



Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz – Ergebnisse 2023

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser

Die Schweiz feierte 2023 das 175-jährige Bestehen der Bundesverfassung – ein Anlass für Bundesbern, seine Türen für die Öffentlichkeit aufzumachen. Das BAG war mit einem Referat zum «Strahlenschutz im Wandel der Zeit» dabei: von der Blütezeit des Radiums und seiner Verwendung in der Uhrenindustrie, zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt in Verbindung mit der Entwicklung der zivilen und militärischen Kernenergie bis hin zu den ansteigenden medizinischen Strahlenanwendungen für Diagnostik und Therapie. Sie werden bei der Lektüre dieses Berichts feststellen, dass sich ein Grossteil unserer heutigen Tätigkeiten rund um diese drei Bereiche dreht. Das Jubiläum bot überdies auch Gelegenheit, daran zu erinnern, dass der Schutz der Gesundheit vor ionisierenden Strahlen explizit in der Verfassung verankert ist (Artikel 118 Absatz 2 Buchstabe c). Eine starke Botschaft des Volks, das folglich mit Recht ein hohes Strahlenschutzniveau in der Schweiz erwarten darf. Auf diesem Verfassungsartikel basiert das Strahlenschutzgesetz, das derzeit einer Teilrevision hinsichtlich des Verursacherprinzips, des Datenschutzes und der Strafbestimmungen unterzogen wird. Die entsprechende Vorlage, die 2023 in Vernehmlassung ging, wurde insgesamt gut aufgenommen. Die zugehörige Botschaft wird dem Bundesrat 2024 unterbreitet.

Eine der strategischen Prioritäten des BAG ist die Digitalisierung, namentlich im Bereich E-Government. 2023 haben wir erfolgreich das neue «Radiation Portal Switzerland» eingeführt. Dank diesem System können die ca. 26 000 Bewilligungen im Strahlenschutz global verwaltet werden. Die Betriebe wie medizinische Institutionen haben jederzeit Zugriff auf ihre Daten und können online Gesuche einreichen. Wenn Sie mehr dazu erfahren möchten, kann ich Ihnen das Interview mit den beiden massgeblichen Architekten dieser digitalen Transformation, Samuel von Gunten und Pete Gehrig, sehr empfehlen.

Im Jahr 2023 setzten wir die Vorbereitungen auf ein mögliches nukleares Ereignis in der Ukraine aufgrund des Krieges fort – in der Hoffnung, nie darauf zurückgreifen zu müssen. In Zukunft werden wir die Kompetenzen im Krisenmanagement für den Fall eines radiologischen Ereignisses zusammen mit den betroffenen Partnern noch weiter ausbauen und nachhaltig sicherstellen müssen, gerade auch um neue Szenarien bewältigen zu können. Ein weiterer Höhepunkt des Jahres

2023 war die Expertenmission der Internationalen Atomenergie-Organisation – ein wichtiger Meilenstein des Aktionsplans Radiss 2020–2025. Im Fokus standen dabei die Überprüfung des Schutzes vor kriminellen Handlungen, Diebstahl und Sabotage. Die Expertinnen und Experten beurteilten den Aktionsplan im Gesamten sowie die gute Zusammenarbeit zwischen den involvierten Stellen positiv. Darüber hinaus formulierten sie Empfehlungen zur weiteren Verbesserung der radiologischen Sicherheit in der Schweiz.

Das vergangene Jahr markierte auch den Abschluss des Aktionsplans Radium 2015–2023. Insgesamt 1093 Gebäude und Gärten wurden untersucht und 161 davon einer Sanierung unterzogen. Bis Ende 2024 wird dem Bundesrat eine Bilanz zu den durchgeführten Massnahmen präsentiert.

Nicht zuletzt hat sich die neue Gesetzgebung im Bereich nichtionisierender Strahlung und Schall bereits als äusserst wertvoll für den Verbraucherschutz erwiesen. Bei über der Hälfte der zwischen 2022 und 2023 von den Kantonen nach Vorgaben des BAG kontrollierten Solarien war der zulässige Grenzwert für die Bestrahlungsstärke überschritten. Es bestand eindeutig Handlungsbedarf!

Entdecken Sie in diesem Bericht die vielfältigen wichtigen Tätigkeiten, die unsere Abteilung 2023 beschäftigt haben. Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre!

Sébastien Baechler



Impressum

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

Grafiken & Layout:
Heyday Konzeption und Gestaltung
Copyright: BAG, Juni 2024

Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:
«Strahlenschutz BAG; Jahresbericht 2023»

Weitere Informationen und Bezugsquellen:
Bundesamt für Gesundheit BAG,
Direktionsbereich Gesundheitsschutz

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

[Abonnieren Sie unseren Newsletter
Gesundheitsschutz](#)

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
Strahlenschutz setzt neue Massstäbe in der Digitalisierung	6
Strahlenschutz in Medizin und Forschung	13
Aktionsplan zur radiologischen Sicherung und Sicherheit «Radiss» 2020–2025	27
Radiologische Ereignisse	30
Strahlenarme Röntgenbilder sind das A und O	39
Aktionsplan Radium 2015–2023	43
Mischkontaminationen: Besuch auf zwei Baustellen zur Radiumsanierung	46
Aktionsplan Radon 2021–2030	49
Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt	52
Intervention in einem radiologischen Notfall	56
Seminar «Sind wir auf radiologische Notfälle vorbereitet?»	60
Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall	62
Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung	65
Internationale Zusammenarbeit	72
Rechtsgrundlagen	75
Abteilung Strahlenschutz — Aufgaben und Organisation	77

Strahlenschutz setzt neue Massstäbe in der Digitalisierung

Die «Digitale Transformation im Gesundheitswesen» ist ein strategischer Schwerpunkt des BAG und von «Gesundheit2030». Unter dieser Prämisse hat die Abteilung Strahlenschutz mit der neuen Fachanwendung Radiation Portal Switzerland (RPS) neue Massstäbe gesetzt: Rund 11 000 Betriebe aus Medizin, Forschung und Industrie haben neu Zugriff auf ihre Bewilligungsdaten und können Gesuche und Meldungen via Portal einreichen.

RPS ist eine sehr moderne Anwendung im E-Government und hat auch international Interesse erregt. Samuel von Gunten, Projektleiter, und Pete Gehrig, Product Owner, erläutern im Interview, wie sie dieses Grossprojekt erfolgreich zum Abschluss gebracht haben.

2020 hat das Eidg. Departement des Innern (EDI) ein Programm zur digitalen Transformation und Innovation (DTI EDI) lanciert. Wie war die Abteilung Strahlenschutz davon betroffen?

Die Abteilung Strahlenschutz verfügt bereits über mehrere Fachanwendungen, die zum Digitalisierungsprogramm des BAG «ePortale und Gesundheit (ePGU)» gehören. Im ePGU-Portfolio befand sich mit dem Vernehmlassungstool für Rechtsetzungsvorhaben auch eine Applikation des EDI. Durch diese Zusammenarbeit mit dem Departement erregte RPS Aufmerksamkeit und mauserte sich zum «Leuchtturmprojekt». Nachdem weitere Anwendungen im Strahlenschutz erfolgreich realisiert wurden – darunter das Dosimetrieportal der beruflich strahlenexponierten Personen (vgl. auch S. 17), die Radondatenbank sowie die Meldeportale für Laserveranstaltungen und Sachkundenachweise für Laserveranstaltungen und im Kosmetikbereich – gilt jetzt das gesamte Programm ePGU als Vorzeigeprojekt. Deshalb können wir die Projekte im Strahlenschutz sowie des ganzen BAG mit dem Programm DTI EDI vernetzen, was viele Synergien bringt.

Warum braucht es digitale Anwendungen wie RPS oder das Dosimetrieportal?

Digitale Produkte im Gesundheitswesen sollen einen Mehrwert generieren – für die Partner des BAG und für das Amt gleichermaßen. Mehr Effizienz und Qualität stehen im Fokus, was die Zusammenarbeit zwischen allen Akteuren verbessert. Diesen Mehrwert erreichen wir durch die permanente Datenverfügbarkeit, das Once-Only-Prinzip bei der Datenerfassung, automatisierte Workflows und eine transparente Geschäftsführung. Die zunehmende Anzahl und Komplexität unserer Aufsichts- und Vollzugsaufgaben im Strahlenschutz, die wir mit stagnierenden Ressourcen bewältigen, erfordert Prozessoptimierungen. Das Beispiel RPS zeigt, dass wir durch die Automatisierung einfacher Tätigkeiten Zeit gewonnen haben, um die zunehmend komplexeren Aufgaben bewältigen zu können. Die Coronakrise führte uns zudem vor Augen, wie wichtig digitale Standards für staatliches Handeln sind. Workflowbasierte Anwendungen wie RPS oder das Dosimetrieportal erfüllen diese Ansprüche.

Wer profitiert von RPS – welche sind die verschiedenen Interessengruppen?

Die Stakeholder im Strahlenschutz sind sehr heterogen: Meldepflichtige und Antragstellende für Bewilligungen sind die grösste Anwendergruppe, dazu zählen Betriebe aus den Bereichen Medizin, Gewerbe und Industrie und Forschung. Neben dem BAG nutzen zudem Aufsichtsbehörden wie die Suva, das ENSI und das GS-VBS sowie kantonale Gesundheitsdirektionen und Feuerwehren/ABC Koordinatoren die Anwendung. Die Bevölkerung profitiert indirekt über eine verbesserte Aufsicht.

Wie lief die Umsetzung des Digitalisierungsprojekts RPS in der Abteilung Strahlenschutz ab – was waren Erfolgsfaktoren?

Die Umsetzung verlief partnerschaftlich, visionär und sorgfältig geplant! Nach einem ersten Versuch starteten wir im BAG das Projekt im Jahr 2018 neu. Durch den Einbezug der Suva hat sich die Zusammenarbeit unserer Aufsichtsbehörden partnerschaftlich weiterent-

wickelt. Es gab von Anfang an eine überzeugende Vision: RPS soll die umfassende Plattform im Strahlenschutz sein, die allen Betrieben und Behörden als modernes, benutzerfreundliches und effizientes Arbeitsinstrument dient.

Zu Beginn prüften und optimierten wir bestehende Prozesse – was eine einmalige Chance darstellte, Gewohnheiten zu hinterfragen und organisationsübergreifend zusammenzuarbeiten. Wichtig für die Optimierung war das sogenannte End-to-end-Prinzip, d. h. der Einbezug von externen Betrieben und Partnern.

Entscheidende Erfolgsfaktoren waren das agile Vorgehen und eine pragmatische Priorisierung. Zudem wurden sämtliche Anwendungen im Digitalisierungsprogramm ePGU vom gleichen Entwicklerteam realisiert. Dadurch ergaben sich viele Synergien in der Business Analyse sowie bei der Programmierung. Die gut eingespielte Kollaboration zwischen Projekt- und Entwicklungsteam, die wir über die Jahre aufbauten, sowie die hohe Einsatzbereitschaft trugen ebenfalls zum Gelingen bei.



Abb. 1: Samuel von Gunten, Projektleiter, und Pete Gehrig, Product Owner, erläutern im Interview, wie sie das Strahlenschutz-Projekt Radiation Portal Switzerland erfolgreich zum Abschluss gebracht haben.

Die Einführung von RPS erfolgte etappenweise, was rückblickend eine sinnvolle Entscheidung war: Im ersten Schritt nutzten wir RPS ab März 2021 nur intern im BAG und bei der Suva. Damit hatten wir die Möglichkeit, uns mit dem System vertraut zu machen und erste Optimierungen umzusetzen. Im Juni 2022 erhielten weitere Behörden wie das Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und die Kantone Zugriff auf die Anwendung, die so eine weitere Feuerprobe bestand. Seit März 2023 steht RPS auch den rund 11000 externen Betrieben zur Verfügung.

Aussergewöhnlich an RPS ist seine Anwendungsvielfalt: Alle Betriebe und Behörden in der Schweiz, die mit Strahlenschutz zu tun haben, können es als Management-Tool nutzen, um z. B. Meldefristen für ihre Bewilligungen zu verwalten. Wie ist es euch gelungen, die unterschiedlichen Anforderungen unter einen Hut zu bringen?

Unsere Vision führte dazu, dass wir eine vollständig digitale Abwicklung aller Antrags-, Melde- und Genehmigungsprozesse im Strahlenschutz anstrebten – für die Betriebe sowie auch für die Behörden. Betriebe können beispielsweise direkt in RPS ihre Bewilligungen (teilweise mehrere hundert) verwalten und benötigen dazu keine eigenen Systeme. In der Business Analyse erfassten wir daher sämtliche Geschäftsprozesse im Strahlenschutz. Wir bezogen erfahrene

Mitarbeitende und externe Betriebe in das Projekt mit ein und nutzten damit vorhandenes Wissen und Erfahrungen. Dazu behielten wir die im agilen Projektmanagement in Wechselwirkung stehenden Parameter Umfang, Qualität, Ressourcen und Zeit im Auge.

RPS wächst zudem weiterhin: Ab 2024 stehen mit Shannen Simmler als neuer Projektleiterin noch weitere Geschäftsprozesse im Strahlenschutz auf der Agenda: Jahresmeldungen für radioaktive Quellen, das Management radiologischer Ereignisse, Klinische Audits, das Nationale Register der Strahlendosen radiologischer Untersuchungen oder die Sammelaktion für radioaktive Abfälle.

Wie steht es mit den Sicherheitsmassnahmen für die Daten in RPS?

Für das Zugangs- und Berechtigungsmanagement wird der Bundesstandard eIAM eingesetzt. Für das Login ist eine digitale Identität erforderlich, das CH-LOGIN oder das HIN-LOGIN. Dazu existieren in RPS verschiedene Rollenprofile mit unterschiedlichen Zugriffsberechtigungen auf Daten. Damit haben wir Sicherheitsmassnahmen direkt in der Anwendung getroffen: Anwendende Personen können nur auf Daten, für die sie berechtigt sind, zugreifen. Auch bei Behörden ist der Zugang auf das Nötigste beschränkt.

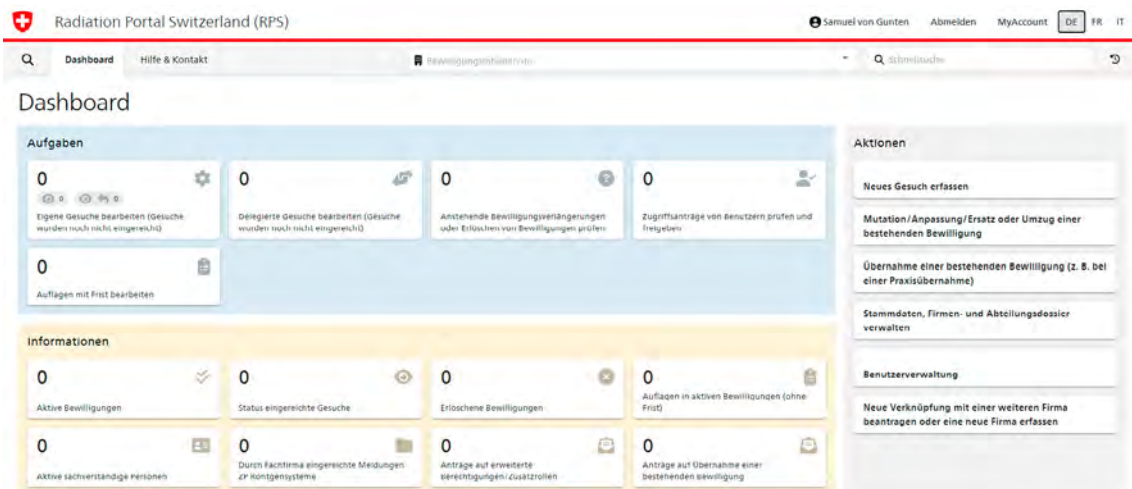


Abb. 2: Über das Dashboard der neuen Plattform Radiation Portal Switzerland können sämtliche Gesuchs- und Meldeprozesse im Strahlenschutz abgewickelt werden. Rund 11 000 Betriebe aus Medizin, Forschung und Industrie haben seit 2023 Zugriff auf ihre Bewilligungsdaten.

Wie verlief die Einführung von RPS bei den externen Betrieben und damit die Ablösung der Gesuch- und Meldeformulare?

Benutzerfreundlichkeit ist das entscheidende Qualitätsziel für die Akzeptanz. Es ist nicht einfach, diese zu erreichen, da nicht nur Datenfelder oder Workflows spezifiziert werden. Für ein gutes Resultat mussten wir die Anforderungen der Betriebe berücksichtigen.

Dazu haben wir fallweise externe Betriebe und andere Behörden in das Projekt involviert. Zudem setzten wir sogenannte «Personas» (fiktive Repräsentanten einer bestimmten Zielgruppe) für Tests ein. Vor der definitiven Einführung führten wir einen Pilottest mit 60 ausgewählten Betrieben durch. Die zahlreichen Feedbacks konnten wir mehrheitlich realisieren.

RPS unterstützt die Betriebe mit Reminder-Services, Validierungen und Automatisierung und übernimmt zahlreiche Prozessschritte, so z. B. eine Vollständigkeitsprüfung – es gibt also viele Vorteile gegenüber den ehemaligen Formularen. Dazu stellt RPS diverse Hilfestellungen wie FAQ und Anleitungen zur Verfügung. Für ca. 1000 anwendende Personen z. B. aus

Spitälern haben wir Live-Schulungen organisiert, zudem sorgt eine Supportorganisation für Hilfe bei Anwenderproblemen.

Last but not least: Wir messen laufend die Qualität. Direktes Kundenfeedback ist uns wichtig und wird u. a. über ein Bewertungstool direkt im Portal ermöglicht. Die externen Feedbacks fliessen in den kontinuierlichen Verbesserungsprozess ein. Dazu lancieren wir nach wichtigen Einführungen Umfragen bei den Nutzenden.

Welche Feedbacks erhalten Sie von den Nutzerinnen und Nutzern von RPS?

Die Nutzenden beurteilten die Einführung von RPS positiv. Eine Umfrage unter mehr als 1000 Personen ergab, dass über 80 Prozent mit dem Portal sowie der Einführung und dem Support zufrieden sind. In Kundenbewertungen erhält RPS eine Durchschnittsnote von 4,12 von 5 Sternen bei aktuell über 1000 Bewertungen. Gemäss der Umfrage nahmen rund 15 % der Nutzenden Hilfe über das System oder durch die Supportorganisation in Anspruch. Die Werte sind erfreulich und zeigen dennoch weiteres Potenzial auf. Besonders nützlich sind die konkreten Verbesserungsvorschläge.

- RPS ist eine sehr moderne Anwendung im E-Government: Es ist ein Gesuch-, Melde- und Informationsportal sowie ein Aufsichtstool mit 16 Bewilligungsarten und zahlreichen Meldungen. 11 000 Betriebe aus Medizin, Industrie und Forschung besitzen zusammen ca. 26 000 Bewilligungen. Hinzu kommt eine Datenbank mit mehreren tausend Strahlenschutzexpert/-innen.
- Die Prozesse können transparent, nachvollziehbar und komplett papierlos abgewickelt werden.
- Sicherheit und Datenschutz werden u. a. durch digitale Identitäten und rollenbasierte Benutzerprofile gewährleistet.
- Zum Programm ePGU gehören weitere Anwendungen im Strahlenschutz: Das Dosimetriportal, die Radondatenbank sowie die Meldeportale für Laserveranstaltungen sowie für Sachkundenachweise für Laserveranstaltungen und Kosmetikanwendungen.
- Zusammengezhlt wurden für die ersten beiden Etappen in fünf Jahren Entwicklungszeit mehrere tausend Tage akkumulierte Projektarbeit und etwas weniger als 5 Mio. CHF Entwicklungskosten investiert. Durch die Vorleistung von RPS profitieren nun andere Anwendungen im ePGU-Portfolio von der Wiederverwendung zahlreicher Funktionalitäten.

Haben Sie oder die Abteilung Strahlenschutz auch negative Auswirkungen im Projekt oder nach der Einführung von RPS verspürt? Wie geht ihr mit ablehnenden Reaktionen um?

Natürlich haben wir während des Projektverlaufs viele Sorgen gespürt. Nebst dem hohen Zusatzaufwand für die Projektarbeit waren die Mitarbeitenden in den Behörden auch selbst von den Veränderungen betroffen.

Die Umfrage zeigte, dass gegen 20 % der User weniger zufrieden waren. Die Gründe sind unterschiedlicher Art – von (noch) nicht umgesetzten Anforderungen über Anwenderprobleme bis hin zu grundsätzlich ablehnender Haltung – also von vertretbar bis fragwürdig. Wir stellen fest, dass die Erwartungen an digitale Systeme generell hoch sind und ältere Personen mehr Mühe bekunden als jüngere. Frust tritt vor allem dann auf, wenn User nicht wissen, was zu tun ist und keine Hilfestellung vorfinden. Am wertvollsten sind konstruktive Rückmeldungen, diese helfen uns, RPS kontinuierlich zu verbessern. Bei grundsätzlich ablehnender Haltung gegen Digitalisierung oder staatliche Vorgaben sind unsere Möglichkeiten beschränkt.

Das Change Management, das die digitale Transformation nach sich zieht, war insgesamt eine grosse Herausforderung. Den Grundstein für den Erfolg legte das Strahlenschutz-Management: Es zeigte Bereitschaft für Veränderungen, was auf die Fachexpertinnen und -experten abfärbte. Durch das agile Vorgehen sowie die kontinuierlichen Verbesserungsprozesse in der Stammorganisation und im Projekt wuchs allmählich das sogenannte «agile Mindset» vieler Beteiligten.

Wohin führt die Reise der Digitalisierung, welche Rolle könnte KI künftig spielen?

Für RPS verfolgen wir den eingeschlagenen Weg pragmatisch weiter. Es bietet Betrieben und Behörden bereits einen Mehrwert, der aber noch erhöht werden kann, sobald weitere Geschäftsprozesse umgesetzt sind. Dazu wollen wir die Benutzerfreundlichkeit laufend steigern.

Wir konzipierten RPS von Grund auf neu – wo früher eine reine Datenbank war, steht heute eine web- und workflowbasierte Anwendung im Einsatz. RPS hat viel Vorleistung erbracht,

wovon nun weitere Anwendungen in ePGU, z. B. das Dosimetrie- oder das Radonportal, durch eine rasche und wirtschaftliche Realisierung profitieren. Im Lauf der Zeit werden wir somit über immer mehr hochwertige Digitalprodukte (Fachanwendungen) verfügen. Eine gemeinsame Digitalprodukte-Entwicklung im BAG ist erst im Aufbau. Das Programm ePGU ist bottom-up gewachsen und kämpfte daher mit strukturellen Herausforderungen bei den Ressourcen. Mit der Integration von ePGU in den neuen BAG-Direktionsbereich Digitale Transformation und Steuerung (2023) hat sich die Ausgangslage inzwischen verbessert.

Neben der Digitalisierung von Prozessen entwickelt sich die digitale Transformation generell: Mit den Produkten verändern sich auch die Personen, die damit arbeiten – das agile Mindset steht dabei im Zentrum. Es erfordert initial Bereitschaft zur Veränderung und wächst idealerweise mit den Erfolgen.

Die Reise der Digitalisierung ist aus unserer Sicht ein unumgänglicher Schritt in die Zukunft, der manchmal auch Opfer fordert, wie andere technische Veränderungen der Vergangenheit. Wir sollten Sorge tragen, die Menschen auf dieser Reise im Zentrum zu belassen, denn die Digitalisierung sollte ihnen dienen. KI wird vermutlich ein künftiges Thema – auf der historischen Zeitachse wird aber auch KI wohl nur eine Etappe sein.

Strahlenschutz in Medizin und Forschung

Das BAG konzentriert sich bei Aufsichtsschwerpunkten im Strahlenschutz auf den hohen und mittleren Dosisbereich. Die Aufsicht in OP-Bereichen und an Cone-Beam Computertomographiesystemen bleibt deshalb weiterhin im Fokus. Ein zentraler Aspekt ist die Patientensicherheit: Der Paradigmenwechsel bei Patientenschutzmitteln in der medizinischen Bildgebung – etwa der Verzicht auf Bleischürzen – wird aktuell intensiv diskutiert. Das BAG informiert dazu auf der neuen Webseite «Patientensicherheit im Strahlenschutz». In der Radiotherapie wird künftig das Risikomanagement speziell begutachtet. Dieser proaktive Ansatz soll ebenfalls zu einer verbesserten Patientensicherheit beitragen. Für das Monitoring der medizinischen Strahlenbelastung stehen mit dem Atlas der Gesundheitsversorgung neue Daten zu Gesundheitsleistungen zur Verfügung.

Haupttätigkeiten 2023

Strahlenschutz in operativen und interventionellen Fachbereichen

Im Jahr 2023 stellte die Aufsichtstätigkeit über den Strahlenschutz in operativen und interventionellen Fachbereichen in den Schweizer Spitälern weiterhin einen Schwerpunkt dar (siehe Jahresbericht 2021 – Aufsichtsprogramm: Schwerpunkte für die kommenden Jahre). Es wurden punktuell Inspektionen vor Ort in den OP-Bereichen durchgeführt, um den konformen und sicheren Umgang mit Röntgenanlagen zu überprüfen. Daneben wurde mit den ersten Arbeiten zur Erstellung eines Lehrfilms über die «Best Practice» im Strahlenschutz für das OP-Personal begonnen. Der Film soll 2024 finalisiert werden und zu einer weiteren Sensibilisierung des OP-Personals beim Umgang mit Röntgenstrahlung führen. Damit der Schutz von Personal und Patienten gewährleistet werden kann, muss in den jeweiligen Spitälern eine intakte Strahlenschutzorganisation etabliert sein. Aus diesem Grund hat das BAG im Rahmen einer administrativen Aufsicht interne Arbeitsanweisungen und Organigramme eingefordert und hinsichtlich möglicher Lücken, Mängel und Optimierungsmassnahmen evaluiert.

Umsetzung der neuen Qualitätsprüfungen an Cone-Beam Computertomographiesystemen

Im Jahr 2022 hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) eine Wegleitung mit Mindestanforderungen für die Qualitätssicherung an Röntgensystemen für die 3D-Bildgebung, sogenannte Cone-Beam Computertomographiesysteme (CBCT-Systeme), publiziert. Da diese CBCT-Systeme erhebliche Unterschiede bezüglich Mechanik, Funktionsweise und Anwendungsgebiet aufweisen, hat das BAG überprüft, ob die neuen Qualitätsanforderungen für alle CBCT-Systeme vollumfänglich umgesetzt werden können. Die Überprüfung erfolgte gemeinsam mit den Röntgenfirmen im Rahmen einer geplanten Zustandsprüfung. Dabei konnten Probleme bei der Umsetzung erkannt und Unklarheiten bei der Durchführung der Prüfungen oder bei der Wahl der geeigneten Phantome geklärt werden. Die aus den Zustandsprüfungen gewonnenen Erkenntnisse machen gegebenenfalls kleinere Anpassungen oder Präzisierungen der Wegleitungen notwendig. Die Wegleitung soll bis im Sommer 2024 aktualisiert und anschliessend verbindlich umgesetzt werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG
Abteilung Strahlenschutz



Wegleitung

Qualitätsprüfungen CBCT
V1 26.07.2022

www.bag.admin.ch/str-wegleitungen

Kontakt

Tel: 058 462 96 14

E-Mail: str@bag.admin.ch

Qualitätsprüfungen an Cone-Beam-Computertomographiesystemen und 2D-Fluoroskopiesystemen mit 3D-Funktionalität

Abb. 3: BAG-Wegleitung mit Mindestanforderungen für die Qualitätssicherung an Röntgensystemen für die 3D-Bildgebung, sogenannte Cone-Beam Computertomographiesysteme (CBCT-Systeme), wird bis Sommer 2024 aktualisiert.

