



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI

Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Verbraucherschutz

August 2023

Jahresbericht 2022

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	6
4	Externe Strahlenexposition	7
5	Interne Strahlenexposition	13
6	Exposition durch kosmische Strahlung	14
7	Effektive Dosen durch gesamte Strahlenexposition	14
8	Überschreitungen von Dosisgrenzwerten und spezielle Vorkommnisse	16
9	Trend der letzten 47 Jahre	18
10	Schlussfolgerungen	21
11	Weitere Publikationen	22
12	Referenzen	23
	Zusätzliches Zahlenmaterial	23

1 Einleitung

Der vorliegende Jahresbericht fasst die Ergebnisse der Personendosimetrie der Schweiz für externe und interne Bestrahlung im Jahr 2022 zusammen und zeigt den Trend der letzten 47 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 8 Stellen für interne Bestrahlung.

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 Webseiten 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

Das Ziel der Personendosimetrie ist es, die Strahlenexposition von Personen zu ermitteln, die bei ihrer beruflichen Tätigkeit oder Ausbildung ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. Damit soll die Einhaltung der vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte gewährleistet und die Expositionssituation in den verschiedenen Tätigkeitsbereichen ermittelt werden. Anerkannte Schweizer Dosimetriestellen stellen dazu passive Dosimeter zur Überwachung der Exposition des gesamten Körpers, der Extremitäten und der Augenlinsen bereit. Sie können auch die interne Exposition im Falle einer Inkorporation oder Inhalation einer radioaktiven Substanz überwachen.

2.1 Personendosimetriestellen für externe Bestrahlung

Die Messung der Personendosen wurde im Jahr 2022 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

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

Tabelle 1: Messmethoden und Messumfang der Personendosimetriestellen für äussere Bestrahlung 2022.

Messstelle	Ganzkörper $H_p(10)$ und $H_p(0.07)$			Extremitäten $H_p(0.07)$			Augenlinse $H_p(3)$ oder $H_p(0.07)$		
	Strahlung	Methode	Anzahl Personen	Strahlung	Methode	Anzahl Personen	Strahlung	Methode	Anzahl Personen
CERN	β, γ, X	DIS ¹	8260	β, γ, X	TLD	110			
	n	PADC ²	350						
Dosilab	β, γ, X	TLD ³	41 060	β, γ, X	TLD	990	β, γ, X	TLD	80
IRA	β, γ, X	TLD, OSL ⁴	10 270	β, γ, X	TLD	330	β, γ, X	OSL	10
KKB	β, γ, X	DIS	1990 ⁵			40			
KKG	β, γ, X	DIS	1540			13			
KKL	β, γ, X	DIS	2010			120			
KKM	β, γ, X	TLD	790			2			
PEDOS	β, γ, X	TLD	14 990	β, γ, X	TLD	460			
PSI	β, γ, X	RPL ⁶ , DIS	2630	β, γ, X	TLD	150			
	n	PADC	2040 ⁷						
Suva	β, γ, X	TLD	13 560	β, γ, X	TLD	310			

¹ DIS Direct Ion Storage Dosimetrie

² PADC Neutronendosimetrie mit PADC Dosimeter

³ TLD Thermolumineszenz-Dosimetrie

⁴ OSL Optisch Stimulierte Lumineszenz

⁵ Diese Zahl umfasst auch die mit Ganzkörperdosimetern ausgestatteten Personen im ZWILAG.

⁶ RPL Radio-Photolumineszenz-Dosimetrie

⁷ Diese Zahl umfasst auch die mit Neutronendosimetern ausgestatteten Personen in den Kernkraftwerken und im ZWILAG.

Tabelle 2: Messmethoden, Nuklide und Messumfang der Inkorporationsmessstellen 2022.

Messstelle	Methode	Strahlung	Detektor	Nuklide	Personen
HUG	Ganzkörperzähler	γ	Nal ⁸ Ge ⁹	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	--
IRA	Schilddrüse	γ	Nal	I-123, I-125, I-131	
	Urin	β	Scint ¹⁰	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	24
		β	PC ¹¹	Sr-90	
	Urin, Stuhl	α	Si ¹²	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Am-241	4
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	
LS	Ganzkörperzähler	γ	Ge	Cr-51, Co-57, Co-58, Fe-59, Co-60, Zn-65, Ga-67, Sr-85, Tc-99m, In-111, Ba-133, Cs-134, Cs-137, Eu-152, Sm-153, Eu-154, Lu-177, Re-186, Re-188, Tl-201	
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	2
	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	13
Suva	Urin	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	76

⁸ Nal Nal-Szintillator
⁹ Ge Germanium-Detektor
¹⁰ Scint Flüssigszintillator
¹¹ PC Proportionalzähler
¹² Si Silizium-Detektor

2.2 Inkorporationsmessstellen

Die effektiven Folgedosen inkorporierter Radionuklide wurden im Jahr 2021 von den folgenden anerkannten Inkorporationsmessstellen ermittelt:

HUG	Hôpitaux universitaires de Genève
IRA	Institut de radiophysique, Lausanne
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg, Mühleberg
LS	Labor Spiez, Spiez
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 2 angegeben.

2.3 Dosimetrie des Flugpersonals

Das Flugpersonal ist während der Arbeit in der Luft einer erhöhten Strahlenexposition durch kosmische Strahlung ausgesetzt. Gemäss der revidierten StSV, die am 1. Januar 2018 in Kraft trat (StSV-814.501, 2017), gilt seither 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:

- ACD Helios 1.0
- AVIDOS 2.0
- 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 Software-Komponenten FREEBackend Version 1.3.0 und FREEDu Version 1.3.1
- IASON FREE 2.0.0
- 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 (StSV-814.501, 2017) müssen sich die Dosimetriestellen an Vergleichsmessungen beteiligen. Im Berichtsjahr wurde je eine Vergleichsmessung für die externe und die interne Dosimetrie durchgeführt.

