

Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz – Ergebnisse 2020

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser

Die COVID-19-Krise hat uns 2020 vor eine bislang kaum vorstellbare Realität gestellt und uns gelehrt, anders zu arbeiten. So haben wir etwa gewisse Audits aus der Ferne durchgeführt und mussten unsere Prioritäten im Lauf des Jahres neu ordnen: Einerseits galt es, die Krisenorganisation des BAG zu unterstützen, das bei der Pandemiebewältigung von Beginn weg an vorderster Front stand, und andererseits die Spitäler zu entlasten. Deshalb haben wir zwar deutlich weniger Audits durchgeführt, sind aber gleichwohl häufig – aus Distanz – mit den Strahlenschutz-Sachverständigen in Kontakt gewesen. Im Vordergrund standen verschiedenste Fragen und Sonderregelungen rund um die Krisenbewältigung: von Bewilligungsanpassungen zur Umnutzung von Räumlichkeiten und radiologischen Anlagen über die Verschiebung von Qualitätskontrollen bis hin zur Absage von Strahlenschutzkursen und so weiter. Beim Aktionsplan Radium 2015 – 2022 haben wir die diagnostischen Untersuchungen der über 1 000 potenziell betroffenen Gebäude zwar weitergeführt, wegen der Pandemie allerdings mit reduziertem Tempo.

Die COVID-19-Krise scheint indessen die Qualität des Strahlenschutzes in der Schweiz nicht beeinträchtigt zu haben. So ist für 2020 kein grösseres radiologisches Ereignis zu verzeichnen. Und auch von den 155 erfassten Strahlenschutzereignissen kann keines direkt auf die Pandemie zurückgeführt werden. Der Anstieg der Anzahl Ereignisse in den vergangenen Jahren hängt mit dem zunehmenden Bewusstsein für die Meldepflicht und mit der Entwicklung der Strahlenschutzkultur in immer mehr Betrieben zusammen. Auch die Messungen der Umwelt-radioaktivität haben 2020 keine anormalen Werte ergeben. Lediglich ein leicht erhöhter Caesium-137-Wert wurde Ende April gemessen, der vermutlich den Waldbränden in der Nähe von Tschernobyl zuzuschreiben ist.

Aber lassen wir COVID-19 für einen Moment beiseite, um einige herausragende Fakten zum Strahlenschutz 2020 Revue passieren zu lassen. Eine gute Nachricht: Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch ionisierende Strahlung in der medizinischen Bildgebung ist zwischen 2013 und 2018 stabil geblieben. Das zeigt das Ergebnis einer 2020 veröffentlichten Erhebung. Die Computertomografie (CT) ist nach wie vor das Verfahren, das am stärksten zur Exposition der Bevölkerung

beiträgt. Die durchschnittliche Dosis pro CT-Untersuchung hat zwar abgenommen, was von der Wirksamkeit der von den Akteuren gemeinsam ergriffenen Optimierungsmassnahmen zeugt. Allerdings ist die Häufigkeit solcher Untersuchungen gestiegen. Die klinischen Audits werden zeigen, ob diese gestiegene Untersuchungshäufigkeit gerechtfertigt ist.

Im Mai 2020 hat der Bundesrat den Aktionsplan Radon 2021 – 2030 verabschiedet, um die Bevölkerung nachhaltig vor diesem Schadstoff der Innenraumluft zu schützen. Ein internationales Anliegen ist die Sicherheit vor radioaktivem Material, etwa durch die Verhinderung von Diebstählen und die Aufdeckung von illegalem Handel oder illegaler Entsorgung. Um die Massnahmen der Schweiz in diesem Bereich zu stärken, hat der Bundesrat im Oktober 2020 den Aktionsplan Radiss 2020 – 2025 gutgeheissen.

Im Bereich nichtionisierende Strahlung (NIS) und Schall sorgt die Umsetzung der neuen Gesetzgebung dafür, dass die Risiken bei der Benützung von Solarien, kosmetischen Geräten, Laserpointern und bei Veranstaltungen mit Laserstrahlung weiter sinken. 2020 hat das BAG neue Faktenblätter zu Geräten, die NIS erzeugen, veröffentlicht, darunter beispielsweise zu UV-Entkeimungslampen oder Smartwatches.

Und zu guter Letzt: ein aussergewöhnliches Interview in einem aussergewöhnlichen Jahr! Wir haben Roland Charrière, dem stellvertretenden Direktor des BAG, das Wort erteilt. Er blickt auf die prägenden Momente seit seinem Eintritt ins BAG 1997 zurück und benennt die Herausforderungen für die öffentliche Gesundheit und den Strahlenschutz.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre und vor allem gute Gesundheit!

Sébastien Baechler



Impressum

Konzeption, Redaktion und alle
nicht gezeichneten Texte: BAG
Alle nicht gezeichneten Fotos: BAG

Grafiken & Layout:
Heyday Konzeption und Gestaltung
Copyright: BAG, Mai 2021

Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:
«Strahlenschutz BAG; Jahresbericht 2020»

Weitere Informationen und Bezugsquellen:
Bundesamt für Gesundheit BAG,
Direktionsbereich Gesundheitsberufe
und Verbraucherschutz

Abteilung Strahlenschutz
CH-3003 Bern
Tel. +41 (0)58 462 96 14
str@bag.admin.ch
www.bag.admin.ch, www.str-rad.ch

Bestellen Sie unseren kostenlosen
Verbraucherschutz-Newsletter.
[Newsletter Verbraucherschutz](#)

BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern
www.bundespublikationen.admin.ch
BBL-Bestellnummer: 311.326.d

ISBN: 978-3-033-07889-5

Inhalt

Editorial	2
Impressum	4
Inhalt	5
Interview mit Roland Charrière, stellvertretender BAG-Direktor	6
Strahlenschutz in Medizin und Forschung	13
Aktionsplan zur radiologischen Sicherung und Sicherheit «Radiss»	33
Radiologische Ereignisse	36
Aktionsplan Radium 2015 – 2022	45
Der Bundesrat will den Schutz der Bevölkerung vor Radon weiter verbessern	49
Überwachung der Umwelt	54
Intervention in einem radiologischen Notfall	57
Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall	59
Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung	63
Internationale Zusammenarbeit	70
Rechtsgrundlagen	73
Aufgaben und Organisation	74

Interview mit Roland Charrière, stellvertretender BAG-Direktor

Roland Charrière ist seit 2007 stellvertretender Direktor des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Der promovierte Chemiker hat das Amt während über zwei Jahrzehnten in verschiedenen leitenden Funktionen geprägt. Mit seinen ausgezeichneten Fachkenntnissen und seinem strategischen Gespür führte er viele schwierige Dossiers zum Erfolg und engagierte sich in Krisen wie Fukushima und COVID-19.

Als Chef pflegt Roland Charrière einen sehr menschlichen, wertschätzenden und partizipativen Führungsstil. Im Interview blickt er zurück auf Meilensteine und skizziert die anstehenden Herausforderungen im Gesundheitswesen.

Herr Charrière, Sie stehen seit fast 25 Jahren im Dienst des BAG, seit 2004 sind Sie Leiter des Direktionsbereichs Verbraucherschutz, seit 2007 stellvertretender Direktor. Was sind die auffälligsten Veränderungen im Schweizer Gesundheitswesen?

Für mich gibt es zwei sehr markante Ereignisse in der öffentlichen Gesundheit: Das Rauchverbot in öffentlichen Räumen sowie die progressive und erfolgreiche Drogenpolitik. Eindrücklich ist zudem die Verschiebung der *Optik* auf die Gesundheit seit dem Transfer der Aufgabe *Kranken- und Unfallversicherung* ins BAG: Mehr als die Gesundheit an und für sich stehen seither die Kosten und die Kostendämpfung im Zentrum. So verliert sich in der Gesellschaft leider zunehmend das Bewusstsein für das *Kapital Gesundheit*, das man mit einem gesundheitsbewussten Lebensstil schützen kann.

Sparmassnahmen hat übrigens auch die Abteilung Strahlenschutz zu spüren bekommen: 2005 büsste sie bei einer Reorganisation etliche Ressourcen ein. Diese schwierige Ausgangslage hat mich persönlich getroffen, jedoch auch erst recht motiviert. Ich kämpfte dafür, dass die Abteilung ihre Ziele trotzdem voranbringen

konnte, etwa durch die Schaffung neuer Allianzen. So können wir heute eine revidierte, moderne Strahlenschutzgesetzgebung und sogar ein neues Gesetz zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung und Schall sowie mehrere gewichtige Aktionspläne vorweisen.

Im Gesundheitswesen haben oft die Kantone das Sagen – eine Eigenheit des politischen Systems in der Schweiz. Diese Kompetenzzuteilung zwischen Bund und Kantonen war in der Coronakrise auf dem Prüfstand. Wie sehen Sie diese Problematik im Verbraucherschutz?

In meiner Karriere habe ich drei Modelle erlebt: Das erste in der Lebensmittelsicherheit, wo die Kantone für den grössten Teil des Vollzuges im Lead sind. Die Koordination und auch die Bündelung von Ressourcen sind deshalb oft schwierig. Es gibt zudem Differenzen zwischen den Regionen, einige haben sehr wenig Ressourcen. Jedoch ist die Nähe der kantonalen Inspektor/innen zu den sehr unterschiedlichen Firmen, die zu kontrollieren sind, ein grosser Vorteil.

Dann gibt es mit der Chemikaliensicherheit ein Zwischenmodell, wo der Bund einen relativ grossen politischen Einfluss hat. Glücklicher-

weise verfügen wir seit 2005 über ein integrales Gesetz auf Bundesebene. Es regelt den ganzen Bereich, insbesondere den Arbeitnehmer- und Umweltschutz sowie den Gesundheitsschutz der Bevölkerung. Alle Evaluations- und Managementaufgaben übernehmen die beteiligten Bundesämter, dem BAG wurde zum Beispiel die Anmeldestelle für chemische Produkte zugewiesen.

Mein bevorzugtes System findet sich aber im Strahlenschutz: Sowohl in der Gesetzgebung als auch im Vollzug liegen die Kompetenzen grösstenteils beim Bund. Das sind viele hochkomplexe Aufgaben, die die Abteilung Strahlenschutz mit einem Minimum an Ressourcen bewältigt. Es ist das effizienteste und kostengünstigste System, das ich kenne.

Den Bundesbehörden wird oft Paternalismus bei der Kommunikation vorgeworfen. Wie geben Sie hier Gegensteuer?

Es ist ein alltäglicher Kampf, die passende Kommunikation zu finden! Erfolgreich sind wir bei der Gesundheitsförderung und Prävention aus meiner Sicht nicht nur mit Informationskampagnen, sondern auch mit indirekter «Kommunikation» bzw. indirekten Massnahmen, wie zum Beispiel über gesetzliche Regelungen, Zugangsbeschränkungen, den Preis oder die Ausbildungsanforderungen. Wenn in der Politik *Selbstverantwortung* und *individuelle Freiheit* als absolute Regeln propagiert werden, möchte sie im Grunde nur nicht von gewissen Problemen sprechen. Ein Beispiel: Der Zuckerkonsum in der Schweiz und der ganzen Welt ist zu hoch. Unser Wirtschaftssystem basiert aber auf bestmöglicher Rendite, die gesundheitlichen Aspekte sind zweitrangig. Würde man diese berücksichtigen, müsste man den Zuckerpreis erhöhen sowie mehr Früchte und Gemüse produzieren und weniger Zuckerrüben. Das bräuchte einen Paradigmenwechsel: Statt immer *mehr* – immer *besser*. Dieses Beispiel zeigt, wie leicht man Prävention indirekt und ohne Belehrungen umsetzen könnte.

Bei den chemischen Produkten, aber auch im Strahlenschutz ist dieser indirekte Weg problemlos umsetzbar. Wir agieren hier sehr praxisnah und schreiben unsere Verordnungen nicht nur im Büro. Es braucht dafür offene Diskussionen mit den Bewilligungsinhabern,

den Fachgesellschaften und der Industrie. So schützen wir die Bevölkerung oft relativ einfach, siehe etwa die Verschlusskappen für den Kinderschutz bei chemischen Produkten. Man kann den Schutz aber auch regulieren, indem man den Zugang zu Produkten einschränkt. So haben wir z. B. bei den Solarien über Zutrittsbeschränkungen Einfluss genommen.

«Die Akteure im Gesundheitswesen brauchen endlich eine gute digitale Vernetzung», ist oft zu lesen. Hier waren Sie ein Visionär: Bereits 2010 gaben Sie den Auftrag zu einer digitalen Plattform für Melde- und Bewilligungsverfahren. Was war der Anstoss für dieses Programm, das heute als Leuchtturmprojekt im Eidgenössischen Departement des Innern gilt?

Computer haben mich schon immer fasziniert – so hatte ich privat immer die schnelleren Geräte als am Arbeitsplatz. Als Neuling im Labor erlebte ich die ersten obligatorischen Akkreditierungen, so führten wir das Management System für Labore ein (LIMS), das Daten und sogar Geräte miteinander verknüpfen und vernetzen konnte. Dafür brauchte es auch damals ein Überdenken bestehender Prozesse, was ohnehin eine gute Sache ist. Ich hatte im Berufsleben früh die Vision, gewisse Aufgaben in digitalisierter Form abwickeln zu können, wohlwissend, dass dadurch auch ein Teil der Macht über sie verloren ging. Andererseits steigert die Digitalisierung die Qualität, die Effizienz und die Vereinfachung. Aus meiner Erfahrung lohnt sich bei Digitalisierungsprojekten eine frühzeitige Planung und ein gutes Change Management, insbesondere um skeptische Personen dafür zu motivieren, die realisieren, dass sie dadurch einen Teil ihres Jobs verlieren werden. Im Grunde geht es aber bloss um eine Verschiebung von der reinen Datenerfassung hin zum Support und Management – eine intellektuell spannendere Aufgabe.

Die Digitalisierungstendenz wird weiter voranschreiten. Meine Vision bei den Strahlenschutzaudits ist beispielsweise, dass unsere Fachleute mit einem Tablet und komplettem Datenzugriff in die Betriebe gehen und den Auditbericht auch gleich vor Ort erfassen. Den vielbeschwo-renen digitalen Wandel im BAG können wir allerdings nicht ohne entsprechende Experten oder finanzielle Ressourcen umsetzen.

Unter Ihrer Ägide hat das BAG die Krise nach der nuklearen Katastrophe in Fukushima (2011) bewältigt, aber auch die heikle Phase nach der Entdeckung von mit Radium kontaminierten Abfällen bei Bauarbeiten für die A5 (2014). Aktuell unterstützen Sie die COVID-19-Taskforce. Was geben Sie Führungskräften mit auf den Weg für ein gutes Krisenmanagement?

Die grösste Herausforderung in einer Krise ist die Kommunikation. Ein Beispiel: Nach der Katastrophe in Fukushima propagierten wir permanent die Message, es werde hierzulande keine radioaktive Wolke geben – aber als wir erstmals sehr geringe Spuren in der Schweiz gemessen haben, titelten die Zeitungen sofort: «Die radioaktive Wolke ist da!» Im Fall von Fukushima gingen wir nur einmal pro Woche vor die Medien, um die Fragen zu kanalisieren. Heute, also nicht einmal zehn Jahre später, müssen die Behörden permanent über COVID-19 informieren – und immer auf allen Kanälen und in drei Sprachen –, was extrem zeitaufwändig ist. Im Tschernobyl-Jahr 1986 war die Kommunikation noch ohne Internet und deshalb viel weniger dynamisch. Als Behörde muss man heute transparent und proaktiv sein und sich trauen, auch Unsicherheiten und Wissenslücken zu kommunizieren. Ein einziges Gesicht ist für die Krisenkommunikation auch immer ein grosser Vorteil, wie wir es mit Daniel Koch am Anfang der COVID-19-Krise erlebt haben. Auch während der Radiumkrise haben nur wenig Personen vor der Presse Stellung bezogen, da die Expertise beim Bund war.

Für das Management einer Krise sollte man intern stark priorisieren und auf gewisse Aufgaben ganz verzichten. Sonst ist es unmöglich, die Flut an Zusatzaufgaben wie Medien- und Bevölkerungsanfragen oder Bundesratsgeschäfte zu bewältigen.

Sie waren massgeblich an der BAG-Strategie Gesundheit2020 beteiligt, mit einem beeindruckenden Leistungsausweis, etwa die Einführung der Klinischen Audits, die Aktionspläne Radon und Radium oder das neue Gesetz für nichtionisierende Strahlung und Schall. Welche Ziele stehen im Fokus der Nachfolgestrategie Gesundheit 2030?

Bis 2025 stehen enorm wichtige Etappen bei der Digitalisierung an. Wenn wir diesen Fortschritt jetzt nicht wagen, wird man uns pfannenfertige Systeme auferlegen, die kaum zu uns passen werden. Der Erfolg bei der Digitalisierung hängt stark davon ab, ob wir selber bestimmen, wie wir strukturierte Daten erheben und die nötigen Schnittstellen schaffen, wie etwa zu den Geodaten im Bereich Radon. Alle neuen Anwendungen müssen am Ende in unserer Abteilung Digitale Transformation mit einem entsprechenden Budget für die Wartung und Weiterentwicklung angesiedelt sein.

Nebst der Digitalisierung haben wir bereits einige Pflöcke bei wichtigen Dossiers eingeschlagen: Dazu gehören die Modernisierung des Chemikalienrechts, der Aktionsplan Radon zur radiologischen Sicherheit und Sicherung und die sehr herausfordernde Schweizerische Gesundheitsstudie mit dem Aufbau einer Kohorte von 100 000 Personen – übrigens ein sehr gutes Werkzeug für die Prävention und die öffentliche Gesundheit: Genau jetzt könnte man diese Kohorte bereits gebrauchen, um eine serologische Studie zu COVID-19 zu machen. Die Erhöhung der Versorgungsqualität bleibt ein wichtiger Bestandteil der Strategie 2030 und der medizinische Strahlenschutz trägt auch dazu bei. Bei den umweltbedingten Gesundheitsrisiken ist eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen den betroffenen Behörden nötig.

Die Kostendämpfung im Gesundheitswesen ist ein Dauerthema auf der politischen Agenda. Inwiefern kann der Strahlenschutz hier etwas dazu beitragen, inwiefern ist er weniger betroffen?

Je besser wir unsere Arbeit machen, desto weniger Leute treten in unser Gesundheitssystem ein, das bewirkt indirekt eine Kostendämpfung! Ein Teil der Kosten stammt aber unbestritten aus der Radiologie. Mit unseren Klinischen Audits tragen wir neu dazu bei, den Einsatz ionisierender Strahlung in der Medizin ökonomisch verkraftbar zu machen, indem gleichzeitig die Dosis für die Patienten optimiert wird. Die Kosten-Nutzen-Analyse ist allerdings komplex: Bei den Behandlungen hat es in den letzten Jahren sensationelle Fortschritte

gegeben: Sie kosten vielleicht punktuell und im Einzelfall viel, ermöglichen aber Einsparungen auf lange Sicht, da solche Patientinnen bzw. Patienten ohne viele Medikamente und Behandlungen weiterleben. Die Bevölkerung trägt übrigens auch selbst zum Kostenwachstum bei: Weil die Krankenkassenprämien sehr hoch sind, «konsumieren» viele Leute Gesundheitsleistungen mit einer gewissen Anspruchshaltung. Dagegen kann man im Bereich Strahlenschutz wenig tun.

Wie lässt sich das Schweizer Gesundheitssystem im Verbraucherschutz international vergleichen? Inwiefern könnte die Schweiz vermehrt die internationale Zusammenarbeit suchen, etwa über Programme der Weltgesundheitsorganisation (WHO)?

Im Strahlenschutz stehen wir dem Ausland in nichts nach. Wir haben in der Schweiz wie erwähnt eins der effizientesten und günstigsten Systeme. Verglichen mit der riesigen Anzahl Personen, die in Frankreich oder Deutschland in diesem Bereich arbeiten, ist die Wirksamkeit unseres Systems frappant. Der Strahlenschutz ist zudem nicht so stark an die Europäische Union (EU) gebunden wie beispielsweise die chemischen Produkte, wo wir hinsichtlich Daten komplett von der EU abhängig sind. Glücklicherweise besteht im Bereich Biozide noch ein Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung: Wir kooperieren mit der europäischen Agentur, beteiligen uns finanziell und haben direkten Zugriff auf die Datenbank.

Das BAG fungiert als nationaler Ansprechpartner (National Focal Points) der WHO. Die Strategie der WHO ist allerdings hauptsächlich auf Länder ausgerichtet, die in einer viel weniger komfortablen Situation sind als die Schweiz. Wir haben im Gesundheitsschutz bereits ein extrem hohes Niveau erreicht, was Material, Einrichtungen oder Sicherheit angeht. Somit können wir die WHO eher mit unserem Knowhow unterstützen und so indirekt einen internationalen Beitrag leisten. Seit 2014 ist das BAG zum Beispiel Kooperationszentrum der WHO für Strahlenschutz. Die WHO hat in der Vergangenheit, und darüber bin ich glücklich, unseren Radonaktionsplan international propagiert oder auch Experten unserer Abteilung auf Missionen in Schwellenländer entsendet.

Sie leiten einen Direktionsbereich mit 150 Personen und gelten als Führungskraft mit hoher Sozialkompetenz. Was sind Ihre wichtigsten Erfahrungen als Chef?

Als ich mich für diesen Posten beworben habe, hatte ich grossen Respekt davor. Mein Coach meinte damals: «Herr Charrière, Sie werden in diesem Job leiden, weil Sie sich zu stark für das Personal engagieren!» Für mich war dies das beste Kompliment, Menschen bedeuten mir viel – ohne meine Experten oder ohne meinen Stab hätte ich in meiner Position ja keine Chance. Ich trage grosse Sorge zu meinen Mitarbeitenden und bringe ihnen ein sehr grosses Vertrauen entgegen. Die Verantwortung für Expertenaufgaben übergebe ich den Expert/innen. Ich interveniere nur, wenn Probleme auftauchen und fördere eine gute Fehlerkultur. Zudem liegt mir daran, dass es den Mitarbeitenden auch in ihrem privaten Umfeld gut geht, es soll ein Gleichgewicht bestehen. Es macht mich glücklich, dass in meiner Einheit viele Familienfrauen in Führungspositionen arbeiten und in Teilzeit, das funktioniert nur, wenn die Führungskräfte und die Teams am gleichen Strick ziehen.

Sie sind ein Gipfelstürmer, Herr Charrière, eins Ihrer Hobbies ist Bergsteigen. Was ist Ihre Einstellung zu Risiko, auch in beruflicher Hinsicht?

Dieser Hang zum Risiko ist in meiner DNA, ein Leben ohne Risiko gibt es für mich nicht. Ich bin Chemiker – ich experimentiere immer und riskiere dabei etwas. Es gab sogar einmal eine Explosion im Labor, nach der ich im Spital gelandet bin. Aber selbst da habe ich dann weitergemacht! Der Extrem-Bergsteiger Ueli Steck wies den Vorwurf, er sei verrückt, weit von sich, weil er nämlich das Risiko berechne. Dasselbe gilt für mich: Bergsteigen geht beispielsweise nicht, ohne gut trainiert zu sein. Es braucht, wie auch in der Musik übrigens, ein Minimum an Training, um ein Maximum an Resultat zu erreichen. So ist es auch in der Arbeit: Besonders mit zunehmendem Alter kennt man seine physische und psychische Belastbarkeit und weiss besser, wo es sich zu kämpfen lohnt und wo man keine Chance hat. Aber hüten wir uns davor, dem Fatalismus zu erliegen! Manchmal muss man sich auch

bei minimalen Erfolgsaussichten engagieren, wenn die Sache einem am Herzen liegt.

Sie haben eine beachtliche berufliche Karriere hingelegt. Gibt es etwas, das Sie im Nachhinein anders machen würden? Und etwas, auf das Sie ganz besonders stolz sind?

Im Nachhinein gibt es immer Dinge, die man anders machen würde. Natürlich analysiere ich Vergangenes und bin selbstkritisch. Fakt ist: In einem bestimmten Moment hat man unter bestimmten Bedingungen entschieden. Es braucht das Vertrauen, in diesen Momenten sein Bestes gegeben zu haben. Stolz war ich hingegen nie, eher schon verschiedentlich sehr glücklich. Ich darf nach all diesen Jahren auf eine enorme Sammlung an Emotionen zurückblicken – und genau diese sind nach wie vor mein Motor. Ein Beispiel: Vor ein paar Jahren war ich auf dem Weg an eine Sitzung in Zürich. Zur selben Zeit fand die – ungewisse – Schlussabstimmung zum neuen Gesetz für nichtionisierende Strahlung und Schall im Parlament statt. Als auf meinem Handy das positive Ergebnis aufleuchtete, war ich einfach nur sehr, sehr

glücklich. Solche Erinnerungen werde ich aus meinem Job zuhauf mitnehmen. Es ist zudem das Gefühl, für gewisse Dinge wirklich sein Bestes gegeben zu haben – und wenn es funktioniert hat, ist es umso besser.

Inwiefern bleibt Verbraucherschutz auch nach Ihrer Pensionierung ein Thema für Sie?

Wenn man einen Posten verlässt, sollte man das Feld den verbleibenden Leuten überlassen. Ich werde weiterhin eine Meinung haben und die Arbeit des BAG verfolgen, aber ich respektiere sicher die Personen, die nach mir an vorderster Front sind. Als Privatmann werde ich wie bisher alle chemischen Etiketten gründlich studieren oder mich bei meinen Ärzten fragen, ob sie alle Kontrollen an ihren radiologischen Geräten durchgeführt haben (schmunzelt). Zudem ist es wahrscheinlich, dass ich mit zunehmendem Alter auch vermehrt gesundheitliche Dienstleistungen in Anspruch nehmen werde (schmunzelt wieder). Ich freue mich aber vor allem auch, mich künftig intensiv um meine Enkel kümmern zu können.



Roland Charrière hat an der Universität Fribourg ein Chemie-studium absolviert und 1987 doktort. Vor seinem Eintritt ins BAG 1997 arbeitete er bei ILFORD AG in Marly, wo er für die Errichtung eines neuen analytischen Labors in der Abteilung Forschung und Entwicklung verantwortlich war.

Er setzte seine Karriere im Fleischlabor der Migros als Verantwortlicher für die Abteilung Analytik und für das Labor zur Untersuchung von Tierarzneimittelrückständen fort. Während seiner Laufbahn im BAG war Roland Charrière zunächst Leiter der Abteilung Vollzug Lebensmittelrecht und ab 2004 Vizedirektor und Leiter des Direktionsbereichs Verbraucherschutz. Seit 1. März 2007 amtet er zusätzlich als stellvertretender Direktor.

Roland Charrière wohnt im Kanton Freiburg, ist verheiratet und Vater von vier Kindern.

Strahlenschutz in Medizin und Forschung

Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch medizinische Bildgebung bleibt im Vergleich zu 2013 stabil, das zeigt die neuste Erhebung. Im Schnitt finden 10,5 Millionen Untersuchungen jährlich statt, die meisten im Dentalbereich. Bei den Untersuchungen in der Computertomografie ist die Häufigkeit zwar gestiegen, die durchschnittliche Dosis pro Untersuchung hat jedoch abgenommen. Damit zeigen die in den letzten Jahren angestrebten Optimierungsmassnahmen, etwa die Einführung diagnostischer Referenzwerte, Wirkung. Ob die gestiegene Untersuchungshäufigkeit gerechtfertigt ist, wird man im Rahmen der klinischen Audits beurteilen können.

Strahlenschutz in der Medizin

Alle zehn Jahre lanciert das Bundesamt für Gesundheit (BAG) zusammen mit dem Institut de Radiophysique in Lausanne eine umfassende Studie zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch medizinische Bildgebung. Die erhobene Anzahl radiologischer Untersuchungen wird mit der Strahlenbelastung der entsprechenden Untersuchungsart kombiniert. So erhält man die Kollektivdosis der medizinischen Strahlenexposition der ganzen Bevölkerung. Das BAG vergleicht die schweizerische Praxis mit anderen Ländern und ergreift, wo nötig, Massnahmen, etwa durch Aufsichtsschwerpunkte. Im Dezember 2020 wurde der Bericht zur Erhebung 2018 publiziert: www.bag.admin.ch/str-monitoring

2018 gab es rund 10,5 Millionen diagnostische Untersuchungen mit ionisierender Strahlung, im Schnitt wurde jede Person mehr als einmal pro Jahr radiologisch untersucht (1229 Untersuchungen pro 1000 Einwohner/innen, vgl. Abb. 1). Diese führten zu einer durchschnittlichen jährlichen Pro-Kopf-Dosis von 1,49 mSv.

Untersuchungen mit Computertomografen: Häufigkeit steigt, Dosis sinkt

Die Computertomografie (CT) bleibt das Verfahren, das die Bevölkerung am meisten der Strahlung aussetzt – die durchschnittliche Dosis pro Untersuchung sinkt allerdings. Die Anzahl CT-Untersuchungen nimmt zu und lag 2018 bei etwa 1,2 Millionen (15 % mehr als 2013). Dies sind zwar nur rund 11 % aller durchgeführten Untersuchungen, sie verursachen aber beinahe 70 % der gesamten Dosis. Da die Dosisreduktion etwa 17 % beträgt, bleibt der Beitrag dieses Verfahrens zur durchschnittlichen effektiven Dosis mit rund 1 mSv pro Kopf stabil.

Die Strahlenexposition aus den übrigen radiologischen Anwendungen bleibt ebenfalls stabil (Abb. 3). Zahnmedizinische sowie konventionelle Röntgenaufnahmen sind weiterhin die häufigsten Untersuchungsverfahren (mehr als 83 %). Sie tragen jedoch nur rund 10 % zur effektiven Dosis bei (Abb. 4).

