



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI

Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Verbraucherschutz

September 2018

Jahresbericht 2017

Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen
in der Schweiz

Bericht der Aufsichtsbehörden

Bundesamt für Gesundheit (BAG)

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva)

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Personendosimetriestellen	3
3	Vergleichsmessungen	4
4	Externe Strahlenexposition	5
5	Interne Strahlenexposition	6
6	Effektive Dosen durch externe und interne Strahlenexposition	7
7	Überschreitungen von Dosisgrenzwerten und Spezielle Vorkommnisse	7
8	Trend der letzten 41 Jahre	7
9	Revision der Strahlenschutzverordnung	8
10	Schlussfolgerungen	9
11	Weitere Publikationen	9
	Tabellen	10
	Figuren	20

1 Einleitung

Der vorliegende Jahresbericht fasst die Ergebnisse der Personendosimetrie der Schweiz für externe und interne Bestrahlung im Jahr 2017 zusammen und zeigt den Trend der letzten 41 Jahre auf.

Die aktuellen Dosisdaten stammen aus dem Schweizerischen Zentralen Dosisregister (ZDR), das seit 1990 beim Bundesamt für Gesundheit (BAG) geführt wird. Die Statistiken vor 1990 wurden anhand von Meldungen der einzelnen Dosimetriestellen erstellt. Die Daten im ZDR stammen derzeit von 11 anerkannten Dosimetriestellen für externe Bestrahlung und 7 Stellen für interne Bestrahlung. Sie wurden regelmässig (meistens monatlich) an das ZDR geliefert.

Neben dem Dosisregister werden die jährlich akkumulierten Strahlendosen der beruflich strahlenexponierten Personen auch im Strahlenpass (persönliches Dosisdokument) festgehalten.

Auf den Web-Seiten des BAG (Strahlenschutz, www.str-rad.ch) sind der vorliegende Bericht, sowie weitere Informationen aus dem Bereich Dosimetrie und berufliche Strahlenexposition verfügbar und werden laufend aktualisiert.

2 Personendosimetriestellen

2.1 Personendosimetriestellen für externe Bestrahlung

Die Messung der Personendosen wurde im Jahr 2017 von den folgenden anerkannten Stellen durchgeführt:

CERN	Organisation européenne pour la recherche nucléaire, Genève
Dosilab	Dosilab AG, Köniz
IRA	Institut de radiophysique, Lausanne
KKB	Kernkraftwerk Beznau, Döttingen
KKG	Kernkraftwerk Gösgen, Däniken
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt, Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg, Mühleberg
PEDOS	PEDOS AG, Muri b. Bern
PSI	Paul Scherrer Institut, Villigen
Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
X-Dos	X-Dos GmbH, Röthenbach

Die Messmethoden, sowie die Anzahl der von den verschiedenen Stellen dosimetrierten beruflich strahlenexponierten Personen, sind in Tabelle 1a angegeben.

2.2 Inkorporationsmessstellen

Die effektiven Folgedosen inkorporierter Radionuklide wurden im Jahr 2017 von den folgenden anerkannten Inkorporationsmessstellen ermittelt:

HUG	Hôpitaux universitaires de Genève
IRA	Institut de radiophysique, Lausanne
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg, Mühleberg
mb-microtec	mb-microtec ag, Niederwangen
PSI	Paul Scherrer Institut, Villigen
RC Tritec	RC Tritec AG, Teufen
Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern

Die Messmethoden, die gemessenen Nuklide, sowie die Anzahl der von den verschiedenen Stellen auf Inkorporation überwachten beruflich strahlenexponierten Personen, sind in Tabelle 1b angegeben.

3 Vergleichsmessungen

Nach Artikel 50 der Strahlenschutzverordnung (StSV; SR 814.501) vom 22. Juni 1994 müssen sich die Dosimetriestellen an Vergleichsmessungen beteiligen. Im Berichtsjahr wurde das Eidgenössische Institut für Metrologie METAS beauftragt, in Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden eine Vergleichsmessung für externe Dosimetrie durchzuführen. Die Vergleichsmessung für interne Dosimetrie wurde vom IRA durchgeführt.

3.1 Externe Dosimetrie

Zum ersten Mal wurde die Vergleichsmessung als «Blindtest» organisiert. Auf diese Weise sollten stichprobenweise Dosimeter geprüft werden, welche sich direkt im Einsatz befinden. So konnten nicht nur die von der Dosimetrieverordnung (SR 814.501.43) vom 7. Oktober 1999 geforderten Toleranzen geprüft werden, sondern ebenso die von der Strahlenschutzverordnung geforderten Meldungen der Personendosimetriestellen an die Betriebe und Aufsichtsbehörden.

Ein Schreiben informierte die teilnehmenden Dosimetriestellen vorab, dass die Bestrahlung zu einem nicht angekündigten Zeitpunkt mit verdeckt ausgewählten Dosimetern aus dem Routinebetrieb durchgeführt wird.

Im Oktober 2017 wurden in Zusammenarbeit mit jeweils einem Kunden der Dosimetriestelle drei Dosimeter mit einer vordefinierten Dosis bestrahlt und anschliessend wieder unbemerkt in den normalen monatlichen Auswertungsprozess eingeschleust. Bei den Dosimetriestellen der Kernkraftwerke wurden als Prüflinge ausschliesslich die persönlichen Dosimeter von Mitarbeitenden der ENSI verwendet. Diese Prüflinge wurden vor der Bestrahlung ohne Vorankündigung durch einen Mitarbeitenden des ENSI persönlich bei den Dosimetriestellen abgeholt. Den Dosimetriestellen wurde dabei kommuniziert, dass diese Dosimeter zum Zweck des Blindtests eingezogen würden.

Grundsätzlich zeichnen die Ergebnisse der als «Blindtest» ausgelegten Vergleichsmessung ein vergleichbares Bild mit den normalen Vergleichsmessungen der Vorjahre. Dennoch ist festzuhalten, dass von den insgesamt 66 ausgewerteten Messwerten (3 Prüflinge von 11 Dosimetriestellen mit je zwei Messwerten) 6 Messwerte ausserhalb der geforderten Toleranzen liegen, was gegenüber entsprechenden Zahlen aus den Vorjahren erhöht scheint. Dies widerspiegelt möglicherweise die realistischeren Bedingungen der Vergleichsmessung. Eine Dosimetriestelle ist zudem der in der StSV festgehaltenen Meldepflicht gegenüber dem Kunden nicht nachgekommen und muss ihre internen Abläufe nochmals prüfen.

3.2 Interne Dosimetrie

Die Vergleichsmessung für die interne Personendosimetrie wurde vom IRA durchgeführt. Die drei teilnehmenden Dosimetriestellen mussten dazu die Aktivität von Iod-125 und Iod-131 Proben bestimmen und anschliessend für vorgegebene Szenarien die effektive Folgedosis E_{50} berechnen. Aufgrund von Beschaffungsschwierigkeiten bei einem der Nuklide musste die Durchführung allerdings auf April 2018 verschoben werden.

Bei zwei Dosimetriestellen lagen die gemeldeten Resultate bei einigen Aktivitäten mehr als 20% unterhalb des Referenzwertes und erfüllten somit die Anforderungen gemäss Artikel 39 der Dosimetrieverordnung vom 7. Oktober 1999 nicht. Infolgedessen wurden auch die damit bestimmten effektiven Folgedosen E_{50} unterschätzt.

Die meisten Resultate erfüllten jedoch die Anforderungen der Dosimetrieverordnung und bei einer Dosimetriestelle waren alle Resultate innerhalb der geforderten 20% Abweichung vom Sollwert.

Mit zwei Dosimetriestellen wird die zuständige Aufsichtsbehörde die Ursache der fehlerhaften Aktivitätsbestimmung analysieren und entsprechende Massnahmen prüfen.

4 Externe Strahlenexposition

4.1 Ganzkörperdosen

Die Dosen durch externe Bestrahlung werden mit Personendosimetern gemessen, die von den beruflich strahlenexponierten Personen am Körperrumpf getragen werden.

Als Dosimeter werden TL- (Thermolumineszenz), DIS- (Direct Ion Storage) und RPL (Radio-Photoluminescence)-Dosimeter eingesetzt. Grundsätzlich wird damit die Personen-Tiefendosis $H_p(10)$ bestimmt, wobei die Dosisbeiträge des natürlichen Untergrunds subtrahiert werden müssen. Die ermittelten Dosen werden dem Auftraggeber, dem Zentralen Dosisregister (ZDR) beim BAG, sowie in dessen Aufsichtsbereich dem ENSI gemeldet.

Wo es notwendig ist, werden zusätzlich spezielle Neutronendosimeter (poly-allyl diglycol carbonate, kurz PADC Dosimeter) verwendet. 2017 war keine der 7'799 registrierten Neutronendosen höher als 1 mSv. Die Neutronendosen sind in den Daten für $H_p(10)$ jeweils enthalten.

In Tabelle 2 sind die Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung nach Tätigkeitsbereichen aufgeschlüsselt. Angegeben sind die Anzahl Personen pro Dosisintervall und die Kollektivdosen.

Die Anzahl der infolge externer Bestrahlung beruflich strahlenexponierten Personen ist von 95'142 im Jahr 2016 auf 98'248 im Berichtsjahr gestiegen. Der grösste Teil der neu dosimetrierten Personen stammt aus dem Bereich Medizin.

Die Kollektivdosis, d.h. die Summe der individuellen Personen-Tiefendosen aller beruflich strahlenexponierten Personen der Schweiz, lag im Jahr 2017 bei 5.13 Personen-Sv (gegenüber 4.52 Personen-Sv im Vorjahr). Seit dem Jahr 2000 stabilisierte sich die Kollektivdosis auf einem Niveau von 4 bis 6 Personen-Sv. Die in dieser Grössenordnung von Jahr zu Jahr auftretenden Schwankungen sind hauptsächlich unterschiedlich intensiven periodischen Revisionsarbeiten und Nachrüstungen in den Kernkraftwerken zuzuordnen. In der Medizin hat sich die Kollektivdosis in den letzten 12 Jahren stabilisiert, während die Anzahl dosimetrierter Personen in diesem Bereich jedes Jahr ansteigt.

Die einzelnen Tätigkeitsbereiche trugen zur Kollektivdosis wie folgt bei: Kernkraftwerke 68%, Medizin 22%, Forschung 6%, Industrie, Handel, öffentliche Dienste und Verschiedenes 4%. In den Figuren 1 bis 5 sind die Anzahl der Personen und die Dosisverteilungen der verschiedenen Tätigkeitsbereiche dargestellt.

Entsprechend der Empfehlung der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (KSR) ist die Jahresdosis einer Person die Summe der auf 0.1 mSv gerundeten Monats- oder Quartalsdosen, wobei Dosen kleiner als 0.075 mSv als Null Dosen verbucht werden.

Die höchsten Jahresdosen (> 10 mSv) kamen im Bereich Spitäler (Tabelle 2) in der interventionellen Radiologie / Kardiologie und in den Kernkraftwerken vor. Im Berichtsjahr war eine Grenzwertüberschreitung der Ganzkörperdosis zu verzeichnen (Kapitel 7).

4.2 Teilkörperdosen

Die Personen-Oberflächendosen (Hautdosen) werden üblicherweise mit den gleichen Personendosimetern gemessen, mit denen auch $H_p(10)$ ermittelt wird. Die Messresultate werden in der Dosisgrösse $H_p(0.07)$ angegeben. Bei üblichen Expositionen und Photonenenergien sind diese zwei Werte praktisch gleich. Bei sehr tiefen Photonenenergien und β -Strahlen ist $H_p(0.07)$ grösser als $H_p(10)$.