Neue BAG-Webseite «Patientensicherheit im Strahlenschutz»

Der internationale Patientensicherheitstag von 2023 stand unter dem Motto «Engaging patients for patient safety». Das BAG hat dies zum Anlass genommen, eine eigene Webseite «Patientensicherheit im Strahlenschutz» aufzuschalten. Sie stellt Informationen für Patientinnen und Patienten zu verschiedenen radiologischen Themen zur Verfügung. In den FAQ sind detailliertere Informationen zu bestimmten Begriffen und Fragen verfügbar. Die Webseite und FAQ werden laufend aktualisiert.

Patientenschutzmittel werden künftig nur noch in Ausnahmefällen empfohlen

Die Webseite «Patientensicherheit im Strahlenschutz» thematisiert unter anderem, wieso auf Patientenschutzmittel in der radiologischen Diagnostik weitgehend verzichtet wird. Grund dafür ist, dass Patientenschutzmittel nur eine von vielen Möglichkeiten im Optimierungsprozess sind. Korrekt angewendet haben sie gemäss wissenschaftlichen Berichten nur

einen sehr geringen Nutzen (maximal 1 %). Werden sie falsch angewendet, können sie die Strahlenbelastung von Patientinnen und Patienten deutlich erhöhen und sogar zusätzliche Untersuchungen erforderlich machen. Viele technische Optimierungsmöglichkeiten wie korrekte Einstelltechnik, Wahl geeigneter Belichtungsparameter und Einblendung auf die aufzunehmende Körperregion können einen wesentlich höheren Schutz erzielen (40 % und mehr). Deshalb wird es künftig wichtig, klar definierte Untersuchungsprotokolle für radiologische Anwendungen zu erstellen und zu nutzen, in denen unter anderem auch die Verwendung von Patientenschutzmitteln schriftlich geregelt ist.



Abb. 4: Neu wird in der radiologischen Diagnostik auf Patientenschutzmittel weitgehend verzichtet. Technische Optimierungsmöglichkeiten wie Einstelltechnik oder geeignete Belichtungsparameter können einen wesentlich höheren Schutz erzielen.

Zukünftiger Schwerpunkt in der Radiotherapie»

In Vaanta, Finnland, hat die HERCA einen Workshop für Inspektorinnen und Inspektoren zur Thematik der gängigen externen Strahlentherapie mit Elektronen-Linearbeschleunigern abgehalten. Er bot eine wertvolle Gelegenheit, um Erfahrungen auszutauschen und die Inspektion von Optimierungsmaßnahmen und guter Praxis in der Strahlentherapie zu diskutieren. Zudem hat das BAG an einem Seminar der European Society for Radiotherapy & Oncology (ESTRO) zur Patientensicherheit in der Radiotherapie teilgenommen. Die Themen reichten vom Risikomanagement über die Auswirkungen medizinischer Strahlenereignisse bis hin zur Antizipation von Risiken. Themen waren die menschlichen Faktoren, die Ereignisse auslösen, die prospektive Risikoanalyse, ethische Überlegungen sowie Strategien, um die Folgen eines Zwischenfalls zu bewältigen. Ein Schwerpunktthema war die Analyse vergangener Ereignisse, die sowohl Einzelfälle darstellten als auch als Folge systematischer Fehler viele Patientinnen und Patienten betrafen. Die Auswirkungen solcher Ereignisse auf die Patienten variierten stark. Sie reichten von Unterdosierung des Zielvolumens und einer damit einhergehenden unzureichenden Tumorkontrolle bis hin zu

tödlichen Überdosierungen. Diese Erkenntnisse sollen fester Bestandteil des Qualitätsmanagements in der Strahlentherapie werden. Das BAG beabsichtigt, dass es bei zukünftigen Inspektionen von Instituten und Kliniken der Radiotherapie einen besonderen Schwerpunkt auf das Risikomanagement und den Umgang mit medizinischen Ereignissen legen wird. Dieser proaktive Ansatz soll dazu beitragen, die Patientensicherheit weiter zu verbessern.

Klinische Audits im Strahlenschutz

2023 war ein wichtiges Jahr für das Projekt Klinische Audits im Strahlenschutz. Gestützt auf die bisherigen Erfahrungen wurden diverse zukunftsgerichtete Massnahmen aufgegleist. Dazu gehört namentlich das Vorhaben, die klinischen Audits auf andere medizinische Fachgebiete auszuweiten. 2023 haben ausserdem 28 klinische Audits in 38 Betrieben der Radiologie, der Nuklearmedizin, der Radioonkologie und der Kardiologie stattgefunden. Abbildung 5 zeigt, wie viele Audits seit 2020 in den verschiedenen medizinischen Fachgebieten im Vergleich zur Anzahl geplanter Audits bereits durchgeführt worden sind. Ausführliche Informationen sind auf der Projektwebsite www.klinischeaudits.ch zu finden.

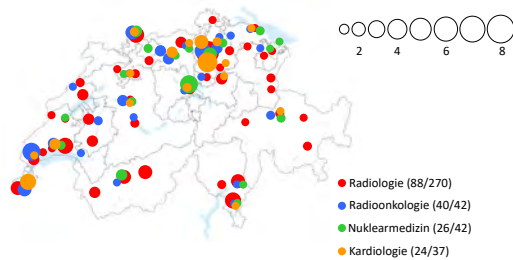


Abb. 5: Karte der Anzahl bereits durchgeführter und insgesamt geplanter klinischer Audits nach Ort und medizinischem Fachgebiet.

Im Rahmen des Programms zur Evaluation der klinischen Audits haben alle Betriebe, die 2022 und 2023 auditiert wurden, einen Fragebogen erhalten. Gemäss den Ergebnissen beurteilen über 75 % der auditierten Betriebe die klinischen Audits als nützlich für die Qualität des Strahlenschutzes für die Patientinnen und Patienten sowie das Personal. Zudem dient die Auditierung den Betrieben als Anlass für eine umfassende interne Prüfung, verbunden mit einer Verbesserung der Abläufe und Verfahren. Die Kommunikation zwischen dem wissenschaftlichen Sekretariat, den Betrieben und den Auditorinnen und Auditoren, der im Projekt Klinische Audits eine wichtige Rolle zukommt, wird positiv erlebt und sehr geschätzt. Gemäss den jährlichen Berichten der Fachkommissionen, die jeweils Anfang Jahr vorgelegt werden, wurde bei den 2022 durchgeführten klinischen Audits keine Abweichung festgestellt, die einen Bericht zuhänden des BAG erfordert hätte. Im November wurde der aktuelle Projektstand am vom BAG organisierten Jahrestreffen der Auditorinnen

und Auditoren präsentiert. Dabei brachten diese und die Fachkommissionen viele gute Ideen ein.

Monitoring der medizinischen Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung

Bildgebende Verfahren sind für die Diagnosestellung und die Patientenbehandlung unverzichtbar, bergen aber aufgrund der Anwendung ionisierender Strahlen auch gesundheitliche Risiken.

Deshalb erhebt das BAG regelmässig die medizinische Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung. Das Ziel ist es, die Beiträge der verschiedenen Röntgensysteme (Radiografie, Mammografie, zahnmedizinische Bildgebung, CT, Durchleuchtung und nuklearmedizinische Bildgebung) zur effektiven Dosis pro Kopf zuverlässig zu bestimmen. Dazu wird die Häufigkeit aller durchgeführten Untersuchungen erhoben und deren mittlere effektive Dosis abgeschätzt. Somit können sich abzeichnende Veränderungen und Trends frühzeitig erkannt werden.

Durch die fortschreitende Digitalisierung in der Medizin stehen die für das Monitoring benötigten Daten neu teilweise auch in elektronischer Form zur Verfügung. So können die Daten ambulanter Untersuchungen aus dem TARMED-System gewonnen werden, das eigentlich der Leistungsabrechnung dient. Die Daten der durchgeführten Prozeduren stationärer Aufenthalte können anhand der Schweizerischen Operationsklassifikation (CHOP) erfasst werden. Aus diesen Abrechnungs- bzw. Klassifikationscodes können die verwendeten Modalitäten und die untersuchten anatomischen Regionen, und damit die Häufigkeiten der Untersuchungen, abgeleitet werden.

Eine Machbarkeitsstudie hat diese neue Methodik geprüft und bereits in den Schweizer Atlas der Gesundheitsversorgung (versorgungssatlas.ch) integriert. Der Atlas visualisiert die Inanspruchnahme von Gesundheitsleistungen. Er bildet die Grundlage der Versorgungsforschung und dient den zuständigen Behörden, eine bedarfsgerechte Versorgung zu planen und zu steuern. Für die bildgebenden Verfah-

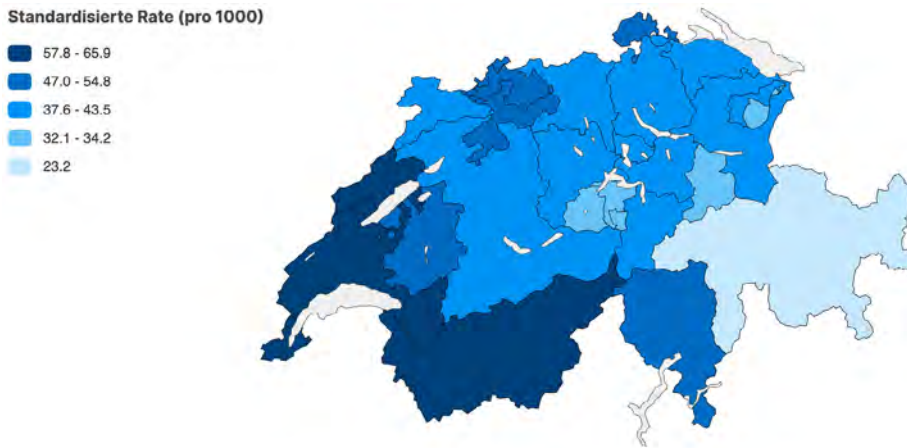


Abb. 6: Die Karte zeigt die Häufigkeit von Abdomen CT-Untersuchungen im Jahr 2022. Dargestellt ist die Summe der stationären und ambulanten Abdomen Untersuchungen pro 1000 Einwohnerinnen und Einwohner. Die standardisierten Raten (pro 1000) werden anhand der direkten Methode und auf Basis der europäischen Standardbevölkerung 2010 berechnet. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik findet sich hier (<https://www.versorgungsatlas.ch/p/methode#standardisierung>). Quelle: Versorgungsatlas

ren existieren 23 Indikatoren, darunter auch die Anzahl der CT-Untersuchungen aller anatomischen Regionen (vgl. Abb. 6, Häufigkeit von Abdomen CT-Untersuchungen).

Aufgrund der automatisierten Erhebung mittels der neuen Methodik wird es in Zukunft möglich sein, die Frequenzen sowie die Beiträge an die medizinische Strahlenbelastung regelmässig zu aktualisieren. Die nächste Zwischenerhebung mit den Daten von 2023 startet im Jahr 2024.

Nuklearmedizin und Radiopharmazeutika

Im Jahr 2023 wurden die Coaching-Audits betreffend die Vorbereitung und die Qualitätskontrolle von Radiopharmazeutika in mittleren Nuklearmedizin-Betrieben fortgesetzt. Zusätzlich wurden Inspektionen zur radioaktiven Abfallbewirtschaftung sowie zur Freimessung und Entsorgung von radioaktiven Abfällen in der Nuklearmedizin durchgeführt (siehe Kapitel «Radioaktive Abfälle», Seite 21). Erste Gespräche zwischen den Behörden und den nuklearmedizinischen Betrieben sowie erste Versuche über die Auswirkungen einer früheren Entlassung von Patient/-innen nach Lu-177-Therapien haben begonnen. Dabei werden auch die Festlegung von Entlassungskriterien und die erforderlichen Strahlenschutzmassnahmen im Hinblick auf den Schutz und die Einhaltung der Grenzwerte von 1 mSv pro Jahr für die effektive Dosis von Angehörigen diskutiert.

Überwachung strahlenexponierter Personen

2023 waren in der Schweiz total ca. 107 600 Personen beruflich strahlenexponiert. Etwa zwei Drittel davon arbeiten in der Medizin. Durch ihre Tätigkeit an Bord von Flugzeugen waren rund 6800 Personen erhöhter kosmischer Strahlung ausgesetzt und somit 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 Extremitätendosen über 50 mSv. Die meisten erhöhten Werte gab es im Berichtsjahr bei der Augenlinsendosis von Personen, die während interventionellen Eingriffen mit Durchleuchtungsgeräten arbeiteten. Eine in der Radiologie tätige MTRA hat den Jahresgrenzwert für die Ganzkörperdosis von 20 mSv im Berichtsjahr knapp überschritten (vgl. Kapitel «Radiologische Ereignisse», Seite 30). Trotz einer Untersuchung durch das betroffene Spital in Zusammenarbeit mit dem BAG konnte keine Ursache gefunden werden. Zudem hat ein Arzt in der interventionellen Radiologie durch eine monatliche Akkumulation von Extremitätendosen den Jahresgrenzwert überschritten. Die Dosis an den Händen betrug 569 mSv per Ende Dezember. Das betroffene Spital hat die Umstände untersucht und in einem Bericht dem BAG Optimierungen aufgezeigt. Trotz einer Untersuchung des betroffenen Spitals in Zusammenarbeit mit dem BAG konnte jedoch keine Dosisursache gefunden werden.

Das BAG publiziert im Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» ausführlichere Informationen über die akkumulierten Dosen (www.bag.admin.ch/dosimetrie-jb).

Digitalisierung auch für Meldungen in der Dosimetrie

Das BAG hat mit dem neuen Dosimetrieportal eine Plattform geschaffen, wo die Dosimetristen ihre Messdaten ans BAG übermitteln können. Zudem ermöglicht das neue Portal eine schnelle und einfache Meldung von Dosen über der Meldeschwelle und von Grenzwertüberschreitungen. Die Abklärungen zu den Ursachen solch erhöhter Dosen werden ebenfalls direkt und effizient über das neue Portal abgewickelt.

Aus- und Fortbildung im Strahlenschutz

Personen, die Strahlenschutzaufgaben gegenüber anderen Personen wahrnehmen, müssen eine entsprechende Ausbildung und – neu – eine Fortbildung im Strahlenschutz nachweisen. So wird mit der steigenden Anzahl von Digitalen Volumetomografen (DVT) eine adäquate Ausbildung für Dentalassistentinnen und Dentalassistenten immer wichtiger. Die SSO und der SGDMFR haben deshalb ein praxisnahes Ausbildungsprogramm entwickelt, welches das Bundesamt für Gesundheit (BAG) im aktuellen Berichtsjahr anerkannt hat. [Dentalassistentinnen und Dentalassistenten EFZ \(MP 12\) \(admin.ch\)](#)

Aufsichtskontrolle Instruktion, Aus- und Fortbildungspflicht

Der zunehmende Einsatz von ionisierender Strahlung in Diagnostik und Therapie, die raschen Fortschritte in der Medizin sowie die hohen Strahlendosen bei interventionellen Verfahren erfordern eine ständige Optimierung von Methoden und Verhaltensweisen. Aus diesem Grund ist es notwendig, dass das medizinische Personal die notwendigen Ausbildungen und Fortbildungen absolviert, um seine Tätigkeiten im Bereich Strahlenschutz weiterhin kompetent ausüben zu können. Daher wurde am 1. Januar 2018 eine obligatorische Fortbil-

dungspflicht im Strahlenschutz eingeführt, die alle fünf Jahre absolviert werden muss. Die erste Fünfjahresperiode dieser Pflicht endete am 1. Januar 2023. Im Rahmen eines Aufsichtsprojekts hat das BAG in Zusammenarbeit mit der Firma gfs.bern eine Kontrolle der Umsetzung der Aus- und Fortbildungspflicht im Strahlenschutz lanciert. Damit kann das BAG als Aufsichtsbehörde überprüfen, ob die gesetzlichen Anforderungen in Bezug auf die notwendige Ausbildung und neu eingeführte Fortbildung in der Praxis umgesetzt werden und wo Handlungsbedarf besteht. Zudem soll die Kontrolle aufzeigen, ob in der Schweiz genügend Fortbildungsmöglichkeiten in den verschiedenen Bereichen und Sprachregionen zur Verfügung stehen. Die Kontrolle erstreckt sich über zwei Jahre und überprüft 2000 Abteilungen und Praxen. Im Berichtsjahr wurden bereits 1000 Abteilungen und Praxen aufgefordert, einen Online-Fragebogen zu beantworten sowie ihr internes Aus- und Fortbildungskonzept vorzulegen. Die nächsten 1000 Abteilungen und Praxen werden im Jahr 2024 kontaktiert, um an dieser Kontrolle teilzunehmen. Der Schlussbericht mit den Resultaten wird 2025 publiziert.

Strahlenschutz am CERN

Die Europäische Organisation für Kernforschung (CERN) hat den Status einer internationalen Organisation. Das CERN bemüht sich jedoch, dass seine internen Vorschriften im Bereich Sicherheit und Schutz vor ionisierender Strahlung gleichwertige Garantien bieten wie die nationalen Vorschriften der beiden Gastländer Frankreich und Schweiz. Im November 2010 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 in der Schweiz).

Gemeinsame Besuche im CERN

Die Vertreterinnen und Vertreter von ASN und BAG absolvieren jedes Jahr mehrere gemeinsame Besuche im CERN. Im Nachgang zu diesen Besuchen richten sie Empfehlungen und Beobachtungen ans CERN. 2023 war ein gemeinsamer Besuch der Organisation und den Verfahren des CERN gewidmet, die die Sicherheit und den

Strahlenschutz bei Transporten radioaktiver Stoffe gewährleisten sollen. Die Bilanz des gemeinsamen Besuchs fiel positiv aus: Die Organisation der Transporte ist grösstenteils mit den regulatorischen Vorschriften der beiden Gastländer konform.

Kampagnen zur uneingeschränkten Freigabe

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 Abfällen aus Komponenten alter Beschleuniger zu entsorgen. Mit diesem Verfahren kann einerseits vermieden werden, unnötig radioaktive Abfälle zu erzeugen. Andererseits können so grosse Mengen von Metall sicher und im Rahmen der geltenden Grenzwerte rezykliert werden. 2023 schloss das CERN die Freigabekampagne AMAL ab, welche

die Freigabe der letzten Komponenten des alten LEP-Beschleunigers (Large Electron Positron Collider oder grosser Elektron-Positron-Speicherring) bezweckte. Dank AMAL konnten über 90 Tonnen Material, hauptsächlich Metall, freigegeben werden. Das BAG begleitet die Freigabekampagnen des CERN, indem es zunächst das vom CERN entwickelte Verfahren der radiologischen Charakterisierung des Materials prüft und genehmigt. Anschliessend erteilt es seine Zustimmung zur Entsorgung für jede Abfallcharge einzeln und basierend auf den vom CERN durchgeführten radiologischen Messungen. Es kommt auch vor, und 2023 war dies der Fall, dass das BAG vor Erteilung seiner Zustimmung die Messungen des CERN kontrolliert, indem es Proben aus dem freizugebenden Material in seinem eigenen Labor analysiert.



Abb. 7: Konditionierung des ersten Targets des n-TOF-Experiments im CERN, mit Unterstützung des Paul Scherrer Instituts (PSI), zur Vorbereitung des Transports ins Bundeszwischenlager.

n-TOF-Anlage

Die Forschungsanlage n-TOF (Neutron Time-of-Flight oder Neutronen-Flugzeit-Messanlage) besteht aus einer gepulsten Neutronenquelle, mit der bei Proben die Interaktionen zwischen Neutronen und Kernen studiert werden können. Dieser Anlage waren 2023 mehrere Diskussionen und Sitzungen gewidmet. Nach eingehender Prüfung haben das BAG und die ASN das Sicherheits- und Strahlenschutzdossier für die Target-Zone der Anlage genehmigt. Dieses Target, das ungefähr alle zehn Jahre ersetzt wird, erzeugt Neutronen, wenn es mit hochenergetischen Protonen aus den Beschleunigern des CERN bombardiert wird. Darüber hinaus hat das CERN das erste n-TOF-Target, das 2007 ersetzt wurde, konditioniert und entsorgt. Bei der Inspektion der Konditionierungsstelle konnte sich das BAG von der guten Vorbereitung dieser Entsorgung überzeugen (vgl. Abb. 7). Das konditionierte Target wurde schliesslich ins Paul Scherrer Institut (PSI) geliefert, welches das Bundeszwischenlager in der Schweiz betreibt.

Strahlenschutz am Paul Scherrer Institut

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen AG gehört zu den grössten Forschungszentren der Schweiz. Es betreibt verschiedene grosse Forschungs-Infrastrukturen, darunter den für die Protonentherapie eingesetzten medizinischen Protonenbeschleuniger COMET, den dreistufigen Protonenbeschleuniger HIPA, die Myonenquelle μS , die Schweizer Forschungsinfrastruktur für Teilchenphysik CHRISP, die Neutronenquellen SINQ und UCN, den Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL und die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS. Die Beschleunigeranlagen und Forschungslabors des PSI fallen in den Aufsichts- und Bewilligungsbereich des BAG, während die Kernanlagen zum Zuständigkeitsbereich des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) gehören. Das BAG überprüft im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit, ob 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 und stellt sicher, dass das PSI die sich im Bau befindlichen Anlagen sicher betreiben kann.

Arbeiten während der jährlichen technischen Abschaltung (Shutdown)

Anfang 2023 stand die jährliche technische Abschaltung an, die es dem PSI ermöglicht, Reparatur-, Wartungs- und Erweiterungsarbeiten an seinen Anlagen durchzuführen. Da solche Arbeiten mit Strahlenbelastungen verbunden sein können, werden sie detailliert geplant. Die vom PSI festgesetzten Ziele in Bezug auf die Strahlendosen, denen die Mitarbeitenden ausgesetzt sind, konnten eingehalten werden. Die Abschaltung, die in diesem Jahr aus Gründen der Energieeinsparung um etwa einen Monat verlängert wurde, bot dem BAG die Gelegenheit, mehrere Inspektionsbesuche durchzuführen. Eine dieser Inspektionen wurde durchgeführt, als das SINQ-Target Nr. 14, das zwei Jahre lang in Gebrauch war, durch ein neues Target ersetzt wurde. Der Austausch dieses neuen Targets, das dem vorherigen in seiner Konstruktion sehr ähnlich ist, verlief reibungslos. Das BAG konnte sich von den guten Strahlenschutzpraktiken des PSI, der hervorragenden Planung und den angemessenen Optimierungen der Verfahren überzeugen.

Projekt SLS 2.0 – das Upgrade der Synchrotron Lichtquelle Schweiz

Das PSI stellte den Betrieb der SLS Ende September 2023 ein, um mit umfangreichen Arbeiten zur Verbesserung der Anlage zu beginnen. Diese Arbeiten umfassen unter anderem den kompletten Austausch des Speicherrings sowie Eingriffe in die Synchrotron-Strahllinien. Dabei werden die meisten elektrischen Dipolmagnete durch Permanentmagnete ersetzt und die Strahlenergie wird von 2,4 GeV auf 2,7 GeV erhöht. Die Wiederinbetriebnahme des Ringtunnels mit Strahl im Booster und Speicherring ist für Anfang 2025 geplant und im Laufe des Jahres 2025 wird unter dem Namen SLS 2.0 der Betrieb durch die Nutzer wieder aufgenommen (vgl. Abb. 8). Das BAG steht in ständigem Kontakt mit dem PSI bezüglich der bei den Umbauarbeiten zu treffenden Strahlenschutzmassnahmen sowie der Verfahren zur Entsorgung der bei den Arbeiten anfallenden radioaktiven Abfälle und Materialien.

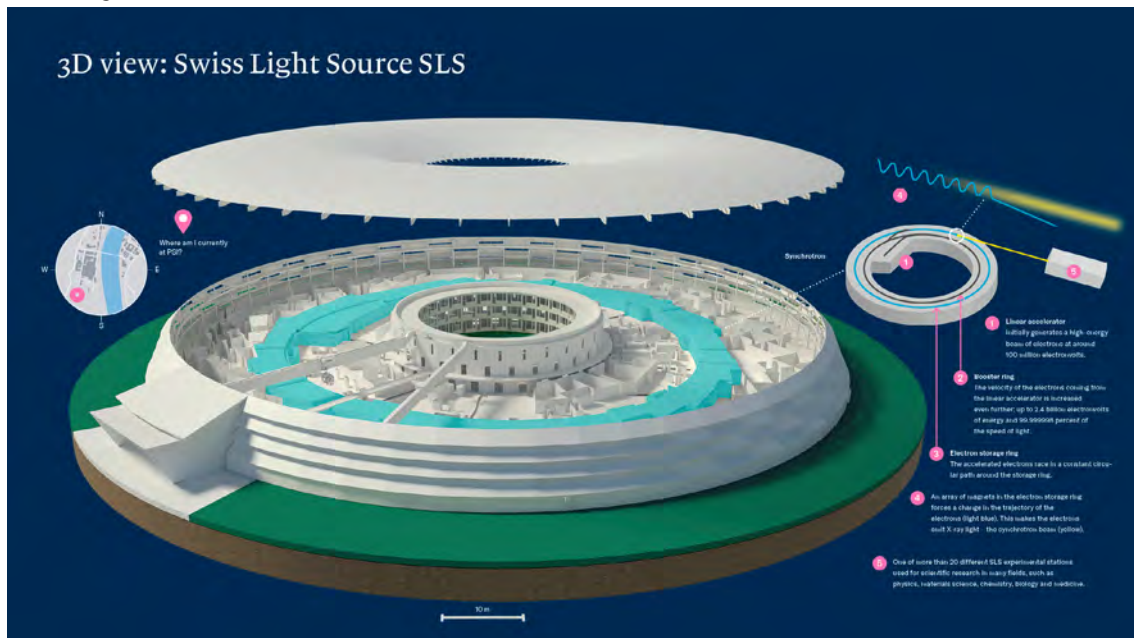


Abb. 8: In dieser 3D-Darstellung der SLS entspricht der hellblau markierte Teil dem Teil, der im Rahmen des SLS-2.0-Projekts umgebaut und verbessert werden soll. Quelle: PSI

Projekt «Daily-Adaptive-Proton-Therapy (DAPT)»

Um die leichten Veränderungen der Anatomie des Patienten von einem Tag zum anderen berücksichtigen zu können, führte das PSI am Zentrum für Protontherapie ZPT das Projekt «Daily Adaptive Proton Therapy (DAPT)» durch. Im Rahmen dieses Projekts hat das PSI eine Methode zur Optimierung der täglichen Protontherapie auf der Grundlage eines 3D-CT-Bildes des Patienten entwickelt, das einige Minuten vor der Protonenbestrahlung aufgenommen wird. Durch die Optimierung der Protonenbestrahlung wird das umliegende gesunde Gewebe mit einer geringeren Dosis bestrahlt. Das BAG hat dieses neue System geprüft und den Beginn der klinischen Anwendung des Systems unter mehreren Bedingungen freigegeben.

