

Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung durch Röntgendiagnostik 2018

J. Bize¹, R. LeCoultré², A. Viry¹, F.R. Verdun¹

¹Institut de radiophysique, CHUV, Lausanne

²Haute Ecole de Santé Vaud (HESAV), Lausanne

Zusammenfassung

Die Überwachung der Strahlenexposition der Bevölkerung, welche durch medizinische Bildgebungsverfahren mit Röntgenstrahlen verursacht wird, ist sowohl auf europäischer Ebene (EURATOM 2013/59) als auch in der Schweiz (StSV) gesetzlich verpflichtend. Um diese Anforderungen zu erfüllen, führt das Bundesamt für Gesundheit (BAG) alle zehn Jahre eine umfassende Studie zur Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen effektiven Dosis pro Kopf durch. Dies mit dem Ziel, die Schweizer Praxis mit der anderer Länder zu vergleichen und die Schwerpunkte im Strahlenschutz zu priorisieren. Die letzte grosse Erhebung wurde im Jahr 2008 durchgeführt und zeigte, dass die durchschnittliche jährliche effektive Dosis 1,2 mSv pro Kopf betrug. Zudem wurde im Jahr 2013 eine Zwischenerhebung mit einer kleineren schweizerischen Stichprobe durchgeführt auf beruhende. Die damals festgestellte jährliche effektive Dosis betrug 1,42 mSv. In vorliegendem Bericht sollen die Ergebnisse der Erhebung für das Jahr 2018 vorgestellt werden.

Die in diesem Bericht vorgestellte Analyse befasst sich mit:

- dem Beitrag der verschiedenen Modalitäten der radiologischen Bildgebung (Radiografie, diagnostische Mammografie und Mammografie Screening, zahnärztliche Röntgenaufnahmen, Computertomografie (CT), konventionelle und interventionelle Durchleuchtung (Diagnostik und Therapie)) sowie dem Beitrag der Nuklearmedizin zur jährlichen effektiven Pro-Kopf Dosis im Jahr 2018;
- der Verteilung der dosisintensiven Untersuchungen nach Geschlecht und Alter der Patientinnen und Patienten.

Für diese Studie musste die Anzahl der durchgeführten Untersuchungen sowie ihre mittlere effektive Dosis bestimmt werden.

Die nationale Häufigkeit der verschiedenen Untersuchungen (wobei im Rahmen einer Untersuchung möglicherweise mehrere Aufnahmen angefertigt werden oder mehrere CT-Durchgänge erforderlich sind) wurde basierend auf unterschiedliche Quellen abgeschätzt:

- Die für die Fakturierung verwendeten «TARMED»-Identifikationscodes praktisch aller Praxen und medizinischen Einrichtungen des Kantons Waadt, welche über Röntgenanlagen verfügen. Die Waadt diente als «Pilotkanton» für die Abschätzung der nationalen Häufigkeiten von Röntgen- und CT-Untersuchungen.
- Die für die Fakturierung verwendeten «TARMED»-Identifikationscodes von fünf der sechs grössten Schweizer Spitäler zur Abschätzung der nationalen Praxis der Durchleuchtung, mit Ausnahme der Koronarangiographie (KA) und der Koronarangioplastie (PTCA), sowie zur Konsolidierung der nationalen Häufigkeit von Computertomografien.
- Die Befragung von Allgemeinmedizinern, Chiropraktikern, Radiologen (öffentliche Spitäler und Privatkliniken), Zahnärzten und Nuklearmedizinern mittels Fragebögen, die per Post verschickt wurden und online auf der Webseite www.raddose.ch zur Verfügung stehen, zur Abschätzung der nationalen Häufigkeiten von diagnostischen Mammografien, zahnmedizinischen radiologischen Untersuchungen und nuklearmedizinischen Verfahren sowie zur Konsolidierung der nationalen Häufigkeiten von Untersuchungen mittels konventioneller Röntgenaufnahmen, die anhand von TARMED berechnet wurden.
- Die neusten veröffentlichten Berichte von medizinischen Fachgesellschaften, die sich mit der klinischen Praxis befassen, zur Bestimmung der nationalen Häufigkeiten von Mammografie Screening und interventionellen kardiologischen Untersuchungen.

Die durchschnittliche Dosis pro Untersuchung wurde basierend auf punktuellen schweizerischen Erhebungen des BAG, sowie mit Hilfe von Daten aus der Fachliteratur abgeschätzt. Die Validierung der CT-Dosen erfolgte basierend auf Daten zur unterschiedlichen klinischen Praxis in den Kantonen Waadt und Basel, welche mittels Radimetrics und DoseWatch erfasst wurden. Dabei handelt es sich um Programme zur automatischen Dosisermittlung (DACS – «Dose archiving and communication system»).

Die Auswertung der Daten hat aufgezeigt, dass im Jahr 2018 in der Schweiz rund 10,5 Millionen radiologische Untersuchungen durchgeführt wurden, d. h. etwa 1'229 je 1000 Einwohnerinnen und Einwohnern. Diese verursachen eine jährliche effektive Dosis von 1,49 mSv pro Kopf resp. 1,38 mSv pro Kopf, ohne den Beitrag der nuklearmedizinischen Bildgebung (inkl. CT-Akquisitionen).

Die am häufigsten eingesetzten Modalitäten waren mit einer Häufigkeit von jeweils 48 Prozent, 36 Prozent und 11 Prozent die zahnärztlichen Röntgenaufnahmen, konventionelle Röntgenaufnahmen und die Computertomografie. Die drei Modalitäten, welche am meisten zur Strahlenexposition der Bevölkerung beigetragen haben, waren die Computertomografie, die konventionellen Röntgenaufnahmen und die interventionelle diagnostische Radiologie, mit und ohne kardiologische Untersuchungen. Ihr Beitrag belief sich dabei auf jeweils 69 Prozent, 10 Prozent und 8 Prozent.

Während die Häufigkeit der CT Untersuchungen zwischen 2013 und 2018 um 15 Prozent angestiegen ist, ist die durchschnittliche effektive Dosis pro Untersuchung gesunken, wodurch die durchschnittliche jährliche effektive Dosis mit etwa 1,0 mSv pro Kopf stabil geblieben ist. Die Anzahl der konventionellen Röntgenaufnahmen und der konventionellen Durchleuchtungen ist gesunken.

Das Auswerten der Abrechnungs-codes von «TARMED», welche teilweise als wirtschaftlich «sensible» Daten betrachtet werden mussten, erlaubte eine detailliertere Aufschlüsselung der Verteilung einzelner Untersuchungen:

Die Daten zur konventionellen Radiographie zeigen, dass diese bei Männern (456 Untersuchungen pro 1000 Männer) etwas häufiger zur Anwendung kommt als bei Frauen (423 Untersuchungen pro 1000 Frauen). Diese radiologische Modalität wird am häufigsten bei Patienten im Alter zwischen 70 und 74 Jahren eingesetzt, wobei bei dieser Altersgruppe im Durchschnitt 38 Untersuchungen pro 1000 Schweizerinnen und 37 Untersuchungen pro 1000 Schweizer erfolgen. Die Extremitäten sind der am meisten untersuchte anatomische Bereich, gefolgt vom Thorax, wobei die entsprechenden Zahlen seit 2013 bei Frauen um 44 Prozent und bei Männern um 38 Prozent gesunken sind.

Die Daten zur Computertomographie zeigen ebenfalls, dass diese Untersuchungen bei Männern (172 Untersuchungen pro 1000 Männer) etwas häufiger durchgeführt werden als bei Frauen (148 Untersuchungen pro 1000 Frauen). Auch diese Modalität wird am häufigsten bei Patienten im Alter zwischen 70 und 74 Jahren durchgeführt, wobei jeweils 18 Untersuchungen pro 1000 Schweizerinnen und 22 Untersuchungen pro 1000 Schweizer vorgenommen wurden. Bei den Computertomographien überwiegen diejenigen der Abdomen-Becken-Region, gefolgt von jenen des Thorax und des Neurokraniums.

Zusammenfassend zeigt die aktualisierte Studie, dass die Strahlenexposition der Bevölkerung durch die medizinische Bildgebung, die im Jahr 2013 1,42 mSv betrug, 2018 bei etwa 1,38 mSv lag bzw. unter Einbezug der hybriden SPECT/CT- und PET/CT-Techniken der Nuklearmedizin bei 1,49 mSv.

Executive summary

Monitoring the exposure of the population by medical imaging using X-rays is a legal requirement both at European level (EURATOM 2013/59) and at Swiss level (ORaP). To meet this requirement, the Federal Office of Public Health (FOPH) organizes an extensive survey every ten years to monitor the evolution of the average annual effective dose per inhabitant in order to compare Swiss practice with other countries and to prioritize its actions in the field of radiation protection. The last major survey took place in 2008 leading to an average annual effective dose of 1.2 mSv per inhabitant. Another survey involving a smaller sample was also conducted in 2013. The average annual effective dose obtained was then 1.42 mSv. The purpose of this report is to present the results of the extensive survey analyzing the practice of the year 2018.

This report presents:

- The contribution of the different X-ray imaging modalities: radiography, diagnostic and screening mammography, dental radiology, computed tomography, conventional and interventional (diagnostic and therapeutic) radioscopy, and simultaneously, the contribution of nuclear medicine to the effective dose delivered in 2018;
- The analysis of the distribution of the most irradiating examinations according to the gender and age of patients.

In order to carry out this survey, it is necessary to determine, on the one hand, the frequency of examinations and, on the other hand, the average effective dose delivered per examination.

The national frequency of the different sessions (which may require several x-rays or CT scans during a radiological consultation) has been estimated from various sources:

- The "TARMED" billing codes of almost all medical practices and centers with radiological installations in the canton of Vaud; "pilot" canton for the estimation of national frequencies for radiography and CT scans.
- The "TARMED" billing codes of five of the six large Swiss hospitals for the estimation of the national practice of radioscopy, with the exception of angiography (CA) and coronary angioplasty (PTCA) sessions.
- The responses from general practitioners, chiropractors, radiology departments, private clinics, dentists and nuclear medicine physicians, via questionnaires sent by mail and available online at www.raddose.ch, to estimate national frequencies of diagnostic mammography, dental radiology and nuclear medicine sessions, and to confirm the national frequencies of conventional radiography and CT scan sessions calculated with TARMED.
- The two recent reports published by medical societies that follow the clinical practice to determine national frequencies for screening mammography and interventional cardiac radioscopy.

The average dose per examination was estimated based on small surveys organized in Switzerland by the FOPH, as well as using data from the literature. A validation of the average doses for CT scans was carried out based on data collected from various practices in the cantons of Vaud and Basel, using the automatic dose collection software (DACS - "Dose archiving and communication system") Radimetrics and DoseWatch.

The analysis of the data shows that in 2018, the number of examinations carried out in Switzerland has been around 10.5 million, i.e. some 1,229 radiological examinations per 1,000 inhabitants.

These examinations deliver an annual effective dose per inhabitant of 1.49 mSv, or 1.38 mSv when excluding the contribution of nuclear medicine imaging which includes the associated CT acquisitions.

Dental radiology, radiography and computed tomography remain the most commonly used modalities with the frequencies of 48 %, 36 % and 11 % respectively. The three modalities contributing the most to population exposure are respectively computed tomography, radiography and interventional radiology for diagnostic purposes - whether cardiac or not - with the following respective percentages: 69 %, 10 % and 8 %.

If the frequency of CT scan sessions increased by 15 % between 2013 and 2018, the average effective dose per scan has decreased, maintaining an average annual effective dose per scan of about 1.0 mSv per inhabitant. The number of conventional radiography and radiology sessions has decreased from 2013 to 2018.

Obtaining "TARMED" billing codes, sometimes considered as "a sensitive issue" due to their economic aspect, has allowed an analysis on the distribution of exposure:

Concerning the conventional radiography, it appears that men benefit a little more than women do, since there are 423 sessions per 1000 women against 456 per 1000 men. Patients aged from 70 to 74 years are the most frequent users of this radiological modality with, for this age group, on average, 38 sessions per 1000 Swiss women and 37 sessions per 1000 Swiss men. The limbs are the most investigated anatomical region, followed by the chest, which has been reduced by 44 % in women and 38 % in men since 2013.

Concerning the CT, here again it appears that men benefit slightly more than women do, with 148 sessions per 1,000 women compared to 172 per 1,000 men. Swiss women aged from 70 to 74 also benefit most from this modality, with 18 CT sessions per 1000 women and 22 CT sessions per 1000 men respectively. CTs in the abdominal-pelvic region are predominant, followed by the chest and the head.

In conclusion, the updated assessment of population exposure through medical imaging shows that the exposure of the population has evolved from 1.42 mSv in 2013 to about 1.38 mSv in 2018, or 1.49 mSv when including the contribution of the nuclear medicine practice (with its hybrid techniques SPECT/CT and PET/CT).

Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) finanziert.

Ohne die Unterstützung der medizinischen Fachgesellschaften wäre es nicht möglich gewesen, die hier erreichten Rücklaufquoten zu erzielen. Besonderer Dank gebührt den Schweizerischen Gesellschaft für Radiologie (SGR) (insbesondere den Mitgliedern des SGR Vorstands für ihre Unterstützung und ihr Vertrauen) und der Schweizerischen Gesellschaft für Nuklearmedizin (SGNM).

Wir möchten auch denjenigen Zentren danken, die sich bereit erklärt haben, uns ihre TARMED-Daten zur Verfügung zu stellen, mit denen wir die Verteilung der Exposition nach Alter und Geschlecht der Patienten bestimmen konnten.

Schliesslich möchten wir Barbara Ott, Philipp Trueb und Reto Treier vom BAG für ihre Unterstützung bei der Datenbeschaffung und für die Diskussionen, die zu den hier vorgestellten Ergebnissen geführt haben, danken.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Executive summary	4
Danksagung	6
Inhaltsverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
1 Einleitung	10
2 Bestimmung der Häufigkeit radiologischer Verfahren	11
2.1 Bezeichnungen der Verfahren	11
2.2 Untersuchte Modalitäten	11
2.3 Datenquellen	12
2.3.1 Erfassung der TARMED-Codes	12
2.3.1.1 Einheitlicher Arzttarif	12
2.3.1.2 Stärke des Ansatzes	12
2.3.1.3 Schwächen des Ansatzes	12
2.3.1.4 Kontrolle der Zuverlässigkeit der TARMED-Informationen	13
2.3.1.5 Aufschlüsselung der erhobenen TARMED-Daten	13
2.3.1.6 TARMED-Abdeckung im Kanton Waadt	14
2.3.2 Fragebögen und die RADdose-Plattform	15
2.3.2.1 Kontaktierte Fachpersonen	15
2.3.2.2 Kontaktaufnahme per Post	15
2.3.2.3 Erwartete Daten	16
2.3.2.4 Besonderheiten bei der Nuklearmedizin	17
2.3.2.5 Schwächen der RADdose-Erhebung	18
2.3.3 Kardiologische Jahresberichte (Schweiz)	18
2.3.4 Fédération pour le dépistage du cancer du sein	18
2.4 Methodik der Datenverarbeitung für die nationale Projektion	18
2.4.1 Verwendung der Waadtländer TARMED-Häufigkeiten	18
2.4.2 Verwendung der TARMED-Häufigkeiten der sechs grossen Schweizer Spitäler	20
2.4.2.1 Projektion der konventionellen Durchleuchtung	20
2.4.2.2 Projektion der interventionellen Radiologie	21
2.4.3 Verwendung der RADdose-Häufigkeiten	22
2.4.4 Vergleich der Projektionsmethoden	22
2.4.5 Robustheit der Häufigkeiten	22
3 Bestimmung der Dosen der verschiedenen radiologischen Modalitäten	24

3.1	Effektive Dosis [mSv]	24
3.2	Bestimmung der durchschnittlichen effektiven Dosis der einzelnen radiologischen Modalitäten	24
3.2.1	Spezifität für die Nuklearmedizin.....	24
3.2.2	Spezifität für die Computertomografie.....	25
4	Ergebnisse der Häufigkeiten der Untersuchungen pro radiologischer Modalität.....	27
4.1	Häufigkeiten der konventionellen Röntgenuntersuchungen	27
4.2	Häufigkeiten der Mammografie Untersuchungen	27
4.3	Häufigkeit der zahnärztlichen Röntgenaufnahmen.....	27
4.4	Häufigkeiten der CT Untersuchungen	28
4.5	Häufigkeiten der Durchleuchtungen	29
4.6	Häufigkeit der nuklearmedizinischen Verfahren.....	29
5	Ergebnisse zur Dosis pro radiologische Modalität.....	31
5.1	Dosis der konventionellen Röntgenaufnahmen	31
5.2	Dosis in der Mammografie	31
5.3	Dosis für zahnärztlichen Röntgenaufnahmen	31
5.4	Dosis für die Computertomografie.....	32
5.5	Dosis für Durchleuchtungen	33
5.6	Dosis in der Nuklearmedizin	33
6	Exposition der Schweizer Bevölkerung im Jahr 2018	36
6.1	Allgemeine Beurteilung	36
6.2	Beitrag der verschiedenen Modalitäten zur Häufigkeit sowie zur kollektiven effektiven Dosis	36
6.3	Entwicklung der Exposition der Schweizer Bevölkerung seit 2013 und internationaler Vergleich	38
6.4	Vergleich der durch konventionelle Röntgenaufnahmen und CT Untersuchungen exponierten Bevölkerung mit der Schweizer Wohnbevölkerung im Jahr 2018	39
6.5	Verteilung der Exposition nach Alter, Geschlecht und anatomischem Bereich für konventionelle Röntgenaufnahmen	41
6.6	Verteilung der Exposition nach Alter, Geschlecht und anatomischem Bereich für CT Untersuchungen.....	44
7	Fazit.....	48
	Literaturverzeichnis	49
	Anhänge	51
	Anhang A.....	51
	Anhang B.....	53

Abkürzungsverzeichnis

AG	Kanton Aargau	MRT	Magnetresonanztomographie
AI	Appenzell Innerrhoden	MV	Militärversicherung
IV	Invalidenversicherung	NE	Kanton Neuenburg
AR	Appenzell Ausserrhoden	NM	Nuklearmedizin
BAG	Bundesamt für Gesundheit	NW	Kanton Nidwalden
BE	Kanton Bern	OPG	Orthopantomogramm
BFS	Bundesamt für Statistik	OW	Kanton Obwalden
BL	Kanton Basel-Landschaft	PET	Positronen-Emissions-Tomographie
BS	Basel-Stadt	PTCA	Perkutane transluminale koronare Angioplastie
CBCT	Cone Beam CT	RIS	Radiologieinformationssystem (Radiology information system)
CH	Schweizerische Eidgenossenschaft, Schweiz	RX	Konventionelle Radiographie
CHUV	Centre Hospitalier Universitaire Vaudois in Lausanne	SG	Kanton St. Gallen
CT	Computertomografie	SGR	Schweizerische Gesellschaft für Radiologie
DACS	Dose Archiving and Communication System (Dosiserfassungssystem)	SH	Kanton Schaffhausen
DLP	Dosislängenprodukt [mGy·cm], einer der dosimetrischen CT-Indikatoren	SMN	Swiss Medical Network
DRW	Diagnostische Referenzwerte	SO	Kanton Solothurn
FHV	Fédération des Hôpitaux Vaudois	SPECT	Einzelphotonen- Emissionscomputertomographie
FR	Kanton Freiburg	SVM	Société Vaudoise de Médecine
GE	Kanton Genf	SZ	Kanton Schwyz
GL	Kanton Glarus	TARMED	Einheitlicher Schweizer Ärztetarif
GR	Kanton Graubünden	TI	Kanton Tessin
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission	UV	Obligatorische Unfallversicherung
JU	Kanton Jura	UR	Kanton Uri
KA	Angiografie der Herzkranzgefässe oder Koronarangiographie	US	Universitätsspitäler
KVG	Obligatorische Krankenpflegeversicherung	USB	Universitätsspital Basel
LU	Kanton Luzern	VD	Kanton Waadt
MG	Mammographie	VS	Kanton Wallis
		ZG	Kanton Zug
		ZH	Kanton Zürich

1 Einleitung

Gemäss dem Rat der Europäischen Union sowie der schweizerischen Gesetzgebung muss eine regelmässige Beurteilung der Exposition der Bevölkerung im medizinischen Bereich erfolgen, unter anderem mit dem Ziel, zukünftige Entwicklungen im Bereich der öffentlichen Gesundheit zu steuern (1). In Europa wurde zwischen 2004 und 2011 ein Anstieg der Häufigkeit von radiologischen Untersuchungen mit der höchsten Strahlenbelastung und damit eine Erhöhung der an die Bevölkerung abgegebenen Dosis festgestellt (2). Die Vereinigten Staaten verzeichneten zwischen 2006 und 2016 eine Stabilisierung der medizinischen Exposition ihrer Bevölkerung, was möglicherweise u. a. mit technologischen Fortschritten und Bemühungen im Bereich der Ausbildung von Ärzten im Zusammenhang steht (3).