Für die Messung der Bestrahlung besonders exponierter Extremitäten werden TL-Dosimeter in Form von Fingerringen verwendet. Damit werden die Extremitätendosen (Handdosen) mit der Dosisgrösse $H_p(0.07)$ ermittelt. In Tabelle 3 sind die Handdosen nach Tätigkeitsbereich und Dosisintervall aufgeführt. Figur 6 zeigt die Verteilung der Handdosen. Die höchste Jahres-Handdosis betrug 136 mSv.

Im Bereich Medizin akkumulierten einige Personen hohe Jahres-Handdosen (Tabelle 3). Die Dosen stammen vor allem aus nuklearmedizinischen Abteilungen, wo mit offenen Quellen gearbeitet wird, oder aus der interventionellen Radiologie. Ein Merkblatt für Massnahmen zur Reduktion dieser Dosen ist auf der Internetseite des BAG verfügbar (Merkblatt L-10-04, Massnahmen zur Reduktion der Extremitätendosen in der Nuklearmedizin).

Mit dem ab 01.01.2018 geltenden Korrekturfaktor 5 für die Handdosis bei Arbeiten mit offenen Quellen, wären einige dieser Dosen über dem erlaubten Jahresgrenzwert. Das BAG wird als zuständige Aufsichtsbehörde betroffenen Personen und Betriebe bei Optimierungen unterstützen.

5 Interne Strahlenexposition

Die Inkorporationsüberwachung erfolgt entweder zuerst mittels Triagemessungen durch den Betrieb, oder direkt durch eine Inkorporationsmessung bei einer anerkannten Dosimetriestelle. Wird bei der Triagemessung die nuklidspezifische Messschwelle überschritten, muss eine Inkorporationsmessung durchgeführt werden. Die Berechnung einer Dosis als Folge von Inkorporationen radioaktiver Stoffe erfolgt über die Bestimmung der Aktivität in Organen oder durch Ausscheidungsanalyse. Aufgrund dieser Messungen wird die effektive Folgedosis E_{50} ermittelt.

Bei ca. 6'650 Personen wurden Triagemessungen zur Überprüfung einer möglichen Inkorporation direkt in den betroffenen Betrieben durchgeführt (Tabelle 4).

Im Jahr 2017 wurden bei 527 Personen Inkorporationsmessungen durchgeführt und die effektive Folgedosis E_{50} ermittelt. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse nach Tätigkeitsbereichen aufgeführt. Die höchste effektive Folgedosis betrug 3.7 mSv.

In Figur 7 ist die Verteilung der internen Dosen dargestellt. Die Kollektivdosis betrug 0.016 Personen-Sv und ist somit auf dem Niveau des Vorjahres. Sie ist hauptsächlich durch Tritium-Inkorporationen in der Uhrenindustrie zustande gekommen.

6 Effektive Dosen durch externe und interne Strahlenexposition

Die effektive Dosis wird der Summe aus der Personen-Tiefendosis $H_p(10)$ durch externe Bestrahlung und der effektiven Folgedosis E_{50} durch interne Bestrahlung gleichgesetzt.

Die Verteilung der effektiven Dosen ist in Tabelle 5 und Figur 8 dargestellt. Die Gesamtzahl aller beruflich strahlenexponierten Personen betrug im Berichtsjahr 98'440 (Vorjahr: 95'389). Darin nicht enthalten sind Personen, bei denen ausschliesslich Triagemessungen durchgeführt wurden. Die gesamte Kollektivdosis betrug 5.14 Personen-Sv (Vorjahr: 4.53 Personen-Sv). Die Verteilung auf die verschiedenen Bereiche ist in Figur 9 ersichtlich.

Die Inkorporationen trugen nur ca. 0.3% zur Gesamtkollektivdosis bei. Die Dosen stammten vorwiegend aus dem Bereich Industrie, wo die Inkorporationen rund 9% der Kollektivdosis ausmachten.

7 Überschreitungen von Dosisgrenzwerten und spezielle Vorkommnisse

Im Berichtsjahr ereignete sich im Aufsichtsbereich des BAG eine Überschreitung des Jahresgrenzwertes für die Ganzkörperdosis. Die Auswertung des Dosimeters einer Pflegefachperson auf der Notfallabteilung eines Spitals ergab eine Ganzkörperdosis von 29.6 mSv. Bei der nachfolgenden Untersuchung konnte kein Expositions-Szenario für eine echte Personendosis oder eine Bestrahlung nur des Dosimeters gefunden werden. Die nachfolgenden Monatsdosen zeigten keine Werte über 0 mSv. Obwohl es unwahrscheinlich ist, dass die Person der gemessenen Strahlung ausgesetzt war, wurde die Dosis ins zentrale Dosisregister eingetragen.

8 Trend der letzten 41 Jahre

Die Kollektivdosen bei externer Bestrahlung der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz sind im Laufe der letzten 41 Jahre deutlich gesunken trotz kontinuierlicher Zunahme der Anzahl überwachter Personen. Zu Beginn der statistischen Erfassung im Jahr 1976 lag die gesamte Kollektivdosis durch äussere Bestrahlung bei ca. 21 Personen-Sv, am Ende der erfassten Periode beträgt der aktuelle Wert 5.14 Personen-Sv (siehe Tabelle 6 und Figur 14). Die Gesamtanzahl der beruflich strahlenexponierten Personen ist in derselben Periode um einen Faktor drei gestiegen – von ca. 30'000 auf über 98'000.

Die mittlere Dosis pro Person hat in diesem Zeitraum von 0.73 mSv pro Jahr auf 0.05 mSv abgenommen. Der Hauptgrund für diese Abnahme waren Optimierungsprozesse in den 90er Jahren, welche insbesondere in den Kernkraftwerken zu einer hohen Dosisersparnis geführt haben.

Die Aufschlüsselung der Kollektivdosen nach den verschiedenen Tätigkeitsbereichen ergibt ein ähnliches Ergebnis. In allen Bereichen ist im Laufe der Zeit zunächst eine deutliche Abnahme der Kollektivdosen zu verzeichnen (Figuren 10 bis 13). Bei den Kollektivdosen im medizinischen Bereich ist die starke Abnahme von 1982 - 1985 auf die Umstellung von Filmdosimetern auf Thermolumineszenzdosimeter (TLD) zurückzuführen. Mit der Filmdosimetrie wurden die Dosen überschätzt.

Seit 2000 steigt die Kollektivdosis in der Medizin leicht an. Dies dürfte hauptsächlich durch die jährliche Zunahme von ca. 2'000 Personen in diesem Bereich bedingt sein. In Figur 12, die den Bereich der Kernkraftwerke zeigt, sind die Dosispitzen auf dosisintensive Revisionsarbeiten zurückzuführen. Von diesen Schwankungen abgesehen deuten auch hier die Daten auf eine Stabilisierung der Kollektivdosis auf konstantem Niveau ab dem Jahr 2000 hin.

Seit der Inkraftsetzung der StSV im Jahre 1994 werden durch die Dosimetriestellen die effektiven Folgedosen durch innere Bestrahlung (E_{50}) ermittelt und seit dem Jahr 2001 auch dem ZDR gemeldet. Die Abnahme der Kollektivdosis infolge interner Bestrahlung ist beträchtlich und beträgt seit dem Jahr

1995 mehr als einen Faktor 20 (siehe Tabelle 7 und Figur 15). Diese Abnahme ist einerseits einer Optimierung der Arbeiten in den Leuchtfarbenbetrieben und andererseits einem Rückgang der verarbeiteten Tritium-Leuchtfarbe in der Uhrenindustrie zuzuschreiben. Seit 2009 wird keine Tritium-Leuchtfarbe mehr verarbeitet. Die in der Uhrenindustrie akkumulierten Dosen resultieren von Personen, die in Räumen arbeiten, in denen Zeiger und Zifferblätter mit Tritium-Leuchtfarbe gelagert werden. Zudem werden Dosen festgestellt bei Personen, die Tritiumgas-Lichtquellen (GTLs) für Spezialuhren herstellen oder montieren. Die Daten von Dosen durch innere Bestrahlung vor 1995 können nicht direkt in den Vergleich miteinbezogen werden, da früher andere Berechnungsmethoden und Dosisfaktoren verwendet wurden.

Die Anzahl Personen, bei denen eine Handdosis ermittelt wird, ist in den letzten 41 Jahren in der Medizin kontinuierlich gestiegen (Figur 16). Waren es 1977 noch 135 Personen, trugen im Berichtsjahr bereits 1550 Personen ein Extremitätendosimeter. Anders sieht es in der Industrie aus, wo die Anzahl seit 1996 abnimmt. Betrachtet man lediglich Fälle mit einer akkumulierten Jahresdosis über 75 mSv, fällt eine Zunahme seit 1995 auf (Figur 17). Diese höheren Jahreshanddosen stammen fast ausschliesslich aus den medizinischen Bereichen Nuklearmedizin und interventionelle Radiologie.

9 Revision der Strahlenschutz- und Dosimetrieverordnung

Der Bundesrat hat die revidierte Strahlenschutzverordnung im April 2017 verabschiedet. Sie trat zusammen mit der revidierten Dosimetrieverordnung am 01.01.2018 in Kraft.

Mit dem Inkrafttreten kommen insbesondere beim Umgang mit bestimmten offenen Quellen neue Herausforderungen auf die Betriebe zu, da hier neu ein Korrekturfaktor für die dosimetrische Überwachung der Hände verwendet werden muss. Es ist davon auszugehen, dass es mehr Handdosen in der Nähe des Jahresgrenzwertes von 500 mSv geben wird. Somit werden weitere Optimierungen im Strahlenschutz nötig sein, um die Grenzwerte einzuhalten.

Von der International Commission on Radiological Protection (ICRP) wurde der neue und tiefere Grenzwert für die Augenlinse von 20 mSv pro Jahr übernommen. Die Einhaltung dieses Grenzwertes wird im Normalfall mit der, mit dem Ganzkörperdosimeter gemessenen, Dosisgrösse $H_p(0.07)$ sichergestellt. Die Aufsichtsbehörde kann jedoch im Einzelfall ein spezielles Augenlinsendosimeter verlangen. Für medizinisches Personal, das im Hochdosisbereich arbeitet, erfolgt die dosimetrische Überwachung der Augenlinse mit einem zweiten Dosimeter, welches über der Bleischürze getragen wird. Für die Umsetzung der Überwachung der Augenlinse wird eine Übergangsfrist von einem Jahr gewährt.

Aus der EU Richtlinie 2013/59/Euratom (Basic Safety Standards) wurde die Einteilung der beruflich strahlenexponierten Person in A und B Worker übernommen, wobei beide Kategorien weiterhin monatlich dosimetriert werden müssen. Gemäss der neuen StSV sind nun auch die Dosen des Flugpersonals rechnerisch zu ermitteln. Diese Dosisdaten werden im zentralen Dosisregister gespeichert.

Das Personal von Zahnarztpraxen muss nicht mehr als beruflich strahlenexponiert bezeichnet und dosimetriert werden, wenn ausschliesslich mit ortsfesten Kleinröntgengeräten gearbeitet wird.

Neu müssen die Betriebe das gelbe Dosisdokument (Strahlenpass) nicht mehr führen. Die Bewilligungsinhaber sind jedoch verpflichtet, nach Beendigung des Arbeitsverhältnisses den beruflich strahlenexponierten Personen eine schriftliche Zusammenfassung aller erhaltenen Dosen abzugeben.

Mit dem Inkrafttreten der neuen StSV führt das BAG ein einheitliches Datenformat für die Übermittlung der Daten ans zentrale Dosisregister ein.

10 Schlussfolgerungen

Der vorliegende Bericht lässt auf einen allgemeinen guten Stand des Strahlenschutzes bei beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz schliessen. Die Kollektivdosis hat sich seit dem Jahr 2000 auf ein konstantes Niveau mit periodischen Schwankungen eingependelt, trotz einer kontinuierlichen Zunahme der Anzahl der beruflich strahlenexponierten Personen. Der Anteil der internen Strahlenexposition an der Kollektivdosis blieb in den letzten 15 Jahren äusserst gering.