Radioaktive Abfälle

Der Bund ist damit beauftragt, radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung fachgerecht zu entsorgen. Davon ausgenommen sind radioaktive Abfälle der Betreiber von Kernkraftwerken. Das BAG organisiert jedes Jahr eine Kampagne zur Sammlung dieser Abfälle, die anschliessend behandelt und im Bundeszwischenlager (BZL) in Würenlingen im Kanton Aargau gelagert werden. In Zukunft ist eine Endlagerung der gesamten radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern vorgesehen. Die Inbetriebnahme des Lagers für Abfälle mit schwacher bis mittlerer Aktivität, zu denen der Grossteil der Abfälle des Bundes gehört, ist im Jahr 2050 geplant (vgl. [Grundlagen Entsorgung \(admin.ch\)](#)).

Wo möglich erlauben eine Dekontamination oder eine Lagerung radioaktiver Abfälle zum Abklingen in den Unternehmen, diese freizugeben, sobald sie inaktiv sind. Sie können als konventionelle Abfälle entsorgt werden. Ausserdem werden bestimmte Abfälle, die hauptsächlich Tritium und Kohlenstoff-14 enthalten, mit Zustimmung des BAG und gemäss den Bestimmungen von Artikel 116 der Strahlenschutzverordnung (StSV) verbrannt.

Die Ablagerung von radioaktiven Abfällen mit geringer Aktivität in einer Deponie, namentlich bei radiologischen Altlasten, ist in einer eigenen Wegleitung des BAG geregelt. Das BAG prüft bei den nur wenigen eingehenden Anfragen pro Jahr, ob eine solche Ablagerung gerechtfertigt ist und ob die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten werden. Wenn alle Anforderungen erfüllt sind, erteilt es seine Zustimmung. Schliesslich ist auch die Wiederverwendung oder Rezyklierung geschlossener Strahlenquellen eine sinnvolle Alternative zur Entsorgung als radioaktiver Abfall. Dies betrifft insbesondere Strahlenquellen mit Americium-241, Krypton-85, Caesium-137 oder auch Cobalt-60. Weitere Informationen dazu sind zu finden unter: [Entsorgung radioaktiver Abfälle](#) (admin.ch).

Neben den erteilten Zustimmungen zur Ablagerung in einer Deponie oder Verbrennung radiologischer Altlasten, stimmte das BAG 2023 auch der Entsorgung kleiner Mengen radioaktiver Abfälle mit geringer Aktivität zu, die aus Industrie und Forschung, namentlich vom PSI, stammten, sowie – nach erfolgter Bewilligung durch das ENSI – der Verbrennung von radioaktiven Abfällen mit geringer Aktivität aus der Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg.

Aktualisierung der Kostenschätzung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle in Bundeszuständigkeit

Gemeinsam mit dem Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Bundesamt für Energie) und dem Eidgenössischen Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung (ETH-Bereich) informiert das Eidgenössische Departement des Innern (BAG) den Bundesrat alle fünf Jahre über die Entwicklung der Kostenschätzung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Zuständigkeit des Bundes. Dabei handelt es sich um Abfälle aus den Sammelaktionen sowie Abfälle, die in den Anlagen des Bundes und des ETH-Bereichs (PSI und ETH) anfallen. Diese Kosten werden einerseits von den Abfallverursachern über Gebühren und andererseits direkt vom Bund und vom ETH-Bereich finanziert, was die Abfälle ihrer eigenen Anlagen betrifft.

Die neuen Schätzungen der Gesamtkosten sind gegenüber 2018 leicht gesunken: von 2,5 auf 2,4 Milliarden Franken. Diese Kosten umfassen die geologische Tiefenlagerung sowie die Stilllegung, Konditionierung und Zwischenlagerung von Abfällen. Die Reduktion ist hauptsächlich auf Einsparungen im Bereich der geologischen Tiefenlagerung zurückzuführen. Ein Teil der 2,4 Milliarden Franken ist bereits bezahlt oder über Gebühren finanziert. Bis 2070 sind noch 870 Millionen Franken zu finanzieren, die etwa zu gleichen Teilen zwischen dem Bund und dem ETH-Bereich aufgeteilt werden. Die nächste aktualisierte Kostenschätzung ist 2028 vorzulegen.

Audits der Labors, die mit offenen radioaktiven Quellen umgehen, und Abfallmanagement

Zwischen 2021 und 2023 hat das BAG über 200 Labors in der Nuklearmedizin und im Forschungsbereich auditiert und ihren Umgang mit radioaktiven Abfällen evaluiert. Die umfassenden Audits deckten alle Nutzungsarten und den gesamten Abfallmanagementprozess von der Abfallentstehung (Produktreste, verunreinigtes, aktiviertes, kontaminiertes Material usw.) bis zur Entsorgung ab. Die folgenden Hauptbereiche wurden auditiert:

- Produktion
- Charakterisierung / Trennung
- Lagerung (kurz- oder langfristig)
- Entsorgung: Abgabe, Freigabe oder Ablieferung als radioaktiver Abfall

In allen auditierten Bereichen evaluierte das BAG die Einhaltung der Vorschriften, den Schutz der Arbeitnehmenden und der Bevölkerung sowie verschiedene Aspekte wie Ausbildung, Qualitätssicherung, Methodik und Dokumentation.

In der Nuklearmedizin arbeiten die Labors im Wesentlichen mit kurzlebigen radioaktiven Stoffen, was eine Abklinglagerung und anschliessende konventionelle Entsorgung erlaubt. Probleme können jedoch vorliegen, wenn Verunreinigungen mit längerlebigen Stoffen auftreten. In gewissen Fällen hat das BAG ausserdem festgestellt, dass potenziell kontami-

niertes Material ausserhalb der Labors (Injektionsraum, andere Räume innerhalb des Kontrollbereichs) nicht systematisch gemessen wurde. Abfälle, die bei Patientinnen und Patienten anfallen, die auf einer anderen Abteilung hospitalisiert sind oder sich nach einer nuklearmedizinischen Untersuchung zu Hause aufhalten, verursachen noch immer regelmässige Alarme in Kehrlichtverbrennungsanlagen.

Die in universitären Forschungslabors am häufigsten verwendeten Radionuklide sind Schwefel-35, Phosphor-32, Tritium oder auch Kohlenstoff-14. Bei den ersten beiden Radionukliden kommt die Abklinglagerung zum Zug. Bei Tritium und Kohlenstoff-14 werden die Abfälle entweder verbrannt oder im Rahmen von Sammelaktionen als radioaktive Abfälle entsorgt. Generell ist zu beobachten, dass diese Radionuklide in den Universitäten deutlich seltener verwendet werden. Zurückzuführen ist dies auf neuere alternative Verfahren ohne Radioaktivität und die verbesserten Nachweismöglichkeiten (gleiches Resultat mit weniger Aktivität). Die Kehrseite der Medaille ist, dass das Abfallmanagement sehr unregelmässig erfolgt und an Aufmerksamkeit einbüsst. In zahlreichen Fällen wurden in Lagerräumen Abfälle vorgefunden, die über mehrere Jahre angehäuft wurden, da die Sachverständigen – sei es aus mangelndem Interesse oder aus Unkenntnis – keine Abfälle mehr entsorgt haben. Die verfügbaren Informationen zu diesen Abfällen sind teilweise lückenhaft, sodass die Betriebe mit einem grossen Arbeitsaufwand für die Triage und Entsorgung, verbunden mit Charakterisierungsproblemen, konfrontiert sind.

Eine ähnliche Situation ist bei den Verwendern von Zyklotronen für die Herstellung von Radiopharmazeutika oder für die Forschung zu beobachten. Da die Charakterisierung von Abfällen aus einer Aktivierung komplex ist, haben einige Betriebe die Tendenz, Abfälle zu lagern, die eigentlich seit Jahren eliminiert werden müssten. Indem die verschiedenen Betriebe ihre Anstrengungen bündeln, sollte die Situation verbessert werden können.

Insgesamt ist der Umgang mit radioaktiven Abfällen in den auditierten Labors gut und gewährleistet eine fachgerechte Entsorgung oder Abgabe von radioaktiven Stoffen. Die Exposition des Personals im Rahmen des

Abfallmanagements ist gering. Verbesserungen braucht es jedoch bei der Trennung der Abfälle an der Quelle, bei der Befreiung von Abfällen, damit sie als nicht-radioaktiv eingestuft werden können, sowie bei der Verfolgung der Entsorgung von Abfällen. 2024 erscheint der Schlussbericht zu den Resultaten der Audits. Im Lichte dieser ersten Ergebnisse wird das BAG seine Überwachung des Umgangs mit radioaktiven Abfällen und der genannten Problemstellungen in den betroffenen Betrieben verstärken.

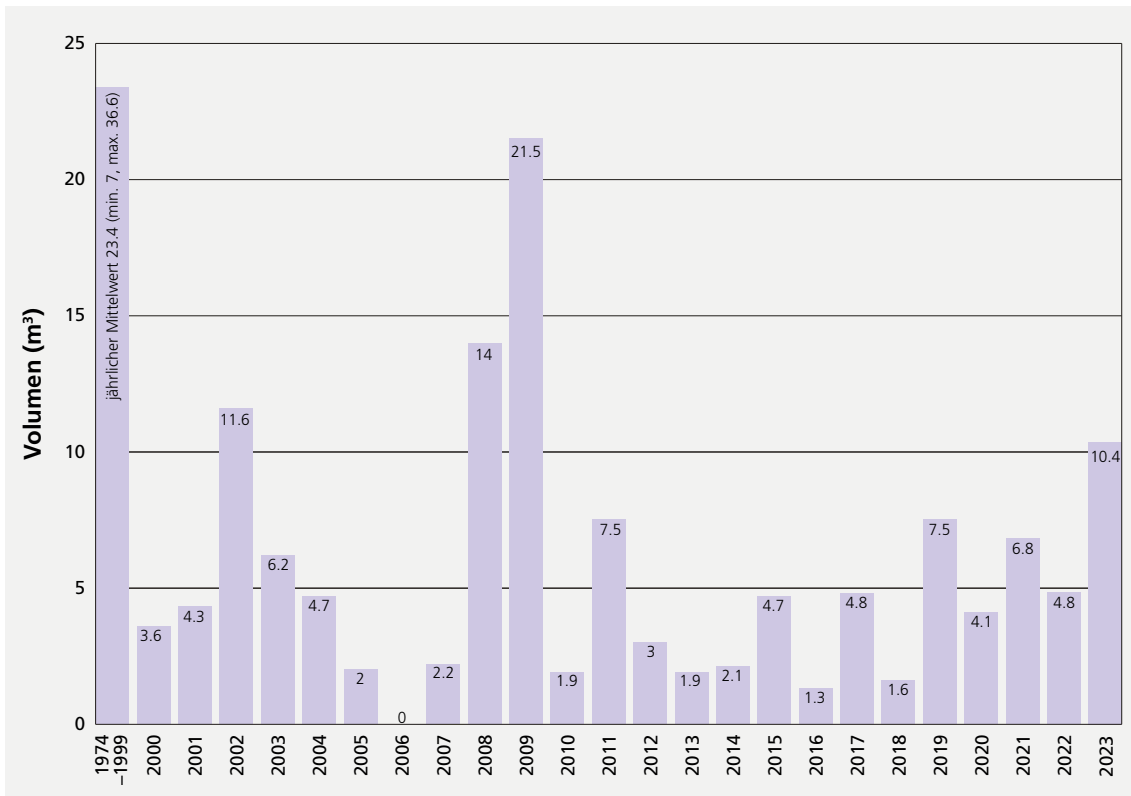


Abb. 9: Entwicklung des Abfallvolumens, das während der vergangenen vierzig Jahre vom Bund gesammelt und dem Bundeszwischenlager (BZL) zugeführt wurde.

Sammelaktion für radioaktive Abfälle

Im Rahmen der Sammelaktion 2023 haben 27 Unternehmen radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von $3,06 \times 10^{15}$ Becquerel (hauptsächlich Tritium H-3) und einem Bruttovolumen von insgesamt $10,4 \text{ m}^3$ abgegeben (darunter ein Container mit $4,5 \text{ m}^3$), vgl. Abb. 9.

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 1100 solche Verstöße mit einem Strafbescheid und einer Busse geahndet. Ein

weiterer Verstoss betrifft Röntgenanlagen, die ohne Bewilligung installiert oder betrieben werden. 2023 verstiesen einige Röntgenfirmen sowie über 10 medizinische Betriebe gegen diese Pflicht. Mehrere Strafverfahren wurden nach illegaler Entsorgung von Strahlenquellen oder Abfällen in einer KVA oder nach einem Verlust von Quellen durchgeführt. 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.

Mit dem Inkrafttreten der V-NISSG am 1. Juni 2019 wurden die Ein- und Durchfuhr, das Anbieten, die Abgabe sowie der Besitz von Laserpointern (ausgenommen Klasse 1) verboten (Art. 23). Das BAG vermisst die vom Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit im Warenverkehr (BAZG) sowie bei Personenkontrollen sichergestellten Laserpointer und leitet Vergehen an die zuständige Staatsanwaltschaft weiter. Die jährliche Anzahl der Verstöße seit Inkrafttreten der Verordnung zum Bundesgesetz über den

	2019	2020	2021	2022	2023
Verstöße	63	136	92	463	434
Beschlagnahmte Laserpointer	118	173	125	712	796

Abb. 10: Jährliche Anzahl Verstöße und beschlagnahmte Laserpointer zwischen 01.06.2019 und 31.12.2023.

Schutz vor Gefahren durch nichtionisierende Strahlung und Schall (V-NISSG) ist in Abb. 10 aufgeführt, ebenso die Anzahl der beschlagnahmten Laserpointer. 2023 bleibt die Anzahl der Verstöße auf einem ähnlich hohen Niveau wie im Vorjahr.

Aktionsplan zur radiologischen Sicherung und Sicherheit «Radiss» 2020–2025

Mit dem Aktionsplan Radiss will der Bund die Gefahren vermindern, die von unkontrollierten radioaktiven Materialien ausgehen.

Das BAG leitet den Aktionsplan zur Verstärkung der radiologischen Sicherung und Sicherheit 2020–2025 («Radiss»). Das Hauptziel dieses Aktionsplans ist, die Sicherung von radioaktiven Materialien zu verbessern, bewilligtes radioaktives Material unter ständiger Kontrolle zu halten sowie herrenloses radioaktives Material aufzuspüren, bevor es Schäden an Menschen und Umwelt anrichten kann. In den drei Aktionsfeldern «Prävention», «Detektion» und «Intervention» (8 Schwerpunkte und 19 Massnahmen) wurden Arbeitsgruppen mit Mitgliedern mehrerer Bundesstellen¹ aus allen sieben Departementen gebildet. Ein wichtiger Meilenstein war die im November 2023 abgeschlossene internationale Mission zur Überprüfung der radiologischen Sicherung («IPPAS») der IAEA.

Prävention: Sicherung von hoch radioaktiven Quellen

Die Prävention zielt primär darauf ab, die Missbrauchsgefahr hoch radioaktiver Quellen zu reduzieren. Dafür müssen Bewilligungsinhaber/-innen verstärkte Massnahmen zur Verhinderung von Diebstahl und Sabotage umsetzen. Bereits 90 % der Betriebe wurden auditiert. Ein weiterer Schwerpunkt ist es, die Anzahl hoch radioaktiver Quellen zu reduzieren, da es mittlerweile häufig alternative Technologien gibt, die ohne den Einsatz von Radioaktivität den gleichen Zweck erfüllen. Seit dem Start von Radiss wurden beispielsweise bereits 90 % aller Cäsium-Blutbestrahlungsgeräte entsorgt und durch Röntgenanlagen ersetzt. Mit dem neuen Radiation Portal Switzerland (RPS) konnte auch der dritte Schwerpunkt in Angriff genommen werden, bei dem

es um die Digitalisierung von Prozessen und die lückenlose Verfolgung radioaktiver Quellen geht. Zudem wird der Informationsschutz verstärkt, um Verwaltung und Austausch vertraulicher Informationen sicher zu gewährleisten.

Detektion: Auffinden von radioaktivem Material, das nicht unter Kontrolle ist

Der erste Schwerpunkt dieses Aktionsfeldes befasst sich mit der Messpflicht in Verwertungsbetrieben. Es soll sichergestellt werden, dass solche Betriebe signifikant radioaktives Material entdecken, das aus Versehen oder illegal angeliefert wurde, damit dieses nicht unkontrolliert in der Kehrichtverbrennung oder Metallschrottverwertung landet. Die Anzahl der Betriebe, die solche Messungen durchführen, hat sich seit Beginn des Aktionsplans auf über 160 vervierfacht. Dies hat dazu geführt, dass pro Woche durchschnittlich zwei bis drei Meldungen über radioaktive Funde beim BAG eingehen (siehe Kapitel «radiologische Ereignisse», Seite 30). Der zweite Schwerpunkt ist die Kontrolle auf Radioaktivität an der Grenze. Dazu werden regelmässig in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit, dem Labor Spiez und dem PSI Stichprobenkontrollen am Strassenzoll risikobasiert durchgeführt. In Zukunft sollen zentrale Zollstellen und andere strategische Punkte mit fixen und teilautonomen Messeinrichtungen ausgestattet werden. Dazu zählen auch Paketverteilzentren und Flughäfen. Im Berichtsjahr hat die Arbeitsgruppe ein Konzept für den Fall eines nuklearen Ereignisses in der Ukraine vorbereitet. Dieses priorisiert die Kontrollen

¹ Bundesstellen : BAZG, Labor Spiez, NDB, Nuklearforensik Schweiz, fedpol, Bundesanwaltschaft, NAZ, ENSI, BFE, VBS ABC-KAMIR, EDA, SECO, PSI und Suva

an der Grenze sowie die Dekontaminationsmassnahmen, die sich daraus gegebenenfalls ergeben.

Intervention und Ereignisbewältigung

In diesem Teilprojekt hat die Arbeitsgruppe eine Wegleitung erstellt, in der die Zuständigkeiten und Prozesse für verschiedene Störfallscenarien, wie z. B. das Finden oder Verlieren einer radioaktiven Quelle, festgelegt sind. Das Ziel dieser Wegleitung ist es, Ereignisse effizient zu bewältigen und eine einheitliche strafrechtliche Verfolgung sicherzustellen. Die Prozesse werden auch den kantonalen Blaulichtorganisationen bekannt gemacht.

Internationale Überprüfungsmission der IAEA (IPPAS²)

Anfang November war die Schweiz Gastgeberin der sogenannten IPPAS Überprüfungsmission der Internationalen Atomenergie Organisation IAEA. Neun internationale Experten haben dabei eine umfassende Bewertung der gesetzlichen Grundlagen im Bereich der Sicherung von radioaktivem Material sowie deren praktische Umsetzung vorgenommen. Die Mission wurde in enger Zusammenarbeit von ENSI, BFE und BAG durchgeführt, da auch die Sicherung in Kernanlagen Thema war. Das Ergebnis der Mission war positiv: Die internationalen Experten identifizierten bewährte Praktiken, darunter die ganzheitliche Ausrichtung des Aktionsplans Radiss mit einer intensivierten und guten Zusammenarbeit vieler Bundesstellen und die Förderung alternativer Technologien zur Risikoreduktion. Positiv bewertet wurde auch das neue digitale Bewilligungsportal RPS. Verbesserungsvorschläge betreffen die gesetzlichen Grundlagen zur Sicherung und Sicherheit. Das Expertengremium empfiehlt, die Bedrohungslage regelmässig zu analysieren, Vorbereitungen für Krisensituationen zu treffen, die aus böswilligen Handlungen mit radioaktivem Material entstehen, und permanente Kontrollen an strategischen Grenzpunkten einzuführen. Um auch nach dem Ende des

Aktionsplans ein nachhaltiges Sicherungsregime zu gewährleisten, seien ausreichende finanzielle und personelle Ressourcen seitens des Staates erforderlich.

Weiteres Vorgehen und zweiter Teil von Radiss

Die Empfehlungen aus der Mission werden zusammen mit den bisherigen Erkenntnissen in den zweiten Teil von Radiss einfließen. Die Auswirkungen der verschlechterten, sicherheitspolitischen Lage, insbesondere des Wiederaufkommens nuklearer Bedrohungen mit dem Ukraine-Krieg, sollen dabei auch berücksichtigt werden. 2024 wird der Zwischenstand zur Umsetzung des Aktionsplans dem Bundesrat unterbreitet, der über das weitere Vorgehen entscheiden wird.

2 IPPAS = International Physical Protection Advisory Service



Abb. 11: Abschluss der IPPAS Mission mit neun internationalen Experten und den Vertreter/-innen der hauptsächlich beteiligten Behörden BAG, BFE und ENSI.

Radiologische Ereignisse

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat den Auftrag, die Bevölkerung und die Umwelt vor ionisierender Strahlung zu schützen, insbesondere auch Patientinnen, Patienten und beruflich strahlenexponiertes Personal. Kommt es trotz der Vorsichts- und Schutzmassnahmen zu meldepflichtigen Ereignissen oder tauchen radiologische Altlasten auf, ist es Aufgabe des BAG, diese zu untersuchen und zu bewerten sowie die Öffentlichkeit angemessen darüber zu informieren. Auch medizinische Strahlenereignisse nach Patienten- oder Organverwechslungen sind meldepflichtig. Auf Basis dieser Meldungen sowie der Information der Öffentlichkeit und der interessierten Kreise will das BAG eine Lessons-learn-Kultur etablieren und die Sicherheit von Patientinnen und Patienten wie auch der Bevölkerung 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 Patientinnen und Patienten betreffen, und ii) nicht-medizinischen Ereignissen, die Personal, die Bevölkerung oder die Umwelt betreffen und alle Störfälle nach Artikel 122 der Strahlenschutzverordnung (StSV) beinhalten.

2023 gab es 290 Ereignisse, wovon 145 medizinische Ereignisse betrafen (2022: 236, wovon 103 medizinische Ereignisse). Das BAG evaluiert mögliche Folgen, prüft die umgesetzten Korrekturmassnahmen und entscheidet 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. Sämtliche Ereignisse des Berichtsjahres, die den Behörden bis spätestens Ende Februar des Folgejahres zu melden sind, erscheinen in statistischer Form in diesem Kapitel. Einige Ereignisse von besonderem Interesse werden zusätzlich in Kurzberichten dargestellt.

Radiologische Ereignisse 2023

(Medizinische Strahlenereignisse, vgl. S.34)

Klassifizierung

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

Umwelt, Betriebe und Bevölkerung, Kategorie A

Bei diesen Ereignissen geht es vor allem um die ungewollte Abgabe von Radioaktivität an die Umwelt, Abweichungen oder Versäumnisse gegenüber 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 Ereignisse, die ausser Kontrolle geratene radioaktive Quellen betreffen (Verlust, Diebstahl, Fund, illegale Entsorgung usw.). Bei der Mehrheit handelt es sich um radioaktive Altlasten (Fund von 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 (Privatperson) 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 (vgl. auch den Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» unter 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

Vgl. auch Abb. 12.

In der Kategorie A «Umwelt, Betriebe und Bevölkerung» gingen 2023 vier Meldungen ein. Dabei handelte es sich um Folgendes:

- Illegale Entsorgung von Tritium (~32 GBq) unbekannter Herkunft in einer Verbrennungsanlage (vgl. Ereignisbeschreibung Seite 34)
- Nicht fachgerechte Entsorgung von mit Lutetium-177 kontaminiertem Urin auf einer nuklearmedizinischen Abteilung, welcher vor der Entsorgung zum Abklingen hätte gelagert werden sollen
- Lecks in Abwasserkontrollanlagen von zwei Spitälern, die eine Kontamination der angrenzenden Räume verursachten

Keiner dieser Fälle hatte signifikante radiologische Folgen.

In der Kategorie B «Radiologische Altlasten, herrenlose Quellen, Quellenverluste» wurden 2023 133 Fälle gemeldet, gegenüber 120 Fällen im Jahr 2022. Damit ist, seit der Einführung einer Mess- und Meldepflicht in Verbrennungsanlagen und Metallrecyclingbetrieben im

Jahr 2018, bei der Anzahl Meldungen eine Stabilisierung zu beobachten. Von den gemeldeten Ereignissen betrafen 89 in der Nuklearmedizin verwendete kurzlebige Radionuklide (2022: 81 Fälle). Die radioaktiven Stoffe, die Patientinnen und Patienten bei einer nuklearmedizinischen Untersuchung oder Behandlung verabreicht werden, werden während der folgenden Tage wieder ausgeschieden und können über Hygieneartikel in Haushaltabfälle gelangen. Dadurch können anschliessend in Verbrennungsanlagen Alarme ausgelöst werden. Dort wird mit solchen Fällen routiniert umgegangen, sie bergen daher kein Risiko für die Bevölkerung.

Die Zahl der Funde von radiologischen Altlasten (insbesondere Radium-226) in konventionellen Abfällen ist relativ stabil (2023: 27 Fälle; 2022: 21 Fälle), ebenso die Zahl der Funde von natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien (NORM; 2023: 6 Fälle, 2022: 10 Fälle).

Zwei Ereignisse der 2023 in dieser Kategorie gemeldeten Fälle betrafen Verluste radioaktiver Quellen in Betrieben, die über eine Bewilligung des BAG verfügen. In beiden Fällen ging es um Quellen mit sehr geringer Aktivität, die kein Risiko für die Bevölkerung darstellen. Beide wurden bis heute nicht wiedergefunden.

