive neuroectodermal tumor: a Children's Oncology Group study.** Cancer Causes 2010; 21(7):1017-1023
- Kim PK; Zhu X; Houseknecht E; Nickolaus D; Mahboubi S; Nance ML. **Effective radiation dose from radiologic studies in pediatric trauma patients.** World J Surg 2005; 29(12):1557-1562
- Longstreth WT; Phillips LE; Drangsholt M; Koepsell TD; Custer BS; Gehrels JA; van BG. **Dental X-rays and the risk of intracranial meningioma: a population-based case-control study.** Cancer 2004; 100(5):1026-1034
- Magnani C; Pastore G; Luzzatto L; Terracini B. **Parental occupation and other environmental factors in the etiology of leukemias and non-Hodgkin's lymphomas in childhood: a case-control study.** Tumori 1990; 76(5):413-419
- Martling U; Mattsson A; Travis LB; Holm LE; Hall P. **Mortality after long-term exposure to radioactive Thorotrast: a forty-year follow-up survey in Sweden.** Radiat Res 1999; 151(3):293-299
- McKinney PA; Juszczak E; Findlay E; Smith K; Thomson CS. **Pre- and perinatal risk factors for childhood leukaemia and other malignancies: a Scottish case control study.** Br J Cancer 1999; 80(11):1844-1851
- McLaughlin JR; Kreiger N; Sloan MP; Benson LN; Hilditch S; Clarke EA. **An historical cohort study of cardiac catheterization during childhood and the risk of cancer**  
Int J Epidemiol 1993;22(4):584-591. PMID 8225729
- Meinert R; Kaletsch U; Kaatsch P; Schuz J; Michaelis J. **Associations between childhood cancer and ionizing radiation: results of a population-based case-control study in Germany.** Cancer Epidemiol 1999; 8(9):793-799

- Mellemkjaer L; Hasle H; Gridley G; Johansen C; Kjaer SK; Frederiksen K; Olsen JH. **Risk of cancer in children with the diagnosis immaturity at birth.** Paediatr Perinat 2006; 20(3):231-237
- Memon A; Godward S; Williams D; Siddique I; Al-Saleh K. **Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study.** Acta Oncol 2010; 49(4):447-453
- Modan B; Keinan L; Blumstein T; Sadetzki S. **Cancer following cardiac catheterization in childhood.** Int J Epidemiol 2000; 29(3):424-428
- Mori T; Kido C; Fukutomi K; Kato Y; Hatakeyama S; Machinami R; Ishikawa Y; Kumatori T; Sasaki F; Hirota Y; Kiyosawa K; Hayashi S; Tanooka H; Sobue T. **Summary of entire Japanese thorotrast follow-up study: updated 1998.** Radiat Res 1999; 152(6):S84-S87
- Naumburg E; Bellocco R; Cnattingius S; Hall P; Boice JD; Ekblom A. **Intrauterine exposure to diagnostic X rays and risk of childhood leukemia subtypes** Radiat Res 2001; 156(6):718-723
- Palmer L; Herfarth H; Porter CQ; Fordham LA; Sandler RS; Kappelman MD. **Diagnostic ionizing radiation exposure in a population-based sample of children with inflammatory bowel diseases.** Am J Gastroenterol 2009; 104(11):2816-2823
- Patton T; Olshan AF; Neglia JP; Castleberry RP; Smith J. **Parental exposure to medical radiation and neuroblastoma in offspring** Paediatr Perinat 2004; 18(3):178-185. PMID 15130156
- Pijpe A; Manders P; Mulder RL; Van Leeuwen FE; Rookus MA. **Reliability of self-reported diagnostic radiation history in BRCA1/2 mutation carriers.** Eur J Epidemiol 2010; 25(2):103-113
- Rodvall Y; Pershagen G; Hrubec Z; Ahlbom A; Pedersen NL; Boice JD. **Prenatal X-ray exposure and childhood cancer in Swedish twins.** Int J Cancer 1990;46(3):362-365
- Roman E; Ansell P; Bull D. **Leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma in children and young adults: are prenatal and neonatal factors important determinants of disease?** Br J Cancer 1997; 76(3):406-415
- Roman E; Simpson J; Ansell P; Lightfoot T; Mitchell C; Eden TO. **Perinatal and reproductive factors: a report on haematological malignancies from the UKCCS** Eur J Cancer 2005; 41(5):749-759. PMID 15763652
- Ronckers CM; Doody MM; Lonstein JE; Stovall M; Land CE. **Multiple diagnostic X-rays for spine deformities and risk of breast cancer** Cancer Epidemiol 2008; 17(3):605-613
- Ryan P; Lee MW; North B; McMichael AJ. **Amalgam fillings, diagnostic dental x-rays and tumours of the brain and meninges.** Eur J Cancer B 1992; 28B(2):91-95
- Schaefer C; Meister R; Wentzack R; Weber-Schoendorfer C. **Fetal outcome after technetium scintigraphy in early pregnancy.** Reprod Toxicol 2009; 28(2):161-166
- Schuz J;Kaletsch U; Kaatsch P; Meinert R; Michaelis J. **Risk factors for pediatric tumors of the central nervous system: results from a German population-based case-control study.** Med Pediatr Oncol 2001; 36(2):274-282
- Shu XO; Reaman GH; Lampkin B; Sather HN; Pendergrass TW; Robison LL. **Association of paternal diagnostic X-ray exposure with risk of infant leukemia. Investigators of the Childrens Cancer Group.** Cancer Epidemiol 1994; 3(8):645-653

Shu XO;Potter JD; Linet MS; Severson RK; Han D;Kersey JH; Neglia JP; Trigg ME; Robison LL. **Diagnostic X-rays and ultrasound exposure and risk of childhood acute lymphoblastic leukemia by immunophenotype.** *Cancer Epidemiol* 2002; 11(2):177-185

Sigurdson AJ; Bhatti P; Chang SC; Rajaraman P; Doody MM; Bowen L; Simon SL; Weinstock RM; Linet MS; Rosenstein M; Stovall M; Alexander BH; Preston DL; Struewing JP. **Polymorphisms in estrogen biosynthesis and metabolism-related genes, ionizing radiation exposure, and risk of breast cancer among US radiologic technologists.** *Breast Cancer Res* 2009; 118(1):177-184

Sinno-Tellier S; Bouyer J; Ducot B; Geoffroy-Perez B; Spira A; Slama R. **Male gonadal dose of ionizing radiation delivered during X-ray examinations and monthly probability of pregnancy: a population-based retrospective study.** *BMC Public Health* 2006; 6:55-66

Smith-Bindman R; Lipson J; Marcus R; Kim KP; Mahesh M; Gould R; Berrington de GA; Miglioretti DL. **Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer.** *Arch Intern Med* 2009; 169(22):2078-2086

Swift M; Morrell D; Massey RB; Chase CL. **Incidence of cancer in 161 families affected by ataxia-telangiectasia.** *N Engl J Med* 1991; 325(26):1831-1836

Travis LB; Land CE; Andersson M; Nyberg U; Goldman MB; Knudson GL; Berger E; Storm HH; Hall P; Auvinen A; Janower ML; Holm LE; Monson RR; Schottenfeld D; Boice JD. **Mortality after cerebral angiography with or without radioactive Thorotrast: an international cohort of 3,143 two-year survivors.** *Radiat Res* 2001; 156(2):136-150

Van Duijn CM; van Steensel-Moll HA; Coebergh JW; van Zanen GE. **Risk factors for childhood acute non-lymphocytic leukemia: an association with maternal alcohol consumption during pregnancy?** *Cancer Epidemiol* 1994; 3(6):457-460

Van Kaick G; Dalheimer A; Hornik S; Kaul A; Liebermann D; Luhrs H; Spiethoff A; Wegener K; Wesch H. **The german thorotrast study: recent results and assessment of risks.** *Radiat Res* 1999; 152(6):S64-S71

Wingren G; Hallquist A; Hardell L. **Diagnostic X-ray exposure and female papillary thyroid cancer: a pooled analysis of two Swedish studies.** *Eur J Cancer Prev* 1997; 6(6):550-556

Winn DM; Li FP; Robison LL; Mulvihill JJ; Daigle AE; Fraumeni JF. **A case-control study of the etiology of Ewing's sarcoma.** *Cancer Epidemiol* 1992; 1(7):525-532

Zaebst DD; Seel EA; Yiin JH; Nowlin SJ; Chen P. **Summary of retrospective asbestos and welding fume exposure estimates for a nuclear naval shipyard and their correlation with radiation exposure estimates.** *J Occup Environ Hyg* 2009; 6(7):404-414

Zampieri P; Meneghini F; Grigoletto F; Gerosa M; Licata C; Casentini L; Longatti PL; Padoan A; Mingrino S. **Risk factors for cerebral glioma in adults: a case-control study in an Italian population.** *J Neurooncol* 1994; 19(1):61-67

Zheng T;Holford TR; Mayne ST; Luo J; Owens PH; Zhang B; Zhang W; Zhang Y. **Radiation exposure from diagnostic and therapeutic treatments and risk of breast cancer.** *Eur J Cancer Prev* 2002; 11(3):229-235

## Anhang B

### Beschreibung ausgewählter Fragebögen strahlenepidemiologischer Studien

#### 1 Cohort study: Mortality among United States Radiologic Technologists

“In 1982 the NCI, in collaboration with the University of Minnesota and the American Registry of Radiologic Technologists, initiated a study of cancer incidence and mortality among 146.022 US radiologic technologists (USRT) who were certified for at least two years between 1926 and 1982. During 1984-1989, 1994-1998 and 2003-2005<sup>9</sup>, postal surveys were conducted that include questions related to several health outcomes, work history, history of diagnostic X-ray procedures (Ausschnitt aus publiziertem Abstract)”.

Sigurdson AJ, Doody MM, Rao RS, Freedman DM, Alexander BH, Hauptmann M, Mohan AK, Yoshinaga S, Hill DA, Tarone R, Mabuchi K, Ron E, Linet MS. Cancer incidence in the US radiologic technologists health study, 1983-1998. *Cancer*. 2003 Jun 15;97(12):3080-9.

##### 1.1 Erster Survey

Erhebung medizinischer Strahlenexposition	
Erfasste Expositionsart	Röntgen (persönliche Biografie), CT, MRT
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Fragebogen (postalischer Versand, Selbstausfüller, maschinenlesbar)
Quantifizierung der Exposition	<p><u>Erfassung von Prozeduren</u> (z.B. Mammographie, Cholangiogramm, incl. CT, MRT).</p> <p><u>Häufigkeitsabfrage</u>: jemals/niemals, Häufigkeit, Jahr der ersten Anwendung. („For each of the following X-ray procedures, approximate (a) whether you ever had the procedure. For every procedure you had, approximate (b) the number of times you had the procedure (.. the year you had the procedure for the first time.”)</p> <p><u>Erfassung der exponierten Körperregion</u>: z.B. Kopfbereich (Zähne), Thorax, Abdomen, etc.</p> <p><u>Strahlentherapie</u>: Erfragung von Körperregion und Jahr der ersten Behandlung.</p> <p><u>Nuklearmedizinische</u> Behandlungen: jemals/niemals, Häufigkeit, Jahr der ersten Anwendung, Art des Isotops.</p>

(First Survey: Long Questionnaire <http://radtechstudy.nci.nih.gov/questionnaires.html>)

<sup>9</sup> Third Long Questionnaire (keine Fragen zur Exposition durch medizinische Diagnostik)

## 1.2 Zweiter Survey

Erhebung medizinischer Strahlenexposition	
Erfasste Expositionsart	Siehe 1.1
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Siehe 1.1
Quantifizierung	<p><u>Prozeduren</u>: siehe 1.1.</p> <p><u>Häufigkeitsabfrage</u>: jemals/niemals und Häufigkeit in folgenden Zeitfenstern: vor 1980, 1980-89, 1990 und später.</p> <p><u>Häufigkeitsskala</u>: nie, 1mal, 2-4mal, über 5 mal (Abfrage nach Körperregionen z.B. Kopf/Hals)</p> <p><u>Für Zahn- oder Thoraxuntersuchungen</u>: jemals/niemals, Häufigkeit, Zeitfenster (vor 1980, 1980-89, 1990 und danach). Häufigkeitsskala: nie, 1-9, 10-24mal, über 25 mal</p> <p><u>Radiotherapeutische Behandlung</u>: jemals/niemals, Zeitfenster (vor 1980, 1980-89, 1990 und danach), betroffene Körperregion, Indikation: Krebserkrankung/keine Krebserkrankung.</p> <p><u>Nuklearmedizinische Behandlungen</u>: jemals/niemals, Häufigkeit, Zeitfenster (vor 1980, 1980-89, 1990 und danach, Isotop.</p>
<p><i>Kommentar Alice Sigurdson: "this questionnaire is good because it is so compact, but it does not ask about specific CTs and for some categories (5+) we don't know how many they really had."</i></p>	

(Long Questionnaire <http://radtechstudy.nci.nih.gov/questionnaires.html>)

## 1.3 Zweiter Survey, Kurzform

Keine inhaltlichen Abweichungen im Vergleich zu 1.2. Es handelt sich um einen (optisch veränderten) Ausschnitt aus dem Gesamtfragebogen, der isoliert die persönliche Biographie bzgl. Röntgenexposition (u.a. Verfahren) erfasst und als eigenes Erhebungstool genutzt werden kann.

