



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI

Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Verbraucherschutz

Dezember 2020

Jahresbericht 2019

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	7
6	Exposition durch kosmische Strahlung	7
7	Effektive Dosen durch gesamte Strahlenexposition	8
8	Überschreitungen von Dosisgrenzwerten und spezielle Vorkommnisse	8
9	Trend der letzten 43 Jahre	8
10	Schlussfolgerungen	9
11	Weitere Publikationen	10
	Tabellen	11
	Figuren	21

1 Einleitung

Der vorliegende Jahresbericht fasst die Ergebnisse der Personendosimetrie der Schweiz für externe und interne Bestrahlung im Jahr 2019 zusammen und zeigt den Trend der letzten 43 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.

Mit dem Inkrafttreten der neuen Strahlenschutzverordnung (StSV; SR 814.501) am 1. Januar 2018 müssen auch die Dosen des Flugpersonals ermittelt werden. Die Fluggesellschaften senden die Dosisdaten direkt oder via einen Dienstleister ans BAG.

Nach einer Übergangsfrist von einem Jahr gilt seit 2019 der neue Jahresgrenzwert für die Augenlinsendosis von 20 mSv. Diese kann mit dem Ganzkörperdosimeter oder einem speziellen Augenlinsendosimeter ermittelt werden.

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 2019 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 2019 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.

2.3 Dosimetrie des Flugpersonals

Das Flugpersonal ist während der Arbeit in der Luft einer erhöhten Strahlenbelastung durch kosmische Strahlung ausgesetzt. Gemäss der revidierten Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV) gilt daher das Flugpersonal als beruflich strahlenexponiert, wenn aufgrund der Arbeit in der Luft eine Dosis von 1 mSv pro Jahr überschritten werden kann. Die Dosisberechnung kann betriebsintern durch den Luftfahrzeugbetreiber selber oder durch einen Dienstleister durchgeführt werden. Das BAG führt eine Liste mit Software-Lösungen für die Dosisberechnung, welche dem Stand der Technik entsprechen:

- CARI-7 und CARI-7A (Federal Aviation Administration, USA)
- EPCARD Version 3.34
- EPCARD Version 5.4.3
- GlobaLog Version 2.0
- IASON FREE mit den Softwarekomponenten FREEBackend Version 1.3.0 und FREEDu Version 1.3.1
- PANDOCA Version 1.1.1
- PCAire Version PCAire DLL v1.2.0.21 und Calculation DLL v1.1.0.1
- SIEVERT Version 2.4.5

3 Vergleichsmessungen

Nach Artikel 92 der StSV müssen sich die Dosimetriestellen an Vergleichsmessungen beteiligen. Im Berichtsjahr wurden je eine Vergleichsmessung für externe und eine für interne Dosimetrie durchgeführt.

3.1 Externe Dosimetrie

An der vom PSI durchgeführten Vergleichsmessung 2019 für externe Personendosimetrie haben alle 11 anerkannten Dosimetriestellen mit 13 Dosimetersystemen teilgenommen. Im Unterschied zu den bisherigen Vergleichsmessungen für externe Personendosimetrie wurde von den Teilnehmern verlangt, die Messunsicherheit zu jeder Dosis mit einer groben Beschreibung der Messunsicherheitsbestimmung anzugeben.

Bei den Bestrahlungen von Ganzkörperdosimetern unter Referenzbedingungen wurden pro Dosimetriesystem 4 Dosimeter bestrahlt (52 total). Dabei erfüllten ohne Betrachtung der Messunsicherheit drei Dosimetriestellen mit insgesamt vier Dosimetern die Anforderungen der Dosimetrieverordnung nicht.

Dabei ist festzuhalten, dass pro betroffener Dosimetriestelle jeweils nur ein oder zwei Dosimeter die Anforderungen nicht erfüllte.

Bei den Extremitätendosimetern erfüllten ohne Betrachtung der Messunsicherheit unter Referenzbedingungen zwei Dosimetriestellen mit insgesamt 6 Dosimetern die Anforderungen nicht. Bei einer dieser Dosimetriestellen lagen die Messwerte aller vier Extremitätendosimeter ausserhalb der Anforderungen. Insgesamt wurden 16 Dosimeter bestrahlt.

Die zuständigen Aufsichtsbehörden sind daran, die Gründe für die Abweichungen mit den entsprechenden Dosimetriestellen zu klären.

3.2 Interne Dosimetrie

Das IRA wurde beauftragt, für das Jahr 2019 eine Vergleichsmessung für die interne Dosimetrie zu organisieren. Ausgewählt wurde das Radionuklid Iod-131, welches im medizinischen Bereich und in den Reaktoren von Kernkraftwerken vorkommt. Aufgrund von Lieferschwierigkeiten des Nuklides wurde die Vergleichsmessung erst im Folgejahr 2020 durchgeführt.

Jede der drei teilnehmenden Dosimetriestellen hat vom IRA drei Iod-131 Proben bekommen, die jeweils einem Kontaminationsszenario einer fiktiven Person entsprachen. Die Szenarien wurden den Dosimetriestellen mitgeteilt, so dass diese auch die effektiven Folgedosen E_{50} bestimmen konnten. Alle drei Dosimetriestellen erfüllen die Genauigkeitsanforderungen ($\pm 20\%$) gemäss Dosimetrieverordnung für die im Schilddrüsenphantom gemessene Iod-131-Aktivität. Sie führten auch die Berechnungen der effektiven Folgedosis E_{50} korrekt und gemäss Dosimetrieverordnung durch.

4 Externe Strahlenexposition (ohne Exposition durch kosmische Strahlung)

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. 2019 war mit 1.2 mSv nur eine der 6'122 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 96'396 im Jahr 2018 auf 94'705 im Berichtsjahr gesunken. Dies ist auf weniger dosimetrierte Personen in zahnärztlichen Praxen zurückzuführen. Gemäss der neuen StSV muss das Personal hier kein Dosimeter mehr tragen, wenn es ausschliesslich mit intraoralen Kleinröntgengeräten arbeitet. Im Auftrag des BAG hat das Institut für Radiophysik (IRA) nachgewiesen, dass für das Personal bei der bestimmungsgemässen Bedienung von Kleinröntgenanlagen kein realistisches Szenario (z.B. falsche Position) zu einer effektiven Dosis von mehr als 1 mSv pro Jahr führen kann.

Die Kollektivdosis, d.h. die Summe der individuellen Personen-Tiefendosen aller beruflich strahlenexponierten Personen der Schweiz, lag im Jahr 2019 bei 4.03 Personen-Sv (gegenüber 4.17 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.

Die einzelnen Tätigkeitsbereiche trugen zur Kollektivdosis wie folgt bei: Kernkraftwerke 59%, Medizin 27%, Forschung 8%, Industrie, Handel, öffentliche Dienste und Verschiedenes 6%. 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) wurden im Bereich Industrie (Tabelle 2) und Spitäler gemessen (Kapitel 8). Im Berichtsjahr war keine Grenzwertüberschreitung der Ganzkörperdosis zu verzeichnen.

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 von 426 mSv wurde von einer Person akkumuliert, die in der Nuklearmedizin mit offenen Quellen arbeitete. Das BAG hat die betreffende Abteilung bei Optimierungen eng begleitet.

Der Jahresgrenzwert von 500 mSv wurde im Berichtsjahr nicht überschritten.

Seit dem 01.01.2018 muss bei Arbeiten mit offenen Quellen auf die gemessene Handdosis ein Korrekturfaktor von 5 angewendet werden (gemäss Dosimetrieverordnung). Die Dosis an den Fingerspitzen kann um ein Vielfaches höher sein, als die an der Fingerbasis gemessene Dosis. Mit dem Korrekturfaktor soll eine möglichst realistische Handdosis im zentralen Dosisregister verbucht werden. Dieser Korrekturfaktor erklärt die Zunahme an hohen Handdosen seit 2018 (Tabelle 3, Tabelle 8, Figur 18). Die hohen Dosen stammen somit vor allem aus nuklearmedizinischen Abteilungen. 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). Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit berät und unterstützt das BAG die Betriebe bei Optimierungen der Handdosis.

4.3 Augenlinsendosen

Nach einer Übergangsfrist von einem Jahr trat 2019 der in der Revision der Strahlenschutzverordnung angepasste neue Jahresgrenzwert für die Augenlinsendosis von 20 mSv in Kraft.

Die Augenlinsendosis wird der mit dem Ganzkörperdosimeter gemessenen Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$ gleichgesetzt oder kann alternativ mit einem Augenlinsendosimeter bestimmt werden (Dosimetrieverordnung, Art. 11). Werden zwei Ganzkörperdosimeter mit Strahlenschutzschürze getragen, so entspricht die Augenlinsendosis der totalen Oberflächen-Personendosis $H_{total}(0,07)$, um auch Expositionssituationen zu berücksichtigen, wo nur ein Dosimeter ohne Schürze getragen wird. Beim Tragen einer Schutzbrille oder anderer Schutzmittel für die Augenlinse bestimmt die oder der Strahlenschutzsachverständige im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde einen individuellen Korrekturfaktor. Dieser korrigiert den Messwert des Ganzkörperdosimeters für die Schutzwirkung des Schutzmittels und für den abweichenden Messort zur Augenlinse.

Die individuelle Bestimmung des Korrekturfaktors hat vielen Betrieben noch Schwierigkeiten bereitet (Messverfahren, geeignetes Dosimeter). Deshalb darf bis auf weiteres im Aufsichtsbereich des BAG ein konservativer Standard-Korrekturfaktor von 0.5 verwendet werden. Bei Personen, die den Jahresgrenzwert für die Augenlinse deutlich oder wiederholt überschreiten, verlangt das BAG jedoch die Bestimmung eines individuellen Korrekturfaktors oder in Einzelfällen sogar ein zusätzliches Augenlinsendosimeter (Dosimetrieverordnung, Art. 11, Abs. 2).

Im Berichtsjahr überschritten 26 Personen den Grenzwert für die Augenlinsendosis (siehe Kapitel 8), wobei nur bei wenigen Fällen eine definitive Dosis bereits bestätigt werden konnte. Da die Ermittlung eines individuellen Korrekturfaktors je nach Methode einige Monate Zeit beansprucht, sind diese Untersuchungen oft noch nicht abgeschlossen. Es ist somit zu erwarten, dass einzelne Augenlinsendosen über dem Jahresgrenzwert nachträglich noch korrigiert werden müssen. Aufgrund der hohen Anzahl noch offener Fälle wurden auf eine detaillierte Auswertung der Augenlinsendosen im vorliegenden Bericht verzichtet.