Ein weiterer Fall betraf eine Kalibrationsquelle, die nach Gebrauch nicht wieder gesichert wurde und in einem Gang für alle Mitarbeitenden zugänglich war; sie befand sich jedoch in der Abschirmung. Die Quelle wurde am nächsten Morgen aufgefunden und gesichert. Beim Abbau einer PET-CT-Anlage nahmen Techniker ohne vorgängige Absprache eine Kalibrationsquelle mit Germanium-68 an sich und brachten sie an den Sitz des Unternehmens im Ausland. Derzeit ist nicht klar, ob die Quelle im Ausland wiederverwendet oder zur Entsorgung zurück in die Schweiz gebracht wird. Darüber hinaus wurden zwei Caesium-Quellen der Kategorie 5 (geringe Aktivität) gefunden, eine in einer KVA, die andere in einem Recyclingbetrieb. Dank Untersuchungen des BAG und der Nuklearforensik konnte die Herkunft der ersten Quelle rasch eruiert werden (vgl. Ereignisbeschreibung Seite 33). Was die zweite Quelle anbelangt, so konnte die Herkunft bislang noch nicht ermittelt werden und die Untersuchung dauert noch an.

Drei Ereignisse wurden 2023 in die Kategorie der Ereignisse mit Dosen für beruflich strahlenexponiertes Personal (Kategorie C) eingeteilt. Während der Injektion von Technetium-99m bei einem Patienten wurde eine Radiologiefachfrau durch einen Spritzer im Gesicht kontaminiert. Rasch wurde eine Dekontamination durchgeführt und die resultierende Dosis für die Person blieb tief. In einem anderen Fall hielt sich ein Arbeiter nicht an eine Sicherheitsabspernung und führte an einem Ort mit eingeschränktem Zugang oberhalb einer Strahlentherapieanlage Arbeiten aus. Die für ihn resultierende Dosis lag deutlich unter den Grenzwerten für die Bevölkerung. Bei einer Radiologiefachfrau in einem Westschweizer Spital zeigte die Ablesung ihres Dosimeters am Monatsende eine leichte Überschreitung des Dosisgrenzwerts (20,2 mSv). Die bei ihr durchgeführten Abklärungen konnten diese Dosis nicht erklären. In Ermangelung anderer Informationen wurde die Dosis beibehalten und angesichts der Überschreitung des Dosisgrenzwerts als INES 1 eingestuft.

In der Kategorie «Transporte» (Kategorie D) wurde 2023 kein Ereignis gemeldet.

Fünf Fälle schliesslich wurden 2023 in die Kategorie «Andere» (Kategorie E) eingeteilt.

Zwei Ereignisse betrafen schwach radioaktiv kontaminierte Importprodukte (vgl. Ereignisbeschreibung Seite 33). Zwei weitere Fälle betrafen Patientinnen und Patienten, die sich einer nuklearmedizinischen Behandlung unterzogen hatten. Bei solchen Behandlungen müssen die betreffenden Personen während einiger Tage in abgeschirmten Räumen isoliert werden, um zu verhindern, dass sie ihre Angehörigen unnötig Strahlung aussetzen. Zwei solche Patienten haben ihren Aufenthalt jedoch entgegen des Rats des medizinischen Personals vorzeitig abgebrochen. Im letzten Fall wurden in einem Betrieb die Vorschriften zur Dosimeter-Tragepflicht nicht eingehalten. Ein externer Arbeiter, der die obligatorische Sicherheitsschulung nicht erhalten hatte, betrat ohne Dosimeter einen Kontrollbereich. Die geschätzte Dosis war jedoch vernachlässigbar.

Von den 2023 gemeldeten Ereignissen wurde lediglich eines auf Stufe 1 der INES-Skala eingestuft (Dosisüberschreitung bei einer Radiologiefachfrau). Die übrigen Ereignisse wurden aufgrund der fehlenden Folgen und der sehr geringen Aktivitäten (und damit auch Risiken) auf Stufe 0 der Skala eingestuft. Zudem wurden 24 Fälle, die mehrheitlich Quellenfunde betreffen, an die ITDB-Datenbank (Incident &

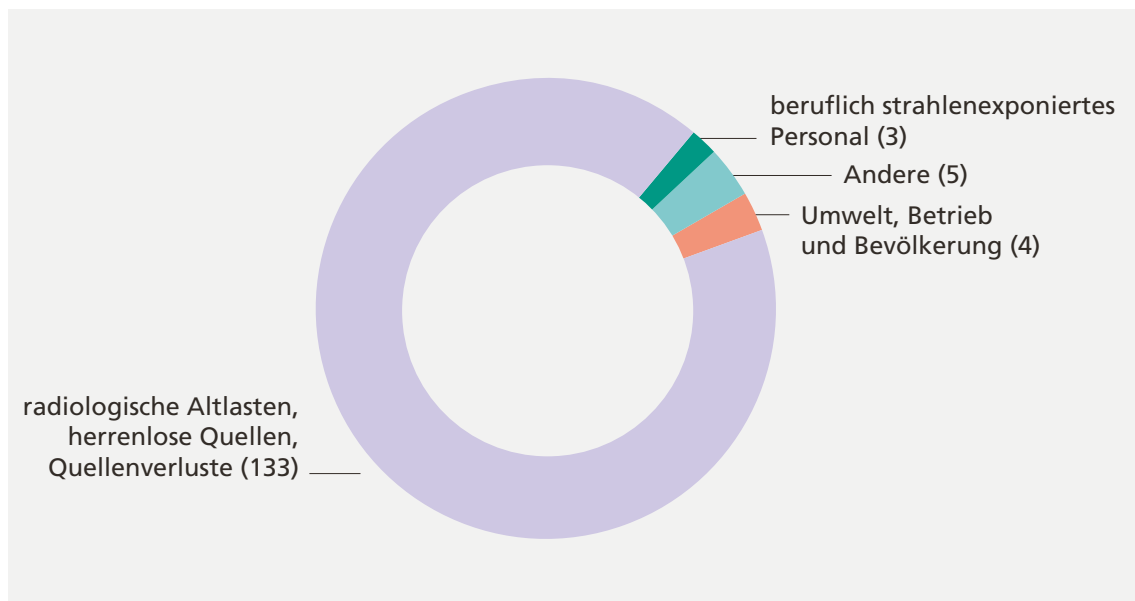


Abb. 12: Verteilung der 145 gemeldeten radiologischen Ereignisse im Jahr 2023, aufgeschlüsselt nach Kategorien, ohne Ereignisse mit Patientinnen und Patienten (medizinische Strahlenereignisse).

Trafficking Database) der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) gemeldet.

Beschreibung radiologischer Ereignisse von besonderem Interesse

Quellenfund in einer Kehrrichtverwertungsanlage

Im Februar 2023 wurde bei der Anlieferung von Siedlungsabfall in einer Kehrrichtverwertungsanlage (KVA) ein Radioaktivitätsalarm ausgelöst. Das aufgebotene strahlenschutzsachverständige Personal der KVA und des BAG hat anschliessend eine etwa reiskorn-grosse Cs-137-Quelle mit einer Aktivität von rund 50 Megabecquerel (MBq) sichergestellt. Da es sich in diesem Fall offensichtlich um eine illegale Entsorgung von radioaktivem Material handelte, wurde zur Spurensicherung die Nuklearforensik (NF-CH) aufgeboten. Mit Hilfe der Bewilligungsdatenbank für radioaktive Quellen und den Kenntnissen zur Herkunft der betroffenen Siedlungsabfälle konnte der Besitzer der Quelle rasch ermittelt werden. Dieser hatte den Verlust zu diesem Zeitpunkt noch nicht bemerkt. Die nachfolgenden Abklärungen haben ergeben, dass sich die radioaktive Quelle, welche zu Ausbildungszwecken verwendet wurde, beim letzten Gebrauch unbemerkt aus der Quellenhalterung gelöst hat und auf den Boden gefallen ist. Durch die Bodenreinigung des Hausdienstes gelangte die Quelle schliesslich in den Kehrriech. Die Abschätzung der möglichen Strahlendosis zeigte, dass die geltenden Dosisgrenzwerte nicht überschritten und die betroffenen Personen nicht gefährdet waren. Damit solche Ereignisse künftig nicht mehr vorkommen, wird der betroffene Betrieb künftig nach jeder Verwendung von radioaktiven Quellen messtechnisch überprüfen, ob sich die Quelle in der Abschirmung befindet.

Teile von Industriemaschinen mit Kobalt-60 kontaminiert

Am 9. Februar 2023 erhielt das BAG von der ECURIE ADVISORY Notification (Event 26176) die Information, dass ein Container mit Maschinen, der für ein Schweizer Unternehmen bestimmt war, einen radiologischen Alarm im Hafen von Rotterdam (Niederlande) ausgelöst hatte. Die in den Niederlanden durchgeführten Analysen ergaben, dass es sich um metallische Bestand-

teile von Industriemaschinen handelte, die mit Kobalt-60 kontaminiert waren. Das Schweizer Unternehmen, an das die Teile geliefert werden sollten, beauftragte eine lokale strahlenschutzsachverständige Person mit der systematischen Überprüfung aller Teile, die bereits zu einem früheren Zeitpunkt durch den betroffenen Lieferanten geliefert worden waren. Dabei konnten weitere kontaminierte Teile detektiert, sichergestellt und zur Abgabe als radioaktiver Abfall bereitgestellt werden. Das BAG und die Suva verblieben mit dem Unternehmen in Kontakt, das für die Herstellung und den Vertrieb der betroffenen Maschinen verantwortlich ist. Damit soll sichergestellt werden, dass alle Maschinen, die in der letzten Zeit an verschiedene Kunden in der Schweiz und im Ausland ausgeliefert wurden, auf Radioaktivität überprüft werden und damit alle radioaktiven Bestandteile entfernt und fachgerecht entsorgt werden können. Die Dosisleistung an den kontaminierten Teilen war relativ gering (einige MikroSv/h im Kontakt der kontaminierten Teile), sodass die geltenden Dosisgrenzwerte eingehalten wurden. Betroffene Personen waren keiner gesundheitlichen Gefährdung ausgesetzt. Auch eine Verschleppung der Kontamination war nicht zu erwarten, da diese im Metall fixiert ist und die Teile nicht mechanisch bearbeitet wurden.

NORM-haltige Wasserflaschen

Aufgrund der ECURIE ADVISORY Notification (Event 27484) vom 17. Februar 2023 wurde das BAG informiert, dass die niederländische Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz am Hafen von Rotterdam einen Container mit Trinkflaschen aus Kunststoff mit erheblicher Radioaktivität sichergestellt hat. Die Trinkflaschen, bei denen Thorium-232 detektiert wurde, stammten von einem chinesischen Produzenten und waren für einen Empfänger in der Schweiz bestimmt. Auf Anfrage des BAG hat das Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit (BAZG) aufgrund dieser Meldung eine Liste der Importe des vergangenen Jahres in die Schweiz erstellt, die vom betroffenen chinesischen Lieferanten stammten. Dadurch konnte ein weiterer Betrieb ermittelt werden, der im vergangenen Jahr Trinkflaschen des betroffenen Herstellers importiert hatte. Durch eine gammaspektrometrische Messung der Trinkflaschen konnte das BAG den Befund der niederländischen Behörde bestätigen. Die

Gummibänder, die zur besseren Handhabbarkeit um die Trinkflaschen gespannt waren, enthielten natürliches radioaktives Material (NORM) mit einer spezifischen Aktivität von 3,8 Bq/g. Dieser Wert liegt deutlich über der zulässigen NORM-Befreiungsgrenze (LLN) von 1 Bq/g (Strahlenschutzverordnung, StSV, Anhang 2). Die Verwendung dieser Flaschen ist in der Schweiz somit nicht zulässig und die Trinkflaschen mussten unverzüglich aus dem Verkauf gezogen werden. Für Personen bestand bei der vorgesehenen Verwendung nur eine geringe Gefährdung durch ionisierende Strahlung, solange die betroffene Komponente nicht in den Mund genommen und dadurch radioaktives Material inkorporiert wurde. Daher war aus Sicht des BAG ein Rückruf der bereits verkauften Trinkflaschen nicht erforderlich. Zur Entsorgung der noch vorhandenen Lagerbestände wurden die Flaschen teils an den Lieferanten retourniert, teils mit Zustimmung des BAG und der kantonalen Umweltschutzbehörde in einer Verbrennungsanlage entsorgt.



Abb. 13: Die Gummibänder, die zur besseren Handhabbarkeit um die Trinkflaschen gespannt waren, enthielten natürliches radioaktives Material (NORM) über der zulässigen NORM-Befreiungsgrenze.

Verbrennung von tritiumhaltigen Abfällen

Wie in den Jahren 2019 und 2021 hat das Kantonale Laboratorium Basel auch im Jahr 2023 (Kalenderwoche 23) eine stark erhöhte Tritiumkonzentration im Rauchgaswaschwasser der KVA Basel gemessen. Es wurde eine mittlere Wochenkonzentration von Tritium von rund 27 000 Bq/l festgestellt. Dies bedeutet, dass in dieser Zeit ein oder mehrere Objekte mit einer Tritiumaktivität von ca. 32 GBq (100 LA, Bewilligungsgrenzen) verbrannt wurden, was auf eine nicht konforme oder illegale Entsorgung von tritiumhaltigen Abfällen schliessen lässt. Eine Gefährdung der Bevölkerung war nicht gegeben, da die Immissionsgrenzwerte für diese Aktivitätsabgabe ins Abwasser nicht überschritten wurden. Das BAG hat die zuständige Behörde Fedpol über das Ereignis informiert, um den möglichen Verursacher zu ermitteln. Wie schon bei früheren Ereignissen ergaben sich keine erhärteten Hinweise auf einen Verursacher. Die Herkunft der Abfälle aus Betrieben im Einzugsgebiet der KVA Basel, die über eine Bewilligung für den Umgang mit Tritium verfügen, kann ausgeschlossen werden, da diese Betriebe durch die Aufsichtsbehörden streng überwacht werden.

Medizinische Strahlenereignisse 2023

2023 waren in 145 Fällen der gemeldeten Ereignisse Patientinnen und Patienten betroffen, man spricht von medizinischen Strahlenereignissen. Die meisten Ereignisse wurden aus der Radiologie gemeldet (110 Fälle), vgl. Abb. 14 und 15. Mit einer Ausnahme haben sich alle Fälle bei Untersuchungen mit Computertomografen (CT) ereignet und können in folgende Kategorien eingeteilt werden: Verwechslung von Patientinnen oder Patienten (51 Ereignisse, davon 18 bei der Zuweisung und 33 bei der Durchführung der CT-Untersuchung), Auswahl eines falschen Untersuchungsprotokolls (sieben Mal bei der Planung, 15 Ereignisse bei der Durchführung), ungewollte Wiederholung einer Untersuchung (40 Ereignisse). In vier Fällen wurde das falsche Organ untersucht. Bei einer CT-Untersuchung wurde der Untersuchungsbereich grösser als der medizinischen Fragestellung angemessen gewählt. In vier Fällen wurde die verschriebene Untersuchung an der fal-

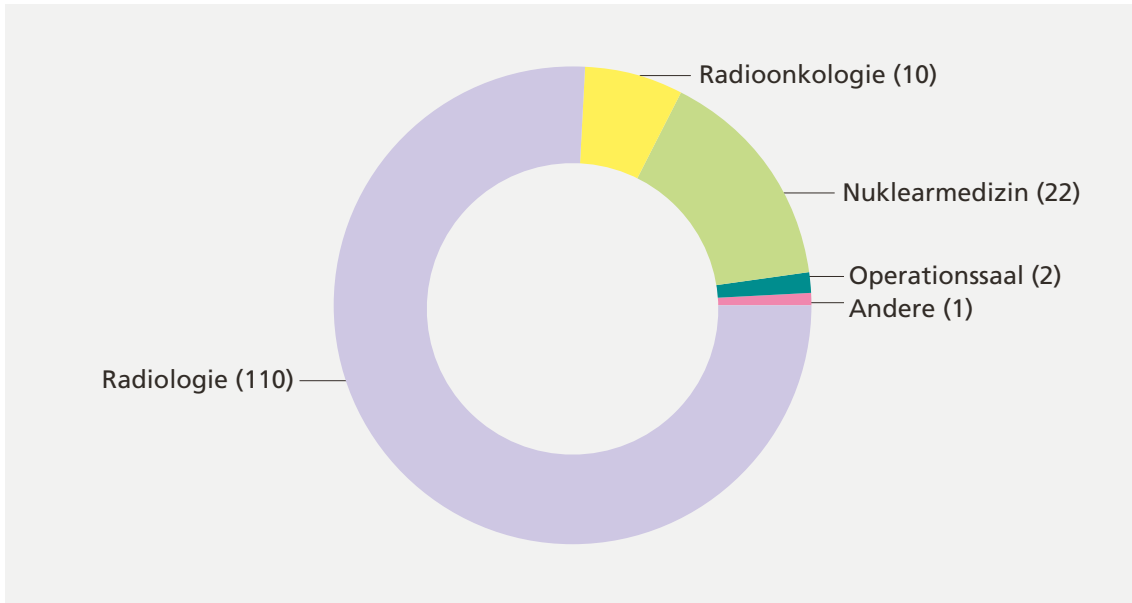


Abb. 14: 145 medizinische Strahlenereignisse 2023, Verteilung nach medizinischer Spezialität (Radiologie, Radioonkologie, Nuklearmedizin, Operationssaal und andere).

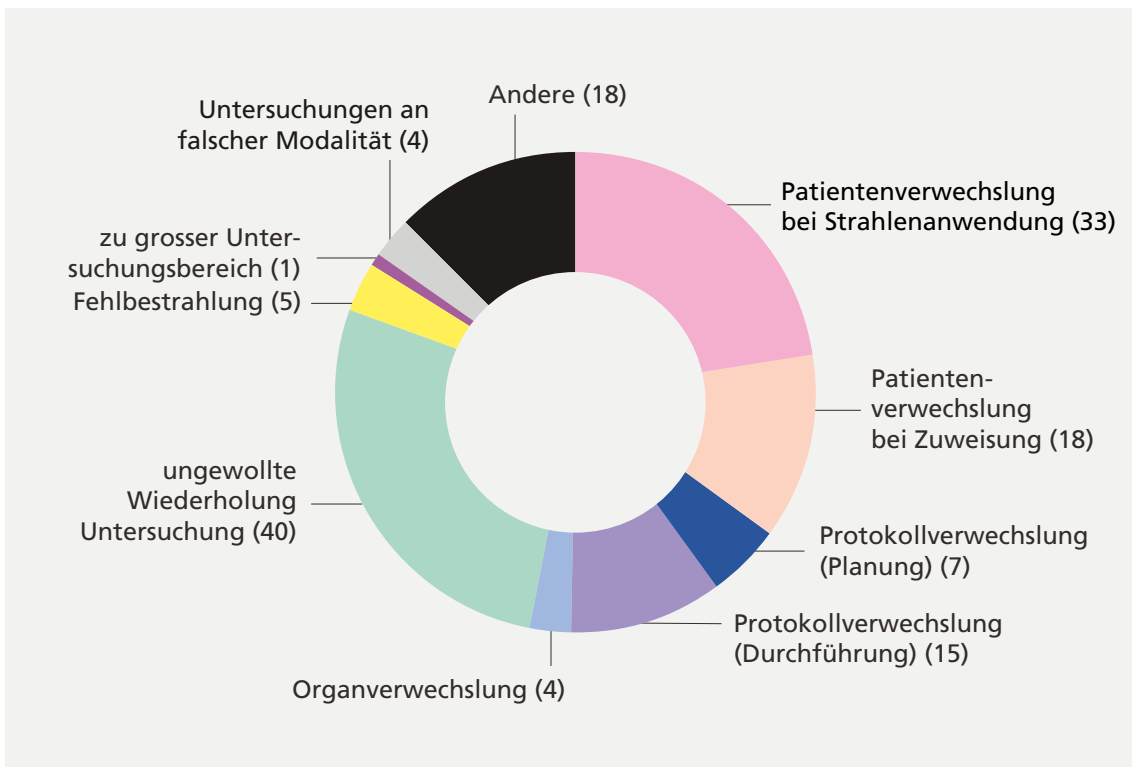


Abb. 15: Im Jahr 2023 gab es 145 medizinische Strahlenereignisse, die hier nach Art des Ereignisses aufgeschlüsselt sind.

schen Modalität (z. B. CT statt MR oder Röntgenaufnahme) durchgeführt. In weiteren fünf Fällen kam es zu technischen Problemen oder Abweichungen vom vorgeschriebenen Vorgehen (Auftreten von Bildartefakten, Untersuchung ohne korrekte Rechtfertigung, ungewollte CT-Untersuchung und Durchführung einer Untersuchung trotz korrekt annullierter Anmeldung). Bei einer Schwangeren wurde in Unkenntnis der Schwangerschaft eine CT-Untersuchung durchgeführt.

Auch in der Nuklearmedizin (22 Ereignisse) wurden zwei Patientenverwechslungen bei der Zuweisung und in zwölf Fällen eine ungewollte Wiederholung einer Untersuchung gemeldet. Die Ursachen hierfür lagen zumeist in technischen Fehlfunktionen der benutzten Geräte oder daran, dass Probleme bei der Applikation des Radiopharmazeutikums auftraten. Letztere führten dazu, dass die Bildgebung nicht die erwarteten Bilddaten liefern konnte. In einem weiteren Fall wurde die missglückte Applikation bereits vor der Durchführung der Bildgebung bemerkt. Einmal wurde ein falsches Radiopharmazeutikum appliziert, viermal wurde die zu applizierende Aktivität falsch berechnet.

An einem Tag wurden zweimal Personen bei der Applikation von Radiopharmazeutika bei Kindern mit einer radioaktiven Substanz kontaminiert. Betroffen waren nicht nur Patienten, sondern auch Familienangehörige und Personal. Beide Vorfälle sind auf eine schlechte Kontrolle des venösen Zugangs vor der Injektion zurückzuführen.

In der Radioonkologie (zehn Ereignisse) kam es zu fünf Fehlbestrahlungen mit unterschiedlich schweren Folgen. Auslöser dafür waren fehlerhafte Bestimmung der Zielvolumina (drei Fälle), in einem Fall eine Verschiebung des Zielvolumens um wenige Zentimeter während der ersten beiden Bestrahlungssitzungen und in einem anderen Fall eine irrtümlich als Metastase klassifizierte Gewebestruktur.

Zweimal wurde der falsche Patient bestrahlt. Ebenfalls in zwei Fällen wurde das CT für die Bestrahlungsplanung nicht so durchgeführt, dass man darauf die Bestrahlung hätte planen können: Einmal wurde mangels aktueller Dokumente auf die Zuweisung für eine frühere Untersuchung zurückgegriffen und infolgedes-

sen der notwendige Scanbereich nicht ausreichend abgedeckt; ein anderes Mal wurde aus Unaufmerksamkeit ein zu kurzes Scanprotokoll gewählt.

Zwei Ereignisse wurden aus dem OP gemeldet. In beiden Fällen war das Durchleuchtungsgerät nach Abschluss des Eingriffs noch betriebsbereit. Durch eine Fehlbedienung wurde jeweils ungewollt durchleuchtet. In beiden Fällen fiel dies unbeteiligten OP-Personal, das zufällig in den Raum kam, auf. So blieben die unbeabsichtigten Durchleuchtungssequenzen relativ gering.

Bei einem Eingriff in der interventionellen Radiologie kam es zu Problemen mit einem Medizinprodukt (Ballon). Es wurde an den Hersteller eingesandt, der einen Materialfehler bestätigen konnte. Die applizierte Strahlendosis blieb trotz der verlängerten Durchleuchtungszeit innerhalb dem für den Eingriff normalerweise üblichen Bereich.

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. Bis auf drei sind alle medizinischen Ereignisse aus dem Jahr 2023 auf dem Level 0 dieser INES Medical Rating Skala (INES M) einzustufen.

Ausnahme sind drei Fehlbestrahlungen – eine bei der das Zielvolumen nicht vollständig abgedeckt wurde, eine, bei der eine Gewebestruktur irrtümlich als Metastase beurteilt wurde, und eine, bei der es zur Verschiebung des Zielvolumens kam. Sie wurden in Level 1 eingeteilt, weil es in allen Fällen zur Bestrahlung gesunden Gewebes und zum Teil zu einer primären Unterdosierung im Zielvolumen kam. Eine weitere Fehlbestrahlung wurde im Level 4 eingeteilt (siehe Beschreibung Seite 37).

Medizinische Strahlenereignisse von besonderem Interesse

Fehlbestrahlung Level INES Medical 4 in der Radiotherapie

Nach der operativen Entfernung eines Hauttumors am Kopf war eine Radiotherapie mit Heilungsabsicht geplant. Im Sommer 2022 wurde diese Therapie durchgeführt. Der Patient wurde mit einer Energie von 8 MeV und einer Dosis von insgesamt 53.2 Gy (20 Fraktionen zu je 2.66 Gy) im Bereich der Schläfenpartie und des hinteren Teils des Kopfes bestrahlt.

2023 wurde während der Nachsorge beim Dermatologen ein Rückfall festgestellt. Zudem hat man beim Patienten einen Haarverlust (mögliche Nebenwirkung einer Radiotherapie) an einer nicht zur ursprünglichen Lokalisation des Tumors passenden Stelle gefunden. Bei einer weiteren Überprüfung ist man in der Klinik zum Ergebnis gekommen, dass bei der Radiotherapie nicht das ganze Zielvolumen erfasst worden ist. Als Ursache ist ein unüber-

sichtlicher Zielvolumenbereich mit einer grossen Narbe anzunehmen. Die Narbe erstreckt sich durch die Verschiebung eines Hautlappens aus gesundem Gebiet über den gesamten Hinterkopf.

Das Ereignis wurde in INES medical Level 4 eingeteilt, da der Patient durch das erneute Auftreten des Tumors einen lebensbedrohlichen Rückfall erlitten hat. Eine neue Operation und Therapie sind notwendig.

Patientenverwechslungen in der Radiologie und Radioonkologie

Alle 33 im Jahr 2023 gemeldeten Patientenverwechslungen während der Strahlenanwendung hätten durch eine vorschriftsgemässe Patientenidentifikation vollständig vermieden werden können. Eine korrekte Patientenidentifikation speist sich immer aus zwei verschiedenen Quellen (z. B. Daten der schriftlichen Anmeldung und mündliche Angaben des Patienten oder der Patientin). Sie umfasst regelmässig auch die Kontrolle des Geburtsdatums.