3.1 Externe Dosimetrie

Zehn anerkannte Dosimetriestellen haben mit je 16 Dosimetern an der 2022 vom PSI durchgeführten Vergleichsmessung für die externe Dosimetrie teilgenommen. Insgesamt 144 Ganzkörperdosimeter wurden unter verschiedenen Bedingungen bestrahlt. Nur ein Dosimeter erfüllte bei den Bestrahlungen unter Referenzbedingungen die Anforderungen der Dosimetrieverordnung nicht (Annex A of (ISO-

29661, 2012), die Abweichung zwischen gemessener Dosis und Referenzdosis sollte maximal 10 % betragen). Die von mehreren Dosimetriestellen ermittelten Dosen aus der Bestrahlung mit niederenergetischen Photonen (N-40) liegen am Rande des Toleranzbereichs, aber noch innerhalb der erlaubten Abweichung.

Bei den Extremitätendosimetern nahmen sechs Dosimetriestellen mit insgesamt 84 Dosimetern an der Vergleichsmessung 2022 teil. Vier Dosimeter lagen nur knapp innerhalb der erlaubten Abweichung unter Referenzbedingungen.

Die zuständigen Aufsichtsbehörden haben die Ergebnisse ausgewertet und mit den betroffenen Dosimetriestellen die Gründe für die beobachteten Abweichungen besprochen.

3.2 Interne Dosimetrie

2022 wurde das IRA mit der Durchführung einer Vergleichsmessung für die interne Dosimetrie beauftragt. Sechs anerkannte Stellen haben an der Vergleichsmessung teilgenommen. Organisation und Datenanalyse erfüllten die Vorgaben internationaler Standards. Jede Messstelle erhielt Proben, die einem Kontaminationsszenario einer fiktiven Person entsprachen. Die Vergleichsmessung bestand darin, die Aktivität dieser Proben nach dem in der Zulassung anerkannten Standardverfahren zu bestimmen und dann daraus die effektive Folgedosis E_{50} abzuleiten. Für diesen Test wurde Tritium gewählt.

Die Messwerte aller Teilnehmenden und aller Proben lagen innerhalb des Toleranzbereichs von ± 20 % gemäss Dosimetrieverordnung. Auch die effektive Folgedosis E_{50} wurde korrekt und gemäss Dosimetrieverordnung berechnet.

Die Inkorporationsmessstellen erfüllten somit die Anforderungen an die Messgenauigkeit bei der Bestimmung der Tritiumaktivität im Urin.

4 Externe Strahlenexposition

In diesem Abschnitt werden die Messungen zur Bestimmung der akkumulierten Dosen durch externe Bestrahlung erläutert. Die Exposition durch kosmische Strahlung wird hier nicht berücksichtigt, sondern separat behandelt.

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), RPL (Radio-Photoluminescence) und OSL (optisch stimulierte Lumineszenz) -Dosimeter eingesetzt. Grundsätzlich wird damit die Personen-Tiefendosis $H_p(10)$ bestimmt, wobei die Dosisbeiträge der natürlichen Untergrundstrahlung 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. 2022 lagen sechs der 2364 gemessenen Neutronendosen über 1 mSv (Werte zwischen 1.1 und 1.8 mSv). Die Neutronendosen sind in den Daten für $H_p(10)$ jeweils enthalten

In Tabelle 3 sind die Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung nach Tätigkeitsbereichen aufgeschlüsselt. Angegeben sind die Anzahl Personen pro Dosisintervall und die Kollektivdosen.

Tabelle 3: Personen-Tiefendosen durch äussere Bestrahlung 2022: Anzahl der Personen und Kollektivdosis¹³. Die Summe der Kollektivdosen der einzelnen Sektoren kann aufgrund von Rundungen von der Gesamtkollektivdosis abweichen.

Dosisintervall [mSv]	Spitäler	Arztpraxen	Radiologische Arztpraxen	Zahnärztliche Praxen	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke ZWILAG ¹⁴	Industrie, Handel	Öffentliche Dienste	Verschiedenes	Total
= 0	35137	19308	798	14751	10463	3356	2579	601	6262	93255
0.1-1.0	1757	200	34	166	986	1274	123	10	179	4729
1.1-2.0	144	3	6	3	12	374	39		8	589
2.1-3.0	40	1	10		1	188	18			258
3.1-4.0	24					106	9			139
4.1-5.0	8		1			70	3			82
5.1-6.0	6					44	1			51
6.1-7.0	2					24				26
7.1-8.0						9				9
8.1-9.0						2				2
9.1-10.0						1				1
10.1-11.0										
11.1-12.0	1						1			2
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	37119	19512	849	14920	11462	5448	2773	611	6449	99143
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.86	0.04	0.05	0.03	0.22	2.75	0.20	0.00	0.04	4.18

Die Anzahl der infolge externer Bestrahlung beruflich strahlenexponierten Personen betrug im Berichtsjahr 99143.

Die Kollektivdosis, d.h. die Summe der individuellen Personen-Tiefendosen aller beruflich strahlenexponierten Personen der Schweiz, lag im Jahr 2022 bei 4.18 Personem-Sv (gegenüber

¹³ Falls eine Person in mehreren Bereichen tätig war, wird sie dem Bereich mit dem höchsten Dosisbeitrag zugeteilt, bei gleichen Dosen nachfolgender Priorität: Kernkraftwerke, dann Spitäler, Arztpraxen, usw. gemäss der Reihenfolge in der Tabelle.

¹⁴ ZWILAG: Zwischenlager Würenlingen AG

6.09 Personen-Sv im Vorjahr). Die Kollektivdosis bewegt sich seit 2000 in einem stabilen Bereich zwischen 4 und 6 Personen-Sv. Die jährlich auftretenden Schwankungen sind hauptsächlich unterschiedlich intensiven periodischen Revisionsarbeiten und Nachrüstungen in den Kernkraftwerken zuzuordnen.

Die einzelnen Tätigkeitsbereiche trugen zur Kollektivdosis wie folgt bei: Kernkraftwerke 66%, Medizin 23%, Forschung 5%, Industrie, Handel, öffentliche Dienste und Verschiedenes 6%. In den Abbildung 1 sind die Anzahl der Personen und die Dosisverteilungen der verschiedenen Tätigkeitsbereiche dargestellt.