Doody M, Mandel JS, Lubin JH, et al. **Mortality among United States Radiologic Technologists, 1926-90.** Cancer Causes and Control 1998;9:67-75.) <http://dceg.cancer.gov/QMOD/>

#### 1.4 RQ1-Questionnaire (Buccal cell collection study)

Erhebung medizinischer Strahlenexposition	
Expositionsart	Röntgen, Mammographie, spezielle Prozeduren (z.B. zerebrale Arteriogramme), CT.
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Postalisch verschickter Fragebogen, Selbstausfüller.
Quantifizierung	<p><u>Einstiegsfrage</u> nach der Häufigkeit von Thorax-Röntgen oder Mammographie. Danach Abfrage von Röntgen-Untersuchungen beginnend in der Kopfregion bis untere Körperregionen.</p> <p><u>Häufigkeitsabfrage</u>: Niemals/jemals, jeweils in den Jahren 1980-1989, 1990-1999, 2000-bis heute.</p>
Das Design ist dem Fragebogen 1.2 sehr ähnlich	

(Bhatti P, Sigurdson AJ, Wange SS, et al. Genetic variation and willingness to participate in epidemiologic research: data from three studies. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2005 Oct;14(10):2449-53.)

(Bhatti P. et al. Blood spots as an alternative to whole blood collection and the effect of a small monetary incentive to increase participation in genetic association studies.

*BMC med res methodol.* 2009 (3):9:76)

2 NCI\_NIOSH\* Airline Pilot Biomarker Study

Erhebung medizinischer Strahlenexposition	
Expositionsart	Röntgen, CT, interventionelle Prozeduren
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Fragebogen, Selbstausfüller, Erfassung der lebenslangen Exposition
Quantifizierung	<p><u>Einstiegsfrage</u>: <i>“Please record the number of chest x-rays you had when you were &lt;20 years, 20-29, 30-39, 40-49, &gt;50 years”</i>.</p> <p>Frage nach Röntgenuntersuchungen der Zähne nach obigem Schema.</p> <p>Fragen für Röntgenuntersuchungen des Kopfes, Rückens, Halses: Häufigkeit, wie alt waren Sie zum Zeitpunkt der Untersuchung bzw. in welchem Jahr fand die Untersuchung statt.</p> <p>Abschlussfrage nach Radiojodtherapie.</p>
Bemerkung: gute Erklärungen zu technischen Details und damit Präzisierung jeder Frage. Verbesserung gegenüber dem Fragebogen der US Technologists Cohort.	

(Yong LC, Sigurdson AJ, Ward EM et al. Increased frequency of chromosome translocations in airline pilots with long-term flying experience. Occup Environ Med 2009; 66:56-62)

### 3 NCI-NIOSH FISH questionnaire

Erhebung medizinischer Strahlenexposition	
Expositionsart	Röntgen, CT, interventionelle Prozeduren
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Persönliches Interview
Quantifizierung	<p>jemals/niemals</p> <p><u>Häufigkeitsabfrage:</u> vor 1950, zwischen 1950-1969, 1970+.</p> <p>Gliederung der Fragen nach Körperregion (Brust-Thorax, Zähne, Kopf etc.)</p> <p>Probing: Was war der Grund für die die Untersuchung?</p>

(persönliche Übermittlung durch A Sigurdson)

4 Fragebogen, Norddt. Leukämie- und Lymphomstudie  
(Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin)

“The Northern Germany Leukemia and Lymphoma Study (NLL) is a population-based study designed to provide a quantitative basis for investigations into occupational and environmental risk factors for leukemia and lymphoma. All incident cases of leukemia and lymphoma diagnosed between 1/1/1986 and 12/31/1998 in six counties in Northern Germany were actively ascertained. Controls were selected from population registries. Use of pesticides, sources of food supply, time spent at home and work, medical and family history were assessed via face-to-face interview. (Ausschnitt aus publiziertem Abstract)”.

Hoffmann W, Terschueren C, Heimpel H. et al. Population-based research on occupational and environmental factors for leukemia and non-Hodgkin's lymphoma: the Northern Germany Leukemia and Lymphoma Study (NLL). Am J Ind Med 2008 Apr;51(4):246-57)

Erhebung medizinischer Strahlenexposition	
Expositionsart	Röntgen, CT, MRT, spezielle radiologische Prozeduren. Erfassung der <b>lebenslangen</b> Exposition
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Persönliches Interview
Quantifizierung	<p><u>Einstiegsfrage nach Röntgenreihenuntersuchungen</u>, Lunge (in welchem Jahr? wie häufig?)</p> <p><u>CT-Untersuchung</u>: jemals? Die erste CT in welchem Jahr? In welchem Krankenhaus? Untersuchte Körperregion? Gabe eines Kontrastmittels? Weitere CTs?</p> <p><u>Kernspintomografie</u>: jemals? Die erste MRT in welchem Jahr? In welchem Krankenhaus? Untersuchte Körperregion? Kontrastmittel? Weitere MRTs?</p> <p><u>Herzkatheter-Untersuchung</u>: jemals? Die erste HKU in welchem Jahr? In welchem Krankenhaus? In welcher kardiologischen Praxis? Medizinische Indikation? Weitere?</p> <p><u>(Andere) Röntgenkontrastmittel-Untersuchungen</u>: jemals? Die erste RKU in welchem Jahr? In welchem Krankenhaus? In welcher Praxis? Welches Organ/welche Körperregion wurde untersucht (Liste)? Weitere?</p> <p><u>(alle übrigen) Röntgen-Untersuchungen</u>: Liste mit Körperregionen vorlesen und ja/nein notieren; wenn ja: in welchem Jahr? Probing: in welchem Alter in etwa?</p> <p>Häufigkeit?</p> <p><u>Nuklearmedizinische Diagnostik</u>: jemals? Die erste RKU in welchem Jahr? In welchem Krankenhaus? In welcher Praxis? Welches Organ/welche Körperregion wurde untersucht (Liste)? Weitere?</p> <p><u>Strahlentherapie</u>: jemals? In welchem Jahr? Medizinische Indikation?</p>

	<p>Welche Art der Therapie (Bestrahlung von Innen/Aussen)? Womit wurde bestrahlt? In welchem Krankenhaus? In welcher Praxis? (Bitte um Schweigepflichtentbindung!!!)</p> <p><u>Nuklearmedizinische Therapie:</u> jemals? In welchem Jahr? Medizinische Indikation? In welchem Krankenhaus? In welcher Praxis?</p>
<p>Bemerkung: Umfassend, klar gegliedert, gutes Probing, hoher Anspruch an das Gedächtnis des Interviewten, gute Erklärungen für den Interviewten.</p>	

5 INTERPHONE-Studie in Mainz

(Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik, IMBEI)

*„The widespread use of cellular telephones has generated concern about possible adverse health effects, particularly brain tumors. In this population-based case-control study carried out in three regions of Germany, all incident cases of glioma and meningioma among patients aged 30–69 years were ascertained during 2000–2003. Controls matched on age, gender, and region were randomly drawn from population registries. In total, 366 glioma cases, 381 meningioma cases, and 1,494 controls were interviewed. (Ausschnitt aus publiziertem Abstract)“.*

(Schuz J, Böhler E, Berg G et al. Cellular Phones, Cordless Phones, and the Risks of Glioma and Meningioma (Interphone Study Group, Germany). Am J Epidemiol 2006; 163(6):512-20)

Erhebung medizinischer Strahlenexposition	
Expositionsart	Röntgen, CT, MRI, nur Kopf-Hals-Bereich
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Persönliches Interview
Quantifizierung	<p>Einstiegsfrage: jemals Röntgenuntersuchungen an Kopf, Halsbereich oder der Zähnen?</p> <p>Wenn ja: Alter bei Untersuchung und medizinische Indikation für <u>jede</u> Röntgenuntersuchung.</p> <p>Röntgenuntersuchungen mit Anwendung von Kontrastmitteln. Alter bei Untersuchung, Art der Untersuchung (z.B. Angiographie) und medizinische Indikation für <u>jede</u> Röntgenuntersuchung.</p> <p>Jemals CT / MRT Untersuchungen an Kopf, Halsbereich oder der Zähne?</p> <p>Wenn ja: Alter bei Untersuchung und medizinische Indikation für <u>jede</u> Untersuchung.</p> <p>Detailfrage zur Schilddrüsen-Szintigraphie.</p> <p>Andere Röntgen-Untersuchungen im Kopf-Hals- Bereich?</p> <p>Strahlenbehandlung, Hyperthermie-Behandlung, Wärmebehandlung im Kopf-Hals- Bereich?</p>
Bemerkung: Spezielles Instrument für den Kopf-Halsbereich	

6 Epilymph\_Europe: Study on Health and Environment

*“The European case-control study Epilymph included 2,362 lymphoma cases and 2,458 controls to investigate associations between a medical history of infectious and non-infectious diseases with overall and subentity-specific lymphoma risk. Epilymph comprises case-control data from seven European countries (Czech Republic, Finland, France, Germany, Ireland, Italy, and Spain) based on a common core protocol and collected between 1998 and 2004. In two of the studies, recruitment was population-based (Germany, Italy) and cases were identified and approached in hospitals and with office-based hematologists (Germany) from the respective study areas. In the other countries recruitment was hospital-based, and all consecutive lymphoma cases in the participating hospitals were approached. Inclusion criteria were a pathologically verified lymphoma diagnosis according to the WHO classification. (Ausschnitt aus publiziertem Abstract)”*

Becker N, Fortuny J, Alvaro T et al: Medical history and risk of lymphoma: results of a European case-control study (EPILYMPH). J Cancer Res Clin Oncol 2009 Aug;135(8):1099-107.)

Erhebung medizinischer Strahlenexposition, Deutschland	
Expositionsart	Röntgen, lebenslange Biografie
Erhebungsinstrument/Erhebungsart	Persönliches Interview
Quantifizierung	Abfrage von Röntgen – Untersuchungen geordnet nach Körperregion: Häufigkeit? Alter bei erster Untersuchung, Alter bei letzter Untersuchung.
Bemerkung: sehr kurz, nicht umfassend	

ID Nummer: |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

Machbarkeitsstudie zur Erhebung der medizinischen Strahlenexposition in der  
Nationalen Kohorte

Draft 2011-06-29

U-ID: |\_|\_|\_|\_|\_|

Datum des Interviews: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2011

Beginn des Interviews „Medizinische Strahlenexposition“: \_\_\_\_:\_\_\_\_ Uhr

**Ich möchte Ihnen jetzt einige Fragen zu verschiedenen diagnostischen oder therapeutischen Anwendungen von Röntgenstrahlen stellen, denen Sie sich in der Vergangenheit möglicherweise unterzogen haben. Ich verwende dabei teilweise Fachbegriffe, die ich Ihnen aber immer erklären werde.**

**Sollte für Sie etwas unklar oder unverständlich bleiben, fragen Sie bitte jederzeit nach.**

**Wir interessieren uns für alle medizinischen Röntgenuntersuchungen und andere Strahlenanwendungen, von denen Sie jemals in Ihrem Leben betroffen waren. Falls Sie Ihren Röntgenpass dabei haben, können Sie ihn zur Beantwortung der Fragen zu Hilfe nehmen.**

## Computertomographie

### Ich möchte mit Fragen zur Computertomographie beginnen.

Bei der Computertomographie liegt der Patient auf einem Tisch und gleitet langsam in ein ringförmiges Aufnahmegerät. In der Regel dauert die Untersuchung wenige Minuten. Es sind keine lauten Klopfgeräusche zu hören, wie es bei der Kernspintomographie der Fall wäre. Sie werden nicht nach Metallteilen im Körper, z.B. Herzschrittmachern, gefragt. Außerdem werden Sie nicht gebeten, Metallteile, wie z.B. Armbanduhren, abzulegen.

