



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Verbraucherschutz

August 2011

Jahresbericht 2010

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	4
5	Interne Strahlenexposition	5
6	Effektive Dosen durch externe und interne Strahlenexposition	6
7	Spezielle Vorkommnisse und Überschreitungen von Dosisgrenzwerten	6
8	Trend der letzten 35 Jahre	8
9	Revision der Strahlenschutzverordnung	9
10	Schlussbemerkungen	9
11	Weitere Publikationen	9
	Tabellen	11
	Figuren	20

1 Einleitung

Der vorliegende Jahresbericht fasst die Ergebnisse der Personendosimetrie der Schweiz für externe und interne Bestrahlung im Jahr 2010 zusammen und zeigt den Trend der letzten 35 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.

Der vorliegende Bericht, sowie weitere Informationen aus dem Bereich Dosimetrie und berufliche Strahlenexposition sind auf den Web-Seiten des BAG (Strahlenschutz, www.str-rad.ch) verfügbar und werden laufend aktualisiert. So können zum Beispiel eine Informationsbroschüre, das temporäre Dosisdokument oder eine Liste der anerkannten Personendosimetriestellen heruntergeladen werden.

2 Personendosimetriestellen

2.1 Personendosimetriestellen für externe Bestrahlung

Die Messung der Personendosen wurde im Jahr 2010 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, Schwarzenburg

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 2010 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 müssen sich die Dosimetriestellen an den Vergleichsmessungen beteiligen. Im Berichtsjahr wurden zwei Vergleichsmessungen durchgeführt.

Die 47. Vergleichsmessung wurde vom CERN in Genf durchgeführt. Ganzkörper- und Extremitätendosimeter wurden mit einer Solldosis bestrahlt und anschliessend zur Auswertung an die Dosimetriestellen versandt. Die Dosimeter wurden in diesem Jahr zusätzlich unter Winkeln von 30°, 45° und 60° zur Strahlenquelle aufgestellt. Bei den Ganzkörperdosimetern erfüllten alle Dosimetriestellen die Bedingungen, welche einen Messfehler von +/- 10% erlauben. Wird unter einem Winkel von 30° oder 60° bestrahlt, ist ein Fehler von +/- 20% erlaubt. Auch hier erfüllten alle Teilnehmer die Anforderungen. Bei den Extremitätendosimetern (Ringdosimeter) war eine Messung ausserhalb des 10% Intervalls. Das zweite Ringdosimeter der betroffenen Dosimetriestelle erfüllte die Anforderungen. Die Abweichung wurde intern analysiert.

Das IRA in Lausanne führte die 48. Vergleichsmessung für die interne Dosimetrie durch. Das Messszenario umfasste acht mit Kohlenstoff-14 oder Phosphor-32 versetzte Flüssigproben, die einer Urinprobe nach einer Ingestion oder Inhalation entsprachen. Bei einer der teilnehmenden Dosimetriestellen hatten alle Kohlenstoff-14 Messungen einen systematischen Fehler. Die Ursache für den Fehler wurde gefunden und es wurden Massnahmen getroffen, um zukünftig ähnliche Abweichungen zu vermeiden.

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- und DIS-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 eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI gemeldet.

Wo es notwendig ist, werden zusätzlich spezielle Neutronendosimeter (poly-allyl diglycol carbonate, kurz PADC Dosimeter) verwendet. 2010 waren nur zwei der 5'366 registrierten Neutronendosen höher als 1 mSv. Die höchste Neutronenjahresdosis war 1.4 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 75'944 im Jahr 2009 auf 78'388 im Berichtsjahr gestiegen. Die Zunahme war etwas höher als in den vergangenen Jahren. 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 Jahre 2010 bei 6.03 Personen-Sv (gegenüber 4.89 Personen-Sv im Vorjahr). Dieser Anstieg ist vor allem den Kernkraftwerken zuzuordnen, wo periodische Revisionsarbeiten zu einer höheren Kollektivdosis führen können. Die einzelnen Tätigkeitsbereiche trugen zur Kollektivdosis wie folgt bei: Kernkraftwerke 66%, Medizin 20%, Forschung 10%, 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 KSR (Eidg. Kommission für Strahlenschutz und Radioaktivität) 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 meisten Personen mit hohen Ganzkörper-Jahresdosen von über 10 mSv arbeiten im Bereich Spitäler (Tabelle 2) in der interventionellen Radiologie und in der Kardiologie.

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 Thermolumineszenzdosimeter (TLD) in Form von Fingerringen verwendet. Damit werden die Extremitätendosen als $H_p(0.07)$ ermittelt. In Tabelle 3 sind die Handdosen nach Tätigkeitsbereich und Dosisintervall aufgeführt. Figur 6 zeigt die Verteilung der Handdosen.

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.

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.

Im Jahr 2010 wurden bei 901 Personen Inkorporationsmessungen durchgeführt und die effektive Folgedosis E_{50} ermittelt. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse nach Tätigkeitsbereichen aufgeführt. Alle effektiven Folgedosen lagen unter 1 mSv.

In Figur 7 ist die Verteilung der internen Dosen dargestellt. Die Kollektivdosis beträgt 0.004 Personen-Sv und ist somit etwas niedriger als im Vorjahr. Sie ist vor allem durch Tritium-Inkorporationen in der Uhrenindustrie zustande gekommen.

Bei ca. 7'200 Personen wurden Triagemessungen zur Überprüfung einer möglichen Inkorporation direkt in den betroffenen Betrieben durchgeführt (Tabelle 4).

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 78'799 (Vorjahr: 76'347). Darin nicht enthalten sind Personen, bei denen ausschliesslich Triagemessungen durchgeführt wurden. Die gesamte Kollektivdosis betrug 6.03 Personen-Sv (Vorjahr: 4.90 Personen-Sv). Die Verteilung auf die verschiedenen Bereiche ist in Figur 9 ersichtlich.

Die Inkorporationen trugen weniger als 0.1% als zur Gesamtkollektivdosis bei. Die Dosen stammten vorwiegend aus der Industrie, wo die Inkorporationen 2% der Kollektivdosis ausmachten.

7 Spezielle Vorkommnisse und Überschreitungen von Dosisgrenzwerten

Aufsichtsbereich des ENSI:

Überschreitung der zulässigen Strahlenexposition einer Person bei Taucherarbeiten

Während der Jahreshauptrevision 2010 des Kernkraftwerks Leibstadt waren Instandhaltungsarbeiten im Brennelement-Transferbecken des Brennelement-Lagergebäudes geplant. An der Transfervorrichtung mussten zwei Seile unter Wasser durch Taucher ausgewechselt werden. Diese Vorrichtung dient dem Transport von Brennelementen und Materialien zwischen dem Brennelement-Transferbecken im Reaktorgebäude und demjenigen im Brennelement-Lagergebäude. Die Instandhaltungsarbeiten wurden von einer Gruppe erfahrener Taucher, die KKL-Anlagenkenntnisse haben, ausgeführt. Im Vorfeld wurden am Arbeitsort Dosisleistungsmessungen im vorgesehenen Arbeitsbereich rund 7 m unter Wasser angeordnet. Die Messungen wurden vom Beckenrand aus und von einem Taucher unter Wasser durchgeführt. Die erhobenen Messwerte zeigten im Arbeitsbereich Dosisleistungen zwischen 0.3 und 0.6 mSv/h. In Bodennähe des etwa 14 m tiefen Beckens konnten bis zu 13 mSv/h festgestellt werden.

Der Taucher war gemäss den geltenden KKL-internen Strahlenschutzvorschriften mit TL- und mit elektronischen Dosimetern ausgerüstet. Er trug zusätzlich noch Extremitäten-Dosimeter an seinem linken Fuss, seinem linken Handgelenk sowie an einem Finger seiner rechten Hand. Mittels einer Gegensprechanlage stand er ständig mit dem Supervisor am Beckenrand in Verbindung. Der Taucher war auch mit Helmkamera und –scheinwerfer ausgerüstet. Dank dieser Ausrüstung konnte der Supervisor, zu dessen Aufgaben die Überwachung der Versorgung und der Tätigkeiten des Tauchers gehörten, die Arbeiten an einem Monitor verfolgen.