Der Beitrag der diagnostischen Nuklearmedizin ist relativ gering (7,2 % der Gesamtexposition). Trotzdem ist bemerkenswert, dass die durchschnittliche jährliche effektive Dosis seit der letzten Erhebung von 0,06 auf 0,11 mSv gestiegen ist – dies bei einer relativ stabilen Unter-

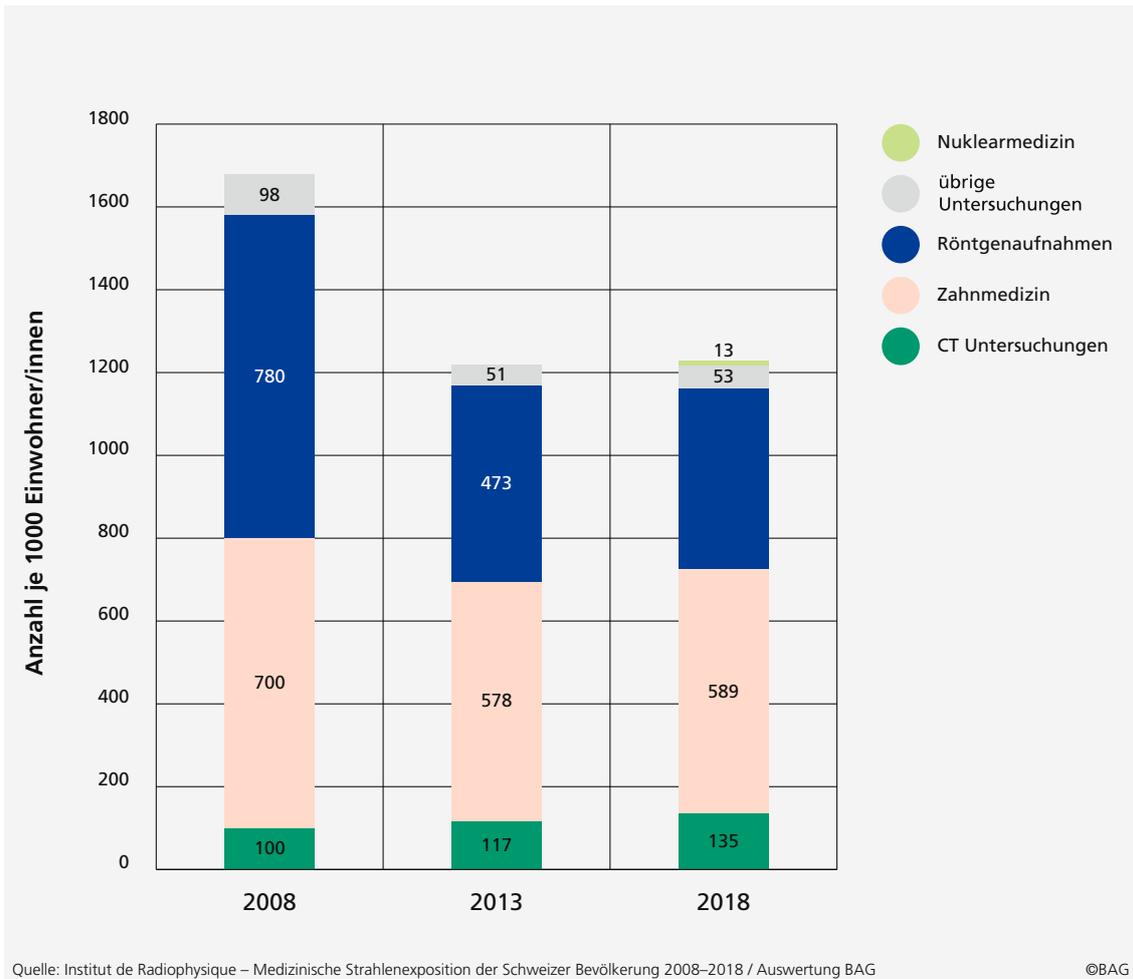


Abb. 1
Anzahl Untersuchungen je 1000 Einwohner/innen seit 2008

suchungshäufigkeit (12,3 resp. 13,3 pro 1000 Einwohner/innen, Abb. 4). Dieser Dosisanstieg ist insbesondere auf eine Zunahme der Häufigkeit von PET-Untersuchungen sowie auf die Einführung von CT-Aufnahmen bei SPECT/CT- oder PET/CT-Verfahren zurückzuführen. Mit der Erhebung 2018 wurden erstmals die Dosisabschätzungen für Röntgenuntersuchungen und Nuklearmedizin zusammen durchgeführt.

Die Reduktion der mittleren effektiven Dosis der CT Untersuchungen zeigt die Wirksamkeit der bisher ergriffenen Optimierungsmassnahmen, wie etwa die Einführung diagnostischer Referenzwerte und der Einbezug von Medizinphysikerinnen und Medizinphysikern im klinischen Alltag. Die Frage, ob der Anstieg bei der Anzahl durchgeführter CT-Untersuchungen gerechtfertigt ist, werden die klinischen Audits beantworten und allenfalls nötige Massnahmen aufzeigen. Vergleichbare Trends sind übrigens auch in den Nachbarländern zu beobachten.



Abb. 2
Die Computertomografie (CT) bleibt das Verfahren, das die Bevölkerung am meisten der Strahlung aussetzt – die durchschnittliche Dosis pro Untersuchung sinkt.

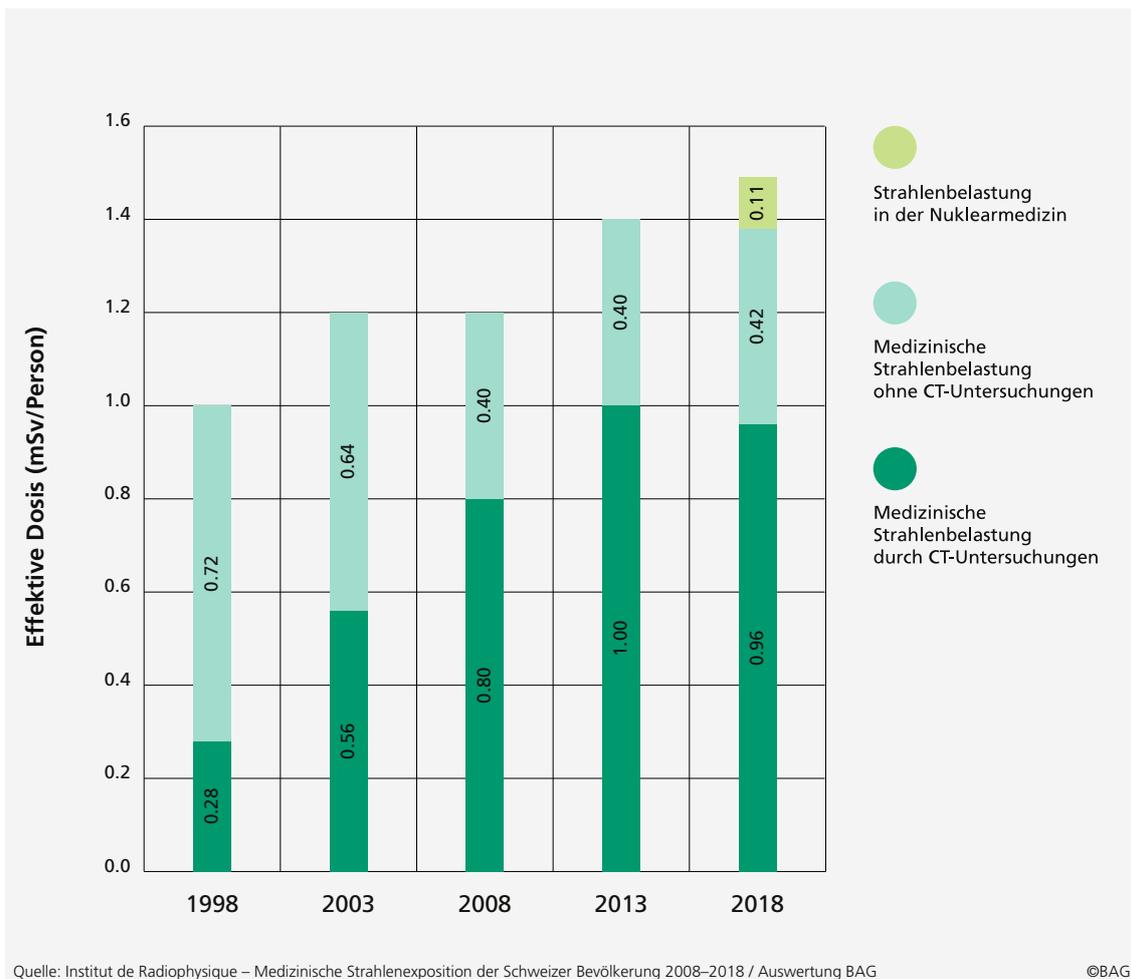


Abb. 3
Strahlenexposition pro Einwohner/in durch medizinische Bildgebung seit 1998

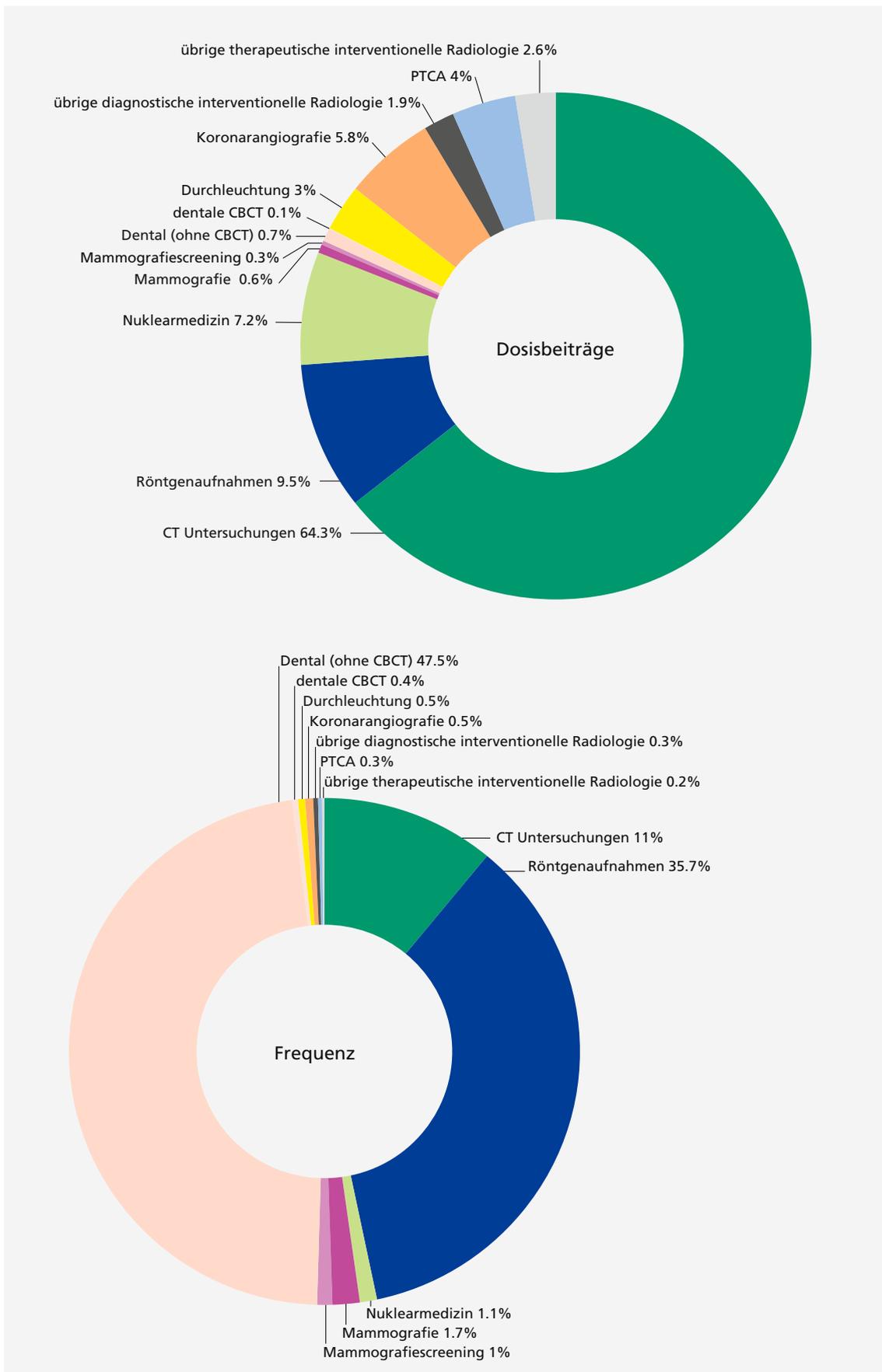


Abb. 4
Häufigkeitsverteilung und Beitrag an den Strahlendosen der
verschiedenen diagnostischen Untersuchungen

Diagnostische Strahlenexposition in der Medizin

Das BAG erhebt regelmässig die Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung, die durch medizinische Bildgebungsverfahren, z. B. durch Röntgenuntersuchungen, verursacht wird. Das Ziel ist es, die Beiträge der verschiedenen Modalitäten (Röntgen, Mammografie, zahnmedizinische Bildgebung, CT, Durchleuchtung und nuklearmedizinische Bildgebung) zur effektiven Dosis pro Kopf zuverlässig zu bestimmen. Dazu wird die Häufigkeit der durchgeführten Untersuchungen erhoben und deren mittlere effektive Dosis abgeschätzt. Die Resultate geben Auskunft über Trends in der Bildgebung und erlauben die Priorisierung der Aufsichtsschwerpunkte. Auch kann die Schweizer Praxis mit anderen Ländern verglichen werden. Der detaillierte Bericht zur Erhebung 2018 und weiterführende Informationen finden sich unter: www.bag.admin.ch/str-monitoring

COVID-19: Aufsichtstätigkeit in medizinischen Betrieben heruntergefahren

Da sich die Spitäler im Frühjahr 2020 für einen Ansturm von COVID-19 Patienten wappneten, stellte das BAG alle laufenden Aufsichtsprogramme vorübergehend ein und führte keine Audits mehr durch. Da die Spitäler auch die Wartungsfirmen der Röntgenanlagen nur für absolut nötige Reparaturen in die Spitäler zulassen, verlängerte das BAG, sofern nötig, die Fristen für die obligatorischen Zustandsprüfungen der Anlagen. Die zuständigen Inspektor/innen des BAG blieben dank der gut eingespielten elektronischen Kommunikationsmittel jedoch die ganze Zeit in Kontakt mit den Strahlenschutz-Sachverständigen der Spitäler. Das BAG musste in dieser Zeit jeweils sehr schnell reagieren, um Bewilligungen für die Umnutzung von Räumlichkeiten und radiologischen Anlagen umgehend anzupassen. Die Fristen für den Nachweis der notwendigen Ausbildungen wurden zudem verlängert, da viele Strahlenschutzkurse abgesagt werden mussten. Im Laufe des Sommers 2020 waren Besuche vor Ort in dringenden Fällen wieder möglich, so zum Beispiel bei Neubauten. Das BAG begann erst wieder im Herbst, vollständige Audits durchzuführen.



Abb.5
Wegen COVID-19 stellte das BAG ab März 2020 alle laufenden Aufsichtsprogramme vorübergehend ein.

Neues Onlineportal für Bewilligungen im Strahlenschutz

Ende 2020 stand die Realisierung des neuen Onlineportals «Radiation Portal Switzerland» (RPS 2.0) kurz vor dem Abschluss. Damit neigte sich eine sehr intensive Projektzeit dem Ende zu. Die neue Anwendung wird im Sinn von eGovernment ein effizientes, automatisiertes Management der rund 22 000 Strahlenschutz-Bewilligungen ermöglichen. Damit wird ein entscheidender Schritt auf dem Weg zur Digitalisierung umgesetzt: Künftig wird der gesamte Datenverkehr mit externen Betrieben papierlos sein und der Versand von Bewilligungen via E-Mail erfolgen.

RPS 2.0 wird in einer ersten Phase ab März 2021 intern bei BAG und Suva genutzt. Damit sollen die üblichen «Kinderkrankheiten» eines neuen Systems bereinigt werden, bevor das Portal auch für alle externen Nutzer/innen zugänglich ist. Diesen wird in einer nächsten Etappe ein komfortables, kundenfreundliches Onlineportal RPS 3.0 zur Verfügung stehen, worüber sie sämtliche Transaktionen mit dem BAG elektronisch abwickeln können. Mit ihrem persönlichen Account werden die Betriebe ab diesem Zeitpunkt «real time» Zugriff auf ihre Bewilligungen erhalten. So werden sie beispielsweise Mutationsanträge auf bestehenden Daten veranlassen können.

Im Sommer 2020 hat das BAG bereits neue Formulare für Gesuche und Meldungen im Strahlenschutz eingeführt. Die optische Gestaltung und die Menüführung der Formulare entsprechen dem Onlineportal RPS und werden mit der Einführung von RPS 3.0 in die Online-Anwendung integriert. Bei den neuen Formularen handelt es sich um interaktive PDF, die heruntergeladen, bei Bedarf lokal abgespeichert und wiederverwendet werden können.

Weitere Informationen zum neuen Onlineportal RPS und zu den Gesuchformularen für Bewilligungen im Strahlenschutz finden Sie auf unserer Webseite:

www.bag.admin.ch/str-formulare

Wegleitung für die Qualitätssicherung bei CBCT-Geräten

In den vergangenen Jahren hat die Anzahl verwendeter Cone Beam-CT (CBCT-Geräte) stark zugenommen. Sie werden in unterschiedlichen Fachgebieten wie etwa der Orthopädie, der Neurochirurgie oder der Traumatologie sowie bei interventionellen Eingriffen eingesetzt, um dreidimensionale Bilder (3D) zu erzeugen. Da für die Qualitätssicherung der 3D-Bildgebung bislang nationale und internationale Richtlinien fehlen, wird sie heute individuell, firmen- und gerätespezifisch durchgeführt. Heute gibt es zudem viele unterschiedliche Systemtypen mit unterschiedlichen Ausprägungen. Das BAG wird deshalb zusammen mit dem IRA (Institut de radiophysique, Lausanne) und in Absprache mit den Herstellern eine einheitliche Qualitätssicherungsrichtlinie für den 3D-Modus erarbeiten, welche die unterschiedlichen Systemtypen abdeckt. Sie soll die Anforderungen aus den verschiedenen medizinischen Fachbereichen berücksichtigen und als Wegleitung für die Qualitätssicherung bei CBCT-Geräten Mitte 2021 publiziert und in Kraft gesetzt werden



Abb. 6
CBCT-Geräte werden in der Orthopädie, der Neurochirurgie oder der Traumatologie sowie bei interventionellen Eingriffen eingesetzt, um 3D-Bilder zu erzeugen.

Klinische Audits im Strahlenschutz: gelungener Start trotz Verzögerungen wegen COVID-19

Seit dem 1. Januar 2020 können klinische Audits im Strahlenschutz für alle medizinischen Betriebe (Spitäler, Kliniken, Institute) der Radioonkologie und der Nuklearmedizin sowie Betriebe mit Anwendungen in der Computertomografie oder interventionellen Diagnose- oder Therapieverfahren im Hochdosisbereich veranlasst werden. Mit den klinischen Audits soll die Versorgungsqualität verbessert und der Schutz des medizinischen Personals gewährleistet werden.

Diese neuen Audits, bei denen es sich um Begutachtungen unter Fachkolleginnen und Fachkollegen (Peer-Reviews) handelt, werden von einem Auditteam durchgeführt. Dieses besteht in der Regel aus einer Ärztin bzw. einem Arzt, einer Medizinphysikerin bzw. einem Medizinphysiker und einer Radiologiefachfrau bzw. einem Radiologiefachmann (MTRA). Die ersten obligatorischen klinischen Audits wurden den betroffenen Stellen im Januar 2020 angekündigt, rund vier Monate vor der geplanten Durchführung im April 2020. Die Vorbereitungsphase war folglich in vollem Gange, als sich das Steuerungskomitee, in dem die hauptsächlich betroffenen Fachgesell-

schaften vertreten sind, wegen der COVID-19-Pandemie gezwungen sah, die Audits zu sistieren. Es beschloss, sofern pandemiebedingt möglich, die Audits Anfang 2021 wiederaufzunehmen. In der Zwischenzeit wurde das Auditkonzept für die Kardiologie finalisiert und vom Steuerungskomitee genehmigt. Während des ersten Auditzyklus (2020–2024) werden kardiologische Zentren, die sowohl Eingriffe in interventioneller Kardiologie als auch interventioneller Elektrophysiologie durchführen, zu den Aspekten des operationellen Strahlenschutzes auditiert.

Auf der Projektwebseite (<http://www.klinischeaudits.ch/>) finden sich umfassende Informationen, darunter eine Liste der FAQ für medizinische Betriebe sowie Qualitätshandbuch-Vorlagen für die Kardiologie, die Nuklearmedizin, die Radiologie und die Radioonkologie. Daneben sind eine Beschreibung der Projektorganisation und weitere allgemeine Informationen verfügbar.

Weiterführende Unterstützung von Spitälern im OP-Bereich

In Operationssälen (OP) sind neben den Operateuren viele unterschiedliche Berufsgruppen ionisierender Strahlung ausgesetzt. Aufgrund der Erkenntnisse aus dem 2018 abgeschlosse-



Abb. 7
Seit dem 1. Januar 2020 können klinische Audits im Strahlenschutz für alle medizinischen Betriebe veranlasst werden.



Abb. 8
Neben der geräteseitig einstellbaren Parameter sind beim Strahlenschutz im OP auch die Positionierung des C-Bogens und der Standort des Einzelnen entscheidend.

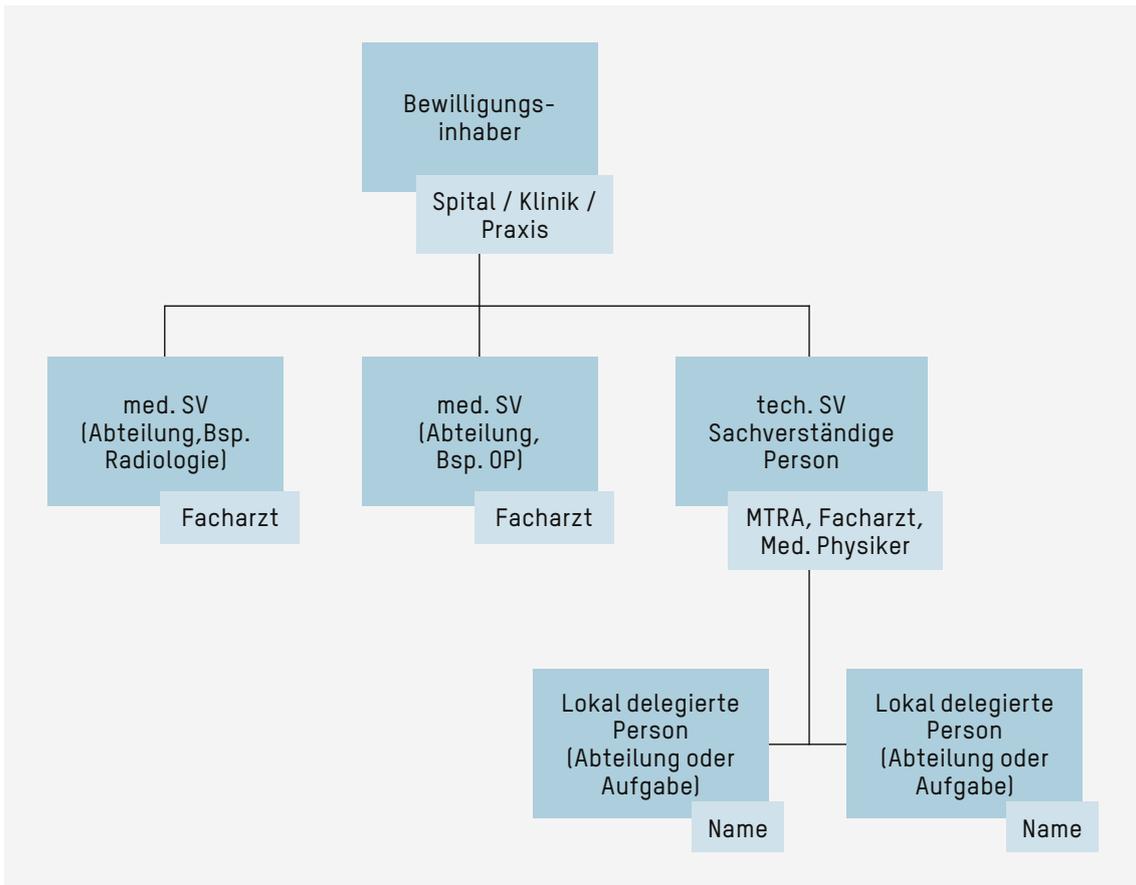


Abb. 9
 Beispiel eines Strahlenschutz-Organigramms: Eine gute Praxis erfordert bei grösseren Betrieben klare Strukturen, Organisationen und Verantwortlichkeiten.

nen Aufsichtsschwerpunkt «OP-Audits in Schweizer Spitälern» hat das BAG auch im Berichtsjahr Personal im OP-Bereich unterstützt, um dessen Umgang mit ionisierender Strahlung zu optimieren. Das BAG hat zu diesem Zweck Gruppen-Workshops vor Ort und individuelle intraoperative Begleitungen durchgeführt sowie Personen beraten, die wiederholte Dosisüberschreitungen ihrer Augenlinsen erlitten haben.

Solche internen Strahlenschutzschulungen sind für eine ganzheitliche Strahlenschutzkultur in den Spitälern ein wichtiges Ziel. Eine gute Praxis erfordert insbesondere bei mittelgrossen bis grossen Betrieben oder Spitalgruppen neue Strukturen, Organisationen und Verantwortlichkeiten wie auch den Einbezug der Fachfirmen für Röntgengeräte und Schutzmittel (vgl. Abb. 9). Einen zu diesem Zweck geplanten

Seminartag für diese Applikationsspezialisten hat das BAG wegen COVID-19 provisorisch auf 2021 verschoben.

2020 publizierte das BAG zudem den Schlussbericht zum Aufsichtsschwerpunkt «OP-Audits in den OP-Bereichen der Schweizer Spitälern»: [schlussbericht-std-op-bereiche-d.pdf](#) und die Wegleitung für betroffene Berufsgruppen «Arbeiten mit ionisierender Strahlung im chirurgischen und interventionellen Bereich»: [Strahlenschutz Wegleitung Arbeiten mit ionisierender Strahlung OP Bereich DE.pdf](#)

Zusammenarbeit mit der Expertengruppe für medizinische Rechtfertigung der KSR

Die Expertengruppe für medizinische Rechtfertigung der Eidg. Kommission für Strahlenschutz KSR, kurz MEG, wurde mit der revidierten Strahlenschutzverordnung ins Leben gerufen. Seither hat die MEG an diversen Dossiers gearbeitet und die Arbeit des BAG unterstützt. Zu Beginn stand eine Empfehlung im Fokus, die den Zuweisern für radiologische Untersuchungen aufzeigt, welche nationalen und internationalen Richtlinien (referral guidelines) in der Schweiz zu verwenden sind. Diese Empfehlung ist ein wichtiger Bestandteil zur Vorbereitung der klinischen Audits.

Des Weiteren hat die MEG konkrete Anfragen des BAG beantwortet. Die publizierten Stellungnahmen betreffen zum einen die medizinische Rechtfertigung radiologischer Untersuchungen mit einer neuartigen Röntgenanlage sowie die medizinische Vergleichbarkeit der Strahlentherapien mit Elektronenbeschleunigern bzw. mit radioaktiven Quellen.

Überwachung strahlenexponierter Personen

2020 waren in der Schweiz total ca. 104 000 Personen beruflich strahlenexponiert. Etwa zwei Drittel davon arbeiten in der Medizin, die Bereiche mit den höchsten Jahresdosen sind die Nuklearmedizin und die interventionelle Radiologie (Kardiologie). Rund 9300 Personen waren durch ihre Tätigkeit an Bord von Flugzeugen beruflich strahlenexponiert.

Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit untersucht das BAG in den Bereichen Medizin und Forschung alle Ganzkörper- und Augenlinsendosen über 2 mSv im Monat sowie alle Extremitäten-dosen über 50 mSv. Die meisten erhöhten Werte gab es bei der Augenlinsendosis, wo mehrere Personen, die mit Durchleuchtung arbeiten, den Jahresgrenzwert von 20 mSv überschritten. Dabei hat sich eine zuverlässige Bestimmung der Augenlinsendosis als grosse Herausforderung für die Spitäler herausgestellt. Das BAG hat deshalb die Schweizerische Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik (SGSMP) gebeten, Empfehlungen zur Augenlinsendosimetrie zu erarbeiten. Der Schlussbericht der dafür gebildeten Arbeitsgruppe wird voraussichtlich in der ersten Hälfte 2021 veröffentlicht. Das BAG wird im Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» ausführlicher über diese Dosen berichten. Dieser wird auf www.bag.admin.ch/dosimetrie-jb publiziert.

Abb. 10
Bei der Doppel-dosimetrie tragen beruflich strahlenexponierte Personen jeweils ein Ganzkörperdosimeter unter und eines über der Schürze.



Ab 25. März 2020 galt zudem die Allgemeinverfügung betreffend die Verlängerung der Messperioden in der Strahlendosisermittlung (Dosimetrie). Aufgrund der hohen Belastung der medizinischen Betriebe durch COVID-19 wurde mit dieser Verfügung der administrative Aufwand der Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen vereinfacht, indem eine verlängerte Messperiode von bis zu drei Monaten erlaubt war. Die verlängerten Messperioden galten bis zum 30. Juni 2020. Einige Kategorien von beruflich strahlenexponierten Personen mit einem höheren Risiko einer Strahlenexposition waren von dieser Verlängerung ausgenommen. Im Aufsichtsbereich des BAG waren dies Schwangere, Personen mit zwei Dosimetern, Personen mit einem Extremitätendosimeter und andere von den Strahlenschutz-Sachverständigen bezeichnete Personen, die einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt sein können.