Das BAG hat die Schweizerische Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik SGSMP gebeten, Empfehlungen für die Augenlinsendosimetrie und die Bestimmung des Korrekturfaktors zu erarbeiten. Dafür wurde eine Arbeitsgruppe aus SGSMP Mitgliedern und Vertretern des BAG gegründet, die voraussichtlich Anfang 2021 ihre Empfehlungen veröffentlichen wird. Das BAG plant auf Basis dieser Empfehlungen ausführliches Informationsmaterial für die Durchführung der Augenlinsendosimetrie zur Verfügung zu stellen.

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. 6'700 Personen wurden Triagemessungen zur Überprüfung einer möglichen Inkorporation direkt in den betroffenen Betrieben durchgeführt (Tabelle 4).

Im Jahr 2019 wurden bei 278 Personen Inkorporationsmessungen durchgeführt und die effektive Folgedosis E_{50} ermittelt. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse nach Tätigkeitsbereichen aufgeführt. Die höchste effektive Folgedosis betrug 2.8 mSv.

In Figur 7 ist die Verteilung der internen Dosen dargestellt. Die Kollektivdosis betrug 0.025 Personen-Sv und ist somit leicht höher als im Vorjahr. Sie ist hauptsächlich durch Tritium-Inkorporationen in der Uhrenindustrie zustande gekommen.

6 Exposition durch kosmische Strahlung

Im Berichtsjahr wurden bei 9298 Personen die Flugdosen rechnerisch ermittelt. Figur 8 zeigt die Verteilung dieser Dosen. Die höchste Jahreswert für die effektive Dosis lag bei 4.83 mSv und wurde für einen Piloten berechnet. Somit sind bisher alle Personen in diesem Bereich der Kategorie B zuzuordnen (Personen, die bei ihrer beruflichen Tätigkeit pro Kalenderjahr bis 6 mSv effektive Dosis akkumulieren können). Wie erwartet hatte das Flugpersonal mit 1.84 mSv die höchste mittlere Jahresdosis aller beruflich strahlenexponierten Personen. Die Kollektivdosis betrug 17.09 Personen-Sv.

7 Effektive Dosen durch gesamte 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. Beim Flugpersonal wird die effektive Dosis rechnerisch ermittelt.

Die Verteilung der effektiven Dosen ist in Tabelle 5 und Figur 9 dargestellt. Die Gesamtzahl aller beruflich strahlenexponierten Personen betrug im Berichtsjahr 104'172 (Vorjahr: 105'231). Darin nicht enthalten sind Personen, bei denen ausschliesslich Triagemessungen durchgeführt wurden. Die gesamte Kollektivdosis betrug 21.15 Personen-Sv, respektive 4.06 Personen-Sv ohne das Flugpersonal (Vorjahr: 20.57 Personen-Sv). Die Verteilung auf die verschiedenen Bereiche ist in Figur 10 ersichtlich.

Die Inkorporationen trugen nur ca.0.1% zur Gesamtkollektivdosis bei. Die Dosen stammten vorwiegend aus dem Bereich Industrie, wo die Inkorporationen rund 12% der Kollektivdosis ausmachten.

8 Überschreitungen von Dosisgrenzwerten und spezielle Vorkommnisse

Im Berichtsjahr überschritten 25 Personen den Jahresgrenzwert für die Augenlinsendosis von 20 mSv durch eine monatliche Akkumulation. Da bei einem Teil dieser Personen eine genaue Bestimmung des Korrekturfaktors noch nicht abgeschlossen ist, kann sich diese Zahl nachträglich noch verringern (siehe Kapitel 4.3). Bei den betroffenen Personen handelt es sich ausschliesslich um Ärztinnen und Ärzte die in den Bereichen interventionelle Radiologie (inkl. Kardiologie) und orthopädische Chirurgie Eingriffe mit Durchleuchtung durchführen. Die höchste akkumulierte Augenlinsendosis betrug 72.7 mSv und wurde bei einer Person in der orthopädischen Chirurgie ermittelt.

Das BAG unterstützt die betroffenen Spitäler bei der Etablierung einer guten Augenlinsendosimetrie und fordert Optimierungen im Strahlenschutz bei den Personen mit einer Grenzwertüberschreitung. Der weitere Verlauf der monatlichen Dosen wird beobachtet, um die Wirksamkeit der Massnahmen zu überprüfen.

Neben den akkumulierten Augenlinsendosen wurde bei einer in der Angiographie tätigen MTRA eine einmalige hohe Überschürzendosis gemessen, die zu einer Augenlinsendosis von 108.7 mSv führte. Trotz einer Untersuchung durch das Spital und Abklärungen vor Ort durch das BAG konnte keine Dosisursache gefunden werden. Zudem wurde bei keinem der mit der MTRA arbeitenden Operateure eine auffällige Dosis im betreffenden Monat gemessen. Da nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die betroffene Person die Augenlinsendosis erhalten hat, wurde sie ins Zentrale Dosisregister eingetragen. Die nachfolgenden Monatsdosen der Person waren wieder unauffällig.

Bei den Ganzkörper- und den Extremitätendosen waren im Berichtsjahr keine Überschreitungen der Jahresgrenzwerte zu verzeichnen. Tabelle 9 und Figuren 19 und 20 zeigen eine Übersicht der Grenzwertüberschreitungen seit 1995. Die Grenzwertüberschreitungen der Augenlinsendosen sind aufgrund der laufenden Untersuchungen darin noch nicht enthalten.

9 Trend der letzten 43 Jahre

Die Kollektivdosen bei externer Bestrahlung (ohne kosmische Strahlung) der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz sind im Laufe der letzten 43 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 4.03 Personen-Sv (siehe Tabelle 6 und Figur 15). Die Gesamtzahl der beruflich strahlenexponierten Personen ist in derselben Periode um einen Faktor drei gestiegen – von ca. 30'000 auf ca. 95'000.

Die mittlere Dosis pro Person hat in diesem Zeitraum von 0.73 mSv pro Jahr auf 0.04 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 11 bis 14). 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.

In den letzten Jahren scheint sich die Kollektivdosis in der Medizin zu stabilisieren. In Figur 13, die den Bereich der Kernkraftwerke zeigt, sind die Dosisspitzen 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 16). 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 bei Personen festgestellt, 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 der Personen, bei denen eine Handdosis ermittelt wird, ist in den letzten 43 Jahren in der Medizin kontinuierlich gestiegen (Figur 17, Tabelle 8). Waren es 1977 noch 135 Personen, trugen im Berichtsjahr bereits 2575 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 zunächst eine Zunahme seit 1995 auf (Figur 18). Diese höheren Jahreshanddosen stammen fast ausschliesslich aus den medizinischen Bereichen Nuklearmedizin und interventionelle Radiologie. Mit der Einführung des Korrekturfaktors bei Arbeiten mit offenen Quellen ist seit 2018 eine starke Zunahme hoher Handdosen zu verzeichnen (Tabelle 9, Figur 18).

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 und der Anteil der internen Strahlenexposition blieb in den letzten 15 Jahren äusserst gering.

Mit einer mittleren Jahresdosis von 1.84 mSv liegt die durchschnittliche Strahlenexposition des Flugpersonals wie erwartet an der Spitze aller Berufsgruppen, gefolgt von 0.48 mSv bei den Kernkraftwerken. Jedoch erreichte beim Flugpersonal niemand eine Jahresdosis von 6 mSv, so dass alle Personen der Kategorie B zugeordnet werden konnten.

Eine beträchtliche Anzahl von Ärztinnen und Ärzten hat im Berichtsjahr den Jahresgrenzwert für die Augenlinsendosis überschritten. Jedoch laufen bei einem grossen Teil dieser Fälle noch Untersuchungen, um die Überschreitung durch eine verbesserte Dosisabschätzung zu bestätigen. Dies zeigt auf, dass in den Spitälern weitere Optimierungen nötig sind, damit der neue Grenzwert von 20 mSv pro Jahr in Zukunft eingehalten werden kann. Eine weitere Herausforderung ist es, eine möglichst realistische Augenlinsendosis zu bestimmen, insbesondere wenn Schutzmittel getragen werden. Das BAG

unterstützt die betroffenen Spitäler bei diesen Optimierungen und bei der Etablierung einer möglichst genauen Augenlinsendosimetrie. Weiteres Informationsmaterial zur Augenlinsendosimetrie wird zurzeit erarbeitet.

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 2019

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	8'800	β, γ, X	DIS	8'800	β, γ, X	TLD	60
	n	PADC	4'400						
Dosilab	β, γ, X	TLD	43'000	β, γ, X	TLD	43'000	β, γ, X	TLD	1'200
IRA	β, γ, X	TLD	10'000	β, γ, X	TLD	10'000	β, γ, X	TLD	300
KKB	β, γ, X	DIS	1'200	β, γ, X	DIS	1'200			
KKG	β, γ, X	DIS	1'400	β, γ, X	DIS	1'400			
KKL	β, γ, X	DIS	2'000	β, γ, X	DIS	2'000			
KKM	β, γ, X	TLD	700	β, γ, X	TLD	700			
PEDOS	β, γ, X	TLD	15'000	β, γ, X	TLD	15'000	β, γ, X	TLD	600
PSI	β, γ, X	RPL, DIS	2'200	β, γ, X	RPL, DIS	2'200	β, γ, X	TLD	160
	n	PADC	1'600						
Suva	β, γ, X	TLD	14'000	β, γ, X	TLD	14'000	β, γ, X	TLD	220
X-Dos	β, γ, X	TLD	3'900	β, γ, X	TLD	3'900	β, γ, X	TLD	17

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 2019

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	30
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	30
		β	PC	Sr-90	
	Urin, Stuhl	α	Si	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Am-241	3
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	90
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	
	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	
	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	12
Suva	Urin	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	130