Der Taucher führte am 31. August 2010 den zweiten Tauchgang durch. Dabei hatte er das alte Seil gelöst und ausgewässert. Zwischen den Arbeitsgängen, noch bevor er das neue Seil montierte, führte

er eine Zustandserfassung von Komponenten durch und sammelte loses Material ein, welches er unter Wasser in einen Transportkorb legte. Nach Abschluss des knapp eine Stunde dauernden Tauchganges wurde beim Ausziehen des Taucheranzuges der Alarm des am Rumpf unter dem Anzug getragenen elektronischen Dosimeters wahrgenommen. Dieses Dosimeter zeigte eine akkumulierte Dosis von 40.1 mSv an. Der Supervisor informierte sofort den Strahlenschutz vor Ort. Etwa zeitgleich wurde der Transportkorb mit dem aufgesammelten Material vom Beckenboden hochgezogen. Vorschriftsgemäss verfolgte eine Strahlenschutzfachkraft laufend die Dosisleistung an der Wasseroberfläche. Während der Korb hochgezogen wurde, erhöhte sich an der Wasseroberfläche oberhalb des hochgezogenen Korbes die Dosisleistung plötzlich bis auf rund 55 mSv/h. Der Korb, der sich immer noch unter Wasser befand, wurde sofort wieder auf den Beckenboden abgesenkt. Die vom Taucher getragenen passiven TL-Dosimeter wurden umgehend von der Personendosimetriestelle des KKL ausgewertet. Sein am Rumpf getragenes Ganzkörperdosimeter zeigte 18.9 mSv, sein Handdosimeter (linke Hand) etwa 306 mSv und sein Fingerdosimeter (rechte Hand) 1'123 mSv.

Das Material im Werkzeugkorb wurde unter Wasser untersucht. Es wurde dabei festgestellt, dass es sich bei dem geborgenen etwa 30 cm langen, rohrähnlichen Gegenstand um das Endstück eines stark aktivierten Mantelrohrs der Reaktorkerninstrumentierung handelte. Weitere Untersuchungen ergaben, dass diese rund 14 Meter langen Mantelrohre im Jahr 2006 ausgetauscht und anschliessend im Reaktorbecken in Stücke geschnitten wurden, bevor sie über das Transferbecken ins Brennelement-Lagerbecken gelangten. Beim Transfer hatte sich damals eines dieser Rohrstücke in der Transport-schleuse verklemmt, wobei – wie man erst heute weiss - ein Endstück unbemerkt abbrach.

Wie im Anhang 5 der Strahlenschutzverordnung verlangt, hat das ENSI einen externen Experten mit den Abklärungen der vom Taucher akkumulierten Dosis beauftragt. In seinem Bericht kommt dieser zum Schluss, dass die rekonstruierte Handdosis des Tauchers etwa 7.5 Sv beträgt. Seine Ganzkörperdosis wird auf 28 mSv berechnet. Beide Dosiswerte überschreiten die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Jahresgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen. Das Vorkommnis wird deshalb auf der internationalen INES-Skala mit 2 bewertet. Der Taucher hat keine unmittelbaren Folgen der Strahlenexposition, wie eine Rötung der Haut an den Fingern der rechten Hand, gezeigt.

Als Folge dieses Vorkommnisses hat das ENSI mehrere Forderungen an das Kernkraftwerk Leibstadt gestellt, die eine Wiederholung ausschliessen sollen. Beispielsweise müssen die akustischen Alarme und Warnungen des elektronischen Dosimeters auch unter erschwerten Arbeitsbedingungen wahrgenommen werden können. Die Taucher und deren Supervisor sind zukünftig über die Topologie des systematisch ausgemessenen Bereichs genau zu informieren und bei Bedarf müssen zusätzliche Messungen der Dosisleistungen unter Wasser vom Taucher selbst durchgeführt werden können. Grundsätzlich dürfen unbekannte Gegenstände nur mit Zustimmung des Strahlenschutzes und - wenn immer möglich - mit einem geeigneten Werkzeug geborgen werden. Ein Teil der Forderungen, wie die Beschaffung fernablesbarer elektronischer Personendosimeter wurde bereits erledigt während der Rest, insbesondere spezielle Taucherausrüstungen, bis zum für das Jahr 2012 geplanten, nächsten Tauchgang noch umgesetzt wird.

Aufsichtsbereich des BAG: Akkumulierte Jahresgrenzwertüberschreitung in der Angiographie

Ein interventionell arbeitender Arzt akkumulierte im Berichtsjahr eine Ganzkörperdosis von 30.2 mSv. Aufgrund hoher Messwerte auf seinem Dosimeter unter der Schürze wurde der Betroffene aufgefordert, ein zweites Dosimeter über der Schürze zu tragen (Dosimetrieverordnung Artikel 12 und 14). Grundsätzlich liegt es in der Verantwortung des Bewilligungsinhabers (via den Sachverständigen) zu bestimmen, wer zwei Dosimeter tragen muss. Bei dosisintensiven Arbeiten kann die Aufsichtsbehörde verlangen, dass ein zweites Dosimeter getragen werden muss. Dieses berücksichtigt die durch die Bleischürze ungeschützten Körperteile.

Das Dosimeter über der Schürze wies beim betroffenen Arzt in den ersten Monaten sehr hohe Werte bis gegen 100 mSv auf. Die Gründe für die hohen Messwerte waren unter anderem eine sehr hohe

Frequenz von komplexen Untersuchungen, sowie der Nichtgebrauch zusätzlicher Schutzmittel, wie z.B. ein Untertischschutz oder eine mobile Schutzwand. Durch zahlreiche Optimierungsmassnahmen konnten die monatlichen Dosen inzwischen erheblich gesenkt werden.

Überschreitung des Jahresgrenzwertes für Extremitäten in der medizinischen Forschung

Eine Doktorandin führte in vitro Versuche mit dem hochenergetischen Betastrahler Yttrium-90 durch. Sie verfügte dabei über keine spezielle Fachkunde und wurde nur ungenügend über die Strahlenschutzaspekte instruiert. Durch eine unsachgemässe Handhabung der Yttrium-90 Lösung kam es zu einer Extremitätendosis von einem Sievert. Die Dosis musste im Nachhinein berechnet werden, da die Betroffene kein Extremitätendosimeter trug. Sie trug lediglich das Ganzkörperdosimeter einer Kollegin. Gegen den Bewilligungsinhaber wurde ein Strafverfahren eröffnet. Unter anderem weil er die Doktorandin nicht als beruflich strahlenexponiert bezeichnet hatte und auch nicht individuell dosimetrieren liess.

8 Trend der letzten 35 Jahre

Die Kollektivdosen bei externer Bestrahlung der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz sind im Laufe der letzten 35 Jahre deutlich gesunken. 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 6.0 Personen-Sv (siehe Tabelle 6 und Figur 14). Die Gesamtanzahl der beruflich strahlenexponierten Personen ist in derselben Periode um mehr als einen Faktor zwei gestiegen – von ca. 30'000 auf 79'000.

Die mittlere Dosis pro Person hat von 0.73 mSv pro Jahr auf 0.08 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 nimmt jedoch die Kollektivdosis in der Medizin wieder leicht zu, was sich auf eine Zunahme dosisintensiver Untersuchungen und Therapien zurückführen lässt. In Figur 12, die den Bereich der Kernkraftwerke zeigt, sind die Dosispitzen auf dosisintensive Revisionsarbeiten zurückzuführen.

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 zentralen Dosisregister (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 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 35 Jahren in der Medizin kontinuierlich gestiegen (Figur 16). Waren es 1977 noch 135 Personen, trugen im Berichtsjahr bereits 1077 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 Strahlenschutzverordnung

Die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung ist seit 1994 in Kraft und basiert auf den Empfehlungen der ICRP von 1990 (ICRP 60), welche 2007 durch die ICRP 103 ersetzt wurden. Diese Empfehlungen der ICRP (ICRP 103) sollen in der Schweizer Gesetzgebung umgesetzt werden. Da auch eine Harmonisierung mit den Strahlenschutzkonzepten der EU angestrebt wird, soll die Euratom Basic Safety Standards Directive (Draft) als Richtlinie für die Revision der Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung dienen. Andererseits soll auch die Einfachheit und Klarheit der heutigen Gesetzgebung möglichst beibehalten werden. Das Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzgesetzgebung ist auf 2014 geplant.

10 Schlussbemerkungen

Die Grenzwertüberschreitungen in der Medizin zeigen, dass in den dosisintensiven Bereichen Kardiologie und interventionelle Radiologie ein grosses Potential für hohe Jahresdosen besteht. Vier weitere Personen aus diesen Bereichen erreichten Jahresdosen zwischen 12 und 19 mSv. Wäre die Tragemoral der Dosimeter hier noch etwas besser, dürften noch mehr Personen in diese Grössenordnung kommen. Die Eingriffe werden immer komplexer, was oft längere Durchleuchtungszeiten nach sich zieht.

Der Zwischenfall mit Yttrium-90 zeigt, dass für die Handhabung dieses oft verwendeten Radioisotops sehr gute Strahlenschutzkenntnisse nötig sind. Durch direkten Kontakt mit Yttrium-90 kann der Jahreshanddosiswert für die Extremitätendosis innert kürzester Zeit überschritten werden.

Das BAG beobachtet im Bereich Medizin generell eine Zunahme von Personen mit Extremitätendosimetern und hohen Extremitäten-Jahresdosen. Die betroffenen Bereiche interventionelle Radiologie, Kardiologie und Nuklearmedizin sind deshalb Aufsichtsschwerpunkte des BAG.

Die höchste Kollektivdosis ist weiterhin im Bereich der Kernkraftwerke zu verzeichnen. Der im Kapitel 7 beschriebene Vorfall zeigt, dass auch hier das Potential für hohe Individualdosen gegeben ist.