Wie hat sich die Situation in der Schweiz seit 2013 bzw. 2008, und somit seit der letzten nationalen Zwischenerhebung (4) und der letzten grossen Erhebung (5) entwickelt?

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, die durchschnittliche effektive Dosis, die der Bevölkerung im Jahr 2018 durch medizinische Bildgebung mit ionisierender Strahlung zugeführt wurde, abzuschätzen. Da die radiologischen Risiken auch vom Alter abhängen, wurde ein Teil der Daten verwendet, um die Verteilung der Dosis nach Altersgruppen zu ermitteln.

Wie alle Erhebungen dieser Art wurde auch diese Arbeit unter der Federführung des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) durchgeführt. Der Beitrag jeder radiologischen Modalität, sowohl in Bezug auf die Häufigkeit der Untersuchungen als auch auf die abgegebene Dosis, wird präsentiert. Die gewonnenen Daten erlauben zudem eine eingehende Analyse der Verteilung der Exposition nach Alter und Geschlecht der Patienten. Darüber hinaus wurden in der Schweiz erstmalig die radiologischen Auswirkungen der Nuklearmedizin (NM) zusammen mit anderen Modalitäten untersucht.

2 Bestimmung der Häufigkeit radiologischer Verfahren

2.1 Bezeichnungen der Verfahren

In diesem Bericht wird der Begriff «radiologische Untersuchung» verwendet, um die Häufigkeit, mit der radiologische Verfahren vorgenommen werden, zu bestimmen. Dieser Begriff ist gleichbedeutend mit «Verfahren», der von der Europäischen Kommission definiert wurde als: «eine oder mehrere Röntgenaufnahmen eines anatomischen Bereichs/eines Organs/eines Organsystems unter Verwendung einer einzigen bildgebenden Modalität (d. h. Radiografie/Fluoroskopie oder CT) zur Beantwortung einer spezifischen klinischen Fragestellung im Rahmen eines Besuchs in einem Zentrum, einem Spital oder einer Klinik» (6).

Diese Klarstellung ist besonders wichtig für die Zählung von CT Untersuchungen, da es bei dieser Modalität derzeit üblich ist, mehrere anatomische Bereiche «abzudecken» und mehrfache Serien eines anatomischen Bereichs während desselben Besuchs vorzunehmen.

Zum Beispiel:

Werden im Rahmen einer Mammografie bei einer Patientin vier Bilder angefertigt, wird nur eine Untersuchung gezählt.

Werden bei einem Patienten für ein CT Thorax/Abdomen mehrere Serien des Abdomens durchgeführt, werden zwei Untersuchungen gezählt: eine Computertomographie für den Thorax und eine Computertomographie für das Abdomen, da zwei Bereiche untersucht werden.

2.2 Untersuchte Modalitäten

Die Schweizer Studie für das Jahr 2018 umfasst folgende radiologische Modalitäten:

- Konventionelle Röntgenaufnahmen (RX)
- Mammografie (MG), die zwei Aspekte umfasst:
 - konventionelle Mammografie, die als diagnostische Mammografie bezeichnet wird;
 - Mammografie Screening, für Untersuchungen, die im Rahmen des Brustkrebs-Screenings durchgeführt werden.
- Zahnärztliche Röntgenaufnahmen mit einer spezifischen Unterkategorie für die zunehmende 3D-Bildgebung («Cone Beam CT» oder CBCT).
- Computertomographie (CT).
- Konventionelle Durchleuchtung, die es ermöglicht, kontinuierliche Vorgänge in unterschiedlichen Systemen (Verdauungssystem, Gallensystem, Harnwege, gynäkologische Organe) zu beobachten. Sie umfasst auch die Myelografie und die Arthrografie.
- Interventionelle diagnostische Radiologie, die zwei Aspekte umfasst:
 - kardiologische Untersuchungen, wobei ausschliesslich Koronarangiografien (KA) gezählt werden;
 - übrige Untersuchungen, wobei hier die Angiografien anderer Organe erfasst werden.
- Interventionelle therapeutische Radiologie die zwei Aspekte umfasst:
 - kardiologische Verfahren, wobei ausschliesslich perkutane transluminale koronare Angioplastien (PTCA) gezählt werden;
 - Sonstige Verfahren, wobei hier die übrigen therapeutische Untersuchungen, die auf interventioneller Durchleuchtung basieren, erfasst werden.

- Diagnostische Nuklearmedizin (NM), einschliesslich des Beitrags der CT-Akquisitionen aus Hybridmodalitäten.

2.3 Datenquellen

Die Daten für diese nationale Erhebung stammen aus vier verschiedenen Quellen: Daten, die über die «TARMED»-Abrechnungscodes für die Abrechnung medizinischer Leistungen erfasst wurden, die Ergebnisse der postalischen oder Online-Beantwortung unserer «RADdose»-Fragebögen, die Ergebnisse der letzten Berichte der Schweizerischen Gesellschaft für interventionelle Kardiologie (7) und diejenigen des Verbands Swiss Cancer Screening (8). Dies sind die einzigen Daten, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts verfügbar waren.

2.3.1 Erfassung der TARMED-Codes

2.3.1.1 Einheitlicher Arzttarif

Seit September 2002 gilt in der Schweiz mit «TARMED» ein einheitlicher Arzttarif, der im Rahmen der obligatorischen Unfallversicherung (UV), der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (KVG), der Militärversicherung (MV) und die Invalidenversicherung (IV) zur Anwendung kommt. TARMED wird in Arztpraxen und Spitälern zur Abrechnung ambulanter Leistungen eingesetzt (9). Dieses Abrechnungssystem wird auch als «Einzelleistungsverrechnung» bezeichnet. Fallpauschalen (SwissDRG AG) für stationäre Patienten treten später in Kraft.

Es ist anzumerken, dass «TARMED» regelmässig aktualisiert und angepasst wird und dass alle Entwicklungen im Zusammenhang mit der medizinischen Radiologie in diesem Bericht berücksichtigt worden sind.

2.3.1.2 Stärke des Ansatzes

Die Schweizer Erhebung aus dem Jahr 2013 hat aufgezeigt, dass die Verwendung dieser Daten eine interessante Option zur Bestimmung der Häufigkeit von Untersuchungen darstellen kann. Sie stehen in direktem Zusammenhang mit der Leistung, die von einer radiologischen Abteilung (oder von einem Arzt, der eine Röntgenanlage besitzt) fakturiert wird, und ermöglichen eine saubere Zählung, d. h. eine Zählung ohne nicht durchgeführte Untersuchungen sowie eine Zählung, aller für denselben Patienten realisierten Akquisitionen zusammen. Darüber hinaus bietet diese zwingende «Verknüpfung» der TARMED-Daten mit einem Patienten, die die Grundlage für die Abrechnung darstellt, einen grossen Vorteil, da sie eine genaue Verteilung nach Alter und Geschlecht der in der Radiologie behandelten Patienten ermöglicht. So kann der Anteil der tatsächlich strahlenexponierten Patienten besser erfasst werden.

Dieser Mehrwert der Erfassung von TARMED-Codes ermöglicht es, einen direkten Zusammenhang zwischen der Praxis der bildgebenden Untersuchungen und dem radiologischen Risiko herzustellen. Wie bereits 2013 motivierte dies uns, unbeachtet der damit verbundenen technischen Herausforderung so viele Code-Lieferanten wie möglich zu suchen.

2.3.1.3 Schwächen des Ansatzes

Es bedarf Erfahrung mit der Praxis der medizinischen Bildgebung sowie mit dem TARMED-basierten Abrechnungssystem um Fehler im Zusammenhang mit Einschränkungen oder «Abkürzungen» bei der Anwendung des Systems zu vermeiden, da diese die Verfügbarkeit der benötigten Informationen verhindern könnten. Zu beachten ist zudem, dass die Kodierung für Röntgenuntersuchungen detaillierter ist als die für Computertomographien.

Bei den zahnärztlichen Röntgenaufnahmen sind nur Panoramaaufnahmen (OPG) in TARMED enthalten. Deshalb wurden die Schweizer Zahnärzte mittels Fragebogen befragt (siehe 2.3.2) und die Häufigkeit der intraoralen Röntgenaufnahmen, der OPG und der Cone Beam CT (CBCT)-Aufnahmen auf diese Weise erhoben.

Da die TARMED-Abrechnungen für nuklearmedizinische Untersuchungen nicht ausreichend detailliert sind, wurden auch die Schweizer Nuklearmediziner mittels Fragebogen befragt.

In der Schweiz hat jede Einrichtung ihre eigene Methode der Patientenidentifizierung. Bei Verwendung von TARMED-Daten aus verschiedenen Quellen kann der Anteil der tatsächlich exponierten Bevölkerung daher nicht in Erfahrung gebracht werden. Es ist auch möglich, dass ein Patient im selben Jahr oder sogar im Rahmen derselben Behandlung schweizweit verschiedene Einrichtungen aufsucht. Jede dieser Einrichtungen verfügt über ihren Identifikationsschlüssel und behandelt diesen vertraulich. Da die Anonymität der uns übermittelten Informationen aus Datenschutzgründen gewahrt wird, können wir nicht in Erfahrung bringen, ob ein Patient mehr als eine Einrichtung aufgesucht hat. Im Idealfall würde für eine Erhebung dieser Art ein einziges System zur Patientenidentifizierung sowie Daten für alle in der Schweiz fakturierten TARMED-Leistungen zur Verfügung stehen.

2.3.1.4 Kontrolle der Zuverlässigkeit der TARMED-Informationen

Zur zuverlässigen Auswertung der TARMED-Daten ist die Beherrschung mehrerer Prozesse erforderlich.

Zum einen werden zwingend unbearbeitete TARMED-Daten benötigt, um sowohl auf Daten für ambulante als auch für stationäre Patienten zugreifen zu können (ohne die spezifische Optimierung, die bei der stationären Abrechnung – SwissDRG SA – vorgenommen werden könnte). Diese Daten müssen in dem Zustand erfasst werden, in dem sie beim «Verlassen» der radiologischen Zentren sind, nachdem sie von diesen Zentren überprüft und validiert wurden, und vor allem, bevor sie an einen Dienst oder eine Einrichtung weitergeleitet werden, die für die Rechnungsstellung zuständig ist.

Um sehr konsistente Daten zu erhalten, wurde jeder Code oder jede «Zeile» der TARMED-Informationen mit der Version des TARMED-Katalogs abgeglichen, die dem Ausführungsdatum der entsprechenden Untersuchung entspricht. Dabei wurden alle Informationen mit Abweichungen oder Unsicherheiten systematisch entfernt. Darüber hinaus wurde die Integrität eines jeden Codes verifiziert. So wurden alle unvollständigen oder abweichenden Zeilen herausgenommen, um so eine noch grössere Robustheit zu gewährleisten.

Zudem wurde eine Analyse der Code-Kombinationen pro Patienten durchgeführt mit dem Ziel, die Untersuchung zu rekonstruieren. Die Ermittlung der Häufigkeiten von Radiografien ist relativ einfach, da die Nomenklatur auf klassischen radiologischen Inzidenzen mit gut differenzierten Codes basiert. Hinsichtlich der Computertomografien ist die Situation etwas komplizierter, da die TARMED-Beschreibung auf anatomischen Bereichen basiert, die für eine Untersuchung kombiniert werden können.

Die zur Durchführung dieser Operationen entwickelten Algorithmen wurden systematisch verifiziert, indem die aus der Analyse der TARMED-Codes resultierenden Daten mit den in unserem Besitz befindlichen RIS-Daten (Radiologie-Informationssystem) abgeglichen wurden. Die Differenzen hinsichtlich der erzielten Häufigkeiten zwischen dem TARMED- und dem RIS-Ansatz betragen durchweg weniger als ein Prozent.

2.3.1.5 Aufschlüsselung der erhobenen TARMED-Daten

Obwohl diese Informationen bisweilen als sensibel angesehen werden, weil sie eng mit der Art und Weise der Rechnungsstellung verbunden sind und ihre Verarbeitung den Einsatz von Software erfordert, die grosse Datenmengen unterstützt, haben uns mehr als 70 Schweizer Einrichtungen ihre TARMED-Codes für

das Jahr 2018 zur Verfügung gestellt. Wie im Jahr 2013 erfolgte die Verarbeitung aller Informationen anonym, mit der Zusage, die Daten nach dem Abschluss der Erhebung zu vernichten. In Tabelle 1 ist die Aufschlüsselung der Lieferanten von TARMED-Codes dargestellt, wobei der Waadtländer Anteil hervorgehoben wird.

Die in den letzten Jahren aufgebauten Kontakte mit mehreren Lieferanten von TARMED-Codes haben es ermöglicht, die Erhebung 2018 effizienter zu gestalten. Bei der Analyse von Daten dieser Art stellt ein Vertrauensverhältnis in der Tat eine unerlässliche Voraussetzung dar. Zudem erwies sich die Möglichkeit, Rückfragen zu bestimmten technischen Details im Zusammenhang mit den erhobenen Daten stellen, als entscheidend für die korrekte Verarbeitung dieser Informationen. In diesem Zusammenhang möchten wir betonen, dass die Beteiligung der verschiedenen IT-Abteilungen bemerkenswert war.

Tabelle 1: Aufschlüsselung der Lieferanten von TARMED-Codes

	Anzahl der Lieferanten von TARMED-Codes	
	Waadt	Sonstige
Universitätsspitäler	1	3
Kantons-, Regional-, Bezirksspitäler	20	5
Privatspitäler, Röntgeninstitute	5	41
Ärzte mit eigener Praxis	91 % der ambulanten Versorgung	0

Dank der oben erwähnten privilegierten Kontakten konnte eine grosse Datenmenge erfasst werden. Es war zudem relativ einfach, die Waadtländer Daten von der Gesamtheit der erhobenen Daten abzugrenzen, selbst für Gruppen von Röntgeninstituten, die in verschiedenen Kantonen tätig sind. In diesem Jahr konnten wir zudem auf die Daten der Waadtländer Ärzte zugreifen, die der Société vaudoise de médecine angeschlossen sind.

Abgesehen von den TARMED-Daten der sechs grossen Schweizer Spitäler, war es schwierig, die Daten für die Bestimmung der Häufigkeiten von Untersuchungen auf nationaler Ebene zu verwenden. Aus diesem Grund wurden mehrere Hypothesen getestet, um die im Kanton Waadt erfassten Daten auf die nationale Ebene zu projizieren. Diese werden im Abschnitt «2.4 Methodik der Datenverarbeitung für die nationale Projektion» vorgestellt.

2.3.1.6 TARMED-Abdeckung im Kanton Waadt

Im Kanton Waadt wurden umfangreiche TARMED-Daten für das Jahr 2018 erhoben, die aus vier verschiedenen Quellen stammen. Diese entsprechen allen T tigkeitsebenen der Radiologie, wobei die Abdeckungsquote sehr zufriedenstellend war. So viele Informationen über die in Rechnung gestellten radiologischen Leistungen konnten in keiner anderen Region und in keinem anderen Kanton erhoben werden. Die vier T tigkeitsebenen im Kanton Waadt sind:

- Der universitäre Bereich, wobei die TARMED-Häufigkeiten des Centre Hospitalier Universitaire Vaudoise (CHUV) zu 100 Prozent erfasst werden. Diese umfassen auch die Häufigkeiten des Hôpital Orthop dique und des Hôpital de l'Enfance Lausanne.
- Die Regionalspitäler, wobei die TARMED-Häufigkeiten der zwanzig Spitäler der Fédération des Hôpitaux Vaudois (FHV) zu 100 Prozent erfasst wurden.

- Die Privatkliniken oder privaten Strukturen vom Typ «Röntgeninstitut»; mit den TARMED-Häufigkeiten von vier Waadtländer Kliniken, die der Genolier- (Swiss Medical Network) und der Hirslanden-Gruppe gehören. Uns fehlen Informationen einer einzigen Waadtländer Klinik sowie von einem Dutzend kleinerer privater Waadtländer Röntgeninstitute. Hinsichtlich der «Anzahl der ambulanten Konsultationen», die 2018 registriert wurden (10) (11), entspricht die Praxis der vier teilnehmenden Waadtländer Kliniken 34 Prozent der privaten Praxis im Kanton Waadt. Die erhobenen Daten machen schätzungsweise etwa der Hälfte der privaten Praxis im Kanton Waadt aus. Unsere Annahme lautet, dass die radiologische Aktivität der vier teilnehmenden Kliniken der Aktivität der Klinik und der privaten Zentren im Kanton Waadt, für die uns keine TARMED-Daten vorliegen, entsprechen sollte. Ein Faktor 2 für zu keiner Überschätzung und zu einer lediglich geringen Unterschätzung.
- Die Aktivität der 500 Ärzte, die der Société vaudoise de médecine (SVM) angeschlossen sind; deren erhobenen TARMED-Häufigkeiten 91 Prozent ihrer ambulanten Praxis abdecken.

2.3.2 Fragebögen und die RADdose-Plattform

2.3.2.1 Kontaktierte Fachpersonen

Alle Besitzer von radiologischen Anlagen in der Schweiz, die nicht schon bezüglich ihrer TARMED-Codes angefragt wurden, wurden kontaktiert. Es handelt sich um die folgenden sieben medizinischen Fachgebiete:

- Chiropraktiker,
- Allgemeinmediziner mit den Schwerpunkten Allgemeine Innere Medizin, Innere Medizin, Pädiatrie, Neurologie, medizinische Onkologie oder Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde,
- Zahnärzte mit CBCT-Gerät,
- Zahnärzte ohne CBCT-Gerät,
- Radiologen, die ausserhalb der universitären Zentren in einer Radiologie Abteilung, einer Praxis oder einem Röntgeninstitut tätig sind,
- Ärzte mit einem Durchleuchtungsgerät, wobei es sich um Kardiologen, Orthopäden, Gastroenterologen usw. handeln kann,
- Nuklearmediziner.

Hierfür wurde die Datenbank des BAG verwendet.