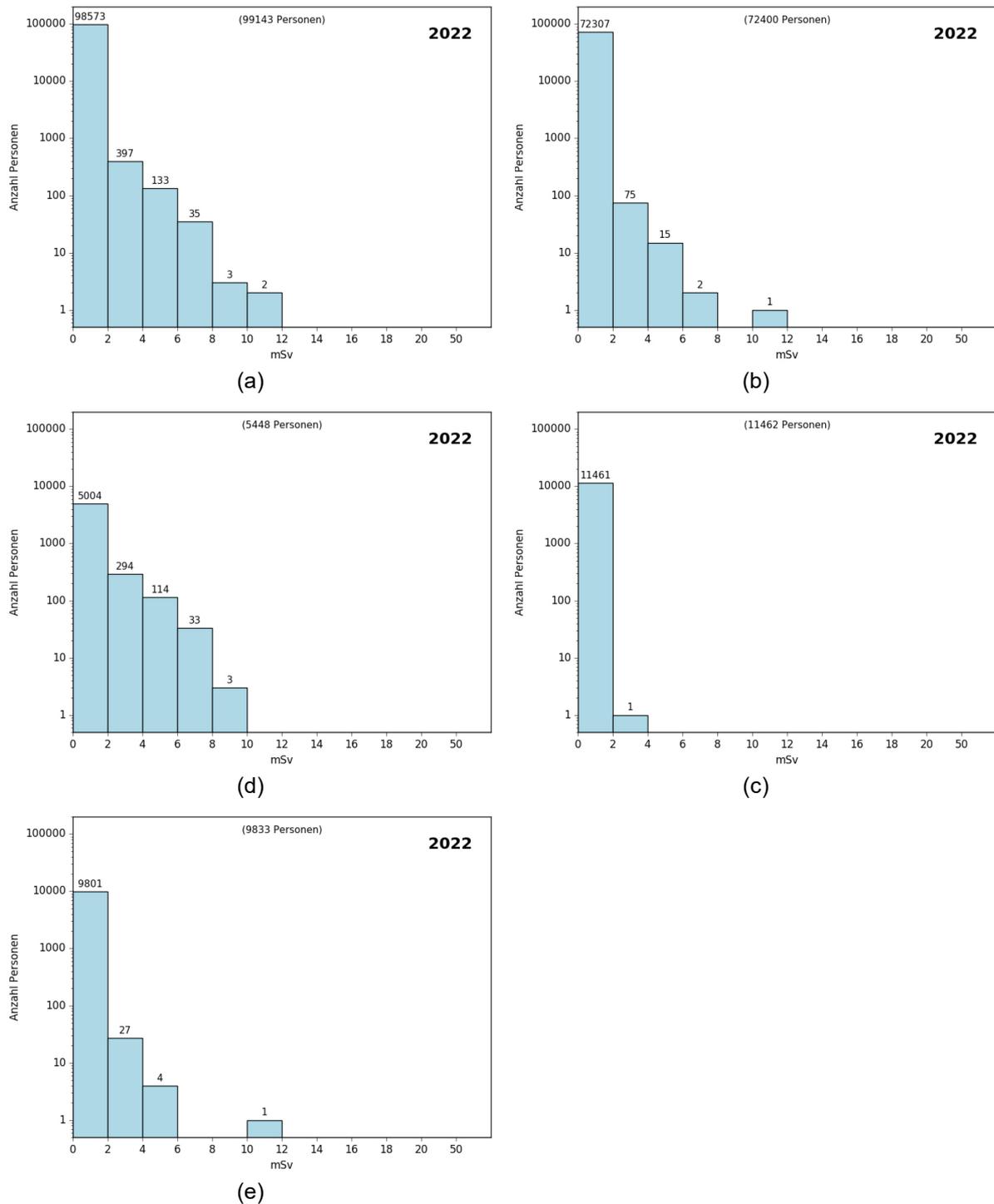


Abbildung 1: (a) Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen. (b) Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in der Medizin. (c) Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Universitäten und Forschung. (d) Personen-Tiefendosen durch externe Bestrahlung in Kernkraftwerken und

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 jährlichen Personendosen (> 10 mSv) wurden in der Industrie und in den Spitälern gemessen (Tabelle 3). 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 Hp(10) ermittelt wird. Die Messresultate werden in der Dosisgrösse Hp(0.07) angegeben. Bei üblichen Expositionen und Photonenenergien sind diese zwei Werte praktisch gleich. Bei sehr tiefen Photonenenergien und β -Strahlen ist Hp(0.07) grösser als Hp(10).

Für die Messung der Strahlenexposition der Extremitäten werden TLD- oder OSL Dosimeter in Form von Fingerringen verwendet. Damit werden die Extremitätendosen (Handdosen) mit der Dosisgrösse $H_p(0.07)$ ermittelt. In Tabelle 4 sind die Handdosen nach Tätigkeitsbereich und Dosisintervall aufgeführt. Der Jahresgrenzwert von 500 mSv wurde im Berichtsjahr nicht überschritten. Eine in der Nuklearmedizin tätige Person hatte jedoch eine Dosis nahe dem Grenzwert (466 mSv) akkumuliert. Abklärungen ergaben als Ursachen eine erhöhte Arbeitsbelastung durch Ausfälle und ein nicht optimierter Strahlenschutz.

Tabelle 4: Handdosen 2022: Anzahl der Personen.