11 Weitere Publikationen

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

- Jahresbericht des ENSI
www.ensi.ch
- Jahresbericht der Suva
www.suva.ch
- Tätigkeitsbericht der Eidg. Kommission für Strahlenschutz und Radioaktivität (KSR)
www.ksr-cpr.admin.ch
- Tätigkeitsbericht der Eidg. Kommission für nukleare Sicherheit (KNS)
www.bfe.admin.ch/kns

- Jahresbericht der Abteilung Strahlenschutz des BAG
www.str-rad.ch
- M. Moser, R. Elmiger and D. Frei: *Fifty Years Of Individual Monitoring Of Ionising Radiation In Switzerland: History, Trends and Perspectives*. Radiation Protection Dosimetry
<http://rpd.oxfordjournals.org/content/144/1-4/76.abstract>

Tabelle 1a: Messmethoden und Messumfang der Personendosimetriestellen für äussere Bestrahlung 2010

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	6'600	β, γ, X	DIS	6'600	β, γ, X	TLD	50
	n	PADC	6'600						
Dosilab	β, γ, X	TLD	35'000	β, γ, X	TLD	35'000	β, γ, X	TLD	600
IRA	β, γ, X	TLD	8'000	β, γ, X	TLD	8'000	β, γ, X	TLD	210
KKB	β, γ, X	DIS	1'400	β, γ, X	DIS	1'400			
KKG	γ	DIS	1'100	β, γ	DIS	1'100			
KKL	β, γ	TLD	2'200	β, γ	TLD	2'200	β, γ	TLD	9
KKM	β, γ	TLD	1'300	β, γ	TLD	1'300			
PEDOS	β, γ, X	TLD	12'000	β, γ, X	TLD	12'000	β, γ, X	TLD	230
PSI	β, γ, X	TLD, DIS	1'800	β, γ, X	TLD, DIS	1'800	β, γ, X	TLD	170
	n	PADC	1'200						
Suva	β, γ, X	TLD	13'000	β, γ, X	TLD	13'000	β, γ, X	TLD	300
X-DOS	β, γ, X	TLD	1'200	β, γ, X	TLD	1'200			

DIS Direct Ion Storage Dosimetrie
TLD Thermolumineszenzdosimetrie
PADC Neutronendosimetrie mit PADC Dosimeter

Tabelle 1b: Messmethoden, Nuklide und Messumfang der Inkorporationsmessstellen 2010

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	130
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	83
		β	PC	Sr-90	
	Urin, Stuhl	α	Si	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	53
PSI	Ganzkörperzähler	γ	Ge	Cr-51, Fe-59, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Ga-67, Sr-85, In-111, Cs-134, Cs-137, Sm-153, Lu-177, Re-186, Tl-201	263
	Schilddrüse	γ	Nal	I-123, I-124, I-125, I-131	17
	Urin	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45, Sr-89, Sr-90, Y-90, Er-169	27
	Urin, Stuhl	α	Si	U-234, U-235, U-238, Np-237, Th-228, Th-232, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-242, Cm-244, Ra-226	
RC TRITEC	Urin	β	Scint	H-3, C-14	32
Suva	Urin	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	340

Scint Flüssigkeitsszintillator
 Nal Nal-Szintillator
 PC Proportionalzähler

Ge Germanium-Detektor
 Si Silizium-Detektor

Tabelle 2: Personentiefendosen durch äussere Bestrahlung 2010: 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	21182	17390	576	16049	8406	2453	2013	487	2480	71036
0.1– 1.0	1415	319	57	249	1835	1708	119	12	97	5811
1.1 – 2.0	104	10	1	8	53	495	21		2	694
2.1 – 3.0	58	1			11	275	9		1	355
3.1 – 4.0	15	3	1		2	158	7		1	187
4.1 – 5.0	17	2	2			100	6			127
5.1 – 6.0	9				3	73	2			87
6.1 – 7.0	6		2		1	37	1			47
7.1 – 8.0	4					15				19
8.1 – 9.0						10				10
9.1 -10.0	3					3				6
10.1-11.0						1				1
11.1-12.0										
12.1-13.0	1									1
13.1-14.0										
14.1-15.0							1			1
15.1-16.0										
16.1-17.0	1									1
17.1-18.0	2									2
18.1-19.0										
19.1-20.0		1								1
20.1 – 50.0	1					1				2
> 50.0										
Total	22818	17726	639	16306	10311	5329	2179	499	2581	78388
Kollektivdosis [Personen-Sv]	1.01	0.12	0.04	0.06	0.60	3.99	0.18	0.00	0.03	6.03

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 2010: Anzahl der Personen

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie	Total
= 0	380	124	22	100	626
0.1 - 25.0	617	164	29	26	836
25.1 - 50.0	45	2	2	1	50
50.1 - 75.0	21				21
75.1 - 100.0	4				4
100.1 - 125.0	4				4
125.1 - 150.0	2				2
150.1 - 175.0					
175.1 - 200.0	1				1
200.1 - 500.0	1				1
> 500.0	1		1		2
Total	1076	290	54	127	1547

Tabelle 4: Effektive Folgedosen durch innere Bestrahlung 2010: Anzahl der Personen, Kollektivdosen und inkorporierte Nuklide

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Uhrenindustrie	Übrige Industrie	Total
= 0	42	406		88	349	885
0.1– 1.0		2	1	10	3	16
1.1 – 2.0						
2.1 – 3.0						
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	42	408	1	98	352	901
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.004
Nuklide mit $E_{50} > 1$ mSv						
Anzahl der Personen mit Triagemessungen ¹	1040	280	5300	0	550	7170

¹ geschätzt

Tabelle 5: Effektive Dosen durch äussere und innere Bestrahlung 2010: 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	21195	17390	576	16049	8467	2453	2339	485	2480	71434
0.1– 1.0	1415	319	57	249	1835	1708	132	12	97	5824
1.1 – 2.0	104	10	1	8	53	495	21		2	694
2.1 – 3.0	58	1			11	275	9		1	355
3.1 – 4.0	15	3	1		2	158	7		1	187
4.1 – 5.0	17	2	2			100	6			127
5.1 – 6.0	9				3	73	2			87
6.1 – 7.0	6		2		1	37	1			47
7.1 – 8.0	4					15				19
8.1 – 9.0						10				10
9.1 -10.0	3					3				6
10.1-11.0						1				1
11.1-12.0										
12.1-13.0	1									1
13.1-14.0										
14.1-15.0							1			1
15.1-16.0										
16.1-17.0	1									1
17.1-18.0	2									2
18.1-19.0										
19.1-20.0		1								1
20.1 – 50.0	1					1				2
> 50.0										
Total	22831	17726	639	16306	10372	5329	2518	497	2581	78799
Kollektivdosis [Personen-Sv]	1.01	0.12	0.04	0.06	0.60	3.99	0.18	0.00	0.03	6.03

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

Tabelle 6: Personenkollektivdosen durch externe Bestrahlung seit 1976

Jahr	Medizin		Universitäten		Kernkraftwerke und ZWILAG		Industrie		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

N = Anzahl Personen

S = Kollektivdosis in Personen-Sv

Tabelle 7: Personenkollektivdosen durch interne Bestrahlung seit 1995

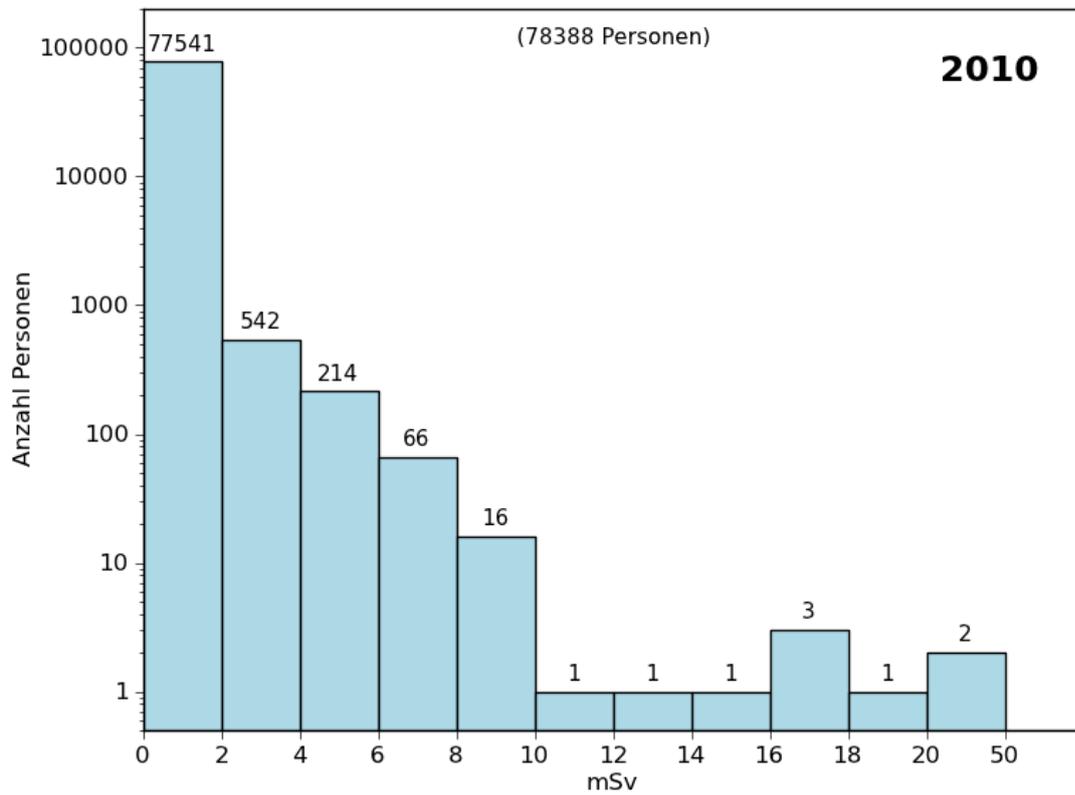
Jahr	Anzahl Personen*	Kollektivdosis [Personen-Sv]
1995	6154	0.99
1996	7193	0.96
1997	6128	0.71
1998	5586	0.62
1999	5996	0.43
2000	5636	0.29
2001	5312	0.18
2002	5647	0.1
2003	5823	0.07
2004	6265	0.05
2005	6274	0.04
2006	6108	0.03
2007	6289	0.037
2008	6916	0.018
2009	7177	0.005
2010	8071	0.004