2.3.2.2 Kontaktaufnahme per Post

Jeder Mediziner wurde per Post kontaktiert und erhielt einen Fragebogen (und/oder Zugang zu diesem Fragebogen auf der Online-Plattform RADdose), der für sein medizinisches Fachgebiet angepasst, in seiner Korrespondenzsprache verfasst und von Fachpersonen basierend auf dem Fragebogen für die Erhebung 2013 entwickelt worden war. Die überwiegende Mehrheit der Rücksendungen erfolgte ebenfalls per Post mittels des beiliegenden frankierten Rücksendecouverts.

Tabelle 2: Rücklaufquoten der Fragebögen

	Teilnahmeberechtigt	Teilnehmer	Rücklaufquote [%]
Chiropraktiker	102	34	33,3
Allgemeinmediziner	2'765	863	31,2

Zahnärzte ohne CBCT	2'867	834	29,1
Zahnärzte mit CBCT	653	182	27,9
Radiologen	218	68	31,2
Ärzte mit einem Durchleuchtungsgerät	289	34	11,8
Nuklearmediziner	51	48	94,1

13 Prozent der 7'865 Anfragen wurden aus den folgenden Gründen nicht beantwortet: geschlossene Zentren, Pensionierungen, Krankheit, Aufnahme der Tätigkeit im Jahr 2019, Zusammenführung von Praxen, Duplizierungen, Verweigerung der Zusammenarbeit oder Datenextraktion nicht möglich.

Die mit den Fragebögen erzielten Rücklaufquoten sind im Tabelle 2 ausgeführt.

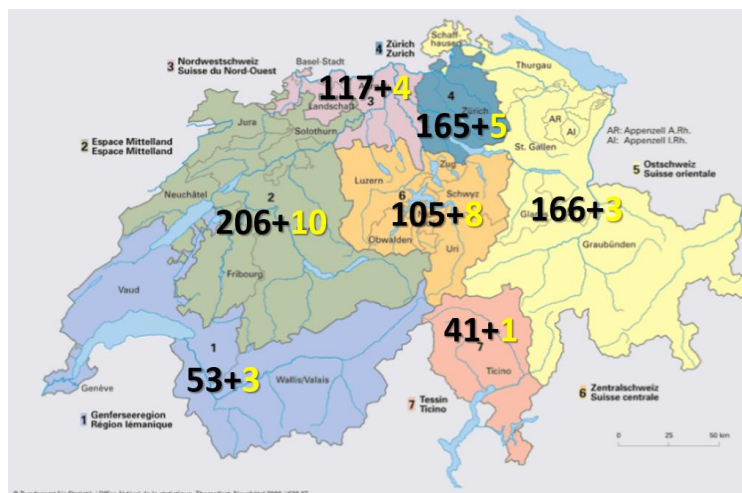
Abbildung 1, Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die geographische Verteilung der Personen, die an der Erhebung mittels RADdose-Fragebögen teilgenommen haben, auf die sieben Schweizer Grossregionen wie sie die üblicherweise vom Bundesamt für Statistik (BFS) verwendet werden (siehe Anhang C). Diese Zahlen umfassen nur identifizierbare Teilnehmer, da einige Teilnehmer anonym bleiben wollten.

2.3.2.3 Erwartete Daten

Die Häufigkeit der Untersuchungen, die mit Hilfe der Formulare oder der RADdose-Website erhoben wurden, sind weder hinsichtlich der Nomenklatur noch hinsichtlich der Definitionen dessen, was unter einer Untersuchung verstanden wird (Differenz zwischen der Anzahl der Untersuchungen und der Anzahl der Bilder pro Untersuchung) besonders problematisch, da die Definitionen klar erläutert wurden.

In den RADdose-Fragebögen konnte sowohl die Anzahl der Aufnahmen als auch die der Untersuchungen und der Patienten angegeben werden, wodurch detailliertere Informationen erhoben werden konnten. Dort, wo die Anzahl der Untersuchungen nicht direkt angegeben wurde, kamen Umrechnungsfaktoren zur Anwendung, die 2013 im Anschluss an die Analyse der Praktiken von Zentren, die uns mehr Informationen bereitgestellt hatten, entwickelt wurden. Es sei darauf hingewiesen, dass am Ende nur die Zahlen der Untersuchungen zur Festlegung der Häufigkeiten herangezogen wurden.

Abbildung 1: Verteilung der identifizierbaren Allgemeinmediziner (schwarz) und Chiropraktiker (gelb), die an der RADdose-Erhebung teilgenommen haben



2.3.2.4 Besonderheiten bei der Nuklearmedizin

Der Fragebogen für Nuklearmediziner umfasste Verfahren für die es einen schweizerischen diagnostischen Referenzwert (DRW) (12) gibt und andere relevante Verfahren, für die jedoch kein DRW verfügbar ist. Dabei handelte es sich um Szintigraphie, Einzelphotonen-Emissionscomputertomographie (SPECT oder SPECT/CT) oder Positronen-Emissions-Tomographie (PET/CT). Bei Untersuchungen, die mit einer CT-Akquisition assoziiert waren, wurde diese entsprechend ihrer Zielsetzung berücksichtigt: Schwächungskorrektur oder Akquisition für diagnostische Zwecke. Die Fragebögen boten die Möglichkeit, die Liste der Verfahren zu ergänzen.

Bei Untersuchungen mit den verschiedenen Radiopharmazeutika wurden die applizierten Aktivitäten und die Dosiswerte, die im Zusammenhang mit CT-Akquisition standen, nicht erfragt, da diese Gegenstand neuerer Publikationen im Rahmen der Aktualisierung der nationalen nuklearmedizinischen DRW gewesen sind (13). Bei den Verfahren, für die keine DRW vorliegen, wurde die im Zentrum applizierte Aktivität berücksichtigt.

Abbildung 2: Verteilung der identifizierbaren Radiologen (schwarz) und Nuklearmediziner (rot), die an der RADdose-Erhebung teilgenommen haben

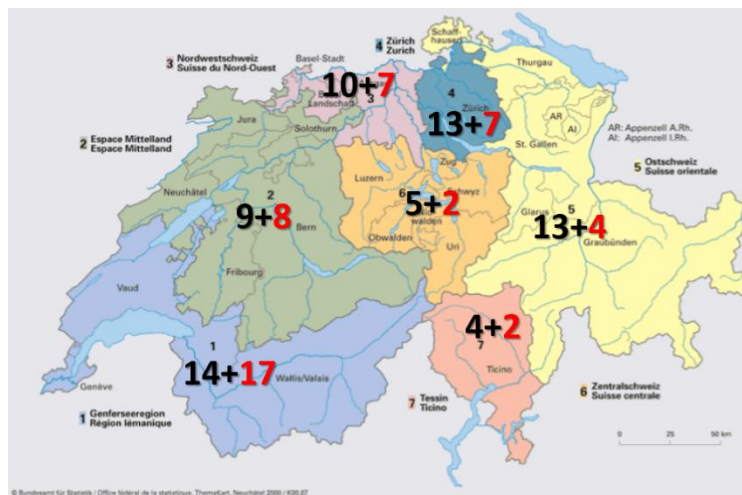
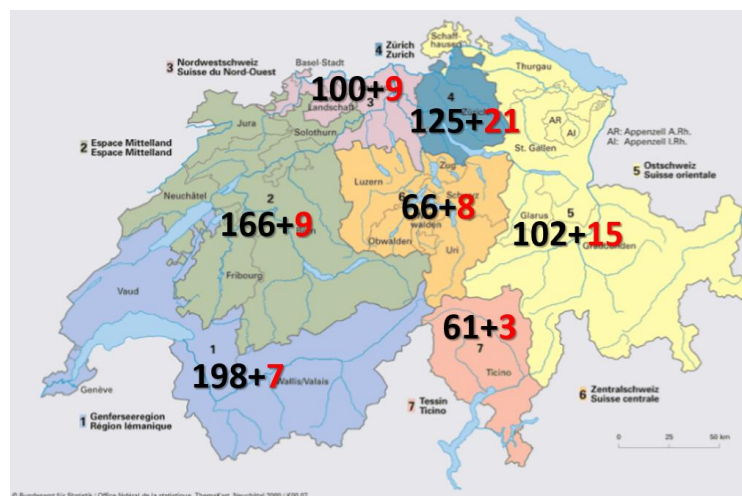


Abbildung 3: Verteilung der identifizierbaren Zahnärzte ohne (schwarz) und mit (rot) CBCT-Gerät, die an der RADdose-Erhebung teilgenommen haben



2.3.2.5 Schwächen der RADdose-Erhebung

Weniger als 12 Prozent der Ärzte, die über ein Durchleuchtungsgerät verfügen, haben an dieser Erhebung teilgenommen. Ihre unterschiedlichen und manchmal unklaren Antworten erlaubten es nicht, die Daten zu verwenden, da sie als zu wenig robust und wenig repräsentativ angesehen wurden. Wir sahen uns in der Tat mit Unsicherheiten bezüglich der Auszählung der Aufnahmen und Untersuchungen konfrontiert. Es war schwierig festzustellen, ob es diagnostische Röntgenbilder oder um Durchleuchtungsbilder handelte. Darüber hinaus stellte sich heraus, dass die angegebenen Durchleuchtungen selten infolge einer eigenständigen ärztlichen Verordnung vorgenommen wurden. Oftmals wurden sie im Rahmen einer Behandlung oder einer medizinischen Nachsorge durchgeführt, ohne speziell verrechnet zu werden.

2.3.3 Kardiologische Jahresberichte (Schweiz)

Die schweizerischen Zentren für interventionelle Kardiologie veröffentlichen jedes Jahr einen statistischen Bericht, der auf der Website ihrer Arbeitsgruppe abrufbar ist: www.ptca.ch. Darin werden Daten zu den gängigsten Interventionen präsentiert, z. B. diagnostische Koronarangiographien (KA) oder perkutane Koronarinterventionen (PTCA). Im Rahmen dieser Erhebung wurden KA- und PTCA-Daten aus ihrem letzten statistischen Bericht von 2017 extrahiert. (7)

2.3.4 Fédération pour le dépistage du cancer du sein

In der Schweiz verfügt lediglich ein Dutzend Kantone über ein systematisches Früherkennungsprogramm für Brustkrebs mittels Mammografie. Da diese Untersuchungen von der obligatorischen Krankenversicherung übernommen werden, bestehen zudem Vereinbarungen zwischen den Versicherern und den Früherkennungsprogrammen hinsichtlich pauschaler Arzthonorare. Die hierfür vorgesehenen TARMED-Codes werden sehr selten genutzt. Es wurden die im letzten Bericht des Verbandes «Swiss Cancer Screening» veröffentlichten Zahlen verwendet. Dabei handelt es sich um Zahlen aus dem Jahr 2015 für die folgenden zwölf Schweizer Kantone: Basel-Landschaft, Bern, Freiburg, Genf, Graubünden, Jura, Neuenburg, St. Gallen, Tessin, Thurgau, Waadt und Wallis (8). Für Ende 2020 ist einer Aktualisierung dieser nationalen Daten mit Werten von 2018 geplant.

2.4 Methodik der Datenverarbeitung für die nationale Projektion

Um aus den erfassten Daten Schweizer Häufigkeiten zu erhalten, wurden je nach Modalität drei verschiedene Projektionsmethoden verwendet. Zur Anwendung kamen jeweils:

- TARMED-Daten aus dem Kanton Waadt für die Projektion von Häufigkeiten von klassischen Röntgenaufnahmen und CT;
- TARMED- und RADdose-Daten der sechs grossen Schweizer Spitäler für die Projektion aller Häufigkeiten im Bereich der Durchleuchtung;
- RADdose-Daten für die Projektion der Häufigkeiten in den Bereichen diagnostische Mammographie, zahnärztliche Radiologie und Nuklearmedizin.

Die TARMED-Daten wurden favorisiert, da sie auch Informationen zu Geschlecht und Alter der exponierten Patienten enthalten und weil wir eine Methode verwenden wollten, die der Praxiserhebung aus dem Jahr 2013 ähnlich ist (4). Es gilt zu beachten, dass wir nun über eine erheblich grössere Stichprobe verfügen.

2.4.1 Verwendung der Waadtländer TARMED-Häufigkeiten

Zur Projektion der nationalen Häufigkeiten der konventionellen Röntgenaufnahmen und CT Untersuchungen erfüllte der Kanton Waadt die Rolle des «Pilotkantons». Wie im Jahr 2013 und angesichts

der geographischen Verteilung der Lieferanten von TARMED-Codes (Tabelle 1) haben wir die folgende Hypothese aufgestellt:

Die bildgebende Praxis des Kantons Waadt kann für eine nationale Projektion verwendet werden. Dieser Kanton, der per 31. Dezember 2018 rund einen Zehntel (Faktor 10,7) der Schweizer Bevölkerung repräsentierte (14), verfügt über eine ausreichend vielfältige und breite Praxis, um als Pilotkanton zu fungieren.

Wie bereits 2013 basiert der Projektionsfaktor für die Bestimmung der nationalen Häufigkeiten von Röntgenaufnahmen und CT ausgehend von Waadtländer TARMED-Häufigkeiten auf den 2018 von den verschiedenen schweizerischen Krankenversicherern aufgelisteten ambulanten Konsultationen (11). Unsere Annahme für die vorliegende Erhebung lautet weiterhin wie folgt:

Die radiologische Aktivität ist nicht oder nicht mehr proportional zur Grösse der Einrichtungen (Anzahl der Betten), zur Anzahl der Aufenthalte und zur Anzahl der Spitaltage. Der Beleg dafür ist die grosse Zahl der Röntgeninstitute, die sich ausserhalb von Gesundheitseinrichtungen befinden. Die radiologische Aktivität in der Schweiz steht jedoch in engerem Zusammenhang mit der Anzahl von Untersuchungen, die bei ärztlichen Konsultationen in Arztpraxen und Spitälern verordnet werden. Während die radiologische Praxis im Wesentlichen ambulant ist, resultiert jeder Spitalaufenthalt aus einer ambulanten Konsultation. Die bei hospitalisierten Patienten durchgeführten radiologischen Untersuchungen und Verfahren werden auf diese Art und Weise integriert.

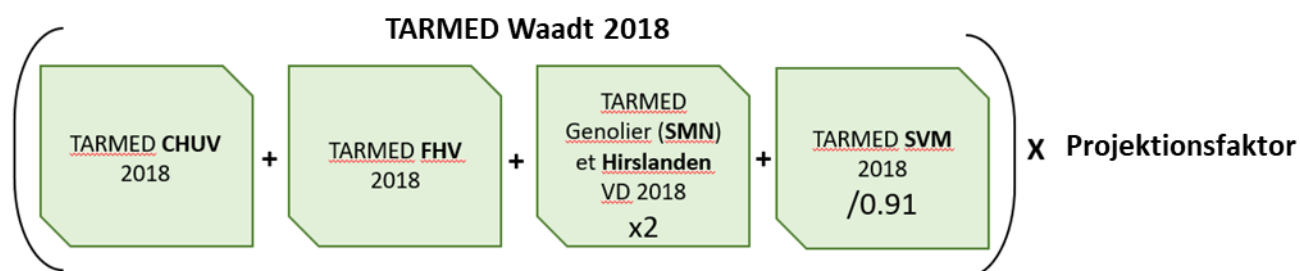
Dividiert man die Anzahl der ambulanten Konsultationen, die in Schweizer Arztpraxen und Spitälern erfolgen, durch die Zahl der ambulanten Konsultationen im Kanton Waadt, so erhält man den Faktor 10,01 (11). Dieser Faktor ist vergleichbar mit dem Verhältnis der Waadtländer Bevölkerung zur Schweizer Bevölkerung (10,7).

Tabelle 3: Verhältnisse der ambulanten Konsultationen 2018

Ambulante Konsultationen	Faktoren: # Schweiz/ # Waadt
Alle ambulanten Konsultationen	10,01
Bei einem niedergelassenen Arzt	10,84
In einem Spital	8,17

Tabelle 3 präsentiert die Faktoren für das Waadt-Schweiz-Verhältnis, die separat für Konsultationen bei einem niedergelassenen Arzt (10,84) sowie für Konsultationen im Spital (8,17) ermittelt wurden.

Die nationalen Häufigkeiten für **die konventionelle Radiographie** und **die Computertomographie** wurden wie folgt unter der Verwendung des Projektionsfaktors 10,01 ermittelt:



Wie bereits erwähnt basiert die Berechnung auf den folgenden Annahmen, dass:

- die TARMED-Daten der Privatspitälern und Röntgeninstituten des Kantons Waadt der Hälfte der privaten Aktivität im Kanton Waadt entsprechen und dass die Waadtländer Zentren, die nicht geantwortet haben, eine ähnliche Aktivität aufweisen;
- die von der SVM erhobenen TARMED-Daten 91 Prozent der durchgeführten Untersuchungen entsprechen.
- der Faktor 10,01 nahe am bevölkerungsbezogenen Verhältnis von 10,7 liegt. Allerdings scheint dieser eher mit der nationalen Verteilung der radiologischen Verschreibungen zusammenzuhängen. Der Unterschied zwischen den beiden Faktoren beträgt jedoch weniger als 6 Prozent.

Es gilt beachten, dass wir uns bei der Erhebung 2013 auf RADdose-Daten stützen mussten, um die Aktivität von Ärzten mit eigener Praxis zu beurteilen. Dank den SVM-Daten haben wir in diesem Jahr unsere Berechnungen ausschliesslich auf TARMED-Codes gestützt. Die über RADdose erhobenen Informationen ermöglichen somit eine doppelte Kontrolle.

Der Vorteil der Verwendung der Waadtländer TARMED-Daten liegt darin, dass sie verschiedene Bereiche abdecken, nämlich den akademischen, den regionalen, den privaten und den lokalen Bereich. Dies trägt zu einem besseren Verständnis der nationalen radiologischen Praxis als Ganzes bei. Aus diesen Daten konnte die durch konventionelle Röntgenaufnahmen und CT tatsächlich exponierte Bevölkerung bestimmt und nach Geschlecht und Alter aufgeschlüsselt werden. Siehe Kapitel 6.4 und 6.6.

2.4.2 Verwendung der TARMED-Häufigkeiten der sechs grossen Schweizer Spitäler

Bei den Durchleuchtungsmodalitäten wurden für die nationale Projektion die Häufigkeiten der Untersuchungen (ohne KA und PTCA) der fünf Schweizer Universitätsspitäler (US) und des Kantonsspitals St. Gallen (SG) verwendet.

Wie im Jahr 2013 gehen wir davon aus, dass die Durchleuchtungen eher gelegentlich und generell vorwiegend in speziell ausgestatteten und grossen Zentren stattfinden. Während konventionelle Durchleuchtungen auch in regionalen Spitälern und privaten Arztpraxen vorgenommen werden, ist die interventionellen Radiologie eher auf speziell ausgestattete Einrichtungen beschränkt. Für die konventionelle Durchleuchtung und die interventionelle Radiologie wurden unterschiedliche Projektionsfaktoren verwendet.

Es wird erneut angemerkt, dass die Daten, die mittels RADdose-Fragebögen von Ärzten, die über Durchleuchtungsgeräte verfügen, erhoben wurden, zu unsicher und wenig repräsentativ waren (2.3.2.5 Schwächen der RADdose-Erhebung). Die Beschaffung von TARMED-Daten von den sechs grossen Schweizer Spitälern erwies sich als sehr nützlich.

2.4.2.1 Projektion der konventionellen Durchleuchtung

Für die Projektion der Daten der konventionellen Durchleuchtung in den sechs grossen Schweizer Spitälern haben wir einen Faktor verwendet, der auf den ambulanten Konsultationen (11) im Jahr 2018 der verschiedenen schweizerischen Krankenversicherern und den Kennzahlen der Schweizer Spitäler (10) im Zusammenhang mit der Praxis in den Universitätsspitalern sowie am Kantonsspital St. Gallen beruht. Dieser Faktor liegt bei 4,4 und entspricht dem Verhältnis aller nationalen ambulanten Konsultationen zu den ambulanten Konsultationen in den sechs grossen Schweizer Spitäler.