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie und Verschiedenes	Total
= 0	1102	263	38	99	1502
0.1 - 25.0	820	43	137	18	1018
25.1 - 50.0	76	3	1		80
50.1 - 75.0	41			1	42
75.1 - 100.0	36				36
100.1 - 125.0	20				20
125.1 - 150.0	16				16
150.1 - 175.0	14				14
175.1 - 200.0	7	1			8
200.1 - 225.0	6				6
225.1 - 250.0	3				3
250.1 - 275.0	5				5
275.1 - 300.0	1				1
300.1 - 325.0	1				1
325.1 - 350.0	1				1
350.1 - 375.0					
375.1 - 400.0					
400.1 - 425.0					
425.1 - 450.0					
450.1 - 475.0	1				1
475.1 - 500.0					
> 500.0					
Total	2150	310	176	118	2754

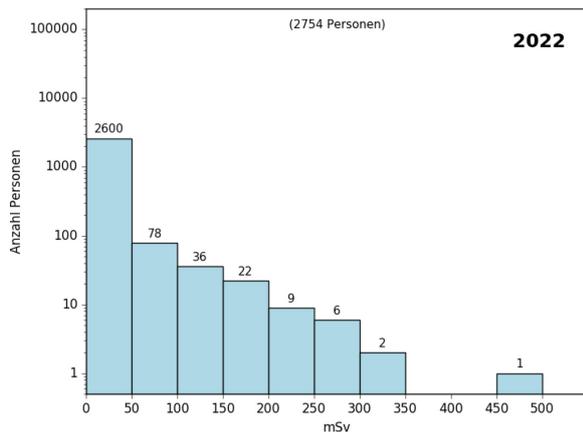


Abbildung 2: Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen.

seit 02.07.2018 auf der Internetseite des BAG verfügbar (L-10-04, 2018). Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit berät und unterstützt das BAG die Betriebe bei Optimierungen der Handdosis.

Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Handdosen. Die höheren Dosen stammen hauptsächlich aus den Abteilungen für Nuklearmedizin.

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. Ein Merkblatt für Massnahmen zur Reduktion dieser Dosen ist

4.3 Augenlinsendosen

Der neue Jahresgrenzwert für die Augenlinsendosis von 20 mSv ist am 1. Januar 2019 in Kraft getreten.

Die Augenlinsendosis wird der mit dem Ganzkörperdosimeter gemessenen Oberflächen-Personendosis $H_p(0,07)$ gleichgesetzt oder kann alternativ mit einem Augenlinsendosimeter bestimmt werden ((EDI-814.501.43, 2017) : 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 Augenlinsendosimetrie hat sich erneut im Bereich der Medizin als Herausforderung erwiesen. 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 ((EDI-814.501.43, 2017) : art. 11, al. 2).

Im Berichtsjahr überschritt eine Person den Grenzwert für die Augenlinsendosis (siehe Kapitel 8).

Eine Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik (SGSMP) und Vertretern des BAG hat im September 2021 ihre Empfehlungen für die Augenlinsendosimetrie und die Bestimmung des Korrekturfaktors veröffentlicht. Die Hauptpunkte des Berichts sind folgende:

- Ein geometrischer Korrekturfaktor von 1 ist zu verwenden, wenn die Dosis mit einem Ganzkörperdosimeter an der Strahlenschutzschürze geschätzt wird.
- Ein Dosisreduktionsfaktor von 2 ist zu verwenden, wenn eine Schutzbrille getragen wird. Für eine genauere Schätzung der Dosis können Messungen des spezifischen Dosisreduktionsfaktors in Betracht gezogen werden.

- Für Dosimeter, die an der Strahlenschutzschürze verwendet werden, ist keine spezifische Kalibrierung erforderlich, da der Kalibrierungsfaktor von der Art der Schürze, vom Material und von der Dämmung sowie von der Art der Strahlung und der Energie abhängt.
- Personal, das ein Augenlinsendosimeter verwenden muss, kann durch Dosismessungen mit einem Ganzkörperdosimeter an der Strahlenschutzschürze über einen Zeitraum von mindestens drei Monaten identifiziert werden.

Das Diagramm in Abbildung 3 fasst die Empfehlungen der Arbeitsgruppe zusammen. Detailliertere Informationen sind im Dokument der SGSMP (Recommendations-no17, 2021) zu finden.

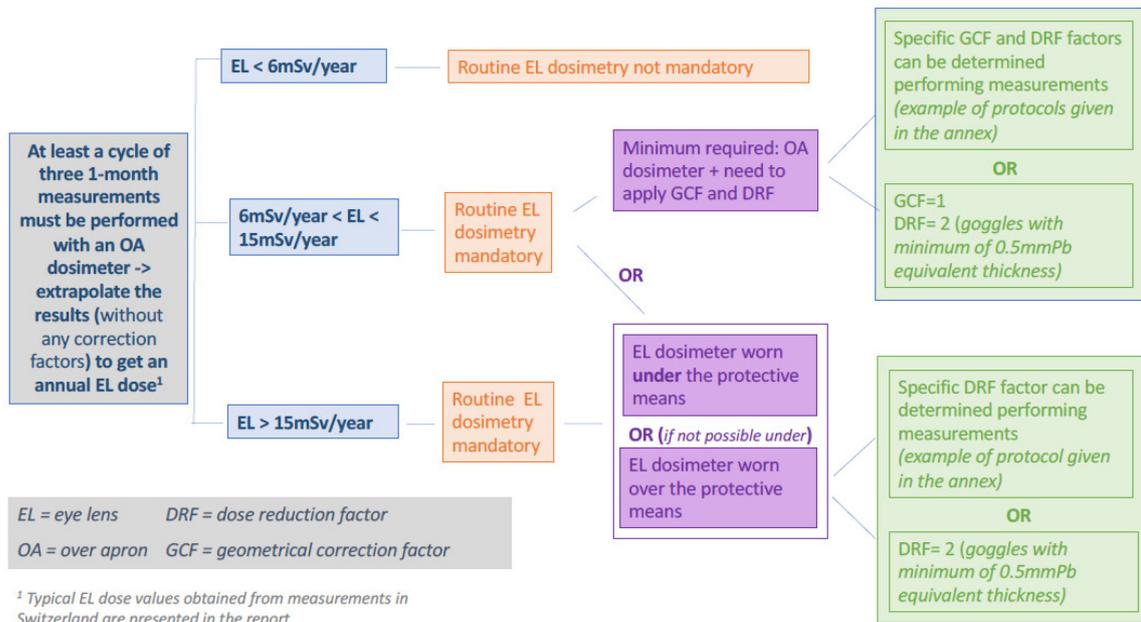


Abbildung 3: Diagramm mit den Empfehlungen der Arbeitsgruppe zur Augenlinsendosimetrie.