Die Resultate der Vergleichsmessung als «Blindtest» im Berichtsjahr zeigen, dass die in der Schweiz anerkannten Dosimetriestellen auch unter Routinebedingungen eine zuverlässige Dosimetrie betreiben.

Die seit dem 1. Januar 2018 geltenden neuen gesetzlichen Bestimmungen für die dosimetrische Überwachung zielen in erster Linie darauf ab, den Schutz von Arbeitnehmern zu verbessern, die Tätigkeiten ausüben, die zu hohen Ganzkörper-, Augenlinsen- oder Handdosen führen können. Dies gilt insbesondere für den medizinischen Bereich.

11 Weitere Publikationen

Weitere Publikationen sind auf den folgenden Web-Seiten zu finden:

- Jahresbericht der Abteilung Strahlenschutz des BAG
www.str-rad.ch
- Jahresbericht des ENSI
www.ensi.ch
- Jahresbericht der Suva
www.suva.ch
- Tätigkeitsbericht der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (KSR)
www.ksr-cpr.admin.ch
- Tätigkeitsbericht der Eidgenössischen Kommission für nukleare Sicherheit (KNS)
www.bfe.admin.ch/kns

Tabelle 1a: Messmethoden und Messumfang der Personendosimetriestellen für äussere Bestrahlung 2017

Messstelle	Ganzkörper H _p (10)			Haut H _p (0.07)			Extremitäten H _p (0.07)		
	Strahlung	Methode	Anzahl Personen	Strahlung	Methode	Anzahl Personen	Strahlung	Methode	Anzahl Personen
CERN	β, γ, X	DIS	9'400	β, γ, X	DIS	9'400	β, γ, X	TLD	100
	n	PADC	6'200						
Dosilab	β, γ, X	TLD	44'000	β, γ, X	TLD	44'000	β, γ, X	TLD	800
IRA	β, γ, X	TLD	11'000	β, γ, X	TLD	11'000	β, γ, X	TLD	290
KKB	β, γ, X	DIS	1'500	β, γ, X	DIS	1'500			
KKG	β, γ, X	DIS	1'300	β, γ, X	DIS	1'300			
KKL	β, γ, X	DIS	2'300	β, γ, X	DIS	2'300			
KKM	β, γ, X	TLD	1'200	β, γ, X	TLD	1'200			
PEDOS	β, γ, X	TLD	16'000	β, γ, X	TLD	16'000	β, γ, X	TLD	360
PSI	β, γ, X	RPL, DIS	2'100	β, γ, X	RPL, DIS	2'100	β, γ, X	TLD	160
	n	PADC	1'500						
Suva	β, γ, X	TLD	15'000	β, γ, X	TLD	15'000	β, γ, X	TLD	280
X-Dos	β, γ, X	TLD	2'900	β, γ, X	TLD	2'900			

DIS Direct Ion Storage Dosimetrie
TLD Thermolumineszenz-Dosimetrie
RPL Radio-Photolumineszenz-Dosimetrie
PADC Neutronendosimetrie mit PADC Dosimeter

Tabelle 1b: Messmethoden, Nuklide und Messumfang der Inkorporationsmessstellen 2017

Messstelle	Methode	Strahlung	Detektor	Nuklide	Anzahl Personen
HUG	Ganzkörperzähler	γ	Nal Ge	Cr-51, Fe-59, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Ga-67, Sr-85, Tc-99m, In-111, Cs-134, Cs-137, Sm-153, Lu-177, Re-186, Re-188, Tl-201	20
IRA	Schilddrüse	γ	Nal	I-123, I-125, I-131	
	Urin	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	14
		β	PC	Sr-90	
	Urin, Stuhl	α	Si	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Am-241	
KKM	Ganzkörperzähler	γ	Nal	Cr-51, Fe-59, Co-58, Co-60, Sr-85, Tc-99m, Cs-134, Cs-137	
	Schilddrüse	γ	Nal	I-131	
mb-microtec	Urin	β	Scint	H-3	64
PSI	Ganzkörperzähler	γ	Ge	Cr-51, Fe-59, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Ga-67, Sr-85, Tc-99m, In-111, Cs-134, Cs-137, Sm-153, Lu-177, Re-186, Re-188, Tl-201	270
	Schilddrüse	γ	Nal	I-123, I-124, I-125, I-131	
	Urin	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45, Ni-63, Sr-89, Sr-90, Y-90, Er-169	40
	Urin, Stuhl	α	Si	Po-210, Ra-226, Th-228, Th-232, U-234, U-235, U-238, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-242, Cm-244	
RC TRITEC	Urin	β	Scint	H-3, C-14	11
Suva	Urin	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	150

Scint Flüssigszintillator
 Nal Nal-Szintillator
 PC Proportionalzähler

Ge Germanium-Detektor
 Si Silizium-Detektor

Tabelle 2: Personen-Tiefendosen durch äussere Bestrahlung 2017: Anzahl der Personen und Kollektivdosis

Dosisintervall [mSv]	Spitäler	Arztpraxen	Radiologische Arztpraxen	Zahnärztliche Praxen	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG ¹	Industrie, Handel	Öffentliche Dienste	Verschiedenes	Total
= 0	31091	19194	1054	18431	12570	2802	1979	601	3636	91358
0.1– 1.0	1565	343	73	464	1345	1504	100	27	162	5583
1.1 – 2.0	115	7	7	9	17	420	24	1	2	602
2.1 – 3.0	51	4	2		4	209	14			284
3.1 – 4.0	28		1	1		138	3			171
4.1 – 5.0	5	3	1			72	5			86
5.1 – 6.0	9					56	1			66
6.1 – 7.0	5					40	1			46
7.1 – 8.0	4					17	2			23
8.1 – 9.0						10				10
9.1 -10.0	1					8				9
10.1-11.0						3				3
11.1-12.0	1					2				3
12.1-13.0						2				2
13.1-14.0										
14.1-15.0						1				1
15.1-16.0										
16.1-17.0										
17.1-18.0										
18.1-19.0										
19.1-20.0										
20.1 – 50.0	1									1
> 50.0										
Total	32876	19551	1138	18905	13936	5284	2129	629	3800	98248
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.92	0.10	0.04	0.09	0.30	3.48	0.16	0.01	0.03	5.13

Bemerkung: Falls eine Person in mehreren Bereichen tätig war, wird sie dem Bereich mit dem höchsten Dosisbeitrag zugeteilt, bei gleichen Dosen nach folgender Priorität: Kernkraftwerke, dann Spitäler, Arztpraxen, usw. gemäss der Reihenfolge in der Tabelle.

¹ ZWILAG: Zwischenlager Würenlingen AG

Tabelle 3: Handdosen 2017: Anzahl der Personen

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie und Ver- schiedenes	Total
= 0	721	259	55	27	1062
0.1 - 25.0	738	59	59	39	895
25.1 - 50.0	66	1		1	68
50.1 - 75.0	14	1			15
75.1 - 100.0	7				7
100.1 - 125.0	2				2
125.1 - 150.0	2				2
150.1 - 175.0					
175.1 - 200.0					
200.1 - 500.0					
> 500.0					
Total	1550	320	114	67	2051

Tabelle 4: Effektive Folgedosen durch innere Bestrahlung 2017: Anzahl der Personen, Kollektivdosen und inkorporierte Nuklide

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Uhrenindustrie	Übrige Industrie	Total
= 0	18	283		62	149	512
0.1– 1.0			1	7		8
1.1 – 2.0				5		5
2.1 – 3.0				1		1
3.1 – 4.0				1		1
4.1 – 5.0						
5.1 – 6.0						
6.1 – 7.0						
7.1 – 8.0						
8.1 – 9.0						
9.1 -10.0						
10.1-11.0						
11.1-12.0						
12.1-13.0						
13.1-14.0						
14.1-15.0						
15.1-16.0						
16.1-17.0						
17.1-18.0						
18.1-19.0						
19.1-20.0						
20.1 – 50.0						
> 50.0						
Total	18	283	1	76	149	527
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.016
Nuklide mit $E_{50} > 1$ mSv				^3H		
Anzahl der Personen mit Triagemessungen ¹	1000	200	5300		150	6650

¹ geschätzt

Tabelle 5: Effektive Dosen durch äussere und innere Bestrahlung 2017: Anzahl der Personen und Kollektivdosen

Dosisintervall [mSv]	Spitäler	Arztpraxen	Radiologische Arztpraxen	Zahnärztliche Praxen	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie, Handel	Öffentliche Dienste	Verschiedenes	Total
= 0	31094	19194	1054	18431	12575	2802	2150	600	3636	91536
0.1– 1.0	1565	343	73	464	1345	1504	107	27	162	5590
1.1 – 2.0	115	7	7	9	17	420	29	1	2	607
2.1 – 3.0	51	4	2		4	209	15			285
3.1 – 4.0	28		1	1		138	4			172
4.1 – 5.0	5	3	1			71	5			85
5.1 – 6.0	9					57	1			67
6.1 – 7.0	5					40	1			46
7.1 – 8.0	4					17	2			23
8.1 – 9.0						10				10
9.1 -10.0	1					8				9
10.1-11.0						3				3
11.1-12.0	1					2				3
12.1-13.0						2				2
13.1-14.0										
14.1-15.0						1				1
15.1-16.0										
16.1-17.0										
17.1-18.0										
18.1-19.0										
19.1-20.0										
20.1 – 50.0	1									1
> 50.0										
Total	32879	19551	1138	18905	13941	5284	2314	628	3800	98440
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.92	0.10	0.04	0.09	0.30	3.48	0.17	0.01	0.03	5.14

Bemerkung: Falls eine Person in mehreren Bereichen tätig war, wird sie dem Bereich mit dem höchsten Dosisbeitrag zugeteilt, bei gleichen Dosen nach folgender Priorität: Kernkraftwerke, dann Spitäler, Arztpraxen, usw. gemäss der Reihenfolge in der Tabelle