Aufsichtsbereich Radiopharmazeutika

Zu Jahresbeginn hat das BAG einer befristeten Vertriebsbewilligung (BVB) für das neue Radiotherapeutikum (^{177}Lu -ITG-PSMA-1) am Universitätsspital Basel zugestimmt. Der Zustimmung ging seit 2018 eine umfangreiche und mehrphasige Begutachtung der Fachkommission für Radiopharmazeutika (FKRP) voraus. Gegen Ende 2020 konnte die Bewilligung auf einen zweiten Herstellungsort in der Radiopharmazie am Waadtländer Universitätsspital (CHUV) in Lausanne erweitert werden. Das Präparat wird in beiden Zentren die Behandlungsmöglichkeiten für Patienten mit fortgeschrittenem Prostatakarzinom erweitern.

Der neue Wirkstoff war der letzte, für den eine BVB ausgestellt werden konnte, da die Rechtsgrundlage mit der Revision des Heilmittelgesetzes (HMG) geändert hat. Als Ersatz dient neu der Anhang 1 der Arzneimittelverordnung (VAM), der bestimmte radiopharmazeutische Wirkstoffe für eine beschränkte Anwendung an einzelnen Patienten zugänglich macht. Ein Tätigkeitsschwerpunkt war deshalb eine Revision der Wirkstoffliste in diesem Anhang, um die zwei Wirkstoffe ^{18}F -PSMA-1007 und ^{177}Lu -ITG-PSMA-1 darin aufzunehmen. Die revidierte VAM ist im Januar 2021 in Kraft getreten, damit ist die Patientenversorgung mit diesen Präparaten sichergestellt.

Im Rahmen der Revision wurde auf Antrag der Schweizer Gesellschaft für Nuklearmedizin und auf Empfehlung der FKRP auch die Anwendungseinschränkung für den Wirkstoff ^{68}Ga -DOTATATE auf die Anwendung bei Meningeoma erweitert.

Die Umstellung von BVB auf Anhang 1 VAM ab 2021 erforderte in der zweiten Jahreshälfte 2020 Abklärungen und beratende Unterstützung für Hersteller und Anwender, insbesondere im Bereich der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Lohnherstellung durch radiopharmazeutische Betriebe im Auftrag von Spitalapotheken.

Aufsichtsschwerpunkt Strahlenschutzausbildung in Arztpraxen

Die medizinischen Anwendungen ionisierender Strahlung haben sowohl in der Therapie als auch in der Diagnostik enorm zugenommen. Die involvierten medizinischen Fachpersonen haben deshalb einen zunehmenden Bedarf an Aus-, Weiter- und Fortbildung im Strahlenschutz. Das BAG als Aufsichtsbehörde über die Strahlenschutzausbildung in Medizin, Industrie und Forschung setzt sich dafür ein, dass die Bedürfnisse der Fachpersonen vermehrt in die Ausbildungen einfließen und deren Qualität laufend verbessert wird.

2019/2020 hat das BAG eine landesweite Umfrage zum Thema «Ausbildungsstand in der Radiologie» durchgeführt, um herauszufinden, wie gut die Anforderungen an die Strahlenschutzausbildungen in Arztpraxen umgesetzt sind. Die letzte BAG-Erhebung (2015) dazu hatte ergeben, dass besonders bei der Ausbildung für Aufnahmen im mittleren Dosisbereich Nachholbedarf bestand. Die aktuelle Erhebung sollte zeigen, inwieweit sich die Lage bei den betroffenen Betrieben weiterentwickelt hat.

Rund 3500 Arztpraxen im Segment der niedergelassenen Ärzt/innen waren aufgefordert, an der neuen Online-Umfrage teilzunehmen, knapp 82 % haben geantwortet. Etwa drei Viertel von diesen führen demnach Aufnahmen im mittleren Dosisbereich durch.

Ausbildungsanforderungen in Hausarztpraxen

Ärztinnen und Ärzte bzw. medizinische Praxisassistentinnen und Praxisassistenten (MPA) erwerben die notwendige Strahlenschutzausbildung für Röntgenuntersuchungen im *Niedrigdosisbereich* mit dem eidgenössischen Arztdiplom bzw. dem eidgenössischen Fähigkeitszeugnis. Damit dürfen sie Röntgenaufnahmen des Thorax und der Extremitäten durchführen.

Aufnahmen im *mittleren Dosisbereich* (konventionell-radiologische Untersuchungen des Abdomens, Achsenskelettes und Beckens, vgl. Abb. 12) dürfen zum Schutz der Patientinnen und Patienten nur durchgeführt und beurteilt werden, wenn die notwendige (Zusatz-)Ausbildung im Strahlenschutz absolviert worden ist. Demnach müssen alle Ärztinnen und Ärzte, die solche Aufnahmen durchführen und beurteilen, im Besitz eines entsprechenden Weiterbildungstitels und gegebenenfalls eines zusätzlichen Fähigkeitsausweises «Röntgenaufnahmen im niedrigen und mittleren Dosisbereich (KHM)» sein. Zusätzlich muss mindestens eine MPA mit der Zusatzausbildung «Erweiterte konventionelle Aufnahmetechniken, besser bekannt unter dem Namen «Dosisintensives Röntgen», in der Praxis tätig sein, um die Aufnahmen durchzuführen. Diese zusätzlichen Ausbildungen müssen auch alle Ärzte, Ärztinnen und MPA nachweisen können, die solche Röntgenuntersuchungen in einer Gruppenpraxis durchführen.

Abb. 11
Auch in Arztpraxen besteht ein Bedarf an Aus-, Weiter- und Zusatzausbildung sowie Fortbildung im Strahlenschutz.

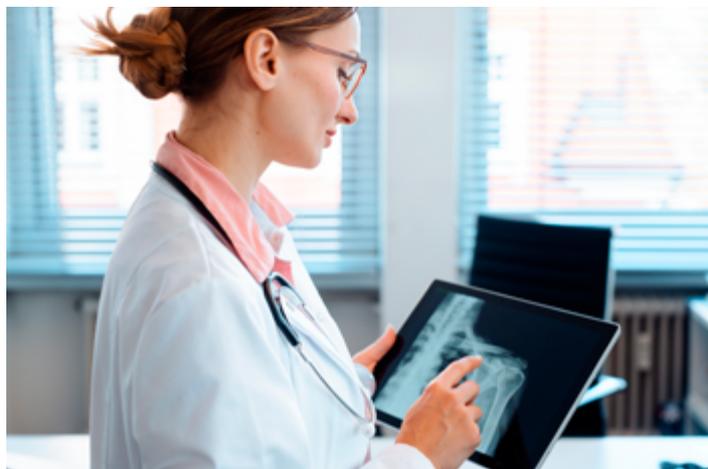




Abb. 12
Röntgenaufnahmen im mittleren Dosisbereich erfordern zusätzliche Strahlenschutz-ausbildungen sowie Weiter- und Zusatzausbildungen.

Ergebnisse und Massnahmen

Die provisorischen Ergebnisse zeigen insgesamt, dass sich die Lage seit der letzten Umfrage 2015 verbessert hat. Bei den Ärztinnen und Ärzten verfügen eine grosse Mehrheit über die erforderlichen Ausbildungen oder Zusatzausbildungen für den mittleren Dosisbereich, bei den MPA ist dieser Anteil jedoch geringer. Auch wenn immer noch Verbesserungspotential besteht, ist der Aufwärtstrend bei der Durchführung von Strahlenschutz-ausbildungen bei den MPA erfreulich.

Im Rahmen seiner administrativen Aufsichtstätigkeit stellt das BAG für Betriebe, die ihre Ausbildungsanforderungen aktualisieren möchten, gezielte Informationen bereit. Dafür stellt es zusätzlich die neue Wegleitung «Instruktion, Ausbildung und Fortbildung im Strahlenschutz in der Humanmedizin» und eine Vorlage «Aus- und Fortbildungskonzept für

die Radiologie in Arztpraxen» zur Verfügung. Darin sind die erforderlichen Aus- und Fortbildungen ausführlich beschrieben. Die Ausbildungsinstitutionen sind zudem bestrebt, das Angebot entsprechend der Nachfrage zu erweitern, sodass die fehlenden Ausbildungen nachgeholt werden können.

Ein weiterer Schritt, um die Kompetenzen in den Praxen zu erhöhen, ist die mit der revidierten Strahlenschutzverordnung eingeführte Pflicht für regelmässige Fortbildungen im Strahlenschutz. Kombiniert mit der Grundausbildung soll sie es ermöglichen, die Strahlendosen für Patientinnen, Patienten und das Personal weiter zu optimieren.

Weitere Informationen: www.bag.admin.ch/roentgen-arztpraxen.



Abb. 13
Beispiele von im Rahmen
der Kampagne AMAL des CERN
freigegebenem Material:
Insgesamt werden fast
hundert Tonnen unterschied-
lichsten Materials (ca. 340 m³)
nach Erhalt der Zustimmung
des BAG entsorgt.

Strahlenschutz am CERN

Die Europäische Organisation für Kernforschung (CERN) hat den Status einer internationalen Organisation. Nichtsdestotrotz setzt sich das CERN dafür ein, dass seine internen Vorschriften im Bereich Sicherheit und Schutz vor ionisierender Strahlung gleichwertige Garantien bieten, wie sie sich aus den nationalen Vorschriften der beiden Gastländer Frankreich und Schweiz ergeben würden. 2011 wurde in diesem Sinne eine tripartite Vereinbarung unterzeichnet. Diese sieht regelmässige Treffen auf verschiedenen Stufen zwischen dem CERN und den Strahlenschutzbehörden der Gastländer vor (Autorité de sûreté nucléaire, ASN, in Frankreich und BAG).

Kampagne zur Freigabe von Stilllegungsabfällen

Die Strahlenschutzverordnung (StSV) gibt Grenzwerte an, unterhalb derer Abfälle, die schwache Radioaktivitätsspuren enthalten, über die üblichen Kanäle entsorgt werden dürfen. Das CERN macht seit einigen Jahren von dieser Möglichkeit Gebrauch, um grössere Mengen von alten Stilllegungsabfällen aus dem Rückbau des Large Electron Positron Collider (LEP) zu entsorgen, der Ende 2000 ausser Betrieb genommen worden war. Der LEP war der Vorgänger des Large Hadron Collider (LHC) im 27 km langen Tunnel unter der Erdoberfläche an der schweizerisch-französischen Grenze. Die Freigaben wurden 2020 im Rahmen der Kampagne AMAL fortgesetzt. Mit dieser Kampagne, der letzten für LEP-Material, werden knapp hundert Tonnen an unterschiedlichem Material entsorgt (ca. 340 m³). Das BAG hat das vom CERN eingereichte Verfahren der radiologischen Charakterisierung des freizugebenden Materials geprüft und genehmigt und anschliessend seine Zustimmung zur Freigabe für jede Materialcharge einzeln und basierend auf vom CERN durchgeführten Messungen erteilt. Das BAG hat ausserdem eigene Messungen mit verschiedenen Proben dieser Materialien durchgeführt. Deren Ergebnisse bestätigten, dass die Abfälle die Voraussetzungen nach StSV erfüllten und daher wie konventionelle Abfälle entsorgt werden konnten.

Genehmigung eines vereinfachten radiologischen Messverfahrens für Gegenstände aus den reglementierten Zonen

2020 hat das BAG das vom CERN eingesetzte Verfahren für die radiologische Messung von Materialien und Abfällen gutgeheissen, die aus den reglementierten Zonen des CERN (typischerweise Teilchenbeschleuniger und Experimentierzonen) entfernt werden. Dieses Verfahren definiert allgemeine Regeln, die für eine grosse Zahl von Materialien und Abfällen gelten. Es besteht hauptsächlich darin, mittels Dosisleistungsmessungen sicherzustellen, dass die Aktivität der Gegenstände unter den gesetzlichen Grenzwerten liegt. Die Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Verfahrens sowie die Schwelle für die Dosisleistung, unterhalb derer das CERN die Materialien und Abfälle nicht mehr als radioaktiv betrachtet, wurden mithilfe von detaillierten Studien auf der Grundlage von umfassenden digitalen Simulationen sehr konservativ festgelegt. Ausserdem wurde ein Qualitätssicherungsprogramm für diese Messungen eingeführt. Das CERN muss dem BAG jährlich Bericht erstatten, um die Kontrolle des Materials sicherzustellen, das die reglementierten Zonen des CERN verlässt.

Gemeinsame Besuche im CERN

Im Schnitt absolvieren die Vertreterinnen und Vertreter der ASN und des BAG pro Jahr zwei gemeinsame Besuche im CERN. Im Nachgang zu diesen Besuchen werden Empfehlungen und Beobachtungen zu möglichen Verbesserungen ans CERN gerichtet. Ein erster gemeinsamer Besuch war der Nachkontrolle zu den vorgängigen Besuchen gewidmet und fand im Frühjahr 2020 per Videokonferenz statt. Das CERN gab Auskunft zu den Massnahmen, mit denen es frühere Forderungen der Behörden umgesetzt hat. Der virtuelle Besuch bestätigte, dass das CERN seinen Verpflichtungen aus den gemeinsamen Besuchen insgesamt nachgekommen ist. Von BAG und ASN verlangte Massnahmen, die noch nicht umgesetzt worden waren, wurden identifiziert und eine Umsetzungsfrist festgelegt. Im Herbst fand ein zweiter gemeinsamer Besuch statt, welcher der Sicherung von geschlossenen radioaktiven Quellen gewidmet war. Das Ergreifen von Massnahmen

in diesem Bereich ist einer der Schwerpunkte des Aktionsplans Radiss, den der Bundesrat 2020 verabschiedet hat (Seite 33).

Forschung am Paul Scherrer Institut

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen AG gehört zu den grössten Forschungszentren der Schweiz. Es betreibt grosse Beschleunigeranlagen, wie z. B. den Protonenbeschleuniger mit den dazugehörigen Strahllinien und Experimenten (u. a. die Neutronenquelle SINQ), den medizinischen Protonenbeschleuniger COMET, die Swiss Light Source (SLS) und auch SwissFEL. Die Beschleunigeranlagen und Forschungslabors fallen in den Aufsichts- und Bewilligungsbereich des BAG, während die Kernanlagen des PSI zum Zuständigkeitsbereich des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) gehören. Das BAG überprüft im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit, dass die Grenzwerte für ionisierende Strahlung am PSI eingehalten werden, um damit die Sicherheit der Bevölkerung, des PSI-Personals und der Umwelt zu gewährleisten. Zudem begleitet das BAG die grossen Projekte des PSI um sicherzustellen, dass das PSI die sich im Bau befindlichen Anlagen in Zukunft sicher betreiben kann.

Die Spallationsquelle SINQ wurde im Berichtsjahr nach einem rund anderthalb Jahre dauernden Shutdown wieder in Betrieb genommen. Grund dafür war ein grosses Update der Neutronenleiter und der Experimentierareale. Durch die Erneuerung der Neutronenleiter und der Abschirmungen im Neutronenleiterbunker konnte das PSI die Neutronenausbeute in den Experimentierarealen erhöhen und gleichzeitig den Neutronenhintergrund reduzieren. Wie schon 2019 hat das BAG im Rahmen der Wiederinbetriebnahme der SINQ verschiedene Inspektionen durchgeführt. Dabei ging es in erster Linie um die funktionalen Tests der neuen Personensicherheitssysteme in den Experimentierarealen sowie um Dosisleistungsmessungen ausserhalb der Experimentierareale. Damit konnte das PSI nachweisen, dass auch die verschiedenen Umbauten die Sicherheit der Anlage nicht beeinträchtigen.

Zwischen Dezember 2019 und Juli 2020 stand auch der Protonen-Ringbeschleuniger still, um die jährlichen Revisionsarbeiten in sonst nicht zugänglichen Bereichen durchführen zu können. Da für die Mitarbeitenden des PSI und externer Firmen während dieser Zeit jeweils die dosisintensivsten Arbeiten anfallen, hat das PSI vorgängig einen detaillierten Strahlenschutzplan verfasst. Damit konnten die verschiedenen Aufgaben optimiert werden. Das BAG hat diesen Strahlenschutzplan gutgeheissen und die Anlage zu Beginn der Revision inspiziert. Die ausserordentliche Lage im Frühjahr aufgrund von COVID-19 hat zu einer rund zweimonatigen Verzögerung bei den Revisionsarbeiten geführt. Zudem kam es bei der Wiederinbetriebnahme Anfang Juli zu weiteren Verzögerungen aufgrund technischer Probleme beim ersten Beschleunigungselement (Cockcroft-Walton-Beschleuniger). So wurde der Routinebetrieb erst Ende Juli wiederaufgenommen.

Das PSI hat im Berichtsjahr ein neues Projekt lanciert, welches den Bau einer neuen Anlage für die Konditionierung von radioaktiven Abfällen vorsieht. Eine solche Anlage ist bereits am PSI Ost vorhanden. Allerdings sind die damit verbundenen Prozesse nicht optimal für die Abfälle der Beschleuniger, die sich auf dem Areal PSI West befinden. Das PSI plant deshalb auf dem PSI West Areal eine neue Anlage, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Der Bewilligungsprozess für diese Anlage sowie die Schnittstellen mit dem ENSI bei der Aufsicht (das ENSI prüft die Einhaltung der Spezifikationen bei der Konditionierung von radioaktiven Abfällen) wird das BAG im kommenden Jahr intensiv beschäftigen.

Radioaktive Abfälle

Der Bund ist damit beauftragt, radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung fachgerecht zu entsorgen. Es gibt in Abhängigkeit von der Aktivität verschiedene Entsorgungswege (siehe Abb. 14). Davon ausgenommen sind radioaktive Abfälle der Betreiber von Kernkraftwerken. Das BAG organisiert jedes Jahr Kampagnen zur Sammlung dieser Abfälle, die anschliessend behandelt und im Bundeszwischenlager (BZL) in Würenlingen im Kanton Aargau gelagert werden. Für die Zukunft ist eine Endlagerung der gesamten

radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern vorgesehen. Die Auswahl der Standorte für die Lager ist eine langwierige und komplexe Aufgabe. Die Inbetriebnahme des Lagers für Abfälle mit schwacher und mittlerer Aktivität, zu denen der Grossteil der Abfälle des Bundes gehört, ist für 2050 vorgesehen.

Sammelaktion für radioaktive Abfälle

Im Rahmen der Sammelaktion 2020 haben 14 Unternehmen radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von $4,03 \times 10^{10}$ Becquerel (hauptsächlich Tritium H-3) und einem Bruttovolumen von insgesamt $4,05 \text{ m}^3$ abgegeben. Ausserdem konnten bestimmte Abfälle mit Tritium und Kohlenstoff-14 mit der Zustimmung des BAG gemäss den Bestimmungen von Artikel 116 der StSV verbrannt werden. Eine weitere mögliche und sinnvolle Lösung ist die Dekontamination und Lagerung schwach radioaktiver Abfälle zum Abklingen in den Unternehmen bis zur Freigabe.

Die Wiederverwendung oder Rezyklierung geschlossener Strahlenquellen hoher Aktivität könnte sich als sinnvolle Alternative zur Entsorgung als radioaktiver Abfall erweisen. Dies betrifft insbesondere Strahlenquellen mit Americium-241, Krypton-85, Caesium-137 oder auch Cobalt-60.

Wie die Rezyklierung ist auch die Entsorgung von Strahlenquellen mit hohen Aktivitäten sehr kostspielig. Es entstehen unversehens Kosten von einigen zehntausend Franken. Seit vielen Jahren hält das BAG Nutzer solcher Strahlenquellen dazu an, finanzielle Reserven im Hinblick auf die Entsorgung anzulegen. Noch allzu oft sind betroffene Unternehmen jedoch von der Höhe der Entsorgungskosten überrascht und müssen beträchtliche finanzielle Auswirkungen bewältigen. Seit 2018 ist die Bildung ausreichender Rückstellungen für die Entsorgung von Strahlenquellen vor dem Kauf obligatorisch.

Änderung der Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz

Der Bund sammelt radioaktive Abfälle ein, die in der Medizin, Industrie und Forschung anfallen. Gemäss Verursacherprinzip erhebt er bei den Abfalllieferanten Gebühren, um die Entsorgung kostendeckend zu finanzieren. Weil die neuen Kostenschätzungen für die zukünftige Entsorgung der Abfälle seit der letzten Gebührenanpassung 2018 eine Verdoppelung der Kosten aufgezeigt haben, passte der Bundesrat die Gebühren in der Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz an.

Weiter hat er über die Gebühren in anderen Bereichen entschieden. So dürfen für die Beurteilung von Bewilligungsgesuchen im Strahlenschutz durch die Suva in Zukunft auch bei industriellen und gewerblichen Betrieben kostendeckende Gebühren erhoben werden.

Zudem wird eine neue Gebühr für Bewilligungen für den Einsatz von Personal in Drittbetrieben eingeführt. Diese wird angewendet, wenn beispielsweise externe Arbeitnehmende in einem Betrieb mit Strahlenschutz-Bewilligung eingesetzt werden.

Der Bundesrat hat die Änderungen der Gebührenverordnung gutgeheissen. Sie tritt am 1. Februar 2021 in Kraft. Die neuen Gebühren gelten somit bereits für die Sammelaktion radioaktiver Abfälle 2021.

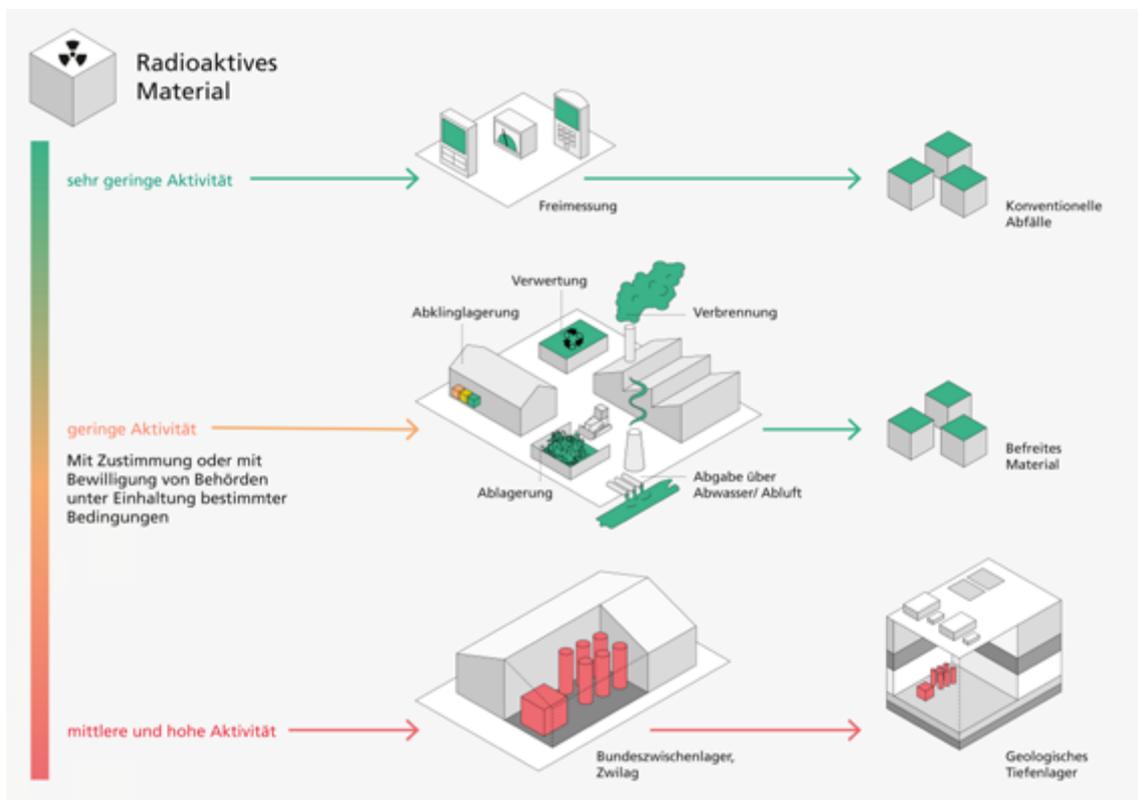


Abb. 14
Entsorgungswege für radioaktives Material, in Abhängigkeit von der Aktivität

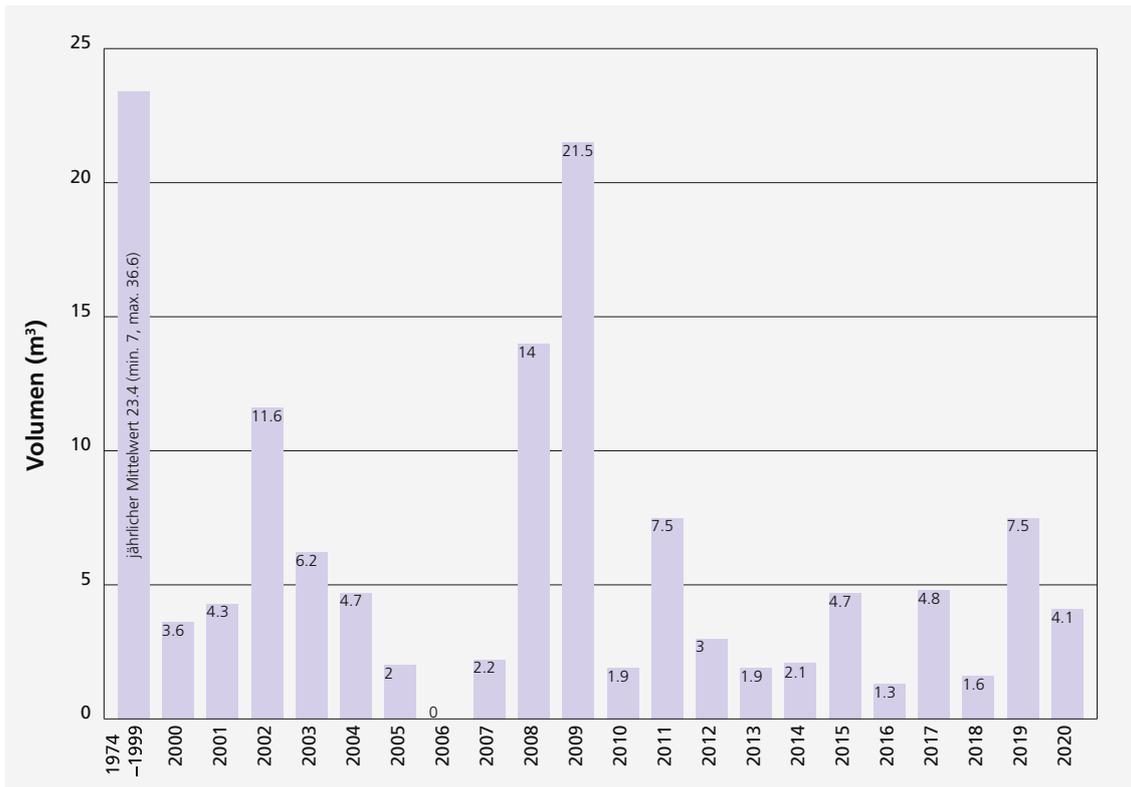


Abbildung 15

Entwicklung des Abfallvolumens, das während der vergangenen 45 Jahre vom Bund gesammelt und dem Bundeszwischenlager (BZL) zugeführt wurde.

Umsetzung der Messpflicht auf herrenloses radioaktives Material (Art.104, StSV)

Die revidierte StSV verlangt, dass Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA), in denen Siedlungsabfälle verbrannt werden, ab 1.1.2021 überprüfen, ob in angelieferten Abfällen herrenloses radioaktives Material enthalten ist. Dazu müssen die betroffenen Betriebe Messportale einrichten, die jede Lieferung auf vorhandene Radioaktivität überprüfen. Zudem müssen die Betriebe das Vorgehen bei Funden von radioaktiven Quellen regeln, um diese zu sichern und zu bergen. Dabei gilt es, die geltenden Strahlenschutzbestimmungen einzuhalten.

Das BAG als zuständige Aufsichtsbehörde hat die betroffenen 30 KVA Anfang 2020 über die erforderlichen Massnahmen informiert. Die neu publizierte Wegleitung «Überprüfung von

Abfällen und Recyclingmaterialien auf mögliche Radioaktivität» erläutert die Vorgaben detailliert. Darüber hinaus hat das BAG in Zusammenarbeit mit dem ASi-VBSA Informationsveranstaltungen durchgeführt und Betriebe bei der Beschaffung des Messequipments individuell beraten.

Sobald eine KVA ein Messportal installiert und die Abläufe im Falle eines Alarms festgelegt hat, überprüft das BAG die Umsetzung. Dazu werden etwa Messungen durchgeführt, die eine ausreichende Messempfindlichkeit bestätigen sollen. Wenn alle Anforderungen erfüllt werden, kann das BAG dem Betrieb die erforderliche Bewilligung für die Durchführung der Eingangsmessung und die Sicherung von herrenlosem radioaktiven Material erteilen. Die Umsetzung ist sehr weit fortgeschritten, so dass im Verlaufe des Jahres 2021 alle KVA die Pflicht zur Überwachung der Radioaktivität erfüllen werden.

Neue Wegleitung zur Ablagerung leicht radioaktiver Abfälle (Art. 114, StSV)

Im Dezember 2020 hat das BAG eine neue Wegleitung veröffentlicht, in der die Voraussetzungen und Verfahren für die Ablagerung von radioaktiven Abfällen mit geringer Aktivität in einer Deponie beschrieben werden. Die Einhaltung der in dieser Wegleitung festgelegten Kriterien gewährleistet, dass eine Gefährdung von Mensch und Umwelt ausgeschlossen werden kann. Ein entsprechendes Verfahren wird schon jetzt an wenigen Deponiestandorten im Zusammenhang mit der Entsorgung von mit Radium-226 kontaminierten Abfällen aus der Uhrenindustrie (radiologische Altlasten) angewendet.

Das BAG hat die Wegleitung in enger Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden Suva und ENSI, dem BAFU (Bundesamt für Umwelt) und den kantonalen Behörden über die Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz (KVU) sowie den Deponiebetreibern über den Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) erarbeitet. Die Wegleitung richtet sich in erster Linie an die Behörden, die für den Vollzug der Strahlenschutz- und Umweltschutzgesetze zuständig sind, sowie an die Betreiber von Deponien.