5 Interne Strahlenexposition

Tabelle 5: Effektive Folgedosen durch innere Bestrahlung 2022: Anzahl der Personen, Kollektivdosen und inkorporierte Nuklide.

Dosisintervall [mSv]	Medizin	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Uhrenindustrie	Übrige Industrie	Total
= 0	1	25		15	85	126
0.1– 1.0		1		47	7	55
1.1 – 2.0				4		4
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	1	26	0	66	92	185
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.000	0.000	0.000	0.015	0.001	0.015
Nuklide mit $E_{50} > 1$ mSv				^3H		
Anzahl der Personen mit Triagemessungen ¹⁵	2730	730	5550		80	9090

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. 9090 Personen wurden Triagemessungen zur Überprüfung einer möglichen Inkorporation direkt in den betroffenen Betrieben durchgeführt.

¹⁵ Geschätzt

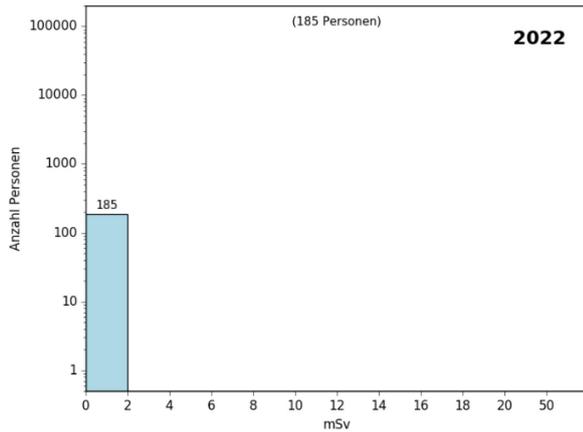


Abbildung 4: Effektive Folgedosen durch interne Bestrahlung.

Im Jahr 2022 wurden bei 185 Personen Inkorporationsmessungen durchgeführt und die effektive Folgedosis E_{50} ermittelt. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse nach Tätigkeitsbereichen aufgeführt. Die höchste effektive Folgedosis betrug 1.8 mSv.

In Abbildung 4 ist die Verteilung der internen Dosen dargestellt. Die Kollektivdosis ist leicht höher als im Vorjahr. Sie ist hauptsächlich durch Tritium-Inkorporationen in der Uhrenindustrie zustande gekommen.

6 Exposition durch kosmische Strahlung

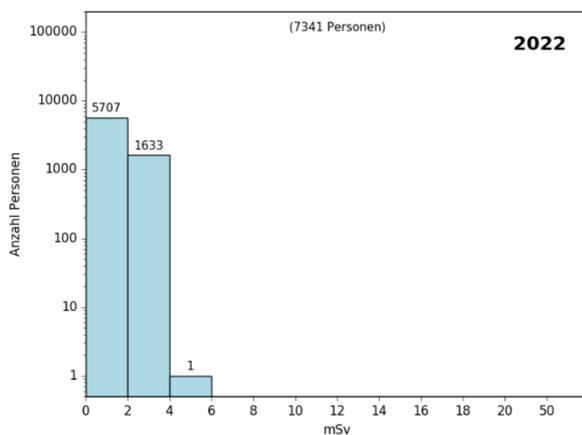


Abbildung 5: Effektive Dosen durch kosmische Strahlung in der Luftfahrt.

Im Berichtsjahr wurden bei 7341 Personen die Flugdosen rechnerisch ermittelt. Abbildung 5 zeigt die Verteilung dieser Dosen. Der höchste Jahreswert für die effektive Dosis, der bei einem Mitglied des Kabinenpersonals gemessen wurde, betrug 4.04 mSv. 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 1.2 mSv die höchste mittlere Jahresdosis aller beruflich strahlenexponierten Personen. Die Kollektivdosis war mit 9.25 Personen-Sv tiefer als im Vorjahr (10.52 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.

Tabelle 6: Effektive Dosen durch alle Bestrahlungsarten 2021: Anzahl der Personen und Kollektivdosen ¹⁶.

Dosisintervall [mSv]	Spitäler	Arztpraxen	Radiologische Arztpraxen	Zahnärztliche Praxen	Universitäten, Forschung	Kernkraftwerke und ZWILAG	Industrie, Handel	Öffentliche Dienste	Verschiedenes	Luftfahrt	Total
= 0	35100	19299	798	14749	10473	3354	2604	597	6324	268	93566
0.1-1.0	1754	200	34	166	986	1274	170	10	186	2829	7609
1.1-2.0	144	3	6	3	12	374	43		8	2610	3203
2.1-3.0	40	1	10		1	188	18			1564	1822
3.1-4.0	24					106	9			69	208
4.1-5.0	8		1			70	3			1	83
5.1-6.0	6					44	1				51
6.1-7.0	2					24					26
7.1-8.0						9					9
8.1-9.0						2					2
9.1-10.0						1					1
10.1-11.0											
11.1-12.0	1						1				2
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	37079	19503	849	14918	11472	5446	2849	607	6518	7341	106582
Kollektivdosis [Personen-Sv]	0.86	0.04	0.05	0.03	0.22	2.75	0.22	0.00	0.04	9.25	13.45

¹⁶ Bemerkung: Falls eine Person in mehreren Bereichen tätig war, wird sie dem Bereich mit dem höchsten Dosisbeitrag zugeteilt, bei gleichen Dosen nachfolgender Priorität: Kernkraftwerke, dann Spitäler, Arztpraxen, usw. gemäss der Reihenfolge in der Tabelle Dies erklärt den Unterschied der Anzahl Personen zwischen Tabelle 3 und Tabelle 6.