(→ Falls erforderlich, Bild zeigen)

### A0 Wurde bei Ihnen jemals eine Computertomographie (CT) durchgeführt?

Bitte denken Sie dabei auch an länger zurückliegende Ereignisse wie schwere Verkehrsunfälle, Schädel-Hirn-Trauma (SHT), Halswirbelsäulenverletzungen, Knochenbrüche, Bandscheibenvorfälle, Gelenkentzündungen bzw. Arthritis oder Wirbelsäulenverkrümmung. Außerdem kommen auch entzündliche Erkrankungen wie Lungenentzündungen oder Blinddarmentzündungen sowie schwere Erkrankungen wie Krebs in Betracht. Ebenso werden CTs im Zusammenhang mit Operationen durchgeführt.

- <sub>1</sub>    **ja**                    ⇒ weiter mit A1.0
- <sub>2</sub>    **nein**                    ⇒ weiter mit B0
- <sub>-8</sub>    **weiß nicht**           ⇒ weiter mit B0

## Computertomographie

**A1.0** Bitte versuchen Sie sich an alle durchgeführten Computertomographien zu erinnern.

**Um welche Untersuchungen handelte es sich dabei? Ich lese Ihnen hierzu verschiedene Untersuchungsmöglichkeiten vor. Antworten Sie bitte auf jede Möglichkeit.**

*Info für Interviewer: Bitte die Liste der Körperregionen durchgehen, auch wenn der Proband sofort eine bestimmte Untersuchung angibt.*

*Für jede Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt, und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahr (z.B. 2011).*

*\*Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

Hatten Sie eine CT des/der ...	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
Kopfes, Schädels	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Halsweichteile	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
<b>Brustbereichs</b> (Lunge, Herz)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Bauchraums	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Gefäßdarstellung	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Schulter/Hüfte/ Oberschenkelhals	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _

Hatten Sie eine CT des/der ...	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
oberen Gliedmaßen wie Unterarm/Handgelenk	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
unteren Gliedmaßen wie Oberschenkel/Knie/Schienbein	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Wirbelsäule, gesamt ( <i>falls ja, bitte nachfragen, ob wirklich die gesamte Wirbelsäule d.h. Hals/Brust und Lendenwirbelsäule untersucht wurde. Wenn nicht, dann bitte unter den einzelnen Wirbelsäulen eintragen</i> )	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Lendenwirbelsäule	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Halswirbelsäule	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Brustwirbelsäule	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _
Andere Körperregion, welche _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _

**Weitere Untersuchungen:**

<b>Körperregion</b>	<b>In welchem Jahr?</b>	<b>Bzw. in welchem Alter?</b>	<b>Wie oft?</b>

**Kommentarzeile für Interviewer**

## Computertomographie

### A2.0 Hatten Sie jemals eine so genannte PET-CT (Positronen-Emissions-Tomographie-CT)?

Es handelt sich hierbei um eine Computertomographie, bei der gleichzeitig ein radioaktives Präparat gespritzt wird, um z.B. einen Tumor sichtbar zu machen.

- <sub>1</sub> **ja**                   ⇒ weiter mit Frage A2.1  
<sub>2</sub> **nein**                   ⇒ weiter mit B0  
<sub>.8</sub> **weiß nicht**       ⇒ weiter mit B0

*Info für Interviewer: Für die Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahr (z.B. 2011) \*Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

#### A2.1

Wie oft insgesamt?	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _

#### Weitere PET- CTs:

In welchem Jahr?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?

#### Kommentarzeile für Interviewer

## Röntgenuntersuchungen

**B0** Wir kommen nun zu den gängigen Röntgenuntersuchungen.

### Wurde bei Ihnen jemals eine Röntgenuntersuchung durchgeführt?

Bitte berücksichtigen Sie auch zahnärztliche Röntgenuntersuchungen und frühere Röntgenreihenuntersuchungen, z.B. für Tuberkulose.

Erinnern Sie sich vielleicht an Knochenbrüche, Lungenentzündungen, Krankenhausaufenthalte oder Operationen.

- <sub>1</sub> **ja**                   ⇒ weiter mit Frage B1.0
- <sub>2</sub> **nein**                   ⇒ weiter mit Frage B2.0
- <sub>.8</sub> **weiß nicht**       ⇒ weiter mit Frage B2.0

## Röntgenuntersuchungen

**B1.0** Um welche Untersuchungen handelte es sich dabei? Ich lese Ihnen nun verschiedene Untersuchungsmöglichkeiten vor. Antworten Sie bitte auf jede Möglichkeit.

*Info für Interviewer: Bitte die Liste der Körperregionen durchgehen, auch wenn der Proband sofort eine bestimmte Untersuchung angibt. Für jede Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt, und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahr (z.B. 2011) \*Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

Hatten Sie eine Röntgenaufnahme in folgenden Körperregionen ...	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
Zahnaufnahme eines einzelnen Zahnes	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Panorama-Aufnahme der Zähne	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Schädel	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Kiefer	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Nasennebenhöhlen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Nase	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Augenhöhle	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     

Hatten Sie eine Röntgenaufnahme des/der...	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
<b>Brustraums</b> (Lunge, Herz)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
<b>Bauchraums</b> (Niere, Harnleiter, Harnblase, Magen-Darm-Trakt)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Rippen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Wirbelsäule, gesamt	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Halswirbelsäule	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Brustwirbelsäule	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Lendenwirbelsäule	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Schulter/Oberarm	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Ellenbogen/Unterarm/ Handgelenk	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     

Hatten Sie eine Röntgenaufnahme des/der...	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
Hand/Finger	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Beckens/Hüfte	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Oberschenkel/Knie	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Unterschenkel/Fußgelenks	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Fußes/Zehen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
<b>Andere Röntgenuntersuchungen:</b> _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
<b>Knochendichtemessung,</b> das ist eine Untersuchung um festzustellen, ob eine Osteoporose (Knochenschwund) vorliegt	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
<i>Nur für Frauen:</i> <b>Mammographie, das ist eine Röntgenuntersuchung der Brüste</b>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     

**Weitere Röntgenuntersuchungen:**

<b>Körperregion</b>	<b>In welchem Jahr?</b>	<b>Bzw. Alter?</b>	<b>Wie oft?</b>

**Kommentarzeile für Interviewer**

## Röntgenuntersuchungen

### B2.0 Wurde jemals bei Ihnen eine Röntgenuntersuchung durchgeführt, bei der ein Kontrastmittel verabreicht wurde?

Kontrastmittel werden entweder getrunken bzw. geschluckt, über ein Blutgefäß gespritzt oder per Einlauf eingeführt. Mit Hilfe dieser Kontrastmittel lassen sich Hohlorgane wie der Magen-Darm-Trakt, die Gallenwege oder Blutgefäße deutlicher hervorheben und besser untersuchen

- <sub>1</sub> **ja**                   ⇒ weiter mit Frage B2.1  
<sub>2</sub> **nein**                   ⇒ weiter mit Frage C1.0  
<sub>8</sub> **weiß nicht**           ⇒ weiter mit Frage C1.0

### B2.1 Um welche Untersuchungen handelte es sich dabei?

**Ich lese Ihnen nun verschiedene Untersuchungsmöglichkeiten vor. Antworten Sie bitte auf jede Möglichkeit.**

*Info für Interviewer: Bitte die Liste der Körperregionen durchgehen, auch wenn der Proband sofort eine bestimmte Untersuchung angibt.*

*Für jede Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahr (z.B. 2011) \*Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

Hatten Sie eine Röntgenuntersuchung mit Kontrastmittel des/der...	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
Speiseröhre	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>		     	     	     
Magens/Dünndarms	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>		     	     	     
Dickdarms	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>		     	     	     
Gallenblase und Gallenwege (ERCP)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>		     	     	     

Hatten Sie eine Röntgenuntersuchung mit Kontrastmittel des/der...	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
Nieren und ableitenden Harnwege	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Gefäße (Venen, Arterien)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Rückenmarkkanals	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Gelenke	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
Gebärmutter, Eierstöcke	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     
<b>Anderes:</b> <b>Was wurde untersucht?</b> (z.B. Magen-Darm-Passage) _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>		       	     	     

**Weitere Untersuchungen mit Kontrastmittel:**

<b>Körperregion</b>	<b>In welchem Jahr?</b>	<b>Bzw. in welchem Alter?</b>	<b>Wie oft?</b>

**Kommentarzeile für Interviewer**

## Interventionelle Radiologie

### C1.0 Wurde bei Ihnen jedals eine Herzkatheter-Untersuchung durchgeführt?

Bei der Herzkatheteruntersuchung führt ein Arzt einen dünnen Schlauch (Katheter) über ein Blutgefäß in der Leiste (oder viel seltener in der Ellenbeuge) in den Körper ein. Über die Blutgefäße wird der Katheter dann im Körperinneren bis zum Herzen vorgeschoben. Der Arzt beobachtet das Geschehen ständig am Röntgenschiirm. Er kann die Pumpfunktion des Herzens untersuchen oder Verengungen der Blutgefäße am Herzen durch Aufblasen eines kleinen Ballons erweitern oder auch Gefäßstützen, sog. Stents, einsetzen. Eine Herzkatheteruntersuchung wird z.B. bei Herzinfarkten oder vor Herzoperationen durchgeführt.

<sub>1</sub> **ja**                      ⇒ weiter mit Frage C1.1

<sub>2</sub> **nein**                      ⇒ weiter mit Frage C2.0

<sub>-8</sub> **weiß nicht**            ⇒ weiter mit Frage C2.0

*Info für Interviewer: Für die Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahr (z.B. 2011.) Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

### C1.1

Wie oft insgesamt?	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
_ _	_ _ _ _   _ _ _ _   _ _ _ _	_ _   _ _   _ _	_ _   _ _   _ _

### Weitere Herzkatheteruntersuchungen:

In welchem Jahr?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?

### Kommentarzeile für Interviewer

**C2.0 Gab es jemals andere so genannte minimal-invasive radiologische Eingriffe?**

Darunter versteht man Behandlungen, die unter radiologischer Kontrolle durchgeführt werden.

Zum Beispiel das Einsetzen von Gefäßstützen, sog. Stents, in ein Blutgefäß, in die Atemwege oder die Gallenwege, um diese „offen“ zu halten. Oder wurde bei Ihnen eine Embolisation durchgeführt?

<sub>1</sub> **ja**                      ⇨ weiter mit Frage C2.1

<sub>2</sub> **nein**                      ⇨ weiter mit D0

<sub>.8</sub> **weiß nicht**              ⇨ weiter mit D0

*Info für Interviewer: Für jede Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahren (z.B. 2011).*

*\*Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

**C2.1**

Welcher Eingriff?	Körperregion	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

**Weitere minimal-invasive Eingriffe:**

<b>Eingriff</b>	<b>Körperregion</b>	<b>In welchem Jahr?</b>	<b>Bzw. in welchem Alter?</b>	<b>Wie oft?</b>

**Kommentarzeile für Interviewer**

## Nuklearmedizinische Diagnostik

**D0** Ich komme nun zu nuklearmedizinischen Untersuchungen. Diese Untersuchungen stellen Funktionsstörungen von Organen, z.B. der Schilddrüse, der Lunge, der Knochen oder des Herzens bildlich dar.

Dem Patienten wird dabei in den meisten Fällen eine schwach radioaktive Substanz gespritzt. Die Substanz erreicht über die Blutgefäße das zu untersuchende Organ. Ein Computer erstellt dann daraus ein meist mehrfarbiges Bild, ein so genanntes Szintigramm. Die Fachbegriffe für diese nuklearmedizinischen Untersuchungen sind: Szintigraphie, PET oder SPECT.

*PET (Positronen-Emissionstomographie)*

*SPECT (Single photon emission computed tomographie)*

→ Falls erforderlich, Bild zeigen

Wurde bei Ihnen jemals eine nuklearmedizinische Untersuchung durchgeführt?

<sub>1</sub> ja                   ⇒ weiter mit Frage D1.0

<sub>2</sub> nein                   ⇒ weiter mit E0

<sub>-8</sub> weiß nicht       ⇒ weiter mit E0

**D1.0 Welches Körperorgan wurde mittels Szintigraphie, PET oder SPECT untersucht?**

*Info für Interviewer: Bitte die Liste der Körperregionen durchgehen, auch wenn der Proband sofort ein bestimmtes Organ angibt.*

*Für jede Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahren (z.B. 2011).*

*\*Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

	Ja	Nein	Weiß nicht	Wie oft insgesamt	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
<b>Lunge</b>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Herz</b>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Nieren</b>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Schilddrüse</b>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Knochen</b>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Anderer Körperteil? Welcher?</b> _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>-8</sub>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

**Weitere Nuklearmedizinische Untersuchungen:**

<b>Körperorgan</b>	<b>In welchem Jahr?</b>	<b>Bzw. in welchem Alter?</b>	<b>Wie oft?</b>

**Kommentarzeile für Interviewer**

## Nuklearmedizinische Diagnostik

**D1.1** Wenn „Nuklearmedizinische Diagnostik (Frage D0)“ jemals ja:

**Wären Sie einverstanden, dass wir Ihren Radiologen oder den behandelnden Arzt kontaktieren und um weitere Informationen zur Art der Untersuchungen bitten?**

ja <sub>1</sub>                      nein <sub>2</sub>

**Bitte nennen Sie uns den Namen und die Adresse der Praxis oder Klinik, in der die nuklearmedizinische Untersuchung durchgeführt wurde.**

Name der Praxis oder Klinik: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

*\*Falls Name der Praxis oder Klinik nicht bekannt, dann bitte nach Name des überweisenden Arztes (z.B. Hausarzt) fragen.*

Name des überweisenden Arztes: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

## Therapien

**E0** Wir kommen nun zum letzten Punkt und zwar zu radiologischen Therapien, die z.B. bei Schilddrüsenerkrankungen oder bei Krebserkrankungen angewendet werden.

