



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI

Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Verbraucherschutz

Oktober 2012

Jahresbericht 2011

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 | 6 |
| 6 | Effektive Dosen durch externe und interne Strahlenexposition | 6 |
| 7 | Spezielle Vorkommnisse und Überschreitungen von Dosisgrenzwerten | 7 |
| 8 | Trend der letzten 36 Jahre | 8 |
| 9 | Revision der Strahlenschutzverordnung | 9 |
| 10 | Schlussfolgerungen | 9 |
| 11 | Weitere Publikationen | 10 |
| | Tabellen | 11 |
| | Figuren | 20 |

1 Einleitung

Der vorliegende Jahresbericht fasst die Ergebnisse der Personendosimetrie der Schweiz für externe und interne Bestrahlung im Jahr 2011 zusammen und zeigt den Trend der letzten 36 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 2011 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 2011 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 beide vom PSI durchgeführt wurden.

Bei der 49. Vergleichsmessung wurde die externe Personendosimetrie mit Ganzkörper- und Extremitätendosimetern geprüft. Ergänzend zur Bestrahlung unter Referenzbedingungen mit Cs-137 wurde die Reproduzierbarkeit, die Messung unter Routinebedingungen, und für Extremitätendosimeter die Energieabhängigkeit getestet. 9 der 11 teilnehmenden Dosimetriestellen erfüllten die Anforderungen der Dosimetrieverordnung. Eine der Dosimetriestellen hatte für die Vergleichsmessung ihre Messungen auf eine spezielle, vom normalen Ablauf abweichende, falsche Art ausgewertet, und hat deswegen fast alle Anforderungen nicht erfüllt. Eine nachträgliche Auswertung ergab schliesslich die richtigen Resultate. Unter Referenzbedingungen gab es bei zwei weiteren Dosimetriestellen Abweichungen von mehr als 10% vom Sollwert, einmal bei den Ganzkörperdosimetern, und einmal bei den Extremitätendosimetern. Bei einer Dosimetriestelle lagen die Resultate bei Bestrahlung unter einem Winkel von 45° mit Röntgenstrahlung N-40 ausserhalb der Toleranzwerte. Eine Fehleranalyse und entsprechende Massnahmen sind zur Zeit im Gange.

Bei der 50. Vergleichsmessung wurden die Inkorporationsmessungen von Iod-Radionukliden (¹³¹I und ¹²⁵I) mittels Schilddrüsen-Phantom getestet. Es haben nur zwei Dosimetriestellen teilgenommen. Eine Messstelle ist für beide Iod-Nuklide anerkannt. Für Iod-131 hat sie die Anforderungen der Dosimetrieverordnung erfüllt. Die Messwerte für I-125 waren jedoch systematisch um ca. 40-45% zu tief. Die Ursache wurde erkannt und korrigiert. Die andere Messstelle ist nur für Iod-131 anerkannt. Sie erfüllte die Anforderungen nicht, denn die Messwerte für die Aktivität waren um 30-45% zu tief. Zudem hatte sie Probleme bei der Berechnung der effektiven Folgedosis E50. Als Massnahme untersuchte man den Detektor, wobei ein Defekt festgestellt wurde. Die Anerkennung als Iod-Messstelle wurde bis auf weiteres sistiert.

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) und DIS- (Direct Ion Storage) 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. 2011 war nur eine der 5'142 registrierten Neutronendosen höher als 1 mSv. Die höchste Neutronenjahresdosis betrug 1.1 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 78'388 im Jahr 2010 auf 80'645 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 Jahr 2011 bei 5.51 Personen-Sv (gegenüber 6.03 Personen-Sv im Vorjahr). Seit dem Jahr 2000 bleibt die Kollektivdosis ungefähr auf konstantem Niveau von 5 bis 6 Personen-Sv. Die in dieser Grössenordnung von Jahr zu Jahr auftretenden Schwankungen sind hauptsächlich unterschiedlich intensiven periodischen Revisionsarbeiten in den Kernkraftwerken zuzuordnen. In der Medizin hat die Kollektivdosis in den letzten 10-12 Jahren kontinuierlich leicht zugenommen, was mit einem jährlichen Anstieg von dosimetrierten Personen in diesem Bereich einhergeht. Die mittlere Dosis pro Person blieb in diesem Zeitraum in etwa konstant.

Die einzelnen Tätigkeitsbereiche trugen zur Kollektivdosis wie folgt bei: Kernkraftwerke 54%, Medizin 25%, Forschung 11%, Industrie, Handel, öffentliche Dienste und Verschiedenes 10%. 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 Überwachung der 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 TL-Dosimeter 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.

Diese Abteilungen sind deshalb Schwerpunkte der aktuellen Aufsichtsarbeit des BAG. Ein entsprechendes Merkblatt ist auf der Internetseite des BAG verfügbar (Merkblatt L-10-04, Massnahmen zur Reduktion der Extremitätendosen in der Nuklearmedizin).

In einer Stellungnahme von 2009 weist die KSR darauf hin, dass die gemessenen Handdosen in der Nuklearmedizin den realen Wert um einen Faktor vier oder mehr unterschätzen (2009: KSR Stellungnahme betreffend die Extremitätendosimetrie in der Nuklearmedizin). Dies geht aus einer Studie des IRA aus dem Jahr 2007 hervor. Bei der laufenden Revision der Strahlenschutz- und Dosimetrieverordnung wird dieses Erkenntnis berücksichtigt.

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. 7'000 Personen wurden Triagemessungen zur Überprüfung einer möglichen Inkorporation direkt in den betroffenen Betrieben durchgeführt (Tabelle 4).

Im Jahr 2011 wurden bei 792 Personen Inkorporationsmessungen durchgeführt und die effektive Folgedosis E_{50} ermittelt. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse nach Tätigkeitsbereichen aufgeführt. Die höchste effektive Folgedosis betrug 2.1 mSv.

In Figur 7 ist die Verteilung der internen Dosen dargestellt. Die Kollektivdosis beträgt 0.010 Personen-Sv und ist somit etwas höher als im Vorjahr. Sie ist vor allem 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 80'994 (Vorjahr: 78'799). Darin nicht enthalten sind Personen, bei denen ausschliesslich Triagemessungen durchgeführt wurden. Die gesamte Kollektivdosis betrug 5.52 Personen-Sv (Vorjahr: 6.03 Personen-Sv). Die Verteilung auf die verschiedenen Bereiche ist in Figur 9 ersichtlich.

Die Inkorporationen trugen nur ca. 0.2% zur Gesamtkollektivdosis bei. Die Dosen stammten vorwiegend aus der Industrie, wo die Inkorporationen 2% der Kollektivdosis ausmachten.

7 Spezielle Vorkommnisse und Überschreitungen von Dosisgrenzwerten

7.1 Grenzwertüberschreitungen im Aufsichtsbereich des BAG

Jahresgrenzwertüberschreitung in der Kardiologie

Durch eine monatliche Akkumulation von Ganzkörperdosen erreichte ein Kardiologe eine Jahresdosis von 27 mSv. Dank der Meldeschwelle für Dosen von 2 mSv pro Monat, wurde das BAG frühzeitig auf die erhöhten Werte aufmerksam. Im Rahmen eines Audits Mitte des Jahres wurde die Arbeitsweise der betroffenen Person überprüft und optimiert. Die Monatsdosen blieben trotzdem relativ hoch. Die Hauptgründe lagen an der Häufigkeit von komplexen und sehr langen Eingriffen, die dementsprechend lange Durchleuchtungszeiten mit sich brachten. Gemäss Artikel 35 der StSV wurde für die Person ein höherer Grenzwert von 50 mSv bewilligt, mit der Auflage, dass die akkumulierte Dosis über fünf Jahre nicht über 100 mSv liegen darf. Im Betrieb wurden seither Massnahmen getroffen, damit die Häufigkeit und Dauer der Eingriffe für die betroffene Person reduziert werden.

Jahresgrenzwertüberschreitung der Extremitätendosis

In der Nuklearmedizin eines Spitals wurde eine hohe Extremitätendosis akkumuliert. Ein Arzt hat bei der Vorbereitung einer Applikation sich selbst und den Applikationsraum mit Y-90 kontaminiert. Auch sein Ganzkörperdosimeter und das Fingerringdosimeter wurden dabei kontaminiert. Bei der am PSI durchgeführten Inkorporationsmessung (Urin) wurde keine Aktivität festgestellt, Auch die externe Ganzkörperdosis war kleiner als 1 mSv. Die Extremitätendosis am Handgelenk wurde auf 2000 mSv abgeschätzt und hat damit den Jahresgrenzwert von 500 mSv deutlich überschritten. Es sind keine Hautrötungen aufgetreten.