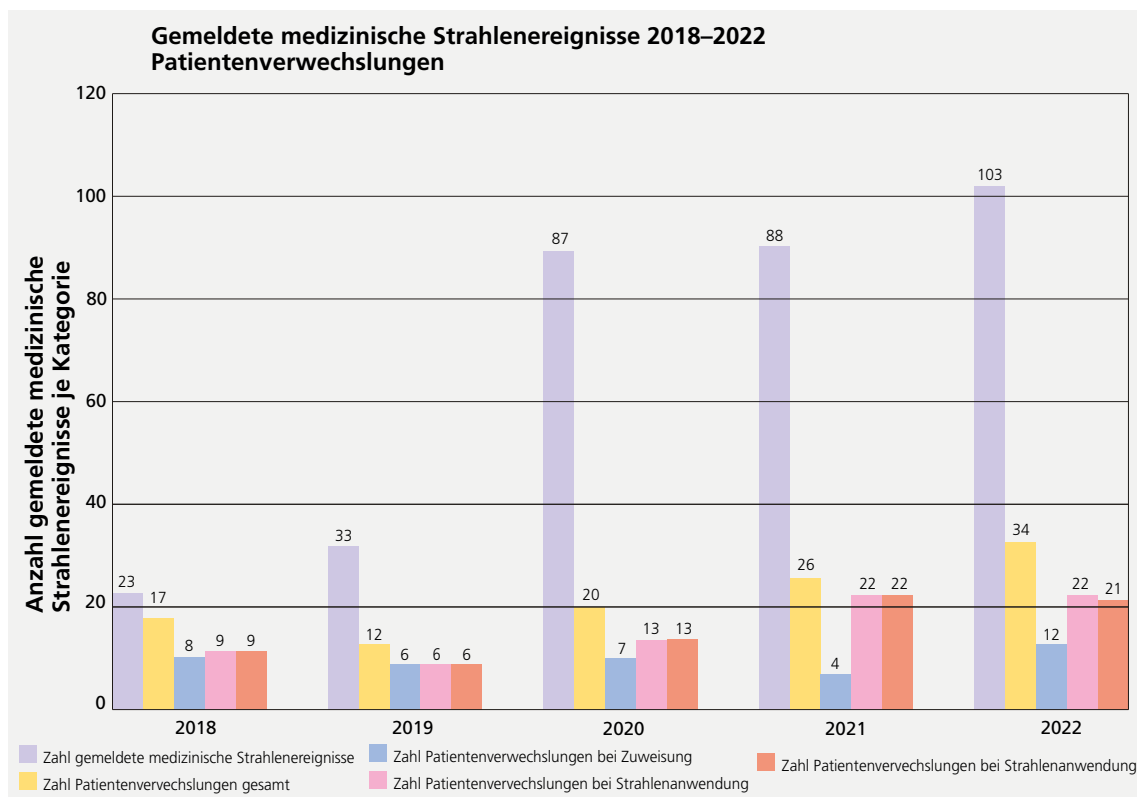


Abb. 16: In einem Zwischenbericht wurden alle gemeldeten Ereignisse aus den Jahren 2018 bis 2022 gemäss den heute angewendeten Kategorien klassifiziert. In fast allen Fällen der Patientenverwechslung bei der Zuweisung lag eine Problematik mit der Verwendung des Krankenhausinformationssystems (KIS) zugrunde. Bei fast allen gemeldeten Patientenverwechslungen während der Strahlenanwendung lag die Ursache in einer unvollständigen, unzureichenden oder fehlenden Patientenidentifikation.

Hier gilt es auch für Patientinnen und Patienten, aufmerksam zu sein. Werden Sie vom Fachpersonal mit einem falschen Namen angesprochen oder zu einer anderen als der geplanten Untersuchung begleitet, kann eine Verwechslung vorliegen. Fragen Sie unbedingt nach, wenn Ihnen etwas nicht richtig erscheint.

Patientenverwechslungen: Zwischenbericht

Seit 2018 besteht für medizinische Strahlenereignisse eine gesetzliche Buchführungspflicht innerhalb des Betriebs (Spital, Institut, Praxis). Diese Betriebe müssen bestimmte medizinische Strahlenereignisse fristgerecht an das BAG als Aufsichtsbehörde melden. Gemäss Definition betreffen medizinische Strahlenereignisse nur Patientinnen und Patienten. Während 2018 noch alle Verwechslungen (egal, ob es sich um Patienten, Organe oder Untersuchungsprotokolle handelt) unter dem Begriff «Verwechslungen» summiert wurden, haben sich inzwischen die Kategorien deutlich verfeinert. Für einen Zwischenbericht wurden alle gemeldeten Ereignisse aus den Jahren 2018 bis 2022 noch einmal gemäss den heute angewendeten Kategorien klassifiziert (vgl. Abb. 16).

Die gemeldeten Patientenverwechslungen wurden danach unterschieden, ob die Verwechslung bei der Zuweisung durch einen Arzt oder bei der Durchführung von Untersuchungen und Therapie durch Radiologiefachpersonen vorgekommen sind. Bei den Patientenverwechslungen, die während der Untersuchung oder Therapie passierten, wurde ein besonderes Augenmerk auf die Angaben zur Durchführung der Patientenidentifikation gelegt. In fast allen Fällen der Patientenverwechslung bei der Zuweisung lag eine Problematik mit der Verwendung des Krankenhausinformationssystems (KIS) zugrunde (siehe Jahresbericht 2022, Seite 32). Bei fast allen gemeldeten Patientenverwechslungen während der Strahlenanwendung (Untersuchungen bzw. Therapie) lag die Ursache in einer unvollständigen, unzureichenden oder fehlenden Patientenidentifikation. Einfache Abhilfe wäre hier, die Patientenidentifikation mit der Prüfung des Geburtsdatums einzuleiten und aktiv nach dem Namen zu fragen.

Strahlenarme Röntgenbilder sind das A und O

Seit gut zehn Jahren sind Schweizer Spitäler verpflichtet, Medizinphysikerinnen und -physiker in der Radiologie und Nuklearmedizin regelmässig beizuziehen, um die Strahlenbelastung für Patientinnen, Patienten und das Personal möglichst gering zu halten. Ein Besuch im Kantonsspital Aarau zeigt, wie das Team des Medizinphysikers Gerd Lutters dabei vorgeht.

Wir treffen Gerd Lutters in den Räumlichkeiten der Fachstelle Strahlenschutz des Kantonsspitals Aarau. Lutters' Team – zwei Physikerinnen, zwei diplomierte Radiologiefachfrauen und drei Physiker – arbeitet aber meistens direkt an den Röntgengeräten oder Computertomografen im Spital. «Um vor der Strahlung zu schützen, müssen wir sie messen», erklärt Gerd Lutters. Dazu verwenden sie menschenähnliche Objekte, an denen sie üben und die sie durchleuchten können.

Gerd Lutters schleppt eine schwere Holzkiste heran, in der ein solches Objekt oder «Phantom», wie es die Fachleute bezeichnen, liegt (vgl. Abb. 17). Es handelt sich um einen Kunststoffklotz, der für Laien mit ein bisschen Fantasie als Schädel erkennbar ist. Das «Phantom» ist sehr komplex aufgebaut und simuliert nicht nur Knochen, sondern auch Blutungen und Verletzungen, wie sie nach einem Hirnschlag auftreten können. Es besteht aus verschiedenen Teilen, die ein 3D-Drucker aus spezifischen Materialmischungen unterschiedlich dicht



Abb. 17: Gerd Lutters, Medizinphysiker am Kantonsspital Aarau, mit einem Schädelphantom: Röntgenbilder eines solchen Modells gleichen Röntgenbildern von echten Knochen, Blutungen und Verletzungen. So kann untersucht werden, wie stark sich die Strahlendosis bei einer Röntgenaufnahme verringern lässt, ohne dass die Qualität des Röntgenbildes zu sehr darunter leidet.



Abb. 18: Phantom einer Kinderlunge (3D-Druck der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften); mit Phantomen lässt sich testen, bei welcher Dosis Ärztinnen und Ärzte grosse oder feine, eng oder weit voneinander liegende oder gar sich bewegende Strukturen eines Phantoms von blossen Auge erkennen können.

gedruckt hat. Erstellte Röntgenbilder eines solchen Modells gleichen Röntgenbildern von echten Knochen, Blutungen und Verletzungen. Jetzt wird klar, was die Übungen des Teams bezwecken. Sie untersuchen, wie stark sich die Strahlendosis bei einer Röntgenaufnahme verringern lässt, ohne dass die Qualität eines Röntgenbildes so darunter leidet, dass die medizinische Fragestellung nicht mehr beantwortet werden kann.

Eine Grundregel besagt: Je höher die Strahlendosis, desto schärfer die Bilder. Hier treffen unterschiedliche Interessen aufeinander: Patientinnen und Patienten möchten eine möglichst geringe Strahlendosis, damit ihr Risiko für eine strahlenbedingte Krebserkrankung möglichst klein ist. Ärztinnen und Ärzte möchten ein Bild, das ihnen eine präzise Diagnose ermöglicht. Hersteller von Röntgengeräten werben oft mit möglichst scharfen und detailreichen Bildern, und Gerd Lutters Team muss alle diese Ansprüche unter einen Hut bringen: Ziel ist es, dass ein Röntgenbild genau das zeigt, was medizinisch

notwendig ist – und nicht mehr.

«Auch wenn wir mit hohen Strahlendosen 4k-Bilder erzeugen könnten, sollten wir verbrauchte Röntgenbilder akzeptieren, die der Bildqualität älterer Fernseher ähneln», so Lutters. Röntgenbilder von Phantom, die spezifische medizinische Fragestellungen darstellen, würden sich hervorragend eignen, um die «Dosis zu optimieren»: Mit Phantom lassen sich testen, bei welcher Dosis die Ärztinnen und Ärzte grosse oder feine, eng oder weit voneinander liegende oder gar sich bewegende Strukturen eines Phantoms von blossen Auge gerade noch erkennen können.

Lutters zeigt uns seine neueste Errungenschaft: Ein filigraner 3D-Druck der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, der an eine Koralle erinnert (vgl. Abb. 18). «Das ist eine Kinderlunge, die sich bewegen lässt. Denn ein Körper ist nicht starr, Organe können sich bewegen».

Lutters erklärt uns anschliessend, welche Werkzeuge sein Team verwendet und betont die Bedeutung von klaren Protokollen für einen erfolgreichen Strahlenschutz in der medizinischen Bildgebung.

Ein Protokoll ist eine Art Anleitung, die auf einem Röntgengerät oder einem Computertomografen hinterlegt ist. Es steuert das Gerät und definiert unter anderem die Stärke der Röntgenstrahlung. Diese Protokolle werden von den Herstellern der Röntgengeräte zur Verfügung gestellt und können vom Spitalpersonal beliebig abgeändert werden. Um ein für eine bestimmte medizinische Fragestellung vorgesehenes Protokoll zu optimieren, durchleuchtet die Fachstelle Strahlenschutz am KSA ein passendes Phantom im Computertomografen und lässt anschliessend die Qualität des Röntgenbildes von Radiologinnen und Radiologen beurteilen. Ist diese ausreichend gut, passen die Medizinphysikerinnen und -physiker das Protokoll an. Sie verringern den Strom, der durch die Röntgenröhre fliesst, so dass die Strahlendosis kleiner wird. Diesen Vorgang wiederholen sie so lange, bis die Bildqualität gerade noch ausreicht, um die medizinische Fragestellung zu beantworten. Das optimierte Protokoll geben sie nun für den klinischen Betrieb frei. Damit ist ihre Aufgabe aber noch

nicht beendet. Sie klären anschliessend Jahr für Jahr ab, welche Strahlendosen Patientinnen und Patienten nun effektiv im Spitalalltag erhalten haben, und vergleichen sie mit den nationalen diagnostischen Referenzwerten des Bundesamtes für Gesundheit. Diese Werte sind rechtlich verankert und geben die Strahlendosis an, die für bestimmte medizinische Röntgen- oder CT-Untersuchungen in der Schweiz nicht überschritten werden sollte. Wenn die Daten aus dem KSA zeigen, dass die Werte überschritten wurden, muss Gerd Lutters' Team den Gründen vor Ort nachgehen. In einem solchen Fall wird die Qualität jedes einzelnen Röntgenbildes einer Patientin oder eines Patienten analysiert. Die Zahl der Protokolle, die in den Geräten des Kantonsspitals Aarau hinterlegt sind, liegt im dreistelligen Bereich. Dafür gibt es verschiedene Gründe: Die Herstellerprotokolle decken nicht jede individuelle medizinische Fragestellung so ab, wie das medizinische Personal sich dies wünscht. Es kreiert deshalb selber Protokolle, welche für die eigene Fragestellung optimiert sind. Zudem benötigt jedes Röntgengerät oder jeder Computertomograf für jede medizinische Fragestellung ein separates Protokoll. Keinen Einfluss auf die Menge der Protokolle haben die einzelnen Patientinnen oder Patienten, die in einem Computertomografen untersucht werden. Protokolle sind nicht patientenspezifisch, sondern wurden aufgrund von Phantommessungen erstellt und entsprechen standardisierten Menschenmodellen unterschiedlichen Alters, Geschlechts sowie sonstiger individueller Besonderheiten. Meistens reicht dieser Ansatz, um adäquate Röntgenbilder zu erhalten. Allerdings gibt es seltene Fälle, bei denen Gerd Lutters alle Werkzeuge aus seinem medizinisch-physikalischen Werkzeugkoffer nehmen muss.

Lutters schildert einen Fall, der ihm sehr nahe gegangen ist. Bei einer 33-jährigen schwangeren Frau im ersten Schwangerschaftsdrittel wurde ein Aneurysma (Ausbuchtung eines Blutgefässes) in der Milzarterie festgestellt. Das kommt selten vor, ist aber sehr gefährlich für Mutter und Kind, da während der Schwangerschaft ein hohes Risiko besteht, dass solche Aneurysmen platzen und zu schweren Blutungen führen. Deshalb war eine rasche Behandlung notwendig. Die Ärztinnen und Ärzte des Kantonsspitals St. Gallen entwickelten ein besonderes Konzept für diese herausfordernde

Behandlung. Ziel der Operation war es, ein künstliches Gefässstück über das Blutgefäss zur erkrankten Stelle vorzuschieben und diese damit zu reparieren. Solche Eingriffe werden mithilfe eines Röntgengeräts durchgeführt, um den Weg und den definitiven Sitz des Implantates zu kontrollieren. Dabei bestand die Gefahr, dass das äusserst strahlenempfindliche ungeborene Kind grossen Strahlenrisiken ausgesetzt würde.

«Unser Team wurde in diesem Fall beigezogen, um sicherzustellen, dass die Strahlenbelastung für das ungeborene Kind minimal ist», erklärt Lutters. Gemeinsam mit dem Kantonsspital St. Gallen hat die Fachstelle Strahlenschutz des KSA den Eingriff minutiös geplant: Die Strahlung des Röntgengeräts, die Anatomie der Patientin sowie der geschätzte Ablauf des Eingriffs. Dazu Lutters: «Wir empfahlen, die Belastung des Kindes auf höchstens ein Zehntel der Dosis zu begrenzen, die als sicher angesehen wird.» In diesem Fall bedeutete dies 10 Millisievert. «Ich war bei der Operation mit dabei und habe im Anschluss mit meinem Team die reale Strahlenbelastung des Kindes berechnet», so Lutters. Mit Genugtuung ergänzt er, dass die Dosis des Kindes nur ein Millisievert betrug – und Mutter und Kind wohl auf seien.

Optimierte Protokolle sind wichtig, der Fortschritt der Technik bei radiologischen Geräten ist für den Strahlenschutz jedoch zentral. «Neue Gerätetechnologien in der Radiologie oder Nuklearmedizin erlauben uns Sprünge im Strahlenschutz, die wir mit einfachen Optimierungen nicht erreichen können», erklärt Lutters. Wichtig bei Neubeschaffungen sei allerdings, dass die Medizinphysik von Anfang an beigezogen werde, denn der Strahlenschutz beginne damit, ein geeignetes Gerät für den gewünschten Zweck auszuwählen. Nach der Lieferung arbeitet die Fachstelle Hand in Hand mit dem Personal vor Ort, um die Geräte in Betrieb zu nehmen.

Aktionsplan Radium 2015–2023

Der Aktionsplan 2015–2023 verfolgt das Ziel, das Problem der radio- logischen Altlasten im Zusammenhang mit der Verwendung von Radium-Leuchtfarbe in der Uhrenindustrie bis in die 1960er-Jahre zu bewältigen. 2023 wurden sämtliche Arbeiten rund um die diagnos- tische Untersuchung und Sanierung ehemaliger Radiumsetzateliers abgeschlossen – der ideale Zeitpunkt also für eine Bilanz. Im Übrigen hat das BAG, in Zusammenarbeit mit der Suva, dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und den betroffenen Kantonen, eine Wegleitung erarbeitet. Diese veranschaulicht die notwendigen Strahlenschutzmassnahmen beim Öffnen von ehemaligen Deponien, die möglicherweise mit Radium kontaminierte Abfälle enthalten.

Untersuchung und Sanierung ehemaliger Radiumsetzateliers

Der Aktionsplan hat zum Ziel, Liegenschaften zu identifizieren, in denen mit Radium-Leuchtfarbe gearbeitet wurde, und diese zu sanieren, wenn der Referenzwert von 1 Millisievert (mSv) pro Jahr für die Bewohnerinnen und Bewohner nach Artikel 148 der Strahlenschutzverordnung (StSV) überschritten ist. Gärten müssen saniert werden, wenn die Radiumkonzentration im Boden den im Aktionsplan definierten Schwel- lenwert von 1000 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) überschreitet.

Anhand der historischen Nachforschungen konnte ein Inventar mit rund 1100 Liegenschaf- ten, die meisten davon im Jurabogen, erstellt werden, in denen früher Radiumsetzateliers der Uhrenindustrie untergebracht waren (siehe [Historische Nachforschungen \(admin.ch\)](#)). Das Inventar umfasst zu 60 % Kleinbetriebe und Heimwerkstätten sowie zu 40 % Uhrenfabriken. Fast 80 % dieser Liegenschaften dienen heute Wohnzwecken. Insgesamt wurden 1093 Liegen- schaften diagnostisch auf Radium untersucht, darunter mehr als 50 im Jahr 2023 (vgl. Abb. 19 und 20). Somit hat das BAG fast sämtliche Liegenschaften des Inventars untersucht. Lediglich bei sieben Liegenschaften verweigerten

die Besitzerinnen und Besitzer die diagnosti- sche Untersuchung oder haben nie auf die Schreiben des BAG reagiert. Die diagnostischen Untersuchungen ermittelten bei 163 der 1093 untersuchten Liegenschaften einen Sanierungs- bedarf (93 Innenräume und 109 Gärten). Der Anteil der sanierungsbedürftigen Liegenschaften liegt damit bei 15 %. In diesen 93 Räumen betrug die berechnete effektive Dosis für die Bewohnerinnen und Bewohner je nach Fall zwischen 1 und 20 mSv pro Jahr. Die in den Bodenproben der 109 zu sanierenden Gärten gemessenen Höchstkonzentrationen von Radium lagen im Durchschnitt bei 26 500 Bq/kg. In einem Fall lagen sie annähernd bei 670 000 Bq/kg.



Abb. 19: Radiumsanierung in einer Wohnung.

Kanton	Anzahl untersuchte Liegenschaften	Anzahl sanierte Liegenschaften
BL	15	3
BS	1	0
BE	326 (darunter 205 in Biel)	62 (darunter 42 in Biel)
GE	38	2
JU	29	0
LU	4	0
NE	452 (darunter 356 in La Chaux-de-Fonds)	57 (darunter 49 in La Chaux-de-Fonds)
SG	1	0
SH	1	1
SO	184	34
TI	8	0
VD	25	1
ZH	9	1
Total	1093	161

Abb. 20: Gesamtergebnisse der diagnostischen Untersuchungen und der Sanierungen in den ehemaligen Radiumsetzateliers.

Sämtliche kontaminierten Liegenschaften bis auf zwei Ausnahmen konnten saniert werden. Bei der einen verweigerte der Besitzer die Sanierung, im zweiten Fall war die Sanierung eines stark mit Radium und chemisch kontaminierten Industriestandorts so komplex, dass ein eigenes Projekt ausserhalb des Aktionsplans erforderlich war. Die Dekontaminierungsarbeiten wurden von spezialisierten Betrieben im Auftrag des BAG durchgeführt. In fast 20 % der zu sanierenden Gärten wurde eine Mischkontamination festgestellt (Kontamination mit radioaktiven und chemischen Schadstoffen). Das BAG koordinierte die Sanierung dieser Parzellen von Fall zu Fall mit den betroffenen Kantonen (sowie in komplexen Fällen mit dem BAFU und der Suva). Darüber hinaus hat das BAG eine Zusammenarbeit mit dem Labor Spiez sowie mit der Firma Econetta aufgebaut, die mit Radium kontaminierte Proben auf chemische Schadstoffe untersuchten. Zwei der Sanierungen, bei denen eine Mischkontamination vorlag, werden in der Reportage auf Seite 46f. dieses Berichts beschrieben.

Rund 4400 m³ inerte Abfälle aus Sanierungen wurden zur Ablagerung auf Deponien gemäss Artikel 114 StSV abgegeben, wobei die maximale spezifische Aktivität von 10 000 Bq/kg für Radium-226 eingehalten wurde (Abb. 21). Zusätzlich wurden über 250 m³ brennbare Abfälle in einer Verbrennungsanlage gemäss Artikel 116 StSV entsorgt, der eine maximale wöchentliche Aktivität von 2 MBq für

Radium-226 vorsieht. Schliesslich wurden knapp 7 m³ Abfälle, deren Kontamination die genannten Werte übersteigt, unter Aufsicht des BAG konditioniert und in das Bundeszwischenlager befördert. Im Herbst 2023 wurde in Zusammenarbeit mit einem Dekontaminierungsbetrieb eine Kampagne zur Dekontamination von hauptsächlich metallischen Sonderabfällen gestartet. Die Sonderabfälle werden in einer Sandstrahlkabine mechanisch dekontaminiert und danach in einer Messkammer kontrolliert, bevor sie schliesslich entsorgt werden.

Ehemalige Deponien, die möglicherweise mit Radium kontaminierte Abfälle enthalten

Ziel des Aktionsplans ist die Identifikation ehemaliger Deponien, die möglicherweise mit Radium kontaminierte Abfälle enthalten (Abb. 22). Ausserdem sollen geeignete Strahlenschutzmassnahmen festgelegt werden, insbesondere für das Personal und die Umwelt. In diesem Rahmen hat das BAG eine Methode entwickelt, mit der die betroffenen ehemaligen Deponien identifiziert und die erforderlichen Massnahmen abhängig von drei Risikostufen definiert werden können. Die Ergebnisse dieser Arbeiten, die in Zusammenarbeit mit dem BAFU, der Suva und den Kantonen durchgeführt wurden, sind in einem technischen Bericht ausgeführt, der unter [Radium-Altlasten in Deponien \(admin.ch\)](https://www.admin.ch/de/infocenter/infocenter-detail.html?infoDetailId=66187) verfügbar ist. Die am

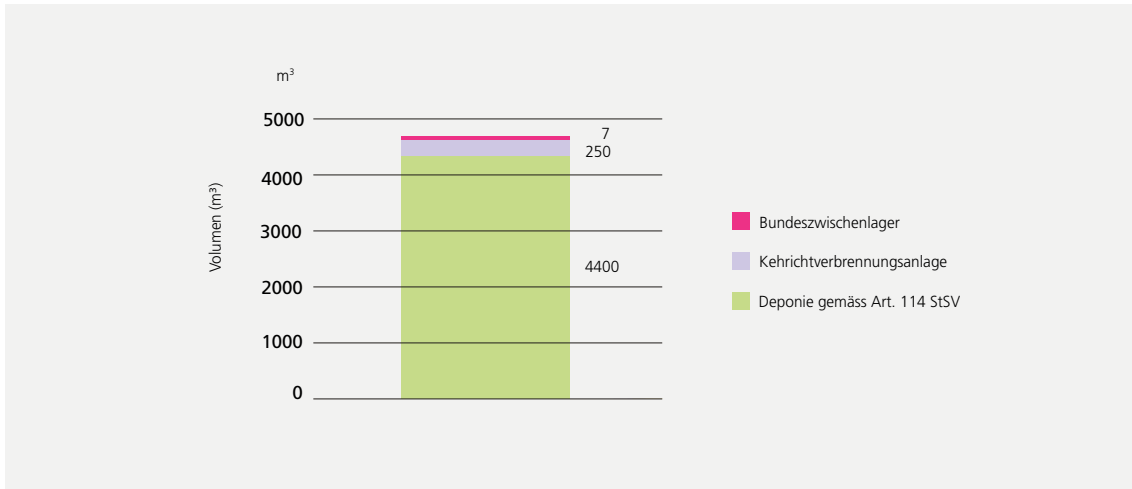


Abb. 21: Im Rahmen des Aktionsplans Radium zwischen 2015 und 2023 entsorgte Abfallmengen

stärksten betroffenen Kantone (Bern, Genf, Jura, Neuenburg und Solothurn) haben ihre ehemaligen Deponien nach dem festgelegten Verfahren klassifiziert. Mehr als 250 ehemalige Deponien wurden identifiziert, bei denen bei allfälligen künftigen Aushubarbeiten Strahlenschutzmassnahmen für das Personal und die Umwelt nötig sein werden. In einer Wegleitung hat das BAG die Strahlenschutzmassnahmen konkretisiert, die bei der Öffnung einer Deponie, die möglicherweise mit Radium kontaminierte Abfälle enthält, umzusetzen wären. Die Suva, das BAFU und die betroffenen Kantone wurden 2023 dazu konsultiert. Die Wegleitung wird 2024 publiziert.



Abb. 22: Radiologische Überwachung der Aushubarbeiten in einer ehemaligen Deponie, die möglicherweise mit Radium kontaminierte Abfälle enthält.

Abschluss des Aktionsplans Radium 2015–2023

Im Sommer 2023 hat die Fachstelle Evaluation und Forschung des BAG das Unternehmen EBP Schweiz AG mit einer externen Evaluation des Aktionsplans beauftragt. Diese Studie umfasst Interviews mit Schlüsselakteuren des Aktionsplans und eine Onlineumfrage bei den direkt von Sanierungen betroffenen Personen sowie den Zuständigen von Kantonen und Gemeinden. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wird das BAG in Zusammenarbeit mit dem BAFU bis Ende 2024 einen Schlussbericht zuhanden des Bundesrates erstellen.

Mischkontaminationen: Besuch auf zwei Baustellen zur Radiumsanierung

Im Rahmen des Aktionsplans Radium 2015–2023 hat das BAG in Zusammenarbeit mit spezialisierten Sanierungsfirmen 161 kontaminierte Liegenschaften saniert. Bei Vorliegen von Mischkontaminationen gestaltete sich die Sanierung besonders komplex. Zwei Baustellen, bei denen dies der Fall war, haben wir besucht: eine ehemalige Uhrenfabrik, die abgerissen wird, und einen Garten mit angrenzendem Bach.

Sanierung einer Uhrenfabrik vor dem Abbruch

Genf im Mai 2023, eine ehemalige Uhrenfabrik. Wo einst geschäftiges Treiben herrschte, wirken die weiten Produktionshallen heute verlassen. Und das mit gutem Grund: Ende Jahr wird das Gebäude abgerissen. Trotz der Ruhe dieses Orts ist im zweiten Stock Baustellenlärm zu vernehmen. Arbeiter sind daran, ein mit Radium kontaminiertes ehemaliges Uhrenatelier zu sanieren. Die Arbeiten finden in einem abgeschlossenen Bereich statt, in dem mit einem Abluftgerät Unterdruck erzeugt wird, um jegliche Weiterverbreitung der Kontamination ausserhalb der abgeschlossenen Zone zu verhindern.