Scint Flüssigszintillator
 Nal Nal-Szintillator
 PC Proportionalzähler

Ge Germanium-Detektor
 Si Silizium-Detektor

Tabelle 2: Personen-Tiefendosen durch äussere Bestrahlung 2019: 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	32266	18546	669	14318	11690	2697	1859	608	5887	88540
0.1– 1.0	1367	203	28	184	1715	1291	110	6	132	5036
1.1 – 2.0	140	7	6	3	18	371	38		12	595
2.1 – 3.0	47	3	4		3	177	12		4	250
3.1 – 4.0	28		3			105	5		3	144
4.1 – 5.0	22	1				53	3			79
5.1 – 6.0	4				1	20	1			26
6.1 – 7.0	2					17				19
7.1 – 8.0	4					3				7
8.1 – 9.0	1					3				4
9.1 -10.0	1						1			2
10.1-11.0										
11.1-12.0	1									1
12.1-13.0							1			1
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	33883	18760	710	14505	13427	4737	2030	614	6038	94704
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.94	0.06	0.04	0.03	0.34	2.38	0.18	0.00	0.06	4.03

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 2019: Anzahl der Personen

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie und Ver- schiedenes	Total
= 0	1147	220	40	44	1451
0.1 - 25.0	755	61	48	33	897
25.1 - 50.0	95	3		1	99
50.1 - 75.0	42	1			43
75.1 - 100.0	20	2			22
100.1 - 125.0	16				16
125.1 - 150.0	14				14
150.1 - 175.0	8	1			9
175.1 - 200.0	9				9
200.1 - 225.0	2				2
225.1 - 250.0	4				4
250.1 - 275.0	1				1
275.1 - 300.0	2				2
300.1 - 325.0	2				2
325.1 - 350.0	1				1
350.1 - 375.0	1				1
375.1 - 400.0	1				1
400.1 - 425.0					
425.1 - 450.0	1				1
450.1 - 475.0					
475.1 - 500.0					
> 500.0					
Total	2121	288	88	78	2575

Tabelle 4: Effektive Folgedosen durch innere Bestrahlung 2019: Anzahl der Personen, Kollektivdosen und inkorporierte Nuklide

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Uhrenindustrie	Übrige Industrie	Total
= 0	17	38		66	134	255
0.1– 1.0				13		13
1.1 – 2.0				6		6
2.1 – 3.0				4		4
3.1 – 4.0						
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	17	38	0	89	134	278
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.025
Nuklide mit $E_{50} > 1$ mSv				³ H		
Anzahl der Personen mit Triagemessungen ¹	1300	300	5000		100	6700

¹ geschätzt

Tabelle 5: Effektive Dosen durch alle Bestrahlungsarten 2019: Anzahl der Personen und Kollektivdosen

Dosisintervall [mSv]	Spitäler	Arztpraxen	Radiologische Arztpraxen	Zahnärztliche Praxen	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie, Handel	Öffentliche Dienste	Verschiedenes	Luftfahrt	Total
= 0	32254	18533	669	14315	11700	2697	2024	604	5887	89	88772
0.1– 1.0	1367	203	28	184	1715	1291	123	6	132	2038	7087
1.1 – 2.0	140	7	6	3	18	371	44		12	2951	3552
2.1 – 3.0	47	3	4		3	177	16		4	2931	3185
3.1 – 4.0	28		3			105	5		3	1195	1339
4.1 – 5.0	22	1				53	3			94	173
5.1 – 6.0	4				1	20	1				26
6.1 – 7.0	2					17					19
7.1 – 8.0	4					3					7
8.1 – 9.0	1					3					4
9.1 -10.0	1						1				2
10.1-11.0											
11.1-12.0	1										1
12.1-13.0							1				1
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	33871	18747	710	14502	13437	4737	2218	610	6038	9298	104168
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.94	0.06	0.04	0.03	0.34	2.38	0.21	0.00	0.06	17.09	21.15

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
2018	70503	1.15	14443	0.32	4599	2.44	6851	0.25	96396	4.17
2019	67858	1.07	13427	0.34	4737	2.38	8682	0.24	94704	4.03

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
2018	8088	0.017
2019	7828	0.025

* inklusive Triagemessungen

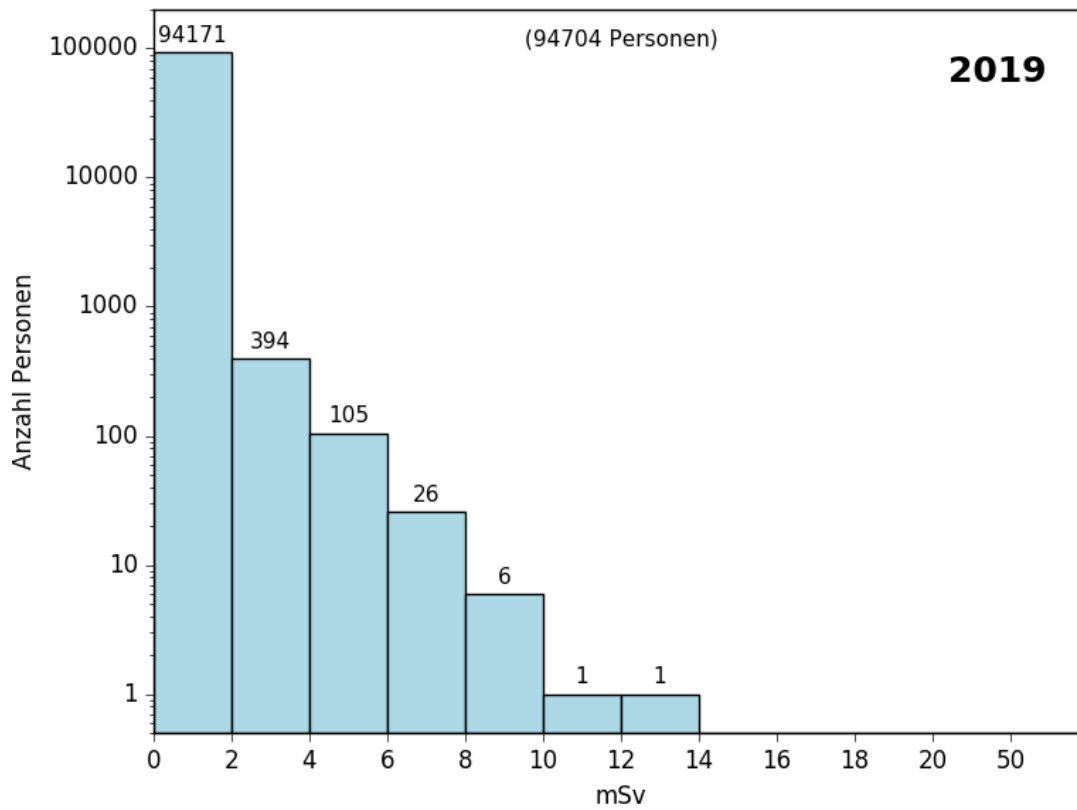
Tabelle 8: Handdosen seit 1977

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
2018	1823	335	56	80	2294	65	20
2019	2121	288	88	78	2575	85	33

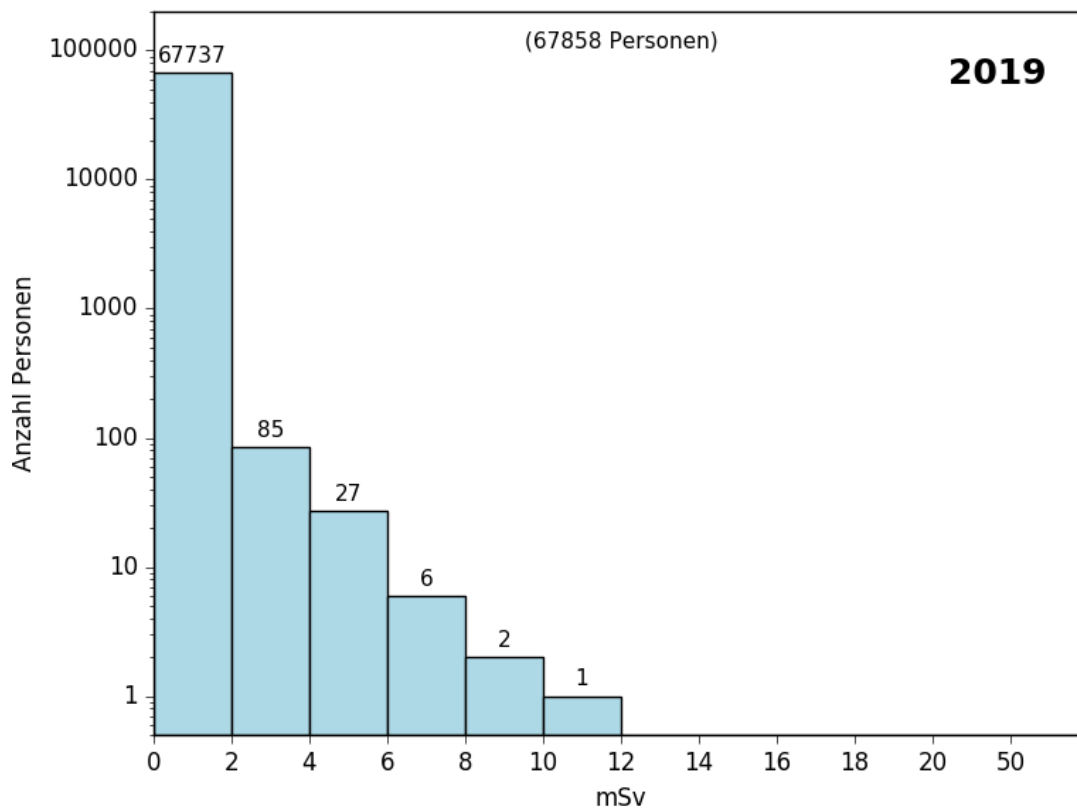
Tabelle 9: Grenzwertüberschreitungen seit 1995

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
2018	Spital	PET	H _{extr} = 552 mSv	Nuklearmedizin
	Spital	PET	H _{extr} = 562 mSv	Nuklearmedizin