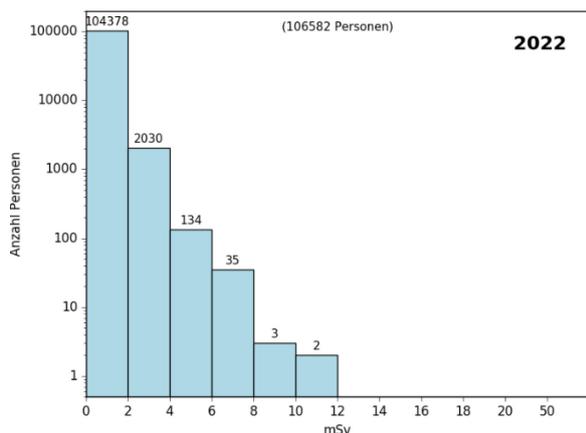


Abbildung 6: Effektive Dosen durch externe und interne Bestrahlung in allen Tätigkeitsbereichen.

Die Verteilung der effektiven Dosen ist in Tabelle 6 und in Abbildung 6 dargestellt. Die Gesamtzahl aller beruflich strahlenexponierten Personen betrug im Berichtsjahr 106582 (Vorjahr: 104 155). Darin nicht enthalten sind Personen, bei denen ausschliesslich Triagemessungen durchgeführt wurden. Die gesamte Kollektivdosis betrug 13.45 Personen-Sv, respektive 4.18 Personen-Sv ohne das Flugpersonal (Vorjahr: 6.11 Personen-Sv). Die Verteilung auf die verschiedenen Bereiche ist in Abbildung 7 ersichtlich (Abbildung 8 umfasst auch die Luftfahrt).

Die Inkorporationen trugen nur ca.0.1% zur Gesamtkollektivdosis bei. Die entsprechenden Dosen stammten überwiegend aus der Industrie, wo die Inkorporationen rund 7 % der

Kollektivdosis ausmachten.

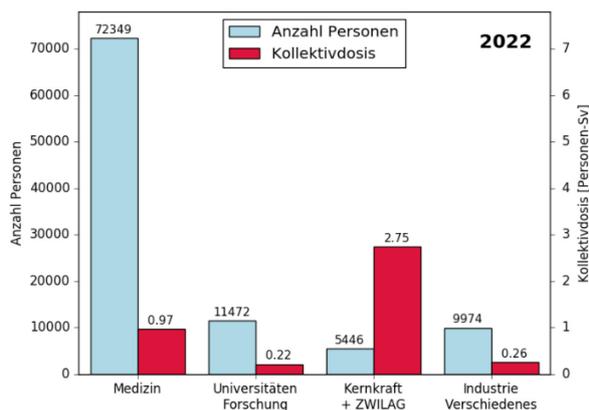


Abbildung 7: Anzahl Personen und Kollektivdosen durch alle Bestrahlungsarten.

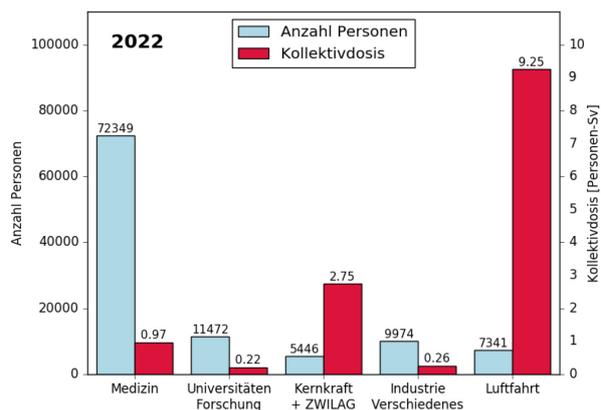


Abbildung 8: Die Abbildung schließt auch die kosmische Strahlung in der Luftfahrt ein.

8 Überschreitungen von Dosisgrenzwerten und spezielle Vorkommnisse

Im Berichtsjahr überschritt eine Person den Grenzwert für die Augenlinsendosis. Trotz einer Ereignisanalyse durch das Spital und das BAG konnte keine klare Ursache für den gemessenen Wert gefunden werden. Die Pflegefachperson arbeitet in der interventionellen Kardiologie, ist aber im Rahmen ihrer Assistenz Tätigkeit nur geringfügig exponiert. Obwohl die genaue Ursache unklar ist, wurde die gemessene Dosis im Zentralen Dosisregister erfasst.

Tabelle 7: Personenkollektivdosen durch externe Bestrahlung seit 1976.

Jahr	Medizin		Universitäten und Forschung		Kernkraftwerke und ZWILAG		Industrie und Verschiedenes		Total	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
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
2020	68905	0.91	10490	0.25	4499	2.25	8541	0.20	92435	3.61
2021	70228	0.98	10865	0.24	6037	4.62	9208	0.25	96338	6.09
2022	72400	0.98	11462	0.22	5448	2.75	9833	0.24	99143	4.18

9 Trend der letzten 47 Jahre

Die Kollektivdosen bei externer Bestrahlung (ohne kosmische Strahlung) der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz sind im Laufe der letzten 47 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 4.18 Personen-Sv (Tabelle 7 und Abbildung 9). Die Gesamtanzahl der beruflich strahlenexponierten Personen ist in derselben Periode um einen Faktor drei gestiegen – von ca. 30 000 auf ca. 100 000.