**Wurde bei Ihnen jemals eine Schilddrüsen-Radiojodtherapie durchgeführt?**

Für eine Schilddrüsen-Radiojodtherapie muss der Patient zur stationären Behandlung eingewiesen werden. Es wird ein radioaktiver Stoff (Jod) gespritzt. Solange, bis dieser Stoff abgebaut ist, muss der Patient von anderen Menschen isoliert werden. Diese Therapie wird nur in darauf spezialisierten Krankenhausabteilungen oder radiologischen Instituten durchgeführt.

- <sub>1</sub> **ja**                   ⇒ weiter mit Frage E1.0
- <sub>2</sub> **nein**                   ⇒ weiter mit Frage F0
- <sub>-8</sub> **weiß nicht**       ⇒ weiter mit Frage F0

*Info für Interviewer: für die Untersuchung wird zunächst die Gesamtanzahl nachgefragt, und dann das jeweilige Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden Jahr (z.B. 2011) \*Wenn keine Angabe zum Jahr möglich, dann Probingfrage: Wie alt waren Sie (in Jahren)?*

*Für Papierversion: Falls mehr als 3 Untersuchungsjahre pro Untersuchung, bitte im Feld ‚Weitere Untersuchungen‘ am Ende des Abschnitts eintragen.*

**E1.0**

Wie oft insgesamt?	In welchem Jahr, angefangen mit dem am kürzesten zurückliegenden?	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?
_ _	_ _ _ _	_ _	_ _
	_ _ _ _	_ _	_ _
	_ _ _ _	_ _	_ _

**Weitere Schilddrüsen-Radiojodtherapie Untersuchungen:**

In welchem Jahr	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?

**Kommentarzeile Interviewer**

## Therapien

**F0** Wurde bei Ihnen jemals eine Strahlentherapie durchgeführt?

Bei einer Strahlentherapie werden radioaktive Strahlen zur Behandlung z.B. von Krebserkrankungen eingesetzt. In einigen Fällen werden auch gutartige Erkrankungen wie Arthrose, Fersensporn oder Morbus Bechterew mit Strahlentherapie behandelt.

- <sub>1</sub> **ja**                      ⇨ weiter mit Frage F1.0  
 <sub>2</sub> **nein**                      ⇨ Ende Interview  
 <sub>-8</sub> **weiß nicht**              ⇨ Ende Interview

**F1.0**

	1. Untersuchung	2. Untersuchung	3. Untersuchung
<b>Grund der Therapie (z.B. Tumorart)</b>	_____	_____	_____
<b>Wann war das? (Jahr Beginn Therapie)</b>	_ _ _ _  Jahr	_ _ _ _  Jahr	_ _ _ _  Jahr
bzw. wie alt waren Sie bei Beginn der Therapie?	_ _  Alter	_ _  Alter	_ _  Alter

**Weitere Strahlentherapie:**

Untersuchung (Grund der Therapie)	Jahr Beginn Therapie	Bzw. in welchem Alter?	Wie oft?

**Kommentarzeile Interviewer**

**F2.0** Wenn Strahlentherapie (Frage F0) jemals ja:

**Wären Sie einverstanden, dass wir Ihren Radiologen oder behandelnden Arzt kontaktieren und um weitere Informationen zur Art der Therapie und der Strahlendosis bitten?**

ja  1                      nein  2

**Bitte nennen Sie uns den Namen und die Adresse der Praxis oder Klinik, in der die Strahlentherapie durchgeführt wurde.**

Name der Praxis oder Klinik: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

*\*Falls Name der Praxis oder Klinik nicht bekannt, dann bitte nach Name des überweisenden Arztes (z.B. Hausarzt) fragen.*

Name des überweisenden Arztes: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Vielen Dank für das Interview und die Zeit, die Sie sich dafür genommen haben!

**Ende des Interviews „Medizinische Strahlenexposition“: \_\_\_\_:\_\_\_\_ Uhr**

Wie Sie in der Studieninformationen gelesen haben, möchten wir Sie nun bitten, in den nächsten 6 Monaten einen Röntgenpass, der speziell für die Nationale Kohorte entwickelt wurde, dem behandelnden Arzt bzw. der behandelnden Ärztin bei jeder Röntgenuntersuchung vorzulegen. Ihr Arzt oder Ihre Ärztin werden gebeten, darin einige Merkmale der Untersuchung sowie Angaben, aus denen sich eine Strahlendosis ableiten lässt, einzutragen. Wir bitten Sie darum, den Röntgenpass nach einem halben Jahr in dem entsprechenden Umschlag zurück an uns zu senden.

**Röntgenpass angenommen:** ja  1 nein  2

**Besondere Vorkommnisse:**

---

---

---

---

## Anhang D

### Liebe Passinhaberin, lieber Passinhaber!

Die große deutsche Gesundheitsstudie – die Nationale Kohorte – wird derzeit vorbereitet. Sie können uns helfen zu prüfen, wie die Informationen zu medizinischen Röntgenuntersuchungen in dieser Studie erhoben werden können.

**Daher bitten wir Sie:**

**Legen Sie in den nächsten 6 Monaten den heute ausgehändigten Pass bei jeder radiologischen Untersuchung vor und lassen Sie jede Röntgenaufnahme eintragen.**

Aufkleber Studienteilnehmer Nummer:

### Information für Ärzte

Die Nationale Kohortenstudie untersucht prospektiv die Gesundheit von ca. 200.000 Bundesbürgern.

Durch Ihre Dokumentation radiologischer Untersuchungen bei Studienteilnehmern tragen Sie wichtige Informationen für die Studie bei. Nach jetzigem Stand sollen folgende Informationen erhoben werden:

- ♦ Art der diagnostischen Maßnahme (Röntgen – auch der Zähne, CT, Nuklearmed. Diagnostik, interventionelle Maßnahmen).
- ♦ Zur Dosisberechnung: Dosisflächenprodukt, Dosislängenprodukt (für CT), Nuklid, Aktivitätsreferenzwert.

Sie finden weitere Informationen zu der Vorstudie auf [www.bips.uni-bremen.de](http://www.bips.uni-bremen.de).

**Bremer Institut für  
Präventionsforschung und  
Sozialmedizin (BIPS)**

**Tel.: 0800 2477375**

**E-Mail: [nako@bips.uni-bremen.de](mailto:nako@bips.uni-bremen.de)**

## Röntgenpass

### Nationale Kohortenstudie

Name	
Vorname	
Geburtsdatum	
Straße	
PLZ	Wohnort

Art der Untersuchung / Körperregion

*Beispiel: Röntgen Thorax; CT Halswirbelsäule*

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

Art der Untersuchung / Körperregion

Dosisflächen- bzw. Dosislängenprodukt

Datum

Praxis- oder Klinikstempel

## **Anhang AP 2**

### Literatur

Berrington de Gonzalez A; Ekbom A; Glass AG; Galanti MR; Grimelius L; Allison MJ; Inskip PD. **Comparison of documented and recalled histories of exposure to diagnostic x-rays in case-control studies of thyroid cancer.** Am J Epidemiol 2003;157(7):652-663

Claus EB, Calvocoressi L, Bondy ML, Schildkraut JM, Wiemels JL, Wrensch M. **Dental x-rays and risk of meningioma.** Cancer 2012; doi: 10.1002/cnr.26625

Davis F, Il'yasova D, Rankin K, McCarthy B, Bigner DD. **Medical diagnostic radiation exposure and risk of gliomas.** Radiation Research 2011; 175: 790-796

Inskip PD; Ekbom A; Galanti MR; Grimelius L; Boice JD. **Medical diagnostic x rays and thyroid cancer.** J Natl Cancer Inst 1995; 87(21):1613-1621

Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. **Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study.** Acta Oncol. 2010; 49:447-453

Norman SA, Localio AR, Zhou L, Bernstein L, Coates RJ, Flagg EW. et al. **Validation of self-reported screening mammography histories among women with and without breast cancer.** Am J Epidemiol 2003; 158(3):264-271

Pijpe A; Manders P; Mulder RL; Van Leeuwen FE; Rookus MA. **Reliability of self-reported diagnostic radiation history in BRCA1/2 mutation carriers.** Eur J Epidemiol 2010; 25(2):103-113.

Sigurdson AJ, Bhatti P, Preston DL, Doody MM, Kampa D, Alexander BH. et al. Routine diagnostic x-ray examinations and increased frequency of chromosome translocations among U.S. radiologic technologists. Cancer Res. 2008; 68 (21):8825-8831

## Anhang AP3

### Anhang A

#### Literatur

Bundesärztekammer (BÄK). **Leitlinie zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik - Qualitätskriterien röntgendiagnostischer Untersuchungen.** 23. November 2007

Bundesärztekammer (BÄK). **Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Computertomographie.** 23. November 2007.

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). **Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenuntersuchungen vom 22. Juni 2010.** [http://www.bfs.de/de/ion/medizin/diagnostik/roentgen/fachinformationen/drw\\_roentgen.pdf](http://www.bfs.de/de/ion/medizin/diagnostik/roentgen/fachinformationen/drw_roentgen.pdf)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). **Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung.** Jahresbericht. Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz, 2010

Drexler G; Panzer W; Stieve FE; Widenmann L; Zankl M. **Die Bestimmung von Organdosen in der Röntgendiagnostik.** s.l. : H. Hofmann GmbH-Verlag, 1993

Galanski M; Nagel HD; Stamm G. **CT-Expositionspraxis in der Bundesrepublik Deutschland 1999.** Fortschr Röntgenstr 2001: 173, R1-R66

Nagel HD. **Strahlenexposition in der Computer tomographie: Grundlagen, Einflußfaktoren, Dosisermittlung, Optimierung, Zahlenwerte, Begriffe.** s.l. : CTB Publications, 2002

Nagel HD; Vogel H. **Leitfaden zur Bewertung und Optimierung der Strahlenexposition bei CT-Untersuchungen.** 2010

NORM DIN 6809 Teil 7. **Klinische Dosimetrie - Teil 7.** Verfahren zur Ermittlung der Patientendosis in der Röntgendiagnostik. 2003

Pentoussi-Henss N; Zankl M; Drexler G; Panzer W; Regulla D. **Calculation of backscatter factors for diagnostic radiology using Monte Carlo methods.** Physics in Medicine and Biology 1998: 43,2237-2250.

Stamm G; Nagel HD. **CT-Expo V 2.0 - Ein Werkzeug zur Dosisvaluierung in der Computertomographie.** 2011

Philips Medizin Systeme. **Handbuch Radiographie: Anmerkungen und Beispiele zur Aufnahmetechnik und Einstelltechnik.** Hamburg: s.n., 1996

Zankl M; Panzer W; Drexler G. **The Calculation of Dose from External Photon Exposures using Reference Human Phantoms and Monte Carlo Methods Part IV: Organ Doses from Computed Tomographic examinations.** Oberschleißheim: GSF-Bericht 30/91, 1991

## Anhang B

Im folgenden Teil werden die Tabellen mit den berechneten Werten der Organdosis für die männlichen (m) und weiblichen (w) Teilnehmer pro **Röntgenuntersuchung** aufgelistet.