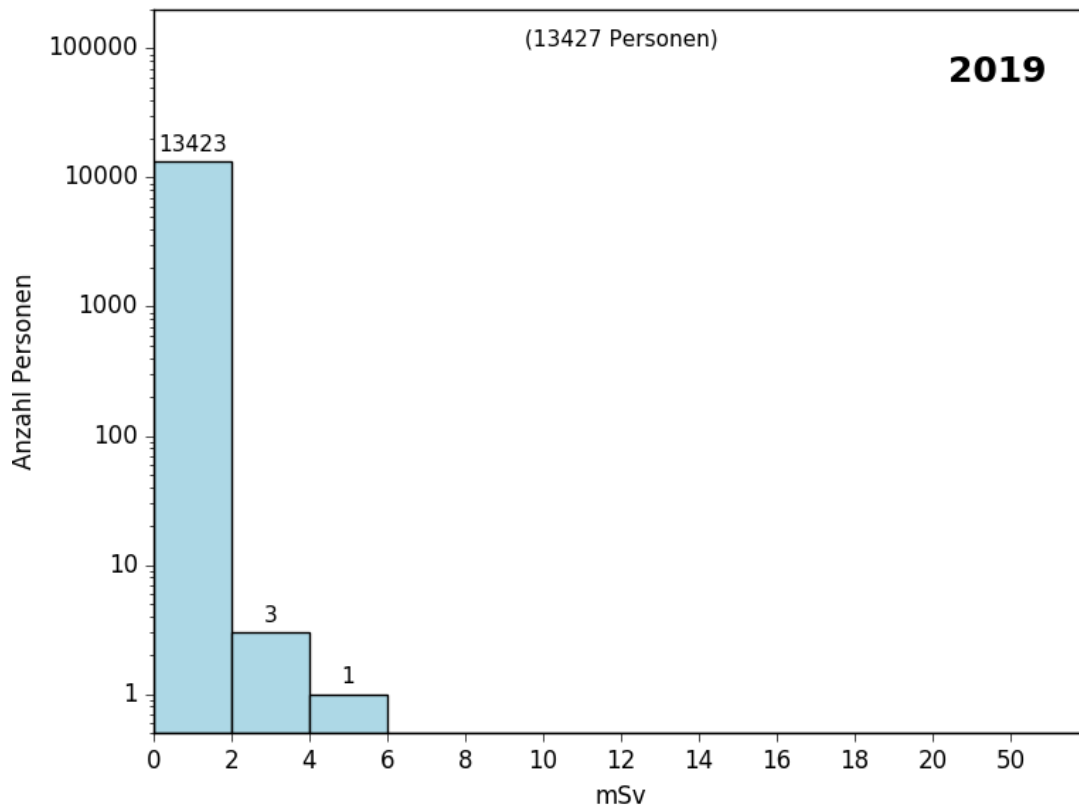
Figur 1: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



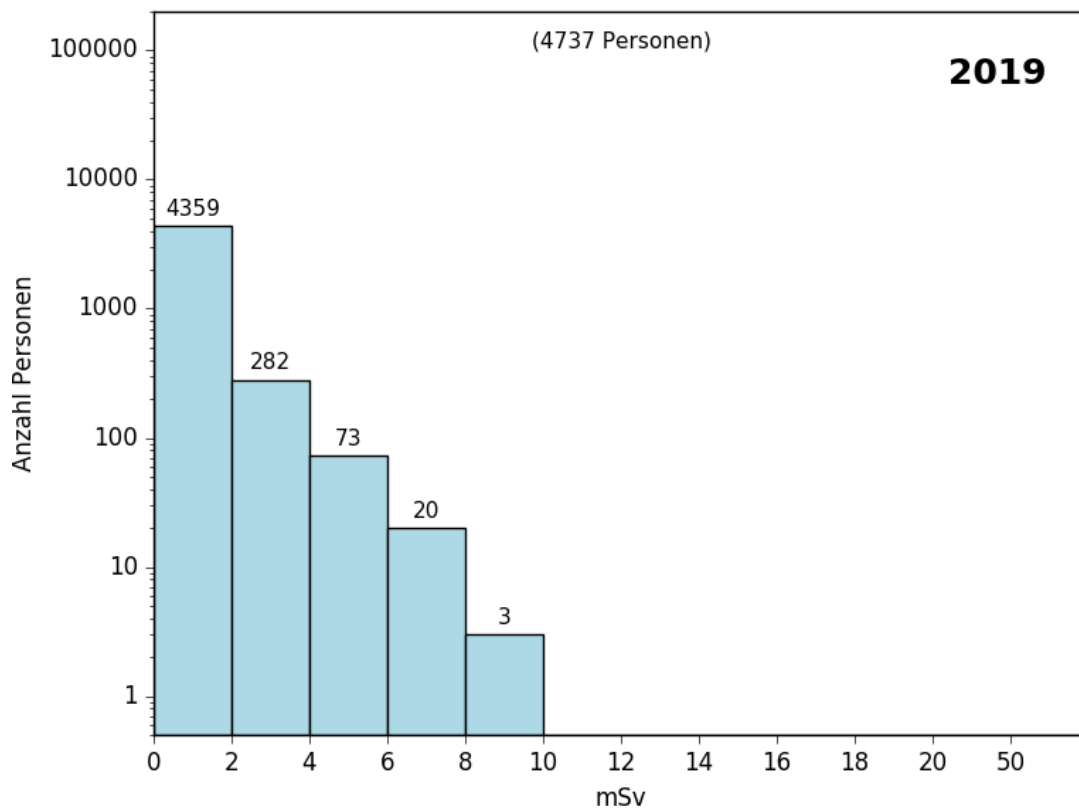
Figur 2: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in der Medizin



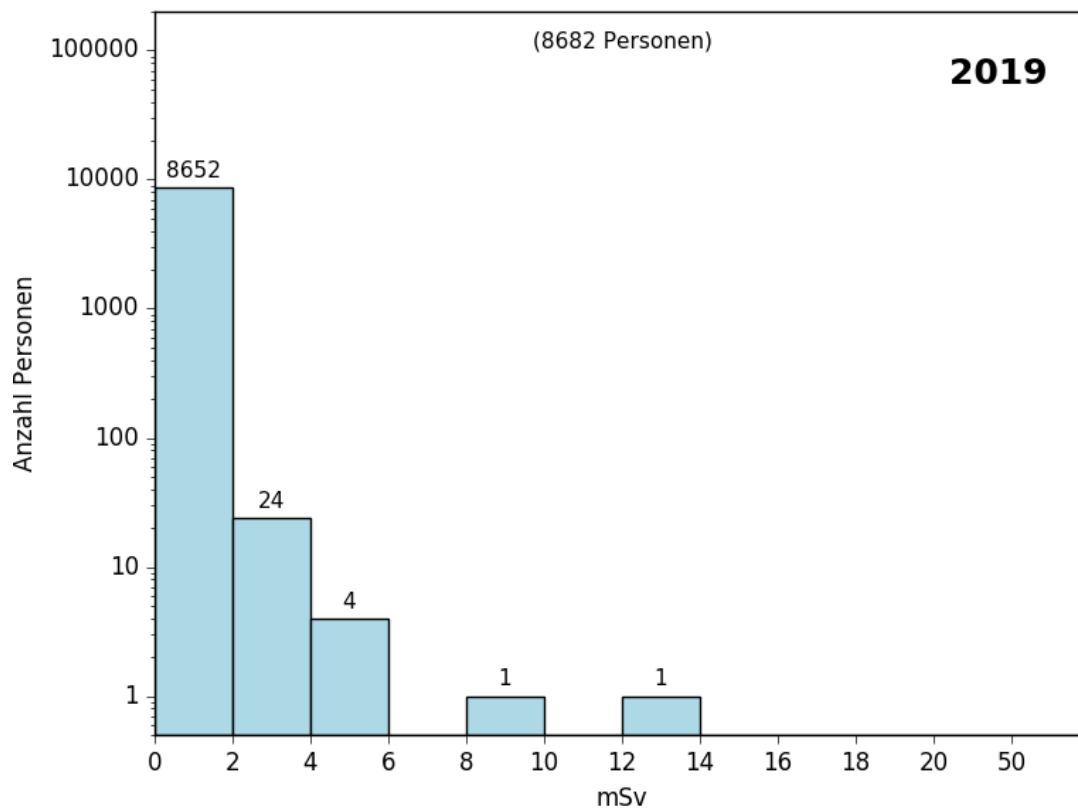
Figur 3: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Universitäten und Forschung



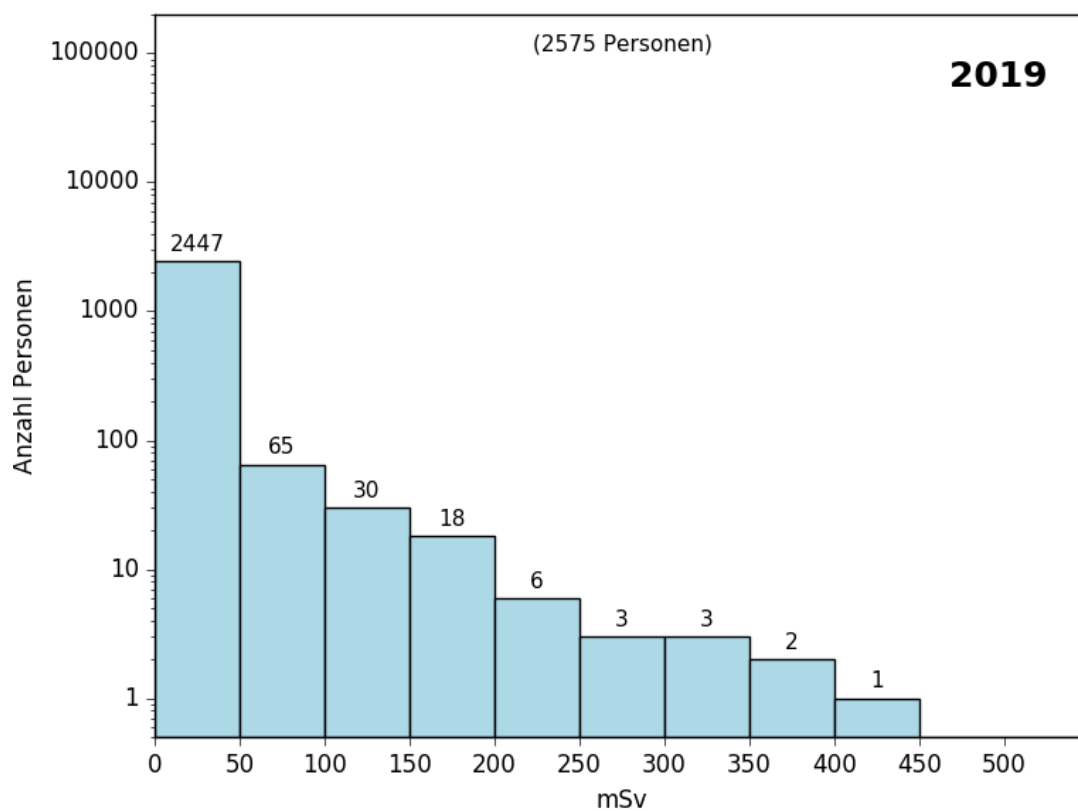
Figur 4: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Kernkraftwerken und ZWILAG