Tabelle 6: Personenkollektivdosen durch externe Bestrahlung seit 1976

Jahr	Medizin		Universitäten und Forschung		Kernkraftwerke und ZWILAG		Industrie und Verschiedenes		Total	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
1976	19134	5.36	5046	5.68	960	8.14	3590	1.74	28730	20.92
1977	21284	6.06	6429	5.57	1021	8.08	4057	1.57	32791	21.28
1978	23948	7.06	8838	6.24	974	6.05	4312	2.06	38072	21.40
1979	25945	7.43	9434	6.14	1690	6.25	4211	2.67	41280	22.50
1980	27408	6.85	8394	4.54	1915	8.86	4457	1.31	42174	21.56
1981	28193	6.72	8593	3.45	2056	9.13	4589	1.31	43431	20.62
1982	28806	4.92	7903	3.13	2155	10.40	4513	0.97	43377	19.41
1983	32370	3.68	8186	3.00	2315	14.93	3899	0.98	46770	22.60
1984	33640	2.67	8759	2.74	3607	10.85	3944	0.56	49950	16.82
1985	34376	2.38	8673	3.08	3702	12.17	4229	0.75	50980	18.38
1986	35271	1.63	8811	2.92	3898	20.27	4434	0.45	52414	25.27
1987	35919	1.76	8562	3.04	3724	13.55	4554	0.42	52759	18.77
1988	37267	1.85	8855	3.00	3840	12.51	4748	0.44	54710	17.80
1989	37551	1.53	9232	2.37	3717	12.31	4990	0.50	55490	16.71
1990	37061	1.52	9061	2.60	4171	8.20	4684	0.43	54977	12.75
1991	38052	1.34	9392	2.39	4385	9.07	4820	0.44	56649	13.24
1992	38779	1.39	9606	2.55	4592	8.47	4846	0.61	57823	13.02
1993	39588	1.59	9565	1.63	4560	8.10	4806	0.33	58519	11.65
1994	39927	1.67	9578	1.67	4139	6.53	4718	0.33	58362	10.20
1995	40988	1.27	9592	1.87	4117	5.56	4572	0.31	59269	9.01
1996	42041	1.53	9896	1.89	4427	5.43	4646	0.34	61010	9.19
1997	42531	1.45	9590	1.57	3773	4.29	4747	0.35	60641	7.66
1998	42616	1.15	9801	1.37	3556	3.75	4710	0.26	60683	6.53
1999	43545	1.01	9632	1.01	3823	4.50	4845	0.25	61845	6.77
2000	44360	0.89	11303	1.15	3193	3.08	4822	0.25	63678	5.37
2001	45811	0.86	10345	0.67	3330	3.40	4805	0.23	64291	5.16
2002	47256	0.89	9214	0.43	3189	2.92	4828	0.21	64487	4.45
2003	48292	0.87	8676	0.72	3531	3.02	4846	0.20	65345	4.81
2004	50068	1.06	9079	0.56	3828	4.25	4522	0.24	67497	6.11
2005	50823	1.11	7847	0.68	3955	3.97	4506	0.27	67131	6.03
2006	52129	1.08	9242	0.64	3885	3.03	4566	0.25	69822	5.00
2007	53396	1.15	9239	0.44	4211	3.05	4732	0.19	71578	4.83
2008	54893	1.18	9468	0.47	4689	3.62	4876	0.25	73926	5.52
2009	56259	1.03	9856	0.51	4814	3.17	5015	0.18	75944	4.89
2010	57489	1.23	10311	0.60	5329	3.99	5259	0.21	78388	6.03
2011	59300	1.39	10534	0.63	5264	3.00	5547	0.49	80645	5.51
2012	61325	1.29	11372	0.62	5881	4.29	5648	0.18	84226	6.38
2013	63452	1.35	11860	0.77	5452	3.30	5856	0.20	86620	5.62
2014	66032	1.19	12983	0.89	5381	3.08	6001	0.23	90397	5.39
2015	68270	1.10	13235	0.34	6230	4.22	6018	0.22	93753	5.88
2016	70406	1.15	13280	0.32	5172	2.87	6284	0.18	95142	4.52
2017	72470	1.15	13936	0.30	5284	3.48	6558	0.20	98248	5.13

N = Anzahl Personen

S = Kollektivdosis in Personen-Sv

Tabelle 7: Personenkollektivdosen durch interne Bestrahlung seit 1995

Jahr	Anzahl Personen*	Kollektivdosis [Personen-Sv]
1995	6154	0.99
1996	7193	0.96
1997	6128	0.71
1998	5586	0.62
1999	5996	0.43
2000	5636	0.29
2001	5312	0.18
2002	5647	0.1
2003	5823	0.07
2004	6265	0.05
2005	6274	0.04
2006	6108	0.03
2007	6289	0.037
2008	6916	0.018
2009	7177	0.005
2010	8071	0.004
2011	7732	0.010
2012	8528	0.025
2013	7973	0.017
2014	7544	0.013
2015	8153	0.009
2016	8149	0.012
2017	8077	0.016

* inklusive Triagemessungen

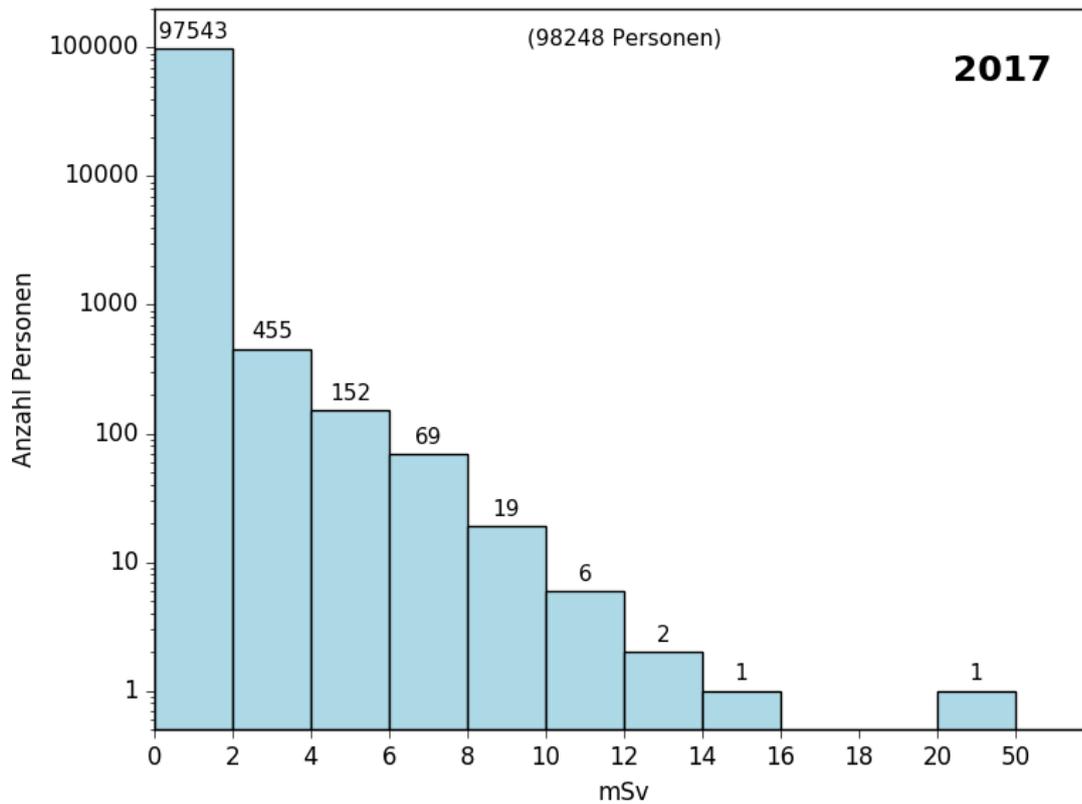
Tabelle 8: Handdosen seit 1977

Jahr	Anzahl Personen						
	Medizin	Universitäten und Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie und Verschiedenes	Total	>75mSv	>150mSv
1977	135	140	53	107	435	22	10
1978	155	266	33	116	570	20	7
1979	206	211	86	159	662	19	8
1980	226	225	101	146	698	9	1
1981	254	182	82	152	670	14	5
1982	287	198	103	135	723	34	6
1983	206	162	65	214	647	11	3
1984	306	116	106	174	702	4	1
1985	302	223	83	187	795	7	4
1986	347	225	83	223	878	9	2
1987	396	269	127	225	1017	5	2
1988	523	284	94	236	1137	6	2
1989	504	307	74	307	1192	8	3
1990	558	333	68	311	1270	5	3
1991	590	420	136	324	1470	3	2
1992	582	270	237	326	1415	2	2
1993	563	410	111	348	1432	3	1
1994	606	399	95	363	1463	6	2
1995	650	404	87	361	1502	0	0
1996	581	322	102	407	1412	6	1
1997	594	361	92	368	1415	8	3
1998	629	341	44	307	1321	11	5
1999	696	340	52	293	1381	10	2
2000	657	279	40	280	1256	9	2
2001	692	286	53	228	1259	12	2
2002	742	274	45	208	1269	11	2
2003	708	265	40	183	1196	7	1
2004	773	274	39	157	1243	13	3
2005	820	290	39	129	1278	13	4
2006	820	289	50	154	1313	13	2
2007	861	288	40	165	1354	10	3
2008	958	326	47	147	1478	10	1
2009	975	315	35	134	1459	16	3
2010	1077	290	54	127	1548	14	4
2011	1112	285	75	103	1575	17	10
2012	1202	318	93	111	1724	17	3
2013	1261	282	61	106	1710	13	3
2014	1311	285	31	111	1738	14	1
2015	1430	291	104	80	1905	16	0
2016	1465	303	120	82	1970	14	0
2017	1550	320	114	67	2051	11	0

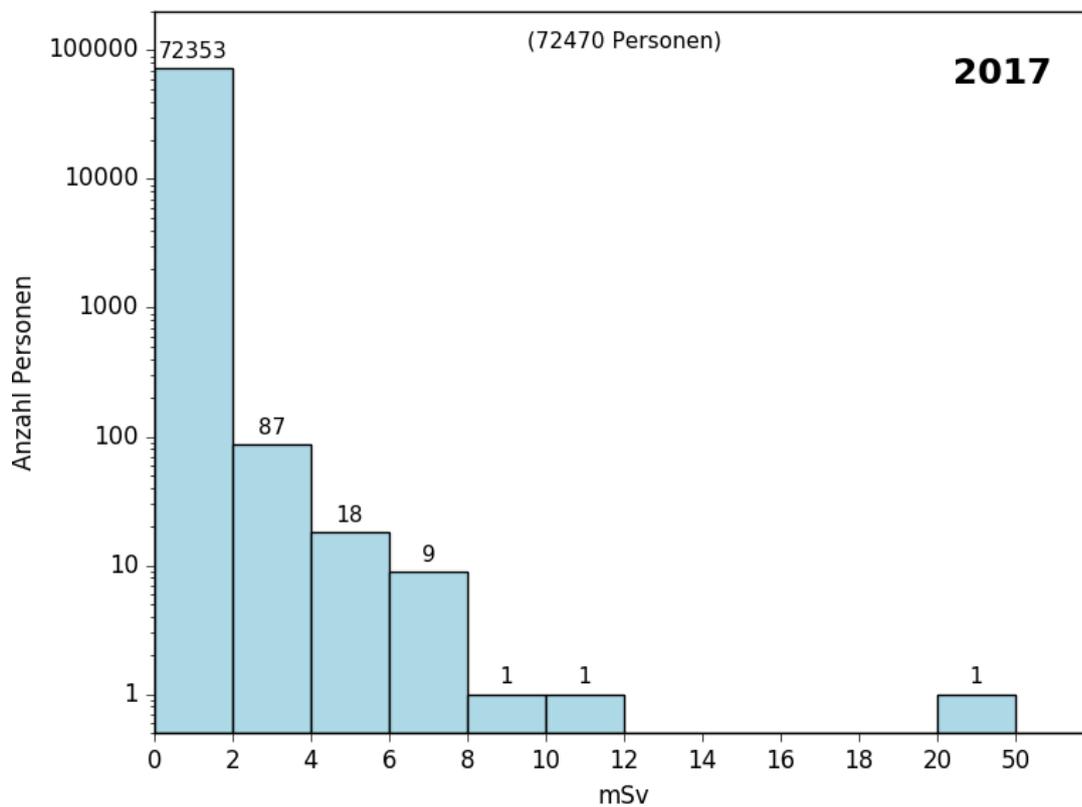
Tabelle 9: Grenzwertüberschreitungen seit 1995