* inklusive Triagemessungen

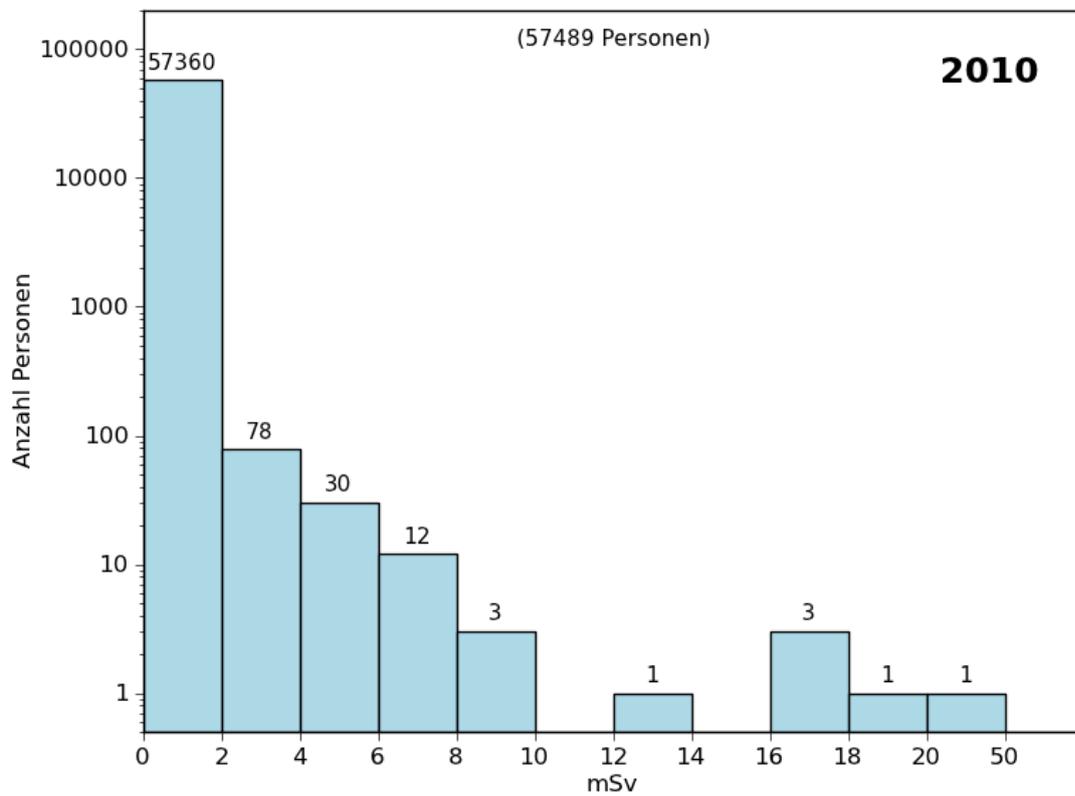
Tabelle 8: Handdosen seit 1977

Jahr	Anzahl Personen						
	Medizin	Unis	KKW	Industrie	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

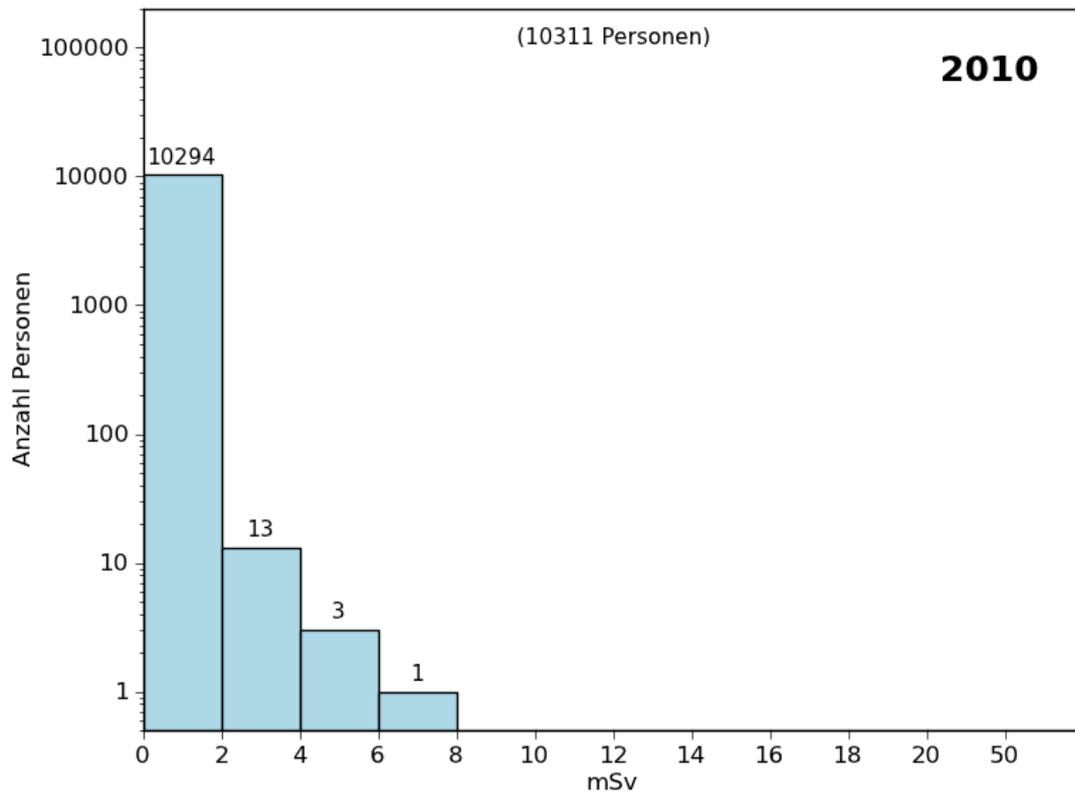
Figur 1: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



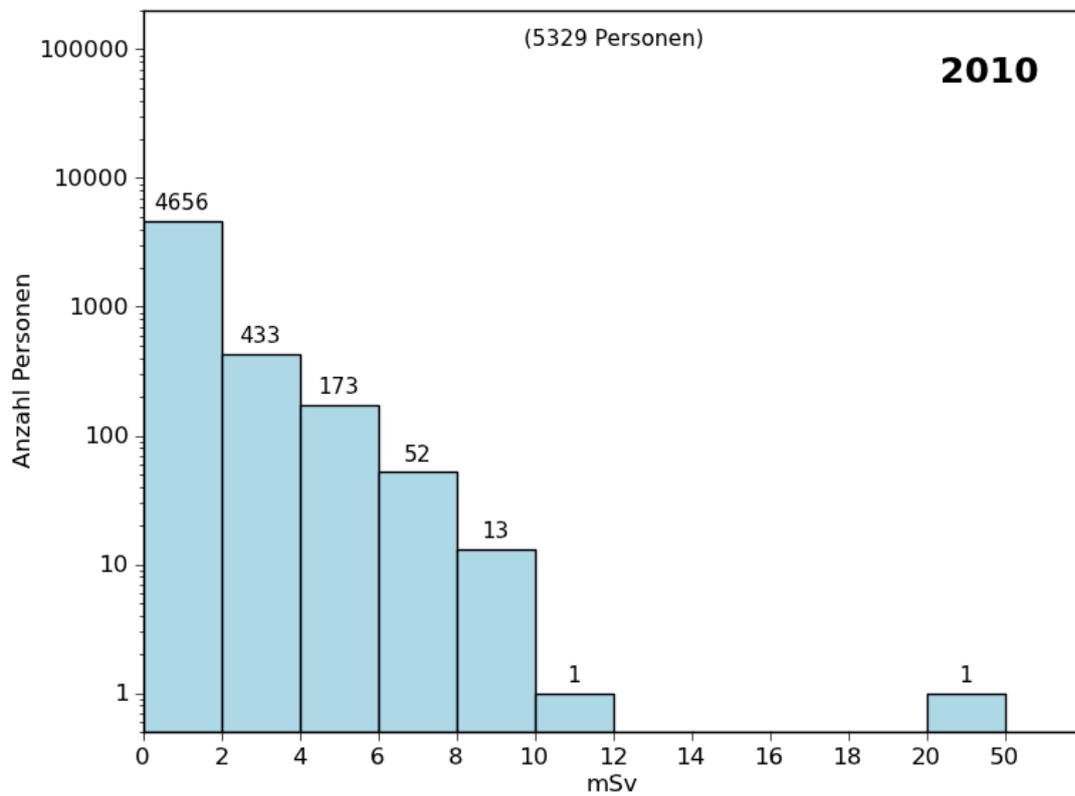
Figur 2: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in der Medizin