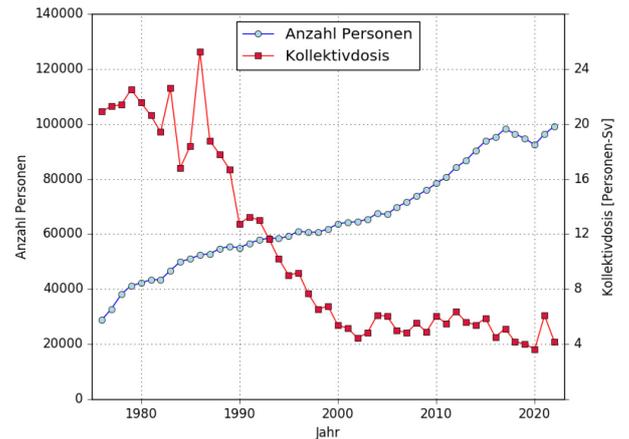
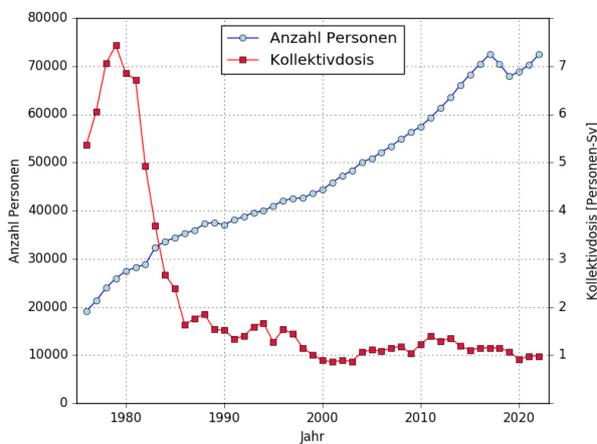
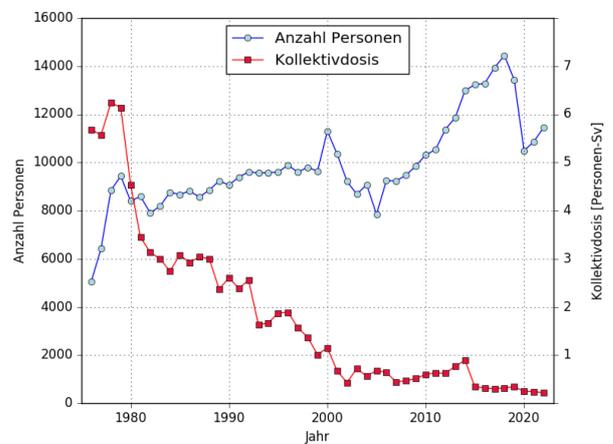


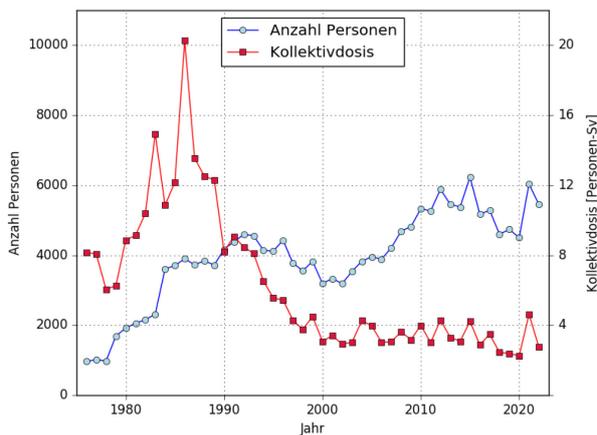
Abbildung 9: Externe Bestrahlung seit 1976 (ohne Flugpersonal).



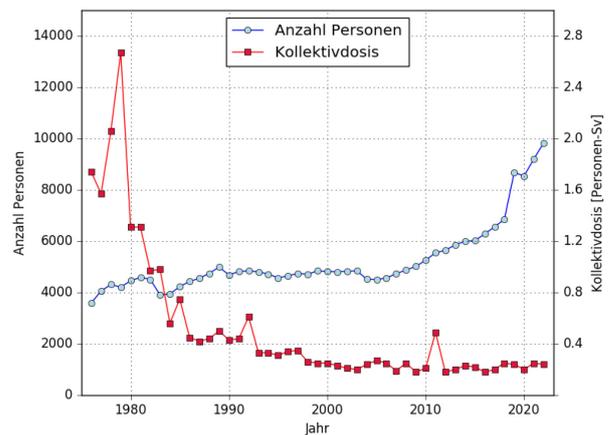
(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 10: (a) Externe Bestrahlung seit 1976 in der Medizin. (b) Externe Bestrahlung seit 1976 in Universitäten und Forschung. (c) Externe Bestrahlung seit 1976 in Kernkraftwerken und ZWILAG. (d) Externe Bestrahlung seit 1976 in Industrie und Verschiedenes (Handel, öffentliche Dienste, ..).

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 (Abbildung 10 von (a) bis (d)). 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 Abbildung 10(c), 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.

Tabelle 8: Personenkollektivdosen durch interne Bestrahlung seit 1995. * inklusive Triagemessungen.

Tab	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
2020	7802	0.019
2021	7795	0.020
2022	7735	0.015

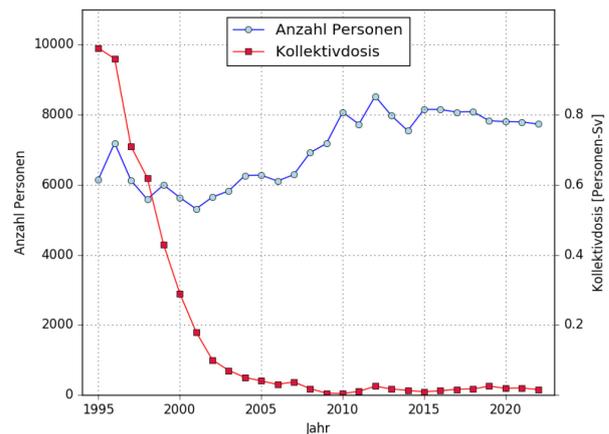


Abbildung 11: Interne Bestrahlung seit 1995.

Seit der Inkraftsetzung der StSV im Jahre 1994 werden durch die Dosimetriestellen die effektiven Folgedosen durch innere Bestrahlung (E50) 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 (Tabelle 8 und Abbildung 11). 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.

Tabelle 9 : 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
2020	2151	267	72	64	2554	101	47
2021	2113	249	260	74	2696	114	47
2022	2150	310	176	118	2754	112	40

Die Anzahl der Personen, bei denen eine Handdosis ermittelt wird, ist in den letzten 47 Jahren in der Medizin kontinuierlich gestiegen (Tabelle 9 und Abbildung 12(a)). Waren es 1977 noch 135 Personen, trugen im Berichtsjahr bereits rund 2'750 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 (Tabelle 9 und Abbildung 12(b)). 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.