### Kopf (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,227	0,05	0,01135
Augenlinse	1,573	0,05	0,07865
Schilddrüse	1,148	0,05	0,0574
Lunge	0,014	0,12	0,00168
Milz	0,014	0,05	0,0007
Pankreas	0,014	0,05	0,0007
Magenwand	0,014	0,12	0,00168
Dünndarm	0,014	0,05	0,0007
Kolon	0,028	0,12	0,00336
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,014	0,20	0,0028
Rotes Knochenmark	0,028	0,12	0,00336
Skelett	0,17	0,01	0,0017

Kopf (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,241	0,05	0,01205
Augenlinse	1,602	0,05	0,0801
Schilddrüse	0,496	0,05	0,0248
Lunge	0,014	0,12	0,00168
Milz	0,014	0,05	0,0007
Pankreas	0,014	0,05	0,0007
Magenwand	0,014	0,12	0,00168
Dünndarm	0,014	0,05	0,0007
Kolon	0,028	0,12	0,00336
Brust	0,014	0,05	0,0007
Ovarien	0,014	0,20	0,0028
Uterus	0,014	0,05	0,0007
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,028	0,12	0,00336
Skelett	0,17	0,01	0,0017

Nasennebenhöhlen (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,171	0,05	0,00855
Augenlinse	0,014	0,05	0,0007
Schilddrüse	0,043	0,05	0,00215
Lunge	0,014	0,12	0,00168
Milz	0,014	0,05	0,0007
Pankreas	0,014	0,05	0,0007
Magenwand	0,014	0,12	0,00168
Dünndarm	0,014	0,05	0,0007
Kolon	0,028	0,12	0,00336
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,014	0,20	0,0028
Rotes Knochenmark	0,028	0,12	0,00336
Skelett	0,1	0,01	0,001

Nasennebenhöhlen (w)

<b>Organen</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,256	0,05	0,0128
Augenlinse	0,014	0,05	0,0007
Schilddrüse	0,028	0,05	0,0014
Lunge	0,014	0,12	0,00168
Milz	0,014	0,05	0,0007
Pankreas	0,014	0,05	0,0007
Magenwand	0,014	0,12	0,00168
Dünndarm	0,014	0,05	0,0007
Kolon	0,028	0,12	0,00336
Brust	0,014	0,05	0,0007
Ovarien	0,014	0,20	0,0028
Uterus	0,014	0,05	0,0007
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,043	0,12	0,00516
Skelett	0,128	0,01	0,00128

Brustraum (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,002	0,05	0,0001
Augenlinse	0,002	0,05	0,0001
Schilddrüse	0,015	0,05	0,00075
Lunge	0,11	0,12	0,0132
Milz	0,045	0,05	0,00225
Pankreas	0,035	0,05	0,00175
Magenwand	0,015	0,12	0,0018
Dünndarm	0,002	0,05	0,0001
Kolon	0,004	0,12	0,00048
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,002	0,20	0,0004
Rotes Knochenmark	0,023	0,12	0,00276
Skelett	0,053	0,01	0,00053

Brustraum (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,002	0,05	0,0001
Augenlinse	0,002	0,05	0,0001
Schilddrüse	0,015	0,05	0,00075
Lunge	0,115	0,12	0,0138
Milz	0,033	0,05	0,00165
Pankreas	0,023	0,05	0,00115
Magenwand	0,015	0,12	0,0018
Dünndarm	0,002	0,05	0,0001
Kolon	0,004	0,12	0,00048
Brust	0,032	0,05	0,0016
Ovarien	0,002	0,20	0,0004
Uterus	0,002	0,05	0,0001
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,027	0,12	0,00324
Skelett	0,058	0,01	0,00058

Bauchraum (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,014	0,05	0,0007
Augenlinse	0,014	0,05	0,0007
Schilddrüse	0,014	0,05	0,0007
Lunge	0,014	0,12	0,00168
Milz	0,138	0,05	0,0069
Pankreas	0,277	0,05	0,01385
Magenwand	0,609	0,12	0,07308
Dünndarm	0,526	0,05	0,0263
Kolon	0,914	0,12	0,10968
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,014	0,20	0,0028
Rotes Knochenmark	0,055	0,12	0,0066
Skelett	0,069	0,01	0,00069

Bauchraum (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,014	0,05	0,0007
Augenlinse	0,014	0,05	0,0007
Schilddrüse	0,014	0,05	0,0007
Lunge	0,028	0,12	0,00336
Milz	0,194	0,05	0,0097
Pankreas	0,36	0,05	0,018
Magenwand	0,72	0,12	0,0864
Dünndarm	0,581	0,05	0,02905
Kolon	0,996	0,12	0,11952
Brust	0,014	0,05	0,0007
Ovarien	0,429	0,20	0,0858
Uterus	0,54	0,05	0,027
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,055	0,12	0,0066
Skelett	0,083	0,01	0,00083

Rippen (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,012	0,05	0,0006
Augenlinse	0,012	0,05	0,0006
Schilddrüse	0,025	0,05	0,00125
Lunge	0,248	0,12	0,02976
Milz	0,074	0,05	0,0037
Pankreas	0,062	0,05	0,0031
Magenwand	0,124	0,12	0,01488
Dünndarm	0,012	0,05	0,0006
Kolon	0,024	0,12	0,00288
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,012	0,20	0,0024
Rotes Knochenmark	0,025	0,12	0,003
Skelett	0,099	0,01	0,00099

Rippen (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,012	0,05	0,0006
Augenlinse	0,012	0,05	0,0006
Schilddrüse	0,037	0,05	0,00185
Lunge	0,186	0,12	0,02232
Milz	0,087	0,05	0,00435
Pankreas	0,099	0,05	0,00495
Magenwand	0,161	0,12	0,01932
Dünndarm	0,012	0,05	0,0006
Kolon	0,024	0,12	0,00288
Brust	0,608	0,05	0,0304
Ovarien	0,012	0,20	0,0024
Uterus	0,012	0,05	0,0006
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,025	0,12	0,003
Skelett	0,087	0,01	0,00087

Schulter (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,017	0,05	0,00085
Augenlinse	0,017	0,05	0,00085
Schilddrüse	0,017	0,05	0,00085
Lunge	0,17	0,12	0,0204
Milz	0,017	0,05	0,00085
Pankreas	0,017	0,05	0,00085
Magenwand	0,017	0,12	0,00204
Dünndarm	0,017	0,05	0,00085
Kolon	0,034	0,12	0,00408
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,017	0,20	0,0034
Rotes Knochenmark	0,017	0,12	0,00204
Skelett	0,102	0,01	0,00102

Schulter (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,017	0,05	0,00085
Augenlinse	0,017	0,05	0,00085
Schilddrüse	0,017	0,05	0,00085
Lunge	0,153	0,12	0,01836
Milz	0,017	0,05	0,00085
Pankreas	0,017	0,05	0,00085
Magenwand	0,017	0,12	0,00204
Dünndarm	0,017	0,05	0,00085
Kolon	0,034	0,12	0,00408
Brust	0,136	0,05	0,0068
Ovarien	0,017	0,20	0,0034
Uterus	0,017	0,05	0,00085
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,017	0,12	0,00204
Skelett	0,102	0,01	0,00102

Halswirbelsäule (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,007	0,05	0,00035
Augenlinse	0,333	0,05	0,01665
Schilddrüse	0,272	0,05	0,0136
Lunge	0,003	0,12	0,00036
Milz	0,003	0,05	0,00015
Pankreas	0,003	0,05	0,00015
Magenwand	0,003	0,12	0,00036
Dünndarm	0,003	0,05	0,00015
Kolon	0,006	0,12	0,00072
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,003	0,20	0,0006
Rotes Knochenmark	0,003	0,12	0,00036
Skelett	0,017	0,01	0,00017

Halswirbelsäule (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,01	0,05	0,0005
Augenlinse	0,364	0,05	0,0182
Schilddrüse	0,289	0,05	0,01445
Lunge	0,003	0,12	0,00036
Milz	0,003	0,05	0,00015
Pankreas	0,003	0,05	0,00015
Magenwand	0,003	0,12	0,00036
Dünndarm	0,003	0,05	0,00015
Kolon	0,006	0,12	0,00072
Brust	0,003	0,05	0,00015
Ovarien	0,003	0,20	0,0006
Uterus	0,003	0,05	0,00015
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,003	0,12	0,00036

Brustwirbelsäule (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,014	0,05	0,0007
Augenlinse	0,014	0,05	0,0007
Schilddrüse	0,071	0,05	0,00355
Lunge	0,057	0,12	0,00684
Milz	0,014	0,05	0,0007
Pankreas	0,071	0,05	0,00355
Magenwand	0,028	0,12	0,00336
Dünndarm	0,014	0,05	0,0007
Kolon	0,028	0,12	0,00336
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,014	0,20	0,0028
Rotes Knochenmark	0,014	0,12	0,00168
Skelett	0,071	0,01	0,00071

Brustwirbelsäule (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,014	0,05	0,0007
Augenlinse	0,014	0,05	0,0007
Schilddrüse	0,482	0,05	0,0241
Lunge	0,071	0,12	0,00852
Milz	0,014	0,05	0,0007
Pankreas	0,071	0,05	0,00355
Magenwand	0,028	0,12	0,00336
Dünndarm	0,014	0,05	0,0007
Kolon	0,028	0,12	0,00336
Brust	0,128	0,05	0,0064
Ovarien	0,014	0,20	0,0028
Uterus	0,014	0,05	0,0007
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,014	0,12	0,00168
Skelett	0,071	0,01	0,00071

Lendenwirbelsäule (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,022	0,05	0,0011
Augenlinse	0,022	0,05	0,0011
Schilddrüse	0,022	0,05	0,0011
Lunge	0,022	0,12	0,00264
Milz	0,022	0,05	0,0011
Pankreas	0,111	0,05	0,00555
Magenwand	0,155	0,12	0,0186
Dünndarm	0,421	0,05	0,02105
Kolon	0,465	0,12	0,0558
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,022	0,20	0,0044
Rotes Knochenmark	0,022	0,12	0,00264
Skelett	0,022	0,01	0,00022

Lendenwirbelsäule (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,022	0,05	0,0011
Augenlinse	0,022	0,05	0,0011
Schilddrüse	0,022	0,05	0,0011
Lunge	0,022	0,12	0,00264
Milz	0,022	0,05	0,0011
Pankreas	0,221	0,05	0,01105
Magenwand	0,266	0,12	0,03192
Dünndarm	0,509	0,05	0,02545
Kolon	0,532	0,12	0,06384
Brust	0,022	0,05	0,0011
Ovarien	0,421	0,20	0,0842
Uterus	0,664	0,05	0,0332
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,022	0,12	0,00264
Skelett	0,044	0,01	0,00044

Becken (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,009	0,05	0,00045
Augenlinse	0,009	0,05	0,00045
Schilddrüse	0,009	0,05	0,00045
Lunge	0,009	0,12	0,00108
Milz	0,009	0,05	0,00045
Pankreas	0,009	0,05	0,00045
Magenwand	0,027	0,12	0,00324
Dünndarm	0,275	0,05	0,01375
Kolon	0,576	0,12	0,06912
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,151	0,20	0,0302
Rotes Knochenmark	0,035	0,12	0,0042
Skelett	0,071	0,01	0,00071

Becken (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,009	0,05	0,00045
Augenlinse	0,009	0,05	0,00045
Schilddrüse	0,009	0,05	0,00045
Lunge	0,009	0,12	0,00108
Milz	0,009	0,05	0,00045
Pankreas	0,009	0,05	0,00045
Magenwand	0,062	0,12	0,00744
Dünndarm	0,31	0,05	0,0155
Kolon	0,646	0,12	0,07752
Brust	0,009	0,05	0,00045
Ovarien	0,248	0,20	0,0496
Uterus	0,319	0,05	0,01595
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,035	0,12	0,0042
Skelett	0,08	0,01	0,0008

Oberschenkel (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,011	0,05	0,00055
Augenlinse	0,011	0,05	0,00055
Schilddrüse	0,011	0,05	0,00055
Lunge	0,011	0,12	0,00132
Milz	0,011	0,05	0,00055
Pankreas	0,011	0,05	0,00055
Magenwand	0,011	0,12	0,00132
Dünndarm	0,011	0,05	0,00055
Kolon	0,022	0,12	0,00264
Brust		0,05	
Ovarien		0,20	
Uterus		0,05	
Hoden	0,022	0,20	0,0044
Rotes Knochenmark	0,011	0,12	0,00132
Skelett	0,044	0,01	0,00044

Oberschenkel (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,011	0,05	0,00055
Augenlinse	0,011	0,05	0,00055
Schilddrüse	0,011	0,05	0,00055
Lunge	0,011	0,12	0,00132
Milz	0,011	0,05	0,00055
Pankreas	0,011	0,05	0,00055
Magenwand	0,011	0,12	0,00132
Dünndarm	0,011	0,05	0,00055
Kolon	0,022	0,12	0,00264
Brust	0,011	0,05	0,00055
Ovarien	0,011	0,20	0,0022
Uterus	0,011	0,05	0,00055
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,011	0,12	0,00132
Skelett	0,055	0,01	0,00055

Im folgenden Teil werden die Tabellen mit den berechneten Werten der Organdosis für die männlichen (m) und weiblichen (w) Teilnehmer pro **CT-Untersuchung** aufgelistet.