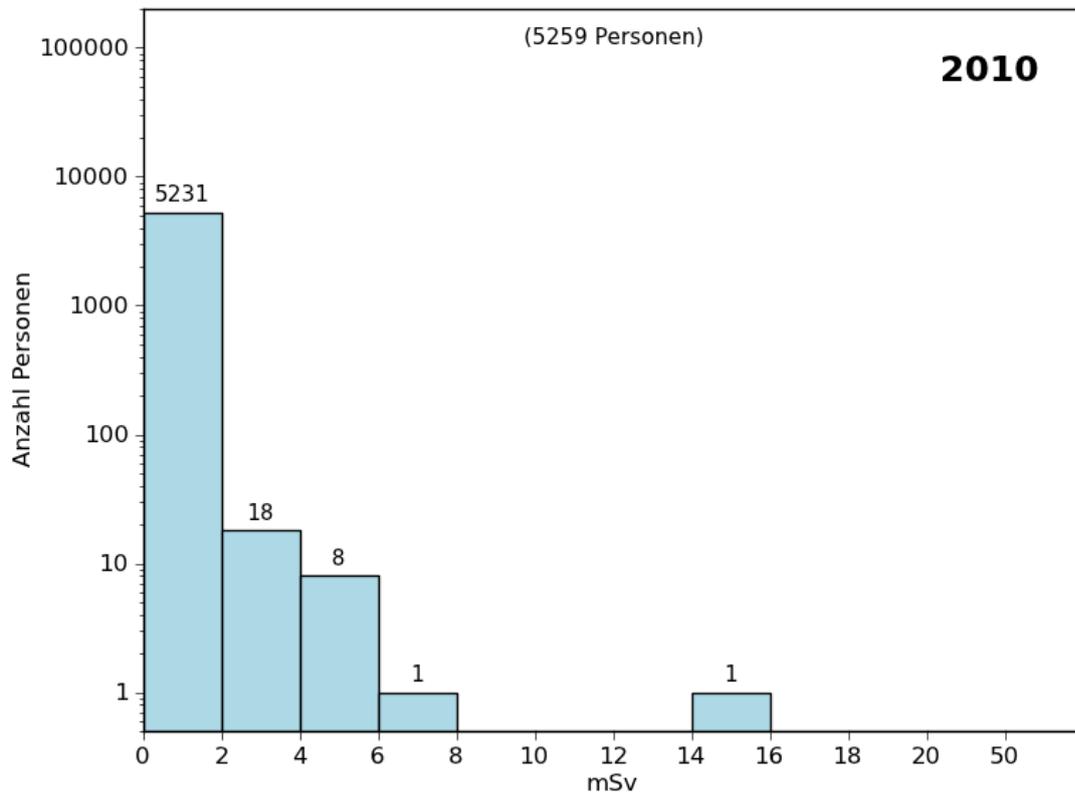
Figur 3: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Universitäten und Forschung



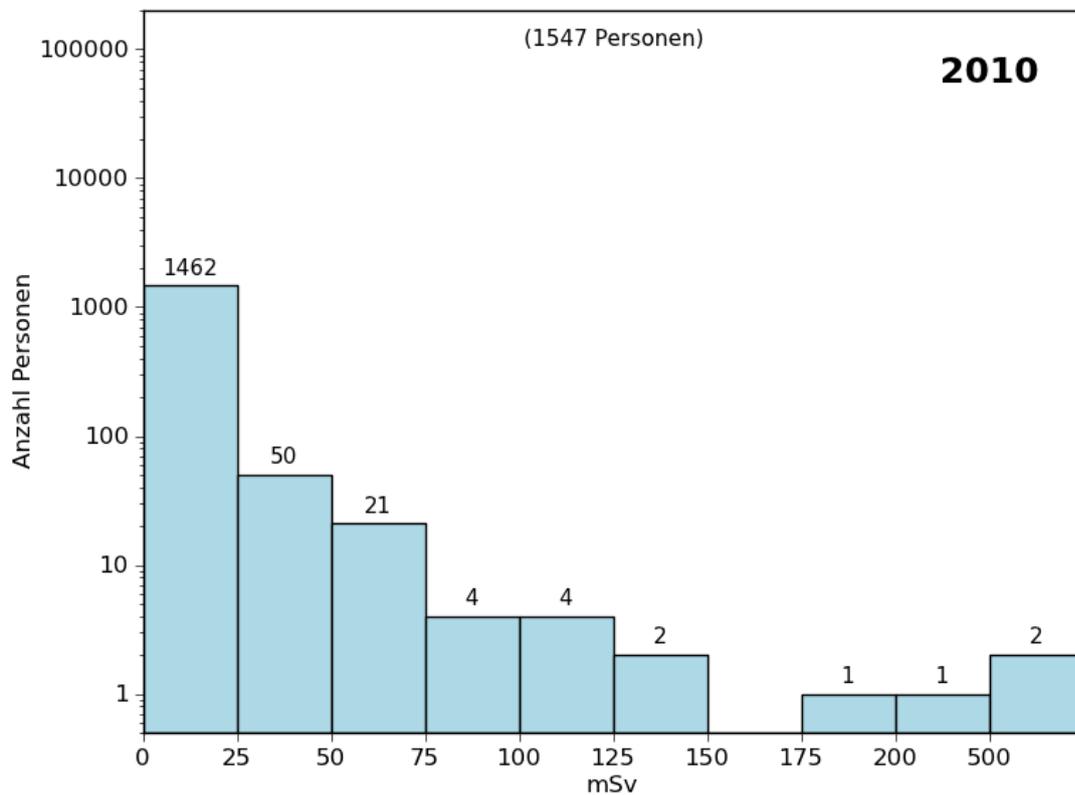
Figur 4: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Kernkraftwerken und ZWILAG



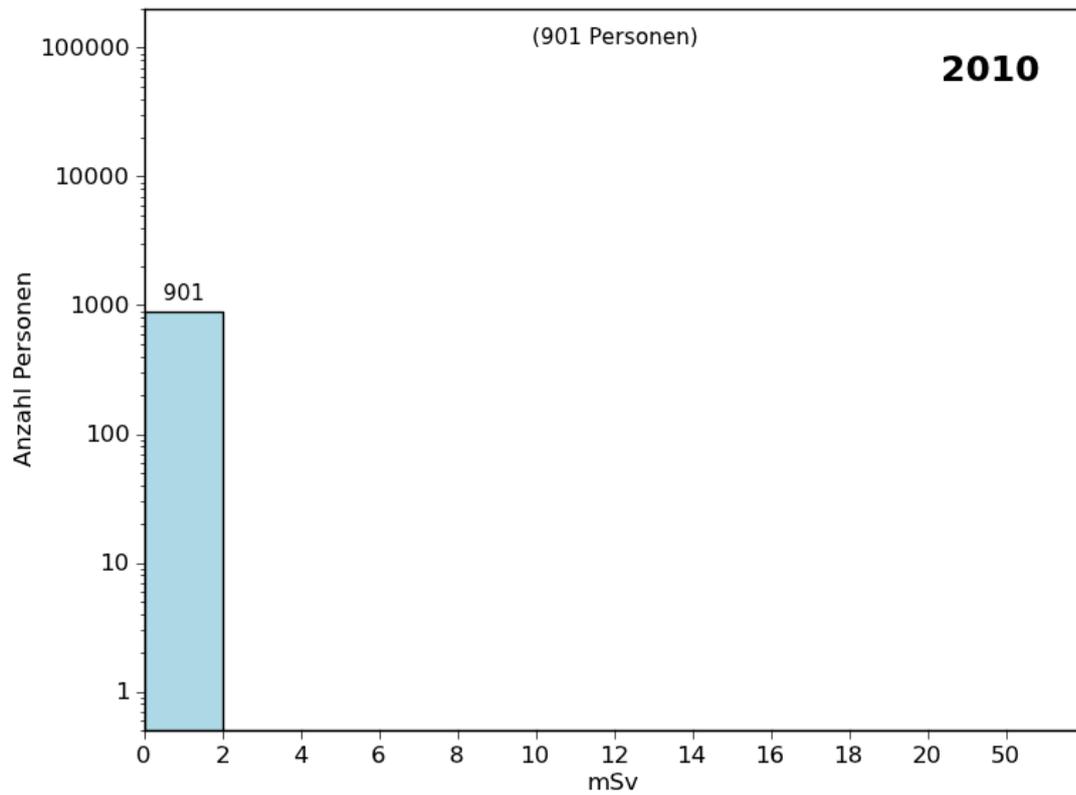
Figur 5: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Industrie, Handel, öffentlichen Diensten und Verschiedenem