7.2 Grenzwertüberschreitungen im Aufsichtsbereich der SUVA

Mögliche Jahresgrenzwertüberschreitung bei einer Elektronenstrahlvernetzungsanlage

Das Ganzkörperdosimeter eines Angestellten, der an einem Elektronenbeschleuniger für die Vernetzung von Kunststoffen beschäftigt ist, wies bei der routinemässigen Monatsauswertung einen Wert von 277.7 mSv auf. Der Angestellte konnte sich nicht erinnern, das Dosimeter jemals im Bestrahlungsraum vergessen oder verloren zu haben. Daraufhin wurde die Dosis durch biologische Dosimetrie bestätigt (95%-Konfidenzintervall: 0.05 - 0.3 Gy). Da die fragliche Dosis in der Nähe der Nachweisgrenze für die biologische Dosimetrie liegt, wurde eine weitere Blutprobe demselben Labor sowie einem zweiten Labor für eine weitere Analyse zugestellt. Während das erste Labor sein erstes Resultat bestätigte (0.1 - 0.35 Gy), gab das zweite Labor eine Dosis von 0 - 0.11 Gy an. Die widersprüchlichen Resultate lassen keine gesicherte Aussage zu, ob der Betroffene die entsprechende Dosis tatsächlich akkumuliert hat oder nicht. Die Aufsichtsbehörde hat beschlossen, den Wert von 277.7 mSv zu registrieren, solange keine weiteren Erkenntnisse vorliegen.

Die Kontrolle der technischen Sicherheitseinrichtungen und der organisatorischen Sicherheitsmassnahmen lassen eine tatsächliche Bestrahlung des Angestellten, so dass weder er selbst noch eine andere Person dies bemerkt hätte, als unwahrscheinlich erscheinen. Üblicherweise werden bei diesem Betrieb kaum je Dosiswerte über der Nachweisgrenze registriert. Allerdings ist es in der Vergangenheit bei anderen Mitarbeitenden schon vorgekommen, dass ein Dosimeter im Bestrahlungsraum verloren oder vergessen ging.

Die Aufsichtsbehörde hat vom Betrieb folgende Massnahmen verlangt: Es werden elektronische Personendosimeter mit akustischer Warneinrichtung beschafft, die zusätzlich zu den TLD zu tragen und nach Ende jeder Schicht auszuwerten sind, damit auffällige Dosen oder Dosisleistungen rasch erkannt werden. Es wird ein Schliessfachsystem für die Dosimeter beschafft, damit die Missbrauchs- und Verwechslungsgefahr (z. B. absichtliches Bestrahlen eines fremden Dosimeters) verringert werden kann.

Die Abschlussberichte für diesen Fall stehen noch aus.

7.3 Grenzwertüberschreitungen im Aufsichtsbereich des ENSI

Im Aufsichtsbereich des ENSI ereigneten sich im Berichtsjahr keine Grenzwertüberschreitungen.

7.4 Spezielle Vorkommnisse und erhöhte Dosen

Bei einer Ganzkörperdosis über 2 mSv pro Monat oder bei einer Extremitäten- oder Hautdosis über 10 mSv pro Monat spricht man von einer erhöhten Dosis. Erhöhte Dosen müssen der zuständigen Aufsichtsbehörde von der Dosimetriestelle separat gemeldet werden. Somit können diese vorsorglich auf eine drohende Grenzwertüberschreitung reagieren.

Erhöhte Ganzkörperdosis bei der mobilen Werkstoffprüfung

Zwei Werkstoffprüfer haben auf einer Baustelle in einem Graben Schweißnahtprüfungen durchgeführt. Einer der beiden Prüfer begab sich zwischen zwei Aufnahmen in den Graben, um die Filme zu wechseln. Aufgrund mangelnder Kommunikation wurde die Quelle ausgefahren, als er sich immer noch im Graben befand. Dank des akustischen Strahlenwarngeräts, das er auf sich trug, hat er die Exposition erkannt und die Quelle wurde schnell zurückgezogen. Die Auswertung des Dosimeters ergab eine Dosis von 19.4 mSv. Bei der Untersuchung des Zwischenfalls durch die Aufsichtsbehörde hat sich gezeigt, dass es sich hierbei um eine lokale Dosis gehandelt hat, da das Dosimeter an der Hosentasche getragen wurde und die Strahlenquelle sich kurzzeitig in unmittelbarer Nähe zum Dosimeter (ca. 5 cm) befand. Die effektive Dosis des Prüfers wurde berechnet unter Berücksichtigung der Mindestabstände der sich bewegenden Quelle zu den verschiedenen Organen und der entsprechenden Wichtungsfaktoren für Gewebe. Die Berechnungen ergaben einen Wert für die effektive Dosis von 4.0 mSv. Die Dosis wurde entsprechend korrigiert. Vom Betrieb wurden verschiedenen Massnahmen verlangt, so u.a. eine Verbesserung der Kommunikation bei den Prüfern.

Erhöhte Extremitätendosis beim Ausbau von Strahlenquellen

In einem Industriebetrieb war im Berichtsjahr eine für diesen Bereich unüblich hohe Extremitätendosis von 187.5 mSv zu verzeichnen. Die betroffene Person war involviert beim Ausbau von Sr-90 Quellen aus Messköpfen von Dichtemessanlagen, die in der Tabakindustrie verwendet wurden. In dieser einmaligen Aktion wurden 72 Quellen mit jeweils rund 800 GBq, die bei einem Händler für derartige Dichtemessanlagen gelagert waren, ausgebaut und für den Abtransport als radioaktiver Abfall vorbereitet. Die Arbeiten wurden hinter Plexiglasabschirmungen durchgeführt. Die Werte des Ganzkörperdosimeters während desselben Zeitraums betragen: Hp = 0.2 mSv und Hs = 1.4 mSv.

8 Trend der letzten 36 Jahre

Die Kollektivdosen bei externer Bestrahlung der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz sind im Laufe der letzten 36 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 5.51 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 81'000.

Die mittlere Dosis pro Person hat in diesem Zeitraum von 0.73 mSv pro Jahr auf 0.07 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 1'000 – 2'000 Personen in diesem Bereich bedingt sein. Die Grenze der Optimierungsmöglichkeiten scheint hier aber vorläufig erreicht zu 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 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 36 Jahren in der Medizin kontinuierlich gestiegen (Figur 16). Waren es 1977 noch 135 Personen, trugen im Berichtsjahr bereits 1112 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 2015 geplant.

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 in den letzten 12 Jahren auf ein konstantes Niveau mit periodischen Schwankungen eingependelt, trotz einer kontinuierlichen Zunahme der beruflich strahlenexponierten Personen. Der Anteil der internen Strahlenexposition an der Kollektivdosis blieb in den letzten zehn Jahren äusserst gering.

Vereinzelte hohe Dosen treten nach wie vor in der Medizin eher vermehrt auf. Besonders Tätigkeiten in der Nuklearmedizin und in der interventionellen Radiologie können zu hohen Ganzkörper- und Extremitätendosen führen. Das BAG versucht mit gezielten Audits und geeignetem Informationsmaterial diesem Trend entgegen zu wirken.

Die Resultate der Vergleichsmessungen im Berichtsjahr zeigen, wie wichtig diese Messungen für die Aufrechterhaltung einer zuverlässigen und qualitativen Dosimetrie sind.

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

Tabelle 1a: Messmethoden und Messumfang der Personendosimetriestellen für äussere Bestrahlung 2011

| 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 | 7'000 | β, γ, X | DIS | 7'000 | β, γ, X | TLD | 150 |
| | n | PADC | 7'000 | | | | | | |
| Dosilab | β, γ, X | TLD | 36'000 | β, γ, X | TLD | 36'000 | β, γ, X | TLD | 600 |
| IRA | β, γ, X | TLD | 8'000 | β, γ, X | TLD | 8'000 | β, γ, X | TLD | 200 |
| KKB | β, γ, X | DIS | 1'600 | β, γ, X | DIS | 1'600 | | | |
| KKG | γ | DIS | 1'150 | β, γ | DIS | 1'150 | | | |
| KKL | β, γ | TLD | 1'800 | β, γ | TLD | 1'800 | | | |
| 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 | 1'700 | β, γ, X | TLD, DIS | 1'700 | β, γ, X | TLD | 180 |
| | n | PADC | 1'150 | | | | | | |
| Suva | β, γ, X | TLD | 13'500 | β, γ, X | TLD | 13'500 | β, γ, X | TLD | 280 |
| X-DOS | β, γ, X | TLD | 1'300 | β, γ, X | TLD | 1'300 | | | |

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

Tabelle 1b: Messmethoden, Nuklide und Messumfang der Inkorporationsmessstellen 2011

| 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 | 40 |
| 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 | 95 |
| | | 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 | 65 |
| 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 | 269 |
| | Schilddrüse | γ | Nal | I-123, I-124, I-125, I-131 | 15 |
| | 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 | 32 |
| | Urin, Stuhl | α | Si | Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Np-237, Th-228, Th-232, 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 | 320 |