Tabelle 4: Faktor der ambulanten Konsultationen im Jahr 2018 in den 6 grossen Schweizer Spitäler

Ambulante Konsultationen	Faktor:
# Schweiz/ # 5 Schweizer Universitätsspitäler + St. Gallen	4,4

2.4.2.2 Projektion der interventionellen Radiologie

Auch der für die nationale Projektion dieser Häufigkeiten verwendete Faktor hängt mit den ambulanten Konsultationen in den grossen Schweizer Spitälern zusammen. Da diese Untersuchungen in diesen Spitälern jedoch häufiger zur Anwendung kommen, verwenden wir einen anderen Faktor als bei der konventionellen Durchleuchtung. Dabei handelt es sich um den Faktor 2,7. Er entspricht dem Quotienten der Anzahl der ambulanten Konsultationen an den sechs grössten Schweizer Spitälern geteilt durch die Anzahl entsprechender Konsultationen am CHUV. Auch hier schlagen wir für eine nationale Projektion ein Verhältnis auf der Grundlage von Waadtländer Daten vor. 2013 wurde hierbei der Faktor 2,4 verwendet.

Tabelle 5: Faktor zur Projektion der Häufigkeiten in der interventionellen Radiologie

Ambulante Konsultationen	Faktor:
# 5 Schweizer Universitätsspitäler + St. Gallen / # CHUV	2,7

2.4.3 Verwendung der RADdose-Häufigkeiten

Für die diagnostische Mammografie, die zahnärztlichen Röntgenaufnahmen und die Nuklearmedizin wurden die mittels der Fragebögen erhobenen Häufigkeiten durch ihre jeweilige RADdose-Rücklaufquote geteilt (Tabelle 2), um die nationale Häufigkeit zu ermitteln.

Für die diagnostische Mammografie wurden die TARMED-Häufigkeiten der sechs grössten Schweizer Spitäler zu den projizierten RADdose-Daten hinzuaddiert, da die Praxis dieser grossen Einrichtungen nur mit diesen TARMED-Codes erfasst wurde.

Zu beachten ist auch, dass bei zahnärztlichen Panoramaaufnahmen (OPG) TARMED-Werte, die analog zu den konventionellen Röntgenaufnahmen und CT berechnet wurden (siehe 2.4.1), zu den RADdose-Werten hinzugefügt wurden. So konnte auch diejenigen Untersuchungen einbezogen werden, welche ausserhalb der Zahnarztpraxen vorgenommen wurden.

Für die Nuklearmedizin wurde diese Berechnung ebenfalls auf die Daten zu den CT-Akquisitionen bei Hybriduntersuchungen angewandt, die mit den speziellen RADdose-Fragebögen erhoben wurden.

2.4.4 Vergleich der Projektionsmethoden

Die nationalen Häufigkeiten für konventionelle Röntgenaufnahme, diagnostische Mammografie und CT können sowohl basierend auf den TARMED-Daten des Kantons Waadt und als auch aus den RADdose-Daten berechnet werden. Bei der Wahl der Projektionsmethode orientierten wir uns an derjenigen aus der Erhebung 2013, um einen besseren Vergleich zu ermöglichen. Allerdings wurden beide Methoden auf die Daten von 2018 der konventionellen Röntgenaufnahmen, der CT und der diagnostischen Mammografien angewandt und die nationalen Häufigkeiten scheinen für diese Modalitäten je nach gewähltem Ansatz um ± 8 Prozent zu variieren. In Anhang B werden die unterschiedlichen Projektionsmethoden verglichen.

2.4.5 Robustheit der Häufigkeiten

Um die Genauigkeit der mit Hilfe der TARMED-Codes erstellten Projektionen und die Anzahl der im Pilotkanton durchgeführten Konsultationen zu überprüfen, haben wir die TARMED-Daten verwendet, die von vier Universitätsspitalern und dem Kantonsspital St. Gallen erhoben wurden und die wir mit den Daten, die uns vom fünften Universitätsspital übermittelt wurden, ergänzt haben.

Dies wurde für konventionelle Röntgenaufnahmen, diagnostische Mammografien sowie für CT durchgeführt. Wir haben hier den Faktor 4,4 verwendet, der dem Verhältnis der nationalen ambulanten Konsultationen zu den ambulanten Konsultationen in den sechs grossen Schweizer Spitalern entspricht (siehe Abschnitt 2.4.2.1).

Die ermittelten Häufigkeiten sind wie folgt:

- Für die konventionellen Röntgenaufnahmen: 229 je 1000 Einwohner/innen
- Für die diagnostische Mammografie: 8,9 je 1000 Einwohner/innen.

Diese Zahlen entsprechen der Hälfte der angegebenen Häufigkeiten. In Anbetracht der Besonderheit der universitären Praxis und wie bereits in anderen Erhebungen (UNSCEAR) verwendet, scheint ein Faktor 2 repräsentativ für die Tätigkeit der grossen Zentren im Verhältnis zur Gesamtheit der Akteure zu sein.

Für die CT Untersuchungen berechneten wir eine Häufigkeit von 146 je 1000 Einwohner/innen, was sehr nahe an der aus den Waadtländer Daten berechneten Häufigkeit (135 je 1000 Einwohner/innen) liegt. Auch hier scheint uns die Spezifität der Anwendung von CT in grossen universitären Strukturen zumindest auf dem gleichen Niveau wie die nationale Häufigkeit zu liegen.

Obwohl Schätzungen dieser Art mit grösserer Unsicherheit behaftet sind, stützen sie die verschiedenen Zahlen, die wir aus den Waadtländer Daten gewonnen haben. Die Berücksichtigung solcher Informationen aus den grossen Zentren scheint uns unerlässlich zu sein.

Hinsichtlich der Verwendung von TARMEC-Codes für die Ausarbeitung von Daten zur Häufigkeit möchten wir klarstellen, dass wir uns immer auf die Analyse von Codes in ihrem Abrechnungskontext und «als Ganzes» konzentriert haben. In der Tat haben wir Kontrollen in Bezug auf die Anzahl der in Rechnung gestellten Punkte durchgeführt, jedoch haben wir keine Summierungen und andere Berechnungen in Bezug auf diese Anzahl von Punkten vorgenommen. Es erscheint uns in der Tat gefährlich, zu viel Gewicht auf diese Art der Analyse zu legen. Die Anzahl Punkte, die einer Behandlung zugeschrieben werden, unterliegt einer kontinuierlichen Veränderung, während wir die Häufigkeit der radiologischen Untersuchungen etablieren möchten und nicht die Schwankungen der Finanzströme aus der radiologischen Praxis. Zur einfachen Veranschaulichung: Einige sehr häufig verwendeten CT-Abrechnungscodes haben im Laufe der Zeit mehr als 40 Prozent ihres intrinsischen «Werts» eingebüsst.

3 Bestimmung der Dosen der verschiedenen radiologischen Modalitäten

3.1 Effektive Dosis [mSv]

Die effektive Dosis E, die in der Einheit Sievert angegeben wird, wobei die Verwendung des Millisievert [mSv] hier relevanter ist, ist der dosimetrische Indikator, der üblicherweise zur Bewertung der stochastischen radiologischen Risiken im Zusammenhang mit medizinischen radiologischen Verfahren angewendet wird.

Da es sich um einen standardisierten Indikator handelt, ermöglicht er den Vergleich der mit verschiedenen radiologischen Risiken bergenden Modalitäten, aber auch Vergleiche zwischen verschiedenen Ländern oder die Untersuchung der Entwicklung der Exposition im Verlauf der Zeit (15).

In dieser Studie wurde eine effektive Dosis E für jede radiologische Modalität berechnet, indem die nationale Häufigkeit der radiologischen Untersuchungen dieser Modalität mit einem für diese Modalität spezifischen «Dosisvektor» multipliziert wurde.

Das Ziel der bei Erhebungen dieser Art üblicherweise verwendeten Methodik besteht darin, eine durchschnittliche effektive Dosis pro Modalität zu erhalten. Diese durchschnittliche Dosis wird für jede radiologische Modalität aus dem Skalarprodukt zwischen zwei Vektoren ermittelt. Für eine bestimmte Modalität wird eine Liste der häufigsten Untersuchungen zusammengestellt. Diese Liste wird mit einer Häufigkeit und einer effektiven Dosis für jede Untersuchung versehen. Auf diese Art und Weise erhält man einen Häufigkeitsvektor sowie einen Dosisvektor, woraus das Skalarprodukt bestimmt wird.

Die kollektive effektive Dosis S entspricht hier der Summe der verschiedenen effektiven Dosen, die für jede Modalität berechnet wurden. Die Berechnung der jährlichen effektiven Dosis pro Kopf erfolgt, indem man die kollektive effektive Dosis S durch die Schweizer Bevölkerung für das Studienjahr teilt, unabhängig davon, ob die einzelnen Einwohnerinnen und Einwohner ionisierender Strahlung ausgesetzt waren oder nicht. Die schweizerische Bevölkerung umfasste per 31. Dezember 2018 8'544'527 Einwohnerinnen und Einwohnern, davon 4'307'406 Frauen und 4'237'121 Männer (16).

3.2 Bestimmung der durchschnittlichen effektiven Dosis der einzelnen radiologischen Modalitäten

Wie zuvor erwähnt, wird diese Grösse aus dem Skalarprodukt zwischen einem Häufigkeitsvektor und einem Vektor für die effektive Dosis ermittelt.

Für diese Erhebung wurden durchschnittliche Dosen nach Modalität verwendet, die denen von 2013 ähnlich sind. Dies gilt jedoch nicht für CT und Nuklearmedizin, das sich in den letzten zehn Jahren die Dosis pro Untersuchung nur bei CT und in der Nuklearmedizin signifikant verändert hat.

3.2.1 Spezifität für die Nuklearmedizin

Zum einen wurden die effektiven Dosen der im September 2019 überarbeiteten Richtlinie zu den Schweizer DRW verwendet (12). Für die wenigen Untersuchungen, die in der DRW-Richtlinie nicht vorkommen, wurde die effektiven Dosen der Radiopharmazeutika aus den jüngsten Veröffentlichungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) (17) (18) sowie den neuen Publikationen (19) (20) (21) entnommen.

Bei CT-Akquisitionen entsprechen die assoziierten Dosen den DLP-Medianwerten (Dosislängenprodukt) aus einer kürzlich erschienenen schweizerischen Publikation zu hybriden nuklearmedizinischen

Technologien, in der zwischen Aufnahmen zur Schwächungskorrektur und solchen zur diagnostischen CT unterschieden wurde (13).

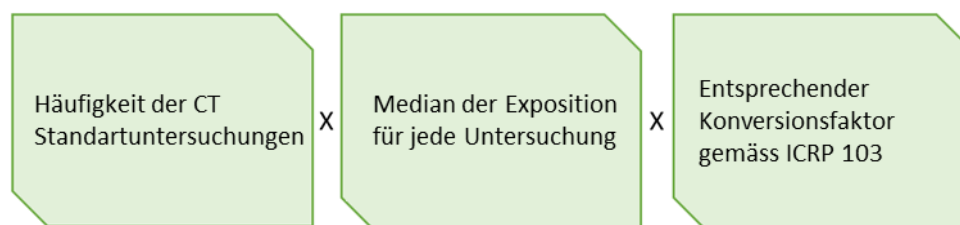
3.2.2 Spezifität für die Computertomografie

Die durchschnittliche Dosis der CT Untersuchungen wurde basierend auf Werten, die 2019 aus verschiedenen automatisierten Dosiserfassungssystemen (DACS) extrahiert wurden, sowie auf zwischen 2017 und 2019 festgelegten lokalen DRW etabliert. Die Quellen der Daten sind in der Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Herkunft der Informationen für die Ermittlung der durchschnittlichen Dosis pro CT Untersuchung

		Bestimmung der Häufigkeit	Bestimmung der medianen Exposition
WAADT	CHUV-Praxis	Tarmed-Codes CHUV	DACS CHUV
	Regionale Praxis	Andere Waadtländer TARMED-Codes	Lokale Westschweizer DRW
BASEL	USB-Praxis	Tarmed-Codes CHUV	DACS USB
	Regionale Praxis	Andere Waadtländer TARMED-Codes	DACS Regionalspitäler Basel

Die Informationen stammen aus den zwei Schweizer Kantonen Waadt und Basel. Diese Kantone sind zwar geografisch weit voneinander entfernt, grenzen aber beide an ein europäisches Land, Frankreich bzw. Deutschland, und verfügen über eine universitäre Praxis (das CHUV bzw. das Universitätsspital Basel USB) sowie eine regionale Praxis. Für jede dieser vier Entitäten wurde eine durchschnittliche effektive Dosis im Zusammenhang mit der Computertomographie wie folgt berechnet:



Da die Basler TARMED-Codes nicht beschafft werden konnten, wurden die Waadtländer TARMED-Codes unter der Prämisse, dass die verschiedenen Computertomographien in diesen beiden Universitätsspitalern mit einer relativ ähnlichen Häufigkeit durchgeführt wurden, verwendet.

Die Häufigkeit der Verwendung eines TARMED-CT-Codes, der einem anatomischen Bereich entspricht, wurde bestimmt, indem die TARMED-Daten zunächst analysiert wurden, um die Anzahl der Sitzungen in Erfahrung zu bringen, bei denen zwei oder mehr naheliegende Bereiche kombiniert wurden. Dies geschah, um insbesondere Thorax/Abdomen-CTs von Thorax-CTs, Abdomen-CTs und Oberbauch-CTs abzugrenzen. Anschliessend wurde eine Liste von «Standarduntersuchungen» erstellt.

Zur Bestimmung der damit verbundenen medianen Exposition wurden die medianen «Dosisflächenprodukte» (DLP) aus den DACS des Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), des Universitätsspitals Basel (USB) und der Regionalspitäler des Kantons Basel extrahiert, wobei die Protokolle mit den TARMED-Abrechnungscodes abgeglichen wurden. Unvollständige Untersuchungen wurden gelöscht.

Für die Waadtländer Regionalpraxis wurde der Median der Exposition anhand von DRW ermittelt, die zwischen 2017 und 2019 basierend auf Daten von rund 60 Institutionen in der Westschweiz bezüglich Thorax-CT, Thorax/Abdomen-CT und Abdomen-CT etabliert wurden. Diese DRW sind in Anhang A dargestellt.

Die effektive Dosis wurde anhand von Umrechnungsfaktoren, die von Kalender et al. (22) basierend auf der ICRP-Publikation 103 (23) veröffentlicht wurden, ermittelt. Schliesslich wurde die in diesem Bericht verwendete mittlere CT-Dosis durch Mittelwertbildung der vier erhaltenen Werte bestimmt.

4 Ergebnisse der Häufigkeiten der Untersuchungen pro radiologischer Modalität

In diesem Kapitel werden die verschiedenen nationalen Häufigkeiten, welche für die Untersuchungen der verschiedenen Modalitäten ermittelt wurden, vorgestellt. Für einige Modalitäten werden detaillierte Angaben zu den Untersuchungskategorien oder zum untersuchten anatomischen Bereich gemacht.

4.1 Häufigkeiten der konventionellen Röntgenuntersuchungen

Im Jahr 2018 wurden in der Schweiz rund 3,75 Millionen konventionellen Röntgenaufnahmen durchgeführt. Die Verteilung nach anatomischem Bereich wird in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Nationale Häufigkeiten der konventionellen Röntgenaufnahmen nach anatomischen Bereichen im Jahr 2018

Anatomische Bereiche	Häufigkeit je 1000 Einw.	Anteil Häufigkeit
Schädelknochen	4	0,8 %
Thorax/Lunge	115	26,1 %
Abdomen	9	2,1 %
Pelvis/Becken/Hüften	56	12,7 %
Extremitäten	219	49,8 %
Wirbelsäule	37	8,3 %
Alle Untersuchungen	439	100,0 %

4.2 Häufigkeiten der Mammografie Untersuchungen

Im Jahr 2018 wurden etwa 180'000 diagnostische Mammografien durchgeführt. Der aktuellste Wert für Mammografien, die im Rahmen des Brustkrebs-Screening-Programms durchgeführt wurden, liegt bei 100'800 Untersuchungen im Jahr 2015 (8).

Tabelle 8: Nationale Häufigkeiten der Mammografien im Jahr 2018

Art der Mammographie	Häufigkeit je 1000 Einw.
Diagnostik	21,1
Screening	11,8
Alle Untersuchungen	32,9

4.3 Häufigkeit der zahnärztlichen Röntgenaufnahmen

Im Jahr 2018 wurden mehr als 5 Millionen zahnärztliche Röntgenaufnahmen durchgeführt. Diese setzen sich zusammen aus 4,2 Millionen Untersuchungen mit intraoralen Aufnahmen, 800'000 Untersuchungen mit OPG-Aufnahmen sowie etwa 400'000 Untersuchungen mit CBCT-Aufnahmen.

Tabelle 9: Nationale Häufigkeiten der zahnärztlichen Röntgenaufnahmen im Jahr 2018

Kategorien	Häufigkeit je 1000 Einw.
Intraorale Aufnahmen	489,6
OPG-Aufnahmen	94,4
CBCT-Aufnahmen	4,7
Alle Untersuchungen	588,7

4.4 Häufigkeiten der CT Untersuchungen

Im Jahr 2018 wurden in der Schweiz mehr als 1,15 Millionen Computertomografien durchgeführt, vorwiegend Untersuchungen von Abdomen, Thorax/Abdomen, Gehirn, Thorax und Wirbelsäule.

Tabelle 10: Korrigierte nationale Häufigkeiten der Computertomographien im Jahr 2018

Anatomische Bereiche	Häufigkeit je 1000 Einw.	Anteil Häufigkeit
CT Neurokranium	19,0	14,1 %
CT Gesichtsschädel und Sinus	5,3	3,9 %
CT dental, pro Kiefer	0,2	0,2 %
CT Hals	7,7	5,7 %
CT Thorax oder Lungen	15,9	11,8 %
CT Oberbauch und gesamtes Abdomen	23,9	17,7 %
CT Thorax/Abdomen kombiniert	22,1	16,4 %
CT Becken und/oder Iliosakralgelenk	10,6	7,9 %
CT Wirbelsäule	15,9	11,8 %
CT Schultergelenk und/oder Oberarme	1,1	0,8 %
CT Ellbogengelenke und/oder Vorderarme	0,6	0,4 %
CT Handgelenke und/oder Hand/Hände	1,3	1,0 %
CT Hüfte und/oder Oberschenkel	3,6	2,6 %
CT Kniegelenk und/oder Unterschenkel	4,3	3,2 %
CT Fuss/Füsse und/oder Sprunggelenke	3,4	2,5 %
Alle Untersuchungen	135,0	100,0 %

4.5 Häufigkeiten der Durchleuchtungen

2018 wurden in der Schweiz mehr als 173'000 Durchleuchtungen durchgeführt. Die Werte für die Koronarangiographie (KA) und die Koronarangioplastie (PTCA) wurden dem neuesten verfügbaren und von der Swiss Working Group Interventional Cardiology veröffentlichten Bericht entnommen (7) und stammen aus dem Jahr 2017.