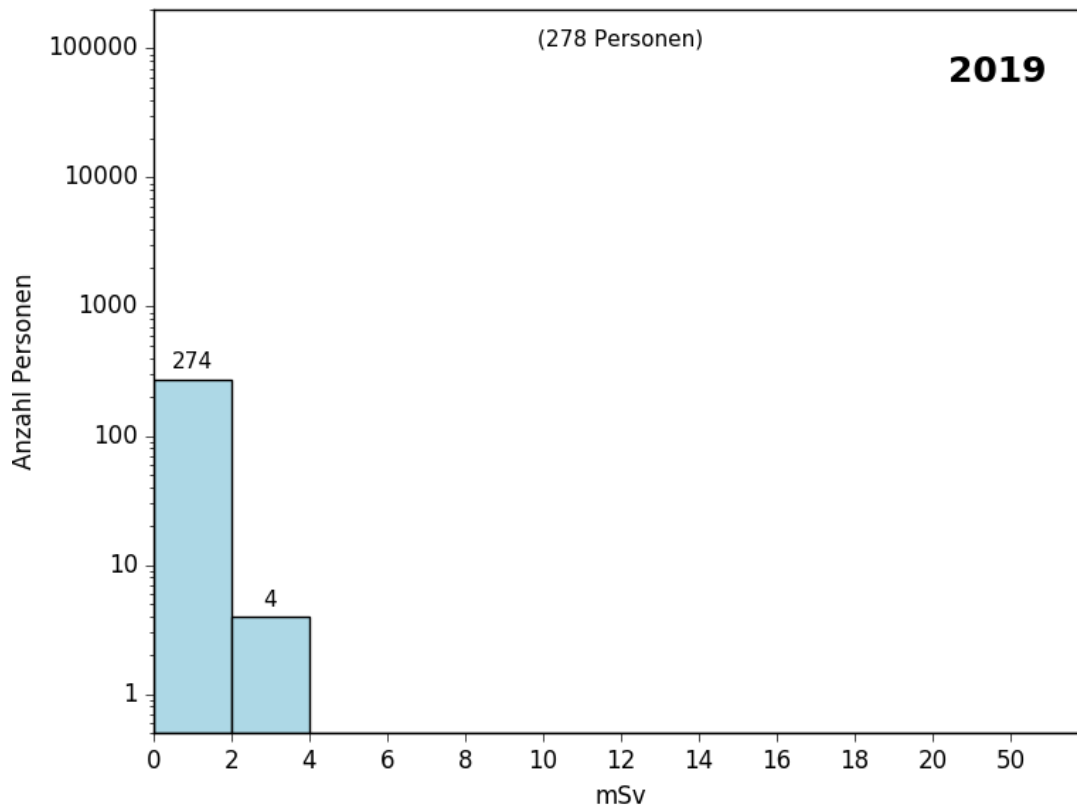
Figur 5: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Industrie und Verschiedenes (Handel, öffentliche Dienste, ..)



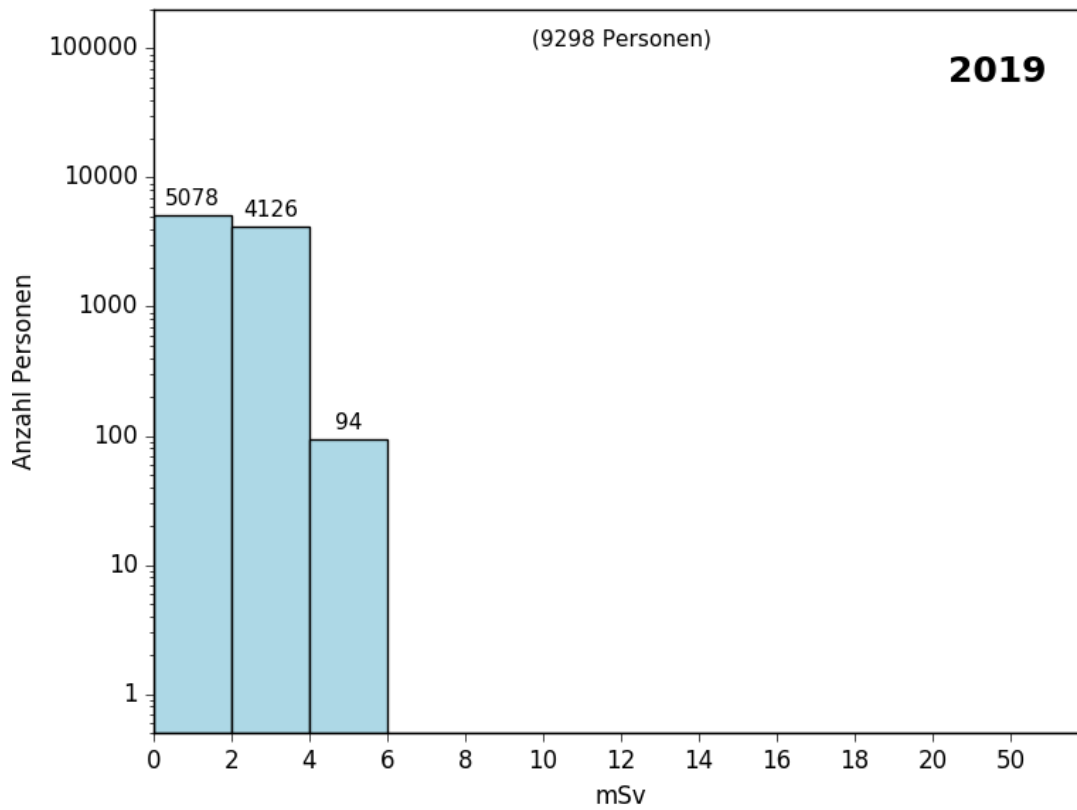
Figur 6: Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen



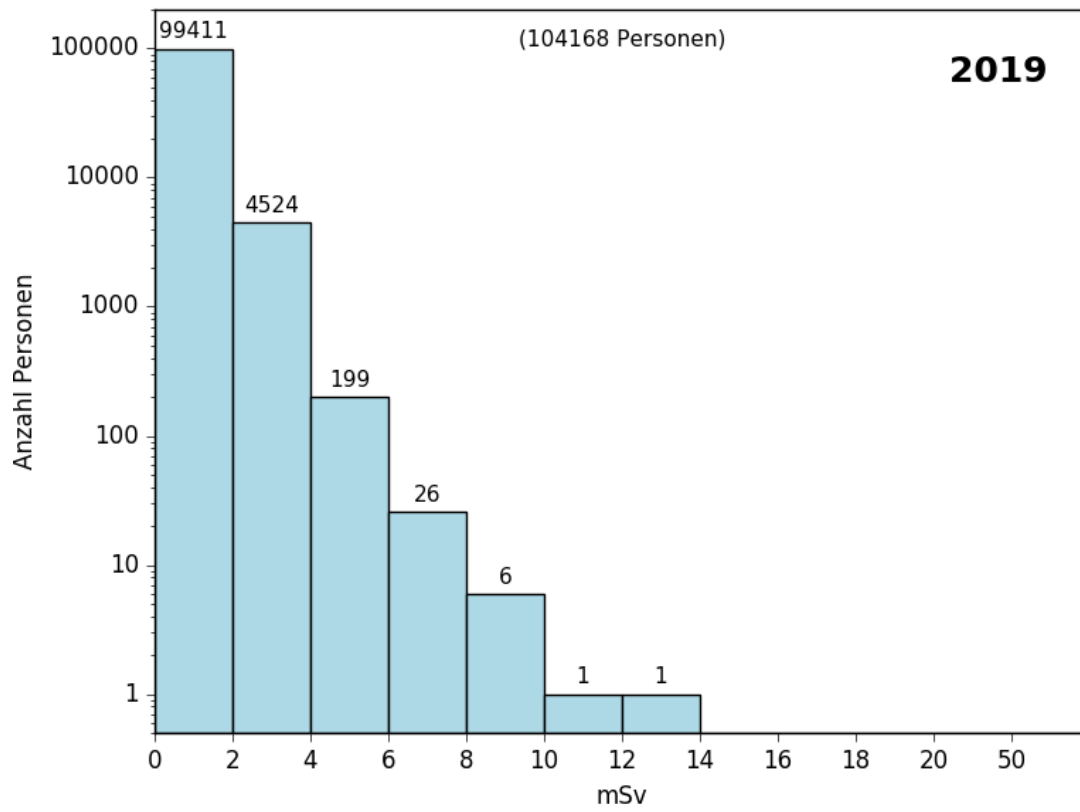
Figur 7: Effektive Folgedosen durch interne Bestrahlung