Jahr	Bereich	Quelle	Dosis	Bemerkung
1995	Spital	X	E = 36.6 mSv	Orthopädie, Durchleuchtung
	Industrie	H-3	E = 24.6 mSv	Inkorporation
1996	Industrie	H-3	E = 5.2 mSv	Inkorporation (Schwangerschaft)
	Industrie	H-3	E = 29 mSv	Inkorporation
1997	Industrie	Ir-192	E = 83 mSv	Gammagraphie
	Industrie	H-3	E = 4.6 mSv	Inkorporation (Schwangerschaft)
	Spital	X	H _{extr} = 517 mSv	interventionelle Radiologie
1998	Spital	X	E = 22.8 mSv	unklarer Vorfall
2002	Spital	Co-60	E = 22.8 mSv	Strahlentherapie
	Spital	I-131	H _{extr} = 1256 mSv	Nuklearmedizin, Kontamination
2004	Zahnarzt	X	E = 22.2 mSv	unklarer Vorfall
2005	Spital	X	E = 20.2 mSv	Kardiologie, Durchleuchtung
2007	Spital	Y-90	H _{extr} = 1300 mSv	Nuklearmedizin, Fingerkuppe
2009	KKW	γ	E = 37.8 mSv E = 25.4 mSv	2 Personen bei Revision
2010	KKW	γ	E = 28 mSv H _{extr} = 7500 mSv	Taucher bei Revision
	Spital	X	E = 30.2 mSv	Angiographie, Durchleuchtung
	Spital	Y-90	H _{extr} = 1000 mSv	medizinische Forschung
2011	Spital	X	E = 27 mSv	Kardiologie, Durchleuchtung
	Spital	Y-90	H _{extr} = 2000 mSv	Kontamination Nuklearmedizin
	Industrie	e ⁻ , γ	E = 278 mSv	Elektronenstrahlvernetzungsanlage
2012	Spital	Y-90	H _{extr} = 1000 mSv	Nuklearmedizin
2014	Spital / Industrie	X	H _{extr} = 700 mSv	Reparatur einer Durchleuchtungsanlage
2016	Spital	unbekannt	E = 24.1 mSv	Nuklearmedizin
2017	Spital	unbekannt	E = 29.6 mSv	Notfallstation

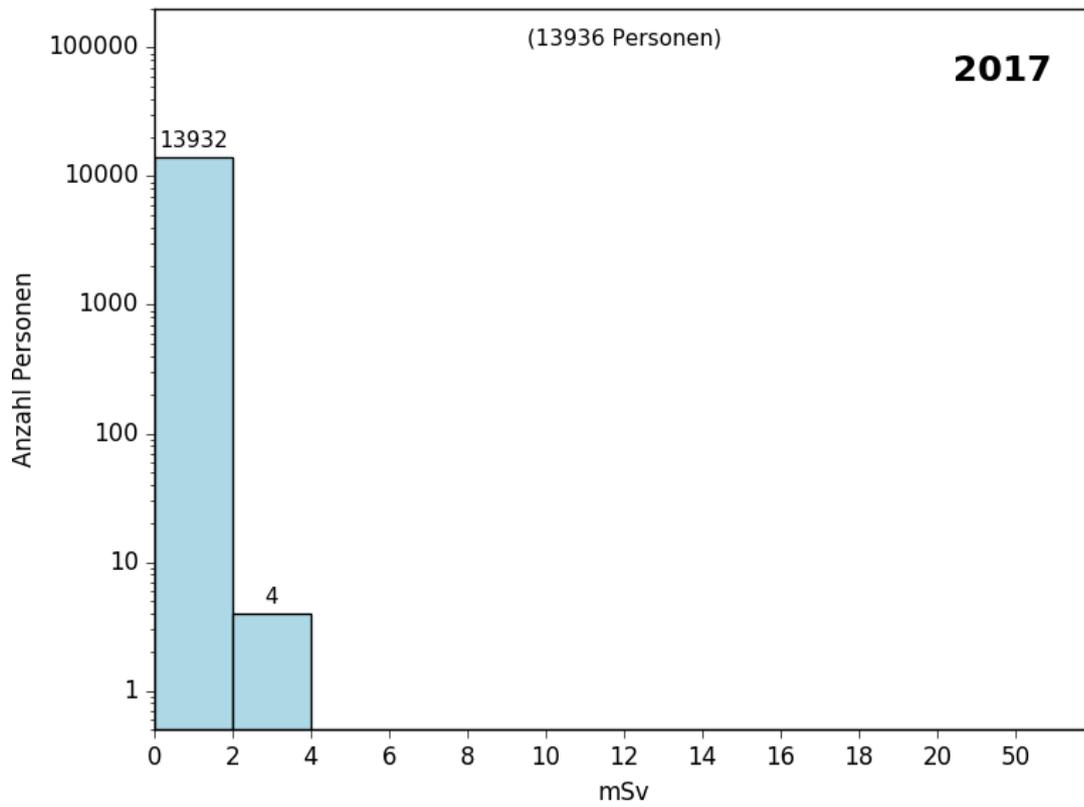
Figur 1: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



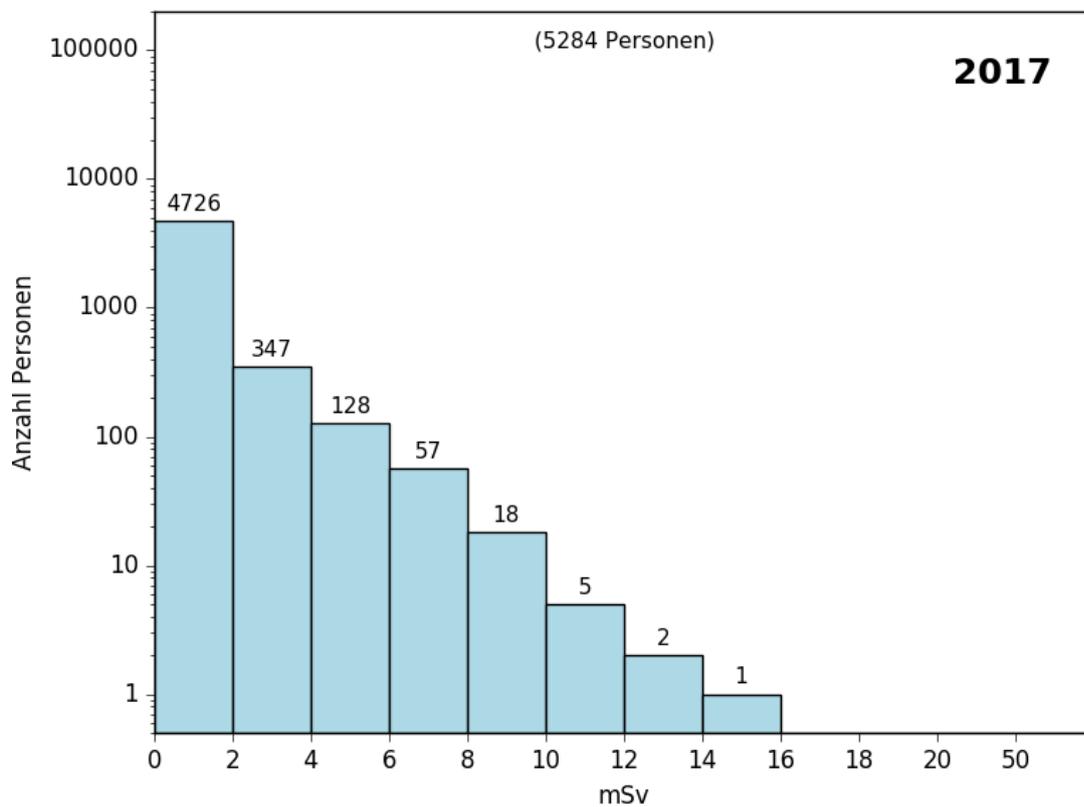
Figur 2: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in der Medizin



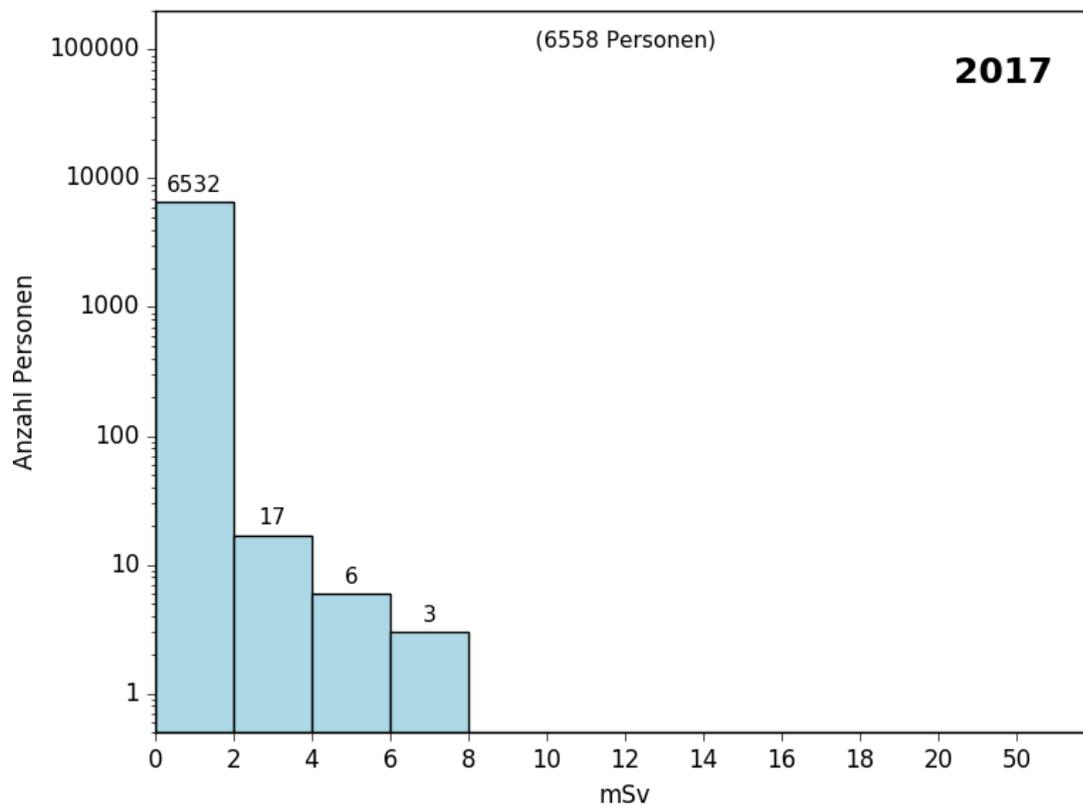
Figur 3: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Universitäten und Forschung



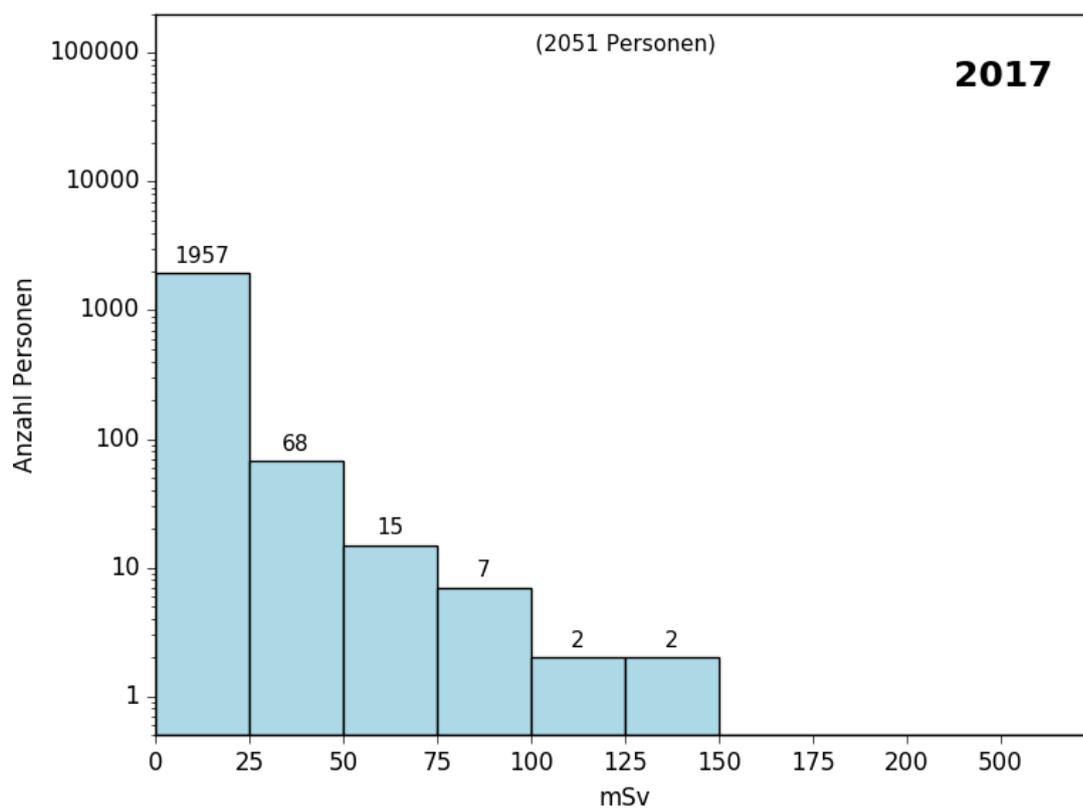
Figur 4: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Kernkraftwerken und ZWILAG