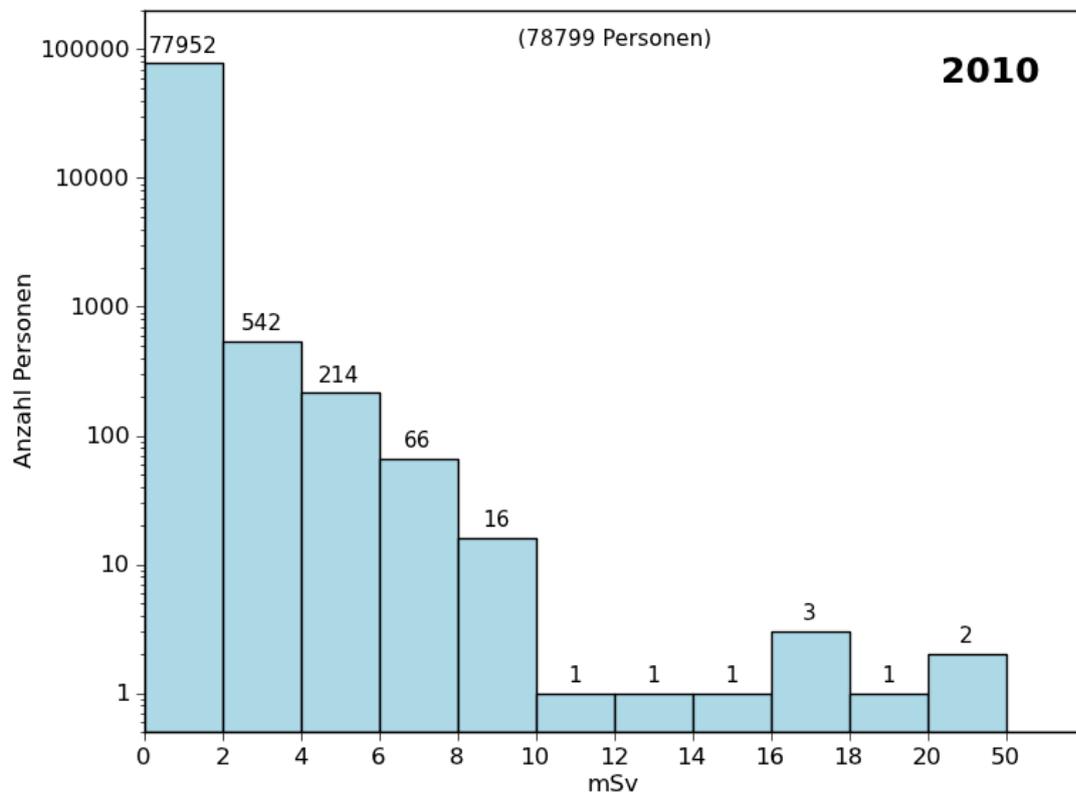
Figur 6: Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen



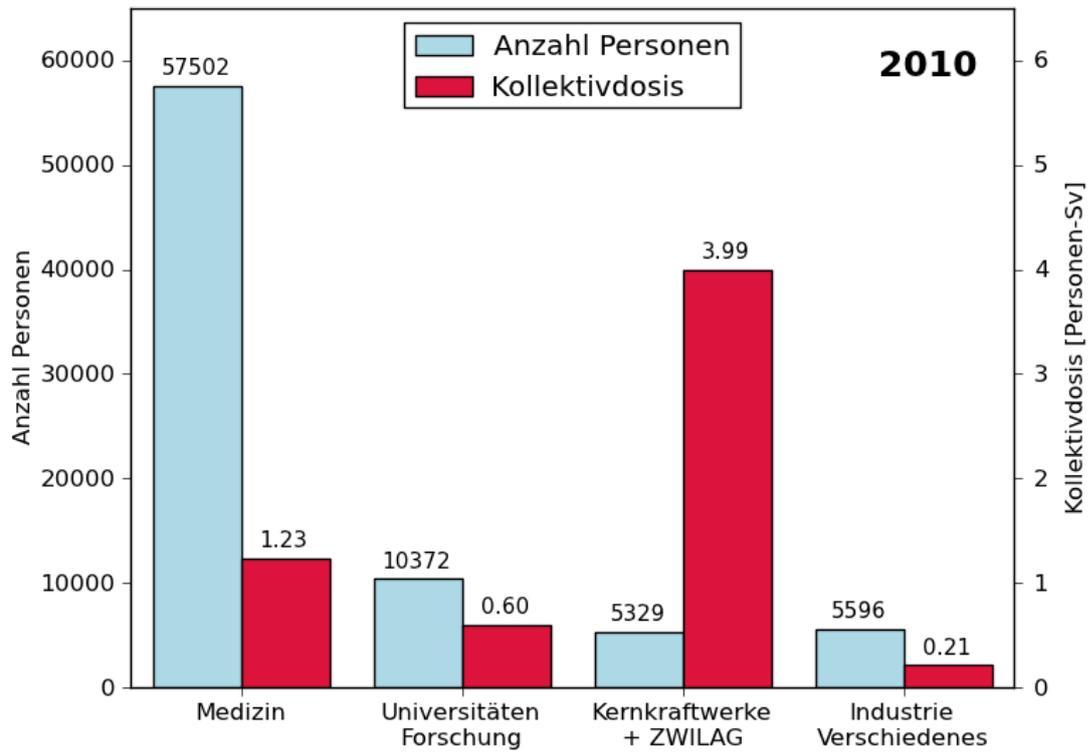
Figur 7: Effektive Folgedosen durch interne Bestrahlung



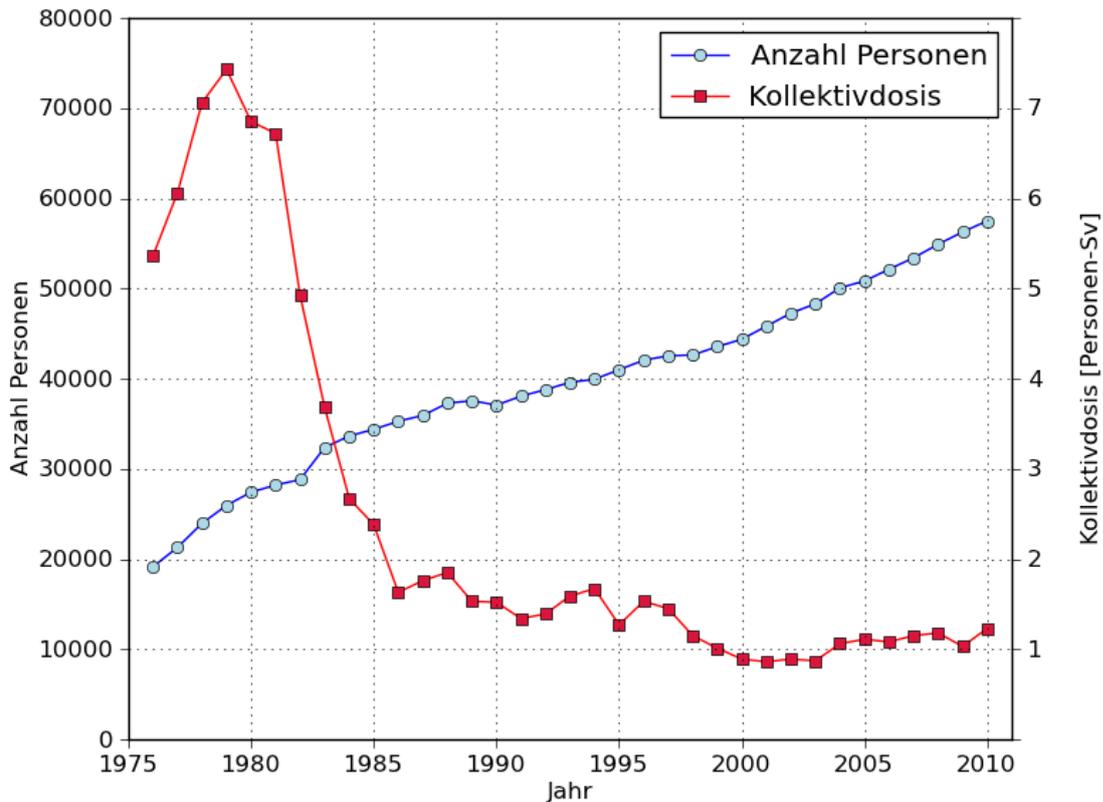
Figur 8: Effektive Dosen durch externe und interne Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