Tabelle 11: Nationale Häufigkeiten der Durchleuchtungen im Jahr 2018

Arten der Durchleuchtungen	Häufigkeit je 1000 Einw.	Anteil Häufigkeit
Konventionell	5,5	27 %
Interventionell-diagnostisch		49 %
_KA	6,2	30 %
_sonstige	3,7	18 %
Interventionell-therapeutisch.		24 %
_PTCA	3,0	15 %
_sonstige	1,9	10 %
Alle Untersuchungen	20,3	100,0 %

4.6 Häufigkeit der nuklearmedizinischen Verfahren

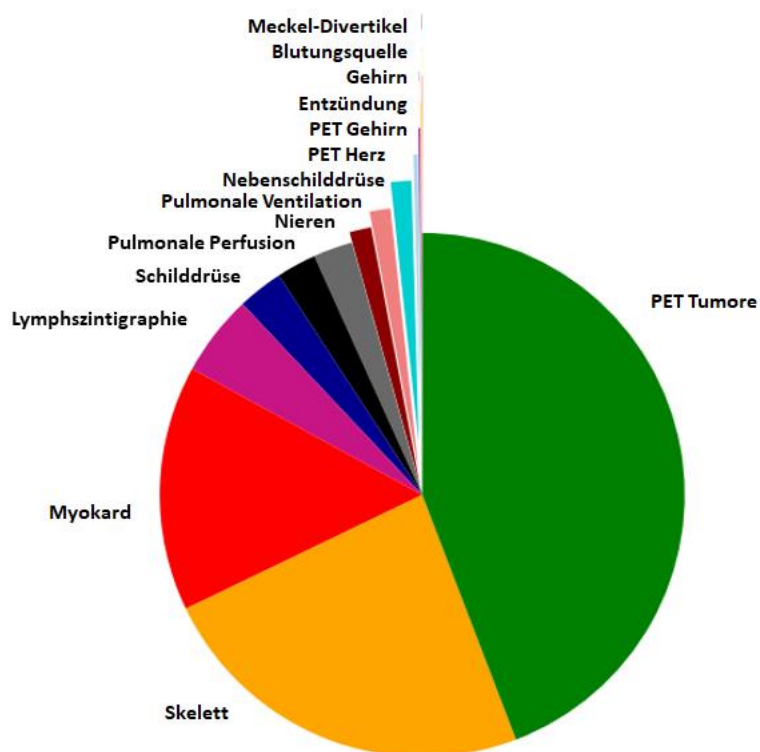
Im Jahr 2018 wurden in der Schweiz rund 113'000 nuklearmedizinische Verfahren durchgeführt. In der Tabellen 12 werden die verschiedenen Beiträge zur Häufigkeit der ausgewählten und für das Jahr 2018 projizierten nuklearmedizinischen Verfahren gestellt. Die hybriden SPECT/CT- und PET/CT-Techniken machen fast 64 Prozent aller Verfahren aus. Bei den CT-Akquisitionen handelt es sich zu 60 Prozent um Akquisitionen zur Schwächungskorrektur. Die verbleibenden 30 Prozent sind Akquisitionen mit diagnostischer Qualität.

Tabellen 12: Nationale Häufigkeiten der nuklearmedizinischen Verfahren im Jahr 2018

		Gesamtheit der Untersuchungen		Hybride Techniken	
		Häufigkeit je 1000 Einw.	Anteil Häufigkeit	Häufigkeit je 1000 Einw.	Anteil Häufigkeit
Szintigrafien/ SPECT ±CT		7,2	54,3 %	2,4	18,1 %
PET/CT	CT zur Schwächungskorrektur	4,0	30,3 %	4,0	30,3 %
	CT mit diagnostischer Qualität	2,1	15,5 %	2,1	15,5 %
<i>Teilsomme</i>		<i>13,3</i>	<i>100,0 %</i>	<i>8,5</i>	<i>63,8 %</i>
SUMME		13,3		100 %	

Kategorie der Untersuchungen		Häufigkeit je 1000 Einw.	Anteil Häufigkeit
Szintigrafien/ SPECT ±CT	Skelett	3,1	44 %
	Schilddrüse	0,4	5 %
	Nebenschilddrüse	0,2	2 %
	Pulmonale Perfusion	0,3	5 %
	Pulmonale Ventilation	0,2	2 %
	Myokard	2,0	28 %
	Nieren	0,3	4 %
	Gehirn	0,006	0,08 %
	Meckel-Divertikel	0,001	0,02 %
	Blutungsquelle	0,003	0,05 %
	Entzündung	0,012	0,16 %
	Lymphszintigraphie	0,7	9 %
	7,2	54 %	
PET/CT	PET Tumore	5,9	97 %
	PET Herz	0,2	3 %
	PET Gehirn	0,04	1 %
	6,1	46 %	
Alle Untersuchungen		133	100 %

Abbildung 4: Häufigkeiten der nuklearmedizinischen Untersuchungen im Jahr 2018



5 Ergebnisse zur Dosis pro radiologische Modalität

In diesem Kapitel werden die verschiedenen durchschnittlichen effektiven Dosen der Untersuchungen der verschiedenen Modalitäten vorgestellt. Es enthält dieselben detaillierten Angaben zu den Untersuchungskategorien oder zum untersuchten anatomischen Bereich wie in Kapitel 4.

5.1 Dosis der konventionellen Röntgenaufnahmen

Die konventionellen Röntgenaufnahmen, deren durchschnittliche Dosis ähnlich wie im 2013 ist, führten im Jahr 2018 zu einer Exposition von 0,140 mSv pro Kopf.

Tabelle 13: Durchschnittliche effektive Dosis für konventionelle Röntgenaufnahmen

Anatomische Bereiche	Häufigkeit je 1000 Einw.	Prozentualer Anteil Häufigkeit	Durchschn. Dosis pro Untersuchung nach anatomischem Bereich [mSv]	Beitrag Dosis pro anatomischer Bereich [mSv]
Schädel	4	0,8 %	0,3	0,003
Thorax/Lunge	115	26,1 %	0,045	0,012
Abdomen	9	2,1 %	1,15	0,024
Pelvis/Becken/Hüften	56	12,7 %	1,15	0,146
Extremitäten	219	49,8 %	0,01	0,005
Wirbelsäule	37	8,3 %	1,6	0,133
Alle Untersuchungen	439	100,0 %	Mittlere Dosis pro RX-Untersuchung	0,320
0,140 mSv pro Kopf				

5.2 Dosis in der Mammografie

Die Mammografie, deren durchschnittliche Dosis ähnlich wie im 2013 ist, führte im Jahr 2018 zu einer Exposition von 0,012 mSv pro Kopf.

Tabelle 14: Durchschnittliche effektive Dosis in der Mammografie

Kategorien	Häufigkeit je 1000 Einw.	Durchschn. Dosis [mSv]	Dosis pro Kopf [mSv]
Diagnostik	21,1	0,36	0,008
Screening	11,8	0,36	0,004
Alle Untersuchungen	32,9		0,012

5.3 Dosis für zahnärztlichen Röntgenaufnahmen

Zahnärztlichen Röntgenaufnahmen generierten im Jahr 2018 eine Exposition von 0,013 mSv pro Kopf, was der im Jahr 2013 berechneten Dosis ähnlich ist.

Tabelle 15: Durchschnittliche effektive Dosis für zahnärztlichen Röntgenaufnahmen

Kategorien	Häufigkeit je 1000 Einw.	Durchschnittliche Dosis nach Kategorie [mSv]	Dosis pro Kopf [mSv]
Intraorale Aufnahmen	489,6	0,02	0,010
OPG-Aufnahmen	94,4	0,02	0,002
CBCT-Aufnahmen	4,7	0,2	0,001
Alle Untersuchungen	588,7		0,013

5.4 Dosis für die Computertomografie

Die CT Untersuchungen, deren durchschnittliche Dosen aus verschiedenen schweizerischen DACS extrahiert wurden, generieren eine jährliche effektive Dosis von 0,96 mSv pro Kopf.

Tabelle 16: Durchschnittliche effektive Dosis für CT Untersuchungen

Anatomische Bereiche	Häufigkeit je 1000 Einw.	Prozentualer Anteil Häufigkeit	Durchschn. Dosis nach Code [mSv]	Beitrag Dosis jedes Codes [mSv]	Prozentualer Beitrag zur Dosis
CT Neurokranium	19,0	14,1 %	2,36	0,329	4,7 %
CT Gesichtsschädel und Nasennebenhöhlen	5,3	3,9 %	2,36	0,091	1,3 %
CT dental, pro Kiefer	0,2	0,2 %	0,6	0,001	0,01 %
CT Hals	7,7	5,7 %	2,1	0,112	1,7 %
CT Thorax oder Lungen	15,9	11,8 %	3,8	0,447	6,3 %
CT Oberbauch und gesamtes Abdomen	23,9	17,7 %	10,5	1,850	26,2 %
CT Thorax/Abdomen kombiniert	22,1	16,4 %	12,1	1,974	27,9 %
CT Becken und/oder Iliosakralgelenk	10,6	7,9 %	7,9	0,617	8,8 %
CT Wirbelsäule	15,9	11,8 %	10,7	1,261	17,7 %
CT Schultergelenk und/oder Oberarme	1,1	0,8 %	5,8	0,044	0,7 %
CT Ellbogengelenke und/oder Vorderarme	0,6	0,4 %	3,2	0,004	0,2 %
CT Handgelenke und/oder Hand/Hände	1,3	1,0 %	1,9	0,019	0,3 %
CT Hüfte und/oder Oberschenkel	3,6	2,6 %	11,0	0,273	4,1 %
CT Kniegelenk und/oder Unterschenkel	4,3	3,2 %	2,7	0,085	1,2 %
CT Fuss/Füsse und/oder Sprunggelenke	3,4	2,5 %	0,06	0,002	0,02 %
Alle Untersuchungen	135,0	100,0 %	durchschn. Dosis pro CT	7,1	100,0 %
			0,96 mSv pro Kopf		

5.5 Dosis für Durchleuchtungen

Durchleuchtungen generierten im Jahr 2018 eine Exposition von 0,259 mSv pro Kopf, was der im Jahr 2013 berechneten Dosis ähnlich ist. Die diagnostische interventionelle Radiologie trug 45 Prozent zu dieser Dosis bei, gefolgt von der therapeutischen interventionellen Radiologie mit etwa 40 Prozent. Konventionelle Durchleuchtungen machten nur 17 Prozent der Exposition aus.

Tabelle 17: Durchschnittliche effektive Dosen der Durchleuchtungen

Kategorien	Häufigkeit je 1000 Einw.	durchschn. Dosis [mSv]	Dosis pro Kopf [mSv]	Prozentualer Beitrag Dosis	
Konventionell	5,5	8,0	0,044	17,0 %	17,0 %
Interventionell-diagnostisch					
• KA	6,2	14,0	0,087	33,6 %	45,2 %
• sonstige	3,7	8,0	0,030	11,6 %	
Interventionell-therapeutisch					
• PTCA	3,0	20,0	0,060	23,2 %	37,9 %
• sonstige	1,9	20,0	0,038	14,7 %	
Alle Untersuchungen	20,3		0,259	100,0 %	

5.6 Dosis in der Nuklearmedizin

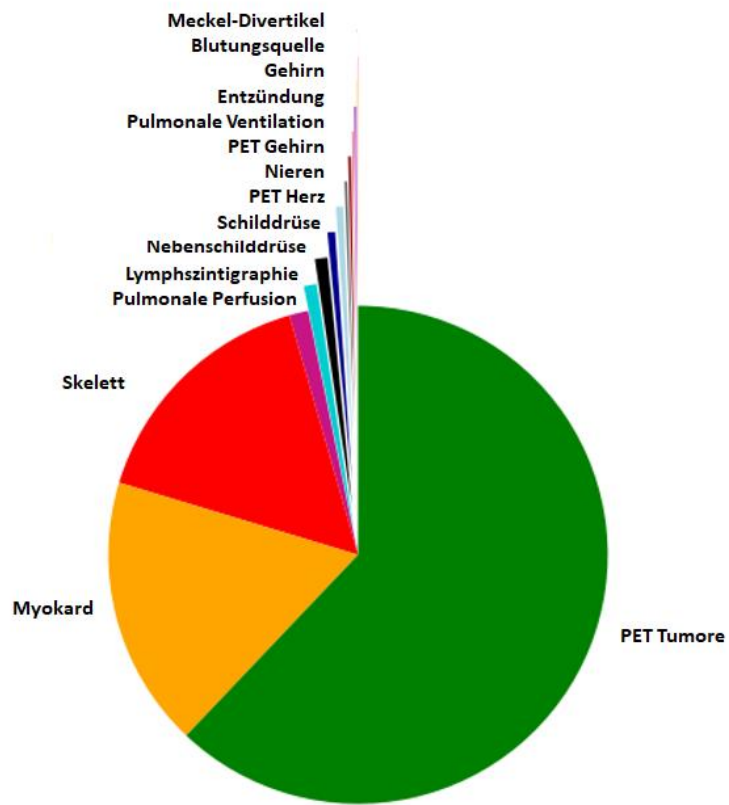
Die Nuklearmedizin führte im Jahr 2018 zu einer Exposition von 0,107 mSv pro Kopf. Dabei stammen 60 Prozent Beitrages zur Dosis in der Nuklearmedizin von Radiopharmazeutika und 40 Prozent von begleitenden CT Untersuchungen. Die Szintigrafien sowie die SPECT- und SPECT/CT trugen 37,4 Prozent der Pro-Kopf-Dosis bei, während 62,6 Prozent auf PET/CT entfielen.

Tabelle 18: Beitrag Dosis der nuklearmedizinischen Verfahren im Jahr 2018

		Radiopharmazeutika		CT		
		Dosis pro Kopf [mSv]	Beitrag Dosen	Dosis pro Kopf [mSv]	Beitrag Dosen	
Szintigrafien/ SPECT ±CT		0,035	32,9 %	0,005	4,5 %	37,4 %
PET	CT zur Schwächungskorrektur	0,018	17,3 %	0,021	20,0 %	37,3 %
	CT mit diagnostischer Qualität	0,010	9,2 %	0,017	16,1 %	25,3 %
<i>Teilsumme</i>		<i>0,063</i>	<i>59,4 %</i>	<i>0,043</i>	<i>40,6 %</i>	
SUMME		0,107		100 %		

Kategorie		Häufigkeit je 1000 Einw.	Beitrag Dosis Pharmazeutika [man.Sv]	%	Beitrag Dosis CT [man.Sv]	%	
Szintigrafien/ SPECT ±CT	Skelett	3,1	107,6	36 %	36,8	90 %	
	Schilddrüse	0,4	4,30	1 %	0,15	0,4 %	
	Nebenschilddrüse	0,2	7,03	2 %	0,58	1 %	
	Pulmonale Perfusion	0,3	5,59	2 %	1,77	4 %	
	Pulmonale Ventilation	0,2	0,55	0,18 %	0,41	1 %	
	Myokard	2,0	160,14	53 %			
	Nieren	0,3	1,67	0,56 %			
	Gehirn	0,006	0,27	0,09 %			
	Meckel-Divertikel	0,001	0,02	0,01 %			
	Blutungsquelle	0,003	0,15	0,05 %			
	Entzündung	0,012	0,88	0,29 %			
	Lymphszintigraphie	0,7	11,14	4 %	1,21	3 %	
	7,2	299,3	55 %	41,0	11 %		
PET/CT	PET Tumore	5,9	237,32	98 %	327,10	99 %	
	PET Herz	0,2	2,54	1 %	1,67	1 %	
	PET Gehirn	0,04	1,52	0,6 %	0,05	0,01 %	
		6,1	241,4	45 %	328,8	89 %	
Alle Untersuchungen			13,3	540,7	100 %	369,8	100 %
				59,4 %		40,6 %	
0,107 mSv je Einw.							

Abbildung 5: Beiträge zur Dosis der nuklearmedizinischen Verfahren im Jahr 2018



6 Exposition der Schweizer Bevölkerung im Jahr 2018

6.1 Allgemeine Beurteilung

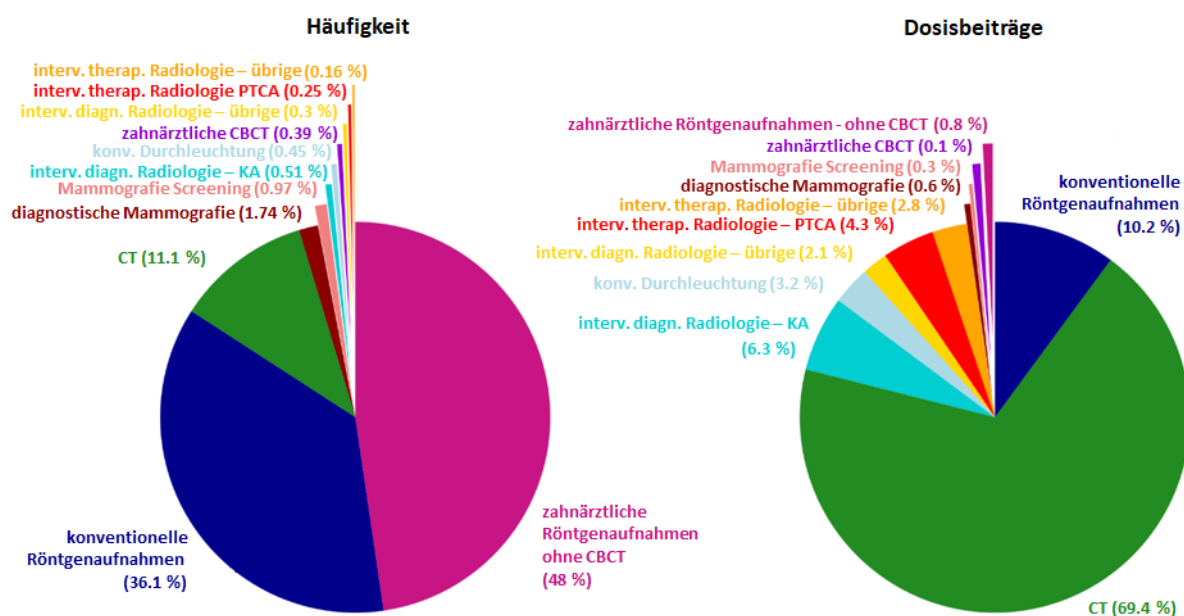
Für das Jahr 2018 wurde die Anzahl der in der Schweiz durchgeführten radiologischen «Untersuchungen» auf mehr als 10,5 Millionen geschätzt. Dies entspricht etwa 1'229 radiologischen Untersuchungen je 1000 Schweizer Einwohner/innen. Diese generierten eine jährliche effektive Dosis von etwa 1,485 mSv pro Kopf, oder etwa 1,380 mSv ohne den Beitrag der Nuklearmedizin.

6.2 Beitrag der verschiedenen Modalitäten zur Häufigkeit sowie zur kollektiven effektiven Dosis

Detaillierte Angaben zu jeder Modalität werden in der

Tabelle 19 präsentiert. Abbildung 6 und Abbildung 7 präsentieren die Beiträge zur Häufigkeit und Dosis der verschiedenen Modalitäten.

Abbildung 6: Beiträge der verschiedenen Modalitäten (ohne Nuklearmedizin) zur Häufigkeit und Dosis im Jahr 2018



Die zahnärztlichen Röntgenaufnahmen, die konventionellen Röntgenaufnahmen und CT Untersuchungen stellten mit 48,03 Prozent, 36,11 Prozent bzw. 11,10 Prozent die am häufigsten angewendeten Modalitäten dar. Der grösste Teil der kollektiven effektiven Dosis kam durch die drei Modalitäten CT, konventionelle Röntgenaufnahmen und diagnostische interventionelle Radiologie, sei sie kardiologisch oder nicht, zustande, wobei diese Modalitäten jeweils für die folgenden Prozentsätze verantwortlich waren: 69,4 Prozent, 10,2 Prozent und 8,4 Prozent.