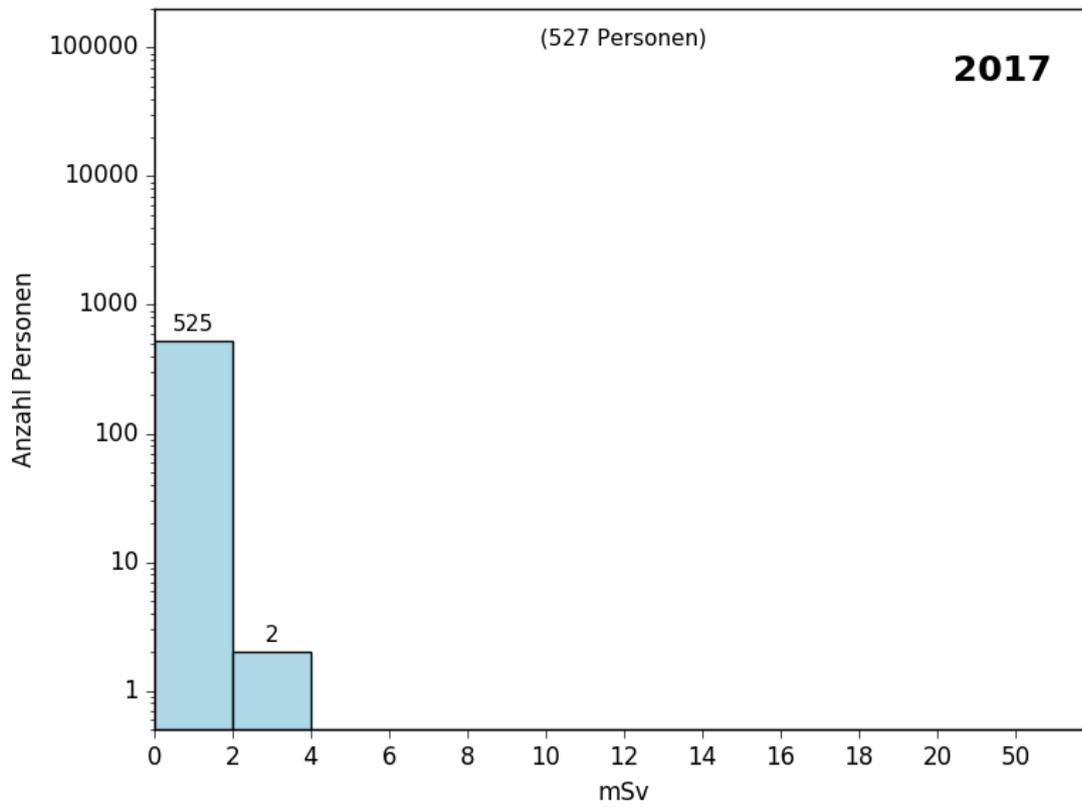
Figur 5: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Industrie und Verschiedenes (Handel, öffentliche Dienste, ..)



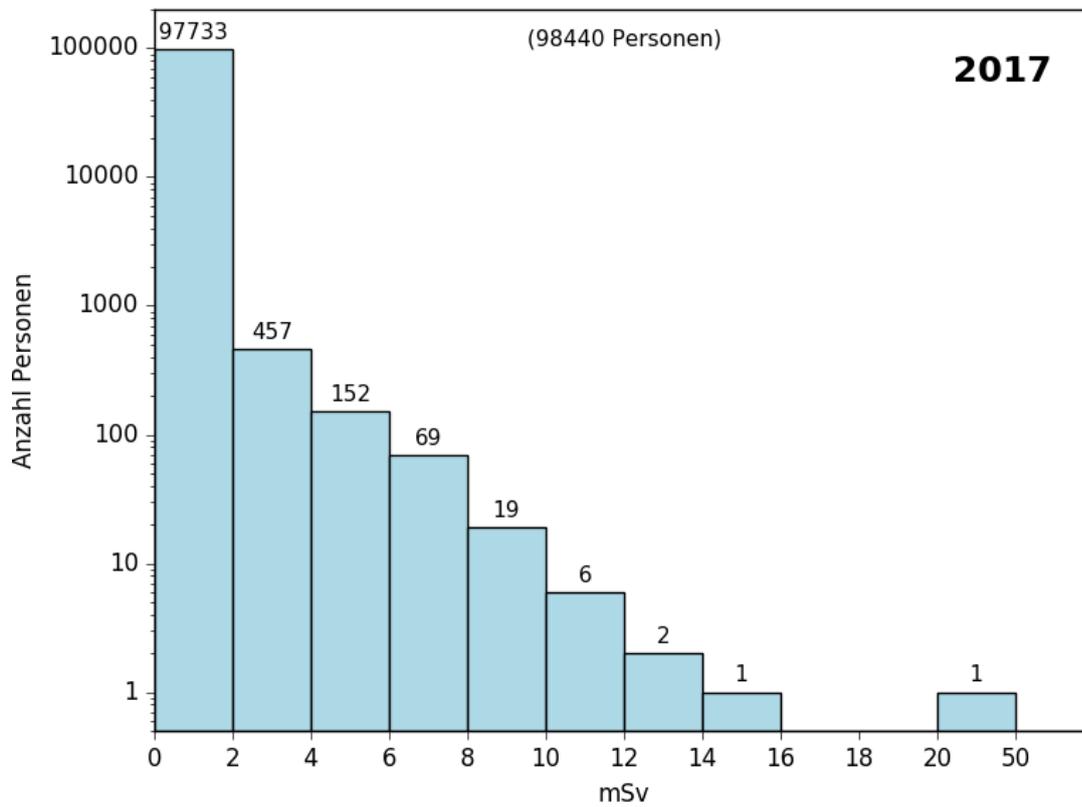
Figur 6: Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen



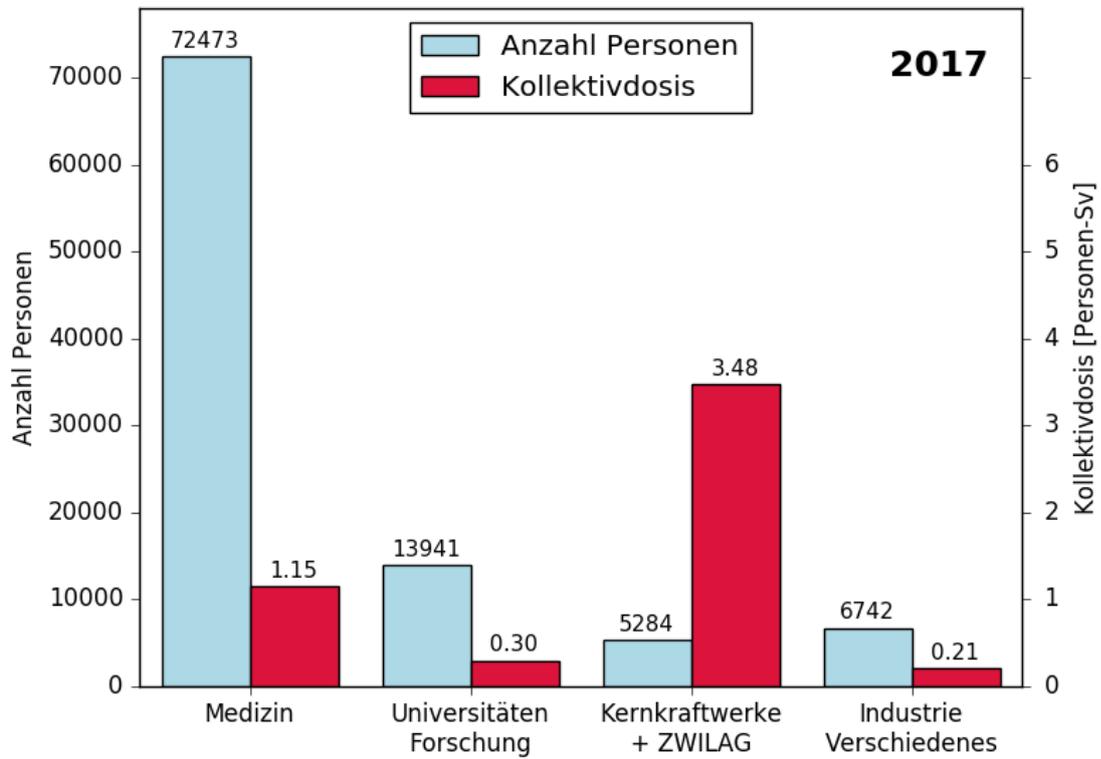
Figur 7: Effektive Folgedosen durch interne Bestrahlung



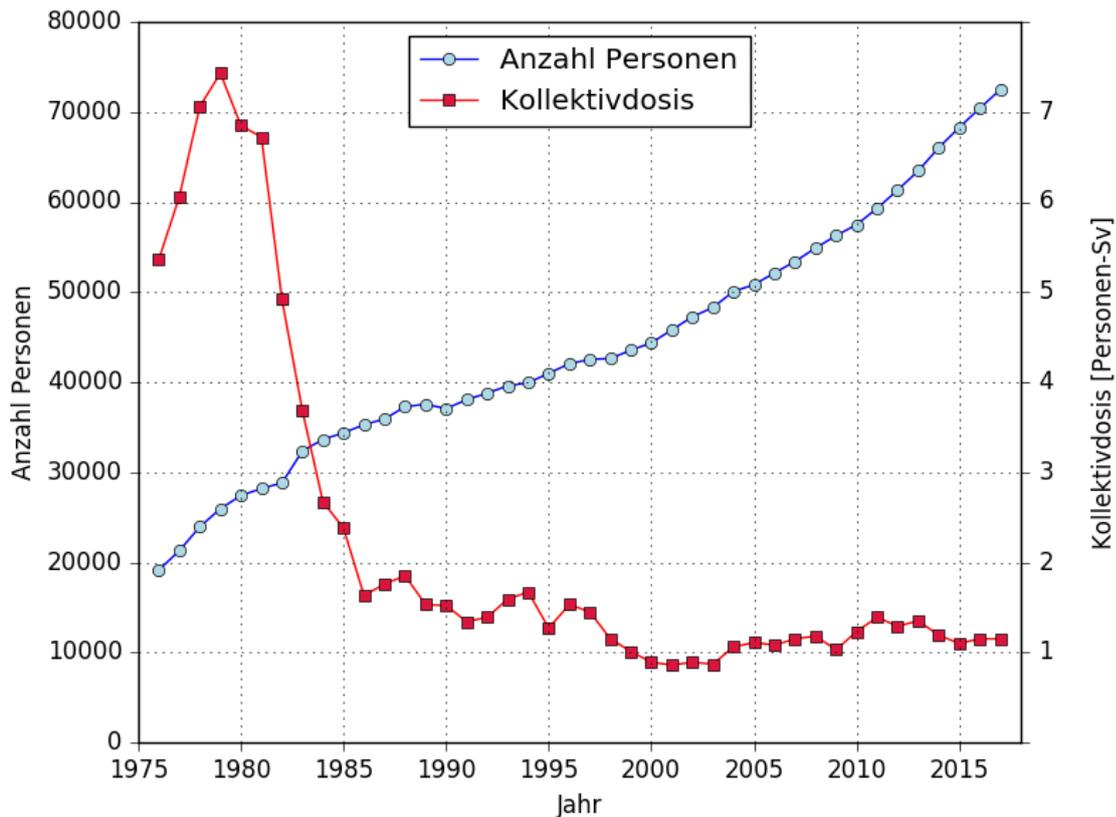
Figur 8: Effektive Dosen durch externe und interne Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