Scint Flüssigkeitsszintillator
 Nal Nal-Szintillator
 PC Proportionalzähler

Ge Germanium-Detektor
 Si Silizium-Detektor

Tabelle 2: Personentiefendosen durch äussere Bestrahlung 2011: 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 | 22149 | 17442 | 601 | 16501 | 8280 | 2710 | 2078 | 495 | 2684 | 72940 |
| 0.1– 1.0 | 1530 | 405 | 58 | 331 | 2179 | 1631 | 92 | 10 | 132 | 6368 |
| 1.1 – 2.0 | 112 | 12 | 4 | 7 | 59 | 468 | 16 | 1 | 3 | 682 |
| 2.1 – 3.0 | 55 | 3 | 1 | | 11 | 208 | 16 | | 2 | 296 |
| 3.1 – 4.0 | 32 | 1 | | | 3 | 119 | 7 | | | 162 |
| 4.1 – 5.0 | 17 | | | | 2 | 60 | 6 | | | 85 |
| 5.1 – 6.0 | 13 | 1 | 1 | | | 24 | 1 | | | 40 |
| 6.1 – 7.0 | 8 | | | 1 | | 19 | 1 | | | 29 |
| 7.1 – 8.0 | 2 | | | | | 13 | 1 | | | 16 |
| 8.1 – 9.0 | 1 | | 1 | | | 7 | | | | 9 |
| 9.1 -10.0 | 3 | | | | | 2 | | | | 5 |
| 10.1-11.0 | 2 | | 1 | | | 2 | 1 | | | 6 |
| 11.1-12.0 | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 12.1-13.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 13.1-14.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 14.1-15.0 | | | | | | | | | | |
| 15.1-16.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 16.1-17.0 | | | | | | | | | | |
| 17.1-18.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 18.1-19.0 | | | | | | | | | | |
| 19.1-20.0 | | | | | | | | | | |
| 20.1 – 50.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| > 50.0 | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Total | 23929 | 17864 | 667 | 16840 | 10534 | 5264 | 2220 | 506 | 2821 | 80645 |
| Kollektivdosis [Personen-Sv] | 1.14 | 0.12 | 0.05 | 0.08 | 0.63 | 3.00 | 0.45 | 0.00 | 0.04 | 5.51 |

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 2011: Anzahl der Personen

| Dosisintervall [mSv] | Medizin | Universitäten, Forschung | Kernkraftwerke und ZWILAG | Industrie | Total |
|----------------------|---------|-----------------------------|------------------------------|-----------|-------|
| = 0 | 369 | 125 | 17 | 79 | 590 |
| 0.1 - 25.0 | 660 | 158 | 54 | 23 | 895 |
| 25.1 - 50.0 | 48 | 2 | 4 | | 54 |
| 50.1 - 75.0 | 19 | | | | 19 |
| 75.1 - 100.0 | 5 | | | | 5 |
| 100.1 - 125.0 | 1 | | | | 1 |
| 125.1 - 150.0 | 1 | | | | 1 |
| 150.1 - 175.0 | 5 | | | | 5 |
| 175.1 - 200.0 | 1 | | | 1 | 2 |
| 200.1 - 500.0 | 2 | | | | 2 |
| > 500.0 | 1 | | | | 1 |
| Total | 1112 | 285 | 75 | 103 | 1575 |

Tabelle 4: Effektive Folgedosen durch innere Bestrahlung 2011: Anzahl der Personen, Kollektivdosen und inkorporierte Nuklide

| Dosisintervall [mSv] | Medizin | Universitäten, Forschung | Kernkraftwerke und ZWILAG | Uhrenindustrie | Übrige Industrie | Total |
|--|---------|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------|-------|
| = 0 | 38 | 347 | 2 | 75 | 311 | 773 |
| 0.1– 1.0 | | | 1 | 14 | | 15 |
| 1.1 – 2.0 | | | | 3 | | 3 |
| 2.1 – 3.0 | | | | 1 | | 1 |
| 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 | 38 | 347 | 3 | 93 | 311 | 792 |
| Kollektivdosis [Personen-Sv] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.000 | 0.010 |
| Nuklide mit $E_{50} > 1$ mSv | | | | ^3H | | |
| Anzahl der Personen mit Triagemessungen ¹ | 870 | 270 | 5300 | 0 | 500 | 6940 |

¹ geschätzt

Tabelle 5: Effektive Dosen durch äussere und innere Bestrahlung 2011: 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 | 22161 | 17442 | 601 | 16501 | 8328 | 2710 | 2350 | 494 | 2684 | 73271 |
| 0.1– 1.0 | 1530 | 405 | 58 | 331 | 2179 | 1631 | 106 | 10 | 132 | 6382 |
| 1.1 – 2.0 | 112 | 12 | 4 | 7 | 59 | 468 | 19 | 1 | 3 | 685 |
| 2.1 – 3.0 | 55 | 3 | 1 | | 11 | 208 | 17 | | 2 | 297 |
| 3.1 – 4.0 | 32 | 1 | | | 3 | 119 | 7 | | | 162 |
| 4.1 – 5.0 | 17 | | | | 2 | 60 | 6 | | | 85 |
| 5.1 – 6.0 | 13 | 1 | 1 | | | 24 | 1 | | | 40 |
| 6.1 – 7.0 | 8 | | | 1 | | 19 | 1 | | | 29 |
| 7.1 – 8.0 | 2 | | | | | 13 | 1 | | | 16 |
| 8.1 – 9.0 | 1 | | 1 | | | 7 | | | | 9 |
| 9.1 -10.0 | 3 | | | | | 2 | | | | 5 |
| 10.1-11.0 | 2 | | 1 | | | 2 | 1 | | | 6 |
| 11.1-12.0 | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 12.1-13.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 13.1-14.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 14.1-15.0 | | | | | | | | | | |
| 15.1-16.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 16.1-17.0 | | | | | | | | | | |
| 17.1-18.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 18.1-19.0 | | | | | | | | | | |
| 19.1-20.0 | | | | | | | | | | |
| 20.1 – 50.0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| > 50.0 | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Total | 23941 | 17864 | 667 | 16840 | 10582 | 5264 | 2510 | 505 | 2821 | 80994 |
| Kollektivdosis [Personen-Sv] | 1.14 | 0.12 | 0.05 | 0.08 | 0.63 | 3.00 | 0.46 | 0.00 | 0.04 | 5.52 |

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 |
| 2011 | 59300 | 1.39 | 10534 | 0.63 | 5264 | 3.00 | 5547 | 0.49 | 80645 | 5.51 |

N = Anzahl Personen

S = Kollektivdosis in Personen-Sv

Tabelle 7: Personenkollektivdosen durch interne Bestrahlung seit 1995

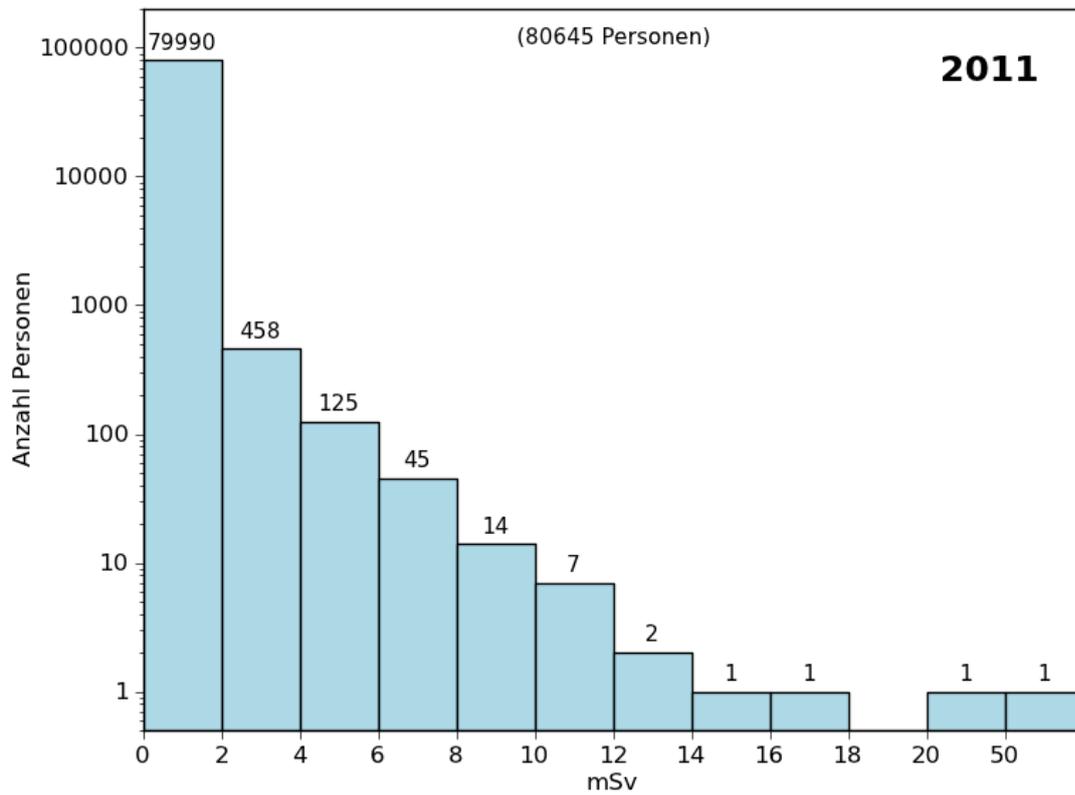
| Jahr | Anzahl Personen* | Kollektivdosis [Personen-Sv] |
|------|------------------|---------------------------------|
| 1995 | 6154 | 0.99 |
| 1996 | 7193 | 0.96 |
| 1997 | 6128 | 0.71 |
| 1998 | 5586 | 0.62 |
| 1999 | 5996 | 0.43 |
| 2000 | 5636 | 0.29 |
| 2001 | 5312 | 0.18 |
| 2002 | 5647 | 0.1 |
| 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 |