Abbildung 7: Beitrag der verschiedenen Modalitäten, einschliesslich der Nuklearmedizin, zur Häufigkeit und Dosis im Jahr 2018

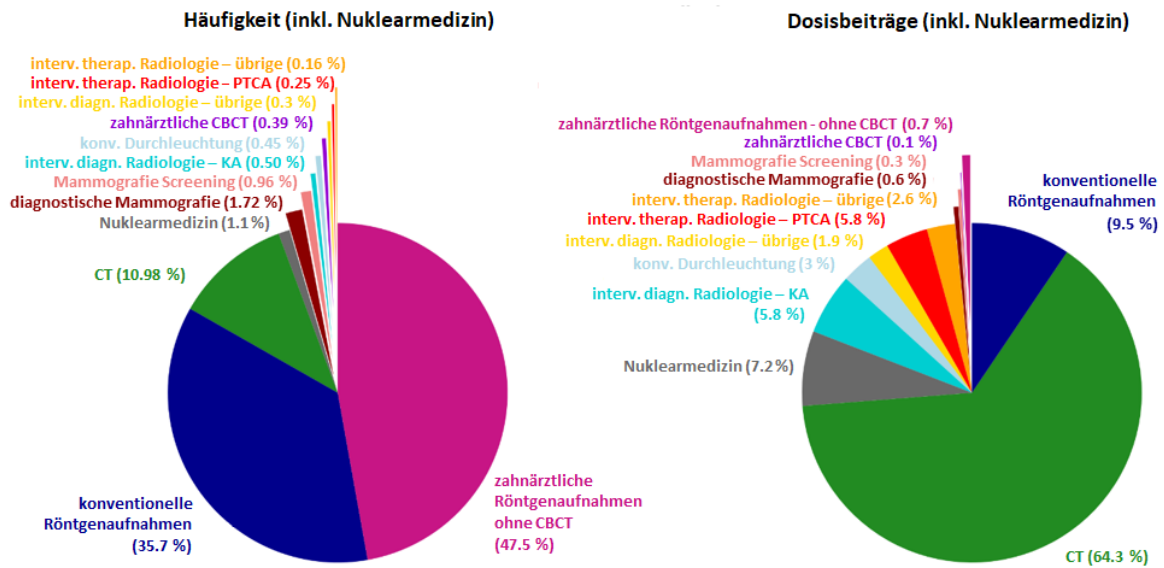


Tabelle 19: Beitrag der verschiedenen Modalitäten zur Häufigkeit und Dosis im Jahr 2018

Modalitäten	Häufigkeitsvektor je 1000 Einw.	Anteil Häufigkeit	durchschn. Dosis [mSv]	Dosis pro Kopf [mSv]	Beitrag Dosis
konventionelle RX	439	36,11 %	0,32	0,140	10,2 %
Mammografie MG					
• Diagnostik	21,1	1,74 %	0,36	0,008	0,6 %
• Screening	11,8	0,97 %	0,36	0,004	0,3 %
zahnärztliche RX ohne CBCT	584	48,03 %	0,02	0,012	0,8 %
• CBCT	4,7	0,39 %	0,20	0,001	0,1 %
Computertomographie CT	135	11,10 %	7,08	0,956	69,4 %
konv. Durchleuchtung	5,5	0,45 %	8,00	0,044	3,2 %
Interventionell-diagnostische Radiologie					
• KA	6,2	0,51 %	14,00	0,086	6,3 %
• übrige	3,7	0,30 %	8,00	0,029	2,1 %
Interventionell-therapeutische Radiologie					
• PTCA	3,0	0,25 %	20,00	0,060	4,3 %
• übrige	1,9	0,16 %	20,00	0,038	2,8 %
Summe Röntgenbildgebung	1215,8	100 % / 98,9 %		1,378	100 % / 92,8 %
Nuklearmedizin NM	13,3	– / 1,1 %		0,107	– / 7,2 %
Röntgenbildgebung und NM	1229,1	– / 100 %		1,485	– / 100 %

6.3 Entwicklung der Exposition der Schweizer Bevölkerung seit 2013 und internationaler Vergleich

Zwischen 2013 und 2018 wurde ein Rückgang der Häufigkeit von konventionellen Röntgenaufnahmen sowie Durchleuchtungen um 7 Prozent bzw. 21 Prozent festgestellt. Die CT Untersuchungen trugen im Jahr 2018 immer noch fast 1 mSv pro Kopf bei, obwohl die durchschnittliche Dosis pro Untersuchung in den letzten fünf Jahren leicht gesunken war. Die Häufigkeit der CT Untersuchungen hat dagegen um 15 Prozent zugenommen. In diesen fünf Jahren stieg zudem die Häufigkeit der diagnostischen interventionellen Radiologie um 19 Prozent an. Alle anderen radiologischen Modalitäten blieben relativ stabil, sowohl in Bezug auf die Häufigkeit als auch auf die Dosis. Ohne die Nuklearmedizin einzubeziehen war ein Rückgang der Anzahl der Untersuchungen je 1000 Einwohner/innen um weniger als ein Prozent sowie ein Rückgang der Exposition der Bevölkerung durch medizinische Bildgebung um 3 Prozent zu beobachten. Die Werte für 2013 und 2018 sind in der Tabelle 20 dargestellt. Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der Projektionsmethoden zu den Häufigkeiten kann gesagt werden, dass sich die durchschnittliche effektive Dosis zwischen 2013 und 2018 nicht verändert hat.

Tabelle 20: Entwicklung der verschiedenen Modalitäten bezgl. Häufigkeit und Dosis zwischen 2013 und 2018

Modalitäten	Häufigkeiten je 1000 Einw.		Dosis pro Kopf [mSv]	
	2013	2018	2013	2018
konventionelle RX	473	439	0,151	0,140
Mammografie MG				
_Diagnostik	20	21,1	0,007	0,008
_Screening	11	11,8	0,004	0,004
Zahnärztliche RX ohne CBCT	572	584	0,011	0,012
_CBCT	6	4,7	0,001	0,001
Computertomographie CT	117	135	1,000	0,956
Konv. Durchleuchtung	7	5,5	0,059	0,044
Interventionell-diagnostische Radiologie				
__KA	6	6,2	0,080	0,086
__sonstige	2	3,7	0,017	0,029
Interventionell-therapeutische Radiologie				
__PTCA	3	3,0	0,054	0,060
__sonstige	2	1,9	0,034	0,038
Total Röntgenbildgebung	1219	1215,8	1,42	1,38

Tabelle 21: Jahresdosen [mSv] pro Kopf für verschiedene Modalitäten aus den verschiedenen internationalen Publikationen

	CH 2008	FR 2012	CH 2013	DE 2014	AT 2015	US 2016	FR 2017	CH 2018
Röntgenaufnahmen und Durchleuchtung	0,36	0,34	0,41	0,60	*	0,47	0,22	0,41
Zahnärztliche Röntgenaufnahmen	0,01	0,003	0,01	0,01	*	0,04	0,004	0,013
Computertomographie	0,80	1,14	1,00	1,00	1,10	1,32	1,14	0,956
Summe ohne NM	1,20	1,47	1,42	1,61	*	1,84	1,36	1,38

* Österreich ohne zahnärztliche Röntgenaufnahmen und mit unvollständigen Daten zur interventionellen Radiologie.

Die Schweizer Werte für 2018 liegen nahe bei den in Deutschland veröffentlichten Werten für 2014 (24); Österreich für 2015 (25), USA für 2016 (26) sowie Frankreich für 2017 (27).

Während die Häufigkeit von Röntgenaufnahmen, Mammografien und zahnärztlichen Röntgenaufnahmen auf internationaler Ebene stabil bleibt, hat die Häufigkeit der Computertomographien zugenommen, wobei in der Schweiz in den letzten 10 Jahren ein Anstieg von 33,6 Prozent zu verzeichnen war. In Deutschland waren es 40 Prozent (24) in 7 Jahren; in den USA 7,8 Prozent in 10 Jahren (3) und in Frankreich 46 Prozent in 5 Jahren (27). In der Tabelle 22 die Häufigkeiten der Computertomographien je Einwohner/innen der verschiedene internationalen Publikationen dargestellt. CT als Teil von hybriden nuklearmedizinischen Techniken, wurden dabei nicht berücksichtigt.

Tabelle 22: Häufigkeiten der CT Untersuchungen je 1000 Einw.: verschiedene internationalen Publikationen

	US 2006	DE 2007	CH 2008	FR 2012	CH 2013	DE 2014	AT 2015	US 2016	FR 2017	CH 2018
CT Untersuchungen je 1000 Einw.	206	100	101	104	117	~140	166	~222	152	135 (160)*

*In Klammern: Bruttohäufigkeit der CT Untersuchungen in der Schweiz ohne Konsolidierung kombinierter Untersuchungen.

Wie im Kapitel «3.2.2 Spezifität für die » beschrieben, wurden für die vorliegende Studie die TARMED-CT-Daten konsolidiert, um die Anzahl der Untersuchungen zu identifizieren, bei denen zwei oder mehr nahe liegende Bereiche kombiniert wurden. Dabei ging es insbesondere darum, Thorax/Abdomen-CTs von Thorax-CTs, Abdomen-CTs und Oberbauch-CTs abzugrenzen. Der in der Tabelle 22 in Klammern aufgeführte Wert entspricht der nationalen Bruttohäufigkeit der CT Untersuchungen je 1000 Einwohner/innen. Ohne Korrektur würde die Zunahme der CT Untersuchungen in der Schweiz in 10 Jahren 58,4 Prozent betragen, oder 36,8 Prozent in 5 Jahren.

6.4 Vergleich der durch konventionelle Röntgenaufnahmen und CT Untersuchungen exponierten Bevölkerung mit der Schweizer Wohnbevölkerung im Jahr 2018

Aus den Daten der TARMED-Abrechnungs-codes kann die Verteilung der Häufigkeiten der Untersuchungen nach Altersgruppen, extrahiert werden. Da es jedoch keine eindeutige Patienten-kennung gibt, ist diese Analyse nicht vollständig identisch mit der Altersverteilung der Patientinnen und Patienten, bei denen konventionelle Röntgenaufnahmen und CT Untersuchungen durchgeführt wurden.

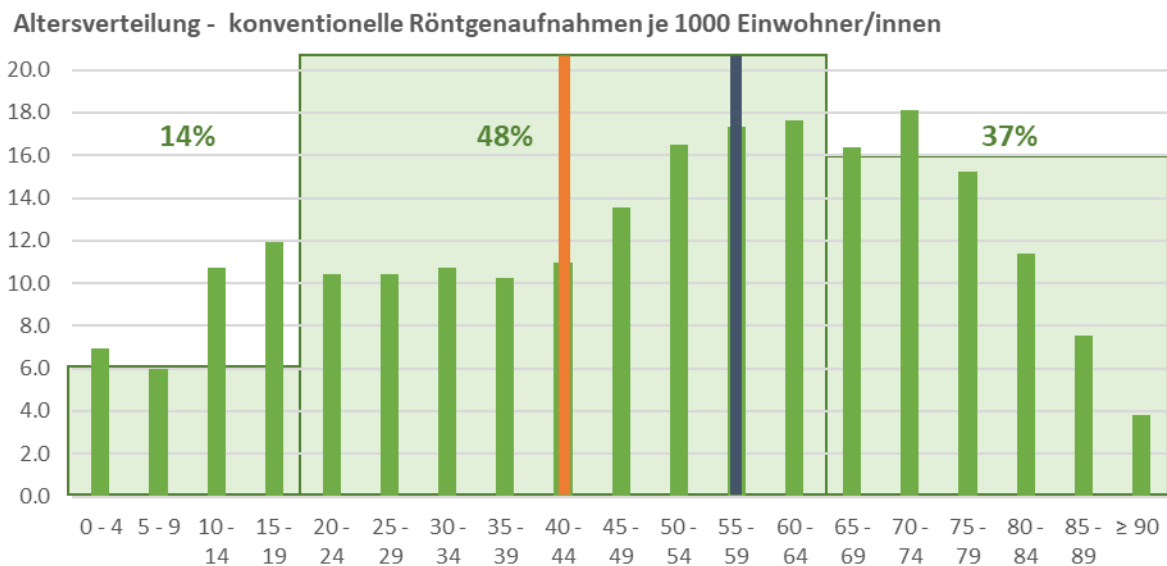
Im Jahr 2018 lag das mediane Alter der Schweizer Bevölkerung bei 42,8 Jahren (27), wobei jeweils 20 Prozent der Einwohner/innen jünger als 20 Jahre, 19 Prozent 65 Jahre und älter; und 62 Prozent zwischen 20 und 64 Jahre alt waren.

Tabelle 23: Anteile der Wohnbevölkerung und der tatsächlich exponierten Bevölkerung für drei Altersgruppen

Altersgruppen	Wohnbevölkerung im Jahr 2018	RX - exponierte Bevölkerung	CT - exponierte Bevölkerung
0 bis 19 Jahre	20 %	14 % (- 6 %)	3 % (-17 %)
20 bis 64 Jahre	62 %	48 % (-14 %)	47 % (-15 %)
≥ 65 Jahre	19 %	37 % (+18 %)	50 % (+31 %)
Medianes Alter	42,8 Jahre	55,5 Jahre	65,5 Jahre

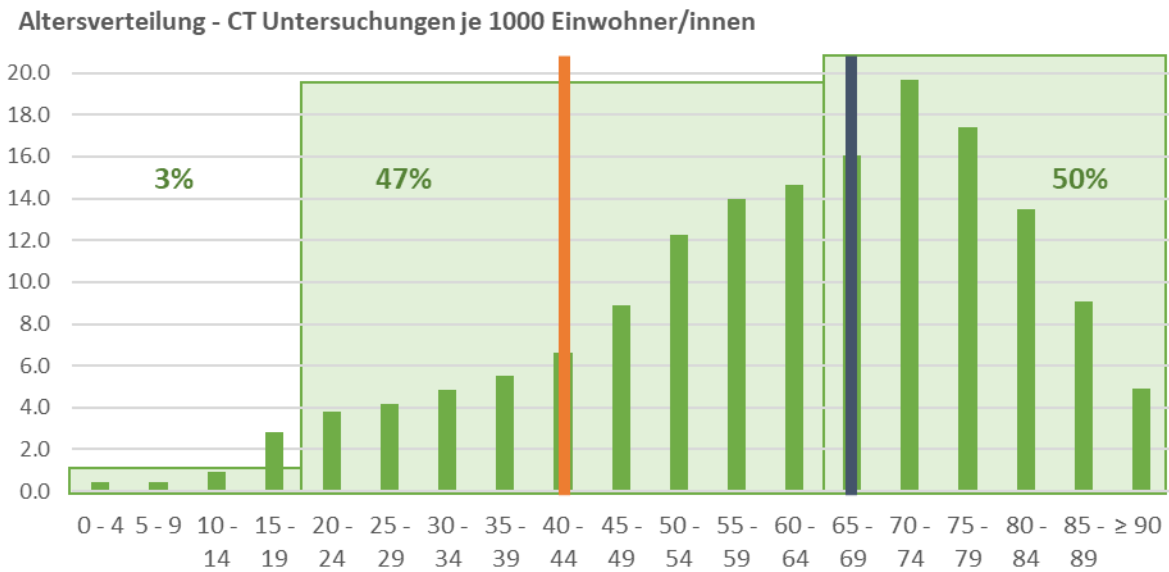
Das mediane Alter (blaue Linie) der Bevölkerung, die 2018 durch konventionelle Röntgenaufnahmen tatsächlich exponiert wurde, betrug 55,5 Jahre. Lediglich 14 Prozent der exponierten Patientinnen und Patienten waren jünger als 20 Jahre und nur 48 Prozent waren zwischen 20 und 64 Jahre alt. Patientinnen und Patienten im Alter von 65 Jahren und älter machten 37 Prozent der Patientenpopulation der konventionellen Röntgenaufnahmen aus, während sie nur 19 Prozent der Schweizer Wohnbevölkerung stellten.

Verteilung A: Konventionelle Röntgenaufnahmen - exponierte Bevölkerung, medianes Alter der Wohnbevölkerung (orange) und medianes Alter der exponierten Bevölkerung (blau)



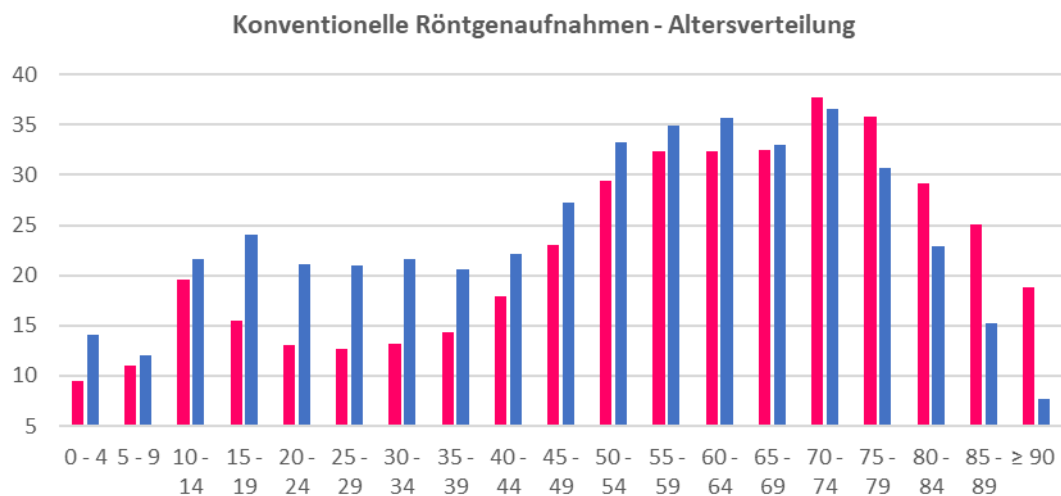
Das mediane Alter (blaue Linie) der Bevölkerung, die 2018 durch CT Untersuchungen tatsächlich exponiert wurde, betrug 65,5 Jahre. Lediglich 3 Prozent der exponierten Patientinnen und Patienten waren jünger als 20 Jahre und nur 47 Prozent zwischen 20 und 64 Jahre alt. Patientinnen und Patienten im Alter von 65 Jahren und älter machten 50 Prozent der Patientenpopulation der CT Untersuchungen aus, während sie nur 19 Prozent der Schweizer Wohnbevölkerung stellten.