Kopf (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	16,9	0,05	0,845
Augenlinse	22,2	0,05	1,11
Schilddrüse	0,5	0,05	0,025
Lunge	0	0,12	0
Milz	0	0,05	0
Pankreas	0	0,05	0
Magenwand	0	0,12	0
Dünndarm	0	0,05	0
Kolon	0	0,12	0
Brust	0	0,05	0
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	2,1	0,12	0,252
Skelett	4,6	0,01	0,046

Kopf (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	17,9	0,05	0,895
Augenlinse	22,7	0,05	1,135
Schilddrüse	0,7	0,05	0,035
Lunge	0	0,12	0
Milz	0	0,05	0
Pankreas	0	0,05	0
Magenwand	0	0,12	0
Dünndarm	0	0,05	0
Kolon	0	0,12	0
Brust	0	0,05	0
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	2,2	0,12	0,264
Skelett	5,0	0,01	0,05

Brustraum (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0	0,05	0
Augenlinse	0	0,05	0
Schilddrüse	0,3	0,05	0,015
Lunge	2,5	0,12	0,3
Milz	0,2	0,05	0,01
Pankreas	0,2	0,05	0,01
Magenwand	0,1	0,12	0,012
Dünndarm	0	0,05	0
Kolon	0	0,12	0
Brust	0	0,05	0
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,5	0,12	0,06
Skelett	1,4	0,01	0,014

Brustraum (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0	0,05	0
Augenlinse	0	0,05	0
Schilddrüse	0,3	0,05	0,015
Lunge	2,3	0,12	0,276
Milz	0,1	0,05	0,005
Pankreas	0,2	0,05	0,01
Magenwand	0,1	0,12	0,012
Dünndarm	0	0,05	0
Kolon	0	0,12	0
Brust	2,5	0,05	0,125
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,5	0,12	0,06
Skelett	1,4	0,01	0,014

Bauchraum (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0	0,05	0
Augenlinse	0	0,05	0
Schilddrüse	0	0,05	0
Lunge	1,1	0,12	0,132
Milz	8,2	0,05	0,41
Pankreas	6,6	0,05	0,33
Magenwand	8,5	0,12	1,02
Dünndarm	7,8	0,05	0,39
Kolon	15,4	0,12	1,848
Brust	0	0,05	0
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden	1,9	0,20	0,38
Rotes Knochenmark	3,7	0,12	0,444
Skelett	5,3	0,01	0,053

Bauchraum (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0	0,05	0
Augenlinse	0	0,05	0
Schilddrüse	0	0,05	0
Lunge	1,3	0,12	0,156
Milz	8,7	0,05	0,435
Pankreas	7,2	0,05	0,36
Magenwand	8,7	0,12	1,044
Dünndarm	8,4	0,05	0,42
Kolon	16,3	0,12	1,956
Brust	0,6	0,05	0,03
Ovarien	7,9	0,20	1,58
Uterus	7,7	0,05	0,385
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	3,9	0,12	0,468
Skelett	5,6	0,01	0,056

Lendenwirbelsäule (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0	0,05	0
Augenlinse	0	0,05	0
Schilddrüse	0	0,05	0
Lunge	0,1	0,12	0,012
Milz	1,7	0,05	0,085
Pankreas	1,5	0,05	0,075
Magenwand	3,9	0,12	0,468
Dünndarm	5,4	0,05	0,27
Kolon	9,4	0,12	1,128
Brust	0	0,05	0
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden	0	0,20	0
Rotes Knochenmark	1,1	0,12	0,132
Skelett	1,8	0,01	0,018

Lendenwirbelsäule (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0	0,05	0
Augenlinse	0	0,05	0
Schilddrüse	0	0,05	0
Lunge	0,1	0,12	0,012
Milz	1,7	0,05	0,085
Pankreas	1,5	0,05	0,075
Magenwand	3,8	0,12	0,456
Dünndarm	6,6	0,05	0,33
Kolon	11,2	0,12	1,344
Brust	0,1	0,05	0,005
Ovarien	1,3	0,20	0,26
Uterus	1,1	0,05	0,055
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	1,1	0,12	0,132
Skelett	1,8	0,01	0,018

Halswirbelsäule (m)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,2	0,05	0,01
Augenlinse	0,1	0,05	0,005
Schilddrüse	17,4	0,05	0,87
Lunge	0,3	0,12	0,036
Milz	0	0,05	0
Pankreas	0	0,05	0
Magenwand	0	0,12	0
Dünndarm	0	0,05	0
Kolon	0	0,12	0
Brust	0	0,05	0
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden	0	0,20	
Rotes Knochenmark	0,4	0,12	0,048
Skelett	0,9	0,01	0,009

Halswirbelsäule (w)

<b>Organe</b>	<b>Organdosen (mSv)</b>	<b>w<sub>T</sub></b>	<b>Effektive Organdosen (mSv)</b>
Gehirn	0,2	0,05	0,01
Augenlinse	0,1	0,05	0,005
Schilddrüse	19,7	0,05	0,985
Lunge	0,4	0,12	0,048
Milz	0	0,05	0
Pankreas	0	0,05	0
Magenwand	0	0,12	0
Dünndarm	0	0,05	0
Kolon	0	0,12	0
Brust	0	0,05	0
Ovarien	0	0,20	0
Uterus	0	0,05	0
Hoden		0,20	
Rotes Knochenmark	0,4	0,12	0,048
Skelett	1,0	0,01	0,01

## Anhang C

Im folgenden Teil werden die Tabellen mit den Korrekturfaktoren pro Teilnehmer für die Organdosisberechnung aufgelistet.

Schädel		NNH		Brust		Bauch		Rippen		HWS		LWS		BWS		Schulter		Becken		Oberschenkel	
id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$														
2620004	1	2620006	8	2620003	16	2620026	2	2620008	4	2620032	2	2620003	3	2620078	4	2620003	8	2620003	1	2620010	4
2620010	1	2620007	1	2620004	2	2620029	0	2620016	1	2620034	2	2620005	1	2620086	8	2620006	1	2620027	1	2620014	1
2620011	1	2620010	1	2620005	1	2620032	4	2620021	1	2620046	1	2620016	0	2630795	1	2620012	1	2620034	3	2620019	1
2620015	1	2620012	0	2620007	5	2620060	1	2620026	2	2620048	6	2620022	1			2620013	2	2620042	1	2620021	1
2620030	8	2620015	0	2620010	8	2620066	0	2620038	4	2620050	3	2620027	4			2620015	1	2620047	1	2620024	4
2620031	2	2620034	0	2620011	3	2620067	2	2620045	2	2620052	12	2620034	2			2620016	2	2620048	4	2620032	1
2620032	1	2620047	0	2620012	5	2620076	1	2620055	0	2620059	1	2620047	1			2620019	1	2620051	2	2620033	1
2620033	2	2620050	7	2620014	0	2620085	4	2620063	1	2620068	5	2620048	7			2620025	8	2620052	2	2620035	1
2620041	2	2620052	16	2620015	5	2620086	4	2630138	2	2620070	0	2620050	1			2620030	4	2620054	2	2620038	0
2620042	2	2620058	8	2620016	1	2620099	2	2630226	1	2620072	1	2620067	2			2620032	2	2620055	8	2620039	2
2620046	4	2620068	4	2620017	2	2630039	1	2630260	2	2620075	0	2620068	6			2620034	1	2620068	2	2620047	2
2620053	4	2620077	4	2620020	0	2630052	4	2630319	2	2620081	1	2620070	0			2620038	1	2620070	2	2620049	2
2620056	4	2620099	5	2620023	2	2630127	1	2630435	4	2620094	3	2620074	1			2620040	2	2620090	2	2620052	2
2620060	2	2630149	2	2620024	1	2630170	1	2630451	0	2630017	4	2620075	3			2620046	0	2620099	1	2620054	1
2620064	1	2630153	8	2620025	1	2630181	2	2630612	3	2630039	2	2620076	2			2620047	0	2630017	1	2620055	1
2620094	2	2630192	1	2620027	3	2630254	4	2630724	1	2630080	2	2620083	2			2620049	4	2630116	8	2620057	9
2620097	2	2630418	0	2620028	1	2630451	1	2630910	1	2630116	2	2620094	3			2620050	2	2630153	2	2620062	1
2620099	4	2630435	1	2620029	4	2630544	0			2630319	2	2620098	2			2620051	4	2630319	1	2620065	2
2630028	4	2630484	2	2620032	1	2630569	4			2630372	2	2630028	4			2620052	4	2630429	0	2620066	2
2630074	5	2630500	10	2620033	6	2630623	14			2630429	4	2630039	0			2620054	5	2630484	1	2620070	16
2630149	2	2630575	1	2620034	4	2630679	1			2630522	1	2630045	4			2620062	5	2630500	4	2620071	5

Schädel		NNH		Brust		Bauch		Rippen		HWS		LWS		BWS		Schulter		Becken		Oberschenkel	
id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$						
2630181	1	2630640	9	2620038	12	2630696	0			2630724	1	2630080	4			2620065	4	2630575	1	2620075	4
2630215	2	2630685	2	2620040	2	2630702	4			2630767	2	2630319	1			2620067	4	2630612	0	2620076	3
2630226	6	2630767	2	2620041	2	2630756	4			2630789	1	2630361	2			2620070	4	2630904	1	2620089	7
2630319	0	2630795	12	2620044	3	2630767	4			2630795	1	2630372	2			2620075	1	2630910	8	2620090	1
2630372	3	2630803	2	2620046	40	2630778	1			2630899	4	2630418	5			2620076	1	2633517	0	2620094	5
2630484	2	2630831	0	2620047	0	2630795	4			2630904	0	2630429	15			2620079	1			2620098	7
2630522	1	2630855	4	2620049	4	2630803	1			2630932	2	2630435	2			2620084	8			2620099	2
2630623	12	2633517	2	2620050	1	2630877	1					2630451	4			2620089	5			2630045	8
2630640	1			2620051	1	2630904	8					2630511	1			2630080	1			2630080	1
2630696	2			2620052	2	2630932	0					2630597	2			2630149	4			2630105	4
2630756	2			2620054	1	2630943	2					2630612	0			2630170	2			2630116	1
2630842	2			2620055	1							2630623	4			2630226	4			2630153	4
2630910	4			2620056	1							2630668	0			2630372	3			2630181	4
2633517	4			2620057	0							2630702	4			2630383	2			2630248	4
				2620058	10							2630724	2			2630429	2			2630293	2
				2620060	1							2630767	7			2630435	2			2630347	1
				2620062	0							2630795	4			2630451	1			2630383	4
				2620063	1							2630831	2			2630462	2			2630418	12
				2620065	4							2630842	4			2630484	1			2630451	4
				2620067	3							2630904	0			2630500	7			2630533	2
				2620068	4							2630943	1			2630586	1			2630601	6
				2620069	2											2630597	1			2630640	2
				2620070	5											2630612	1			2630685	2
				2620071	2											2630634	18			2630778	0
				2620075	3											2630640	1			2630795	5
				2620076	4											2630767	4			2630803	2

Schädel		NNH		Brust		Bauch		Rippen		HWS		LWS		BWS		Schulter		Becken		Oberschenkel	
id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$
				2620077	1											2630831	1			2630831	0
				2620078	8											2630855	0			2630842	2
				2620079	3											2630904	1			2630904	1
				2620081	2											2630932	0			2630921	4
				2620082	15											2630943	1			2633528	1
				2620083	0											2630959	1				
				2620086	4																
				2620087	0																
				2620090	2																
				2620098	5																
				2620099	3																
				2620100	12																
				2630017	12																
				2630028	1																
				2630039	1																
				2630045	8																
				2630052	2																
				2630063	4																
				2630074	2																
				2630080	9																
				2630091	0																
				2630105	1																
				2630138	0																
				2630153	8																
				2630181	7																
				2630209	6																

Schädel		NNH		Brust		Bauch		Rippen		HWS		LWS		BWS		Schulter		Becken		Oberschenkel		
id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	
				2630215	8																	
				2630226	1																	
				2630237	6																	
				2630248	4																	
				2630254	0																	
				2630271	10																	
				2630319	2																	
				2630336	4																	
				2630347	1																	
				2630383	9																	
				2630418	0																	
				2630429	16																	
				2630435	4																	
				2630446	8																	
				2630451	8																	
				2630462	7																	
				2630490	20																	
				2630500	2																	
				2630511	4																	
				2630522	2																	
				2630544	0																	
				2630569	9																	
				2630601	4																	
				2630623	2																	
				2630634	4																	
				2630668	44																	

Schädel		NNH		Brust		Bauch		Rippen		HWS		LWS		BWS		Schulter		Becken		Oberschenkel	
id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$	id_nr	$\sum_{i=1}^n g_M$
				2630679	1																
				2630696	1																
				2630702	13																
				2630713	2																
				2630741	1																
				2630756	12																
				2630767	0																
				2630778	0																
				2630795	8																
				2630803	12																
				2630820	1																
				2630842	1																
				2630855	1																
				2630866	0																
				2630910	0																
				2630921	1																
				2630943	2																
				2630959	2																