* inklusive Triagemessungen

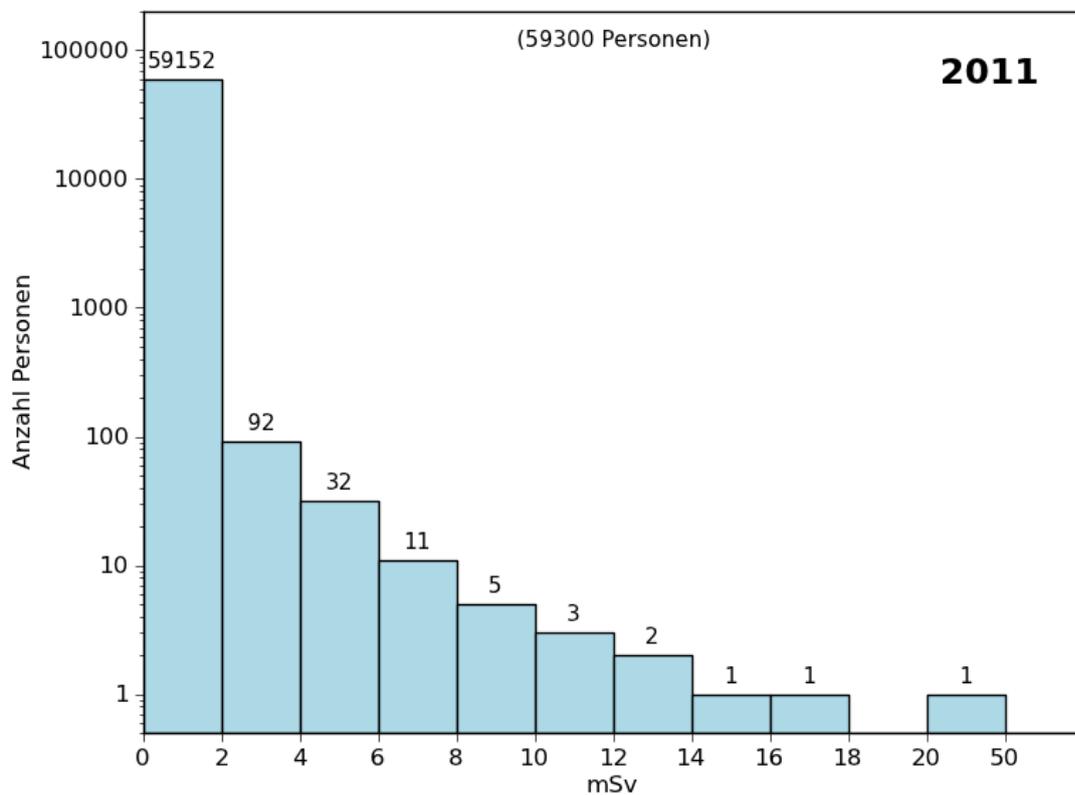
Tabelle 8: Handdosen seit 1977

| 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 |
| 2011 | 1112 | 285 | 75 | 103 | 1575 | 17 | 10 |

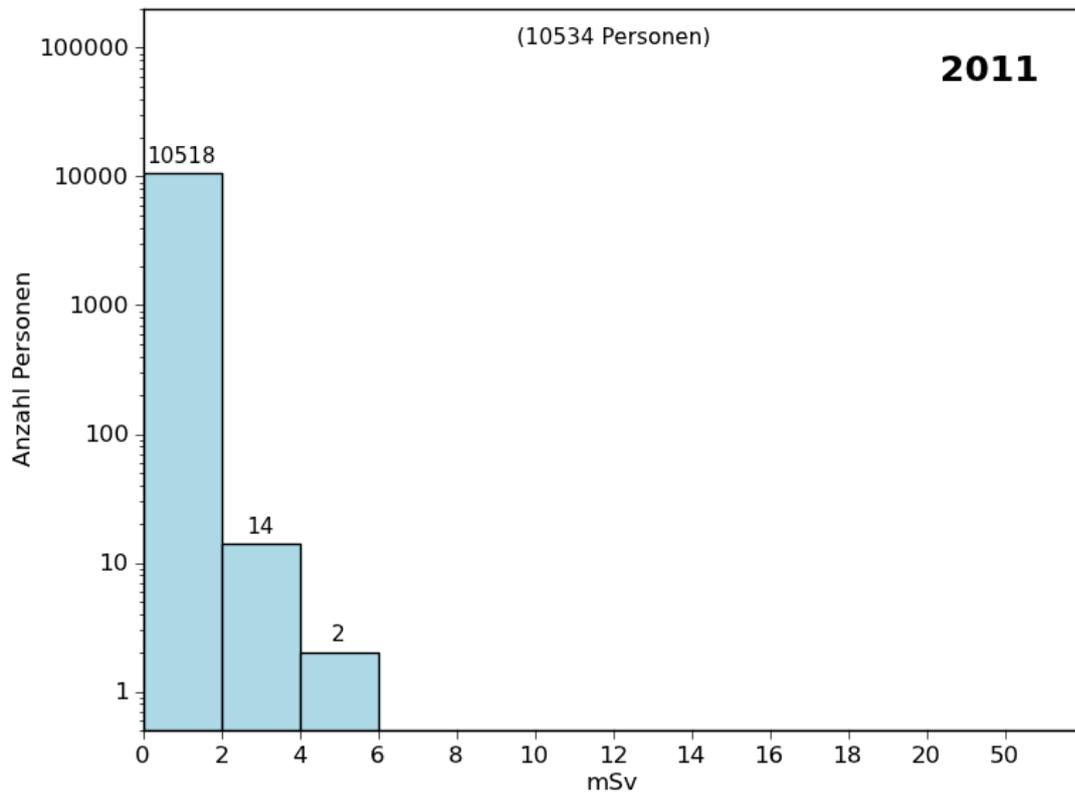
Figur 1: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



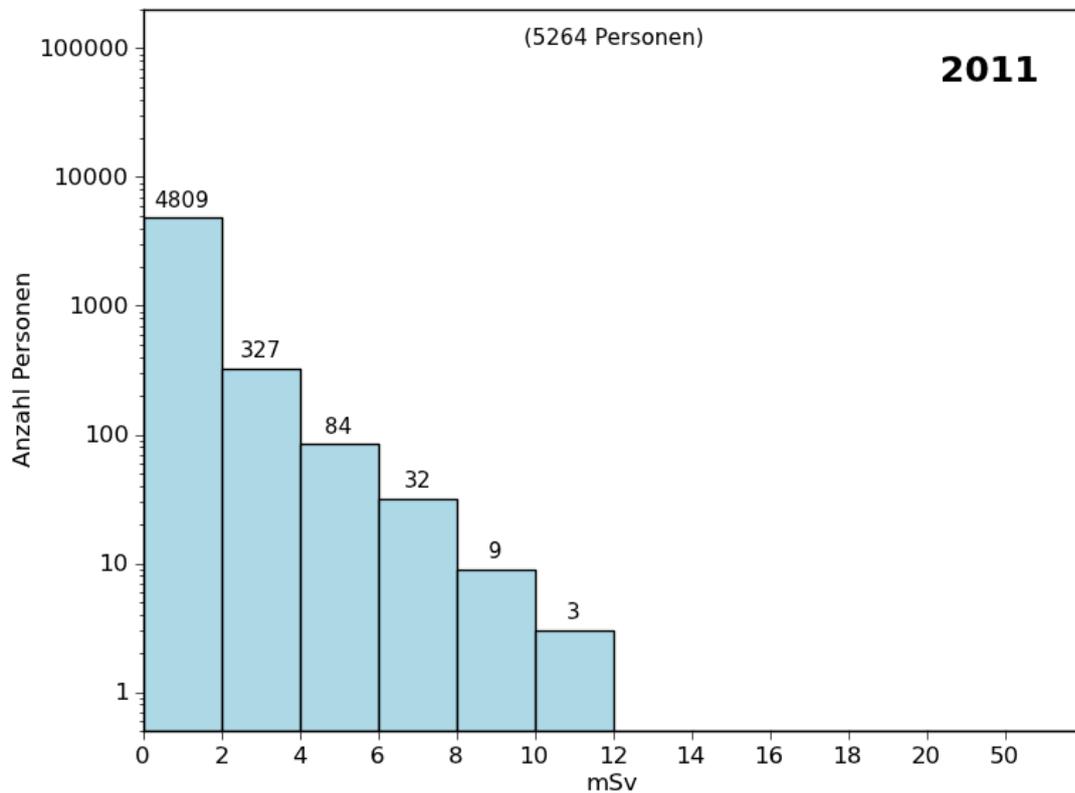
Figur 2: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in der Medizin