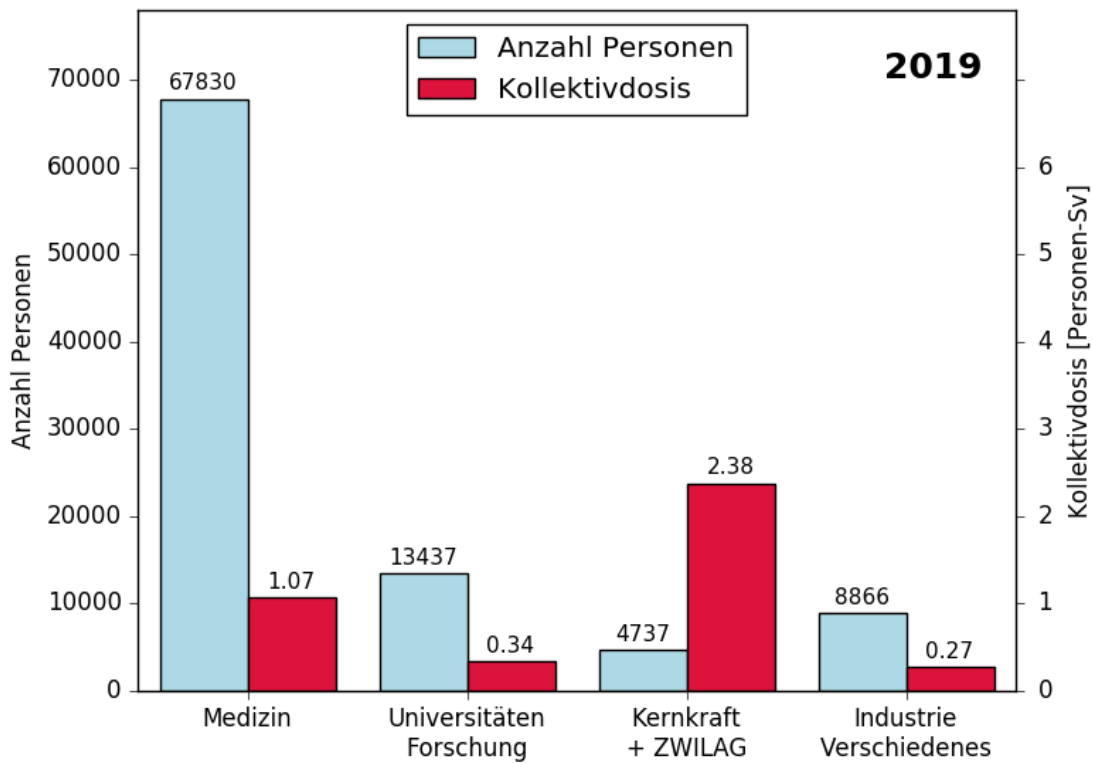
Figur 8: Effektive Dosen durch kosmische Strahlung in der Luftfahrt



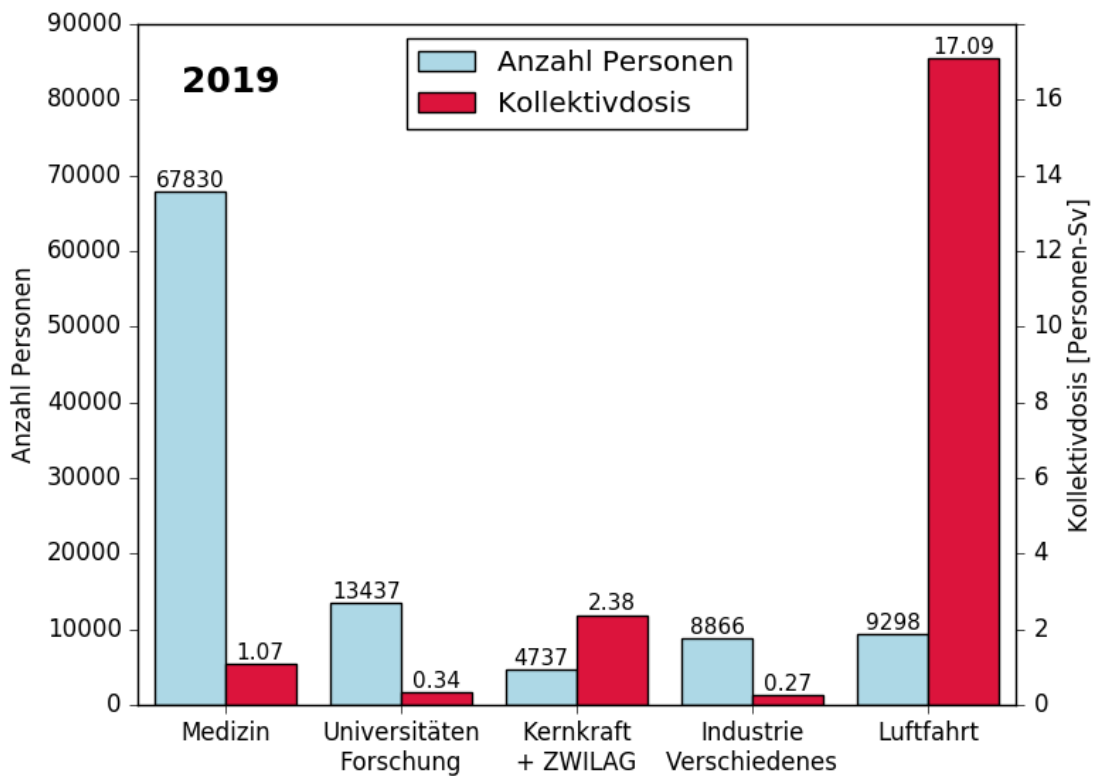
Figur 9: Effektive Dosen durch externe und interne Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



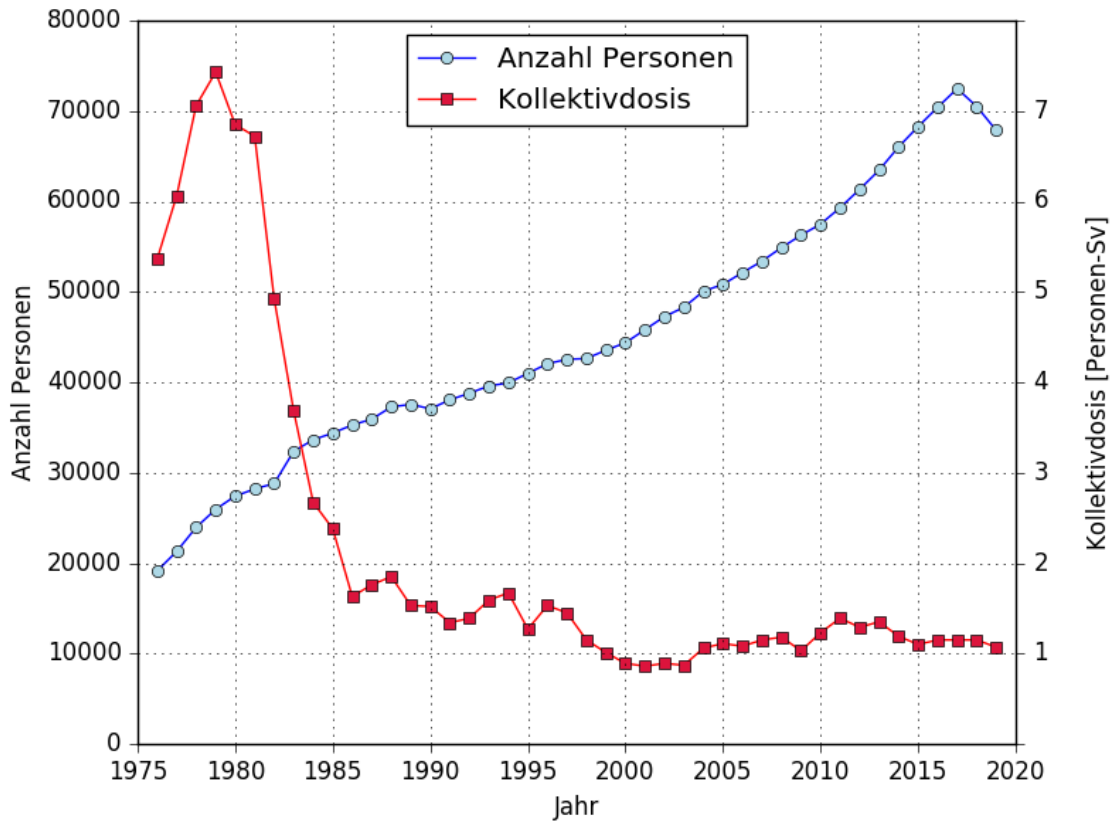
Figur 10: Anzahl Personen und Kollektivdosen durch alle Bestrahlungsarten



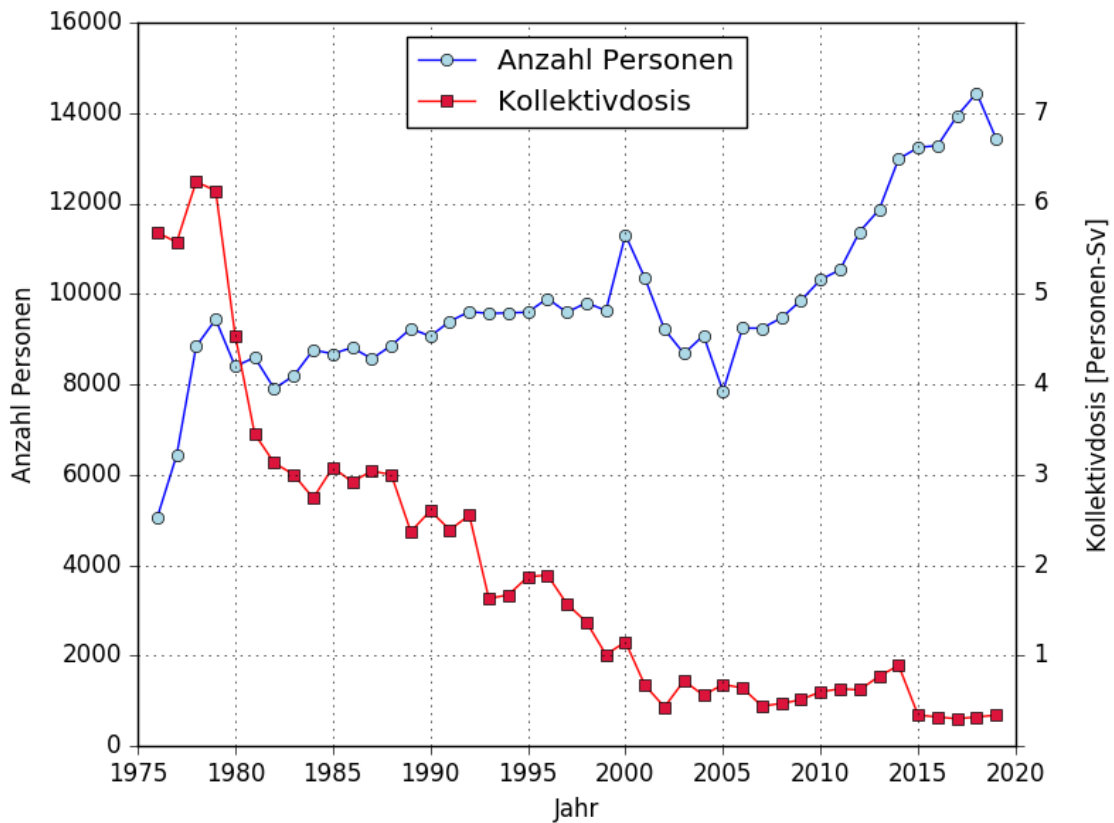
inklusive kosmische Strahlung in der Luftfahrt:



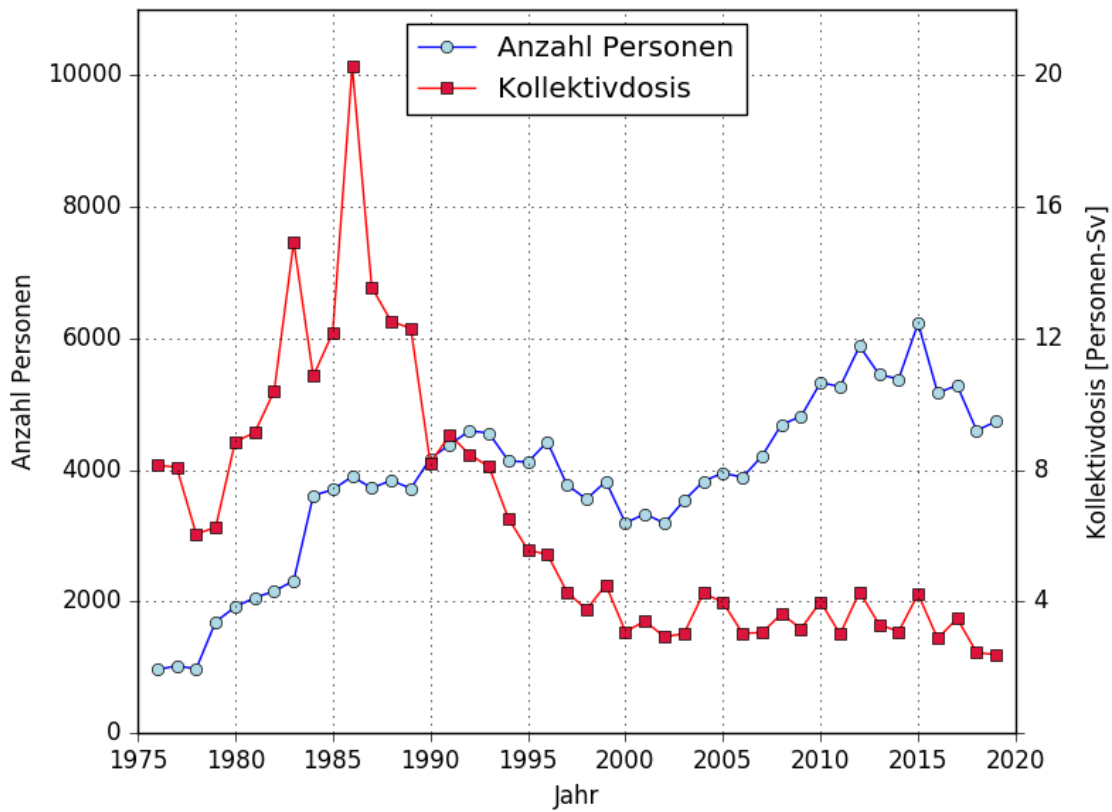
Figur 11: Externe Bestrahlung seit 1976 in der Medizin



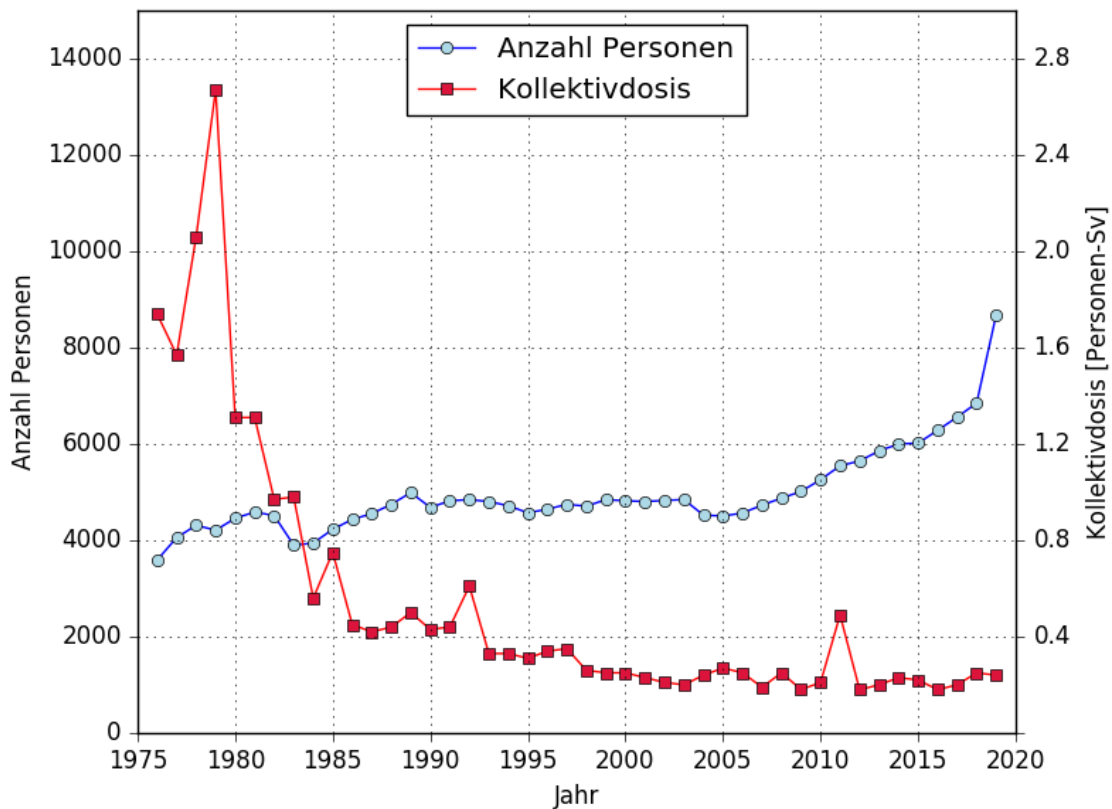
Figur 12: Externe Bestrahlung seit 1976 in Universitäten und Forschung



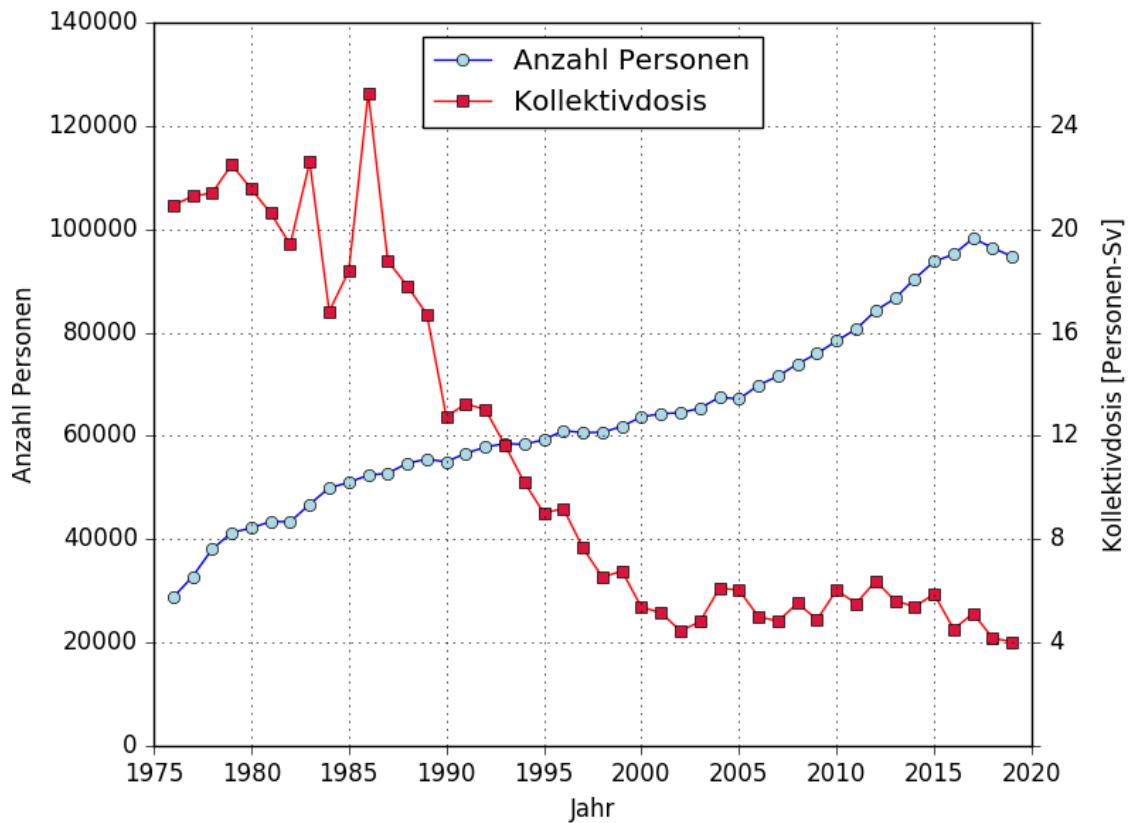
Figur 13: Externe Bestrahlung seit 1976 in Kernkraftwerken und ZWILAG