Bei der diagnostischen Untersuchung fand das BAG im Jahr 2021 auf dem alten Parkett des Ateliers Radiumkontaminationen, allerdings unterhalb des Referenzwerts von einem Millisievert pro Jahr für die Gebäudenutzenden. Die Geschichte hätte hier enden können, wäre da nicht die Tatsache, dass das Gebäude abgerissen werden soll. Um jegliches Risiko einer Exposition der Arbeitnehmenden während der Abbrucharbeiten (namentlich durch Aufnahme von radiumhaltigem Staub) und eine Verbreitung des Radiums in der Umwelt zu verhindern, war eine vorgängige Dekontamination angezeigt. Unter Federführung des BAG beauftragte der Besitzer eine Firma, die nicht nur auf die Sanierung in Zusammenhang mit Radium spezialisiert ist, sondern auch auf Gebäudeschadstoffe. Denn zusätzlich

waren im Parkettleim polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nachgewiesen worden.

Die Sanierung an sich besteht darin, die kontaminierten Baumaterialien zu entfernen und gemäss den gesetzlichen Bestimmungen zu entsorgen. Dazu müssen die Mitarbeitenden der Sanierungsfirma unter Aufsicht ihres Strahlenschutz-Sachverständigen ein striktes Protokoll befolgen. Ausgerüstet mit Schutzanzügen und Atemschutzgeräten mit Frischluft-



Abb. 23: Sanierung einer mit Radium und polyzyklischen aromatischen Kohlenstoffen (PAK) kontaminierten ehemaligen Uhrenfabrik.

zufuhr betreten sie die abgeschlossene Zone über eine Schleuse. Wegen der vorhandenen PAK musste an der Stelle, wo die Personen die Zone wieder verlassen, eine zweite Schleuse installiert werden, die mit einer Dusche ausgestattet wurde. Das Duschwasser wird aufgefangen und analysiert, um den Entsorgungsweg zu bestimmen.

Während der Dekontaminationsphase wird als Erstes der alte, mit Radium kontaminierte Parkett entfernt. Der PAK-haltige Leim auf den Holzdielen wird anschliessend unter Einsatz einer Quellenabsaugung abgeschliffen. Sobald dieser Schritt abgeschlossen ist, werden die noch immer mit Radium kontaminierten, aber PAK-freien Dielen in 60-Liter-Kartongässer verpackt (vgl. Abb. 23). Diese Fässer werden aus der abgeschlossenen Zone abtransportiert, sodass – in einer einzigen Staubwolke – die Schleifarbeiten fortgesetzt werden können, um auch den PAK-haltigen Leim, der noch auf der Betonplatte haftet, zu entfernen. Claudio Stalder, wissenschaftlicher Mitarbeiter im BAG, beaufsichtigt die Baustelle und wird die Radiumdekontamination durch eine finale Kontrollmessung abschliessen. Ein weiteres externes Unternehmen wird nach der abgeschlossenen PAK-Dekontamination Luftmessungen durchführen.

Zur Vorbereitung der Abfallentsorgung charakterisiert und dokumentiert der Strahlenschutz-Sachverständige der Sanierungsfirma jedes Fass einzeln anhand einer Dosisleistungsmessung. Die Strahlenschutzverordnung (StSV) legt einen Grenzwert von 2 MBq für die wöchentliche Aktivität fest, bis zu der schwach mit Radium kontaminierte brennbare Abfälle mit Zustimmung des BAG verbrannt werden dürfen. Insgesamt wurden knapp 500 Liter brennbare Abfälle aus dieser Sanierung so entsorgt. Die Staubbeutel, die den eingesaugten PAK-kontaminierten Staub enthalten, werden ihrerseits gemäss den Bestimmungen der Abfallverordnung (VVEA) in einer Deponie des Typs E entsorgt.

Nach Abschluss der Dekontaminierung wurde die Fabrik komplett abgerissen. Der Standort ist nun schadstofffrei und bereit für das Fundament eines neuen Gebäudes.

Aussensanierung in Bachnähe

Mittlerweile ist es November 2023 und der Aktionsplan Radium neigt sich langsam seinem Ende zu. Heute besuchen wir eine der letzten Aussensanierungen, die dieses Mal einen rund 1000 m² grossen Garten im Kanton Basel-landschaft betrifft. Die Inschrift «Ergo Watch» deutet darauf hin, dass in diesem Gebäude aus den Fünfzigerjahren einst Uhren hergestellt wurden. Uhren, deren Zifferblatt und Zeiger mit radiumhaltiger Leuchtfarbe versehen waren. Die diagnostische Untersuchung zeigte Radiumkontaminationen, die das für Gärten definierte Kriterium von 1000 Bq/kg im Boden überschritten. Das BAG fand ausserdem Spuren von Schwermetallen, was eine Koordination mit dem Kanton nötig machte, damit die Abfälle fachgerecht entsorgt werden können.

Die industrielle Vergangenheit des Standorts ist noch gut zu sehen: Bei der Dekontaminierung wurden Verbrennungsrückstände und alte Gegenstände (Glasfläschchen, Uhrenarmbänder, vgl. Abb. 24) entdeckt. Eine alte Wegleitung von 1956 empfahl, mit Radium kontaminiertes Material einen Meter tief im Garten zu vergraben. In der Praxis hat das BAG allerdings in den meisten Gärten festgestellt, dass das mit Radium kontaminierte Material nicht in einem Meter Tiefe, sondern viel näher an der Oberfläche vergraben war.



Abb. 24: Mit Radium kontaminierte Gegenstände (u. a. ein Glasfläschchen und ein Uhrenarmband), die während der Radiumsanierung entdeckt wurden



Abb. 25: Schlusskontrolle des BAG zur Überprüfung, ob die Dekontamination erfolgreich war.

Für die Dekontaminierung wird ein Bagger eingesetzt. In der mit einem rotweissen Absperrnetz abgegrenzten Zone, in der vorgängig die Vegetation entfernt wurde, sieht man den Baggerführer am Werk. Der Strahlenschutz-Sachverständige der Sanierungsfirma ist damit beschäftigt, die Ortsdosisleistung zu messen, um ihn anzuweisen, wo er graben soll. Die leicht kontaminierte Erde wird ausgehoben und in eine Mulde verfrachtet. In jeder Mulde werden drei repräsentative Proben entnommen, um die Abfälle im Hinblick auf ihre Entsorgung zu charakterisieren. Die Hanglage macht die Arbeit nicht einfacher, umso mehr als unterhalb der Parzelle ein Bach durchfliesst. Um zu verhindern, dass Erde ins Wasser fällt, wurden Holzplatten über den Bach gelegt und mit Planen abgedeckt. Die Mitarbeitenden der Sanierungsfirma sind mit grosser Sorgfalt am Werk, jeder Handgriff sitzt. Sie haben in den letzten Jahren viel Erfahrung sammeln können, die Routiniertheit ist ihnen anzusehen. Seitens BAG leitet Gennaro Di Tommaso, wissenschaftlicher Mitarbeiter, die Arbeiten. Er ist auch dafür verantwortlich, nach deren Abschluss zu kontrollieren, ob die Sanierungsziele erreicht sind (vgl. Abb. 25). Auf der Baustelle tragen alle Beteiligten Schutzanzüge

sowie Überschuhe, die sie bei jedem Verlassen der abgesperrten Zone ausziehen müssen.

Vom ganzen Standort wurden mehr als 400 m³ schwach mit Radium kontaminierte Abfälle gemäss den gesetzlichen Vorgaben in einer Deponie des Typs E entsorgt. Darüber hinaus mussten 70 Liter stärker mit Radium kontaminierte Abfälle ins Bundeszwischenlager gebracht werden. In Absprache mit dem Kanton hat das BAG die verdächtigen Abfälle mit einem mobilen XRF-Scanner auf Schwermetalle geprüft und anschliessend das Labor Spiez mit einer akkreditierten Analyse mehrerer repräsentativer Proben für die ganze Sanierungszone beauftragt, um sicherzustellen, dass die Grenzwerte gemäss der Abfallverordnung (VVEA) erfüllt sind. Nach über einmonatiger Arbeit konnten die Sanierung und die Wiederherstellung des Zustands erfolgreich abgeschlossen und den künftigen Generationen ein sauberer Garten hinterlassen werden.

Die vollständigen Ergebnisse des Aktionsplans Radium 2015–2023 sind auf Seite 43f. dieses Berichts zu finden.

Aktionsplan Radon 2021–2030

Im Rahmen des Aktionsplans Radon 2021– 2030 hat das BAG die Projekte weitergeführt und die Anforderungen an Radonmessstellen und Radonfachpersonen überprüft. Dies war nötig, weil seit der Revision der Strahlenschutzverordnung (2018) fünf Jahre vergangen waren. Für viele Messstellen musste die Anerkennung 2023 erneuert und bei den Radonfachpersonen die erforderlichen Fortbildungen überprüft werden.

Stand der Arbeiten im Rahmen der vier Stossrichtungen

1. Immobilienpark

Ein Hauptziel dieser Stossrichtung ist die Bereitstellung einer digitalen Plattform zur Unterstützung der Vollzugsbehörden. Dabei geht es um die Erweiterung der Radondatenbank mit zusätzlichen Informationen und eine verbesserte Benutzerfreundlichkeit. Die Radondatenbank soll zu einem Radonportal ausgebaut werden und neue Funktionalitäten anbieten. Das entsprechende Projekt, Radonportal 3.0, wurde in diesem Jahr mit dem Initialisierungsauftrag gestartet. In einer Vorstudie sollen die Anforderungen und die nötige Datengrundlage definiert werden.

Das BAG wird das Thema Radon an der nächsten Swissbau (16.01.2024 – 19.01.2024, Messe Basel) mit einem Infopoint und zwei Veranstaltungen vertreten. Die Vorbereitungsarbeiten dafür haben 2023 gestartet. Diese Messe zieht vor allem Personen aus der Baubranche an. In den beiden Veranstaltungen wird es deshalb um bautechnische Aspekte des Radonschutzes und um das Thema Energie und Gesundheit gehen (vgl. Abb. 26).



Abb. 26: Das BAG hat im Berichtsjahr für die Messe Swissbau 2024 zwei Veranstaltungen zum Thema Radon vorbereitet: Radon in Gebäuden und Energie und Gesundheit.

Zusammen mit dem Bundesamt für Energie (BFE) hat das BAG die Einrichtung einer Geschäftsstelle «Energie und Gesundheit» im Rahmen eines WTO-Verfahrens ausgeschrieben. Aus formellen Gründen konnte leider keinem der Bewerber der Zuschlag gegeben werden. Es hat sich gezeigt, dass gewisse Anforderungen im Pflichtenheft zu restriktiv und streng waren. Nun müssen die Ausschreibungsunterlagen neu erarbeitet und die Ausschreibung nochmals initiiert werden.

2. Gesundheitsrisiko

Zum Thema Radon in Schulen und Kindergärten sind in diesem Jahr einige Berichte und

in Schulen und Kindergärten zwischen 2012 bis 2023. Die Erfahrungen der Kantone bezüglich der Zusammenarbeit mit den betroffenen Gemeinden und Schulbehörden sind sehr positiv. Bei einer Überschreitung des Referenzwerts wird jeweils sehr rasch mit der Planung einer Radonsanierung begonnen und anschliessend mit einer Frist von 1 bis 10 Jahren in Abhängigkeit von der Dringlichkeit umgesetzt. Es kann jedoch für die Kantone schwierig sein, Rückmeldungen über den Erfolg der Massnahmen zu erhalten. Eine entsprechende Überwachung ist aufwändig und zeitintensiv. Der geplante Start zur Entwicklung eines Vorhersagetools musste leider verschoben werden.

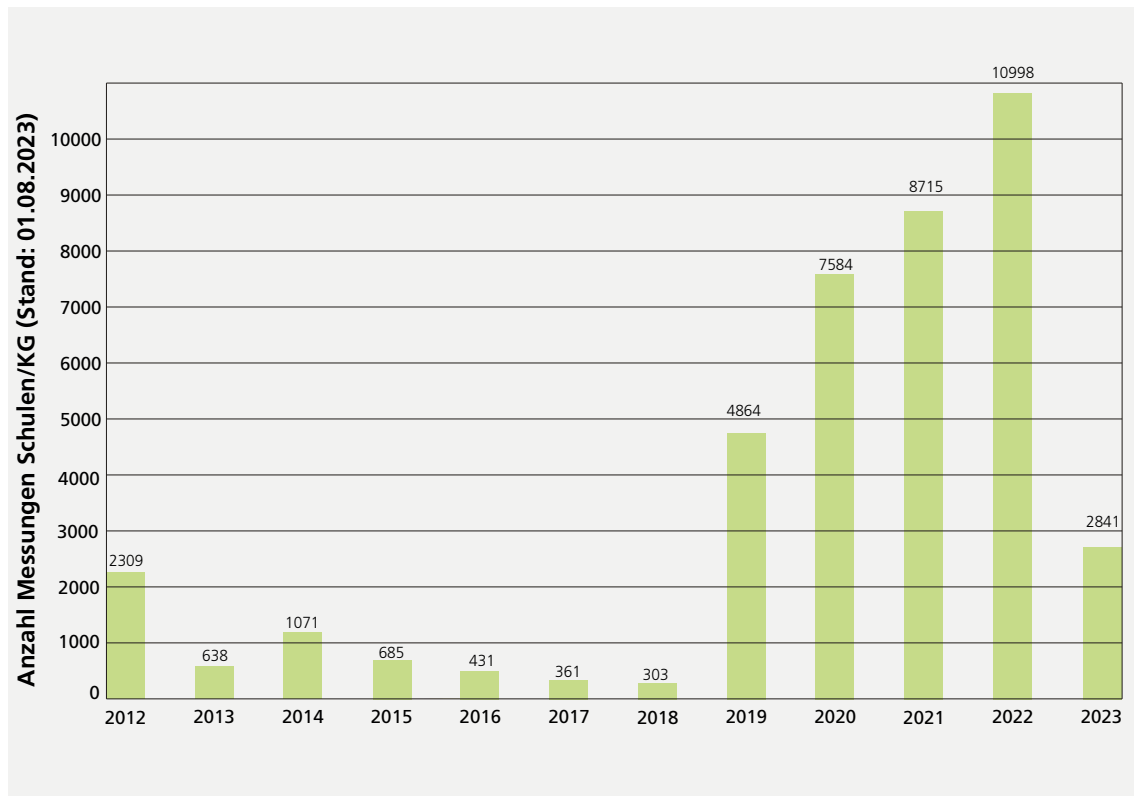


Abb. 27: Anzahl Radonmessungen in Schulen und Kindergärten seit 2012 (Stand: 01.08.2023).

Artikel in den Medien erschienen. Es ist klar, dass eine mögliche gesundheitliche Gefährdung von Kindern von grossem öffentlichem Interesse ist. Das BAG hat dieses Thema deshalb im Rahmen eines Workshops anlässlich der jährlich stattfindenden Koordinationsplattform mit den Kantonen diskutiert. In fast allen Kantonen sind Messkampagnen in Schulen und Kindergärten entweder noch im Gang oder bereits abgeschlossen, vgl. die Grafik (Abb. 27) zur Anzahl Radonmessungen

3. Radonkompetenz

In Zusammenarbeit mit den regionalen Radonfachstellen (Fachhochschule Nordwestschweiz, Muttenz; Haute école d'ingénierie et d'architecture, Fribourg; Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, Mendrisio) hat das BAG seine digitale Lernplattform weiterentwickelt. Das Lernmodul «Baulicher Radonschutz» wurde erneuert und ausgebaut. Darüber hinaus wurde das Thema Bauphysik neu aufgenommen. Da der Umfang der Lerninhalte somit weiter

zugenommen hat, werden die Teilnehmenden in zukünftigen Kursen darauf hingewiesen, welche Inhalte prüfungsrelevant sind, damit sie sich so gut wie möglich auf die Prüfung vorbereiten können.

Seit der Revision der StSV 2018 gilt die Anerkennung einer Radonmessstelle für 5 Jahre. Sie muss anschliessend erneuert werden, was 2023 für die meisten Messstellen nötig war. Das BAG hat die Gelegenheit genutzt, die Anforderungen an die Anerkennung in Absprache mit den Kantonen anzupassen. Um das System zu vereinfachen, hat das BAG entschieden, auf die Messkompetenzen zu verzichten, die bisher festgelegt haben, an welchen Messorten (Wohnräume, Schulen/Kindergärten, Arbeitsplätze, radonexponierte Arbeitsplätze) die Messstellen aktiv sein dürfen. Dies trägt zur Vereinfachung unseres Systems bei und ist ein wichtiger Schritt in Richtung des Ziels «Radon aus einer Hand».

Um einen Kompetenzgleichstand unter den Messstellen zu erreichen, hat das BAG eine obligatorische Fortbildung für alle Messstellen mit abgelaufener Anerkennung durchgeführt. Dieser Kurs wird auch in den kommenden Jahren für die nachfolgenden Messstellen angeboten. Ausserdem müssen alle anerkannten Radonmessstellen über mindestens eine Radonfachperson verfügen. Dies ist bereits heute für die meisten Messstellen der Fall. Per Ende 2023 haben 93 Radonmessstellen eine Anerkennung, wovon 79 auf Wunsch auf einer [Liste](#) publiziert werden.

Ebenfalls seit 2018 müssen Radonfachpersonen, die auf der entsprechenden [Liste](#) publiziert werden wollen, alle 5 Jahre eine Fortbildung im Umfang von mindestens 8 Lektionen absolvieren. Eine Überprüfung hat ergeben, dass dies bei vielen Radonfachpersonen nicht der Fall ist. Die meisten haben jedoch diese Lücke im Laufe des Berichtsjahres geschlossen. Per Ende 2023 werden 205 Radonfachpersonen auf der Liste publiziert.

4. Arbeitnehmerschutz

Im Zentrum standen im Berichtsjahr die Vorarbeiten, um ein Messprotokoll für die personenbezogenen Radonmessungen im

beruflichen Rahmen zu entwickeln, die insbesondere für mobiles Personal geeignet sind. Eine kleine Studie der Suva in Zusammenarbeit mit dem METAS hat das Ansprechverhalten passiver Dosimeter untersucht. Die Fragestellung war, ob diese Messmittel die Radonexposition korrekt messen, wenn sie nur für eine kurze Zeit einer hohen Radonkonzentration ausgesetzt sind. Dies ist bspw. ein typisches Szenario für die Arbeiten in einem Wasserwerk. Es hat sich gezeigt, dass in einer solchen Situation nur wenige Dosimeter die Radonkonzentration richtig messen, wobei der Referenzwert in der Regel überschätzt wird.

Rechtzeitig zum Systemwechsel bei den anerkannten Radonmessstellen wurde die Radondatenbank mit der Eingabemöglichkeit für radonexponierte Arbeitsplätze ergänzt. Es ist jetzt möglich, das entsprechende Messprotokoll in der Datenbank abzubilden und automatisch eine Abschätzung der Jahresdosis für einen Standardarbeitnehmer durchführen zu lassen. Ausserdem können Messberichte für radonexponierte Arbeitsplätze heruntergeladen werden.

Ausblick

Im Hinblick auf den Zwischenbericht zum Aktionsplan an den Bundesrat, der für 2025 geplant ist, sollen Indikatoren definiert werden, die bei der Beurteilung der Zielerreichung helfen sollen. Solche Indikatoren werden auch im Rahmen von Arbeitsgruppen internationaler Organisationen diskutiert, um die Umsetzung nationaler Aktionspläne zu beurteilen. In einer kleinen Arbeitsgruppe und in Zusammenarbeit mit der Krebsliga Schweiz wird eine nationale Konferenz 2025 zum Thema Radon und Innenraumluftqualität organisiert.

Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt

Im Rahmen seines Auftrags zur schweizweiten Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt erstellt das Bundesamt für Gesundheit (BAG) ein nationales Programm zur Radioaktivitätsüberwachung. Dieses entsteht in Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden über die emittierenden Betriebe und Anlagen (Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Suva) sowie der NAZ und den Kantonen. Das BAG koordiniert das Programm und beteiligt sich auch aktiv daran, namentlich durch die permanente Messung der Radioaktivität in der Luft und im Flusswasser mit seinen automatischen Messnetzen zur Bestimmung der Radioaktivität. Darüber hinaus misst das BAG in seinem nach ISO 17025 akkreditierten Prüflabor jedes Jahr an die 2000 Umweltproben (Aerosole, Niederschlag, Gras, Böden, Lebensmittel). Die Ergebnisse der Umweltüberwachung werden im jährlichen «Jahresbericht Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» sowie auf der Internetplattform www.raden-viro.ch des BAG veröffentlicht.

Modernisierung der Messstation auf dem Jungfrau-joch zur Überwachung der Radioaktivität in der Höhenluft

Das Dispositiv zur Messung der Radioaktivität in der Höhenluft der Forschungsstation auf dem Jungfraujoch entspricht nicht mehr den heutigen Anforderungen. Der Bundesrat entschied daher an seiner Sitzung vom 13. April 2022, das System zu modernisieren. Die neue Station wird die kontinuierliche Messung der Radioaktivität in der Luft ermöglichen, aber auch eine spätere Analyse im Labor. Gemäss Planung wird sie bis Ende 2024 den Betrieb aufnehmen.

Angesichts der extremen klimatischen Bedingungen auf dem Jungfraujoch wurden in der ersten Projektetappe Grösse und Kinetik der Radioaktivität transportierenden Partikel in der

Luft an diesem fast 3500 m hohen Standort studiert – ein unerlässlicher Schritt, um sicherzustellen, dass die spätere Überwachung für die in der Luft vorhandene Radioaktivität repräsentativ ist.

2023 folgte die zweite Projektetappe, die darin bestand, die verschiedenen Komponenten der neuen Station auszuwählen, um die definierten Ziele in Bezug auf die Qualität und die Sensitivität der Überwachung zu erreichen. Der Hersteller der Hauptkomponente (das heisst der ganzen Ansaugleitung, des Sammelbehälters mit dem Filter, der Abluftleitung und der Pumpe) hat in intensiver Planungsarbeit eine Lösung mithilfe digitaler Tools entwickelt, um dieses in Europa einzigartige Dispositiv im knappen verfügbaren Raum vollständig unterzubringen. Nach der Genehmigung des Prototyps konnten die Herstellung und der Umbau beginnen (vgl. Abb. 28 und 29). Dabei mussten auch die alten Messapparate demontiert, Löcher in Wände gebohrt, die Gebäudeelektrik komplett überprüft, der Raumausbau neu gestaltet und die Wärme- und Lärmisolation der Anlage überdacht werden.

Nach der Montage vor Ort folgen 2024 die elektrische Verkabelung und die Automatisierung der Maschine sowie die IT-Programmierung der Station, damit die neue Messstation im Dezember 2024 den Betrieb aufnehmen kann. Die neue Messstation auf dem Jungfrauoch soll auch die Lücke schliessen, die aufgrund der Einstellung der Sammelflüge mit Tiger-Kampfflugzeugen entstehen wird, nachdem die Schweizer Armee deren Ausserbetriebnahme per 2025 beschlossen hat. Das Parlament forderte im September 2022 allerdings den Weiterbetrieb der Tiger bis mindestens 2027. Der Armeestab hat dem BAG im Juli 2023 denn auch bestätigt, dass die Sammelflüge in grosser Höhe zur Messung der Radioaktivität mit den Tiger-Kampfflugzeugen noch bis Ende 2027 fortgesetzt werden können.

Wichtigste Ergebnisse der Überwachung 2023

Die vom BAG betriebenen automatischen Messnetze zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft und im Flusswasser (URAnet



Abb. 28: Die Maschine im Aufbau, im Vordergrund der Sammelbehälter, im Hintergrund die mit Lärmdämpfern ausgestatteten Kanäle für die Luftzufuhr und -abfuhr sowie die Pumpe.

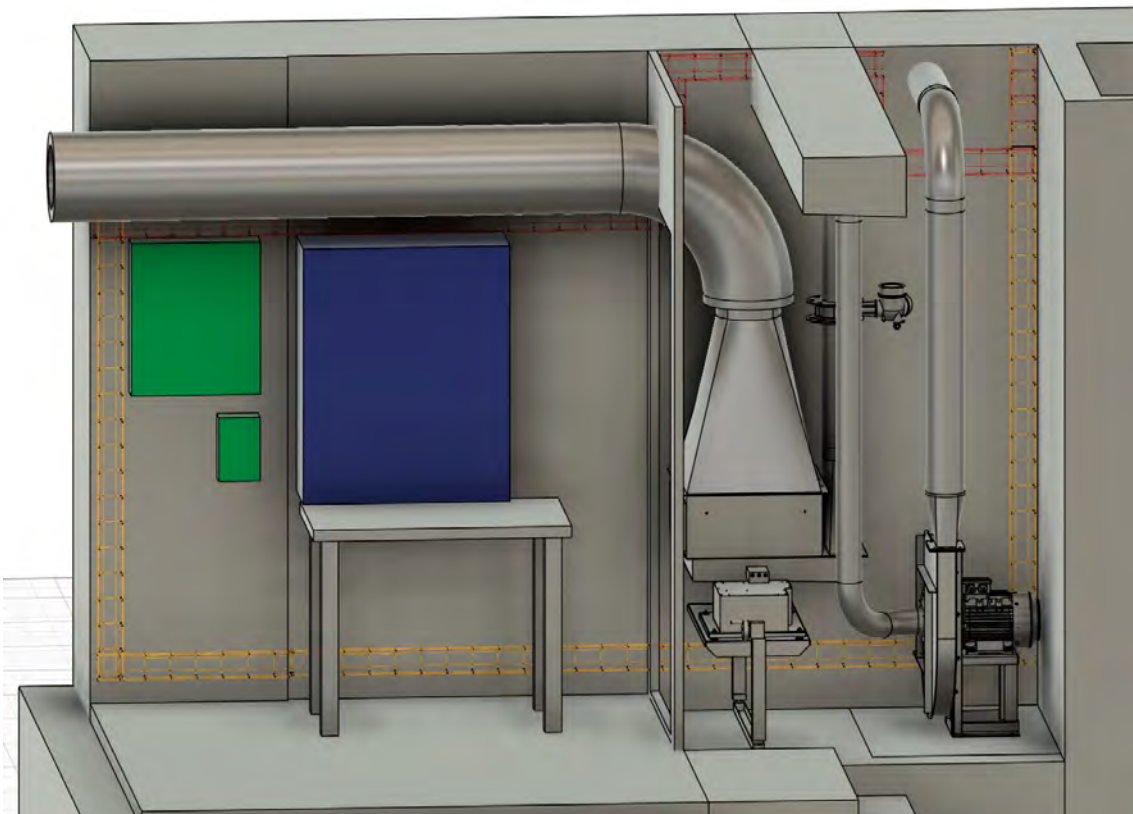


Abb. 29: 3-D-Modell der neuen Messstation auf dem Jungfrauoch mit – von links nach rechts – der Ansaugleitung, dem Sammelbehälter mit Filter, der Pumpe und der Abluftleitung.

aero und URAnet aqua) ergaben 2023 keine anormalen Werte. Die 15 URAnet-aero-Messstationen übermitteln alle fünf Minuten Resultate, und bei zu hohen Werten wird automatisch ein Alarm erzeugt. Das BAG veröffentlicht diese Messergebnisse alle 12 Stunden auf www.radenviro.ch.