## Anhang D

Die folgende Tabelle zeigt die berechnete Organdosis sowie effektive Dosis pro Teilnehmer

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<i>Effektive Dosis</i>
2620001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620003	0,23	0,24	0,45	3,14	0,74	1,18	1,24	2,01	2,58	1,68	1,68	2,48	0,00	0,67	1,96	1,72
2620004	36,05	47,01	1,93	0,24	0,08	0,06	0,04	0,02	0,04	0,08	0,02	0,02	0,00	4,48	10,29	4,94
2620005	0,02	0,02	0,04	0,33	3,47	3,15	7,97	11,22	19,27	0,00	0,00	2,20	0,02	2,25	3,68	4,63
2620006	20,17	22,93	20,64	1,07	6,93	6,13	15,33	21,73	45,06	0,65	5,33	4,53	0,00	7,36	14,33	14,65
2620007	0,27	0,02	0,10	0,59	0,18	0,13	0,09	0,02	0,05	0,17	0,02	0,02	0,00	0,18	0,42	0,16
2620008	17,95	22,75	0,85	0,84	2,05	1,90	4,44	5,45	11,30	2,53	1,35	1,15	0,00	3,40	7,15	5,47
2620009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620010	0,46	1,65	1,36	2,35	10,83	9,05	12,79	13,89	25,88	0,60	7,90	8,80	0,13	5,28	8,27	9,58
2620011	0,23	1,58	1,19	0,34	0,15	0,12	0,06	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,33	0,24
2620012	0,03	0,03	0,09	0,73	0,18	0,13	0,09	0,03	0,05	0,30	0,03	0,03	0,00	0,15	0,39	0,17
2620013	17,93	0,03	0,73	0,31	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,27	0,03	0,03	0,00	2,23	5,20	1,33
2620014	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,01
2620015	0,25	23,80	1,74	0,73	0,26	0,21	0,11	0,04	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	2,26	5,14	1,76
2620016	0,05	0,05	0,07	0,80	1,85	1,63	4,07	5,45	9,50	0,00	0,00	1,10	0,05	1,18	2,16	2,41

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augenlinse</b>	<b>Schild-drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magenwand</b>	<b>Dünn-darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochenmark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2620017	0,00	0,00	0,03	0,22	0,09	0,07	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,11	0,05
2620018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620019	0,03	0,03	0,03	0,18	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,15	0,05
2620020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620021	0,02	0,02	0,05	0,20	0,10	0,11	0,17	0,02	0,05	0,62	0,02	0,02	0,00	0,04	0,14	0,11
2620022	17,92	22,72	0,72	0,02	0,02	0,22	0,27	0,51	0,53	0,02	0,42	0,66	0,00	2,22	5,04	2,64
2620023	33,80	22,30	1,63	6,72	1,39	1,37	1,13	0,10	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	3,65	8,81	4,51
2620024	0,05	0,05	0,06	2,75	17,49	14,48	17,46	16,85	32,69	1,20	15,80	15,40	0,09	7,87	11,43	13,86
2620025	0,14	0,14	0,15	1,34	0,17	0,16	0,15	0,14	0,28	1,12	0,14	0,14	0,00	0,16	0,87	0,38
2620026	0,05	0,05	0,10	0,43	0,56	0,92	1,76	1,19	2,04	1,24	0,88	1,10	0,00	0,16	0,34	0,97
2620027	18,07	22,87	0,91	1,05	0,26	1,03	1,24	2,42	2,92	0,74	2,01	3,05	0,00	2,47	5,84	3,85
2620028	17,90	22,70	0,72	0,12	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	2,23	5,06	2,40
2620029	0,01	0,01	0,06	0,46	0,13	0,09	0,06	0,01	0,02	0,13	0,01	0,01	0,00	0,11	0,23	0,10
2620030	2,00	12,88	4,04	0,72	0,18	0,18	0,18	0,18	0,36	0,66	0,18	0,18	0,00	0,29	1,77	1,26
2620031	0,48	3,20	0,99	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03	0,00	0,06	0,34	0,27
2620032	0,36	2,43	1,19	0,56	0,87	1,53	2,96	2,39	4,12	0,39	1,78	2,23	0,00	0,33	0,87	1,89
2620033	0,51	3,23	1,09	0,73	0,24	0,18	0,13	0,05	0,10	0,23	0,05	0,05	0,00	0,23	0,74	0,44
2620034	0,12	0,82	0,73	0,69	0,23	0,58	0,80	1,98	3,06	0,34	1,62	2,32	0,00	0,28	0,71	1,27

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2620035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,06	0,01
2620036	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620037	0,00	0,10	17,40	0,40	1,70	1,50	3,90	5,40	9,40	0,00	0,00	1,10	0,00	1,50	2,70	3,21
2620038	1,29	1,29	13,50	96,08	120,8 5	102,69	118,29	102,0 9	196,9 8	7,20	94,80	92,40	0,09	65,19	117,53	99,40
2620039	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620040	0,04	0,04	0,06	0,56	0,12	0,10	0,06	0,04	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,31	0,12
2620041	0,49	3,21	1,02	0,26	0,09	0,07	0,06	0,03	0,06	0,09	0,03	0,03	0,00	0,11	0,46	0,32
2620042	0,49	3,21	1,00	0,04	0,04	0,04	0,09	0,34	0,70	0,04	0,28	0,35	0,00	0,09	0,42	0,44
2620043	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620044	16,91	22,21	0,55	0,53	3,54	3,11	7,85	10,81	18,81	0,00	0,00	2,20	0,01	4,37	8,36	6,84
2620045	0,02	0,02	0,07	0,37	0,17	0,20	0,32	0,02	0,05	1,22	0,02	0,02	0,00	0,05	0,17	0,19
2620046	18,95	29,55	3,57	4,86	4,78	3,98	8,26	10,94	22,68	1,54	2,74	2,34	0,00	5,60	11,62	9,41
2620047	16,95	22,25	0,55	0,05	0,05	0,14	0,20	0,72	1,09	0,00	0,00	0,00	0,22	2,18	4,78	2,55
2620048	0,23	2,19	1,82	0,21	0,21	0,83	1,21	4,07	5,60	0,00	0,00	0,00	0,78	0,31	0,54	1,51
2620049	0,10	0,10	0,15	1,14	0,27	0,23	0,15	0,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,12	0,18	0,71	0,28
2620050	19,88	24,05	3,03	7,05	1,40	1,59	1,52	0,75	0,92	7,33	0,56	0,81	0,00	4,19	10,47	4,80
2620051	0,09	0,09	0,10	0,75	0,12	0,11	0,21	0,69	1,43	0,59	0,57	0,71	0,00	0,17	0,63	0,55

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2620052	4,33	4,70	4,05	1,14	0,43	0,41	0,50	0,97	2,00	0,91	0,85	0,99	0,00	0,94	3,13	1,59
2620053	0,96	6,41	1,98	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,11	0,06	0,06	0,06	0,00	0,11	0,68	0,54
2620054	17,02	22,32	0,63	0,99	0,16	0,15	0,17	0,65	1,35	0,00	0,00	0,00	0,41	2,29	5,35	2,76
2620055	0,09	0,09	0,16	3,26	17,65	14,60	17,98	19,30	37,81	1,44	17,81	17,97	0,00	8,23	12,19	15,32
2620056	37,37	52,41	10,60	39,17	7,29	7,28	6,67	0,66	0,72	41,49	0,06	0,06	0,00	14,14	35,94	15,51
2620057	17,00	22,30	0,60	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20	2,20	5,00	2,41
2620058	1,39	0,13	0,49	1,21	0,56	0,46	0,26	0,13	0,26	0,00	0,00	0,00	0,13	0,45	1,33	0,46
2620059	16,91	22,53	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	4,62	2,31
2620060	0,47	3,16	2,33	0,15	0,21	0,34	0,65	0,56	0,97	0,00	0,00	0,00	0,04	0,13	0,46	0,60
2620061	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620062	0,10	0,10	0,10	2,16	8,80	7,30	8,80	8,50	16,49	0,60	7,90	7,70	0,11	4,00	6,15	7,10
2620063	0,11	0,11	1,14	8,16	10,12	8,60	9,94	8,51	16,43	0,60	7,90	7,70	0,01	5,45	9,85	8,32
2620064	17,13	23,77	1,65	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	2,13	4,77	2,44
2620065	0,10	0,10	0,15	1,14	0,27	0,23	0,15	0,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,12	0,18	0,71	0,28
2620066	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,09	0,03
2620067	0,95	0,95	8,99	63,48	80,52	68,95	80,04	69,97	134,1 1	4,80	63,20	61,60	0,15	43,49	78,35	66,82
2620068	0,98	1,98	2,84	7,26	3,40	3,70	6,12	8,66	13,60	0,00	0,00	1,10	0,51	3,02	6,87	4,90

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2620069	0,00	0,00	0,03	0,23	0,07	0,05	0,03	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,12	0,05
2620070	36,07	45,67	1,74	1,38	0,43	0,38	0,44	0,87	1,80	0,90	0,75	0,89	0,00	4,85	11,74	5,63
2620071	17,96	22,76	0,79	0,29	0,12	0,10	0,09	0,06	0,12	0,12	0,06	0,06	0,00	2,31	5,39	2,50
2620072	0,01	0,36	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04
2620073	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620074	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,22	0,27	0,51	0,53	0,02	0,42	0,66	0,00	0,02	0,04	0,26
2620075	18,23	23,03	3,27	13,61	2,63	3,19	3,10	1,79	1,93	14,14	1,33	2,06	0,00	5,61	14,03	6,73
2620076	0,12	0,12	0,17	0,92	3,82	3,94	8,96	12,46	24,58	0,56	3,93	4,13	0,00	2,46	4,27	6,52
2620077	1,03	0,06	0,13	0,17	0,09	0,08	0,07	0,06	0,12	0,09	0,06	0,06	0,00	0,20	0,57	0,16
2620078	0,07	0,07	0,40	1,11	0,42	0,56	0,23	0,07	0,14	0,00	0,00	0,00	0,07	0,24	0,71	0,31
2620079	0,02	0,02	0,06	0,50	0,12	0,09	0,06	0,02	0,05	0,23	0,02	0,02	0,00	0,10	0,28	0,12
2620080	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620081	0,01	0,37	0,32	0,23	0,07	0,05	0,03	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,00	0,06	0,14	0,09
2620082	0,33	0,33	3,83	21,23	4,10	3,95	3,53	0,33	0,36	21,18	0,03	0,03	0,00	5,21	13,47	5,48
2620083	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,22	0,31	0,84	0,93	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,23
2620084	0,14	0,14	0,14	1,36	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,82	0,30
2620085	0,06	0,06	0,06	0,11	0,78	1,44	2,88	2,32	3,98	0,06	1,72	2,16	0,00	0,22	0,33	1,56
2620086	18,08	22,98	24,37	1,54	1,02	2,10	3,16	2,44	4,22	1,21	1,84	2,28	0,00	3,04	7,13	5,60

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2620087	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620088	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620089	17,06	22,36	0,66	0,93	0,16	0,16	0,16	0,16	0,32	0,00	0,00	0,00	0,24	2,26	5,42	2,57
2620090	0,03	0,03	0,06	0,26	0,10	0,08	0,17	0,64	1,32	0,09	0,51	0,65	0,00	0,14	0,33	0,42
2620091	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620092	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620093	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620094	0,60	4,27	3,23	0,16	0,16	0,43	0,56	1,36	1,58	0,00	0,00	0,00	0,21	0,19	0,68	0,85
2620095	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620096	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2620097	0,45	3,15	2,30	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,34	0,33
2620098	0,20	0,20	0,26	0,94	3,81	3,81	8,73	12,99	21,30	0,00	0,00	2,20	0,27	2,50	4,28	5,29
2620099	52,53	73,03	6,41	0,52	0,57	0,82	1,44	1,48	2,71	0,00	0,00	0,00	0,36	6,79	15,44	8,34
2620100	0,02	0,02	0,18	1,38	0,40	0,28	0,18	0,02	0,05	0,38	0,02	0,02	0,00	0,32	0,70	0,31
2630017	0,07	1,49	1,35	1,40	0,42	0,30	0,25	0,35	0,72	0,41	0,28	0,36	0,00	0,37	0,87	0,63
2630028	1,05	6,50	2,09	0,26	0,18	0,96	1,14	2,09	2,24	0,18	1,74	2,71	0,00	0,23	0,91	1,61
2630039	0,04	0,74	0,61	0,15	0,23	0,39	0,74	0,59	1,01	0,05	0,44	0,55	0,00	0,09	0,19	0,49
2630045	0,19	0,19	0,30	1,10	0,44	1,16	1,27	2,14	2,34	0,43	1,79	2,76	0,00	0,39	1,08	1,36