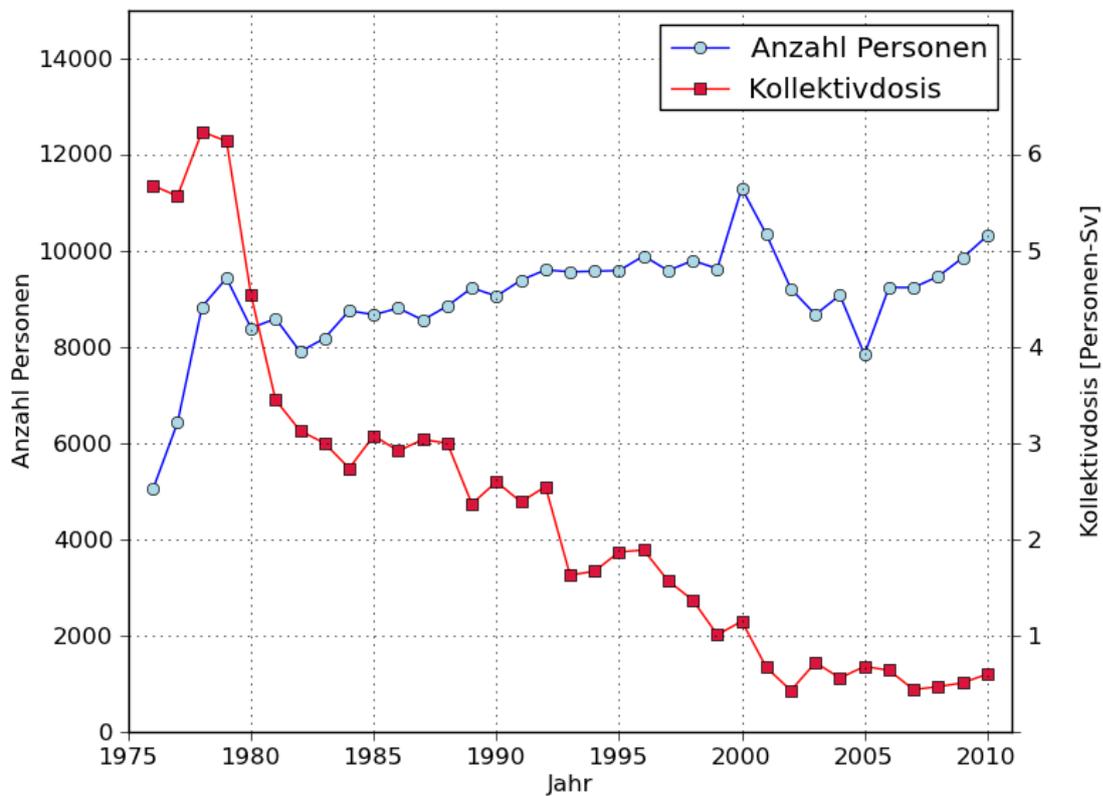
Figur 9: Anzahl Personen und Kollektivdosen durch externe und interne Bestrahlung



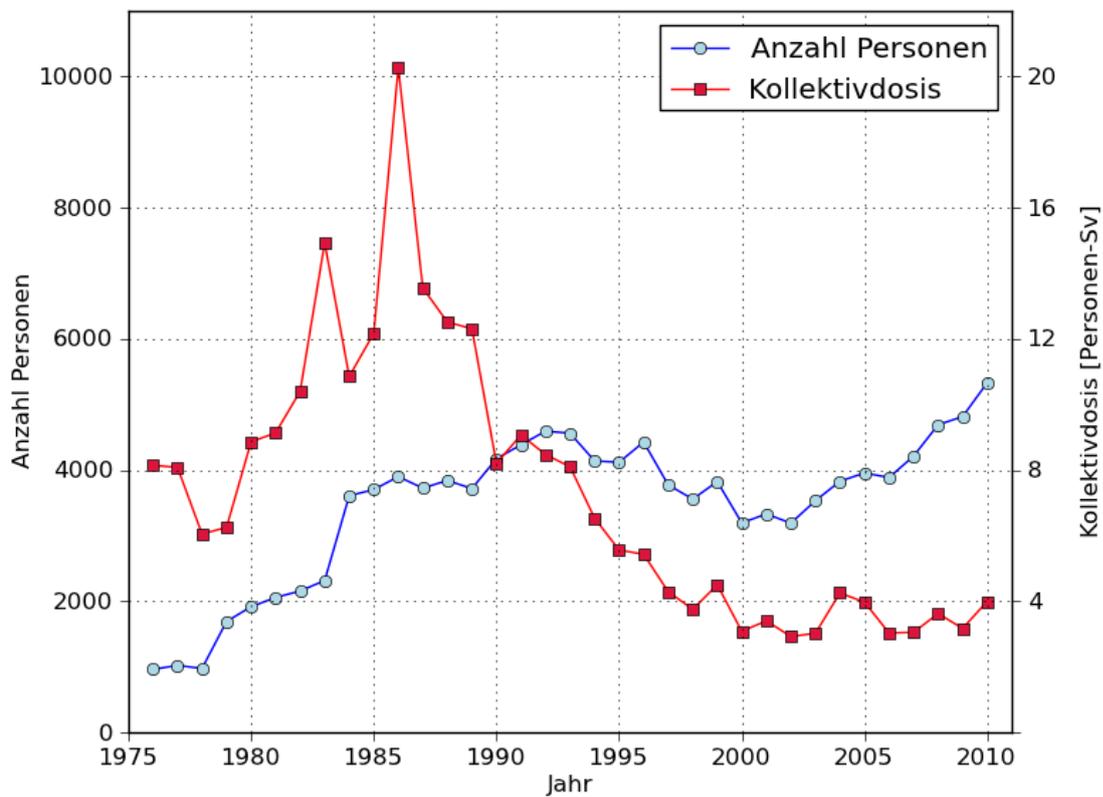
Figur 10: Externe Bestrahlung seit 1976 in der Medizin



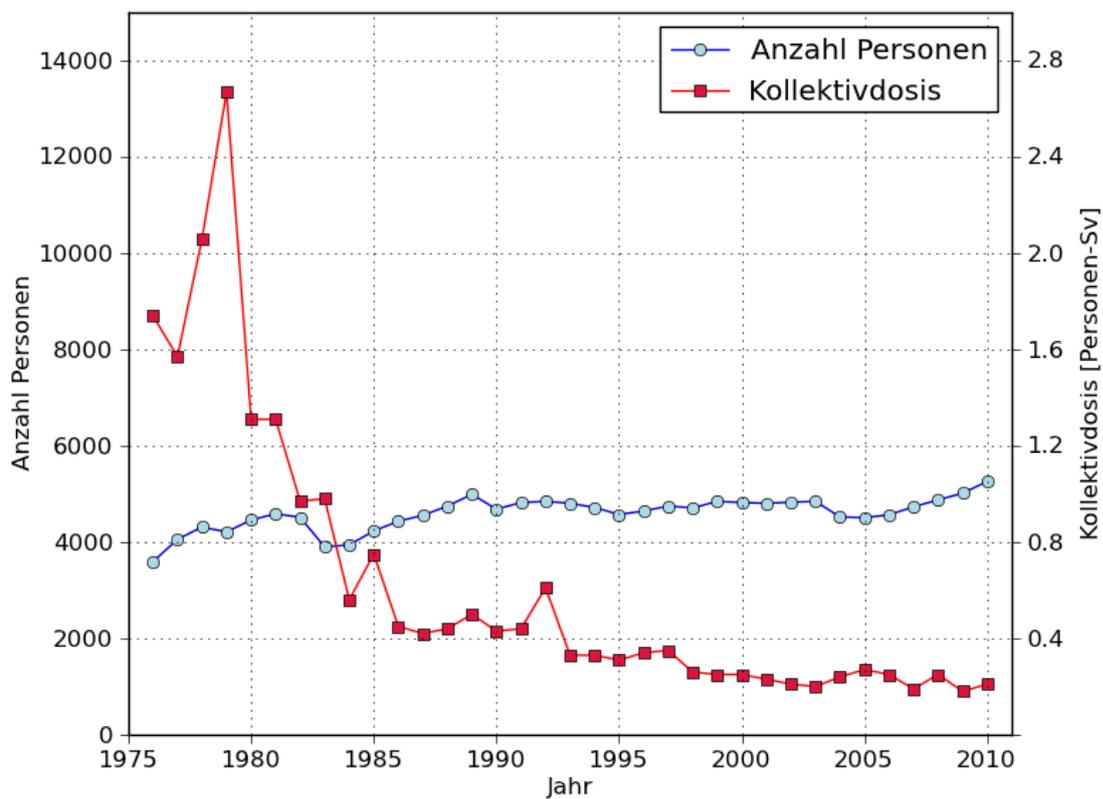
Figur 11: Externe Bestrahlung seit 1976 in Universitäten und Forschung