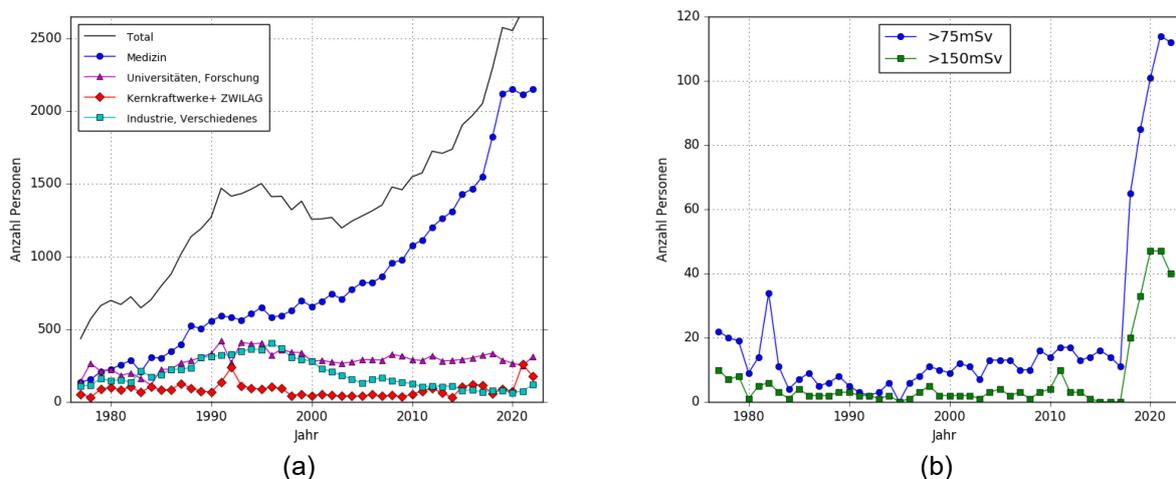


Abbildung 12 : (a) Handdosen: Anzahl Personen seit 1977. (b) Hohe Handdosen in allen Tätigkeitsbereichen seit 1977.

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

Das Flugpersonal akkumuliert eine mittlere Jahresdosis von 1.2 mSv. Wie erwartet, ist diese Berufsgruppe am meisten exponiert, gefolgt vom Personal in den Kernkraftwerken (0.50 mSv). Jedoch war kein Mitglied des Flugpersonals einer Jahresdosis von über 6 mSv ausgesetzt, so dass die gesamte Gruppe in die Kategorie B eingeteilt werden konnte.

Die grösste Herausforderung in der Dosimetrie ist weiterhin eine möglichst realistische Augenlinsendosis zu bestimmen und den Grenzwert von 20 mSv bei gewissen dosisintensiven Tätigkeiten, insbesondere in der interventionellen Radiologie und Kardiologie, einzuhalten. Das BAG unterstützt die betroffenen Spitäler bei den nötigen Optimierungen beim Strahlenschutz und bei der Etablierung einer möglichst genauen Augenlinsendosimetrie.

Tabelle 10: Grenzwertüberschreitungen seit 1995 (ohne Augenlinsendosen).

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	□	E = 37.8 mSv	2 Personen bei Revision
			E = 25.4 mSv	
2010	KKW	□	E = 28 mSv	Taucher bei Revision
			H _{extr} = 7500 mSv	
	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 ⁻ , □	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
2020	Spital	X	H _{extr} = 542 mSv	Interventionelle Radiologie

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

12 Referenzen

EDI-814.501.43. 2017. 814.501.43. *Verordnung des EDI.* [Online] 26. April 2017.
<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/504/de>.

L-10-04, Wegleitung. 2018. Extremitätendosimetrie beim Umgang mit offenen radioaktiven .
Extremitätendosimetrie beim Umgang mit offenen radioaktiven . [Online] 07. Juli 2018.
<https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesetze-und-bewilligungen/gesuche-bewilligungen/bewilligungen-aufsicht-im-strahlenschutz/wegleitungen.html>.

Radioprotection. [Online] www.str-rad.ch.

Recommendations-no17. 2021. recommendations-no17-eye-lens-dosimetry-2021. [Online] September 2021. <https://ssrpm.ch/wp-content/uploads/2021/12/recommendations-no17-eye-lens-dosimetry-2021-12.pdf>.

Reference radiation fields for radiation protection. ISO-29661. 2012. s.l. : ISO, 2012.

StSV-814.501. 2017. StSV ; RS 814.501. *StSV ; RS 814.501.* [Online] 27. April 2017.
<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/502/de>.

Zusätzliches Zahlenmaterial

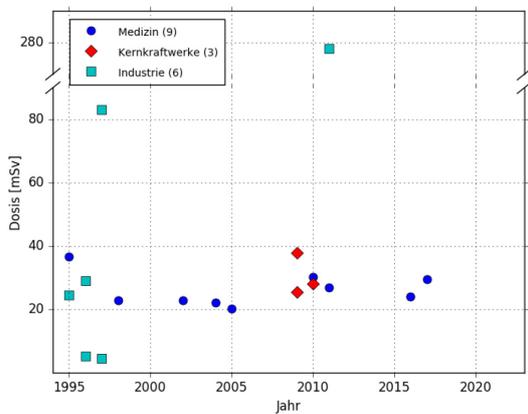


Abbildung 13: Effektive Dosen über dem Jahresgrenzwert seit 1995

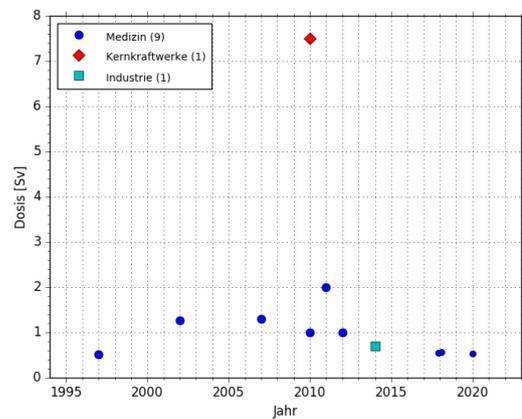


Abbildung 14: Extremitätendosen über dem Jahresgrenzwert seit 1995.