Die im Rahmen des nationalen Überwachungsprogramms der Radioaktivität zu den verschiedenen Umweltkompartimenten im Labor nachgewiesenen Spuren von Radioaktivität entsprachen weiterhin den erwarteten Ergebnissen: Sie sind die Folge von Altlasten oder belegen den Normalbetrieb der Unternehmen oder Institute mit einer Genehmigung zur Abgabe radioaktiver Stoffe in die Umwelt.

In den Schweizer Böden überwiegt die natürliche Radioaktivität klar (Isotope aus den Zerfallsreihen von Uran und Thorium sowie Kalium-40), mit regionalen Unterschieden, die hauptsächlich auf geologische Eigenheiten zurückzuführen sind. Das Vorhandensein von Strontium-90 und Actinoiden (Plutonium und Americium) ist hauptsächlich auf den Fallout der atmosphärischen Atomtests der 1960er-Jahre zurückzuführen. Da diese Ablagerung am Boden durch Niederschläge entsteht, zeigen regenreiche Regionen wie die Berggebiete die höchsten Aktivitäten. Im Fall von Caesium-137 ist die Situation komplexer: Die Ablagerung am Boden als Folge der Atomtests zeigt eine ähnliche Verteilung wie jene von Strontium-90 und der Actinoiden; der Durchzug der radioaktiven Wolke, die beim Unfall von Tschernobyl 1986 entstand, verursachte hingegen eine zusätzliche Ablagerung, die geografisch nicht gleichmässig verteilt ist. Weil es während des Durchzugs der radioaktiven Wolke im Tessin heftig regnete, war die Ablagerung in dieser Region am stärksten und es werden dort auch heute noch die höchsten Aktivitäten gemessen. Die heutzutage in der Schweiz in der Luft gemessene Radioaktivität künstlichen Ursprungs stammt in der Regel aus der Aufwirbelung von kontaminierten Bodenpartikeln und nicht von neuerlichen atmosphärischen Niederschlägen. So werden in den Aerosolfiltern der Hochvolumen-Aerosolsammler (HVS) des BAG, insbesondere im Tessin (Station Cadenazzo), immer noch Spuren von Caesium-137 nachgewiesen. Dieses Phänomen ist bei trockenem Wetter im Winter besonders ausgeprägt. 2023

wurden in der Schweiz keine zusätzlichen Spuren von Radioaktivität aus der Ukraine gemessen.

Lebensmittel

Obwohl die Konzentrationen von Caesium-137 seit 1986 stetig abnehmen, können in einigen Lebensmitteln immer noch höhere Werte gemessen werden, etwa in Wildpilzen (einheimisch oder importiert) und in Honig oder Heidelbeeren. Auch 2023 wurden in Wildschweinfleisch aus dem Tessin Überschreitungen des Höchstwerts für Lebensmittel festgestellt. Dieser Höchstwert ist in der Tschernobyl-Verordnung bei 600 Bq/kg festgelegt. Seit mehreren Jahren kontrolliert der kantonale Veterinärdienst des Kantons Tessin systematisch die Radioaktivität aller auf Kantonsgebiet gejagten Wildschweine. Die Ergebnisse der Kampagne 2023 zeigten, dass bei 22 von 681 kontrollierten Wildschweinen der zulässige Höchstwert überschritten war. Die betreffenden Wildschweine wurden vom Kantonstierarzt beschlagnahmt. Abgesehen vom Wildschweinfleisch wurde 2023 in der Schweiz keine Überschreitung des Grenzwerts für Caesium-137 in Lebensmitteln festgestellt.

Kernkraftwerke, Forschungszentren und Unternehmen

Die bei der Überwachung der Kernkraftwerke und der Forschungszentren (PSI, CERN) 2023 durchgeführten Messungen wiesen Spuren von Luftemissionen nach. 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. So wurden beispielsweise im April 2023 in der Nähe des CERN nach einem Target-Wechsel an der ISOLDE-Anlage Spuren von Iod 126 und 131 gemessen. Die beim Iod-131 registrierte Höchstkonzentration (16 micro-Bq/m³) entspricht allerdings lediglich 0,002 % des in der Strahlenschutzverordnung (StSV) festgelegten Immissionsgrenzwerts für die Luft und stellt daher kein Gesundheitsrisiko dar.

Spuren von Aktivierungsprodukten aus flüssigen Abgaben wurden sporadisch in den Sedimenten der Aare und des Rheins nachgewiesen, insbesondere während der Revision der Kraftwerke. Nach der Revision des Kernkraftwerks Gösgen wurden im April auch in der Aare (bei Brugg) leicht erhöhte Tritiumwerte (ca. 10 Bq/l) gemessen. Im gleichen Zeitraum betragen die monatlichen Tritiumkonzentrationen im Rhein (bei Weil am Rhein) 4 Bq/l. Zum Vergleich sei erwähnt, dass die natürlich in Schweizer Flusswasser vorkommenden Tritiumkonzentrationen unter der Nachweisgrenze von 2 Bq/l liegen. Die Abgaben dieser künstlichen Radionuklide an die Umwelt blieben aber immer deutlich unter den erlaubten Werten.

In der unmittelbaren Umgebung von Unternehmen, die Tritium verwenden, ergab die Überwachung, wie schon in der Vergangenheit, eine signifikante Kontamination der Umwelt (Niederschläge, Lebensmittel), namentlich bei der mb Microtec in Niederwangen (BE). 2023 bewegten sich die in den alle zwei Monate in unmittelbarer Nähe des Unternehmens entnommenen Niederschlagsproben gemessenen Tritiumwerte zwischen 40 und 860 Bq/l, das heisst bei höchstens etwas über 4 % des in der StSV festgelegten Immissionsgrenzwerts für öffentlich zugängliche Gewässer. Bei den Lebensmitteln lagen die gemessenen Tritiumkonzentrationen in Destillaten von Milch-, Obst- und Gemüseproben (Äpfel, Birnen, Pflaumen, Rhabarber usw.), die der Kanton Bern Ende August 2023 in der Nähe des Unternehmens gesammelt hatte, zwischen 8 und 120 Bq/l und damit im Vergleich zu den Vorjahren in der unteren Mitte.

Kläranlagen und Verbrennungsanlagen

Im Rahmen der Umweltüberwachung werden wöchentlich Abwasserproben aus den Kläranlagen der grossen Ballungsgebiete entnommen und im Labor auf die Konzentrationen von Gammastrahlern (Iod-131, Lutetium-177)

analysiert, die hauptsächlich aus Ausscheidungen von in nuklearmedizinischen Betrieben behandelten Patientinnen und Patienten stammen. Diese Radionuklide werden zwar selten in Flusswasser nachgewiesen, Spuren davon sind jedoch in Sedimenten zu finden. So werden Spuren von Iod-131, Lutetium-177 und Radium-223 regelmässig in Schwebstoffen aus dem Rhein bei Weil am Rhein nachgewiesen.

Seit dem Inkrafttreten der revidierten StSV im Jahr 2018 sind die KVA dazu verpflichtet, mit einem geeigneten Verfahren die angelieferten Abfälle vor der Verbrennung auf das Vorhandensein von Gammastrahlern zu prüfen. Damit sollen die Risiken für Personal und Umwelt reduziert werden. Die systematische Installation von Portalmonitoren deckt diese Anforderung ab, verhindert jedoch nicht die versehentliche Verbrennung von Tritium, einem reinen Betastrahler, der von diesen Portalen nicht detektiert werden kann. Darum werden im Rauchgaswaschwasser von KVA in grossen Ballungsgebieten Tritiummessungen durchgeführt.

Das Kantonale Laboratorium Basel hat eine ungewöhnlich hohe Tritiumkonzentration von rund 27 kBq/l in einer zwischen dem 6. und 12. Juni 2023 entnommenen wöchentlichen Rauchgaswaschwasserprobe der KVA Basel gemessen. Nach Einschätzung des BAG liegt die Tritium-Gesamtaktivität, die der Verbrennung zugeführt wurde, bei 32 GBq, was die Bewilligungsgrenze für Tritiumoxid (0,3 GBq) um mehr als das Hundertfache überschreitet. Dies stellt einen Verstoss gegen die Strahlenschutzverordnung dar. Wie bei früheren Vorfällen dieser Art wurde Fedpol informiert. Es ist jedoch sehr schwierig, die Herkunft solcher Abfälle nach der Verbrennung zu eruieren. Ausführlichere Informationen zu diesem radiologischen Ereignis sind auf Seite 33 dieses Berichts zu finden.

Die vollständigen Ergebnisse der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt werden jedes Jahr in dem Bericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» veröffentlicht [www.bag.admin.ch/ura], ebenso auf dem BAG-Portal für Messungen in der Umwelt Radenviro [www.radenviro.ch].

Intervention in einem radiologischen Notfall

Seit dem russischen Militärangriff auf die Ukraine im Februar 2022 wächst die Befürchtung, dass es in Europa erneut zu einer Nuklearkatastrophe oder zum Einsatz von Atomwaffen kommen könnte. Das BAG prüft deshalb mit anderen Bundesstellen und den Kantonen verschiedene Strahlenschutzmassnahmen in der Schweiz im Falle eines nuklearen Ereignisses in der Ukraine. Im Rahmen der Notfallvorsorge der bisher etablierten A-Referenzszenarien begleitet das BAG die Neuverteilung der Jodtabletten und sorgt für den Wissenserhalt bei der Behandlung stark bestrahlter Personen.

Vorbereitungen für ein mögliches nukleares Ereignis in der Ukraine

Seit dem 24. Februar 2022 führt Russland einen Angriffskrieg gegen die Ukraine. Bereits kurz nach Kriegsbeginn hat das BAG begonnen, sich für ein mögliches nukleares Ereignis in der Ukraine mit Einfluss auf die Schweiz vorzubereiten (siehe [Jahresbericht 2022 – Ukraine-Krieg und nukleare Bedrohung: Sind wir vorbereitet?](#)). Als Grundlage für die vorzubereitenden Massnahmen wurde der Durchzug einer radioaktiven Wolke aus der Ukraine in der Schweiz angenommen («Tschernobyl II»). Aufgrund der Distanz zur Ukraine sind jedoch keine Sofortmassnahmen für den Schutz der Schweizer Bevölkerung notwendig. Die grössten Herausforderungen bestanden aber darin, geeignete Massnahmen und Verhaltensempfehlungen in den Bereichen Gesundheitsschutz, Lebensmittel und der Landwirtschaft zu definieren, zu koordinieren und auch zu kommunizieren. Auch im zweiten Jahr nach Kriegsausbruch hat das BAG diese Vorbereitungen mit seinen Partnern, u. a. mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und den Kantonen, fortgeführt. Längerfristig herausfordernd bleibt die Etablierung von neuen Szenarien, neben den bisherigen A-Referenzszenarien, in die Planung und Vorbereitung.

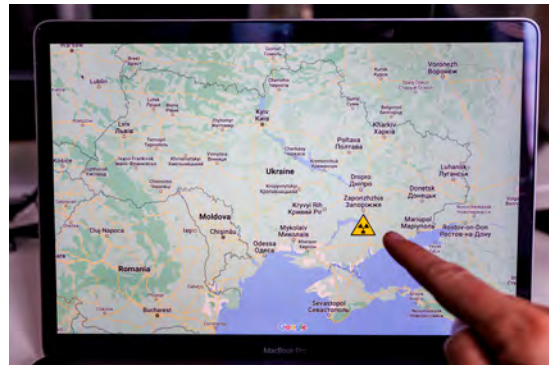


Abb. 30: Kurz nach Kriegsbeginn im Februar 2022 hat das BAG begonnen, sich für ein mögliches nukleares Ereignis in der Ukraine mit Einfluss auf die Schweiz vorzubereiten (Quelle: Rokas - stock.adobe.com).

Die enge Zusammenarbeit im letzten Jahr mit den verschiedenen Stellen in den Kantonen hat sich als sehr wertvoll erweisen, insbesondere die Vollzugsthemen konnten intensiv diskutiert werden. Die 2022 begonnen Arbeiten an der «Notfallverordnung Ukraine» wurden fortgesetzt, so dass eine neue Fassung dieser «Schubladenverordnung» im Sommer 2023 in eine informelle Konsultationsrunde bei den Bundesstellen, Kantonen und weiteren Interessengruppen geschickt werden konnte. Die Verordnung regelt sowohl Gesundheitsaspekte (u. a. Zugangsbeschränkungen zu Anlagen im Freien, wie z. B. Spielplätze, und Dekontaminationsarbeiten) als auch Grundsätze der Landwirtschaftsmassnahmen (u. a. Versorgung der Nutztiere sicherstellen, keine Grünfütterung, Verbot des Inverkehrbringens von kontaminierten Tieren und tierischen Erzeugnissen). Sie sieht zudem ein erweitertes Überwachungs-

programm der Radioaktivität in der Umwelt vor und definiert den Vollzug der Massnahmen. 2023 lag der Fokus auch auf den Kommunikationsprodukten. Einerseits wurde das Kommunikationskonzept für die ersten 48 Stunden nach einem nuklearen Ereignis in der Ukraine weiterentwickelt. Darin sind Kommunikationsaufgaben sowie Botschaften der betroffenen Stellen, u. a. Nationale Alarmzentrale NAZ und BAG, beschrieben. Weiter hat das BAG die FAQ für den Ereignisfall und zu Verhaltensempfehlungen vorbereitet und es fanden zwei Schulungen mit dem Anbieter der Infoline des BAG statt, um die Mitarbeitenden auf die Folgen eines potentiellen Ereignisses zu sensibilisieren.

Die bereits 2022 etablierte Arbeitsgruppe Bund-Kantone «Lebensmittel und Landwirtschaft bei A-Ereignis» hat sich auch in diesem Jahr intensiv mit den Umsetzungsarbeiten befasst. Der Fokus lag auf dem Wissensaustausch innerhalb der AG und auf der Ausarbeitung eines Grundlagendokuments zu den Massnahmen in den Bereichen Lebensmittel und Landwirtschaft, in dem die Verantwortlichkeiten und auch die Modalitäten der Kontrollen beschrieben wurden. Für die Massnahmen und den Vollzug in den Bereichen Dekontamination und Abfallmanagement wurde ab Herbst 2023 eine weitere Arbeitsgruppe eingesetzt, die sich ebenfalls aus Mitgliedern von Bund und Kantonen zusammensetzt. Es soll ein Grundlagendokument entstehen, um Dekontaminationskriterien, die möglichen Massnahmen und die zu etablierenden Prozesse bei einem Ereignis in der Ukraine zu beschreiben und vorzubereiten. Zudem wurde im Rahmen des Aktionsplans Radiss ein Konzept zur «Überprüfung von Fahrzeugen und Gütern bei deren Ein- und Durchfuhr sowie von Personen bei der Einreise für den Fall eines nuklearen Ereignisses in der Ukraine» ausgearbeitet.

Neuverteilung Jodtabletten 2023

Jodtabletten werden in der Schweiz alle zehn Jahre vorsorglich an die Bevölkerung im Umkreis von 50 km um die Schweizer Kernkraftwerke abgegeben. Dabei werden nicht nur alle Haushalte in diesem Gebiet, sondern auch Betriebe, Schulen, Kindergärten und Verwaltungen

berücksichtigt. So ist sichergestellt, dass bei einem schweren Kernkraftwerksunfall in der Schweiz die Tabletten für alle Betroffenen sofort verfügbar sind.

Die letzte Direktverteilung an die Haushalte fand 2014 statt. Die Haltbarkeit der Jodtabletten beträgt jedoch 10 Jahre, deshalb mussten sie Ende 2023 neu verteilt werden. Da das Kernkraftwerk Mühleberg seit 2019 nicht mehr in Betrieb ist, und in der Zwischenzeit auch sämtlicher Kernbrennstoff abtransportiert wurde, ist eine Direktverteilung in diesem Gebiet nicht mehr notwendig (vgl. Abb. 31). Die Liste der betroffenen Gemeinden im Anhang der Verordnung über die Versorgung der Bevölkerung mit Jodtabletten (Jodtabletten-Verordnung) musste somit vorgängig angepasst werden. Der Bundesrat hat sie im Frühling 2023 genehmigt. Die geänderte Verordnung trat noch vor der geplanten Neuverteilung im Herbst am 15. April 2023 in Kraft. Für die Gemeinden um das stillgelegte Kernkraftwerk Mühleberg werden die Jodtabletten von nun an von den jeweiligen Kantonen gelagert und bei Bedarf innerhalb von 12 Stunden an die betroffene Bevölkerung abgegeben..

Gemäss der Jodtabletten-Verordnung sorgt die Armeeapotheke für den zeitgerechten Ersatz der Jodtabletten. Bereits 2022 wurden die ersten Arbeiten zur Neuverteilung gestartet. Neben der Beschaffung der entsprechenden Mengen Jodtabletten für das angepasste Verteilgebiet im Umkreis von 50 km um die Kernkraftwerke Gösgen, Leibstadt und Beznau, mussten auch die Verpackung, Logistik und die Unterstützung durch die Geschäftsstelle Kaliumiodid organisiert werden. Eine externe Firma hat die Print- und Online-Produkte wie Flyer und die Webseite Kaliumiodid (jodtabletten.ch) erarbeitet.

Auch die Kommunikation mit der Presse und der Bevölkerung wurde vorbereitet, um die Notwendigkeit der Verteilung und die Wirkungsweise von Jodtabletten zu erklären. Gleichzeitig hat das BAG über die neue Empfehlung der Eidg. Kommission für Strahlenschutz (KSR) informiert: Personen über 45 Jahren ist eine Einnahme der Jodtabletten nicht mehr empfohlen (KSR-Empfehlung vom 20. September 2022). Die rechtzeitige Einnahme von Jodtablet-



Abb. 31: Verteilgebiet der Jodtabletten im Jahr 2023 innerhalb von 50 km um die Schweizer KKW. Da das Kernkraftwerk Mühleberg seit 2019 nicht mehr in Betrieb ist und in der Zwischenzeit sämtliches Kernmaterial abtransportiert wurde, ist eine Direktverteilung in diesem Gebiet nicht mehr notwendig.

ten zur Vorbeugung von Schilddrüsenkrebs ist für Kinder, Jugendliche, Schwangere und Personen unter 45 Jahren eine wirksame Massnahme bei einem Unfall in einem Kernkraftwerk. Das Risiko, Schilddrüsenkrebs zu entwickeln, nimmt mit zunehmendem Alter stark ab. Mögliche Nebenwirkungen von Jodtabletten erhalten dadurch mehr Gewicht. Da bei der Bevölkerung medizinische Fragen dazu zu erwarten waren, wurden Hausarztpraxen und Apotheken, aber auch eine spezielle Infoline, mit weiterführenden Fachinformationen bedient. Weitere Informationen auf der BAG Webseite: [Jodtabletten \(admin.ch\)](https://www.admin.ch/jodtabletten)

Insgesamt erhielten rund 5 Millionen Personen in 779 Gemeinden bei der Neuverteilung zwischen Mitte Oktober und Mitte November 2023 Post mit neuen Jodtabletten. In einem nächsten Schritt werden nun Anfang 2024 auch die Betriebe, Schulen und weiteren Einrichtungen im Verteilgebiet neue Jodtabletten erhalten.

Behandlung stark bestrahlter Personen

Das Bundesamt für Gesundheit ist beauftragt, für den Wissenserhalt bei der Behandlung stark

bestrahlter Personen zu sorgen. Seit 2019 besteht deshalb zusammen mit der Suva sowie dem Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI eine enge und wertvolle Zusammenarbeit mit dem Universitätsspital Zürich (USZ).

Im Berichtsjahr standen aktuelle Themen wie die Anwendung und Wirkung von Jodtabletten, deren Neuverteilung sowie auch die Auswirkungen von Kernwaffen im Fokus. Wichtige Schnittstellen des Netzwerkes bilden nationale und internationale Kontakte. So wurde im Rahmen des Netzwerkanlasses im Herbst die Neuausrichtung Katastrophenmedizin des Koordinierten Sanitätsdiensts KSD vorgestellt. Daneben fand auch ein interessanter Austausch mit dem Deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz zum Konzept zur medizinischen Behandlung und Vorsorge bei Strahlennotfällen in Deutschland statt. Dieses Konzept dient als Vorbild für das nationale Behandlungskonzept, das im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem USZ entsteht. Der Austausch hat zudem gezeigt, wie zentral die Vernetzung nicht nur unter den Schweizer Spitälern, sondern auch unter weiteren Akteuren im Gesundheitswesen wie dem KSD, aber auch den kantonalen Gesundheitsdirektionen ist. Diese Interessen-

gruppen werden somit als wichtiger Teil des Netzwerkes betrachtet und eine weitere Zusammenarbeit wird angestrebt.

Im Rahmen des Ausbaus dieses Netzwerkes und für die Förderung des Wissens zum Thema Strahlenunfall besucht der Verantwortliche des USZ, Urs Schanz, zusammen mit dem BAG seit 2022 diverse Kliniken und Zentren in der Schweiz und führt Fortbildungsveranstaltungen durch. Ein wichtiges Ergebnis dieser Besuche bestand 2023 in der Aufzeichnung zweier E-Learning-Sessions zu den Themen «Strahlenunfälle und die medizinische Behandlung von bestrahlten Patienten» und «Antidote gegen Radionuklide». Beide E-Learnings entstanden in Zusammenarbeit mit dem Kantonsspital St. Gallen und können auch über die Homepage Strahlenunfall (strahlenunfall.ch) aufgerufen werden.

Zu den weiteren Aktivitäten gehörte auch die Lancierung eines zweimal jährlich publizierten Newsletters für die Netzwerkpartner. Die erste Ausgabe des Newsletters erschien im Sommer 2023 und stiess auf grosses Interesse. Er kann über STR@bag.admin.ch bestellt werden.

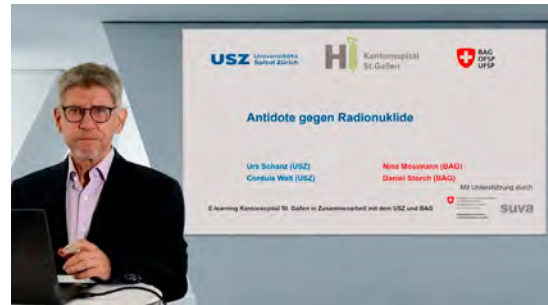


Abb. 32: Urs Schanz, der Verantwortliche des USZ, besucht zusammen mit dem BAG seit 2022 diverse Kliniken und Zentren in der Schweiz und führt Fortbildungsveranstaltungen durch. Ein wichtiges Ergebnis ist die E-Learning-Session zum Thema «Antidote gegen Radionuklide» (verfügbar auf strahlenunfall.ch).

Seminar «Sind wir auf radiologische Notfälle vorbereitet?»

Im Rahmen eines gemeinsamen Seminars am 31. März 2023 gingen die Eidgenössischen Kommissionen für Strahlenschutz (KSR) und für ABC-Schutz (KomABC) der Frage nach, wie die Schweiz auf radiologische Notfälle vorbereitet ist. Das Krisenmanagement wurde vor nicht allzu langer Zeit während der Covid-19-Pandemie auf die Probe gestellt. Nach der russischen Offensive in der Ukraine sind bewaffnete Konflikte in Europa wieder denkbar, und die nukleare Bedrohung ist nach wie vor real.



Abb. 33: Anne Eckhardt (Präsidentin der KomABC) und Flurin Sarott (Präsident der KSR bis 31.12.2023).

Die 18 verschiedenen Referate von Expertinnen und Experten aus den Bereichen Strahlenschutz, Notfallschutz und Verwaltung zeugen von der Vielfalt der involvierten Akteure und Bereiche. Mit über 200 Teilnehmenden stiess das Seminar auf grosses Interesse.

Die Schweiz bereitet sich auf eine breite Palette von Notfällen und Szenarien vor, die in geeigneten Vorsorgeplänen konkretisiert werden.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) führt zu diesem Zweck einen Gefährdungskatalog mit Referenzszenarien. Neben den bestehenden Szenarien, etwa einem KKW-Unfall in der Schweiz, sind angesichts der aktuellen Situation in der Ukraine auch kriegsrische Szenarien wieder relevanter geworden. Es ist daher unumgänglich, die Bedrohungsszenarien zu überdenken (z. B. Atomwaffe in Grenznähe, Cyberangriff, KKW-Unfall in der Ukraine,

Staatsterrorismus) und mit den betroffenen Partnern entsprechende Vorsorgeplanungen zu erstellen. Zudem ist die Vorbereitung auf ein Strahlenereignis nicht auf die Akutphase zu beschränken; es müssen auch Schutzmassnahmen für die Früh- und die Übergangsphase erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang informierte das BAG über die Vorbereitungsarbeiten zur Entwicklung von Schutzmassnahmen in den Bereichen Gesundheit, Lebensmittel und Landwirtschaft, falls es in der Ukraine zu einem nuklearen Ereignis kommen sollte. Alle zwei Jahre führt das BABS Gesamtnotfallübungen (GNU) durch, deren Rahmenbedingungen gemeinsam mit dem Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) festgelegt werden. Es ist entscheidend, alle nationalen und internationalen Partner in solche Übungen einzubinden und daraus die notwendigen Lehren zu ziehen, um das Krisenmanagement zu verbessern. Auch die «Lessons learnt» aus vergangenen Krisen müssen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund stellte das BAG seine Lehren aus der Covid-19-Pandemie vor, namentlich hinsichtlich der Einsetzung einer interdisziplinär zusammengesetzten wissenschaftlichen Taskforce und der Herausforderungen in Zusammenhang mit der Digitalisierung. Die neuen Technologien haben ebenfalls einen Einfluss auf die Notfallvorbereitungen. So zeigte das Paul Scherrer Institut (PSI) beispielsweise auf, wie neue Reaktortechnologien konzipiert werden, um das Risiko und die Unfalls Auswirkungen zu minimieren. Die Information und Kommunikation sind zentrale Elemente des Notfallschutzes. Verschiedene Referentinnen und Referenten illustrierten die wesentliche Unterscheidung zwischen Risiko- und Krisenkommunikation. Risikokommunikation ist meist längerfristig angelegt und erklärt grundsätzliche Aspekte wie zum Beispiel Krebs durch Rauchen. Krisenkommunikation hingegen unterliegt einer starken Dynamik, weil das Verhalten der Bevölkerung von Panik bis Indifferenz oder Apathie reichen kann. Im Krisenfall ist zentral, dass die Behörden sich untereinander koordinieren, um klar und konsistent zu kommunizieren. Denn das Vertrauen in die Behörden ist für die Akzeptanz von Krisenmassnahmen entscheidend. Verbesserungspotenzial wurde bei der Vorbereitung der Krisenkommunikation ausgemacht, lassen sich doch viele Fragen, die im Ereignisfall aufkommen, bereits im Vorfeld des Ereignisses

antizipieren. Am Seminar wurden ausserdem die bestehenden Notfallorganisationen vorgestellt wie auch die Probenahme- und Messorganisation. Bei einem radiologischen Notfall kann der Bundesrat gewisse Personen für die Sicherstellung der Landesversorgung und zum Schutz der Bevölkerung zum Einsatz verpflichten. An den Beispielen Feuerwehr und Koordinierter Verkehr wurden der aktuelle Stand dieser Vorbereitungen und die Herausforderungen im Ereignisfall aufgezeigt. Für die Zukunft wird es wichtig sein, die Verantwortlichkeiten und Aufgaben verpflichteter Personen zu klären und sie angemessen auszubilden.