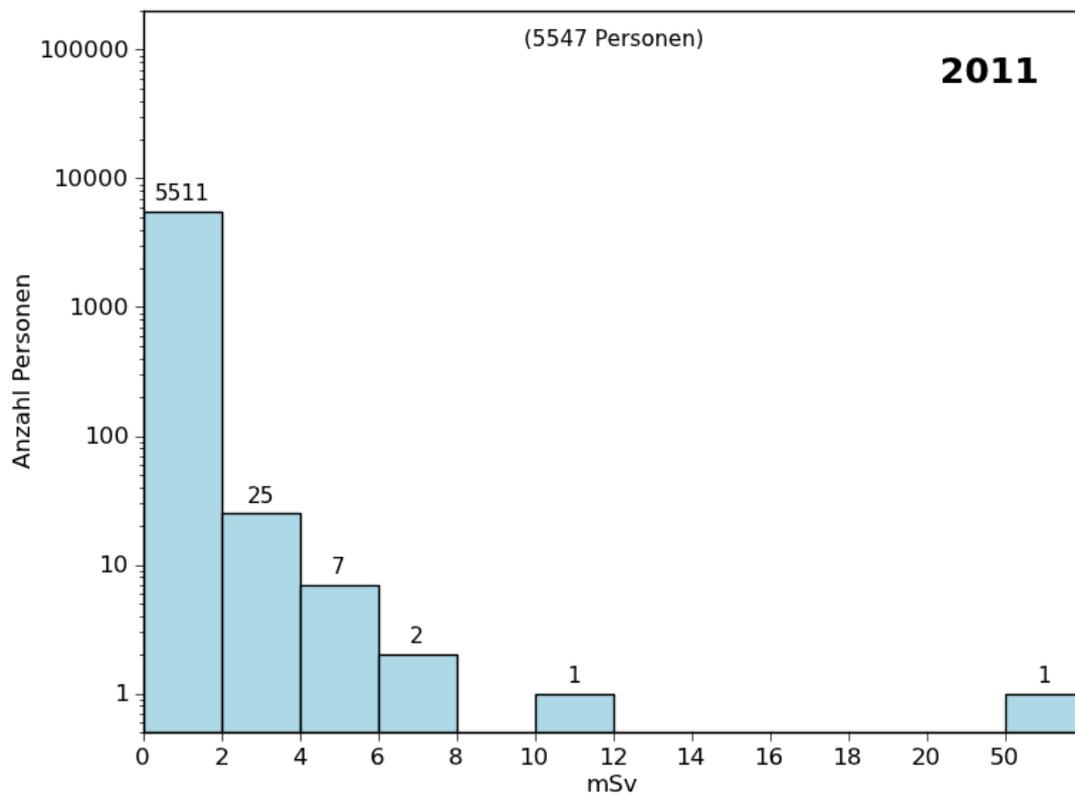
Figur 3: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Universitäten und Forschung



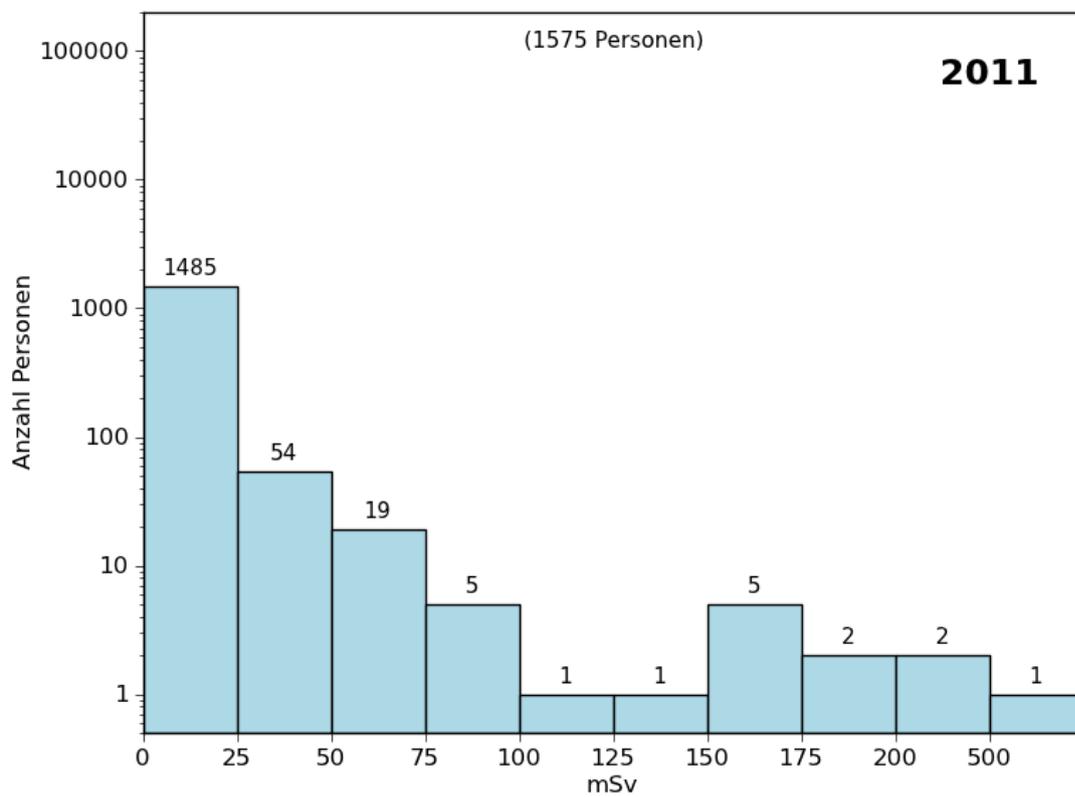
Figur 4: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Kernkraftwerken und ZWILAG



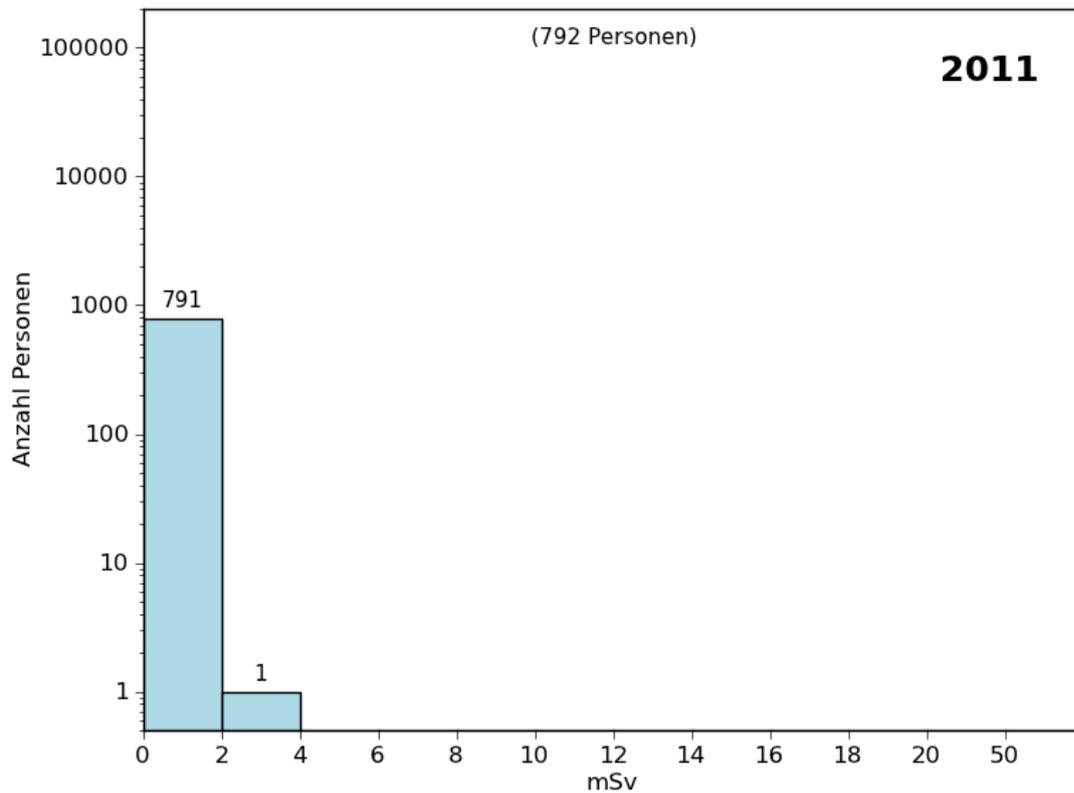
Figur 5: Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Industrie, Handel, öffentlichen Diensten und Verschiedenem