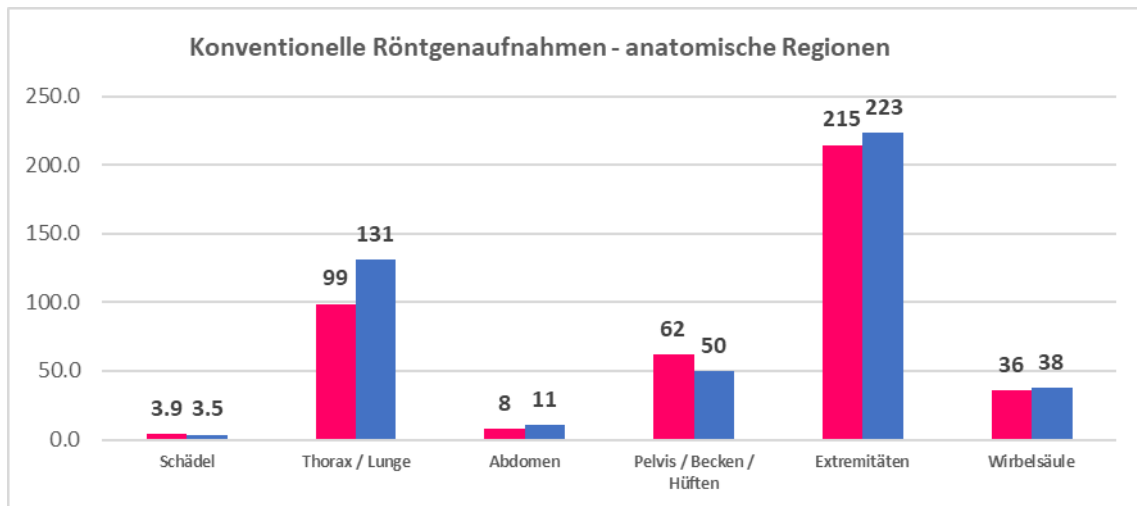
Verteilung B: CT Untersuchungen - exponierte Bevölkerung, medianes Alter der Wohnbevölkerung (orange) und medianes Alter der exponierten Bevölkerung (blau)



6.5 Verteilung der Exposition nach Alter, Geschlecht und anatomischem Bereich für konventionelle Röntgenaufnahmen

Verteilungen C: Konventionelle Röntgenaufnahmen je 1000 Schweizerinnen (rot) und 1000 Schweizer (blau)





Die Analyse der projizierten Waadtländer TARMED-Daten erlaubt uns die folgenden Feststellungen:

Im Jahr 2018 wurden in der Schweiz bei männlichen Patienten etwa 7,8 Prozent mehr konventionelle Röntgenaufnahmen vorgenommen, wobei etwa 456 Untersuchungen je 1000 Männer und 423 Untersuchungen je 1000 Frauen durchgeführt wurden.

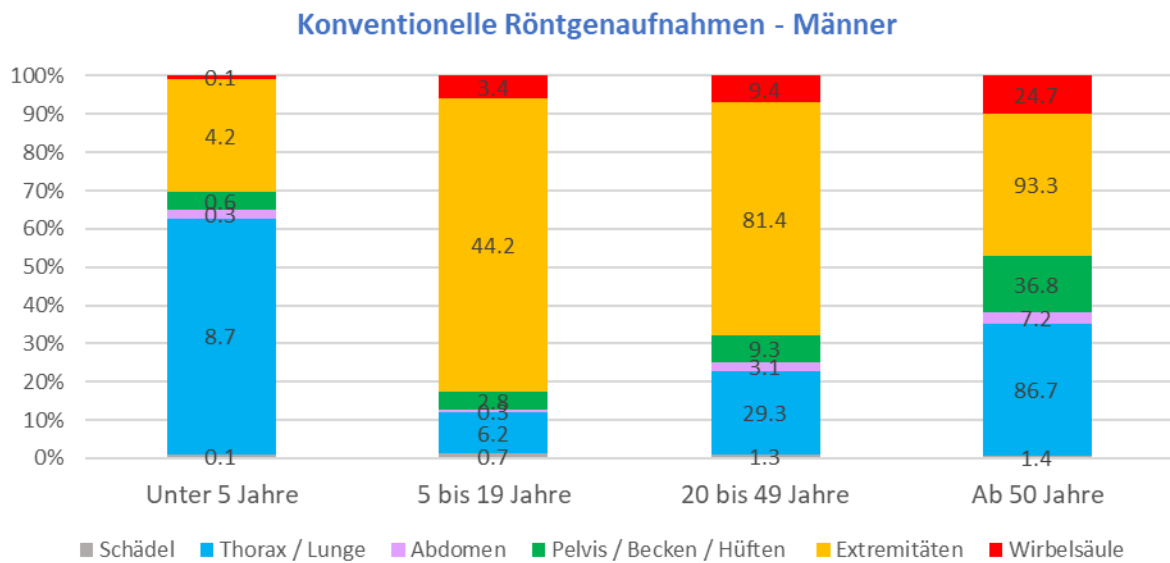
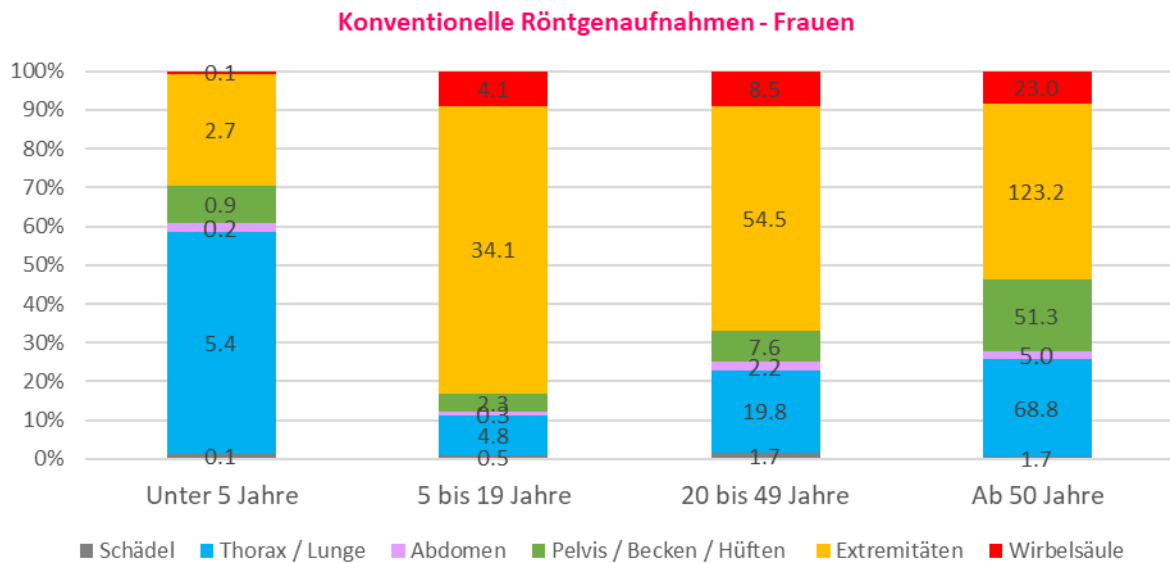
Diese radiologischen Untersuchungen wurden am häufigsten bei Patientinnen und Patienten im Alter zwischen 70 und 74 Jahren durchgeführt, wobei bei dieser Altersgruppe im Durchschnitt 38 Untersuchungen je 1000 Schweizerinnen und 37 Untersuchungen je 1000 Schweizer erfolgt sind.

Die am häufigsten untersuchten Bereiche waren die Extremitäten und der Thorax jeweils 74 Prozent bei den Frauen und 78 Prozent bei den Männern (Verteilungen C).

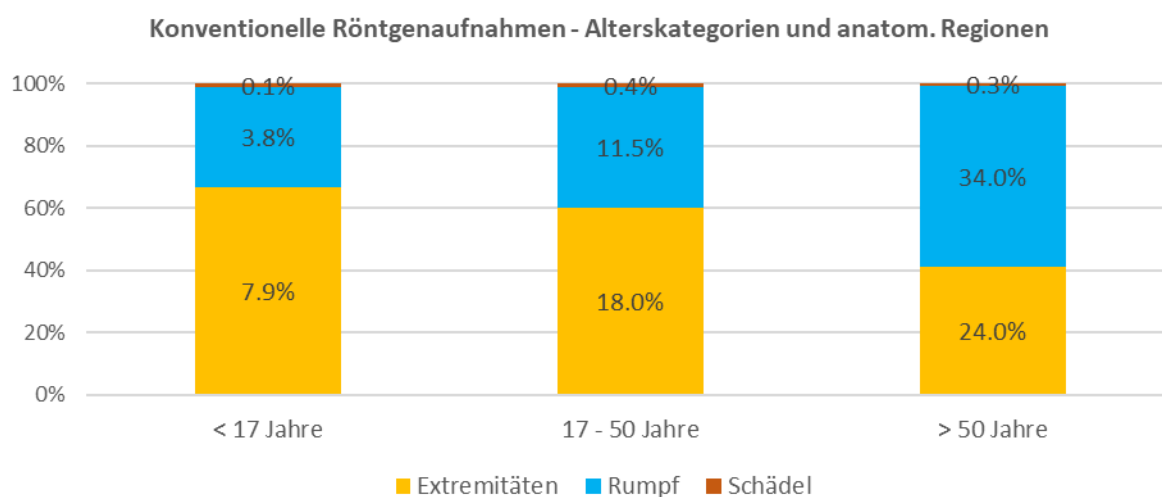
Die in der Verteilung D präsentierten Daten ermöglichen folgende Feststellungen:

- Die Exposition durch konventionellen Röntgenaufnahmen von Patientinnen und Patienten unter fünf Jahren betraf hauptsächlich den Thorax mit 57 Prozent bei den Mädchen und 62 Prozent bei den Jungen. Im Jahr 2013 lagen diese Zahlen bei 71 Prozent resp. 74 Prozent.
- Bei Kindern im Alter von fünf Jahren und älter werden vorwiegende konventionelle Röntgenaufnahmen der Extremitäten durchgeführt - 74 Prozent bei Mädchen und 77 Prozent bei Jungen.
- Bei Erwachsenen unter 50 Jahren werden ebenfalls vorwiegend Extremitäten geröntgt, gefolgt vom Thorax, wobei diese durchschnittlich 59,5 Prozent bzw. 21,5 Prozent der untersuchten anatomischen Bereiche stellen. Im Jahr 2013 lagen diese Zahlen bei 52 Prozent und 34 Prozent. In 5 Jahren hat die Exposition der Extremitäten um etwa 7 Prozent zugenommen, während die Exposition des Thorax um etwa 12 Prozent zurückgegangen ist.
- Ab dem Alter von 50 Jahren sind es wieder die Extremitäten, die mit 45 Prozent bei Frauen und 37 Prozent bei Männern dominieren. Die Exposition des Thorax sank über 5 Jahre von 42 Prozent auf 25 Prozent bei Frauen und von 59 Prozent auf 35 Prozent bei Männern.
- Bei den konventionellen Röntgenaufnahmen von Thorax und Extremitäten stellen Männer die Mehrheit der Exponierten, wobei bei ihnen die Thorax-Untersuchungen fast um 32 Prozent häufiger vorgenommen werden. Was die Röntgenaufnahmen der Beckenknochen oder der Hüften anbelangt, so wurden mehr Frauen untersucht, wobei bei ihnen 20 Prozent mehr Untersuchungen durchgeführt wurden. Hinsichtlich anderer Bereiche ist der Unterschied in der Exposition von Schweizerinnen und Schweizern minimal.

Verteilung D - konventionelle Röntgenaufnahmen nach anatomischen Bereichen und Altersgruppen je 1000 Einwohner/innen



Verteilung E



Die Verteilung E zeigt, dass junge Menschen im Alter von 0 bis 16 Jahren jeweils etwa 12 Prozent der durch konventionelle Röntgenaufnahmen exponierten Patienten ausmachen. Vorwiegend werden bei ihnen Extremitäten geröntgt. Patientinnen und Patienten zwischen 17 und 50 Jahren machen 30 Prozent aus, wobei auch bei ihnen vor allem die Extremitäten untersucht werden. Patientinnen und Patienten über 50 Jahre machen 58 Prozent der Patientenpopulation aus. In dieser Altersgruppe betreffen die Röntgenaufnahmen hauptsächlich den Rumpf und die Extremitäten. Schädel, Rumpf und Extremitäten machen 49,8 Prozent, 49,3 Prozent bzw. 0,8 Prozent der anatomischen Regionen aus, die durch die konventionellen Röntgenaufnahmen exponiert wurden.

6.6 Verteilung der Exposition nach Alter, Geschlecht und anatomischem Bereich für CT Untersuchungen

Die erzielten Ergebnisse sind in Verteilung F, Verteilung G und, Verteilung H zusammenfassend dargestellt. Die Datenanalyse hat aufgezeigt, dass im Jahr 2018 in der Schweiz 172 nicht kombinierte CT Untersuchungen¹ auf 1000 Männer und 148 entsprechende Untersuchungen auf 1000 Frauen kamen. Somit wurden Männer um 16 Prozent häufiger CT Untersuchungen unterzogen.

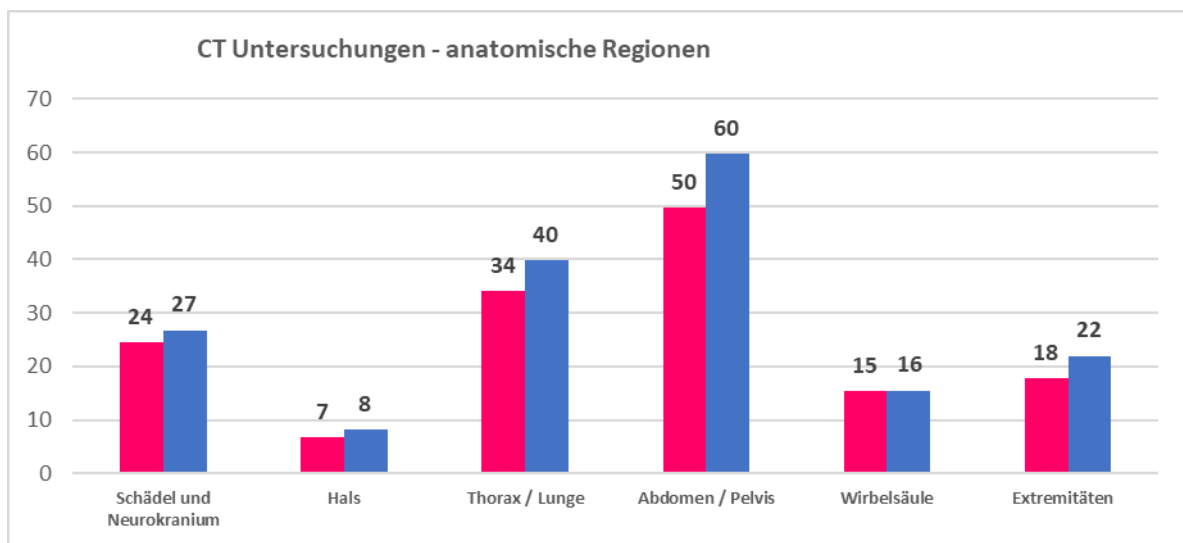
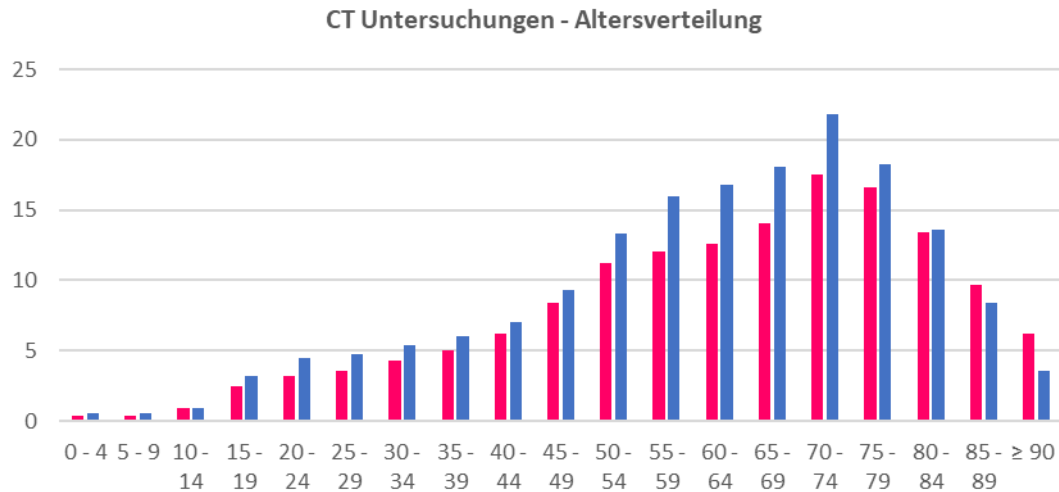
Diese Modalität kam am häufigsten bei Schweizer Patientinnen und Patienten im Alter von 70 bis 74 Jahren zur Anwendung, wobei in dieser Altersgruppe jeweils 18 CT Untersuchungen pro 1000 Frauen und 22 CT Untersuchungen pro 1000 Männer durchgeführt wurden.

- Die Mehrheit der CT Untersuchungen der Bereiche Neurokranium, Thorax, Abdomen-Becken, Extremitäten, Hals und Wirbelsäule werden in der Schweiz bei Männern durchgeführt, vorwiegend im Alter zwischen 50 und 79 Jahren für die ersten vier oben erwähnten Bereiche (ca. 11,9 vs. 9,7; 27,2 vs. 22,2; 38,7 vs. 29,7 bzw. 13,2 vs. 10,5 Sitzungen pro 1000 Einwohner).
- Bei Schweizerinnen ab dem 85. Lebensjahr werden dagegen mehr CT Untersuchungen durchgeführt.
- Die Exposition aufgrund von CT Untersuchungen von Patientinnen und Patienten unter 5 Jahren betrifft hauptsächlich den Schädel und das Neurokranium; bei Mädchen liegt sie bei 52 Prozent und bei Jungen bei 48 Prozent.

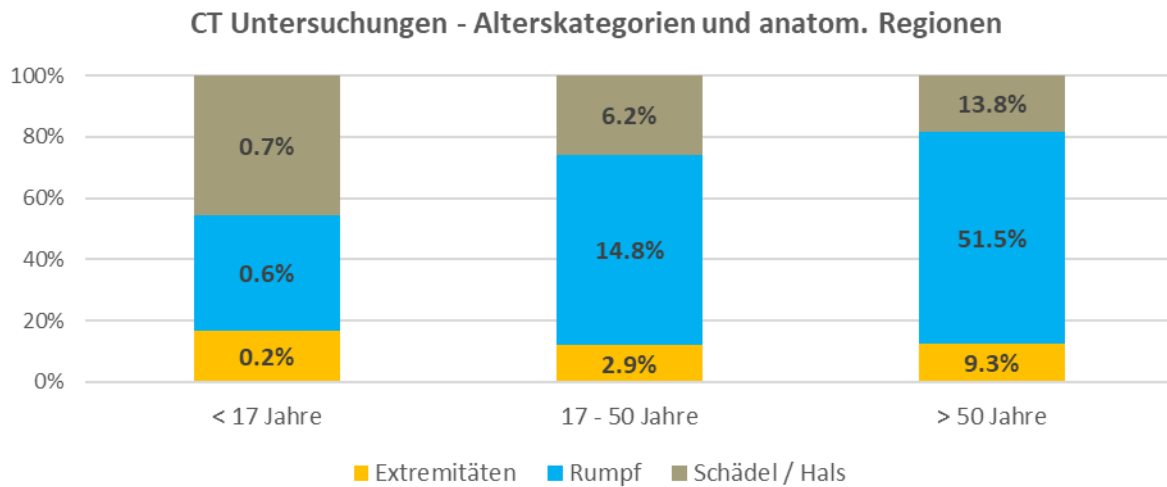
¹ Anmerkung BAG - vor der Korrektur der TARMED-CT-Daten bezgl. Anzahl Untersuchungen

- Bei Kindern ab 5 Jahren betrifft die Exposition durch CT Untersuchungen ebenfalls hauptsächlich den Schädel und das Neurokranium, gefolgt, in abnehmender Reihenfolge, von Abdomen-Becken, Extremitäten und Thorax (mit durchschnittlich 36,5 Prozent, 19 Prozent, 18,5 Prozent bzw. 12 Prozent aller anatomischen Bereiche).
- Bei Erwachsenen über 20 Jahre wird das Abdomen häufiger exponiert, gefolgt von Schädel und Neurokranium und Thorax (mit durchschnittlich 34,5 Prozent, 20,5 Prozent bzw. 18 Prozent aller anatomischen Bereiche).