Die Wegleitung (in drei Sprachen) sowie weitere Informationen sind auf der Website des BAG verfügbar: www.bag.admin.ch/radabf.



Abb.16
Messung der Radioaktivität bei der Anlieferung von Abfällen in einer KVA

Verwaltungsstrafrecht

Das BAG bewilligt und beaufsichtigt die Pflichten im Umgang mit ionisierender Strahlung in der Medizin, der Industrie (ohne Kernanlagen), der Forschung und der Ausbildung. Verstösse sind im Strahlenschutzgesetz (StSG) geregelt. Bei Übertretungen (Art. 44, StSG) untersucht das BAG den Sachverhalt. Die Partei, die den Verstoss mutmasslich verursacht hat, erhält Gelegenheit für eine Stellungnahme. Häufige Übertretungen betreffen Röntgenanlagen, bei denen die Zustandsprüfung verspätet oder nicht durchgeführt wurde. Seit 2015 hat das BAG über 700 solche Verstösse mit einem Strafbescheid und einer Busse geahndet. Ein weiterer Verstoss betrifft Röntgenanlagen, die ohne Bewilligung installiert und betrieben werden. 2020 verstiessten 2 Röntgenfirmen sowie 14 Betriebe gegen diese Pflicht. Vergehen (Art. 43 und 43a, StSG) leitet das BAG an die Bundesanwaltschaft weiter. Dabei handelt es sich um seltene, aber schwere Fälle wie etwa ungerechtfertigte Bestrahlungen oder vorschriftswidriger Umgang mit radioaktiven Quellen wie z. B. deren illegale Entsorgung.

Neu sind seit Inkrafttreten der Verordnung zum Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (V-NISSG) am 1. Juni 2019 die Ein- und Durchfuhr, das Anbieten, die Abgabe sowie der Besitz von Laserpointern (ausgenommen Klasse 1) verboten (Art.23). Das BAG vermisst deshalb die von der Eidg. Zollverwaltung sichergestellten Laserpointer und leitet Vergehen an die jeweilige Staatsanwaltschaft weiter.

Im Einführungsjahr wurden 121 Laserpointer in 66 Fällen (monatlich ca. 17 Geräte resp. 9 Fälle) beschlagnahmt und zur Anzeige gebracht. 2020 hat das BAG 170 Laserpointer in 134 Fällen (monatlich ca. 14 Geräte resp. 11 Fälle) vermessen und weitergeleitet. Demnach wurden 2020 vermehrt einzelne Geräte importiert. Insgesamt ist aber keine eindeutige Tendenz bezüglich Anzahl sichergestellter Laserpointer und insbesondere kein Rückgang der Importe erkennbar.

Aktionsplan zur radiologischen Sicherung und Sicherheit «Radiss»

Der Bund will die Gefahren weiter vermindern, die von unkontrollierten radioaktiven Materialien ausgehen. Am 21. Oktober 2020 hat der Bundesrat den Aktionsplan «Verstärkung der radiologischen Sicherung und Sicherheit Schweiz 2020 – 2025 (Radiss)» gutgeheissen.

Radioaktive Materialien werden zum Beispiel in der Strahlentherapie zur Behandlung von Krebs, bei Sterilisationsprozessen oder bei der Materialprüfung eingesetzt. Sind sie nicht oder nicht mehr unter regulatorischer Kontrolle, stellen sie eine Gefahr für Mensch und Umwelt dar und können grossen Schaden verursachen. Aus diesem Grund dürfen radioaktive Materialien nicht durch Missbrauch oder Fahrlässigkeit ausser Kontrolle geraten.

Es kann zum Beispiel nicht ausgeschlossen werden, dass hoch radioaktive Quellen für terroristische Zwecke missbraucht werden. Ein Schutz vor solchen Bedrohungen ist aus Sicht der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) zwingend. Die Forderungen der IAEO wurden bei der Revision der Strahlenschutzverordnung (StSV) grösstenteils berücksichtigt. In diesen Kontext gehört auch der neue Aktionsplan Radiss. Dafür sollen die Präventions-, Detektions- und Interventionsmassnahmen verstärkt werden (vgl. Abb. 18).

Bei der Sicherung hoch radioaktiver Quellen geht es darum, Diebstahl und Sabotage zu verhindern (Prävention):

- Betriebe, die mit hoch radioaktiven Materialien arbeiten, müssen einen unbefugten Zugriff mit organisatorischen und technischen Massnahmen ausschliessen.
- Der Einsatz von hoch radioaktiven Materialien soll nur noch dort bewilligt werden, wo keine alternativen Methoden (Methoden ohne radioaktive Quellen) zur Verfügung stehen.

Geraten radioaktive Materialien – etwa durch unsachgemässe Entsorgung – ausser Kontrolle, müssen diese sichergestellt werden, bevor Mensch und Umwelt dadurch in Mitleidenschaft gezogen werden (Detektion):

- Der Aktionsplan sieht Massnahmen vor, um radiologische Altlasten (z. B. radiumhaltige Gegenstände) oder illegal entsorgtes radioaktives Material aufzufinden. Dafür sollen Kehrichtverbrennungsanlagen oder Verwertungsfirmen sämtliches Material auf Radioaktivität überprüfen.
- Bei der Ein- und Ausfuhr von Waren sollen vermehrt Kontrollen durch die Behörden durchgeführt werden, damit eine illegale Ein-, Aus- oder Durchfuhr von radioaktivem Material verhindert werden kann.

Der Aktionsplan Radiss hat ausserdem zum Ziel, die Zusammenarbeit zwischen den Bundesstellen zu verstärken, die sich mit der Bewältigung radiologischer Ereignisse befassen (Intervention).

Den «Aktionsplan Radiss zur Verstärkung der radiologischen Sicherung und Sicherheit in der Schweiz 2020–2025» finden Sie unter www.bag.admin.ch/radiss-de.

Der Aktionsplan wird in Zusammenarbeit mit mehreren Bundesstellen aus den Bereichen Strahlenschutz, nationale Sicherheit, Strafverfolgung und Nachrichtendienst umgesetzt (Labor Spiez, Eidg. Zollverwaltung EZV, Suva, Nachrichtendienst des Bundes NDB, Nationale Alarmzentrale NAZ, fedpol, Bundesanwaltschaft BA, Bundesamt für Energie BFE, Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI und Paul Scherrer Institut PSI). Er ermöglicht zudem die Vorbereitung auf die 2023 geplante internationale IPPAS*-Mission der IAEA.

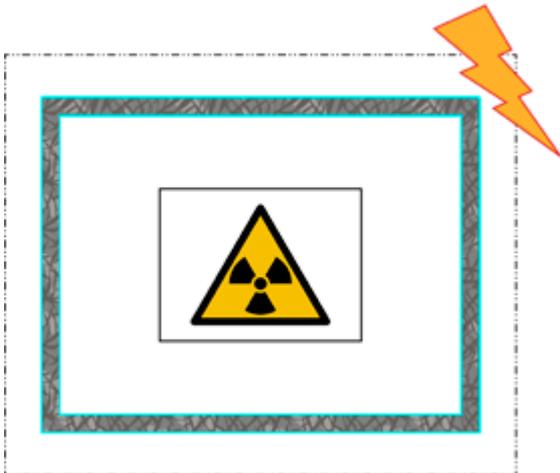


Abb. 17

Hoch radioaktive geschlossene Quellen müssen vor Diebstahl und Sabotage gesichert werden. Dazu müssen geeignete Barrieren und Einbruchmeldeanlagen installiert werden.

* Der «International Physical Protection Advisory Service (IPPAS)» ist ein 1995 gegründeter Beratungsservice der IAEA. IPPAS ist ein Instrument des weltweiten Erfahrungsaustausches zur Stärkung der nationalen Sicherungssysteme. Im Rahmen einer IPPAS-Mission wird die nukleare Sicherung des jeweiligen Staates mit internationalen Empfehlungen und bewährten Verfahren verglichen. Im Ergebnis gibt das Expertenteam Ratschläge zum nationalen nuklearen Sicherungssystem.

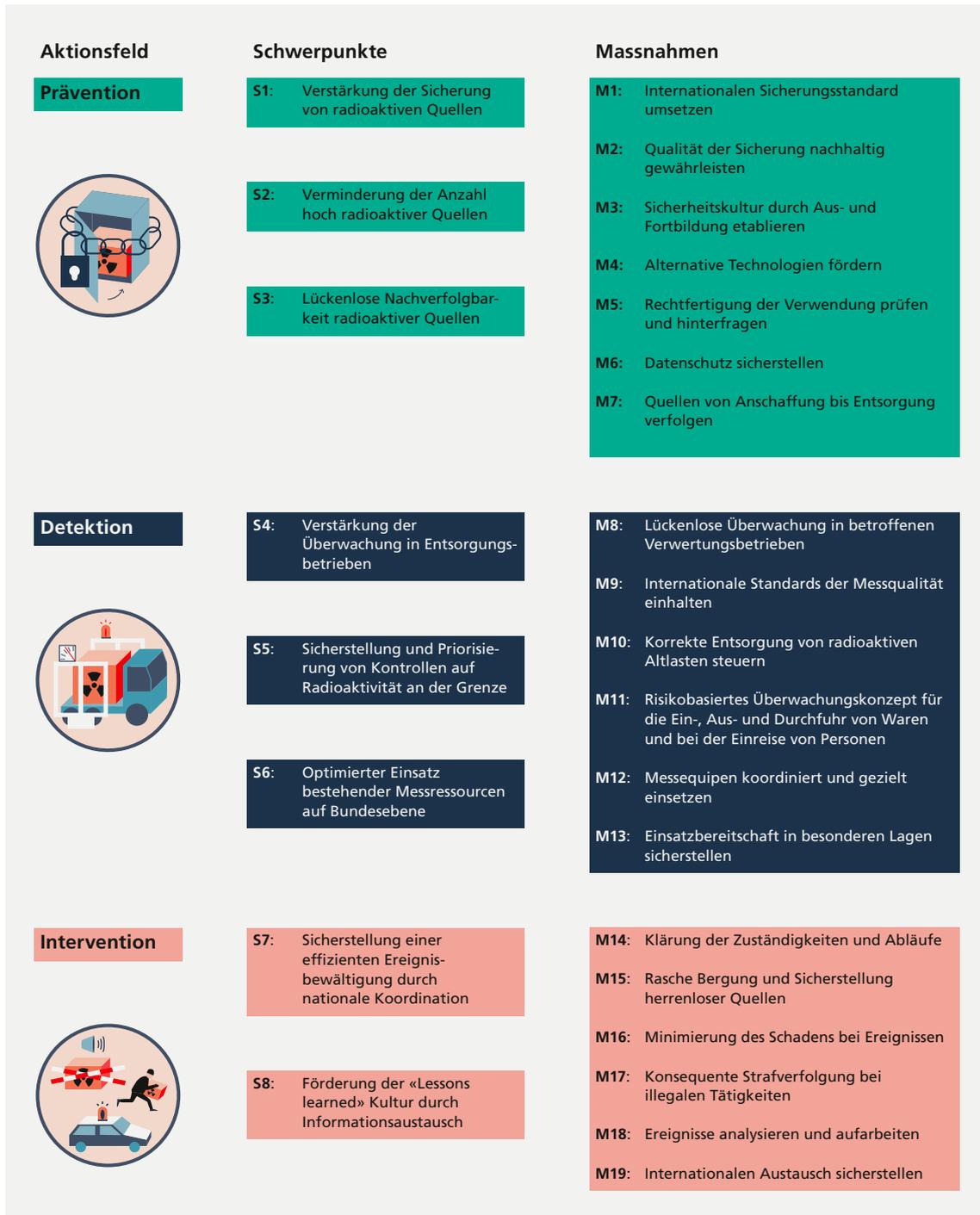


Abb. 18
 Aktionsplan Radiss 2020 – 2025: Übersicht über Aktionsfelder, Schwerpunkte und Massnahmen. Der Bund will die Gefahren vermindern, die von unkontrollierten radioaktiven Materialien ausgehen.

Radiologische Ereignisse

Das Bundesamt für Gesundheit BAG hat den Auftrag, die Bevölkerung vor ionisierender Strahlung zu schützen, insbesondere auch Patientinnen, Patienten und beruflich strahlenexponiertes Personal sowie die Umwelt. Kommt es trotz den Vorsichts- und Schutzmassnahmen zu meldepflichtigen Ereignissen oder tauchen radiologische Altlasten auf, ist es Aufgabe des BAG, diese zu untersuchen und zu bewerten sowie darüber zu informieren. Auch medizinische Strahlenereignisse nach Patienten- oder Organverwechslungen sind meldepflichtig. Damit will das BAG eine Lesson-learnt-Kultur etablieren und die Patientensicherheit verbessern.

Nach der Meldung eines radiologischen Ereignisses oder dessen Entdeckung bei der Aufsichtstätigkeit erfolgt immer eine sorgfältige Analyse im BAG. Bei radiologischen Ereignissen wird unterschieden zwischen: i) medizinischen Ereignissen, die ausschliesslich Patienten betreffen und ii) nicht-medizinischen Ereignissen, die Arbeitnehmende, die Bevölkerung oder die Umwelt betreffen und alle Störfälle gemäss Art. 122 der Strahlenschutzverordnung (StSV) beinhalten.

2020 gab es 155 Ereignisse, wovon 87 medizinische Ereignisse betrafen (2019: 56, wovon 33 medizinische Ereignisse). Die zuständigen Expertinnen und Experten evaluieren mögliche Folgen, prüfen die vorgeschlagenen Korrekturmassnahmen und entscheiden über die Durchführung einer Inspektion vor Ort. Zudem ist das BAG gemäss Strahlenschutzverordnung verpflichtet, angemessen zu informieren, teilweise in Zusammenarbeit mit den betroffenen Betrieben oder Behörden. Jedes gemeldete Ereignis erscheint in statistischer Form im vorliegenden Kapitel. In die Statistik werden sämtliche gemeldeten Ereignisse des Berichtsjahres aufgenommen, die bis spätestens Ende Februar des Folgejahres gemeldet worden sind. Ereignisse von besonderem Interesse werden zusätzlich in Kurzberichten dargestellt.

Radiologische Ereignisse 2020

(medizinische Strahlenereignisse, vgl. S. 40)

Klassifizierung

Dem BAG gemeldete radiologische Ereignisse (ohne medizinische Strahlenereignisse) werden in folgende vier Kategorien unterteilt:

Umwelt, Betrieb und Bevölkerung, Kategorie A

Bei diesen Ereignissen geht es vor allem um die ungewollte Abgabe von Radioaktivität an die Umwelt, Abweichungen von Prozessen in Betrieben oder um Ereignisse, während denen Personen aus der Bevölkerung mit radioaktiven Substanzen in Kontakt kamen.

Radiologische Altlasten, herrenlose Quellen, Quellenverluste, Kategorie B

In diese Kategorie gehören alle Ereignisse, die ausser Kontrolle geratene radioaktive Quellen betreffen (Verlust, Diebstahl, Fund, illegale Entsorgung usw.). Bei der Mehrheit handelt es sich um radioaktive Altlasten (Uhrenmaterial mit Radium-226 oder sonstige). Sie werden von Betrieben in der Abfallwirtschaft mit Strahlungsmesseinrichtungen gemeldet. Ereignisse, bei denen ein nicht vernachlässigbares Strahlenrisiko vorlag, werden in die Kategorie A (im Falle einer Person der Bevölkerung) oder C (beruflich strahlenexponiertes Personal) eingestuft.

Beruflich strahlenexponiertes Personal, Kategorie C

Hierbei handelt es sich um Ereignisse, bei denen eine als beruflich strahlenexponiert eingestufte Person versehentlich eine Dosis erhält (mit oder ohne Überschreitung des gesetzlichen Dosisgrenzwertes). Ereignisse, die aufgrund der individuellen Dosisüberwachung (Personendosimetrie) festgestellt wurden, werden separat betrachtet (vgl. Kapitel «Überwachung strahlenexponierter Personen», S. 21 in diesem Bericht und Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» www.bag.admin.ch/dosimetrie-jb).

Transport, Kategorie D

Dazu gehören alle gemeldeten Ereignisse, die sich während des Transports von radioaktiven Quellen ereignen. In den meisten Fällen handelt es sich um Abweichungen von Vorschriften.

Zusammenfassung

In der Kategorie «Umwelt, Betrieb und Bevölkerung» (A) gingen vier Meldungen ein. In den vier Fällen handelte es sich um ungewollte Abgaben von Radioaktivität über Abluft oder Abwasser von Betrieben mit BAG-Bewilligung (ein universitäres Labor, zwei Forschungsanlagen, ein Unternehmen). Es stellte sich heraus, dass nur die beim Unternehmen aufgetretene Abgabe den zulässigen Grenzwert leicht überschritten hatte, dies jedoch ohne Konsequenzen für die Bevölkerung war. Ein Angestellter des Unternehmens hat bei diesem Vorfall allerdings durch Inhalation eine Dosis von 0,89 mSv aufgenommen.

Die Anzahl Fälle in der Kategorie «Radiologische Altlasten, herrenlose Quellen, Quellenverluste» (B) ist 2020 im Vergleich zum Vorjahr stark gestiegen. 50 Fälle wurden 2020 gemeldet, gegenüber lediglich acht Fällen 2019. Diese Zunahme steht teilweise mit der Einführung einer Mess- und Meldepflicht in Verbrennungsanlagen und Metallrecyclingbetrieben in Zusammenhang, die seit 2018 gilt. Es handelte sich mehrheitlich um Funde von radium-226-haltigen Materialien in konventionellen Abfällen, die als radiologische Altlasten betrachtet werden können. Sieben Fälle betrafen natürlich vorkommende radioaktive Materialien (NORM). In zwanzig weiteren Fällen wurden

(in der Medizin verwendete) kurzlebige Radionuklide in Haushaltsabfällen gefunden, die von Patientinnen und Patienten nach einer nuklearmedizinischen Behandlung herrührten. Solche Fälle bergen keine Risiken für die Bevölkerung oder das Personal, lösen aber in Verbrennungsanlagen regelmässig Alarm aus. Zwei typische Fälle solcher Ereignisse sind weiter unten beschrieben, ebenso der Fall eines Diebstahls einer radioaktiven Quelle an einer Schule, die wieder in Besitz genommen werden konnte.

2020 wurden sieben Ereignisse in die Kategorie der Kontaminationen oder Dosen von beruflich strahlenexponiertem Personal (C) eingeteilt. Detaillierte Analysen und Dosisrekonstruktionen ergaben, dass es sich um kleinste Dosen weit unter den gesetzlichen Grenzwerten handelte. Sie waren auf verschiedene Fehler zurückzuführen (Kontamination bei der Handhabung, ungewollte Exposition gegenüber Strahlungsquellen usw.). Einer dieser Fälle, eine ungewollte Bestrahlung bei der Demontage einer Strahlungsquelle, wird ebenfalls weiter unten beschrieben.

Zu sechs Ereignissen kam es bei Transporten (D). In vier Fällen wurden Kennzeichnungs- und Dokumentationsfehler festgestellt. In einem Fall war eine ungeeignete Verpackung verwendet worden. Der letzte Fall betrifft die für den Import eines radioaktiven Pakets erforderlichen Dokumente. Sie waren zwar grundsätzlich vorhanden, konnten bei der Zollkontrolle aber nicht vorgewiesen werden. Trotz dieser Fehler ging von den sechs Ereignissen keine Gefahr für die Bevölkerung oder das betroffene Personal aus.

Ein letztes Ereignis wurde als «andere» klassifiziert, da es in keine der oben genannten Kategorien passte. Es handelte sich um einen Brand in einem Computerschrank innerhalb eines kontrollierten Bereichs. Dieses Feuer wurde schnell eingedämmt und stellte keine Gefahr dar.

Von den 2020 gemeldeten Ereignissen wurde keines als INES 1¹ oder höher eingestuft. 21 Fälle, die mehrheitlich Quellenfunde betreffen, wurden an die IAEA-Datenbank ITDB (*Incident & Trafficking Database*) gemeldet.

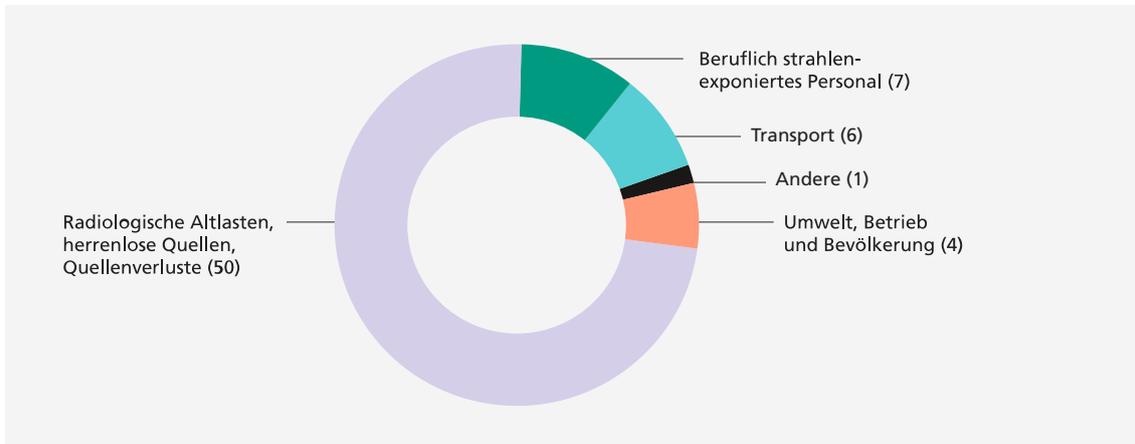


Abb. 19
2020: Verteilung der 68 gemeldeten radiologischen Ereignisse, aufgeschlüsselt nach Bereichen, ohne Ereignisse mit Patientinnen und Patienten (medizinische Strahlereignisse)

Radiologische Ereignisse von besonderem Interesse (ohne medizinische Strahlereignisse)

Bestrahlung eines Arbeiters bei der Demontage einer Füllstandsanzeige

Ein Arbeiter hatte den Auftrag, eine alte industrielle Füllstandsanzeige, die eine Caesium-137-Quelle (ca. 250 MBq) enthielt, zur anschließenden Entsorgung zu demontieren. Dabei vergass er, die Blende zu verschliessen. Solche Quellen sind in einem Abschirmbehälter eingeschlossen, um die Bestrahlung der Umgebung aufs Minimum zu reduzieren. Durch eine kleine Öffnung tritt ein gebündelter Strahl aus, der beispielsweise zur Überwachung des Füllstands ins Innere eines Silos gerichtet wird. Mit einer Blende kann diese Öffnung bei Arbeiten an der Quelle verschlossen werden, damit für das Personal jegliche Exposition vermieden wird. Da der Arbeiter die Blende

nicht verschlossen hatte, war er der Strahlung der Quelle direkt ausgesetzt. Die Rekonstruktion seiner Arbeitsschritte zur Berechnung seiner potenziellen Exposition ergab aber, dass diese minim und damit ungefährlich war.

Diebstahl einer radioaktiven Quelle an einem Gymnasium

Im Rahmen von praktischen Arbeiten im Fach Physik haben Schülerinnen und Schüler eines Gymnasiums mit schwach radioaktiven Quellen diverse Messungen durchgeführt. Der Unterricht war als Atelierarbeit konzipiert. Die Schülerinnen und Schüler wurden zunächst über die Gefahren und den korrekten Umgang mit den Quellen instruiert, bevor der Lehrer ihnen diese für ihre Gruppenarbeiten überliess. Als der Lehrer die Quellen am Ende des Vormittags wieder im dafür vorgesehenen Safe versorgen wollte, stellte er fest, dass eine Radium-226-Quelle mit einer Aktivität von 3 kBq fehlte. Er kontaktierte sämtliche Schüle-

¹ Mit der internationalen Bewertungsskala für nukleare und radiologische Ereignisse (INES) der IAEA können Ereignisse einheitlich eingestuft und bekanntgemacht werden und die Risiken von Vorfällen global beurteilt werden. Das BAG meldet der IAEA Ereignisse ab der INES-Stufe 2 (www.iaea.org/fr/ressources/echelle-internationale-des-evenements-nucleaires-et-radiologiques-ines).

rinnen und Schüler der Klasse, allerdings ohne Erfolg. Nach dem Mittag wurde die Situation der Schulleitung zur Kenntnis gebracht. Diese setzte der Schülerschaft des ganzen betroffenen Schuljahrs eine Frist für die Rückgabe der Quelle bis 14 Uhr, die ungenutzt verstrich.

Die Schulleitung fragte daraufhin das BAG um Rat bezüglich des weiteren Vorgehens. Der Zuständige des BAG informierte über die potenziellen Folgen bei einem solchen Ereignis (polizeiliche Ermittlung, Strafanzeige, Sanktion) und ein mögliches Vorgehen, um die Quelle anonym zurückzuerhalten. Für den Folgetag wurde ein offizieller Besuch des BAG eingeplant.

Am nächsten Morgen informierte der Rektor die Schulklasse über die möglichen Konsequenzen und den Besuch der Behörden. Anschliessend wurde in einem leeren Schulzimmer eine Kiste aufgestellt und alle Schülerinnen und Schüler mussten einzeln in den Raum gehen. Vorgängig wurde ihnen garantiert, dass erst ganz am Schluss kontrolliert wird, ob die Quelle in der Kiste liegt. Dank diesem Vorgehen konnte die Quelle ohne zusätzliche behördliche Schritte wieder in Besitz genommen werden. Die gesundheitlichen Risiken für die Personen, die mit der Quelle in Kontakt kamen, werden als vernachlässigbar eingestuft, da die direkte Strahlung der Quelle nur sehr schwach war.

Funde von radioaktivem Material in Verbrennungsanlagen und Metallrecyclingbetrieben

2018 wurde in Verbrennungsanlagen und Metallrecyclingbetrieben eine Mess- und Meldepflicht eingeführt. Wie die Zahl der Ereignisse in der vorerwähnten Kategorie B «Radiologische Altlasten, herrenlose Quellen, Quellenverluste» zeigt, sind Funde von radioaktivem Material in Abfällen keine Seltenheit. In den allermeisten Fällen handelt es sich um Gegenstände mit (bis in die 1960er Jahre verwendeter) radium-226-haltiger Farbe oder um Hygieneartikel von Patientinnen und Patienten, die eine nuklearmedizinische Behandlung hatten. Im Folgenden wird ein typischer Fall eines solchen Ereignisses beschrieben:

Fläschchen mit radium-226-haltiger Farbe

Im Februar 2020 kontaktierte ein Verwertungsbetrieb im Jurabogen das BAG, nachdem Abfälle, die zur Verbrennung in einem anderen Betrieb bestimmt waren, an einem Messportal Alarm auslösten. Das BAG begab sich vor Ort und isolierte ein kleines, glücklicherweise noch intaktes Fläschchen mit radium-226-haltiger Farbe, von dem eine Dosisleistung von über 200 $\mu\text{Sv/h}$ je 10 cm ausging. Abklärungen beim Betrieb ergaben, dass die Abfälle von der Räumung eines Hauses in der Region stammten, nachdem dessen Besitzer – ein ehemaliger Uhrmacher – verstorben war. Das Gebäude wurde in die Liste der Adressen des Aktionsplans Radium (Seite 45) aufgenommen, damit dort schnellstmöglich eine diagnostische Untersuchung erfolgt. Der grösste Teil des Uhrmachermaterials war allerdings bereits von anderen Uhrmachern aus der Region abgeholt worden, sodass eine vollständige Kontrolle des Materials im Besitz dieses Uhrmachers nicht mehr möglich war. Da das betreffende Fläschchen relativ frühzeitig gefunden wurde, konnte man verhindern, dass es im Fall eines Zerbrechens eine grosse Menge an Material oder Abfall kontaminiert hätte, womit anschliessend Personen in Kontakt gekommen wären.



Abb. 20
Fläschchen mit radium-226-haltiger Farbe

Medizinische Strahlenereignisse 2020

2020 waren in 87 Fällen der gemeldeten Ereignisse Patientinnen und Patienten betroffen, man spricht von medizinischen Strahlenereignissen (Abb. 21 und Abb. 22).

Am meisten Ereignisse wurden aus der Radiologie gemeldet (51 Fälle). Alle Fälle haben sich bei Untersuchungen mit Computertomografen (CT) ereignet und können in folgende Kategorien eingeteilt werden: Verwechslung von Patient/innen (18 Ereignisse), Auswahl eines falschen Protokolls (18 Ereignisse), ungewollte Wiederholung einer Untersuchung (9 Ereignisse). Zusätzlich wurden zwei ungerechtfertigte CT-Untersuchungen gemeldet. Einmal wurde die Untersuchung zu früh durchgeführt und einmal interpretierte der Arzt ein Hämatom auf einer Röntgenaufnahme falsch und veranlasste zur Abklärung ein unnötiges CT. Wegen Flüssigkeit in der Lunge wurde eine Untersuchung zu früh gestoppt und musste wiederholt werden. Aufgrund technischer Probleme musste eine CT-Untersuchung abgebrochen und eine andere Untersuchung wiederholt werden. Und nach einem Software Update erhielten mehrere Patient/innen deutlich erhöhte Untersuchungsdosen.

Auch in der Nuklearmedizin (22 Ereignisse) wurden zwei Protokollverwechslungen, eine Patientenverwechslung und fünfmal eine ungewollte Wiederholung einer Untersuchung gemeldet. Viermal kam es zu einer Fehlinjektion (Extravasation) und dreimal wurde eine falsche Aktivität appliziert. Bei den restlichen sieben Ereignissen gab es zweimal technische Probleme, es wurden zwei CT ohne diagnostische Information durchgeführt, eine Untersuchung wurde vom Patienten verweigert und eine Untersuchung zu früh durchgeführt. Bei einem weiteren Ereignis wurde drei Patient/innen ein wirkstoff-freies Radiopharmazeutikum appliziert.