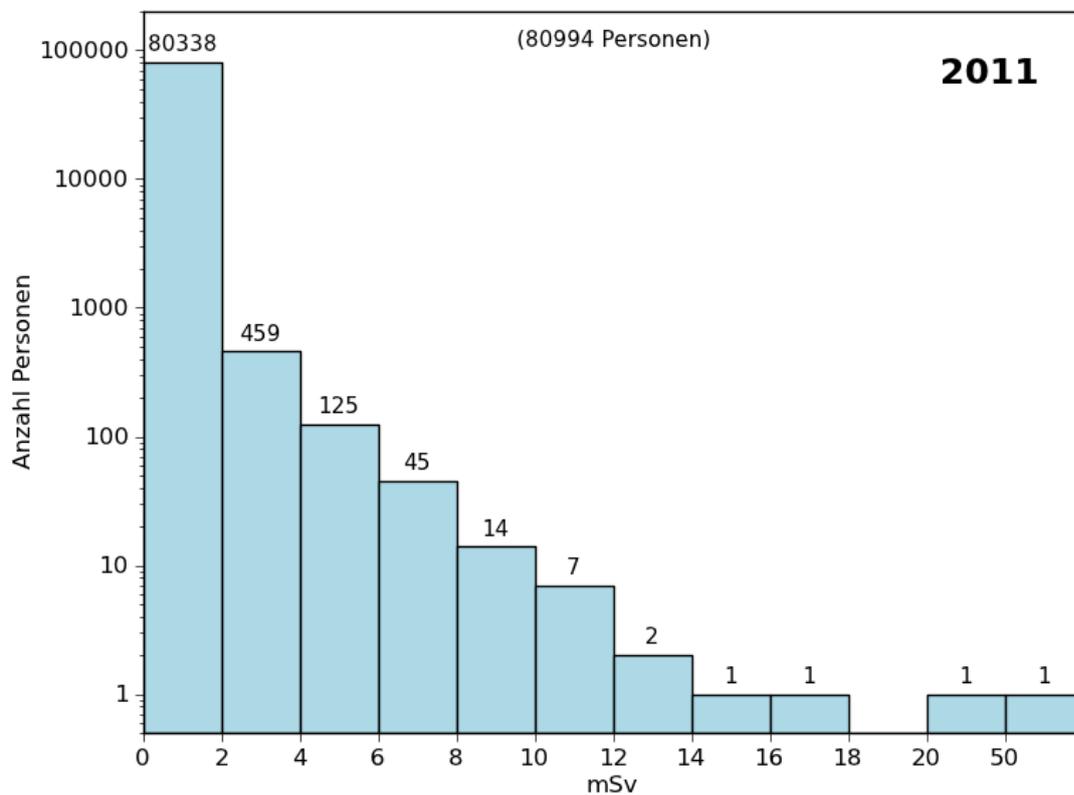
Figur 6: Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen



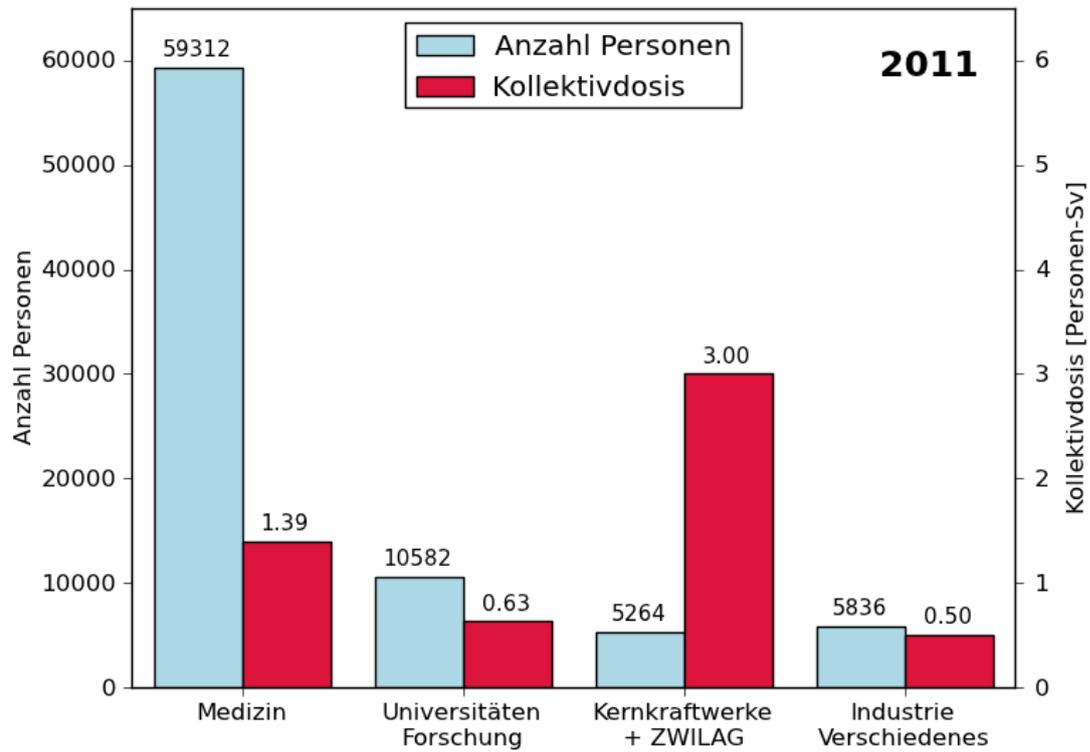
Figur 7: Effektive Folgedosen durch interne Bestrahlung



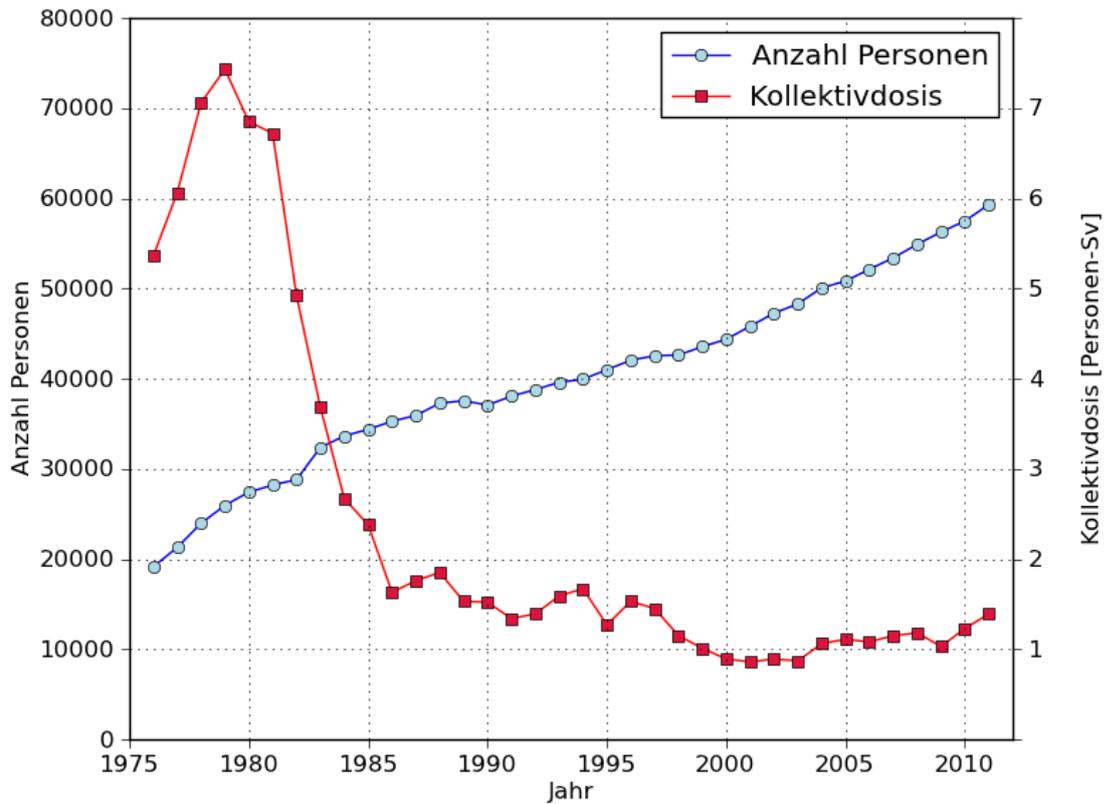
Figur 8: Effektive Dosen durch externe und interne Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen



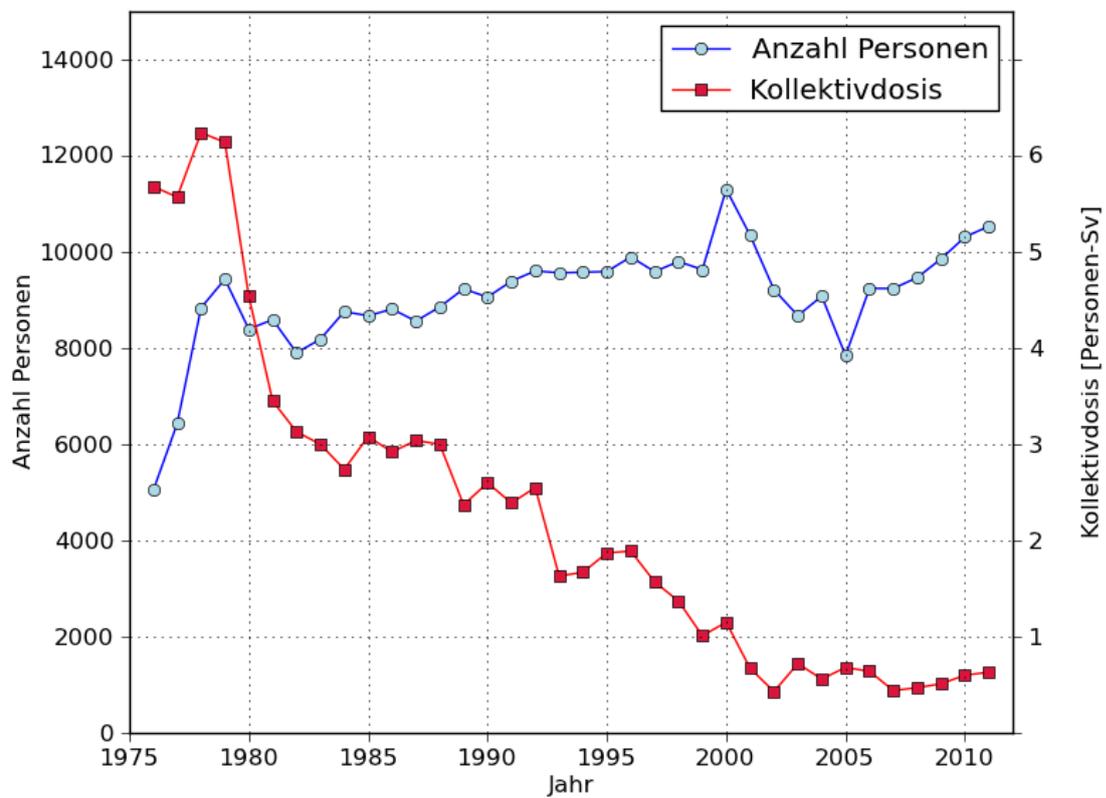
Figur 9: Anzahl Personen und Kollektivdosen durch externe und interne Bestrahlung



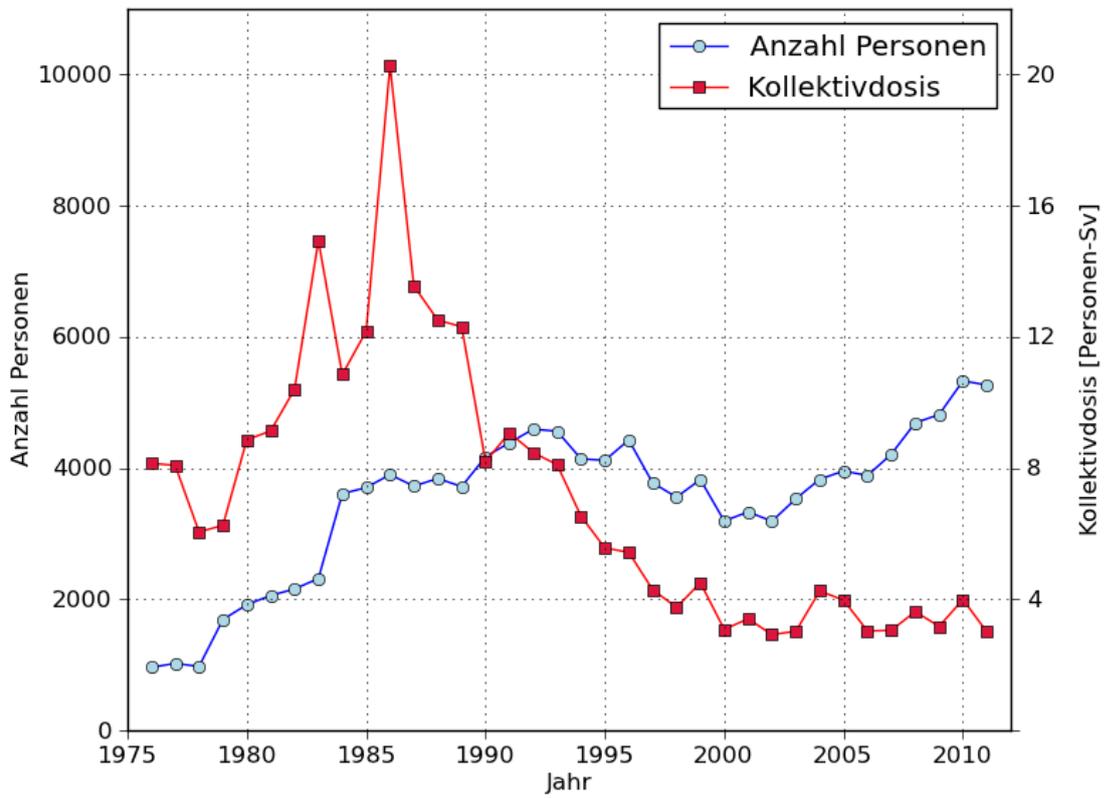
Figur 10: Externe Bestrahlung seit 1976 in der Medizin



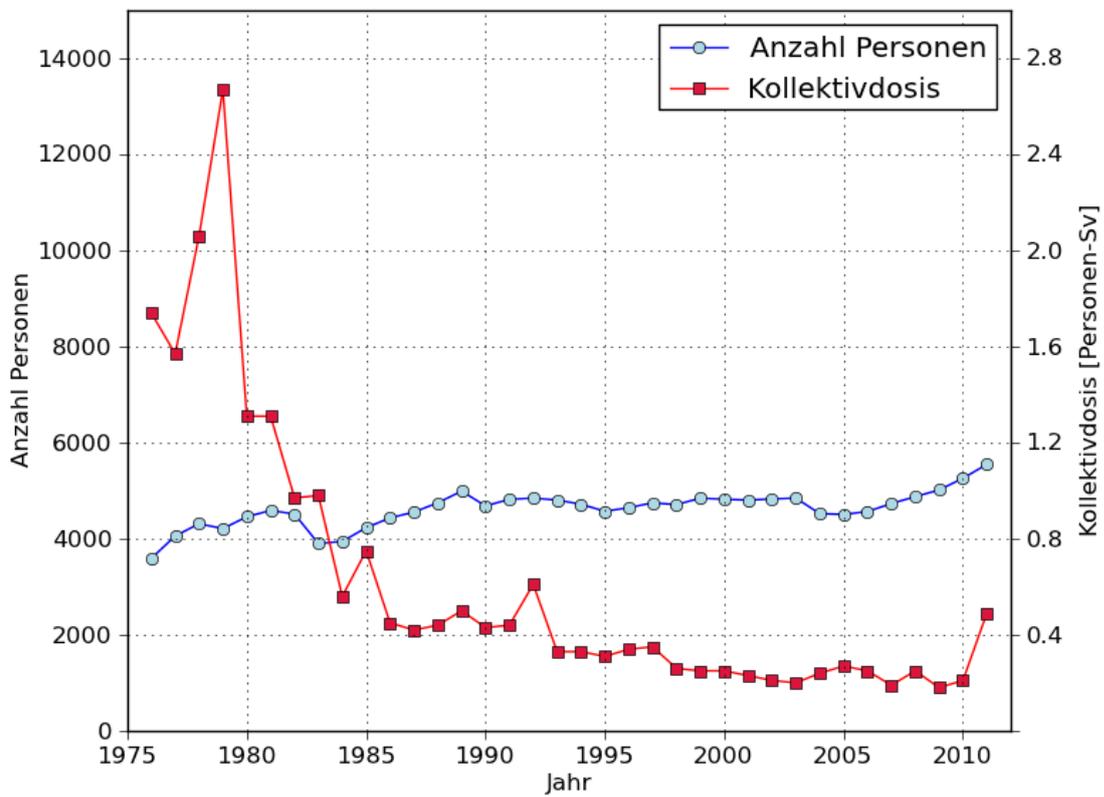
Figur 11: Externe Bestrahlung seit 1976 in Universitäten und Forschung