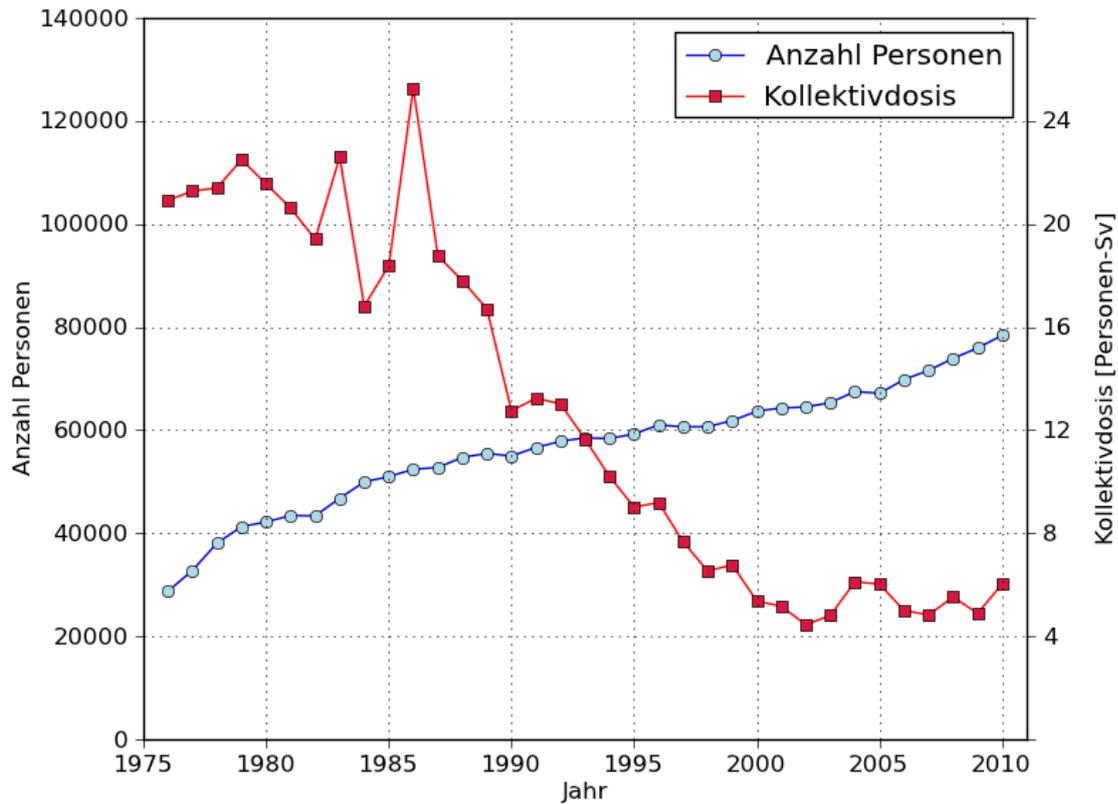
Figur 12: Externe Bestrahlung seit 1976 in Kernkraftwerken



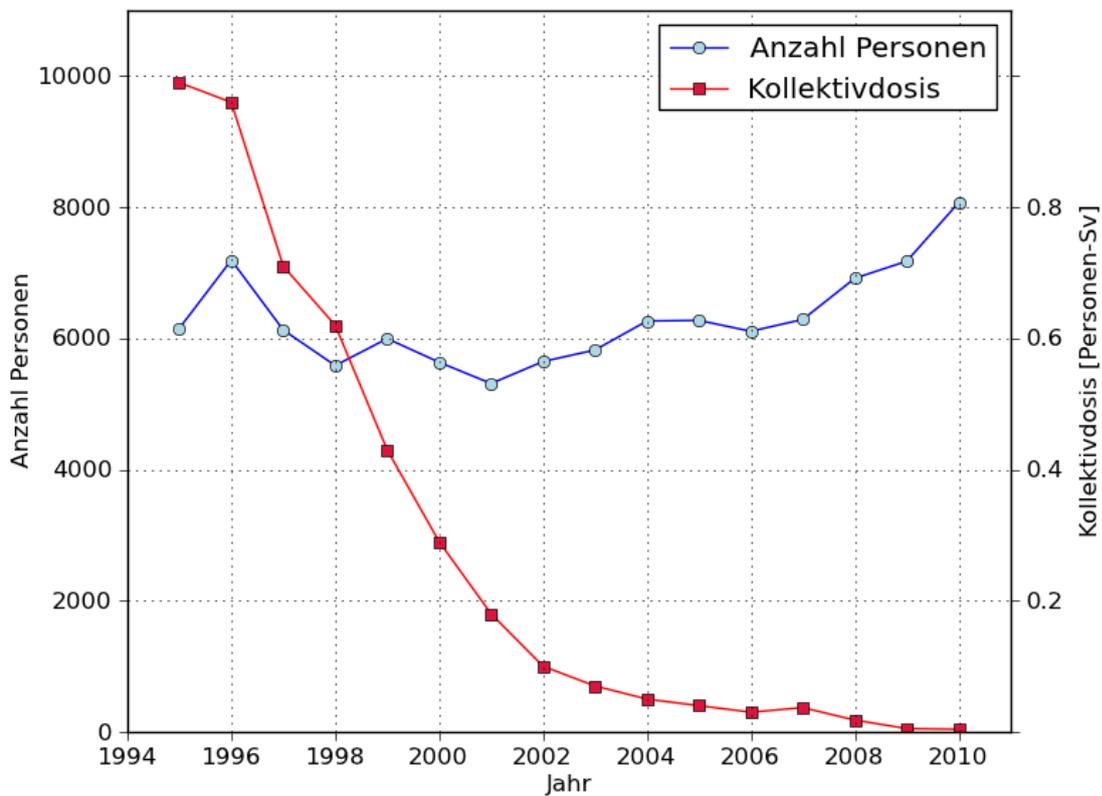
Figur 13: Externe Bestrahlung seit 1976 in Industrie, Handel, öffentlichen Diensten und Verschiedenem



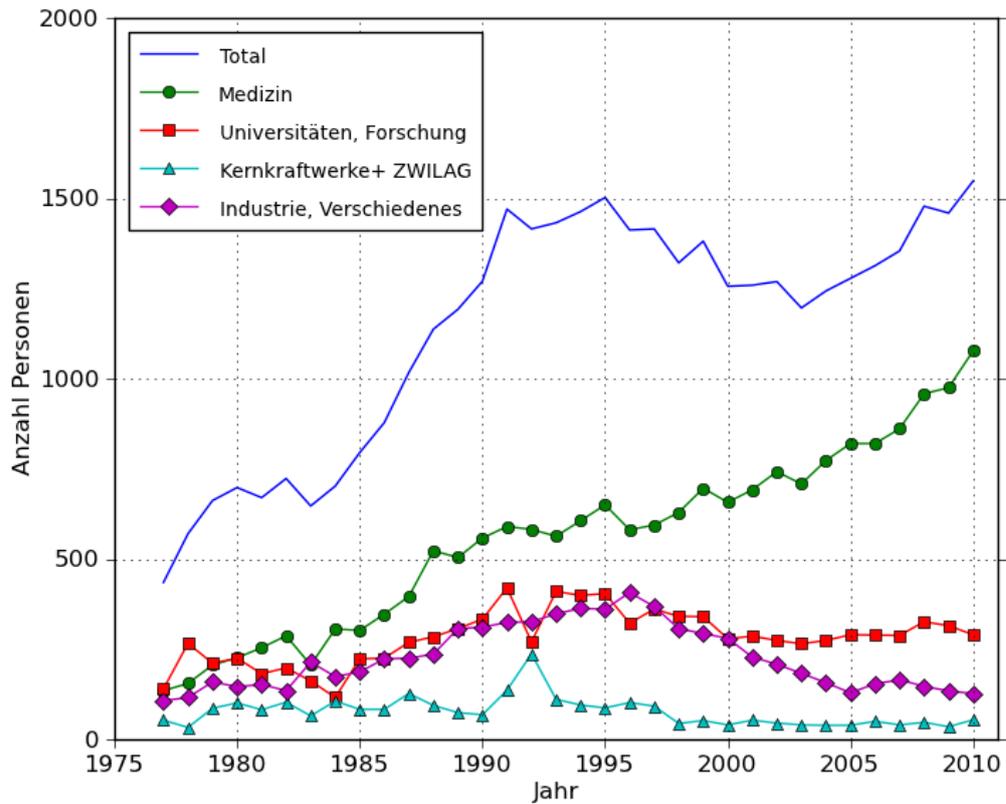
Figur 14: Externe Bestrahlung seit 1976



Figur 15: Interne Bestrahlung seit 1995



Figur 16: Handdosen: Anzahl Personen seit 1977



Figur 17: Hohe Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen seit 1977