In der Radioonkologie (11 Ereignisse) kam es zu einer Patientenverwechslung und acht Fehlbestrahlungen (ein Fall wird unter «medizinische Strahlenereignisse von besonderem Interesse» detailliert beschrieben). Einmal musste ein Planungs-CT abgebrochen und

wiederholt werden, weil sich noch eine Person im CT-Raum aufhielt. Ein anderes Planungs-CT musste wiederholt werden, weil es mit einem falschen Protokoll durchgeführt wurde und somit nicht genügend Informationen für die Therapieplanung lieferte.

Im Operationsaal gab es bei einem C-Bogen technische Probleme, von denen drei Patient/innen betroffen waren. Bei einer Notfalloperation kam es wegen der medizinisch begründeten langen Durchleuchtungsdauer zu sehr hohen Dosen und ein komplexer gefässchirurgischer Eingriff führte ebenfalls zu sehr hohen Dosen, die Hautschäden verursachen werden.

Die Schweiz orientiert sich bei der Beurteilung medizinischer Strahlenereignisse an einem Vorschlag der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO), der zum jetzigen Zeitpunkt lediglich zur probeweisen, freiwilligen Anwendung vorgesehen ist. Alle medizinischen Ereignisse aus dem Jahr 2020 sind auf dem Level 0 dieser INES Medical Rating Skala (= INES M) einzustufen, mit Ausnahme der Notfalloperation und des gefässchirurgischen Eingriffes (beide Level 2, da mit einer mässigen Schädigung der Haut zu rechnen ist).

Medizinische Strahlenereignisse von besonderem Interesse

Fehlbestrahlungen in der Röntgentherapie

Es ist die Aufgabe der Medizinphysik sicherzustellen, dass den Patientinnen und Patienten die verschriebene Dosis appliziert wird. Dies wird bei der Einrichtung des Röntgentherapiegeräts durch Messungen der Dosis sichergestellt. Beim vorliegenden Ereignis wurden nach dem Austausch des Strahlerkopfs eines Therapiegeräts die gemessenen Dosisdaten fehlerhaft im Messprotokoll festgehalten. Der Fehler wurde weder bei der Eigenkontrolle des durchführenden Medizinphysikers noch bei der stichprobenartigen Kontrolle durch einen zweiten Medizinphysiker entdeckt. Eine unabhängige Kontrollmessung konnte aufgrund eines defekten Messgeräts nicht durchgeführt werden. Der Fehler wurde rund vier Wochen später bei einer vollständigen Nachkontrolle entdeckt. In der Zwischenzeit führten die falsch übertragenen Messdaten dazu, dass es bei 25 Patientinnen und Patienten zu Fehlbestrah-

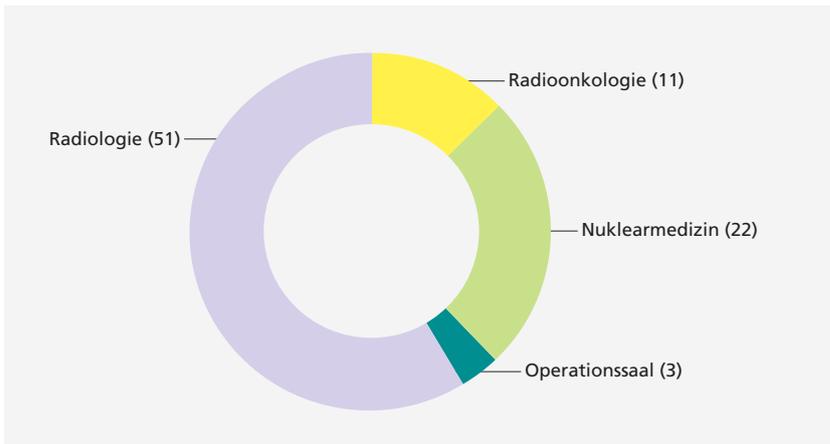


Abb. 21
Medizinische Strahlereignisse: Verteilung nach medizinischer Spezialität (Radiologie, Radioonkologie, Nuklearmedizin, Operationsaal)

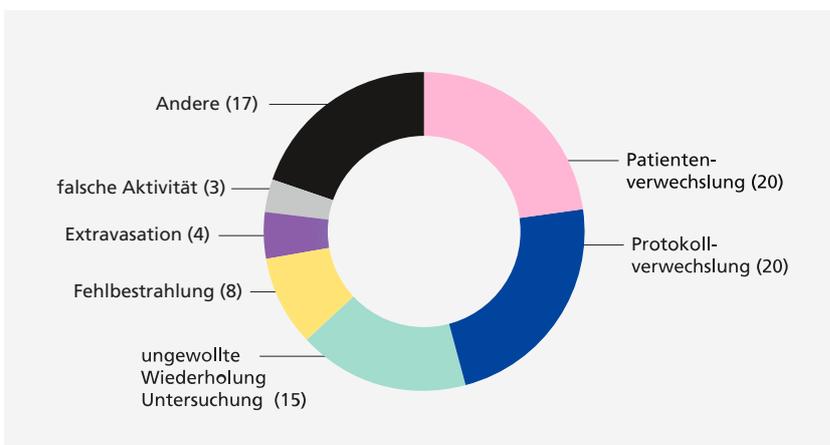


Abb. 22
87 medizinische Strahlereignisse, bei denen Patientinnen und Patienten betroffen waren, aufgeschlüsselt nach Art der Ereignisse

lungen kam. In 22 Fällen mit benignen Erkrankungen wie etwa Fingerarthrosen oder Fersensporen war die Dosisabweichung im Rahmen der Gerätetoleranz und somit vernachlässigbar; für zwei Patientinnen und Patienten mit maligner Erkrankung konnte die Dosis der restlichen Fraktionen angepasst werden; für eine Patientin mit einem Melanom an der Nasenspitze war die Therapie zum Zeitpunkt der Fehlerentdeckung bereits abgeschlossen, die Überdosierung betrug 7 % (verschriebene Dosis an der Oberfläche 48 Gy). Die Ärzte gehen von einer geringfügigen akuten Hautreaktion aus und erwarten keine weiteren Beschwerden. Es sind aber Nachkontrollen geplant. Eine Kumulierung unglücklicher Umstände und die Nichteinhaltung der Vorgaben führten zu diesem Ereignis. So musste die Einrichtung des Geräts wegen Lieferverspätungen über die Weihnachtszeit durch einen Medizinphysiker

alleine vorgenommen werden. In Zukunft sollen der Messbetrieb vom klinischen Routinebetrieb klar getrennt werden sowie das Vieraugenprinzip und die unabhängige Dosiskontrolle stets angewandt und schriftlich festgehalten werden. Erst nach der formalen Gerätefreigabe dürfen Patiententermine vereinbart werden.

Höhere Dosen nach CT Software-Upgrade

Nach einem Software-Upgrade am CT wurden bei rund zehn Patientinnen und Patienten hohe Untersuchungs Dosen festgestellt. Bei drei Patientinnen und Patienten wurden sogar Dosen von mehr als dem Doppelten der erwarteten Dosis appliziert, was die Sperrung des Geräts zur Folge hatte. Die Dosis für die betroffenen Patientinnen und Patienten wurde analysiert und mit der Dosis ähnlicher Untersuchungen vor der Umstellung, bei denen dieselben Protokolle verwendet wurden,

verglichen. So konnte die neue Software als Ursache identifiziert werden. Zusammen mit dem Hersteller wurden die Protokolle angepasst und das Problem behoben.

Systematischer Fehler bei der applizierten Aktivität in der Nuklearmedizin

Bei jeder nuklearmedizinischen Untersuchung wird die für eine bestimmte Untersuchung und die jeweilige Patientin oder den jeweiligen Patienten verschriebene Aktivität systematisch in einem Aktivimeter überprüft. Dieser misst die Aktivität des Spritzeninhalts. Aktivimeter werden täglich mithilfe einer Referenzquelle kontrolliert, damit ein abweichender Messwert erkannt und die Qualität der Messung sichergestellt werden kann. Manche Betriebe verfügen ausserdem über Injektionsgeräte, welche die Injektionsdosen automatisch vorbereiten, in einem integrierten Aktivimeter überprüfen und danach die Injektion des Radiopharmazeutikums erlauben. Für das Personal reduzieren sich dank dieser Geräte die Handgriffe auf ein Minimum und damit auch die Strahlenexposition.

Bei der Kalibrierung eines Injektors verwendete ein nuklearmedizinischer Betrieb ein zweites Aktivimeter für die Verifizierung der Referenzdosis. Bei diesem Aktivimeter, das routinemässig für SPECT-Nuklide (hauptsächlich Technetium-99m) eingesetzt wird, war seit seiner letzten Kalibrierung für Fluor-18 eine Abweichung aufgetreten, die nicht erkannt worden war. Zwar wurden täglich Kontrollen mit der Referenzquelle durchgeführt, doch verglichen die medizinisch-technischen Radiologiefachpersonen (MTRA) die Messwerte dabei mit den vorgängigen Werten statt mit dem theoretischen Aktivitätswert der Referenzquelle. So blieb die langsame Abweichung der im Aktivimeter gemessenen Werte unbenutzt. Für die SPECT-Nuklide, die eine Strahlung auf anderen Energieniveaus aufweisen, war die Abweichung sehr schwach. Für Fluor-18 hingegen erreichte sie schliesslich 20 bis 30 %, was eine entsprechende Abweichung bei der Kalibrierung des Injektors nach sich zog. Der Fehler wurde erst zehn Tage später entdeckt, als einer MTRA die grössere Menge im Vergleich zur üblicherweise mit diesem Injektor verabreichten Menge auffiel. Während dieser zehn Tage haben 31 Patientinnen und Patienten Injektionen erhalten, deren Aktivität 20 bis

30 % höher war als die für ihre Untersuchung ärztlich verordnete Aktivität.

Da die vorgeschriebene Messgenauigkeit für ein Aktivimeter 10 % beträgt und die von der Ärztin oder vom Arzt verschriebene Aktivität je nach Betrieb und verwendeter Bildgebungstechnologie um einen Faktor 2 variieren kann, kann ein Aktivitätsfehler von 20 % als relativ gering betrachtet werden. Die für die Patientinnen und Patienten resultierende zusätzliche Dosis von ungefähr 1 mSv liegt ebenfalls im Bereich der normalen Variation für diese Art von Untersuchung und hat keine medizinischen Folgen für die Betroffenen. Dennoch ist ein systematischer Fehler bei der applizierten Aktivität inakzeptabel; daher wurden im betreffenden Betrieb Korrekturmassnahmen ergriffen, um ähnliche Vorfälle in Zukunft zu verhindern.

Wirkstofffreies Vial

Anlässlich einer Zubereitung des Radiopharmakons zur Durchführung von Skelettszintigraphien wurde anstelle eines Markierungsvials mit der Wirksubstanz versehentlich ein wirkstofffreies, leeres Vial verwendet. Dies hatte zur Folge, dass keine Markierung zum gewünschten Produkt erfolgen konnte. Leider wurde der Fehler auch nicht bei der anschliessenden Überprüfung der Markierungsausbeute festgestellt, da diese nicht korrekt durchgeführt wurde. Folglich wurde das unmarkierte, freie Technetium-99m (Tc-99m) an drei Patienten zur Durchführung einer Skelettszintigraphie appliziert. Bei der Durchführung der Skelettszintigraphie des ersten Patienten fiel sofort auf, dass eine reine Tc-99m-Szintigraphie ohne jegliche Skelettdarstellung vorliegt. Die betroffenen drei Patienten wurden unmittelbar nach Feststellen des Ereignisses über den Vorgang informiert und aufgefordert, zur raschen Ausscheidung des Tc-99m und damit zur Reduktion der Dosis reichlich Flüssigkeit zu sich zu nehmen. Die errechnete Strahlendosis aufgrund dieser fehlerhaften Untersuchung betrug rund 10 mSv für jeden betroffenen Patienten. Als Massnahme hat das betroffene nuklearmedizinische Team Prozesse zur Markierung und Qualitätskontrolle umgesetzt, mit welchen ähnliche Verwechslungen künftig vermieden werden können.

Aktionsplan Radium 2015 – 2022

Der Bundesrat hat den Aktionsplan Radium 2015 – 2022 verabschiedet, um das Problem der radiologischen Altlasten zu bewältigen, die auf die Verwendung von radium-226-haltiger Leuchtfarbe in der Uhrenindustrie bis in die 1960er Jahre zurückgehen. Dieses Kapitel zeigt den Stand der Arbeiten der verschiedenen Achsen des Aktionsplans. Aufgrund von COVID-19 mussten die Besuche vor Ort während eines Gross- teils des Jahres 2020 eingeschränkt werden. Das BAG wird versuchen, die Verzögerung 2021 mithilfe externer Unterstützung aufzuholen, sofern die Gesundheitslage es zulässt.

Historische Nachforschungen

Nach Artikel 151 der Strahlenschutzverordnung (StSV) führt das Bundesamt für Gesundheit (BAG) ein Inventar der Liegenschaften, die möglicherweise mit Radium-226 kontaminiert sind. Dieses Inventar umfasst mittlerweile über 1000 Liegenschaften und basiert hauptsächlich auf den historischen Nachforschungen der Universität Bern, deren Ergebnisse auf der Webseite www.bag.admin.ch/radium-altlasten (Kapitel «Historische Nachforschung») zu finden sind. 2020 hat das BAG ein externes Ingenieurbüro mit einer ergänzenden historischen Nachforschung in einigen noch fehlenden kantonalen Archiven beauftragt, namentlich jenen von Basel-Landschaft, Genf und Waadt. Die Schlussergebnisse werden bis im Sommer 2021 vorliegen.

Diagnostische Untersuchungen und Sanierung der Liegenschaften

Gemäss Stand am 31. Dezember 2020 sind 752 Liegenschaften (mit insgesamt mehr als 4300 Wohnungen oder Gewerbelokalen) im Rahmen des Aktionsplans untersucht worden. Eine diagnostische Untersuchung besteht aus der Messung der Dosisleistung auf der gesamten Grundfläche des betroffenen Gebäudes oder der betroffenen Aussenfläche (vgl. Abb. 23). Wenn in Innenräumen Spuren von Radium-226 vorhanden sind, berechnet

das BAG anhand der Dosisleistungen und Expositionsszenarien die zusätzliche Jahresdosis, der sich die Gebäudenutzenden aussetzen könnten. Zeigen die Berechnungen, dass der zulässige Grenzwert von 1 Millisievert (mSv) pro Jahr überschritten ist, werden die Räumlichkeiten saniert. Für Aussenflächen liegt der Grenzwert für die Konzentration von Radium-226 im Boden bei 1000 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg).

Von den untersuchten Liegenschaften sind 120 (ca. 16 %) sanierungsbedürftig im Sinne von Artikel 153 StSV, betroffen sind 77 Wohnungen oder Gewerbelokale und 77 Aussenflächen. 105 Liegenschaften sind bereits saniert worden oder werden derzeit saniert. Das Sanierungskonzept beinhaltet die Planung, die Beseitigung der Kontamination durch einen spezialisierten Betrieb, die Wiederherstellung des Standards vor Beginn der Arbeiten, die Schlusskontrolle und die Entsorgung der Abfälle. Der Stand der Umsetzung des Aktionsplans zwischen 2015 und 2020 ist der Abbildung 23 zu entnehmen.

Kanton	Anzahl untersuchter Liegenschaften	Sanierung nicht notwendig	Sanierung notwendig	Sanierung abgeschlossen oder laufend
Bern	246	194	52	47
Neuenburg	313	276	37	31
Solothurn	111	87	24	22
Andere	82	75	7	5
Total	752	632	120	105

Abb. 23
Stand des Aktionsplans Radium am 31. Dezember 2020

Die COVID-19-Pandemie stellte 2020 eine Herausforderung dar: Die Besuche vor Ort wurden zwischen März und Juni 2020 ausgesetzt und anschliessend gestaffelt wieder aufgenommen, um die Risiken für die Mitarbeitenden des BAG und die Bewohnerinnen und Bewohner der Liegenschaften zu minimieren. Ein COVID-19-Schutzkonzept wurde erarbeitet und darin die Vorgehensmodalitäten (z. B. Hygienemassnahmen, Schutzausrüstung, Absprachen mit den Bewohnerinnen und Bewohnern) präzisiert. Aufgrund der Einschränkungen mussten die Ziele 2020 für die diagnostische Untersuchung von Liegenschaften nach unten korrigiert werden. Schlussendlich sind 83 von geplanten 150 Liegenschaften untersucht worden. Ausserdem wurden 2020 sieben Liegenschaften saniert. Das BAG hat vorgesehen, den Fokus 2021 auf die Untersuchungen zu legen und dafür auch auf externe Unterstützung zurückzugreifen, um die Verzögerungen aufzuholen. Die erforderlichen Sanierungen werden parallel dazu durchgeführt.

Mischkontaminationen

Das BAG hat bislang 14 ehemalige Industriestandorte identifiziert, bei denen aufgrund einer Radiumkontamination eine Sanierung erforderlich ist. Darüber hinaus hat das BAG chemische Kontaminationen in zehn zusätzlichen, nicht im Kataster der belasteten Standorte erfassten Liegenschaften entdeckt, die ebenfalls eine Radiumsanierung benötigen. Das BAG koordiniert die Sanierung von Parzellen mit Mischkontaminationen fallweise mit den betroffenen Kantonen. Komplexe Fälle

werden in der «Unterstützungsgruppe Mischkontaminationen» diskutiert, in der neben dem BAG das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und die Suva vertreten sind, um die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Umweltschutzgesetzgebung sowie der Vorschriften zum Schutz der Arbeitskräfte zu gewährleisten. Die Möglichkeiten der Sanierung einer Parzelle sind insbesondere von deren Status im Sinne der Altlasten-Verordnung (AltIV) abhängig. Bei der Entsorgung von Abfällen ist die Einhaltung der Grenzwerte gemäss StSV sowie gemäss Abfallverordnung (VVEA) sicherzustellen. Das BAG hat eine Zusammenarbeit mit dem Labor Spiez für die Analyse von Schwermetallen in radium-226-kontaminierten Proben und die Vorbereitung von Auszügen eingerichtet, damit die chemischen Schadstoffe in den Proben in konventionellen Laboren analysiert werden können.

Entsorgung

Nach Artikel 114 StSV können schwach kontaminierte inerte Abfälle mit Zustimmung des BAG, des Kantons und des Deponiebetreibers an eine Deponie zur Ablagerung abgegeben werden, sofern ihre maximale spezifische Aktivität von Radium-226 10 000 Bq/kg nicht überschreitet (d. h. das tausendfache der Befreiungsgrenze von 10 Bq/kg nach StSV). Das BAG hat die Bestimmungen von Artikel 114 StSV in einer 2020 veröffentlichten Wegleitung konkretisiert (Seite 30). 2020 wurden knapp 35 m³ inerte Abfälle im Rahmen des Aktionsplans zur Ablagerung abgegeben.

Gemäss Artikel 116 StSV können schwach kontaminierte brennbare Abfälle mit Zustimmung des BAG und nach Mitteilung an den Kanton in einer Verbrennungsanlage entsorgt werden. Die wöchentlich zur Verbrennung zugelassene Aktivität darf jedoch die tausendfache Bewilligungsgrenze gemäss StSV nicht überschreiten, d. h. 2 MBq für Radium-226. 2020 wurden über 6500 Liter brennbare Abfälle im Zusammenhang mit dem Aktionsplan Radium verbrannt.

Abfälle, deren Kontamination die genannten Werte übersteigt, gelten als radioaktive Abfälle und werden unter Aufsicht des BAG in das Bundeszwischenlager befördert. 2020 wurden knapp 1800 Liter Abfälle aus dem Aktionsplan Radium auf diesem Weg entsorgt.

Erfassung und Verwaltung ehemaliger Deponien

Das BAG hat in Zusammenarbeit mit dem BAFU ein Konzept erarbeitet, um aus dem Kataster der belasteten Standorte diejenigen ehemaligen Deponien herauszufiltern, die potenziell mit Radium-226 kontaminierte Abfälle enthalten können, und sie anhand vordefinierter Kriterien in drei Risikokategorien einzuteilen (Abb. 24).



Abb. 24
Vorgehen zur Ermittlung und Klassifizierung der Deponien

2020 hat das BAG das Konzept allen Kantonen in Konsultation gegeben, die von der Problematik radiumkontaminierter Abfälle in ehemaligen Deponien betroffen sind. Namentlich sind das Bern, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Freiburg, Genf, Jura, Neuenburg, St. Gallen, Solothurn, Schaffhausen, Waadt, Tessin und Zürich. Die am stärksten betroffenen Kantone (Bern, Genf, Jura, Neuenburg und Solothurn) wurden aufgefordert, für ihren Kanton die Liste der Deponien zu erstellen, die bei Öffnung Strahlenschutzmassnahmen erfordern (Kategorie B).

Neben den am stärksten betroffenen Kantonen haben auch Basel-Landschaft und Schaffhausen zum vorgeschlagenen Konzept des BAG Stellung genommen. Insgesamt beurteilen die Kantone die Strategie als sinnvoll und sind damit einverstanden, ihre ehemaligen Deponien gemäss Vorgehensvorschlag einzustufen. Der Kanton Basel-Landschaft ist allerdings der Ansicht, dass die vorgeschlagenen Kriterien aufgrund von Lücken in der historischen Nachforschung in seinem Fall nicht adäquat sind. Die Situation des Kantons Basel-Landschaft wird deshalb neu geprüft, sobald die historische Nachforschung des Ingenieurbüros CSD SA vollständig ist. Kein Kanton hat sich dagegen gewehrt, im kantonalen Kataster bei Deponien der Kategorie B einen Vermerk anzubringen, dass sie möglicherweise mit Radium kontaminierte Abfälle enthalten. Die Kantone haben auch Verbesserungen vorgeschlagen, darunter die Einführung eines Prozesses zur langfristigen Evaluation der Klassifizierungsmethode durch das BAG.

Nach der Genehmigung des Konzepts plant das BAG nun, die Umsetzungsmodalitäten in einer Wegleitung zu präzisieren. Dabei sollen namentlich die umzusetzenden Massnahmen bei Öffnung einer Deponie präzisiert sowie die Verantwortlichkeiten für die Kontrollen wie auch für die Entsorgung der Abfälle geklärt werden.

Auf der Grundlage der bereits erhaltenen Listen der Kantone Bern und Jura sind über 100 Deponien der Kategorie B identifiziert worden. Die ausstehenden Listen dürften dem BAG Anfang 2021 zukommen. Aufgrund lückenhafter Informationen zur Betriebsdauer wurden einige Deponien provisorisch in die Kategorie B eingestuft. Sollte bei diesen Deponien eine Öffnung nötig sein, werden zusätzliche Abklärungen vorgenommen, um die fehlenden Informationen zu vervollständigen und gegebenenfalls vor Beginn der Arbeiten eine neue Einstufung vorzunehmen.



Abb. 25
Radiumuntersuchung im Aussenbereich

Der Bundesrat will den Schutz der Bevölkerung vor Radon weiter verbessern

Im Jahr 2020 hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) eine Bilanz der wichtigsten Ergebnisse des Aktionsplans Radon 2012 – 2020 gezogen und künftige Herausforderungen auf Basis einer 2019 durchgeführten externen Evaluation identifiziert. Für die Jahre 2021 bis 2030 wurde ein neuer Aktionsplan erstellt, den der Bundesrat am 8. Mai 2020 verabschiedet hat.

Rückblick: Aktionsplan Radon 2012 – 2020

Revision der gesetzlichen Bestimmungen

Hauptziel des Aktionsplans Radon 2012–2020 war die Harmonisierung der Schweizer Radon-schutzstrategie mit internationalen Empfehlungen, insbesondere mit den Normen der Europäischen Union¹, den Publikationen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) und dem Radon-Handbuch der Weltgesundheitsorganisation². Wie die externe Evaluation des Aktionsplans Radon 2012–2020³ gezeigt hat, wurde dieses Ziel Anfang 2018 mit dem Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV) erreicht. Radon in Gebäuden wird jetzt als «bestehende Expositionssituation» betrachtet, für die ein Referenzwert von 300 Bq/m³ gilt. Weitere Informationen zu den neuen Bestimmungen der StSV finden Sie unter www.ch-radon.ch (gesetzliche Bestimmungen bezüglich Radon). Zudem wurden gewisse Artikel der StSV in der «Wegleitung Radon»⁴ präzisiert.

Erweiterung der Kenntnisse über die Radonexposition

Bisher wurde in etwa 6 % aller Gebäude in der Schweiz eine Radonmessung durchgeführt (dies entspricht ca. 150 000 Gebäuden, von denen knapp 10 % zwischen 2012 und 2020 gemessen

wurden). Diese Messungen decken die gesamte Schweiz ab, sind jedoch in geologisch gefährdeten Regionen wie den Alpen und dem Jura zahlreicher durchgeführt worden. Die revidierte StSV erteilt den Kantonen neue Vollzugsaufgaben, darunter die Durchführung von Radonmessungen und gegebenenfalls Sanierungen in Schulen und Kindergärten. Insgesamt wurden bereits ca. 8700 Schulen und Kindergärten in der Schweiz gemessen, davon 3000 zwischen 2018 und 2020. Darüber hinaus wurden spezifische Bestimmungen zum Arbeitnehmerschutz unter Tage eingeführt, um Expositionen mit Dosen von mehr als 10 mSv pro Jahr zu verhindern, ohne dass die Arbeitnehmenden sich einer dosimetrischen Überwachung unterziehen müssen (Übergang zu einer «geplanten Expositionssituation»).

Die Radonkarte, die unter www.radonkarte.ch zu finden ist, zeigt die Wahrscheinlichkeit, den Referenzwert von 300 Bq/m³ für die Radonkonzentration in Gebäuden zu überschreiten (Abbildung 26). Sie wird durch den «Radon-Check» ergänzt; mit diesem Tool kann beurteilt werden, ob eine Radonmessung in einem bestimmten Gebäude, auch unter Berücksichtigung der baulichen Eigenschaften, empfehlenswert ist. Zusätzlich ist die Radonkarte in interaktiver Form im Geokatalog von Swisstopo verfügbar⁵.

1 COUNCIL DIRECTIVE laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation, Council of the European Union, 2013

2 WHO Handbook on indoor radon, a public health perspective, World Health Organization, 2009

3 Interface Politikstudien Forschung Beratung GmbH, Evaluation des Nationalen Radonaktionsplans 2012–2020, Luzern, 2019

4 Bundesamt für Gesundheit, Wegleitung Radon, V2 8.4.2019

5 <https://map.geo.admin.ch/?layers=ch.bag.radonkarte>

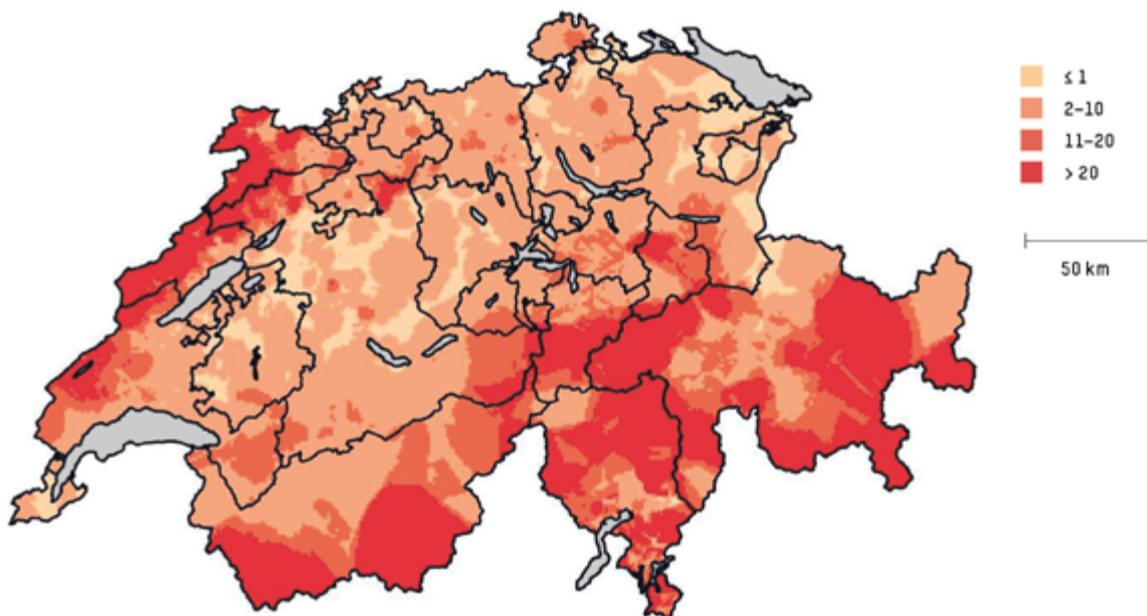


Abb. 26
Karte mit der Wahrscheinlichkeit (in %), den Radonreferenzwert von 300 Bq/m³ zu überschreiten (BAG, Stand 2018)

Förderung des Radonschutzes im Bausektor

Seit 2014 ist die Radonproblematik in der Norm 180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden» des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereines (SIA) berücksichtigt. Gemäss revidierter StSV sind die Baubewilligungsbehörden verpflichtet, Bauherren über die Radonproblematik bei Neu- und Umbauten zu informieren. Zu diesem Zweck hat das BAG den Behörden in der Wegleitung Radon ein Muster-Informationsblatt zur Verfügung gestellt, das die systematische Umsetzung der in der SIA-Norm 180 festgelegten Radonschutz-Massnahmen empfiehlt. Weiterführende Radonschutzmassnahmen werden angeraten, wenn die Wahrscheinlichkeit einer Referenzwertüberschreitung gemäss Radonkarte über 10 % liegt oder wenn das Gebäude über einen Naturbodenkeller oder erdberührende Räume mit Personenaufenthalt verfügt. Des Weiteren hat das BAG in Zusammenarbeit mit dem Faktor Verlag AG sowie dem SIA und dem Schweizerischen Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren ein Praxishandbuch⁶ zum Thema Radon herausgegeben.