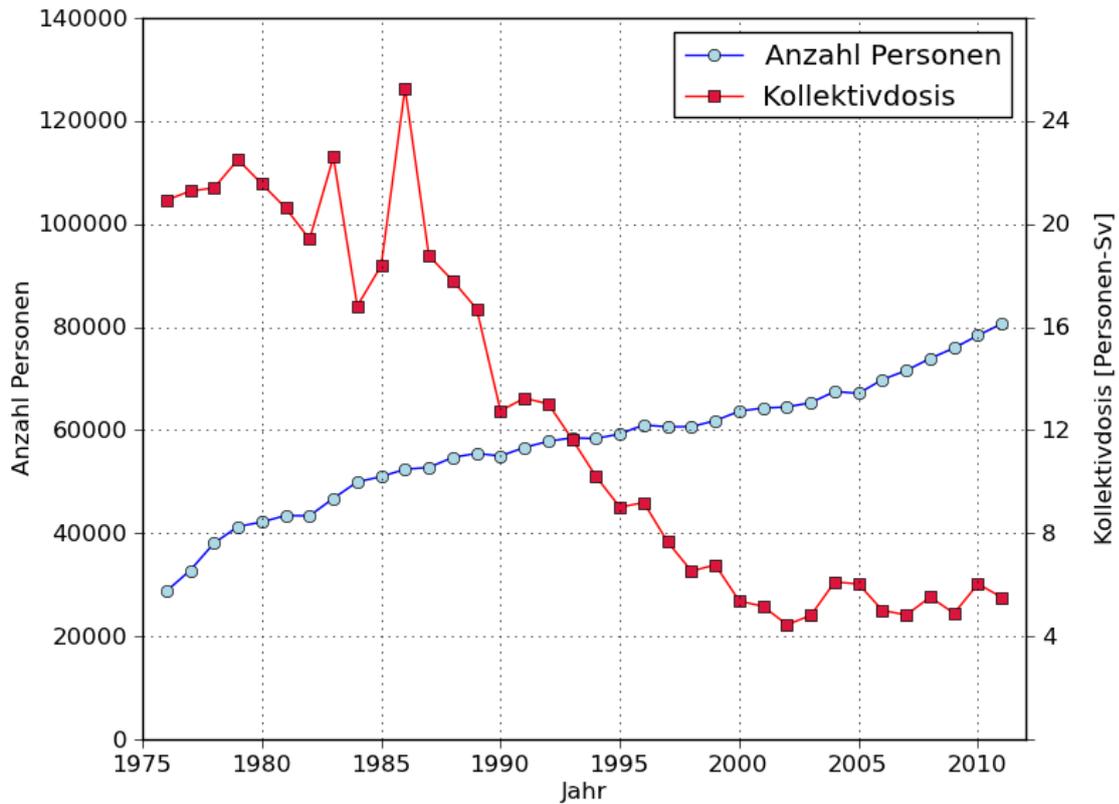
Figur 12: Externe Bestrahlung seit 1976 in Kernkraftwerken



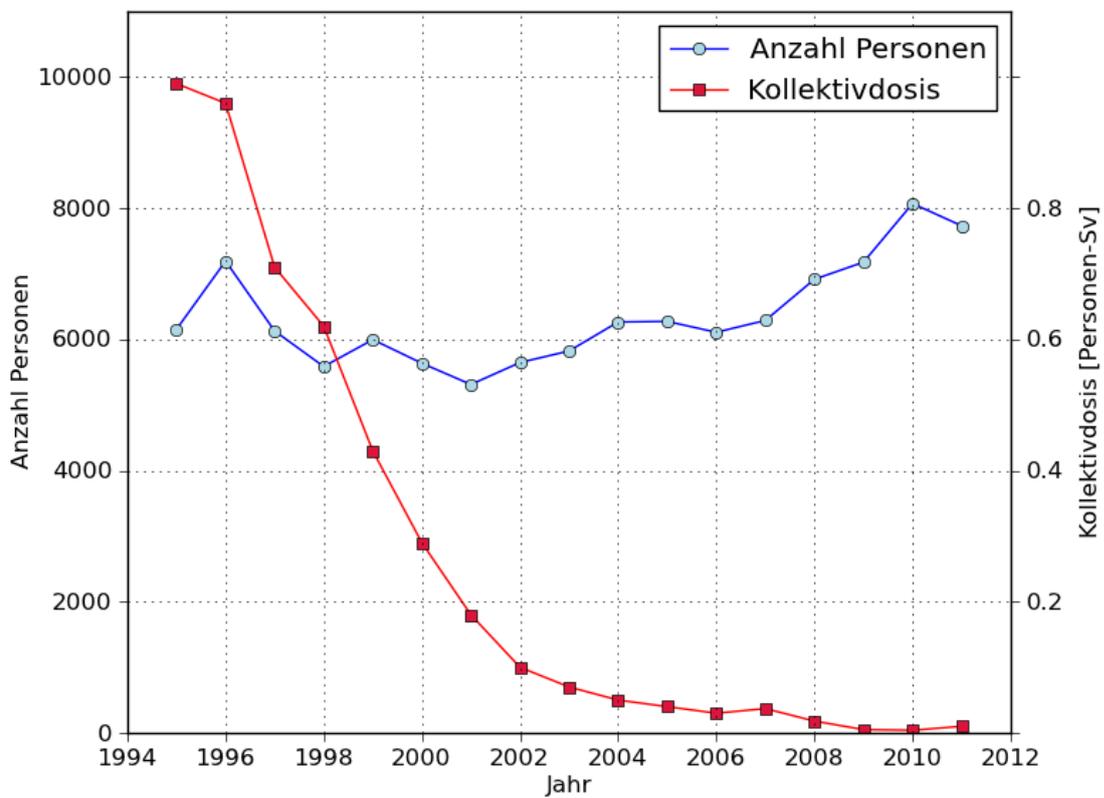
Figur 13: Externe Bestrahlung seit 1976 in Industrie, Handel, öffentlichen Diensten und Verschiedenem



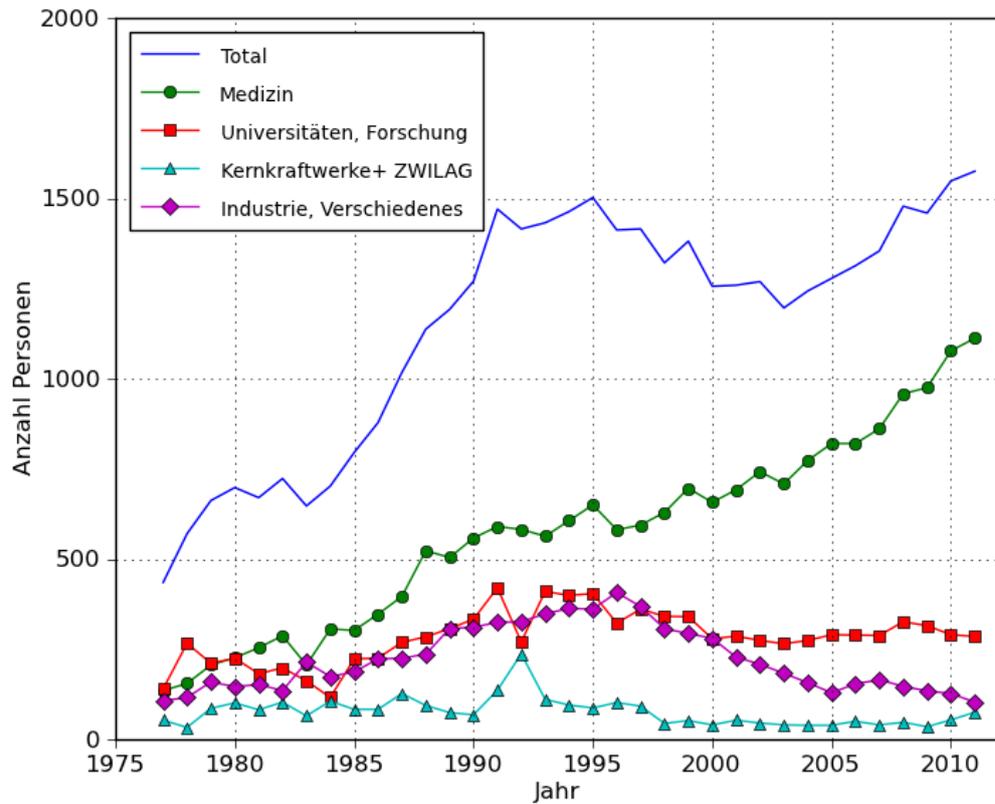
Figur 14: Externe Bestrahlung seit 1976



Figur 15: Interne Bestrahlung seit 1995



Figur 16: Handdosen: Anzahl Personen seit 1977



Figur 17: Hohe Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen seit 1977