Verteilung F: nicht kombinierte CT Untersuchungen je 1000 Schweizerinnen (rot) und 1000 Schweizer (blau)



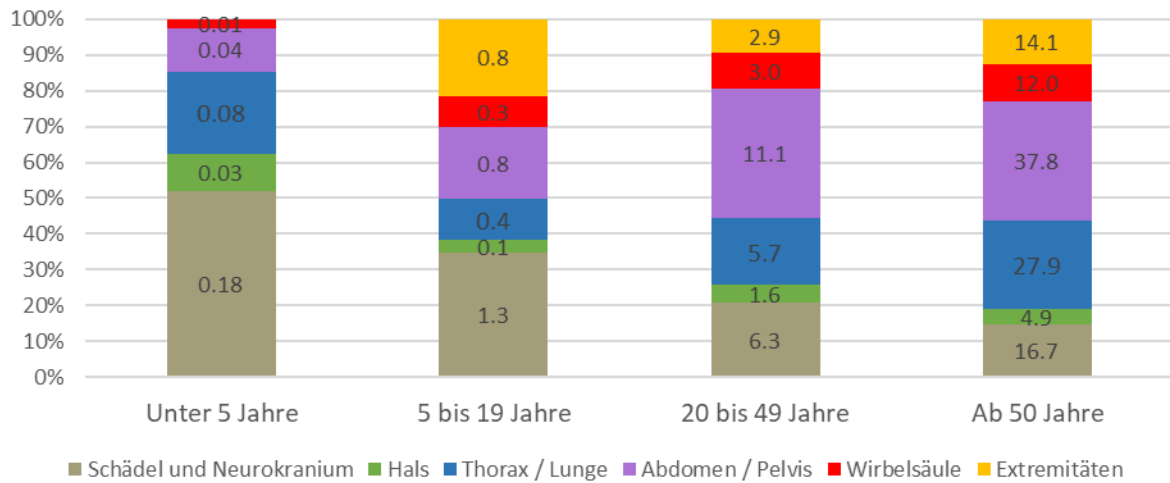
Verteilung G



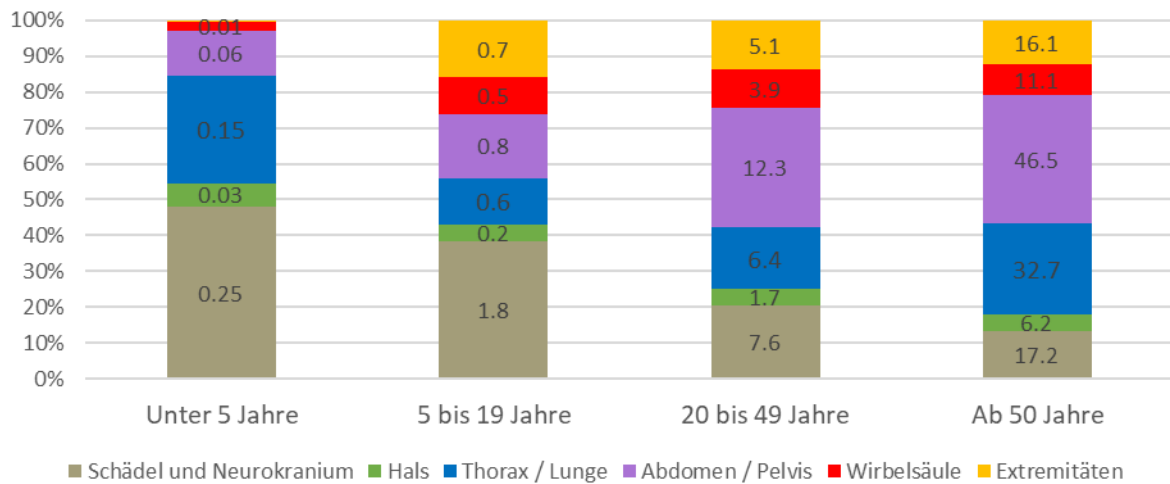
Verteilung G zeigt, dass jeweils junge Menschen im Alter von 0 bis 16 Jahren weniger als 2 Prozent der durch CT Untersuchungen exponierten Patientinnen und Patienten ausmachen. In fast 50 Prozent der Fälle handelt sich dabei um Untersuchungen des Schädels und des Halses. Patienten im Alter von 17 bis 50 Jahren machen 24 Prozent aus, wobei bei ihnen in mehr als 50 Prozent der Fälle der Rumpf untersucht wurde. Patienten über 50 Jahre stellten schliesslich 75 Prozent dieser Patientenpopulation. Auch bei ihnen wurde vorwiegend der Rumpf (69 Prozent) untersucht. Schädel, Rumpf und Extremitäten machen 12 Prozent, 67 Prozent bzw. 21 Prozent der Bereiche aus, die durch die CT Untersuchungen exponiert wurden.

Verteilung H: nicht kombinierte CT Untersuchungen nach anatomischen Bereichen und Altersgruppen je 1000 Einwohner/innen

CT Untersuchungen - Frauen



CT Untersuchungen - Männer



7 Fazit

Die aktualisierte Erhebung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die medizinische Bildgebung zeigt, dass diese seit 2013 stabil geblieben ist. Die effektive Pro-Kopf-Dosis ist 1,42 mSv auf 1,38 mSv gesunken. Dabei ist der Wert für das Jahr 2018 statistisch robuster, da die Stichprobe erheblich grösser war. Zu beachten ist zudem, dass die Anzahl der Untersuchungen pro Kopf ebenfalls relativ stabil geblieben ist. Während die Häufigkeit der diagnostischen interventionellen Radiologie angestiegen ist, verzeichnete die Anzahl der konventionellen Röntgenaufnahmen Durchleuchtungen einen Rückgang. Der Beitrag zur Dosis durch CT Untersuchungen blieb stabil, wobei der Anstieg ihrer Häufigkeit durch den Rückgang der für diese Modalität erfassten durchschnittlichen Dosis ausgeglichen wurde. Diese Ergebnisse sind mit den Studien auf internationaler Ebene vergleichbar.

Das Besondere an dieser Erhebung ist, dass die Entwicklung der der Bildgebung in der Nuklearmedizin ebenfalls für das Jahr 2018 evaluiert worden sind. Während ihr Beitrag an der effektiven Dosis im Vergleich zur radiologischen Bildgebung gering ist, sollte beachtet werden, dass zwischen 2010 (Datum der letzten Erhebung) und 2018 die durchschnittliche jährliche effektive Dosis bei einer relativ stabilen Untersuchungshäufigkeit von 0,060 auf 0,107 mSv angestiegen ist (12,3 je 1000 Einw. im Jahr 2010 gegenüber 13,3 je 1000 Einw. im Jahr 2018).

Literaturverzeichnis

1. *Directive 2013/59/EURATOM du Conseil du 5 décembre 2013. Conseil de l'Union Européenne.* 2014, Journal officiel de l'Union européenne, pp. 13/1-73.
2. *European trends in radiology: investigating factors affecting the number of examinations and the effective dose.* **Masjedi, Hamidreza, et al.** 2020, La radiologia medica, pp. 296–305.
3. *Patient Exposure from Radiologic and Nuclear Medicine Procedures in the United States: Procedure Volume and Effective Dose for the Period 2006–2016.* **Mettler, F.A., et al.** 2020, Radiology, pp. 00/ 1-10.
4. **LeCoutre, R., et al.** Exposition de la population suisse aux rayonnements ionisants en radiologie médicale en 2013. *RADdose.* [En ligne] 2015. <https://survey.raddose.ch/Raddose>.
5. *Exposure of the swiss population by medical x-rays: 2008 review.* **Theano Samara, Eleni, Aroua, Abbas, et al.** 2012, Health Physics, pp. 263-270.
6. **EUROPEAN COMMISSION . RADIATION PROTECTION N° 154 : European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures.** Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2008.
7. **Cook, S.** Interventional Cardiology - Swiss Statistics 2017. *Swiss Working Group Interventional Cardiology.* [En ligne] 2017. http://ptca.ch/DOCS_PUBLIC/ptca_statistics_2017.pdf.
8. **Swiss Cancer Screening.** Monitoring national du dépistage organisé du cancer du sein en Suisse - Période 2013–2015 . *Swiss Cancer Screening.* [En ligne] 2015. https://www.swisscancerscreening.ch/fileadmin/user_upload/Documents/SwissCancerScreening/WWW/Editors/Downloads/Brustkrebs/Downloads_Fachinformationen_Brustkrebs/Monitoring/Monitoringbericht_2012-15_F_finale.pdf.
9. **Office Fédéral de la Santé Publique.** Système tarifaire TARMED. *Confédération suisse.* [En ligne] 11 Mars 2019. <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/versicherungen/krankenversicherung/krankenversicherung-leistungen-tarife/Aerztliche-Leistungen-in-der-Krankenversicherung/Tarifsystem-Tarmed.html>.
10. —. Chiffres-clés des hôpitaux suisses. *Office Fédéral de la Santé Publique OFSP.* [En ligne] Mai 2020. https://spitalstatistik.bagapps.ch/data/download/kzp18_publication.pdf?v=1591328549.
11. **SASIS, Filière de santésuisse.** Pool de données. *SASIS.* [En ligne] 2018. <https://www.sasis.ch/fr/Angebot/Produkt/ProductDetail?topMenuId=472> .
12. **Office Fédéral de la Santé Publique.** Niveaux de référence diagnostiques pour les examens de médecine nucléaire. *Office Fédéral de la Santé Publique.* [En ligne] 4 Septembre 2019. <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesetze-und-bewilligungen/gesuche-bewilligungen/bewilligungen-aufsicht-im-strahlenschutz/informationen-fuer-medizinische-betriebe/diagnostische-referenzwerte-im-strahlenschutz.html>.
13. *Swiss survey on hybrid imaging CTs doses in Nuclear Medicine and proposed national dose reference levels.* **Lima, Thiago V.M., et al.** 2018, Zeitschrift für Medizinische Physik, pp. 265-275.
14. **Office Fédéral de la Statistique.** Bilan démographique selon le canton. *Confédération suisse.* [En ligne] 27 Août 2019. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/population.assetdetail.9566502.html>.

15. **Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire.** *Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2012*. 2014.
16. **Office Fédéral de la Statistique.** Population. *Office Fédéral de la Statistique*. [En ligne] 2019. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/population.html>.
17. **International Commission on Radiological Protection.** *ICRP Publication 80 Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals (Addendum to ICRP Publication 53)*. s.l. : Pergamon, 1998.
18. —. *ICRP Publication 53 Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals*. s.l. : Pergamon Press, 1988.
19. *Radiation dosimetry of [68Ga]PSMA-11 in low-risk prostate cancer patients*. **Sandgren, Kristina, et al.** 2019, EJNMMI Physics.
20. *Radiation Dosimetry of 82Rb in Humans Under Pharmacologic Stress*. **Senthamizchelvan, Srinivasan, et al.** 2011, The Journal of Nuclear Medicine, pp. 485-491.
21. *Human Biodistribution and Radiation Dosimetry of 82Rb*. **Senthamizchelvan, Srinivasan, et al.** 2010, The Journal of Nuclear Medicine, pp. 1592-1599.
22. *Multisection CT Protocols: Sex- And Age-Specific Conversion Factors Used to Determine Effective Dose From Dose-Length Product*. **Deak, Paul D., Smal, Yulia et Kalender, Willi A.** 2010, Radiology, pp. 158-166.
23. **International Commission on Radiological Protection.** *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection - ICRP Publication 103*. s.l. : Elsevier Ltd. , 2007.
24. *Häufigkeit und Dosis diagnostischer und interventioneller Röntgenanwendungen - Trends zwischen 2007 und 2014*. **Nekolla, E.A., et al.** 2017, Der Radiologe, pp. 555–562.
25. *Medical radiation exposure from radiological and interventional procedures in Austria*. **Wachabauer, David, Mathis-Edenhofer, Stefan et Moshhammer, Hanns.** 14 Octobre 2019, Wiener klinische Wochenschrift.
26. **National Council on Radiation Protection and Measurements.** *Medical Radiation Exposure of Patients in the United States*. Bethesda : National Council on Radiation Protection and Measurements, 2019.
27. **Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire.** *Exposition de la population aux rayonnements ionisants due aux actes d'imagerie médicale diagnostique réalisés en France en 2017*. 92262 Fontenay-aux-Roses cedex : IRSN, 2020. IRSN /2020-00564.
28. **Office Fédéral de la Statistique.** Les scénarios de l'évolution de la population de la Suisse. *Office Fédéral de la Statistique*. [En ligne] 2017. <https://www.media-stat.admin.ch/animated/chart/01pyramid/ga-q-01.03.02-dashboard.html>.

Anhänge

Anhang A

Der Anhang A enthält die regionalen diagnostischen Referenzwerte (DRW) für verschiedene CT Untersuchungen, die zwischen 2017 und 2019 in Westschweizer Zentren, die gemäss Artikel 36 der Strahlenschutzverordnung einen Vertrag mit dem Institut de Radiophysique in Lausanne haben, durchgeführt wurden. Die verschiedenen DRW werden für drei Körpergrössen-Kategorien vorgeschlagen, die basierend auf dem Brust- und Bauchumfang jedes Patienten berechnet werden.

DRW ⁷⁵ CT Abdomen «Standard»

	Phase <u>ohne</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>ohne</u> Kontrast DLP/Phase [mGy.cm]	Phase <u>mit</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>mit</u> Kontrast DLP/Phase [mGy.cm]	kumuliertes DLP [mGy.cm]
Dünne Patienten (Bauchumfang <85cm)	7.5	362	7.9	376	440
Standard Patienten	10	460	11.5	550	678
Korpulente Patienten (>102.5cm)	14.6	733	16.1	862	1035

DRW berechnet aus 919 Standard Abdomen CT Untersuchungen durchgeführt in der Schweiz im Jahr 2017.

DRW⁷⁵ CT Abdomen «Mehrphasen»

	Native Phase IDSV [mGy]	Native Phase DLP/Phase [mGy.cm]	Arterielle Phase IDSV [mGy]	Arterielle Phase DLP/Phase [mGy.cm]	Portale Phase IDSV [mGy]	Portale Phase PDL/Phase [mGy.cm]	kumuliertes DLP [mGy.cm]
Dünne Patienten (Bauchumfang <85cm)	6.9	269	8	293	8.4	389	952
Standard Patienten	9.2	384	11.3	408	11.8	565	1394
Korpulente Patienten (>105cm)	13.7	551	16.7	634	16.9	824	2139

DRW berechnet 800 Mehrphasen Abdomen CT Untersuchungen durchgeführt in der Schweiz im Jahr 2017.

DRW⁷⁵ Thorax CT «Standard»

	Phase <u>ohne</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>ohne</u> Kontrast PLP/Phase [mGy.cm]	Phase <u>mit</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>mit</u> Kontrast DLP/Phase [mGy.cm]	kumuliertes DLP [mGy.cm]
dünne Patienten (Thorax Umfang <130 cm)	6.5	235	6.0	225	260
Standard Patienten	9	330	7.5	280	330
Korpulente Patienten (>155 cm)	11	335	11.0	430	460

DRW berechnet aus 943 Standard Thorax CT Untersuchungen durchgeführt in der Schweiz im Jahr 2018.

DRW⁷⁵ Thorax CT «Vaskulär»

	Phase <u>ohne</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>ohne</u> Kontrast DLP/Phase [mGy.cm]	Phase <u>mit</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>mit</u> Kontrast DLP/Phase [mGy.cm]	Kumuliertes DLP [mGy.cm]
dünne Patienten (Umfang Thorax <130 cm)	7.0	255	9.0	305	305
Standard Patienten	6.0	230	8.5	305	320
Korpulente Patienten (>155 cm)	11.0	380	11.5	415	470

DRW berechnet aus 880 Mehrphasen Thorax CT Untersuchungen durchgeführt in der Schweiz im Jahr 2018.

DRW⁷⁵ Thorax-Abdomen-Pelvis CT

	Phase <u>ohne</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>ohne</u> Kontrast DLP/Phase [mGy.cm]	Phase <u>mit</u> Kontrast IDSV [mGy]	Phase <u>mit</u> Kontrast DLP/Phase [mGy.cm]	kumuliertes DLP [mGy.cm]
dünne Patienten (Umfang Abdomen < 86cm)	6.5	265	7.0	380	785
Standard Patienten	9.0	410	9.5	500	1015
korpulente Patienten (>102 cm)	13.0	630	13.0	735	1485

DRW berechnet aus 906 Thorax-Abdomen-Pelvis CT Untersuchungen durchgeführt in der Schweiz im Jahr 2019.

Anhang B

Dieser Anhang enthält einen Vergleich der Projektionsmethoden konventionelle Röntgenaufnahmen, CT Untersuchungen sowie diagnostische Mammografie.

Wie im Abschnitt «2.4.4 Vergleich der Projektionsmethoden» beschrieben, konnten die Häufigkeiten der konventionellen Röntgenaufnahmen, diagnostischen Mammografie und CT Untersuchungen aus den Waadtländer TARMED-Codes und aus den RADdose-Fragebögen ermittelt werden. Bei der Wahl der Projektionsmethode orientierten wir uns dabei an derjenigen der letzten nationalen Erhebung aus dem Jahr 2013. Somit wurde für die Röntgenaufnahmen und die CT Untersuchungen TARMED-Daten und für die diagnostische Mammografie auf RADdose-Daten zurückgegriffen.

In den nachstehenden Tabellen sind auch die Werte aufgeführt, die sich durch Multiplikation der Waadtländer TARMED-Häufigkeiten mit dem Faktor 10,7, der dem Verhältnis zwischen der Schweizer und der Waadtländer Bevölkerung entspricht, ergeben würden.

Konventionelle RX	TARMED VD x 10,01	TARMED VD x 10,7	RADdose
Häufigkeit je 1000 Einw.	439	469	421
Differenz	(gewählter Ansatz)	7 %	-4 %

CT Untersuchungen	TARMED VD (korrigiert) x 10,01	TARMED VD x 10,7	RADdose
Häufigkeit je 1000 Einw.	135	171	109
Differenz	(gewählter Ansatz)	27 %	-19 %

Diagn. Mammografie	TARMED VD x 10,01	TARMED VD x 10,7	RADdose
Häufigkeit je 1000 Einw.	19,1	20,4	21,1
Differenz	-10 %	-3 %	(gewählter Ansatz)

Die Differenz zwischen den Ansätzen beträgt 46 Untersuchungen pro 1000 Einwohner, was einer möglichen Überschätzung von 8 Prozent mit den gewählten Projektionsmethoden entspricht.

Anhang C

In diesem Anhang sind die sieben Grossregionen der Schweiz aufgeführt, wie sie üblicherweise vom Bundesamt für Statistik verwendet werden.

Die Region 1 entspricht der Genferseeergion und umfasst die Kantone Waadt, Wallis und Genf.

Die Region 2 entspricht dem Espace Mittelland und umfasst die Kantone Bern, Freiburg, Solothurn, Neuenburg und Jura.

Die Region 3 entspricht der Nordwestschweiz und umfasst die Kantone Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Aargau.

Die Region 4 entspricht dem Kanton Zürich.

Region 5 entspricht der Ostschweiz und umfasst die Kantone Glarus, Schaffhausen, die beiden Kantone Appenzell, St. Gallen, Thurgau und Graubünden.

Die Region 6 entspricht der Zentralschweiz und umfasst die Kantone Luzern, Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden und Zug.

Region 7 entspricht dem Kanton Tessin.