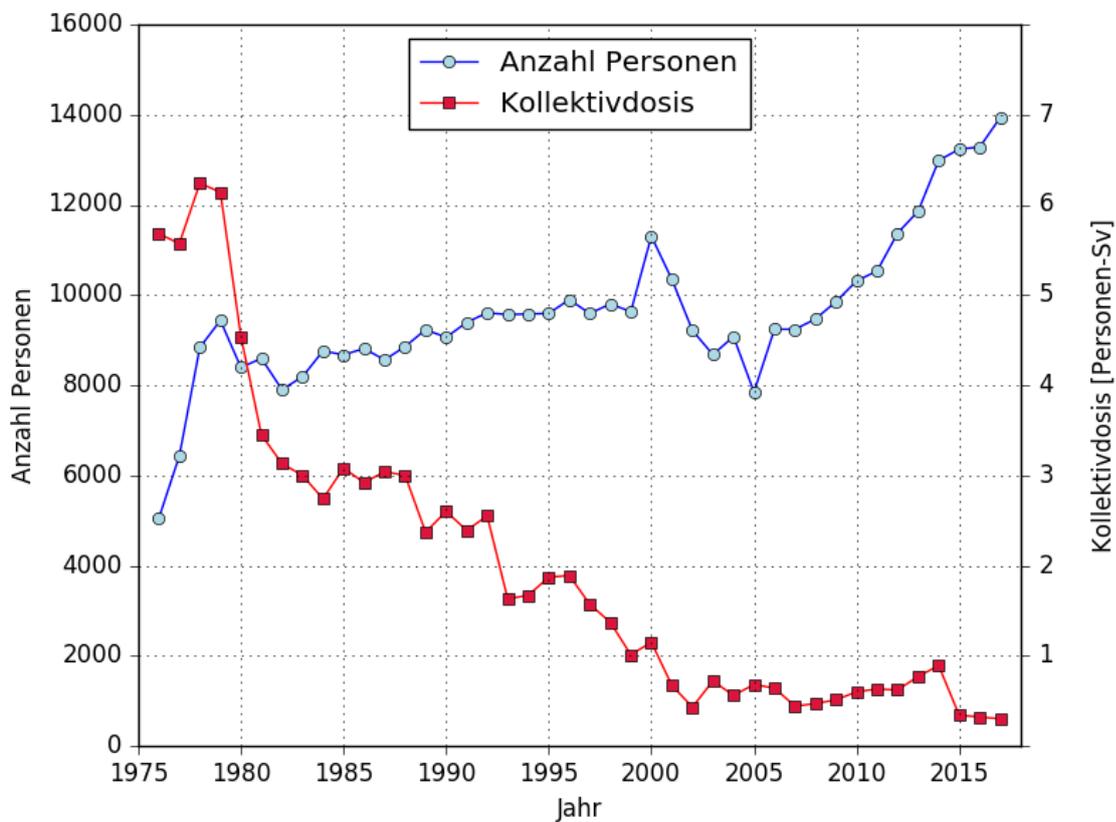
Figur 9: Anzahl Personen und Kollektivdosen durch externe und interne Bestrahlung



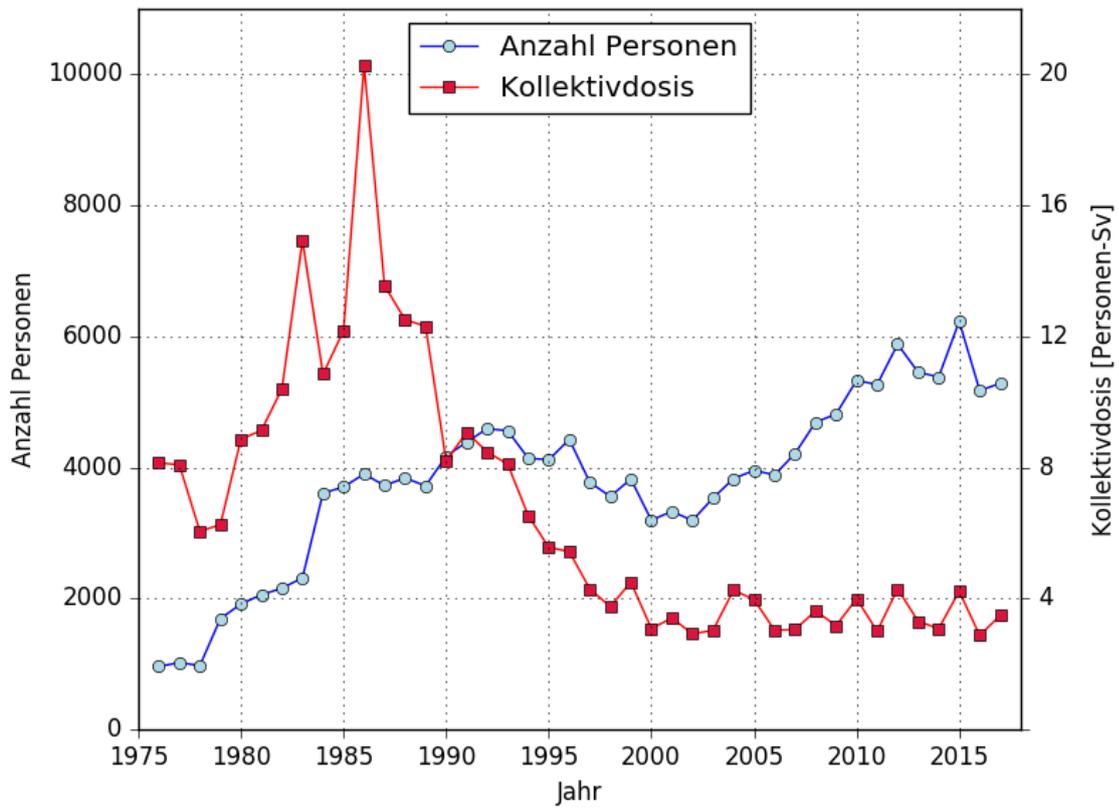
Figur 10: Externe Bestrahlung seit 1976 in der Medizin



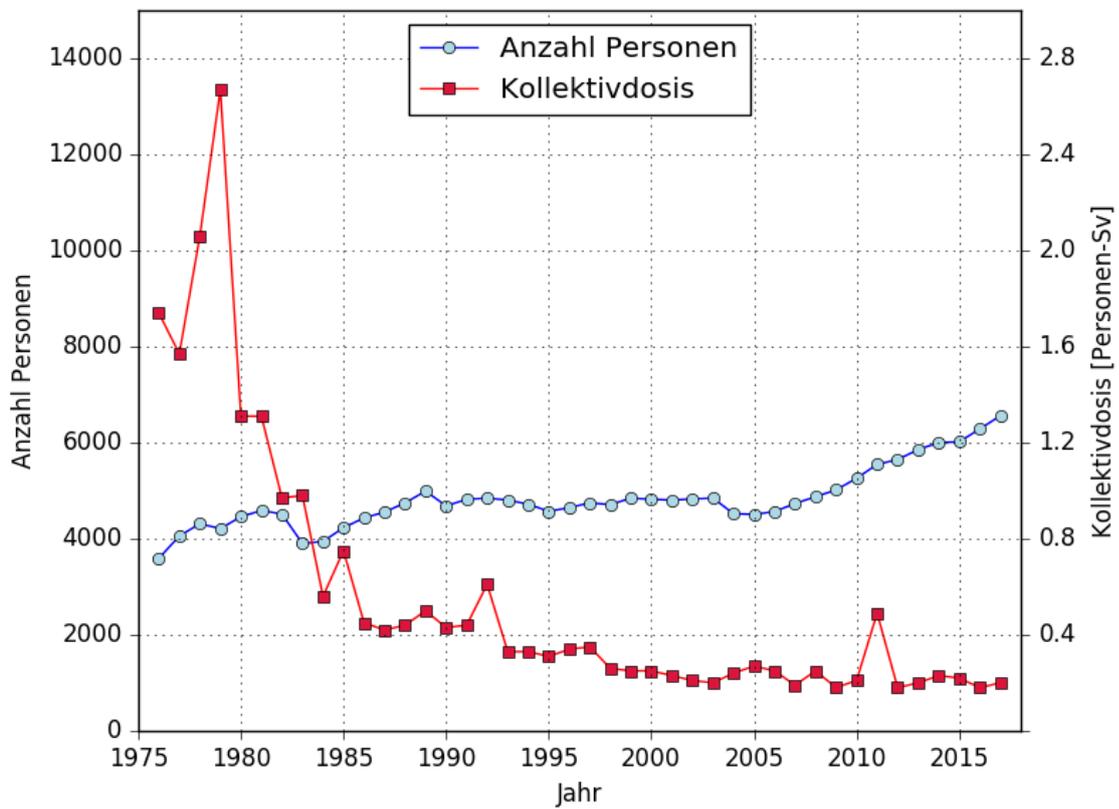
Figur 11: Externe Bestrahlung seit 1976 in Universitäten und Forschung



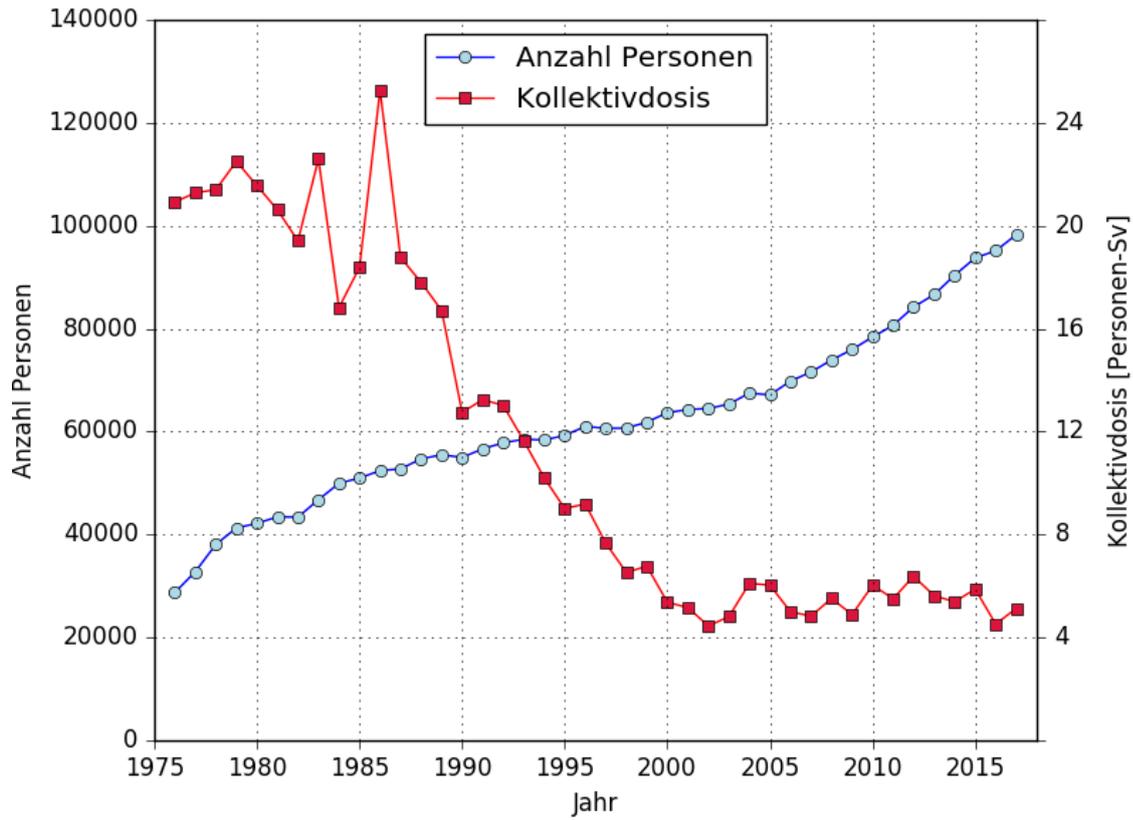
Figur 12: Externe Bestrahlung seit 1976 in Kernkraftwerken und ZWILAG