Erarbeitung einer effizienten Sanierungsstrategie

Mehr als 10 % der in der Schweiz bereits gemessenen Gebäude weisen eine Überschreitung des Referenzwerts von 300 Bq/m³ in mindestens einem Raum mit Personenaufenthalt auf. Gemäss StSV ist die Eigentümerschaft dafür zuständig, die erforderlichen Sanierungsmassnahmen auf eigene Kosten durchzuführen. Das BAG hat in der Wegleitung Radon Empfehlungen zur Dringlichkeit der Sanierung unter Berücksichtigung der Radonkonzentration und der Aufenthaltsdauer herausgegeben. Das vom Faktor Verlag AG veröffentlichte technische Handbuch zum Thema Radon beschreibt die wichtigsten Sanierungsmethoden, die auch anhand von Fallbeispielen illustriert werden. Die externe Evaluation des Aktionsplans Radon hat den aktuellen Mangel an Wissen über die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit von Sanierungsmethoden aufgezeigt. Um diese Lücke zu schliessen, hat die *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana* (SUPSI) das Forschungsprojekt «Radon Mitigation Efficiency (RAME)»⁷ gestartet.

6 Radon – Praxishandbuch Bau, Faktor Verlag AG, 2018 (unter www.faktor.ch auf Deutsch, Französisch und Italienisch bestellbar, Kosten 48 Franken)

7 <https://radonmitigation.ch>

Verschiedene Studien^{8,9} weisen auf einen tendenziellen Anstieg der Radonkonzentration in der Innenraumluft hin, wenn in Gebäuden Energiesparmassnahmen (z. B. durch den Austausch von Fenstern) getroffen werden. Die externe Evaluation des Aktionsplans hat deshalb einen Synergiebedarf zwischen Radon-schutz und energetischen Massnahmen bei Gebäuden festgestellt, insbesondere im Rahmen des «Gebäudeprogramms».

Einbezug der Radonproblematik in die Ausbildung von Baufachleuten

Seit mehreren Jahren beauftragt das BAG drei regionale Fachstellen mit der Ausbildung und Unterstützung von Radonfachpersonen. Es handelt sich dabei um die SUPSI, die Fachhochschule Nordwestschweiz und die Hochschule für Technik und Architektur in Freiburg. Das BAG hat die Revision der Strahlenschutzgesetzgebung genutzt, um die Ausbildungsanforderungen für Radonfachpersonen gesetzlich zu verankern, und eine E-Learning Plattform entwickelt, um die Ausbildung von Radonfachpersonen zu unterstützen. Das BAG veröffentlicht eine Liste der fast 300 in der Schweiz tätigen Radonfachpersonen auf seiner Internetseite¹⁰. Zudem hat es ein Netzwerk aufgebaut, um die Radonproblematik in der Berufs- und Hochschulausbildung im Baugewerbe dauerhaft zu verankern.

Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die gesundheitlichen Aspekte von Radon

Das BAG nimmt regelmässig an Konferenzen teil, um verschiedene Zielgruppen für das Thema Radon zu sensibilisieren. So hat es gemeinsam mit der Krebsliga Schweiz bei der Organisation einer Radontagung 2014 und neulich beim «Forum Umwelt und Krebs» zusammengearbeitet (siehe Kästchen). Das BAG hat auch zu verschiedenen Projekten zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für Radon beigetragen, darunter zur Entwicklung der JURAD-BAT¹¹ Informationsplattform. Verschiedene Bevölkerungsbefragungen haben gezeigt, dass der Anteil der Bevölkerung, der noch nie von Radon gehört hat, nach wie vor gross ist, auch wenn der Kenntnisstand zwischen 1995 und 2019 von 32 % auf 55 % gestiegen ist. Die Bemühungen in diesem Bereich sollen daher fortgesetzt werden, insbesondere durch gezielte Informationen für die Immobilienbranche.

Forum Umwelt und Krebs

Am 24. November 2020 hat die Krebsliga Schweiz in Zusammenarbeit mit dem BAG und dem Bundesamt für Umwelt das «Forum Umwelt und Krebs» organisiert, und damit einen Raum für den Dialog über umweltbewusste Krebsprävention geöffnet. Zahlreiche Expert/innen beleuchteten die vielfältigen Beziehungen zwischen Umwelt und Krebs. In vier parallel durchgeführten Workshops haben sich die Teilnehmenden zudem vertieft mit der Gesundheitsrelevanz von Radon, 5G, Glyphosat und endokrinen Disruptoren auseinandergesetzt. Weitere Informationen zu diesem Anlass sind unter www.krebsliga.ch verfügbar.

8 L. Pampuri & al, Effects of buildings refurbishment on indoor air quality. Results of a wide survey on radon concentrations before and after energy retrofit interventions Sustainable Cities and Society (42). pp. 100–106, 2018

9 Yang S. & al., Radon investigation in 650 energy efficient dwellings in Western Switzerland: impact of energy renovation and building characteristics, Atmosphere, 2019

10 www.ch-radon.ch, Beratung durch Radonfachpersonen

11 <https://jurad-bat.net>

Entwicklung von Instrumenten und Methoden

Im Rahmen des Aktionsplans Radon wurde eine Arbeitsgruppe unter der Leitung des eidgenössischen Instituts für Metrologie (METAS) gebildet, um neue standardisierte Protokolle¹² für anerkannte Radonmessungen zu entwickeln. Ein Leitfaden für (nicht anerkannte) Kurzzeitmessungen ist ebenfalls auf der BAG-Website verfügbar. Das BAG führt eine Radondatenbank zur zentralen Erfassung von anerkannten Radonmessungen in Gebäuden. Die Kantone und die anerkannten Messstellen verfügen über einen geschützten Internetzugang zu dieser Anwendung. Darüber hinaus hat das BAG das Institut für Radiophysik (IRA) in Lausanne mit einem Forschungsprojekt zur Vorhersage der Radonkonzentration in Gebäuden beauftragt¹³. Nach der externen Evaluation des Aktionsplans ist es notwendig, diese Bemühungen fortzusetzen, z. B. im Hinblick auf Kurzzeitmessungen sowie die Entwicklung eines Vorhersagetools, um die Radonschutzmassnahmen für die Bevölkerung attraktiver zu machen.

Ausblick: Aktionsplan Radon 2021 – 2030

Der Aktionsplan Radon 2021–2030¹⁴ wurde auf Basis der Ergebnisse der externen Evaluation sowie der revidierten Strahlenschutzgesetzgebung unter Berücksichtigung internationaler Empfehlungen erarbeitet. Bei diesen Arbeiten war ein Steuerungskomitee federführend, bestehend aus Vertreter/innen der BAG-Abteilungen Strahlenschutz und Chemikalien sowie der Suva. Daneben wurde eine Begleitgruppe geschaffen, die sich aus Vertreter/innen der Kantone, der Suva, des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS), des SIA und des Hauseigentümerverbands zusammensetzt. Anfang 2020 hat das BAG ein Vernehmlassungsverfahren bei den Kantonen und den relevanten Bundesämtern eröffnet.

Am 8. Mai 2020 hat der Bundesrat den Aktionsplan Radon 2021–2030 verabschiedet und damit die Stossrichtungen für die nächsten zehn Jahre festgelegt. Dieser neue Aktionsplan soll die bestehende Schutzstrategie verankern und führt gezielte strategische Ziele ein, um einen effektiven Schutz der Bevölkerung vor Radon zu gewährleisten (Abbildung 27). Dabei soll der Radonschutz im Gebäudebestand nachhaltig verbessert werden, insbesondere durch die Schaffung von Synergien bei energetischen Massnahmen von Gebäuden. Gleichzeitig besteht die Notwendigkeit, die Radonkompetenz bei den Baufachleuten zu erhöhen. Auch die Bevölkerung soll das Gesundheitsrisiko besser verstehen und verstärkt wahrnehmen, damit das Thema Radon an Bedeutung gewinnt. Schliesslich muss der Schutz vor Radon auch am Arbeitsplatz gewährleistet sein, was zum Schutz der Arbeitnehmer/innen beiträgt und sie vor Berufskrankheiten bewahrt.

12 www.ch-radon.ch, Radonkonzentration messen

13 Kropat et al., Modeling of geogenic radon in Switzerland based on ordered logistic regression. J Environ Radioact. 2017

14 www.bag.admin.ch, Bundesamt für Gesundheit BAG, Strategie & Politik, Politische Aufträge & Aktionspläne, Aktionspläne Radon

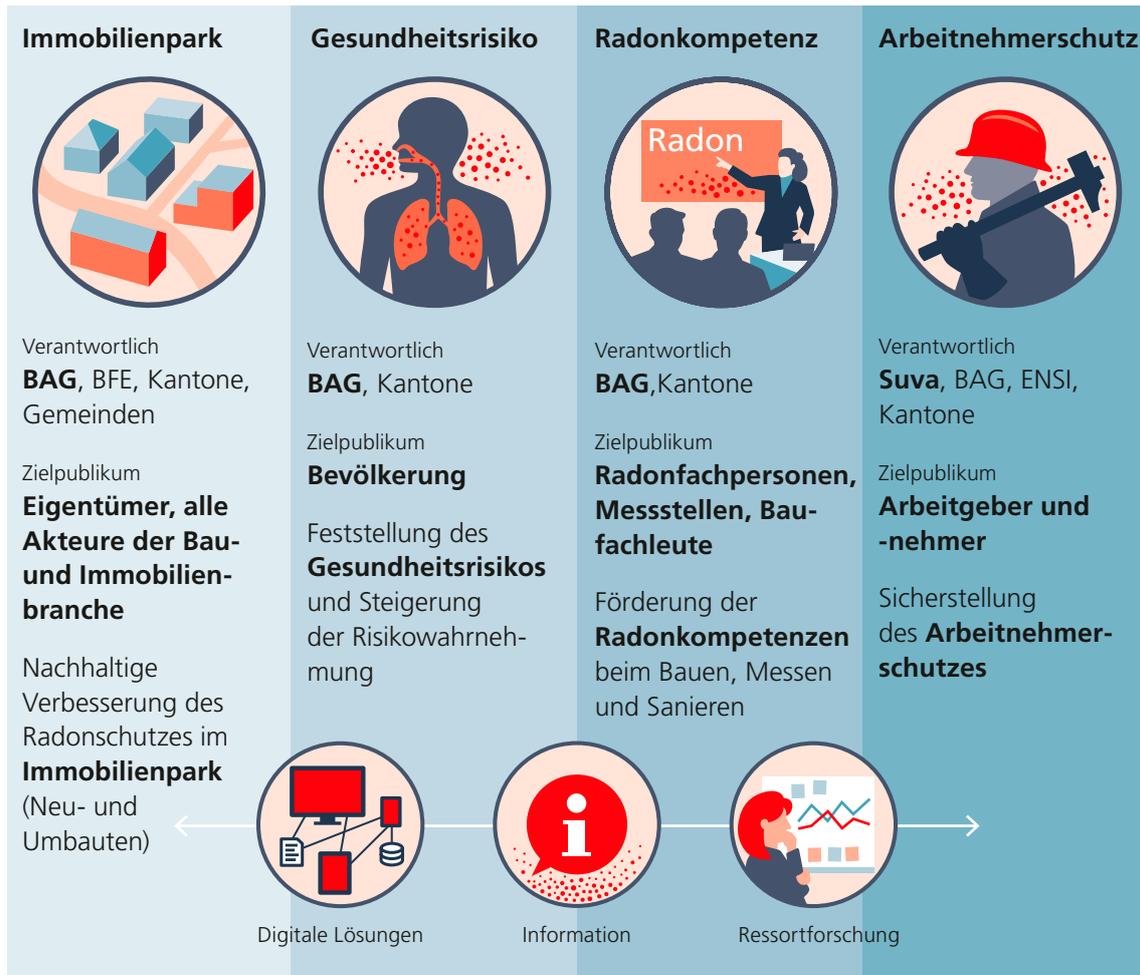


Abb. 27
Die vier Stossrichtungen des Aktionsplans Radon 2021 – 2030

Überwachung der Umwelt

Die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt durch das Bundesamt für Gesundheit (BAG) soll jeden signifikanten Anstieg der Radioaktivität in der Umwelt rasch sichtbar machen und die durchschnittliche jährliche Strahlendosis evaluieren, der die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist. Zu diesem Zweck betreibt das BAG ein automatisches Messnetz zur Bestimmung der Radioaktivität in der Luft und im Wasser. Parallel dazu erarbeitet es ein Programm mit Proben und Messungen, an dem sich auch andere Laboratorien des Bundes sowie Kantone und Hochschulinstitute beteiligen. Die Ergebnisse der Umweltüberwachung werden jedes Jahr im «Jahresbericht Umwelt-radioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» sowie auf der Internetplattform «Radenviro» des BAG veröffentlicht.

Automatisches Messnetz URAnet

Das BAG betreibt ein neues automatisches Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aero), das seit September 2018 vollständig in Betrieb ist. Nach einigen Kinderkrankheiten im ersten vollen Betriebsjahr 2019 hat das Messnetz 2020 einwandfrei funktioniert (mit einer Erfolgsquote von 94,9 %) und die erwarteten Leistungen erfüllt. Am Morgen des 28. September 2020 hat die URAnet-aero-Messstation am Paul Scherrer Institut (PSI) Spuren von Natrium-24 in Luftpartikeln gemessen. Die Auswertung des kleinen, aber signifikanten Signals (siehe Abb. 28) ergab über die gesamte Sammelzeit von 12 Stunden eine Aktivitätskonzentration von rund 1 mBq/m³. Der Nachweis einer so tiefen Konzentration durch die URAnet-Sonde zeigt, dass diese Detektoren optimal eingestellt und kalibriert sind.

Natrium-24 gehört zu jenen kurzlebigen Radionukliden, die beim Betrieb von Teilchenbeschleunigern gebildet werden. Es kommt gelegentlich vor, dass Spuren davon mit der Abluft freigesetzt werden.

Das PSI hat diese ungewöhnliche Abgabe dem BAG sehr rasch gemeldet. Es stellte sich heraus, dass am Morgen des 28. September 2020

neben Natrium-24 weitere kurzlebige, gasförmige Radionuklide (wie Kohlenstoff-11, Stickstoff-13, Sauerstoff-15, Fluor-18 und Argon-41) emittiert wurden. Da die URAnet-Monitore nur an Aerosolpartikel gebundene Gammaemitter messen können, konnten diese anderen Nuklide nicht erfasst werden. Nichtsdestotrotz zeugen diese Ergebnisse von der Wirksamkeit des neuen Messnetzes, das Spuren von Abgaben erkennen kann, sobald unter den Radionukliden des Vektors mindestens ein Gammaemitter ist.

Obwohl ungewöhnlich, blieben die am 28. September vom PSI während weniger als zehn Minuten freigesetzten Aktivitäten deutlich unter den bewilligten Jahres- und Kurzzeit-Abgabelimiten. Auch unter Berücksichtigung der Dosisbeiträge aller abgegebenen Radionuklide war diese kurzzeitige und lokal begrenzte, leichte Erhöhung der Radioaktivität in der Luft daher gesundheitlich nicht relevant.

Im Übrigen konnte im Februar 2020 die URAnet-Station in Freiburg wie geplant an den Standort «Ufem Horn» in unmittelbarer Nachbarschaft des Kernkraftwerks Mühleberg verschoben werden. Die neue Station «Ufem Horn» ist seit dem 25. Februar 2020 vollständig in Betrieb. Mittlerweile hat am 15. September 2020 die erste Phase zum Rückbau des Kernkraftwerks Mühleberg begonnen.

Wichtigste Ergebnisse der Überwachung 2020

Die Messergebnisse aus der Umweltüberwachung 2020 haben keine anormalen Werte gezeigt. Die Ergebnisse bestätigen somit, dass die natürliche Radioaktivität in der Schweiz überwiegt. Allerdings bestehen, hauptsächlich aufgrund der Geologie, regionale Abweichungen. Die Radioaktivität künstlichen Ursprungs als Folge des Niederschlags von Kernwaffentests und des Unfalls in Tschernobyl ist geografisch ebenfalls ungleichmässig verteilt: In den Alpen und auf der Alpensüdseite sind die Werte für Caesium-137 und Strontium-90 noch immer leicht höher als im Mittelland.

Auswirkungen der Waldbrände in der Ukraine vom April 2020 in der Schweiz

Im April 2020 kam es zu ausgedehnten Waldbränden in der Ukraine im Gebiet um das ehemalige Atomkraftwerk Tschernobyl. Solche Brände können radioaktives Caesium-137 in die Luft freisetzen. In der Ukraine wurden tatsächlich zeitweise erhöhte Caesium-137-Konzentrationen in der Luft gemessen. Die Werte waren aber tief. In der Schweiz blieben die maximalen Werte für Caesium-137 im April im üblichen Rahmen, das heisst zwischen 0,5 und 1 microBq/m³ auf der Alpennordseite und zwischen 1 und 2 microBq/m³ im Tessin. Allerdings wurde in Güttingen zwischen dem 20. und 27. April in den Hochvolumen-Aerosolfiltern ein etwas höherer Wert ($2,7 \pm 0,4$ microBq/m³) registriert.

Ausbreitungsrechnungen des Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) haben gezeigt, dass Luftmassen aus der Ukraine die Schweiz vom 8. bis 13. April erreichten und später noch einmal vom 23. bis 27. April. Für den etwas höheren Caesium-137-Wert bei der Station Güttingen Ende April ist also ein Einfluss der Waldbrände in der Ukraine nicht völlig auszuschliessen. Es ist aber ebenso gut möglich, dass die grosse Trockenheit in der Schweiz im April zu einer verstärkten Aufwirbelung von Staub aus Böden in der Umgebung geführt hat. Auch die Böden in der Schweiz enthalten etwas Caesium-137, das noch aus Ablagerungen nach dem Unfall von Tschernobyl 1986 sowie von den oberirdischen Atombombentests in den 1960er Jahren stammt. Durch Resuspension von Staub aus solchen Böden kann Caesium-137 in die Aerosolfilter gelangen. In trockenen Zeiten wird infolge der verstärkten Aufwirbelung von Staub regelmässig eine Erhöhung der Konzentrationen beobachtet.

Ergebnisse der Jahresüberwachung

Obwohl die Konzentrationen von Caesium-137 seit 1986 stetig abnehmen, werden in bestimmten Nahrungsmitteln (z. B. in einheimischen oder eingeführten Wildpilzen, Honig oder Heidelbeeren) noch immer erhöhte Werte gemessen. Überschreitungen des Grenzwerts für Lebensmittel, der gemäss der am 1. Mai 2017 in Kraft getretenen Tschernobyl-Verordnung bei 600 Bq/kg liegt, wurden 2020 wiederum im Fleisch von Tessiner und Bündner

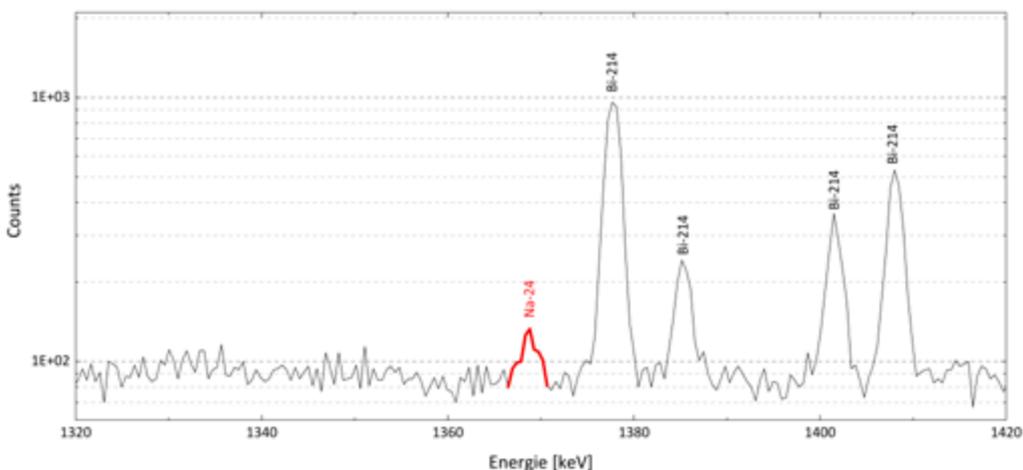


Abb. 28
Spuren von Natrium-24 in Aerosolen, gemessen an der URAnet-aero-Messstation am PSI, im September 2020

Wildschweinen festgestellt. Seit einigen Jahren kontrolliert der Veterinärdienst des Kantons Tessin die Radioaktivität aller auf dem Kantonsgebiet gejagten Wildschweine. Der Kanton Graubünden hat 2020 erstmals solche Messungen vorgenommen. Die zwischen Juni und September durchgeführte Kampagne hat ergeben, dass bei 12 der 34 kontrollierten Wildschweine der zulässige Grenzwert überschritten wurde. Davon abgesehen wurden 2020 bei den in der Schweiz geprüften Lebensmitteln keine weiteren Überschreitungen des Grenzwerts für Caesium-137 beobachtet.

Im Rahmen der Überwachung der Kernkraftwerke und der Forschungszentren (PSI, CERN) wurden mit den 2020 durchgeführten Messungen Spuren von Luftemissionen nachgewiesen. Feststellbar waren namentlich erhöhte Kohlenstoff-14-Werte in Blättern in der Umgebung der Kernkraftwerke sowie erhöhte Konzentrationen von Isotopen mit kurzer Halbwertszeit (Natrium-24, Iod-131), welche die Beschleuniger der Forschungszentren produzieren. In der Aare und im Rhein zeigten sich gelegentlich Spuren flüssiger Abgaben in den Sedimenten, insbesondere während der Revision der Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg im Juli und August. Die Messungen ergaben im April auch leicht erhöhte Tritium-Konzentrationen (16 +/- 1 Bq/l) in der Aare bei Brugg nach der Revision des Kernkraftwerks Gösgen. Im gleichen Zeitraum betrugen die monatlichen Tritium-Konzentrationen im Rhein bei Weil am Rhein rund 5 Bq/l. Die Abgaben dieser künstlichen Radionuklide an die Umwelt blieben aber immer deutlich unter den erlaubten Werten.

2017 haben das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und das BAG im Hinblick auf den Rückbau des Kernkraftwerks Mühleberg gemeinsam ein Programm für zusätzliche Messungen in der Umgebung des Kernkraftwerks lanciert. Das Ziel des dreijährigen Zusatzprogramms bestand darin, vor dem Beginn der Arbeiten einen Nullpunkt für die radiologische Situation festzusetzen, insbesondere für einige spezielle Radionuklide. So lassen sich später die effektiven radiologischen Auswirkungen durch den Rückbau der Anlage auf die Umwelt bestimmen. Ein Bericht zu den Resultaten dieses Programms wird anfangs 2021 veröffentlicht.

In der unmittelbaren Umgebung von Unternehmen, die Tritium verwenden, ergab die Überwachung, wie schon in der Vergangenheit, eine signifikante Kontamination der Umwelt (Niederschläge, Lebensmittel), insbesondere bei der mb Microtec in Niederwangen. Allerdings konnte in den an der Station «Firma» gesammelten Niederschlägen eine Reduktion der gemessenen Tritium-Konzentrationen um rund 50 % gegenüber 2019 beobachtet werden. So haben die Konzentrationen an dieser Station 320 Meter nordöstlich der mb Microtec, wo die Konzentrationen in der Regel am höchsten sind, 2020 einen Höchstwert von 1450 Bq/l und einen Durchschnittswert von 350 Bq/l erreicht. Bei den Lebensmitteln bestätigten die Messungen der Tritium-Konzentrationen in Destillaten von Obst- und Gemüseproben (Äpfel, Birnen, Pflaumen, Salat usw.), die der Kanton Bern Ende August 2020 in der Nähe des Unternehmens mb Microtec gesammelt hatte, diese Feststellung: Die gemessenen Werte zwischen 5 und 220 Bq/l liegen im Vergleich zu den beiden Vorjahren ebenfalls tiefer. Diese signifikante Abnahme der Emissionen im Jahr 2020 ist eine Folge der geringeren Produktion aufgrund der Pandemie einerseits und der Inbetriebnahme einer neuen Abluftreinigungsanlage Ende 2019 andererseits. Das Unternehmen hatte sich Ende 2017 verpflichtet, seine Emissionen durch Erneuerung seines Belüftungssystems zu verringern. Die Analyse des Verhältnisses zwischen «verwendeten Aktivitäten» und «über die Abluft an die Umwelt abgegebenen Aktivitäten» ergab, dass die neue Anlage die Emissionen um nahezu 30 % senkt. Das Unternehmen plant weitere Schritte zur Reduktion seiner Emissionen. Die Suva als Aufsichtsbehörde verfolgt das Vorhaben weiter.

Weiterhin überwacht wurde auch die Radioaktivität im Wasser von Kläranlagen, im Waschwasser aus der Rauchgasreinigung von Verbrennungsanlagen und im Sickerwasser von Deponien; es wurden jedoch keine anormalen Ergebnisse gemessen.

Intervention in einem radiologischen Notfall

2020 hat die Abteilung Strahlenschutz die Krisenmanagementorganisation des Bundesamts für Gesundheit (BAG) zur Bekämpfung der COVID-19-Pandemie unterstützt. Infolgedessen schritten die Arbeiten im Bereich der Vorbereitung auf radiologische Notfälle langsamer fort. Dieses Kapitel gibt einen Einblick in die wichtigsten Projekte, die 2020 vorangetrieben wurden.

Hauptaktivitäten zur Vorbereitung auf Notfallsituationen

Es ist Aufgabe des BAG, dafür zu sorgen, dass die Kompetenzen zur Behandlung von Strahlenopfern aufgebaut und erhalten werden. Als entsprechendes Kompetenzzentrum für die Schweiz wurde das Universitätsspital Zürich eingesetzt. Ziel ist nun, ein landesweites klinisches Netzwerk zu schaffen, um Fähigkeiten und Kapazitäten im medizinischen Management von stark bestrahlten Menschen aufzubauen. Zu diesem Zweck fand anfangs 2020 ein erster Workshop mit Vertretern von zehn Schweizer Spitälern, den Bundesstellen BAG, Suva, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Koordinierter Sanitätsdienst (KSD) und einer Vertreterin der Weltgesundheitsorganisation (WHO) statt. Ein zweiter Workshop ist für 2021 geplant.

2020 wurden die Jodtabletten ausserhalb des Radius von 50 km um die Schweizer Kernkraftwerke (KKW) ausgetauscht (vgl. Abb. 29), Jodtabletten kämen bei einem schweren KKW-Unfall mit Austritt von radioaktivem Jod zum Einsatz. Jodtabletten haben eine Haltbarkeit von zehn Jahren und müssen danach ersetzt werden. Die Abgabe der Jodtabletten erfolgt vorsorglich an die Haushalte innerhalb des Radius von 50 km um die KKW. Im Rest der Schweiz, d. h. in den Gebieten, die weiter als 50 km von den KKW entfernt sind, werden sie kantonal zentralisiert gelagert.

Die Strahlenschutzverordnung (StSV) beauftragt das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) mit der Erarbeitung des nationalen Notfallplans für nukleare und radiologische Notfälle (NR-Plan) und das BAG mit der Erarbeitung der Strahlenschutzstrategie für den NR-Plan. Dazu bestand 2019 und 2020 eine enge Zusammenarbeit mit der Nationalen Alarmzentrale (NAZ). Die Fertigstellung dieses wichtigen Dokuments steht nun kurz vor dem Abschluss. Im Rahmen der Revision der Gesetzgebung über den Bevölkerungsschutz und den *Zivilschutz* (BZG) gab es intensive Diskussionen über die von der NAZ angeordneten Notfallmassnahmen im Falle eines radiologischen Unfalls (Dosis-Massnahmenkonzept DMK). Die Massnahme des geschützten Aufenthaltes für Kinder, Jugendliche und Schwangere bei einer Überschreitung der Dosischwelle von 1 mSv in zwei Tagen im Freien wurde aus dem DMK gestrichen und neu durch eine Verhaltensempfehlung ersetzt.

Nach Artikel 171 der StSV ist das BAG dafür zuständig, die langfristigen Massnahmen zur Bewältigung der Auswirkungen einer Kontamination des Landes infolge eines Notfalls vorzubereiten. Ein solcher Notfall wäre beispielsweise ein schwerer KKW-Unfall mit einer signifikanten Abgabe von Radioaktivität an die Umwelt. Eine langfristige Kontamination eines Gebiets nach einem Notfall wird als bestehende Expositionssituation betrachtet. Die in einem solchen Fall geltenden Referenzwerte sind in der StSV festgelegt: Sie liegen zwischen 1 und 20 mSv pro Jahr. Zurzeit erarbeitet das BAG ein Konzept, das die erforderlichen Grundsätze der Vorbereitung und Umsetzung von Massnahmen in der Phase

nach einem solchen Unfall definiert. Die Massnahmen zielen auf die Reduktion der Exposition der Menschen, die Gewährleistung akzeptabler Lebensbedingungen für die Bevölkerung, die Wiederherstellung der kontaminierten Gebiete, die Begleitung der ansässigen Bevölkerung und die lokale Reorganisation der wirtschaftlichen Aktivität. Als nächsten Schritt plant das BAG, zusammen mit den betroffenen Partnern Fachgruppen einzusetzen, die die vorgeschlagenen Massnahmen diskutieren und analysieren.