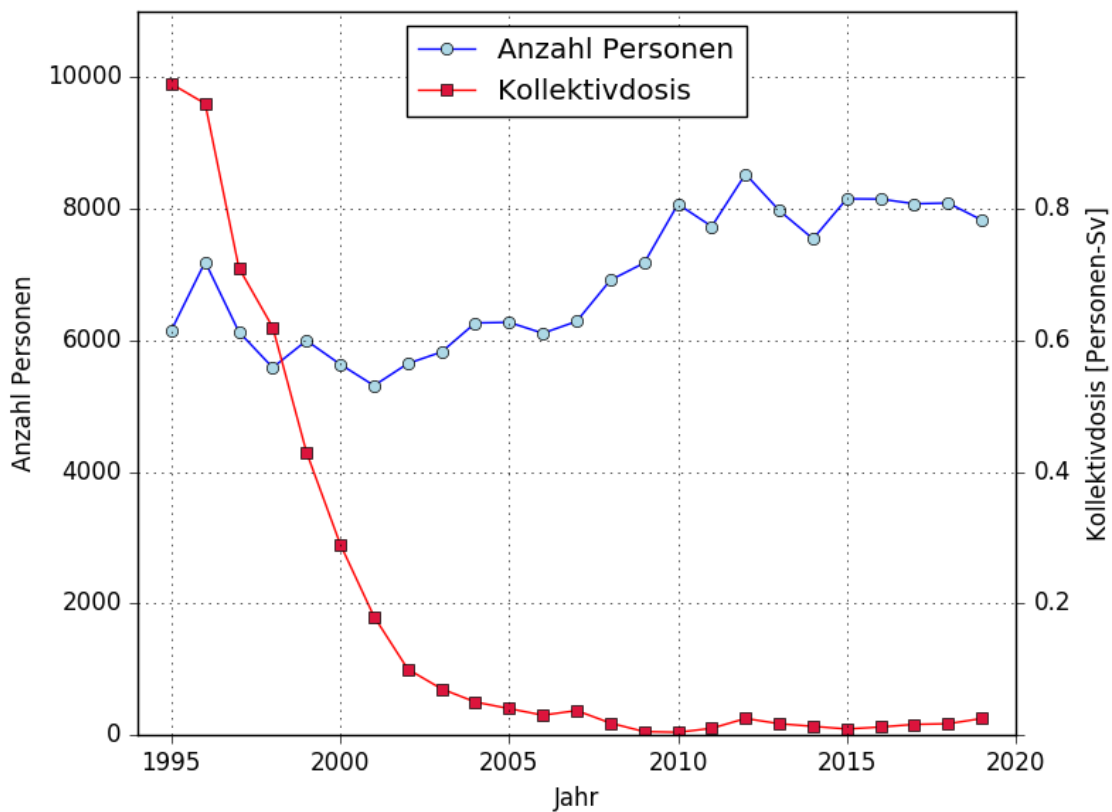
Figur 14: Externe Bestrahlung seit 1976 in Industrie und Verschiedenes (Handel, öffentliche Dienste, ..)



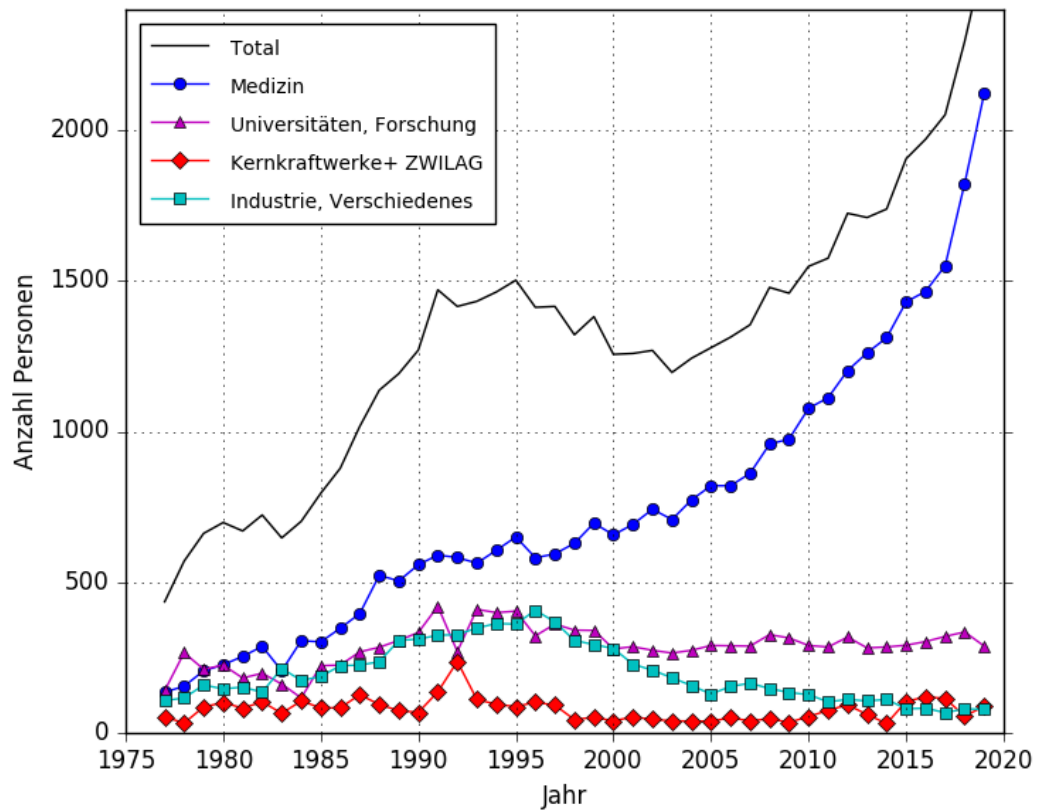
Figur 15: Externe Bestrahlung seit 1976 (ohne Flugpersonal)



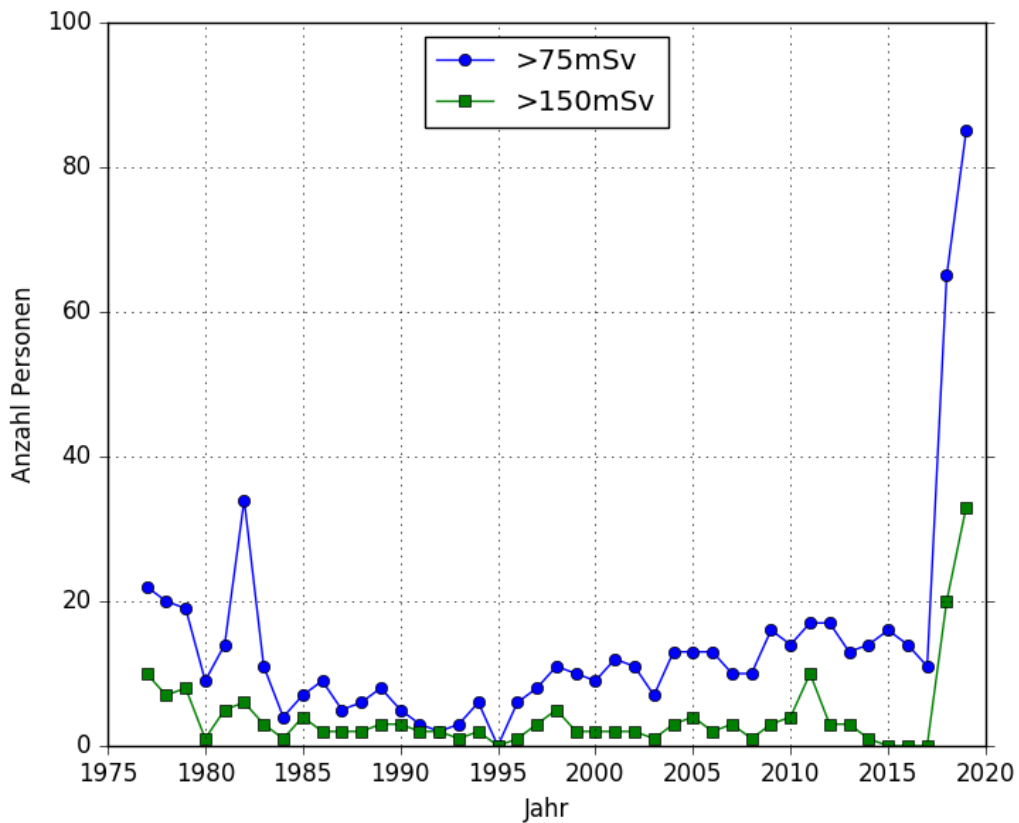
Figur 16: Interne Bestrahlung seit 1995



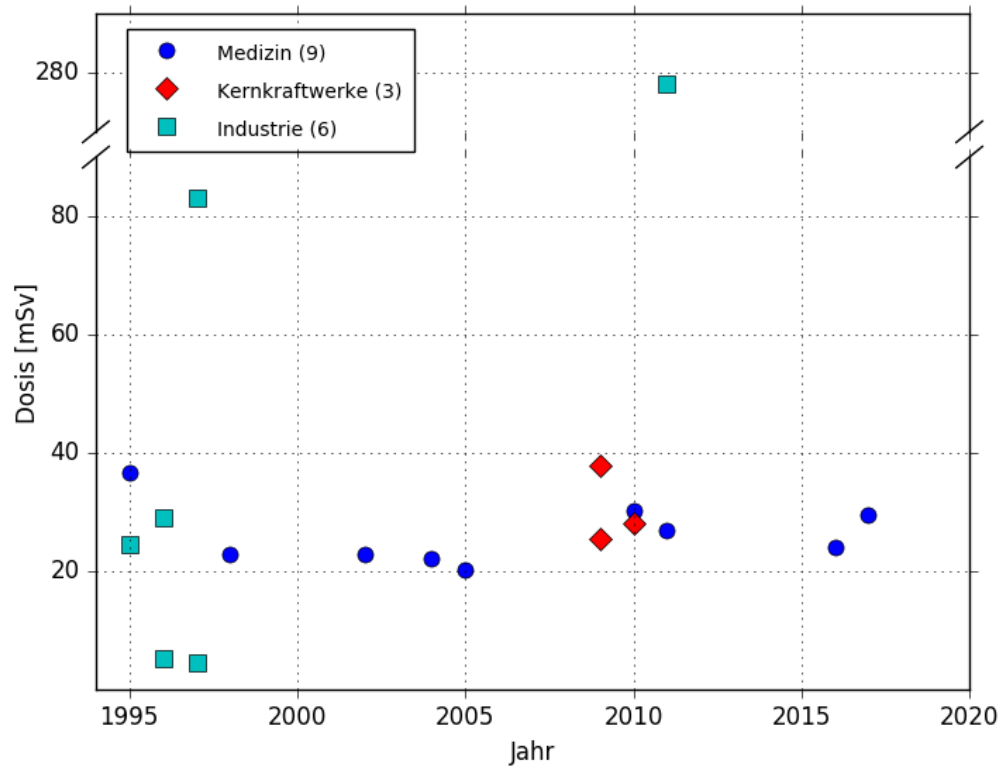
Figur 17: Handdosen: Anzahl Personen seit 1977



Figur 18: Hohe Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen seit 1977



Figur 19: Effektive Dosen über dem Jahresgrenzwert seit 1995



Figur 20: Extremitätendosen über dem Jahresgrenzwert seit 1995