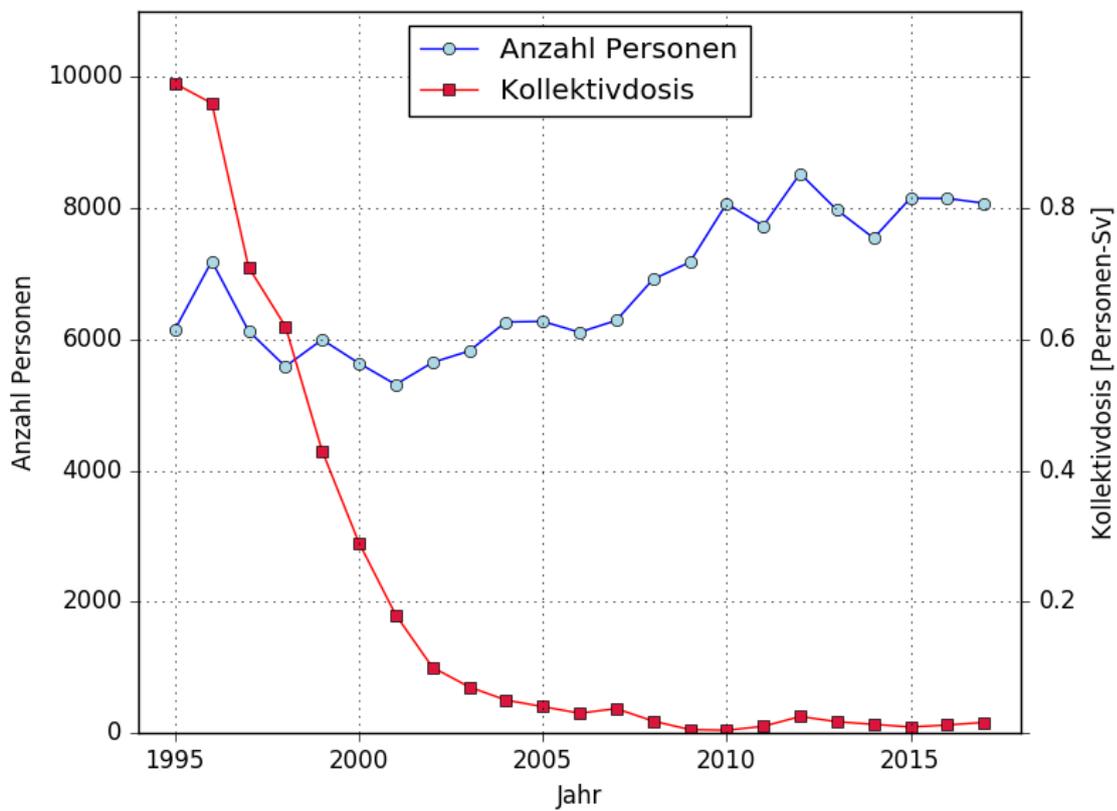
Figur 13: Externe Bestrahlung seit 1976 in Industrie und Verschiedenes (Handel, öffentliche Dienste, ..)



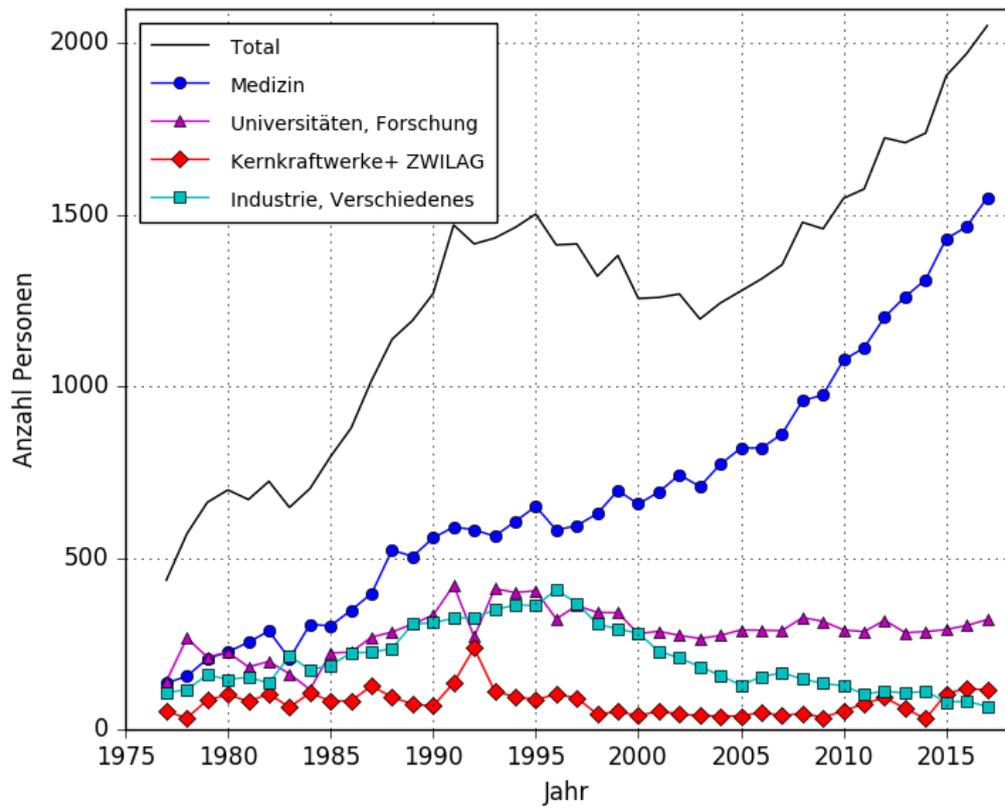
Figur 14: Externe Bestrahlung seit 1976



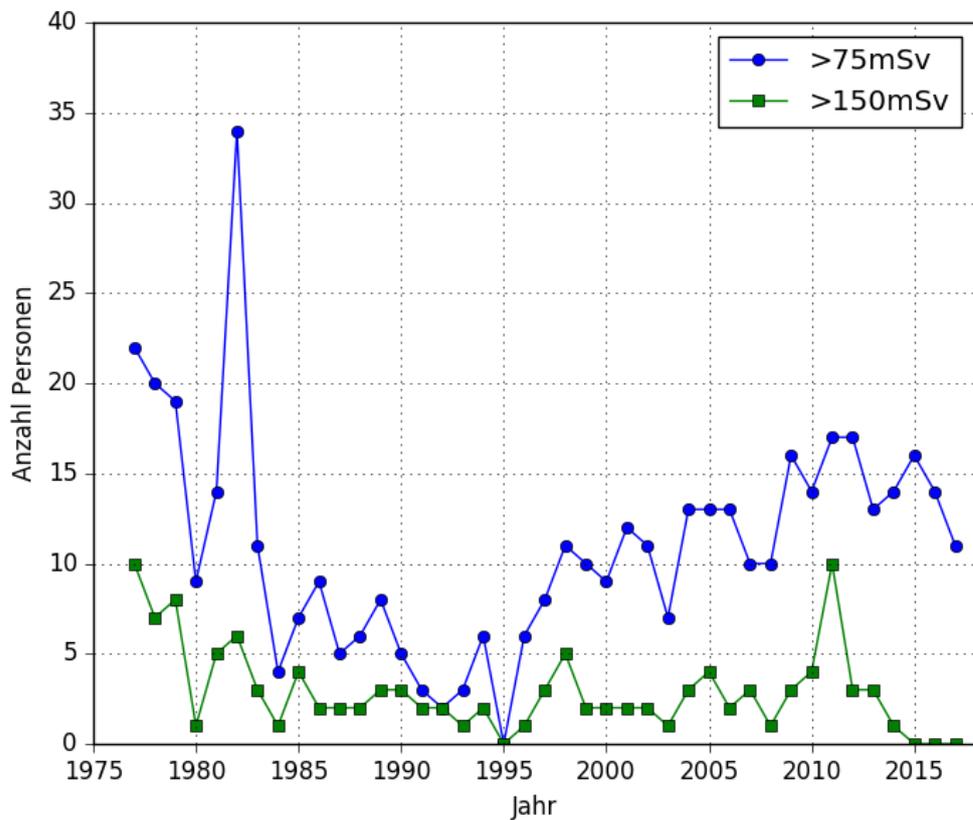
Figur 15: Interne Bestrahlung seit 1995



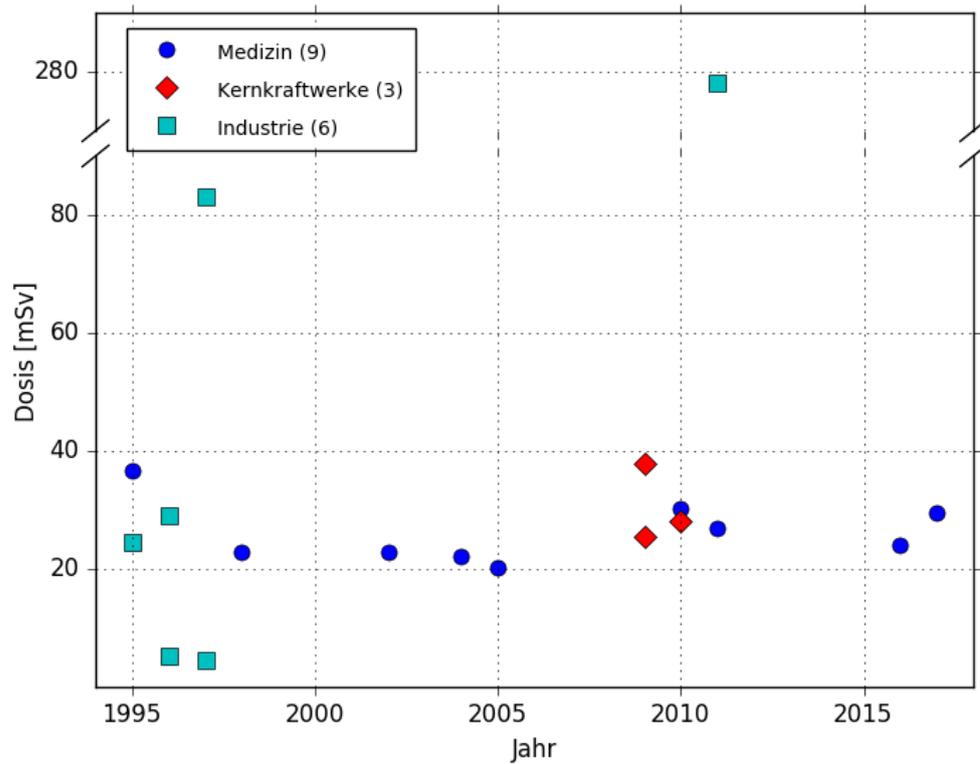
Figur 16: Handdosen: Anzahl Personen seit 1977



Figur 17: Hohe Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen seit 1977



Figur 18: Effektive Dosen über dem Jahresgrenzwert seit 1995



Figur 19: Extremitätendosen über dem Jahresgrenzwert seit 1995