Unterstützung beim Krisenmanagement für COVID-19

Die Erkenntnisse aus regelmässig stattfindenden grossen Notfallübungen und vereinzelt kleineren Ereignissen haben im BAG Verbesserungen im Krisenmanagement ausgelöst. Das aktualisierte Krisenhandbuch bildet die Grundlage, um im Ereignisfall über eine geeignete Organisation zu verfügen. Der BAG-Krisenstab wurde zuletzt Ende 2019 bei der Sicherheitsverbandsübung SVU19 und der Gesamtnotfallübung GNU19 beübt. Zu diesem Zeitpunkt konnte noch niemand ahnen, dass die Abteilung Übertragbare Krankheiten (BAG) nur rund zwei Monate später den Krisenstab für COVID-19 ins Leben rufen musste. Die Abteilung Strahlenschutz hat gemeinsam mit der Abteilung Übertragbare Krankheiten im Pandemie-Krisenstab mitgewirkt. Beide Abteilungen unterstützen sich in Krisen gegenseitig, da sie auf Notfallmassnahmen spezialisiert sind. Es wird wichtig sein, die bei der Bewältigung der Pandemie gemachten Erfahrungen (Lessons learnt) zu beobachten, um die Auswirkungen auf die Bewältigung eines radiologischen oder nuklearen Notfalls zu analysieren.



Abb. 29
Ausserhalb von 50 km um die schweizerischen Kernkraftwerke sorgen die Kantone für eine geeignete Lagerung von Jodtabletten für die Bevölkerung. Ende 2020 wurden die Jodtabletten in den Kantonen neu verteilt.

Gesundheitsschutz vor nicht-ionisierender Strahlung und Schall

Am 1. Juni 2019 ist die Verordnung zum Bundesgesetz über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall in Kraft getreten. Sie regelt seitdem auch Veranstaltungen mit Laserstrahlung, die meldepflichtig sind. Bei solchen Veranstaltungen muss nun eine sachkundige Person vor Ort sein. Zu vielen Geräten, die nichtionisierende Strahlung erzeugen, hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) 2020 neue Faktenblätter erstellt, unten ein Überblick dazu. Sämtliche Faktenblätter sind auf der BAG-Webseite publiziert.

Erwerb der Sachkunde für Veranstaltungen mit Laserstrahlung

Die Verordnung zum Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (V-NISSG) regelt Veranstaltungen mit Laserstrahlung. Die Verordnung gilt für alle Arten von Veranstaltungen mit Laserstrahlung, sowohl in Gebäuden oder im Freien. Dazu gehören nicht nur Lasershows, sondern auch holografische Projektionen und astronomische Vorführungen.

Veranstaltungen mit Laserstrahlung aller Laserklassen sind meldepflichtig, mit Ausnahme von Veranstaltungen mit Lasereinrichtungen der Klassen 1 und 2, sofern diese nicht in den Luftraum strahlen. Die Veranstaltung mit Laserstrahlung muss dem BAG über ein Meldeportal bis spätestens 14 Tage vor der Veranstaltung gemeldet werden.

Nach einer Übergangsfrist von 18 Monaten schreibt die Verordnung ab dem 1. Dezember 2020 auch vor, dass ein Veranstalter, der eine Veranstaltung mit Laserstrahlung durchführen will, eine sachkundige Person einsetzen muss. Die sachkundige Person ist für die Meldung und das Design einer Lasershow wie auch für die Installation und den Betrieb einer Laseranlage verantwortlich. Sie hält die Anforderungen der V-NISSG verbindlich ein. Es gibt zwei Arten von Sachkunden,

die Ausbildungen unterscheiden sich in Dauer sowie in den Inhalten und der Komplexität:

- Veranstaltungen ohne Laserstrahlung im Publikumsbereich können wahlweise mit einem Sachkundenachweis oder einer reduzierten Sachkundebestätigung durchgeführt werden.
- Für Veranstaltungen mit Laserstrahlung im Publikumsbereich braucht es für die Meldung, Planung, Installation und Inbetriebnahme zwingend einen Sachkundenachweis.

Das Eidgenössische Departement des Innern hat dazu eine Verordnung erlassen, welche die Sachkundenachweise und Sachkundebestätigungen auflistet, die eine bestimmte Prüfungsstelle ausstellen darf. Wer eine Ausbildung und Prüfung anbieten und einen Sachkundenachweis und/oder eine Sachkundebestätigung in der Verordnung auflisten möchte, kann beim BAG ein Gesuch um Aufnahme stellen. Seit August 2020 sind folgende Prüfungsstellen in dieser Verordnung gelistet und dürfen Sachkundebestätigungen und Sachkundenachweise ausstellen:

- Technische Berufsschule Zürich, Ausstellungsstrasse 70, 8090 Zürich
- Laserworld Switzerland AG, Kreuzlingerstrasse 5, 8574 Lengwil



Abb.30
Veranstaltungen mit Laserstrahlung sind meldepflichtig, zudem braucht es eine sachkundige Person vor Ort.

Neue Faktenblätter zu nicht-ionisierender Strahlung

Das BAG veröffentlicht auf www.bag.admin.ch/nis-faktenblaetter Faktenblätter zu Geräten, die nichtionisierende Strahlung erzeugen, und erfüllt damit seine Informationspflicht. Die Faktenblätter fassen in der Einführung die gesundheitlichen Aspekte zusammen und geben Empfehlungen ab, wie Personen ihre Strahlenexposition mit einfachen Mitteln reduzieren können. Ein zweiter, ausführlicher Teil beschreibt die wesentlichen technischen Merkmale der Geräte, gibt die Expositionen und die anzuwendenden Grenzwerte an und schätzt mögliche gesundheitliche Auswirkungen anhand der Expositionen und der wissenschaftlichen Literatur ab. Die Faktenblätter enthalten zudem Angaben, wie die Geräte in der Schweiz rechtlich geregelt sind.

Im Jahr 2020 hat das BAG folgende Faktenblätter angepasst oder neu veröffentlicht:

Faktenblatt Lasershows: Das Faktenblatt informiert über die neue Regelung für Lasershows, die bei Laserklassen 1M, 2M, 3R, 3B und 4 eine Sachkunde der Betreiberin oder des Betreibers voraussetzt. Diese können mit einer «Sachkundebestätigung» eine Lasershow betreiben, die nicht in den Publikumsbereich

strahlt. Andernfalls ist ein «Sachkundenachweis» erforderlich, um die Laserstrahlung so zu begrenzen, dass die maximale zulässige Bestrahlung (MZB) im Publikumsbereich eingehalten ist. Das Faktenblatt beschreibt zudem, wie interessierte Personen eine Sachkundebestätigung oder einen Sachkundenachweis erwerben können.

Faktenblatt Lasertags: Bei Laser-Tag-Spielen versuchen Personen oder Mannschaften, die gegnerische Partei mit dem Laserstrahl eines in der Hand gehaltenen «Taggers» zu treffen. Die Laserstrahlen stellen keine Gefahr für die Augen dar, wenn die Spielerinnen und Spieler die Tagger sachgemäss verwenden. Das heisst, dass sie nie in einen Laserstrahl blicken und diesen nie auf die Augen der Mitspielerinnen und Mitspieler richten.

Faktenblatt Laserpointer: Laserpointer der Klassen 1M, 2M, 3R, 3B und 4 sind in der Schweiz seit dem 1. Juni 2019 verboten, seit dem 1. Juni 2020 ist bereits ihr Besitz ein Straftatbestand. Laserpointer der Klasse 2 sind bis zum 1. Juni 2021 in Innenräumen für Zeigezwecke noch zulässig. Das Faktenblatt informiert über die Gründe dieses Verbots, beschreibt die Kennzeichnung der verbotenen Laserpointer und die Entsorgungsmöglichkeiten. Es stellt die neue rechtliche Regelung

der Schweiz vor, die neben den Verboten Laserpointer der Klasse 1 für Zeigezwecke in Innenräumen erlaubt. Die Regelung betrifft nicht die virtuellen elektronischen Laserpointer, die keine Laserstrahlung erzeugen und die eine ausgezeichnete Alternative zum klassischen Laserpointer darstellen.

Faktenblatt Solarien: Das Faktenblatt beschreibt die neue Regelung zu bedienten und unbedienten Solarien, die seit dem 1. Juni 2020 gültig ist. Ziel ist es, auf UV-Strahlung empfindlich reagierende Personen vom Solarienbesuch abzuhalten, die Kundschaft über Risiken von UV-Strahlung aufzuklären sowie die Strahlungsdosen der einzelnen Besuche und von aufeinanderfolgenden Besuchen so zu begrenzen, dass gesundheitliche Schäden minimiert werden. Ab dem 1. Januar 2022 müssen Betreiberinnen und Betreiber von Solarien zudem verhindern, dass minderjährige Personen Solarien besuchen können.

Faktenblatt Fitness-Tracker und Smartwatches: Es handelt sich dabei um am Arm oder Handgelenk getragene Funkanlagen, die Körperfunktionen und Fitnessparameter einer Person aufzeichnen oder wie Smartphones funktionieren. Sie können entweder mit einem anderen Smartphone kommunizieren oder direkt Mobilfunkverbindungen aufbauen. Im letzteren Fall können im Arm erhöhte Strahlungsexpositionen entstehen, deren gesundheitliche Auswirkungen nicht bekannt sind. Das BAG empfiehlt deshalb, direkte Verbindungen zum

Mobilfunknetz nur während begrenzter Zeit zu nutzen und bevorzugt über Bluetooth oder WLAN aufs Internet zuzugreifen.

Faktenblatt UV-C-Entkeimungsgeräte für den Heimgebrauch: Solche handgeführten Geräte sind mit der COVID-19-Pandemie in grosser Zahl auf dem Markt erschienen. Ihre vom Gerät abgestrahlte UV-C-Strahlung soll laut den Herstellern pathogene Keime abtöten. Messungen im Auftrag des BAG haben gezeigt, dass solche Geräte eine starke UV-C-Strahlung erzeugen, die den Grenzwert für die Augen teilweise innert Zehntelsekunden erreicht. Andererseits sind Geräte auf dem Markt, die entgegen den Herstellerangaben keine keimtötende UV-C-Strahlung erzeugen. Das BAG empfiehlt deshalb, solche Geräte generell nicht zu verwenden.

Faktenblatt künstlich erzeugtes Tageslicht: In den letzten Jahren sind Leuchtmittel erschienen, die das Tageslicht simulieren. Sie sollen dessen Wirkungen auf den Schlaf, gewisse Hormone, die Wachheit, auf kognitive Funktionen und weitere physiologische Abläufe von Menschen beeinflussen, die sich am Tag vorwiegend in künstlich beleuchteten Innenräumen aufhalten. Eine im Auftrag des BAG erstellte Literaturstudie zeigt, dass sich eine tageslichtähnliche Beleuchtung, die tagsüber Licht mit hoher Intensität und kälterer Lichtfarbe abstrahlt, vorteilhaft auf kognitive und subjektive Messgrössen, nicht aber auf physiologische Messgrössen auswirkt.



Abb. 31
Das Faktenblatt Solarien beschreibt die neue Regelung zu bedienten und unbedienten Solarien.

Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung

Der grösste Anteil an der Strahlenexposition der Bevölkerung stammt vom Radon in Wohnräumen sowie von medizinischen Untersuchungen. Die Bevölkerung ist von diesen Strahlungsquellen unterschiedlich stark betroffen.

Expositionskategorien

Im Strahlenschutz unterscheiden wir drei Kategorien von Strahlenexpositionen:

Die erste Kategorie umfasst die beruflich strahlenexponierten Personen. In der Schweiz wird bei über 100 000 Personen die Strahlenexposition bei der Berufsausübung überwacht; die einen tragen dazu ein Dosimeter, bei den anderen erfolgt eine Berechnung (z. B. beim Flugpersonal). Diese Exposition wird von den Arbeitgebern und den Behörden genau erfasst und kontrolliert und in einem separaten Bericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» publiziert www.bag.admin.ch/dosimetrie-jb (weitere Informationen vgl. Kapitel «Überwachung strahlenexponierter Personen», S. 21 des vorliegenden Berichts).

Die zweite Kategorie ist die Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung. Sie umfasst also alle Personen. Anders als bei der beruflichen Exposition werden die Dosen, die die Bevölkerung erhält, nicht individuell erfasst, sondern für die Gesamtbevölkerung ausgewertet. Dies erfolgt auf der Grundlage von Messungen der Radioaktivität in der Umwelt und in Wohnräumen, Umfragen und mathematischen Modellen. Das vorliegende Kapitel erläutert die Ergebnisse dieser Beurteilung der Strahlendosis für die Schweizer Bevölkerung.

Zur dritten Kategorie gehören die Patientinnen und Patienten, die sich einer medizinischen Diagnostik oder Behandlung mit ionisierender Strahlung unterzogen haben. Sie zählen natürlich ebenfalls zur Bevölkerung, aber die zusätzlichen Dosen aufgrund der medizinischen

Exposition sind separat zu betrachten, denn die medizinische Exposition ist gewollt und die Patientin oder der Patient hat einen direkten Nutzen für Gesundheit und Wohlbefinden. Es handelt sich hier um einen Spezialfall: Die Person, die einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, profitiert gleichzeitig direkt davon, beispielsweise von einer genaueren Diagnose.

Ursachen der Strahlenexposition

Die ganze Schweizer Bevölkerung ist permanent ionisierender Strahlung natürlichen und künstlichen Ursprungs ausgesetzt. Wenn wir oft zwischen natürlichen und künstlichen Quellen unterscheiden, dann nicht, weil erstere weniger schädlich sind als letztere, sondern generell, weil sie überall vorhanden sind und wir sie nicht beeinflussen können. Es gibt jedoch Ausnahmen, namentlich im Fall von Radon-222. Radongas und seine radioaktiven Folgeprodukte sind zwar natürlichen Ursprungs – verantwortlich für die hohen Strahlendosen von Hausbewohner/innen ist aber ihre Akkumulation in Innenräumen aufgrund einer ungünstigen Bauweise. Ähnlich verhält es sich etwa mit dem Rauchen oder dem Fliegen, wo die Strahlung natürlichen Ursprungs ist, die von einer bestimmten Person erhaltene Dosis aber direkt mit ihrem Verhalten zusammenhängt.

Aus Sicht der öffentlichen Gesundheit ist es daher sinnvoller, die Expositionsquellen nicht nach ihrer natürlichen oder künstlichen Ursache, sondern danach zu unterscheiden, welche Möglichkeiten es für den Einzelnen und die Gesellschaft gibt, auf die von diesen verursachte Belastung zu reagieren.

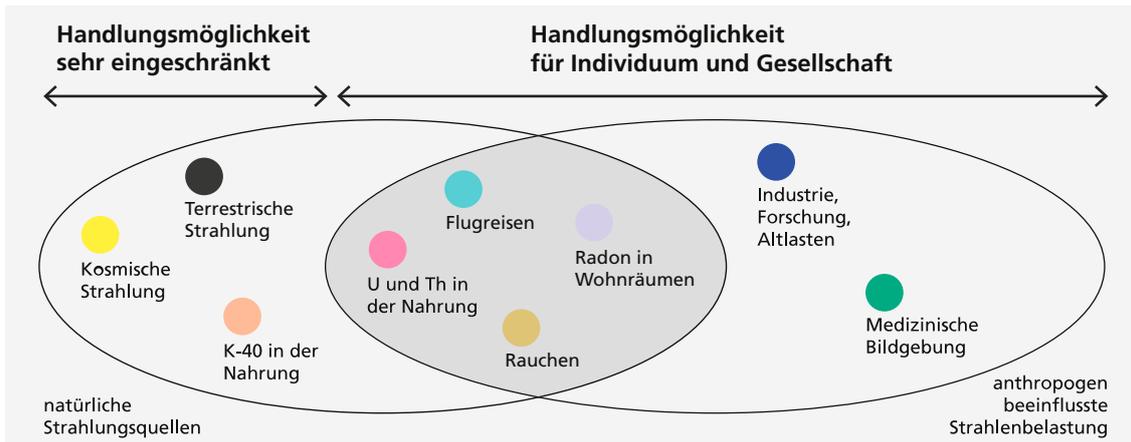


Abb. 32
 Die wichtigen Beiträge zur Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung. Linkes Oval: Natürliche Strahlungsquellen. Rechtes Oval: anthropogene Strahlenbelastungen. Überlappender Bereich (dunkler Hintergrund): Die Strahlungsquelle ist natürlich, die Exposition hängt aber von menschlicher Tätigkeit ab. Sie kann also durch das Verhalten einer Person oder der Gesellschaft beeinflusst werden. Nicht überlappender Bereich links: Möglichkeiten zur Verminderung dieser Expositionen sind sehr beschränkt. Nicht überlappender Bereich rechts: Künstliche Strahlungsquellen, die ohne menschliche Tätigkeit nicht existieren würden.

Abbildung 32 illustriert die hauptsächlichlichen Quellen der Strahlenexposition, der die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist (ohne Berücksichtigung der beruflich strahlenexponierten Personen). Die Untersuchungen und Berechnungen zur Abschätzung der durchschnittlichen jährlichen Dosis der Schweizer Bevölkerung, aufgeteilt nach Quelle, und ihre Schwankungsbreiten sind im Jahresbericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» ausführlich beschrieben, vgl. www.bag.admin.ch/ura-jb.

Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung

Exposition gegenüber terrestrischer und kosmischer Strahlung

Die Dosis aufgrund der terrestrischen Strahlung (d. h. Strahlung aus Boden und Fels) macht im Mittel 0,35 mSv pro Jahr aus und hängt von der Zusammensetzung des Untergrundes ab. Die Dosis durch kosmische Strahlung beträgt im Mittel etwa 0,38 mSv pro Jahr. Die kosmische Strahlung nimmt mit der Höhe zu. Deshalb beträgt sie beispielsweise auf 1 500 m über Meer 0,6 mSv pro Jahr. Die Dosen bei Flugreisen in grosser Höhe werden separat behandelt, da sie direkt durch das individuelle Verhalten beeinflusst werden.

Strahlenbelastung durch Nahrungsmittel

Bei der durch Nahrungsmittel verursachten Exposition ist zu unterscheiden zwischen Kalium-40 und den anderen Radionukliden. Kalium-40 ist ein natürliches Radionuklid, das sich im homöostatischen Gleichgewicht befindet: Die Selbstregulierung des Körpers führt zu einer konstanten Konzentration von Kalium-40. Eine Person ist somit unabhängig von ihren Ernährungsgewohnheiten immer gleich stark exponiert. Da Kalium-40 sich vor allem im Muskelgewebe festsetzt, hängt die Dosis durch dieses Nuklid (rund 0,2 mSv pro Jahr) in erster Linie von der Muskelmasse einer Person ab. Weitere Radionuklide in der Nahrung können natürlichen Ursprungs sein (z. B. Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen von Uran und Thorium, wie Polonium-210 und Blei-210) oder künstlichen Ursprungs (z. B. Caesium-137 und Strontium-90). Anders als bei Kalium-40 hängt hier die Exposition direkt von den Ernährungsgewohnheiten ab.

In gewissen Fischen und Meeresfrüchten kann beispielsweise Polonium-210 und Blei-210 angereichert sein, was zu signifikanten zusätzlichen Dosen führen kann. Laut dem französischen Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit (IRSN) beträgt die durchschnittliche effektive Dosis der französischen Bevölkerung aufgrund des Konsums von Fisch und Meeresfrüchten 0,13 mSv /Jahr, kann aber bei speziellen Ernährungsgewohnheiten bis zu 2 mSv /Jahr gehen. Bislang wurde dieser spezifische Beitrag bei der Dosisauswertung für die Schweizer

Bevölkerung mangels ausreichender Daten nicht berücksichtigt. Der Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten ist in der Schweiz zwar rund dreimal tiefer als in Frankreich, trotzdem darf dieser zusätzliche Dosisbeitrag nicht vernachlässigt werden. Zurzeit ist sowohl auf internationaler Ebene (UNSCEAR) als auch für die Schweiz (BAG) eine Neubeurteilung im Gang. Es ist anzumerken, dass aus gesundheitlicher Sicht, trotz der zusätzlichen Dosen, eine Empfehlung zur Einschränkung des Verzehrs dieser Art von Nahrungsmitteln schwer zu rechtfertigen ist, angesichts ihrer unbestrittenen Ernährungsqualitäten.

Die Dosen durch die Aufnahme von Strontium-90 und/oder Cäsium-137 aus dem Fallout der atmosphärischen Atomtests der 1960er Jahre und im Falle von Cäsium-137 auch aus dem Unfall von Tschernobyl sind heute sehr gering. Die regelmässigen Ganzkörpermessungen an Schulklassen ergeben Dosen durch Inkorporation von Caesium-137 von weniger als einem Tausendstel mSv pro Jahr. Die Dosis aufgrund des Konsums von Trinkwasser ist auf natürliche Radionuklide zurückzuführen (hauptsächlich Radiumisotope) und liegt deutlich unter 0,1 mSv.

Im Durchschnitt beträgt die Dosis der Schweizer Bevölkerung durch die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung (ohne den Beitrag von Fisch und Meeresfrüchten) rund 0,35 mSv pro Jahr.

Strahlenbelastung durch Radon in Wohnräumen

Radon-222 und seine Folgeprodukte in Wohnräumen liefern den grössten Dosisbeitrag für die Bevölkerung. Diese Nuklide gelangen über die Atemluft in den Körper.

Die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat in ihrer Publikation 115 (2010) das Lungenkrebsrisiko aufgrund von Radon neu eingeschätzt und deutlich nach oben korrigiert. In ihrer Publikation 137 (2017) schlägt die ICRP einen neuen Dosiskoeffizienten für Personen am Arbeitsplatz vor, der auch für die Radonexposition der Bevölkerung in Wohnräumen anwendbar ist und mit der Einschätzung aus ICRP 115 (2010) übereinstimmt. Der neue Dosiskoeffizient wurde auf der Basis eines dosimetrischen Modells bestimmt und dient

in der Schweiz als Referenz für die Bevölkerung sowie für die Personen am Arbeitsplatz. Folglich beträgt die durchschnittliche «Radondosis» für die Schweizer Bevölkerung mit dem neuen Dosiskoeffizienten etwa 3,3 mSv pro Jahr. Der angegebene Mittelwert leitet sich aus der durchschnittlichen Radonkonzentration in Gebäuden von 75 Bq/m³ ab (diese wird zukünftig neu berechnet). Jedoch ist die Radonbelastung der Bevölkerung nicht einheitlich bzw. der Bereich der gemessenen Werte sehr gross. Es sind z. B. Spitzenwerte von mehreren Tausend Bq/m³ gemessen worden.

Der wissenschaftliche Ausschuss der Vereinten Nationen für die Auswirkungen radioaktiver Strahlung (UNSCEAR) empfiehlt allerdings nach seiner jüngsten Bewertung die Beibehaltung eines Dosiskoeffizienten, der deutlich niedriger ist als derjenige der ICRP. Diese Koeffizienten werden im Rahmen des UNSCEAR-Mandats zu Vergleichszwecken bei der Bewertung der weltweiten Bevölkerungsexposition verwendet. Die durchschnittliche «Radondosis» der Schweizer Bevölkerung mit dem UNSCEAR Dosiskoeffizient würde bei etwa 1,9 mSv pro Jahr liegen.

Strahlenbelastung durch Rauchen

Während die gesundheitsschädigende Wirkung des Tabakkonsums allgemein bekannt ist, ist vielen Menschen nicht bewusst, dass Rauchen auch eine zusätzliche Exposition gegenüber ionisierender Strahlung darstellt. Bei Raucherinnen und Rauchern führt das Inhalieren von natürlichen Radionukliden, wie Polonium-210 und Blei-210, die in den Tabakblättern enthalten sind, zu einer zusätzlichen Strahlendosis, verglichen mit Nichtraucherinnen und Nichtrauchern. Gemäss neueren Studien liegt der Mittelwert für die effektive Dosis beim Rauchen von 20 Zigaretten täglich bei 0,26 mSv pro Jahr. Im Jahr 2016 rauchten 25,3 % der Schweizer Bevölkerung über 15 Jahre gelegentlich (1,2 Zigaretten/Tag) oder täglich (13,6 Zigaretten/Tag). Das entspricht im Durchschnitt 2,5 Zigaretten pro Tag und Einwohner/in und somit einer durchschnittlichen effektiven Dosis von 0,03 mSv/Jahr pro Einwohner/in über 15 Jahre wegen Rauchens.

Strahlenbelastung durch Flugreisen

Da die kosmische Strahlung mit der Höhe zunimmt – in 10 000 m Höhe ist sie rund

100-mal stärker als auf 500 m über Meer – sind Personen, die mit dem Flugzeug reisen, einer zusätzlichen Strahlenexposition ausgesetzt. Im Gegensatz zur permanenten Exposition im Lebensraum am Boden hängt diese zusätzliche Exposition direkt mit dem Verhalten einer Person zusammen und wird hier deshalb separat behandelt. Im Jahr 2015 (neueste verfügbare Daten) legten die Schweizerinnen und Schweizer im Schnitt 9000 km im Flugzeug zurück. Die daraus resultierende Dosis pro Einwohner/in liegt zwischen 0,03 und 0,07 mSv/Jahr, je nach absolvierten Strecken. Die Dosen sind bei Routen, die in der Nähe der Pole verlaufen, höher als bei Routen in Äquatornähe. Für das Flugpersonal kann die zusätzliche Dosis durch kosmische Strahlung mehrere mSv pro Jahr erreichen.

Exposition gegenüber Abgaben aus Industrie, Forschung und Medizin und gegenüber radiologischen Altlasten (Kernwaffentests und Reaktorunfälle, Radium aus der Uhrenindustrie)

Zu den bisher erwähnten Strahlendosen kommt ein geringer Beitrag von $\leq 0,1$ mSv pro Jahr aus den Expositionen gegenüber Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt durch Kernkraftwerke, Industriebetriebe, Forschungszentren und Spitäler sowie gegenüber von künstlichen Radionukliden in der Umwelt. Die Emissionen radioaktiver Stoffe über Abluft und Abwasser aus Kernkraftwerken, Industriebetrieben und Forschungszentren ergeben bei Personen, die in unmittelbarer Nähe wohnen, Dosen von höchstens einem Hundertstel mSv pro Jahr. Der Dosisgrenzwert für die Bevölkerung in geplanten Expositionssituationen liegt bei 1 mSv pro Jahr und gilt hauptsächlich für diese Komponente der Exposition.

Zu den radiologischen Altlasten gehört der radioaktive Fallout als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl im April 1986 und der oberirdischen Kernwaffenversuche in den frühen 1960er Jahren; diese Beiträge verursachen heute nur noch eine Dosis von wenigen Hundertstel mSv pro Jahr. Die Dosis durch die Ausbreitung von radioaktiven Stoffen nach dem Reaktorunfall in Fukushima 2011 ist in der Schweiz vernach-

lässigbar. Derzeit läuft ein Aktionsplan zur Sanierung von Liegenschaften, die mit Radium kontaminiert sind, das bis in die 1960er Jahre in der Uhrenindustrie verwendet wurde (Seite 45). Über 100 Liegenschaften sind bereits saniert worden, wodurch im Schnitt eine zusätzliche Dosis von mehreren mSv pro Jahr für die Bewohnerinnen und Bewohner vermieden wird.

Exposition von Patientinnen und Patienten

Strahlenbelastung durch medizinische Diagnostik

Die Dosis aufgrund medizinischer Anwendungen (medizinische Bildgebung) beträgt gemäss Auswertung der Erhebung von 2018 (siehe Seite 13 in diesem Bericht) auf die gesamte Bevölkerung umgerechnet 1,49 mSv/Jahr pro Person (einschliesslich des Beitrags der nuklearmedizinischen Diagnostik von 0,11 mSv). Im Vergleich zur Zwischenerhebung von 2013 hat sich die Dosis stabilisiert. Mehr als zwei Drittel der Strahlendosis in der Röntgendiagnostik sind durch computertomografische (CT) Untersuchungen verursacht. Wie beim Radon ist die Belastung durch die medizinische Diagnostik ungleichmässig verteilt: So wird geschätzt, dass 1,7 Patienten pro 1000 Einwohnerinnen und Einwohner über einen Zeitraum von fünf Jahren eine kumulierte effektive Dosis von mehr als 100 mSv¹ durch CT-Untersuchungen erhalten. Dabei ist allerdings zu erwähnen, dass die Mehrheit der Patientinnen und Patienten diese hohen Dosen in fortgeschrittenem Alter erhalten.

Bilanz der Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung

Durchschnittliche Exposition

Die durchschnittlichen Beiträge der oben aufgeführten Expositionsquellen sind in Abbildung 33 zusammengefasst. Die durchschnittliche effektive Dosis, die die Schweizer Bevölkerung aus allen Expositionsquellen zusammen erhält, beläuft sich auf rund 6 mSv/Jahr.