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2630052	0,06	0,06	0,09	0,28	0,64	1,18	2,47	2,11	3,66	0,00	0,00	0,00	0,06	0,27	0,38	1,02
2630063	53,71	68,11	2,16	0,46	0,13	0,09	0,06	0,01	0,02	0,13	0,01	0,01	0,00	6,71	15,23	7,24
2630074	1,14	7,87	5,77	0,29	0,16	0,14	0,10	0,07	0,15	0,00	0,00	0,00	0,07	0,19	0,96	0,87
2630080	0,15	0,80	0,80	1,27	0,53	0,79	0,79	1,74	1,96	0,00	0,00	0,00	0,15	0,33	0,75	0,80
2630091	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630105	0,05	0,05	0,06	0,15	0,09	0,08	0,06	0,05	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09	0,07	0,23	0,08
2630116	0,10	0,81	0,66	0,09	0,09	0,09	0,51	2,50	5,20	0,09	2,00	2,57	0,00	0,30	0,74	1,49
2630127	16,91	22,21	0,51	0,01	0,14	0,28	0,61	0,53	0,91	0,00	0,00	0,00	0,01	2,16	4,67	2,52
2630138	0,02	0,02	0,05	0,50	0,15	0,12	0,25	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,20	0,13
2630149	0,86	3,24	2,45	0,74	0,12	0,12	0,12	0,12	0,25	0,00	0,00	0,00	0,12	0,18	0,95	0,54
2630153	1,45	0,19	0,53	1,05	0,53	0,45	0,33	0,72	1,50	0,00	0,00	0,00	0,52	0,52	1,54	0,72
2630164	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630170	0,05	0,05	0,05	0,35	0,17	0,31	0,64	0,56	0,98	0,00	0,00	0,00	0,05	0,09	0,27	0,32
2630181	18,23	24,39	1,37	0,92	0,68	0,94	1,60	1,23	2,14	0,31	0,93	1,15	0,00	2,57	5,96	3,53
2630192	0,26	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	0,13	0,03
2630209	0,01	0,01	0,09	0,66	0,27	0,21	0,09	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,32	0,15
2630215	0,47	3,16	2,42	0,91	0,39	0,31	0,15	0,04	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,24	0,76	0,52
2630226	1,44	9,52	7,00	1,12	0,27	0,25	0,29	0,17	0,33	0,00	0,00	0,00	0,17	0,28	1,58	1,22

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2630237	0,01	0,01	0,09	0,76	1,97	1,71	3,99	5,41	9,42	0,00	0,00	1,10	0,01	1,24	2,12	2,39
2630248	0,05	0,05	0,10	0,48	0,22	0,18	0,10	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,14	0,39	0,16
2630254	0,06	0,06	0,06	0,11	0,78	1,44	2,88	2,32	3,98	0,06	1,72	2,16	0,00	0,22	0,33	1,56
2630260	0,44	2,32	0,83	0,52	0,17	0,14	0,27	0,04	0,09	0,02	0,02	0,02	0,02	0,11	0,48	0,33
2630271	0,02	0,02	0,15	1,10	0,45	0,35	0,15	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,23	0,53	0,24
2630282	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630293	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,11	0,03
2630308	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630319	0,08	0,79	0,71	0,74	1,98	1,98	4,49	6,25	12,45	1,42	2,00	2,12	0,00	1,27	2,26	3,46
2630336	18,51	23,31	7,96	39,46	7,33	7,29	6,66	0,61	0,62	41,53	0,01	0,01	0,00	11,91	30,43	12,67
2630347	0,01	0,01	0,03	0,13	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,00	0,04	0,11	0,04
2630350	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630361	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,44	0,53	1,02	1,06	0,04	0,84	1,33	0,00	0,04	0,09	0,52
2630372	0,84	5,63	2,16	0,55	0,14	0,54	0,63	1,12	1,26	0,50	0,94	1,43	0,00	0,19	0,95	1,13
2630383	17,00	22,30	0,71	1,37	0,48	0,39	0,21	0,10	0,19	0,00	0,00	0,00	0,14	2,39	5,46	2,63
2630394	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630407	0,70	0,70	7,70	54,60	70,00	59,50	68,60	59,50	114,8 0	4,20	55,30	53,90	0,00	37,80	67,90	57,65

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augenlinse</b>	<b>Schild-drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magenwand</b>	<b>Dünndarm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochenmark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2630418	0,34	0,34	1,34	8,04	10,24	9,19	10,71	10,74	18,99	0,60	7,90	7,70	0,37	5,64	10,34	8,99
2630429	0,42	1,73	1,69	2,54	2,80	3,77	6,51	11,79	16,53	0,00	0,00	1,10	0,41	1,84	3,25	4,57
2630435	0,39	0,15	0,31	1,67	2,27	2,48	5,08	6,52	12,47	2,99	2,25	2,53	0,00	1,43	2,80	3,84
2630446	0,02	0,02	0,12	0,92	0,26	0,18	0,12	0,02	0,03	0,26	0,02	0,02	0,00	0,22	0,46	0,21
2630451	0,18	0,18	0,28	1,40	4,05	4,06	9,21	13,09	21,73	0,00	0,00	2,20	0,22	2,59	4,46	5,48
2630462	0,15	0,15	1,24	7,61	1,65	1,58	1,24	0,15	0,20	0,00	0,00	0,00	0,05	1,70	4,68	1,59
2630473	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630484	1,02	3,26	1,07	1,52	8,78	7,28	8,84	8,78	17,09	0,80	8,22	8,09	0,00	4,09	6,38	7,45
2630490	0,04	0,04	0,30	2,20	0,90	0,70	0,30	0,04	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,46	1,06	0,48
2630500	1,87	0,30	0,62	1,59	0,39	0,37	0,40	1,36	2,83	0,00	0,00	0,00	0,87	0,59	2,10	1,09
2630511	0,03	0,03	0,08	0,48	0,15	0,31	0,33	0,52	0,55	0,15	0,43	0,67	0,00	0,13	0,28	0,36
2630522	0,26	1,97	0,82	0,25	0,08	0,06	0,05	0,02	0,04	0,08	0,02	0,02	0,00	0,09	0,31	0,22
2630533	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,09	0,03
2630544	89,60	113,60	4,70	6,50	1,20	1,20	1,10	0,10	0,10	6,90	0,00	0,00	0,00	12,60	29,20	13,59
2630558	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630569	17,97	22,77	0,89	1,35	4,47	4,65	10,62	13,14	26,42	0,54	4,33	4,38	0,00	4,86	9,45	9,59
2630575	0,27	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,08	0,32	0,67	0,02	0,26	0,33	0,00	0,08	0,21	0,21
2630586	0,02	0,02	0,02	0,15	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,14	0,02	0,02	0,00	0,02	0,10	0,04

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augenlinse</b>	<b>Schild-drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magenwand</b>	<b>Dünn-darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen-mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2630597	0,06	0,06	0,06	0,41	3,46	3,24	8,13	11,66	19,76	0,00	0,00	2,20	0,06	2,26	3,75	4,75
2630601	0,07	0,07	0,13	0,51	0,25	0,21	0,13	0,07	0,15	0,00	0,00	0,00	0,14	0,16	0,48	0,19
2630612	0,05	0,05	0,13	0,71	0,28	0,31	0,50	0,05	0,11	1,96	0,05	0,05	0,00	0,09	0,36	0,33
2630623	3,01	19,16	14,09	0,67	2,28	4,56	9,34	9,22	15,00	0,00	0,00	0,00	0,46	1,24	3,20	5,89
2630634	0,31	0,31	0,37	3,21	0,44	0,40	0,37	0,31	0,63	2,58	0,31	0,31	0,00	0,41	2,07	0,89
2630640	38,38	47,17	2,19	0,32	0,18	0,18	0,18	0,18	0,36	0,30	0,18	0,18	0,00	4,85	11,53	5,27
2630657	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630668	0,09	0,09	0,66	6,14	10,68	8,74	9,36	8,49	16,48	0,60	7,90	7,70	0,09	4,91	7,93	7,96
2630679	0,02	0,02	0,03	1,42	8,88	7,51	9,32	8,93	17,22	0,60	7,90	7,70	0,02	3,98	5,72	7,16
2630685	18,43	22,75	0,78	0,15	1,75	1,55	3,85	5,45	11,30	0,15	1,35	1,15	0,00	3,41	7,17	5,19
2630696	0,48	3,21	1,01	0,14	0,06	0,05	0,04	0,03	0,06	0,06	0,03	0,03	0,00	0,08	0,40	0,30
2630702	17,07	22,37	0,84	1,57	1,23	2,01	3,25	3,81	5,57	0,00	0,00	0,00	0,17	2,71	5,65	4,03
2630713	0,00	0,00	0,03	0,22	0,09	0,07	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,11	0,05
2630724	0,07	0,42	0,37	0,33	1,83	2,04	4,50	6,43	12,29	0,76	2,16	2,44	0,00	1,17	2,00	3,37
2630730	0,00	0,00	0,00	0,10	1,70	1,50	3,80	5,40	11,20	0,10	1,30	1,10	0,00	1,10	1,80	2,71
2630741	16,90	22,20	0,52	0,11	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,12	4,65	2,30
2630756	0,56	3,28	1,23	1,52	1,20	1,74	3,09	2,38	4,09	0,47	1,77	2,21	0,00	0,60	1,37	2,14
2630767	0,63	0,97	0,91	0,92	0,81	1,99	3,62	5,15	7,12	0,00	0,00	0,00	0,31	0,50	1,07	2,06

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<b>Effektive Dosis</b>
2630778	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,28	0,61	0,53	0,91	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,07	0,24
2630789	0,01	0,36	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04
2630795	2,29	0,73	1,18	2,61	9,94	9,33	12,13	12,44	22,33	0,60	7,90	7,70	0,46	4,80	7,90	8,98
2630803	0,57	0,09	0,27	1,46	0,64	0,69	0,95	0,66	1,14	0,45	0,50	0,61	0,00	0,49	1,15	0,80
2630814	35,80	45,40	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	10,00	4,76
2630820	0,00	0,00	0,02	0,12	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03
2630831	0,06	0,06	0,06	0,21	0,06	0,24	0,33	0,86	0,96	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,15	0,27
2630842	0,57	3,26	2,42	0,25	0,18	0,53	0,69	1,74	1,96	0,00	0,00	0,00	0,16	0,19	0,57	0,84
2630855	17,59	22,26	0,69	0,17	0,10	0,09	0,07	0,06	0,12	0,00	0,00	0,00	0,06	2,24	5,05	2,41
2630866	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630877	0,01	0,01	0,01	0,03	0,19	0,36	0,72	0,58	1,00	0,01	0,43	0,54	0,00	0,06	0,08	0,39
2630888	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630899	0,04	1,46	1,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,10	0,15
2630904	18,05	22,85	0,85	0,40	1,59	2,92	5,85	4,99	8,67	0,27	3,71	4,67	0,00	2,70	5,90	5,72
2630910	0,99	6,38	4,69	0,38	0,20	0,19	0,40	2,27	4,74	0,00	0,00	0,00	1,28	0,42	1,35	1,72
2630921	16,95	22,25	0,56	0,15	0,09	0,08	0,06	0,05	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09	2,17	4,83	2,36
2630932	0,02	0,73	0,58	1,31	8,71	7,21	8,71	8,41	16,31	0,61	7,91	7,71	0,00	3,91	5,65	6,96
2630943	0,07	0,07	0,10	0,46	0,49	1,00	1,75	1,69	2,57	0,25	1,30	1,77	0,00	0,20	0,43	1,13

<b>Id_nr</b>	<b>Gehirn</b>	<b>Augen- linse</b>	<b>Schild- drüse</b>	<b>Lunge</b>	<b>Milz</b>	<b>Pankreas</b>	<b>Magen- wand</b>	<b>Dünn- darm</b>	<b>Kolon</b>	<b>Brust</b>	<b>Ovarien</b>	<b>Uterus</b>	<b>Hoden</b>	<b>Rotes Knochen- chen- mark</b>	<b>Skelett</b>	<i>Effektive Dosis</i>
2630959	16,92	22,22	0,55	0,39	0,11	0,09	0,05	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	2,16	4,81	2,36
2630965	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2630976	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2633517	1,48	6,44	2,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,17	0,08	0,08	0,08	0,00	0,20	0,94	0,61
2633528	0,41	0,21	34,81	0,61	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,81	1,84	1,97
2633530	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



# | Verantwortung für Mensch und Umwelt |

**Kontakt:**

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 30 18333 - 0

Telefax: + 49 30 18333 - 1885

Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



**Bundesamt für Strahlenschutz**