1 Berechnungsmethode nach: Rehani MM, Hauptmann M, Estimates of the number of patients with high cumulative doses through recurrent CT exams in 35 OECD countries; *Physica Medica* 76 (2020); <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.07.014>

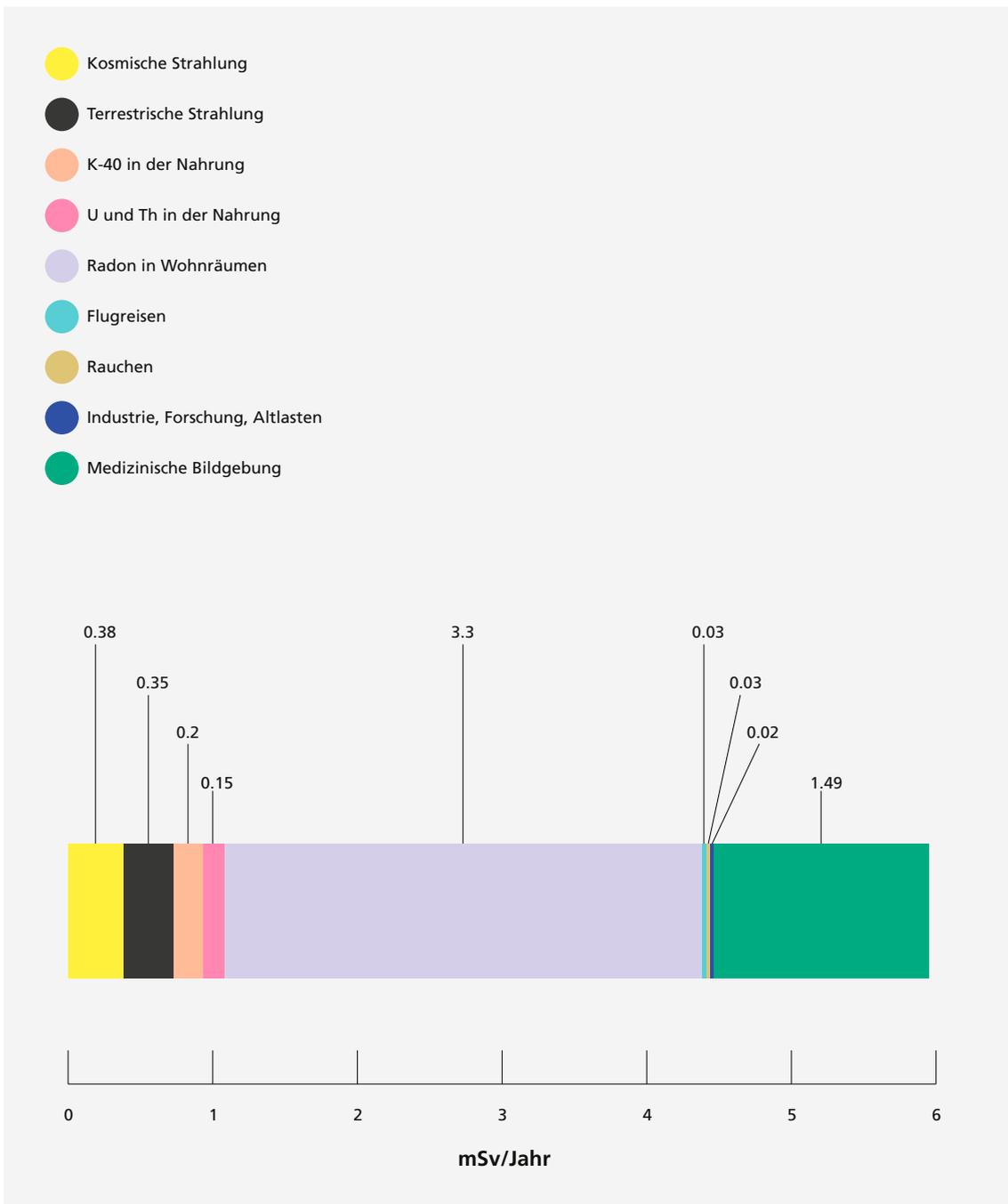


Abb. 33
 Durchschnittliche Beiträge zur effektiven Dosis pro Jahr und
 Einwohner/in der Schweiz in mSv.

Variabilität der Exposition

Die Mittelwerte der Exposition geben alleine kein repräsentatives Bild der realen Exposition der Einwohnerinnen und Einwohner der Schweiz, da bestimmte Beiträge zur Strahlenbelastung von Person zu Person sehr stark variieren können. Am ausgeprägtesten ist dies bei medizinischen Exposition von Patientinnen und Patienten der Fall. Beispielsweise beträgt die durchschnittliche effektive Dosis der häufigsten CT-Untersuchungen an Abdomen und Oberbauch ungefähr 12 mSv. Die durchschnittliche Dosis der Patientenexposition von 1,49 mSv ist folglich wenig repräsentativ für die individuell erhaltenen Dosen der betroffenen Patienten.

Um ein Gesamtbild der Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung zu erhalten, ist es folglich wichtig, die individuellen Voraussetzungen, beispielsweise Wohnort, Lebens- und Ernährungsgewohnheiten und erhaltene medizinische Untersuchungen, zu berücksichtigen. Dies ermöglicht es bei den Strahlenschutzmassnahmen für die Bevölkerung gezielt Prioritäten zu setzen. Auch ist so für jede und jeden besser nachvollziehbar, inwiefern ein Verhalten oder eine besondere Situation die eigene Strahlenbelastung beeinflussen kann.

Um diese Unterschiede in der Strahlenbelastung darzustellen, wurden einige fiktive, aber realistische Expositionsszenarien definiert und dafür die Beiträge der verschiedenen Expositionquellen zur effektiven Dosis beurteilt. Die resultierenden Gesamtdosen für die jeweilige fiktive Person sind in Abbildung 34 dargestellt.

Die Fälle 1 bis 5 entsprechen der Mehrheit der Bevölkerung, die sich während eines Jahres keiner Untersuchung mit medizinischem Bildgebungsverfahren unterziehen muss:

- Fall 1: jährliche Dosis einer Person, die nicht raucht, nicht im Flugzeug reist, in einer Wohnung mit schwacher Radonkonzentration und schwacher terrestrischer und kosmischer Strahlung lebt und wenig Lebensmittel konsumiert, die reich sind an natürlichen Radionukliden
- Fall 2: jährliche Dosis einer Person wie im Fall 1, ausser dass die Radonkonzentration in der Wohnung dem schweizerischen Durchschnitt entspricht (75 Bq/m^3)
- Fall 3: jährliche Dosis einer Person, die in einer Gemeinde mit mittlerer Radonkonzentration und mittlerer terrestrischer und kosmischer Strahlung wohnt, die durchschnittlich oft Lebensmittel konsumiert, die reich sind an natürlichen Radionukliden, täglich 2,5 Zigaretten raucht und jedes Jahr einmal Zürich–Doha retour (9000 km) fliegt; die Person im Fall 3 erhält damit eine jährliche effektive Dosis, die der durchschnittlichen Dosis der Schweizer Bevölkerung (ohne Beitrag der Medizin) entspricht
- Fall 4: jährliche Dosis einer Person wie im Fall 3, in deren Wohnung die Radonkonzentration jedoch hoch ist
- Fall 5: jährliche Dosis einer Person, die in einer Wohnung mit hoher Radonkonzentration und hoher terrestrischer und kosmischer Strahlung lebt, täglich 1 Paket Zigaretten raucht, sehr viele Lebensmittel, die reich an natürlichen Radionukliden sind, konsumiert und zudem häufig im Flugzeug reist

Die Fälle 6 und 7 entsprechen den Dosen von Personen, die zusätzlich als Patientin oder Patient durch medizinische Röntgendiagnostik exponiert sind:

- Fall 6: jährliche Dosis einer Person wie im Fall 3, die pro Jahr eine radiografische Untersuchung mit einer Dosis von 1,49 mSv erhält (was der durchschnittlichen Dosis der Bevölkerung infolge medizinischer Anwendungen entspricht)
- Fall 7: jährliche Dosis einer Person wie im Fall 5, bei der zusätzlich ein Bauch- und Beckenscan durchgeführt wurde (2 Durchgänge)

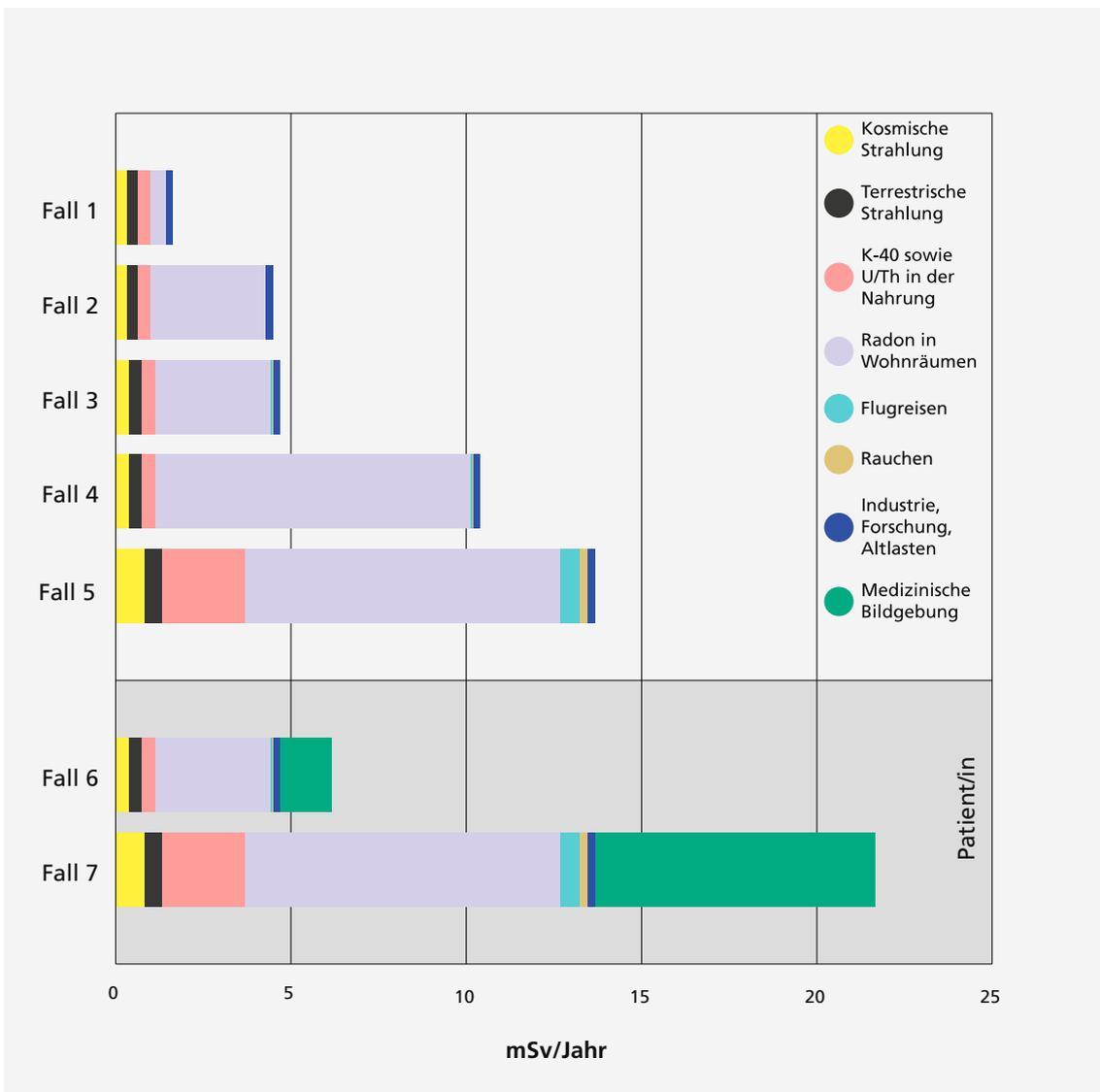


Abb. 34 Variabilität der Exposition der Schweizer Bevölkerung: effektive Dosis für eine Person in mSv/Jahr für sieben standardisierte Szenarien.

Internationale Zusammenarbeit

Der Schweizer Strahlenschutz muss internationalen Standards entsprechen und – besonders wo der Austausch mit den umliegenden Ländern von Bedeutung ist – harmonisiert sein. Die enge Zusammenarbeit mit internationalen Gremien ist deshalb wichtig. Die COVID-19-Krise hat 2020 unseren Austausch natürlich sehr viel komplizierter gemacht. Unsere wichtigsten Partner sind nachfolgend aufgeführt.

Kooperationszentrum der Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Seit 2014 ist das Bundesamt für Gesundheit (BAG) Kooperationszentrum der WHO für Strahlenschutz und öffentliche Gesundheit. Es engagiert sich hier für den Gesundheitsschutz in Notfallsituationen mit Strahlenexposition, in Situationen mit bestehender Strahlenexposition (insbesondere mit Radon) oder mit geplanter Strahlenexposition im medizinischen Bereich sowie bei Expositionen mit nichtionisierender Strahlung. Das BAG hat in diesem Rahmen am jährlichen International Advisory Committee Meeting zu elektromagnetischen Feldern (IAC) und am jährlichen Meeting des Intersun Programms zu UV-Strahlung teilgenommen, das dieses Jahr virtuell vom 29. Juni bis am 1. Juli stattfand.

Wissenschaftlicher Ausschuss der UNSCEAR

UNSCEAR ist eine 1955 geschaffene Kommission der Vereinten Nationen. Ihre Mission besteht darin, die Strahlendosen und die Wirkungen ionisierender Strahlen auf internationaler Ebene zu prüfen und eine wissenschaftliche Basis für den Strahlenschutz bereitzustellen. Sie legt der UN-Generalversammlung in regelmässigen Abständen Berichte vor. Seit 2016 umfasst die deutsche Delegation einen Vertreter der Abteilung Strahlenschutz.

Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP)

Die ICRP hat den Auftrag, ein internationales System zum Strahlenschutz zu entwickeln und auf dem aktuellen Stand zu halten. Sie gibt Empfehlungen zu allen Aspekten dieses Schutzes heraus. Ausserdem ist Professor François Bochud, Vorsitzender der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (KSR), Mitglied im Komitee 4, das bei der Umsetzung der ICRP-Empfehlungen eine Beratungsfunktion wahrnimmt. 2017 hat sich das BAG verpflichtet, während fünf Jahren die ICRP-Initiative «Advancing Together» zu unterstützen. Ziel der Initiative ist es, das Strahlenschutzsystem zu verbessern, den Zugang zu den Empfehlungen und Arbeiten der ICRP zu erweitern und die Zusammenarbeit mit Fachpersonen, Behörden und der Bevölkerung zu stärken. 2020 hat das BAG in der neuen Task Group 114 mitgewirkt, die eine Reflexion zu den Konzepten der «Reasonableness» und «Tolerability» im Strahlenschutzsystem führen soll.

Internationale Atomenergieorganisation (IAEO)

Die IAEO ist eine mit der UNO verbundene Organisation, deren Aufgabe es ist, grundlegende Sicherheitsnormen zum Strahlenschutz aufzustellen. Zu diesem Zweck stützt sie sich auf die Empfehlungen und Leitlinien der ICRP. Diese Normen sind die Grundlage für die Ausarbeitung gesetzlicher Bestimmungen zum Strahlenschutz auf internationaler (zum Beispiel Europäische Union) oder nationaler Ebene. In diesem Zusammenhang verfolgt das BAG insbesondere die Tätigkeiten des RASSC

(Radiation Safety Standards Committee). Im November 2020 hat die IAEA die International Conference on Radiation Safety: Improving Radiation Protection in Practice organisiert. Ziel der Konferenz war es, eine Bestandsaufnahme der weltweiten Strahlenschutzsituation vorzunehmen. Zudem galt es, den Erfahrungsaustausch der Mitgliedstaaten bei der Anwendung des in den IAEA-Sicherheitsnormen vorgesehenen Strahlenschutz-Systems zum Schutz von Arbeitskräften, Patienten, der Bevölkerung und der Umwelt zu fördern. Das BAG hat bei der Session zur bestehenden Expositionssituation den Radium-Aktionsplan vorgestellt. Anschließend wurden die Kommunikation, das Stakeholder Involvement sowie die Rechtfertigungsbasis der Massnahmen diskutiert. Der Radium-Aktionsplan wurde auch als «Case-study» am Meeting on the Draft IAEA Safety Report on Living and Working in Long-term Contaminated Environments diskutiert. Das BAG hat zudem an mehreren teilweise virtuellen IAEA-Veranstaltungen zur radiologischen Sicherung und Abfallentsorgung teilgenommen.

Kernenergie-Agentur (NEA)

Die NEA (Nuclear Energy Agency) gehört zur Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD und unterstützt ihre Mitgliedstaaten in technischen und rechtlichen Fragen bei der Entwicklung und friedlichen Nutzung der Kernenergie. Das BAG wirkt punktuell bei den Arbeiten des Komitees für Strahlenschutz und öffentliche Gesundheit mit.

International Radiation Protection Association (IRPA)

Die wichtigste Aufgabe der IRPA ist es, die Kommunikation zwischen den Strahlenschutzakteuren zu verbessern und so die Strahlenschutzkultur, die Umsetzung der guten Praxis und die Fachkompetenzen zu fördern. Das BAG beteiligt sich an diesen Arbeiten mit verschiedenen Arbeitsgruppen des Fachverbands für Strahlenschutz, insbesondere dem Arbeitskreis der nichtionisierenden Strahlung (AK NIR), sowie mit der Association romande de radioprotection (ARRAD).

Expertengruppe «Artikel 31 Euratom-Vertrag»

Seit 2014 nimmt das BAG in einer Beobachtungsfunktion an den Treffen und Diskussionen der Expertengruppe «Artikel 31 Euratom-Vertrag» teil. Diese Gruppe ist damit beauftragt, die von der Europäischen Kommission ausgearbeiteten Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen zu prüfen.

Vereinigung europäischer Strahlenschutzbehörden (HERCA)

In der HERCA sind nahezu alle europäischen Staaten vertreten. Die Vereinigung hat das Ziel, den Strahlenschutz in Europa zu harmonisieren, zum Beispiel durch gemeinsame Stellungnahmen zu Strahlenschutzthemen. Sie ist für die europäischen Strahlenschutzbehörden die wichtigste Plattform für den Erfahrungsaustausch und zur Verbesserung der Strahlenschutzpraxis in den Mitgliedsländern. In diesem Zusammenhang hat sich das BAG an mehreren Treffen insbesondere für die Vorbereitung eines Europäischen Inspektoren-Workshops in der Radiotherapie stark engagiert. Dieser Workshop hat zum Ziel, die Kompetenz der Inspektoren und Inspektorinnen der Strahlenschutzbehörden zu stärken und sie mit neuen Technologien vertraut zu machen. Aufgrund der Pandemie und der Idee eines intensiven Erfahrungsaustausches unter den Inspektoren und Inspektorinnen aus den Mitgliedsländern von HERCA wurde das Treffen auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Das Thema Strahlenschutz bei Protonentherapieanlagen wurde im Rahmen einer dedizierten Arbeitsgruppe von HERCA intensiv diskutiert. In einer weiteren Arbeitsgruppe wurde der Entwurf eines Leitfadens zur Anwendung von Befreiungsgrenzen und Freigabewerten für NORM fertiggestellt.

Europäisches Forschungsprogramm zum Strahlenschutz (CONCERT)

Das BAG vertritt die Interessen der Schweiz im Rahmen der europäischen und internationalen Forschungsnetze im Bereich Strahlenschutz und gewährleistet den Zugang von Schweizer Forschenden zu diesen Programmen, z. B. zum Programm CONCERT. CONCERT, das «European

Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research», gehört zum Forschungsprogramm Horizon 2020 und bildet den strukturellen Rahmen für gemeinsam lancierte Forschungsinitiativen der Strahlenschutz-Forschungsplattformen MELODI, ALLIANCE, NERIS und EURADOS. CONCERT ist eine gemeinsam finanzierte Initiative mit dem Ziel, nationale Forschungsbemühungen anzuziehen und mit den europäischen Projekten zu bündeln, um die öffentlichen Ressourcen besser zu nutzen und die gemeinsamen europäischen Herausforderungen im Strahlenschutz effizienter angehen zu können. Die Schweiz hat über die Universität Zürich im Projekt CONFIDENCE (Coping with uncertainties For Improved modelling and DEcision making in Nuclear emergenCIes) mitgewirkt, das vom BAG kofinanziert wurde. Das Team leistete einen Beitrag zum Teil «Evaluation der Gesundheitsrisiken», bei dem Informatiktools zur raschen und wirksamen Beurteilung von Krebsrisiken für die Bevölkerung bei einem nuklearen Notfall entwickelt werden. Ausserdem hat sich die Schweiz am Projekt VERIDIC (Validation and Estimation of Radiation skIn Dose in Interventional Cardiology) beteiligt. In dieses vom BAG kofinanzierte Projekt waren das Genfer und das Waadtländer Universitätsspital (HUG, CHUV) involviert. Projektziel war die Harmonisierung und Sicherstellung der Qualität bei der Abschätzung von Hautdosen in der interventionellen Kardiologie, um dadurch den Strahlenschutz für die Patientinnen und Patienten zu verbessern. Das BAG war direkt am Projekt ENGAGE (ENhancinG stAkeholder participation in the GovernancE of radiological risks for improved radiation protection and informed decision-making) beteiligt, dessen Ziel es war, die hauptsächlichen Schwierigkeiten und Möglichkeiten des Stakeholder-Einbezugs im Bereich der medizinischen Expositionen, Expositionen nach Unfällen und der Radonexposition zu identifizieren und anzugehen.

European ALARA Network (EAN)

Ziel dieses Netzwerks (www.eu-alara.net) ist es, die Strahlenexposition der Bevölkerung mit Optimierungsstrategien auf einem so niedrigen Niveau zu halten, wie dies mit vernünftigem Aufwand möglich ist («As Low As Reasonably Achievable»). Das Netzwerk organisiert alle zwei Jahre einen Workshop. Im Jahr 2020 haben die Vorstandsmitglieder des EAN an der Entwicklung einer Strategischen Agenda gearbeitet, die die Vision, die Ziele und die vorgeschlagenen Aktivitäten des EAN für den Zeitraum von 2021–2026 enthält. Dieses Dokument löst die frühere Strategische Agenda 2015–2020 ab. Das Netzwerk hat 2020 zudem zwei Newsletter publiziert und wird 2022 einen Workshop in der Medizin organisieren.

Bilaterale Zusammenarbeit mit Deutschland und Frankreich

Zwischen dem BAG und den deutschen Strahlenschutzbehörden, d. h. dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sowie auch dem BAG und der Autorité de sûreté nucléaire (ASN) in Frankreich, findet regelmässig ein Austausch statt. Ausserdem beteiligt sich das BAG mit den Strahlenschutzbehörden ENSI und Suva am Erfahrungsaustausch zu Betrieb, Sicherheit, Überwachung und Umweltauswirkungen von Kernanlagen sowie weiteren Aspekten des Strahlenschutzes. Dieser Austausch findet regelmässig statt, im Rahmen der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen bzw. der Commission mixte franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Rechtsgrundlagen

Seit der Inkraftsetzung der Gesetzgebung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall (NISSG) im Jahr 2019 gibt es zwei gesetzliche Grundlagen im Schweizer Strahlenschutz.

Die ionisierende Strahlung ist mit einer umfassenden Gesetzgebung geregelt, die Vollzugsaufgaben sind hauptsächlich Sache des Bundes. Die wichtigsten Erlasse der Strahlenschutzgesetzgebung sind das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG) und die totalrevidierte Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV). Darauf basieren weitere Verordnungen zum Strahlenschutz, die meist technische Aspekte regeln. Die Strahlenschutzgesetzgebung beruht auf Artikel 118 Absatz 2 Buchstabe c der Bundesverfassung, die dem Bund die Kompetenz zum Erlass von Vorschriften über ionisierende Strahlung überträgt. Der Schutz gilt für alle Situationen, in denen Mensch und Umwelt ionisierenden Strahlen ausgesetzt sind. Die Gesetzgebung umfasst alle relevanten Bereiche der ionisierenden Strahlung (Ausbildung, Bewilligung, Aufsicht, Dosimetrie, Abfälle, Umwelt, Forschung,

Notfälle etc.) und basiert für alle Gebiete (Medizin, Forschung, Industrie, Kernanlagen) auf einheitlichen Konzepten.

Dieser Jahresbericht erfüllt die von der Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung geforderte Informationspflicht zur Personendosimetrie (Art. 75 StSV), Umweltradioaktivität (Art. 194 StSV) und über Ereignisse von öffentlichem Interesse (Art. 196 StSV).

Der Gesundheitsschutz bei NIS und Schall ist seit dem 1. Juni 2019 mit der Verordnung zum Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (V-NISSG) verbessert. Die Verordnung regelt die Verwendung von Solarien, sieht eine Ausbildung für kosmetische Behandlungen vor, verbietet gefährliche Laserpointer und enthält Bestimmungen zu Veranstaltungen mit Schall und Laserstrahlung. Der Vollzug liegt mehrheitlich bei den Kantonen, der Bund unterstützt die Kantone mit Vollzugshilfen. Im Bereich von Veranstaltungen mit Laserstrahlung ist der Bund seit dem 1. Dezember 2020 für den Vollzug zuständig.

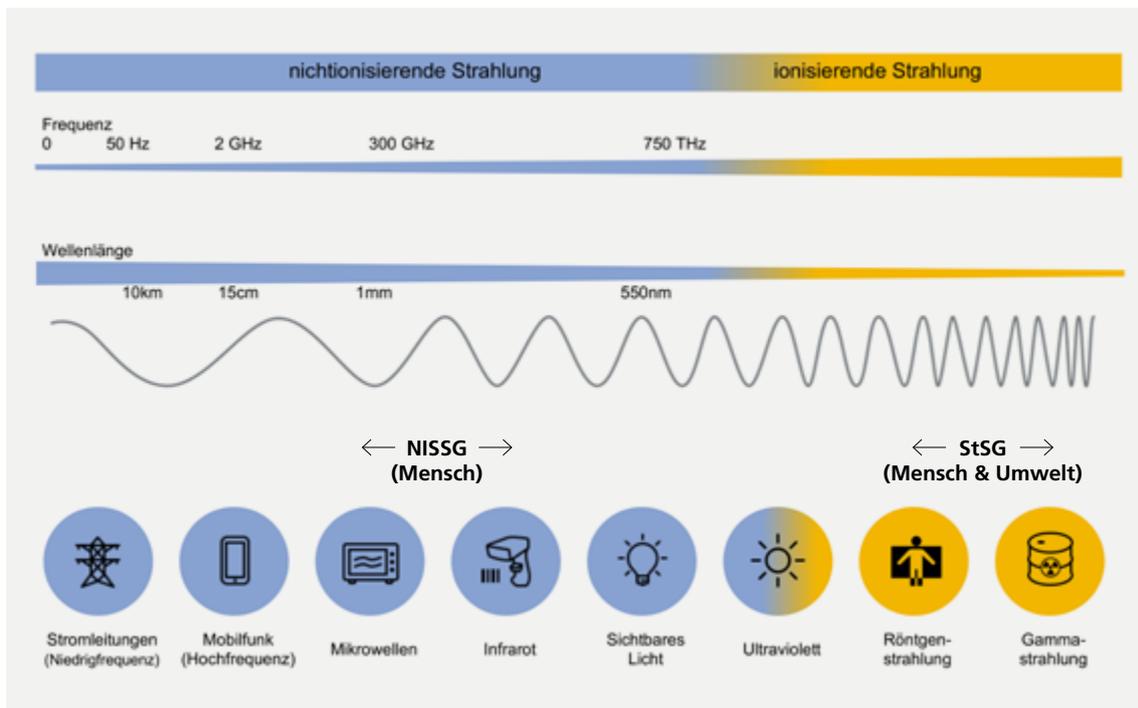


Abb. 35
Das Strahlenspektrum als Handlungsrahmen für das Strahlenschutzgesetz (StSG) und das Gesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG)

Aufgaben und Organisation

Strahlung ist allgegenwärtig. Ihrem Nutzen in Medizin, Forschung und Industrie oder im täglichen Leben stehen Risiken für Mensch und Umwelt gegenüber. Starke Expositionen gegenüber Strahlung, Radioaktivität, Radon oder Schall bergen Risiken – sei es für Arbeitnehmende, als Patientin oder Privatperson. Es ist Aufgabe des Bundesamts für Gesundheit (BAG), die Bevölkerung vor den Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung zu schützen, nützliche Anwendungen zu ermöglichen und Informationen bereitzustellen. Zudem ist es für den medizinischen und beruflichen Strahlenschutz zuständig, überwacht die Umweltradioaktivität und bereitet den radiologischen Notfallschutz vor.

Das BAG ist die Bewilligungsbehörde für den Umgang mit ionisierender Strahlung in Medizin, Industrie und Forschung. Die Überwachung der rund 22 000 Bewilligungen für die Verwendung ionisierender Strahlung in Medizin, Lehre und Forschung ist deshalb eine zentrale Aufgabe der Abteilung Strahlenschutz. Das BAG überwacht die Umweltradioaktivität und betreibt dafür nebst schweizweiten Messnetzen ein akkreditiertes Labor. Es setzt in drei Bereichen umfangreiche Aktionspläne um: Radon, Radium und Radon (Radiologische Sicherung und Sicherheit). Zudem wirkt es bei der Vorbereitung radiologischer Notfallsituationen mit. Im nichtionisierenden Bereich informiert das BAG die Öffentlichkeit über den strahlungsarmen Umgang mit Produkten, die nichtionisierende Strahlung (NIS) und Schall aussenden. Seit dem 1. Juni 2019 vollzieht das BAG zusammen mit den Kantonen die Vorgaben der neuen Gesetzgebung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall.

Über 40 Mitarbeitende verschiedener Berufsgruppen wie Physikerinnen, Geologen, Biologinnen, Radiochemiker oder Ingenieure arbeiten in der Abteilung Strahlenschutz. Erste Priorität haben Massnahmen, die schwere Störfälle verhindern und hohe Strahlendosen bei Bevölkerung, Patientinnen und Patienten sowie beruflich strahlenexponierten Personen vermeiden. Partnerschaften mit Fachgremien im In- und Ausland ermöglichen es dem BAG, gesundheitliche Risiken von Strahlung

laufend nach dem neusten Stand zu beurteilen. Das Aufgabenportfolio der Abteilung Strahlenschutz umfasst:

- Bewilligungen und Aufsicht in Strahlentherapie, Nuklearmedizin und radiologischer medizinischer Diagnostik und in Forschungsanlagen wie CERN und PSI;
- Erarbeitung gesetzlicher Grundlagen;
- Vollzug der Gesetzgebung zum Schutz vor NIS und Schall, gemeinsam mit den Kantonen;
- Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen (ca. 104 000 Personen inkl. 9300 Personen beim Flugpersonal);
- Bewilligung klinischer Studien mit radioaktiv markierten Pharmazeutika;
- Bewilligung und Typenprüfung radioaktiver Strahlenquellen;
- Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt;
- Betrieb eines akkreditierten Radioaktivitätslabors und Betrieb von Messnetzen;
- Evaluation der Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung;
- Umsetzung der Aktionspläne Radon, Radium, Radon;
- Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen, Dosimetriestellen und Radonmessstellen;
- Krisenmanagement bei radiologischen Notfällen.

Vision

Die Schweiz verfügt über einen umfassenden, nachhaltigen und hochstehenden Strahlenschutz.

Mission

Das BAG sorgt als kompetente Behörde für den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor gesundheitsgefährdender Strahlung.