Zum Abschluss kündigten Anne Eckhardt, die Präsidentin der KomABC, und Flurin Sarott, bis zum 31. Dezember 2023 Präsident der KSR, die Publikation einer gemeinsamen Zusammenfassung mit den wichtigsten Erkenntnissen aus dem Seminar an. Künftig wird insbesondere das BAG in die Erarbeitung neuer Referenzszenarien und die Vorbereitung von Schutzmassnahmen für die Zeit nach der Akutphase wie auch die Entwicklungen betreffend Krisenkommunikation und verpflichtete Personen eingebunden.



Abb. 34: Mit mehr als 200 Teilnehmenden stiess das Seminar auf grossen Anklang.

Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) ist seit 2019 für das Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall NISSG und die Verordnung dazu (V-NISSG) zuständig. Die V-NISSG sorgt dafür, dass Behandlungen zu kosmetischen Zwecken mit nichtionisierender Strahlung oder Schall nur noch von Personen mit entsprechendem Sachkundenachweis durchgeführt werden. Für die zuständigen Prüfungsstellen hat das BAG 2023 einen Workshop organisiert. Die V-NISSG regelt zudem die sichere Verwendung von Solarien: 17 Kantone haben dazu 2022/23 eine erste Messkampagne bei Solarienbetreibern durchgeführt.

Vollzug V-NISSG 2023

Der Vollzug der V-NISSG liegt sowohl beim Bund wie auch bei den kantonalen Behörden. Der genaue Umsetzungsplan mit Zielen und Massnahmen ist auf der BAG-Webseite publiziert [BAG_NISSG_DE_210510.pdf](#).

Für den Vollzug bei Veranstaltungen mit Laserstrahlung ist das BAG zuständig. Im Jahre 2023 wurden über das Meldeportal des BAG 397 Laserveranstaltungen gemeldet. Das BAG hat die Meldungen überprüft und bei Bedarf Kontrollen vor Ort durchgeführt.

Workshop für Prüfungsstellen: Behandlungen zu kosmetischen Zwecken gemäss V-NISSG

Ab dem 1. Juni 2024 dürfen die in der V-NISSG aufgeführten Behandlungen mit nichtionisierender Strahlung (NIS) oder Schall nur noch von Personen durchgeführt werden, die einen entsprechenden Sachkundenachweis (SN) erworben haben. Das BAG ist unter anderem dafür zuständig, Gesuche von Stellen zu überprüfen, die eine Prüfungsstelle für SN für Behandlungen mit NIS und Schall werden

möchten, und die für diese Prüfungsstellen zugelassenen SN jeweils halbjährlich in die Liste der Verordnung des EDI über die Sachkundenachweise für Behandlungen zu kosmetischen



Abb. 35: Für die Haarentfernung mit einer Blitzlampe (IPL) braucht es ab dem 1. Juni 2024 einen Sachkundenachweis.

Weitere Informationen: [Behandlungen mit nichtionisierender Strahlung und Schall \(admin.ch\)](#)

Zwecken mit NIS und Schall aufnehmen zu lassen. Vom Start im April 2022 bis im April 2023 konnten so neun verschiedene Prüfungsstellen ihre Arbeit aufnehmen, und die meisten haben bis dahin schon einige Erfahrungen mit den Ausbildungen und Prüfungen von SN gesammelt. Das BAG organisierte deshalb im Mai 2023 einen Workshop mit dem Ziel, aktuelle Themen und praktische Probleme

mit der Umsetzung der Vorgaben mit den Prüfungsstellen zu diskutieren, hierfür Lösungswege zu finden, sowie sich auszutauschen und zu vernetzen. Im Workshop wurden nach einer interaktiven Vorstellungs- und Austauschrunde die aus der Themensammlung hervorgegangenen Unklarheiten behandelt. Das grösste Thema war die Aufgabenteilung zwischen der Trägerschaft und dem BAG sowie der Gesetzgebungsprozess. Ein weiterer Teil erläuterte und klärte weitere Fragen sowie praktische Probleme und mündete in einem moderierten Themenworkshop mit drei Arbeitsgruppen. Die Ergebnisse hat das BAG im Nachhinein ausgewertet. Die durchwegs positiven Rückmeldungen der Prüfungsstellen während und nach dem Workshop veranlassen das BAG dazu, den Workshop in den nächsten Jahren einmal jährlich durchzuführen. Der nächste Workshop findet voraussichtlich im Juni 2024 statt.

Solarien: Ergebnisse der Messkampagne 2022/23

Seit Inkrafttreten der V-NISSG am 1. Juni 2019 liegt die Verantwortung für den konformen Betrieb von Solariengeräten bei den Betreibern. Die V-NISSG gibt dabei eine Obergrenze für die erythemgewichtete Bestrahlungsstärke vor. Diese misst die Stärke der UV-Strahlen, wobei berücksichtigt wird, wie stark diese die Haut reizen können. Dadurch lässt sich das Risiko von Sonnenbrand und Hautschäden bewerten. Die Verwendung von Solarien mit einer erythemgewichteten Bestrahlungsstärke von $>0,3 \text{ W/m}^2$ ist verboten. Zudem dürfen Geräte des UV-Typs 1, 2 oder 4 ausschliesslich durch ausgebildetes Personal betrieben werden; für UV-Typ 4 wird zusätzlich eine ärztliche Empfehlung benötigt. In unbedienten Solarienstudios (i. e. Selbstbedienungsgeräte) dürfen einzig Geräte vom UV-Typ 3 betrieben werden. Während einer ersten Messkampagne 2022/2023 haben 17 kantonale Vollzugsstellen Messungen durchgeführt; das BAG unterstützte die Kantone dabei. 2023 wurde, mit Unterstützung vom METAS und in Absprache mit den Kantonen, eine dedizierte Vollzugshilfe zur Durchführung von Messungen veröffentlicht. Insgesamt nahmen die Kantone 1366 Messungen an 387 verschiedenen Geräten des UV Typs 3 vor. 31 % der Solarien überschritten bei der ersten Messung den Grenzwert von



Abb. 36: Während einer ersten Messkampagne 2022/2023 in Solarien haben 17 kantonale Vollzugsstellen Messungen durchgeführt; das BAG unterstützte die Kantone dabei.

$0,3 \text{ W/m}^2$ an mindestens einem Messpunkt (Rücken, Bauch, Gesicht, usw.). 41 % der Solarien entsprachen dem UV-Typ 3; 15 % lagen maximal 10 % über dem Grenzwert; 45 % der Geräte waren mehr als 10 % über dem Grenzwert (siehe Abb. 37). Das stärkste gemessene Gerät lag mit einer erythemgewichteten Bestrahlungsstärke von $0,692 \text{ W/m}^2$ mehr als 2,3-fach über dem Grenzwert.

An 81 Geräten wurden nach Anpassungen am Gerät (Austausch von Röhren; Softwareeinstellungen usw.) Wiederholungsmessungen durchgeführt. 65 % der angepassten Geräte haben nach der Wiederholungsmessung dem UV-Typ 3 entsprochen. Diese Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit der Kontrollen. Die nächste Messkampagne ist für 2025/2026 geplant.

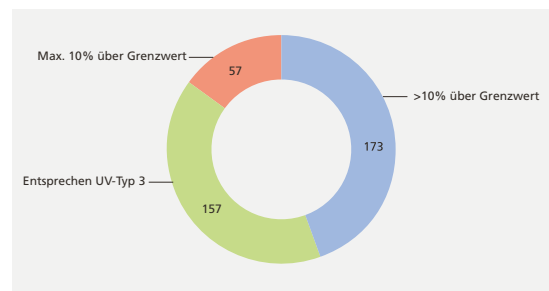


Abb. 37: Messergebnisse an UV-Geräten des Typs 3.

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. 17 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 Hausbewohnerinnen und Hausbewohnern 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.

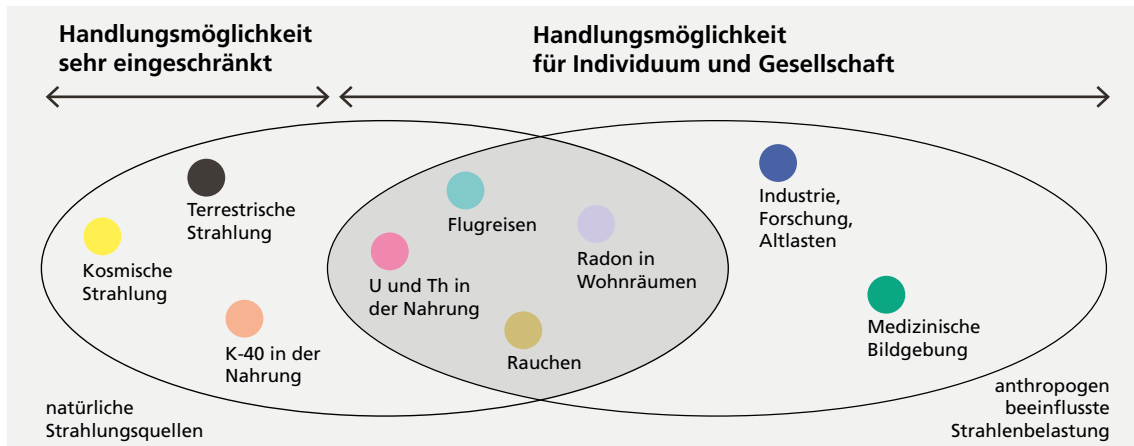


Abb. 38: Die wichtigen Beiträge zur Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung. Linkes Oval: natürliche Strahlungsquellen. Rechtes Oval: anthropogene Strahlenbelastungen. Überlappender Bereich (dunkler Hintergrund): Die Strahlungsquelle ist natürlich, die Exposition hängt aber von menschlicher Tätigkeit 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 38 illustriert die hauptsächlichsten 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 ebenfalls etwa 0,35 mSv pro Jahr. Das BAG schätzte 2022 die mittlere Dosis durch kosmische Strahlung neu ab, basierend auf einem modernen Modell (EXPACS), unter Berücksichtigung der Bevölkerungsstatistik und des Höhenmodells im Raster von 200 × 200 m. Die neue Abschätzung des Mittelwerts ist etwas niedriger als der frühere Wert von 0,38 mSv pro Jahr. Die kosmische Strahlung nimmt mit der

Höhe zu. Deshalb beträgt sie beispielsweise auf 1500 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. 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. Auf die Strahlenbelastung durch natürliche Radionuklide wie Polonium-210, Blei-210 und Radium-Isotope in der Nahrung wird im Kapitel 5 des Jahresberichts «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2023» genauer eingegangen.

Die Dosen durch die Aufnahme von Strontium-90 und/oder Caesium-137 aus dem Fallout der atmosphärischen Atomtests der 1960er Jahre und im Falle von Caesium-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 Kalium-40) rund 0,2 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 0,3 mSv pro Jahr.

Im Jahr 2017 rauchten 27 % der Schweizer Bevölkerung über 15 Jahre im Durchschnitt 10 Zigaretten/Tag (Schweizerische Gesundheitsbefragung 2017, BFS). Das entspricht im Durchschnitt 2,7 Zigaretten pro Tag und Einwohner/-in und somit einer durchschnittlichen effektiven Dosis von 0,04 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 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 vernachlässigbar. 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 43). Bisher wurden bzw. werden 138 Liegenschaften saniert, 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 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 aller

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>

dings zu erwähnen, dass die Mehrheit der Patientinnen und Patienten diese hohen Dosen in fortgeschrittenem Alter bekommt.

Bilanz der Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung

Durchschnittliche Exposition

Die durchschnittlichen Beiträge der oben aufgeführten Expositionsquellen sind in Abbildung 39 zusammengefasst. Die durchschnittliche effektive Dosis, die die Schweizer Bevölkerung aus allen Expositionsquellen zusammen erhält, beläuft sich auf rund 6 mSv/Jahr.

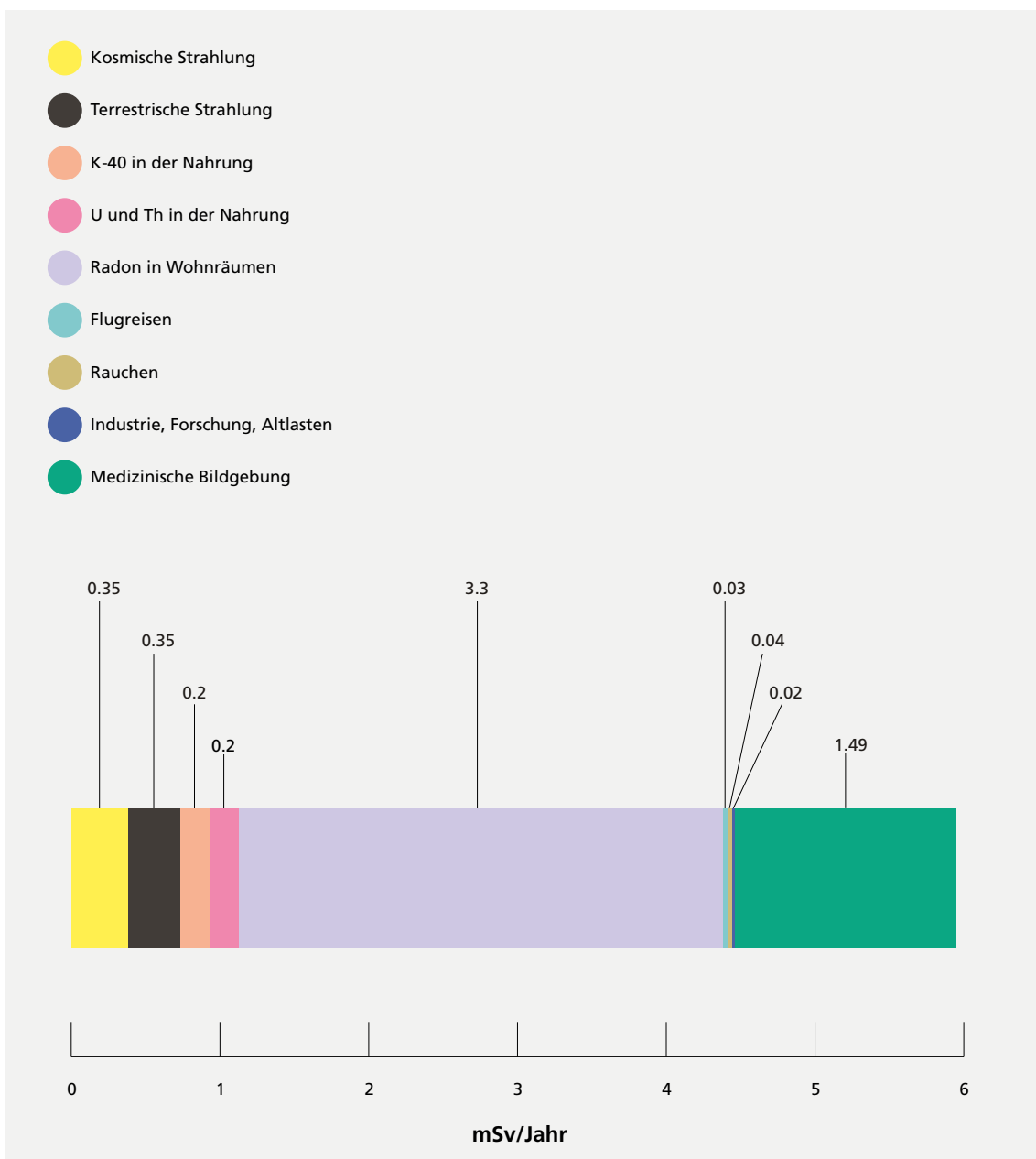


Abb. 39: Durchschnittliche Beiträge zur effektiven Dosis pro Jahr und Einwohner/-in der Schweiz in mSv.

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 der 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 40 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/m³)
- 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)

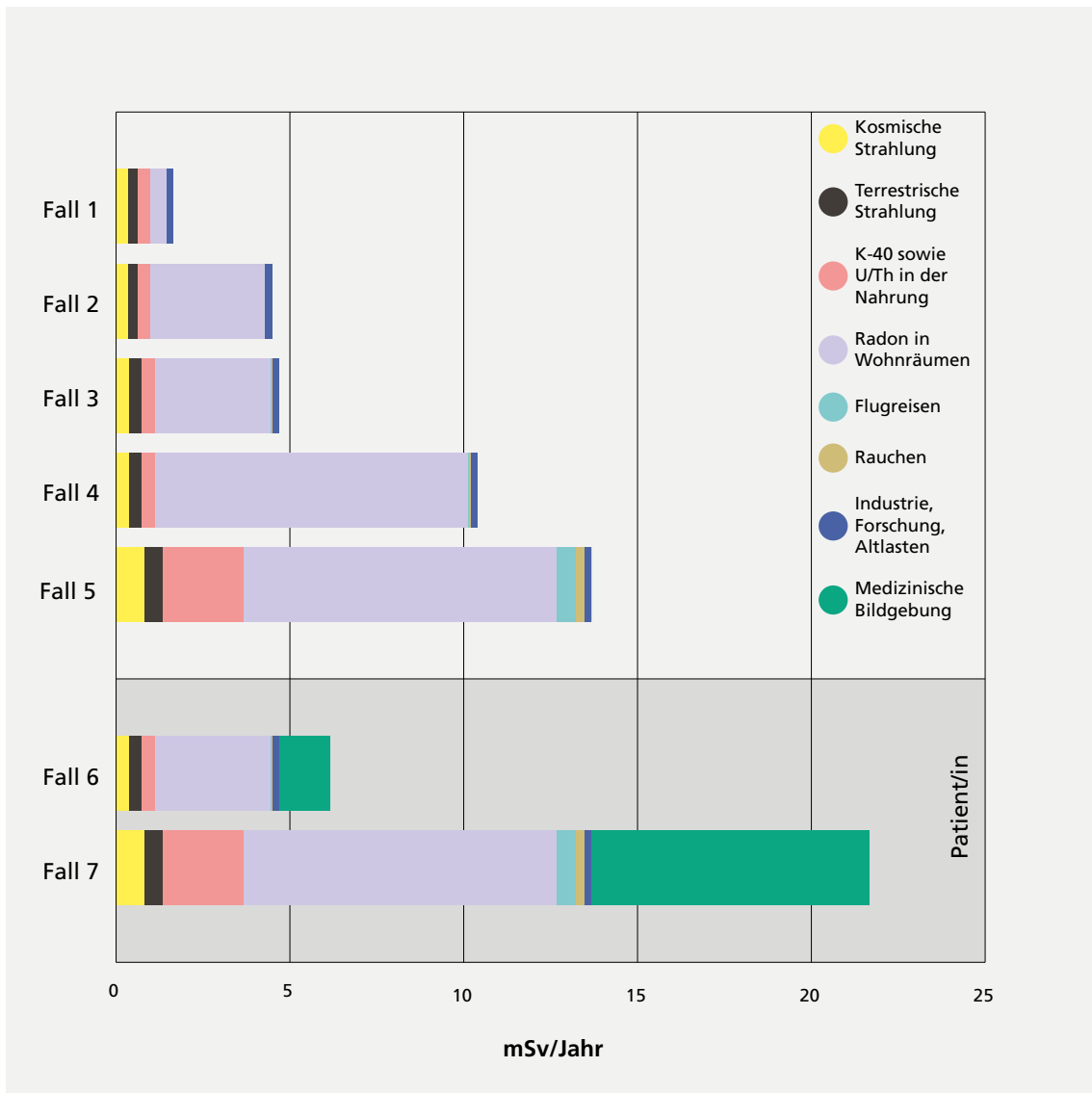


Abb. 40: Variabilität der Exposition der Schweizer Bevölkerung: effektive Dosis für eine Person in mSv/Jahr für sieben standardisierte Szenarien.

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.

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 z. B. 2023 in diesem Rahmen am jährlichen International Advisory Committee Meeting zu elektromagnetischen Feldern (IAC) und am jährlichen Meeting des Intersun Programms zu UV-Strahlung teilgenommen und aktiv an der Programmgestaltung mitgearbeitet.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem USZ konnte das BAG die WHO bei der Erarbeitung einer Antidot Richtlinie unterstützen. Im Januar 2023 erschien das Dokument der WHO [National stockpiles for radiological and nuclear emergencies: policy advice](#), welches kurz und konzis zeigt, welche wichtigsten fünf Antidote man wie und wann in Notfallsituationen anwenden kann und soll.

Wissenschaftlicher Ausschuss der UNSCEAR

Die 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 des BAG. Gegenwärtig beteiligt sich das BAG auch an der Erarbeitung des neuen UNSCEAR Berichtes zur Strahlenbelastung der Bevölkerung («Public Exposure»)

Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP)

Die ICRP hat den Auftrag, ein internationales System zum Strahlenschutz zu entwickeln und auf aktuellem Stand zu halten. Sie gibt Empfehlungen zu allen Aspekten dieses Schutzes heraus. Das BAG hat sich verpflichtet, die ICRP von 2023 bis 2027 weiter zu unterstützen, insbesondere um die Vorbereitungsarbeiten zur Überarbeitung und Verbesserung des Strahlenschutzsystems im Hinblick auf die Aktualisierung der «Allgemeinen Empfehlungen» der ICRP durchzuführen. In diesem Kontext beteiligt sich das BAG auch an den Arbeiten der Task Group 114 – Reasonableness and Tolerability in the System of Radiological Protection.

Internationale Atomenergie-Organisation (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 ist das BAG insbesondere an den Aktivitäten des Ausschusses für Normen zur Strahlenschutzsicherheit (Radiation Safety Standards Committee RASSC) interessiert und hat aktiv am Meeting über die Umsetzung des nun zwanzigjährigen «Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources» teilgenommen.

Unter der Federführung der IAEO hat das BAG im April 2023 für eine Delegation aus Kamerun einen zweiwöchigen wissenschaftlichen Besuch zum Thema Radon organisiert. Anhand der Erkenntnisse aus diesem Besuch konnte der «Nationale Radonplan» Kameruns konsolidiert werden, der 2020 in Zusammenarbeit mit der IAEO entstanden ist.

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. 2023 hat das BAG bei den Vorbereitungen zur INEX6-Übung mitgewirkt. Bei dieser «International Exercise» geht es um die Bewältigung eines nuklearen Ereignisses ein Jahr nach dem Geschehen. Die teilnehmenden Staaten sollen in einem Fragebogen die Herausforderungen und die bereits getroffenen Vorbereitungen diskutieren und dokumentieren.

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. Das BAG nahm 2023 an der Working Party on Natural Radiation Sources und der Working Party on Medical Exposures teil.

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.

Innerhalb von HERCA befasst sich die Arbeitsgruppe für medizinische Anwendungen mit allen Aspekten des Strahlenschutzes bei medizinischen Anwendungen ionisierender Strahlung, sei es für diagnostische, therapeutische oder Forschungszwecke. Dabei war das BAG 2023 in zwei spezifischen Bereichen besonders aktiv. Es hatte sich stark für die Durchführung eines europäischen Inspektoren-Workshops in der Radiotherapie engagiert. Dieser fand im Juni 2023 in Helsinki statt. Der Workshop hatte zum Ziel, einen Erfahrungsaustausch unter den Experten und Expertinnen der Strahlenschutzbehörden zu fördern und deren Kompetenz zu stärken. Ein weiterer Schwerpunkt des BAG lag in der Arbeit der Taskforce Patientenschutz. Diese Taskforce plant eine Reihe von Stellungnahmen zum Thema Patientenschutz in der Medizin. Die erste

dieser Stellungnahmen betrifft den Einsatz von Patientenschutzmitteln in der Radiologie.

Mit Beginn des Krieges in der Ukraine hat die HERCA rasch eine Taskforce gebildet, um einen informellen Kontakt mit der Ukraine und den Nachbarländern herzustellen. Das BAG und die Nationale Alarmzentrale NAZ konnten an mehreren Videokonferenzen teilnehmen und wurden über die individuellen Vorbereitungsarbeiten der HERCA-Mitglieder informiert. Die Kontaktaufnahme mit der Ukraine und den Nachbarstaaten wurde von allen als sehr wertvoll erachtet. Der informelle Austausch wurde auch 2023 weitergeführt. Zudem wurde eine Untergruppe ins Leben gerufen, um sich den Vorbereitungen hinsichtlich Nuklearwaffeneinsatz zu widmen. Das Wissen und auch die Zuständigkeiten bei den zivilen Organisationen ist oftmals noch unzureichend und soll verbessert werden.

Im April 2023 präsentierte das BAG die schweizerische Strategie zum Radonschutz am Arbeitsplatz im Rahmen eines Workshops der «Working group NAT» in Bonn.

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). Im Jahr 2023 hat die EAN zwei Newsletter zu ALARA-Themen veröffentlicht, die unter 'Newsletters' auf der Webseite verfügbar sind. Im Oktober 2023 organisierte das EAN-Netzwerk einen Workshop zu ALARA in der Medizin mit Schwerpunkt auf interventioneller Radiologie und Nuklearmedizin in Wien. Die Empfehlungen dieses Workshops sind ebenfalls auf der Internetseite des Netzwerks zu finden. Die Schweiz ist Mitglied dieses Netzwerks und hat sich aktiv an der Vorbereitung der Newsletter beteiligt und war Teil des Organisationskomitees des Workshops.

Bilaterale Zusammenarbeit mit Nachbarländern

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, sowie mit den österreichischen Kollegen im Rahmen der bilateralen Nuklearexpertentreffen.

Rechtsgrundlagen

Seit der Inkraftsetzung der Gesetzgebung über den Schutz vor nicht-ionisierender 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 usw.) und basiert für alle Gebiete (Medizin, Forschung, Industrie, Kernanlagen) auf einheitlichen Konzepten.

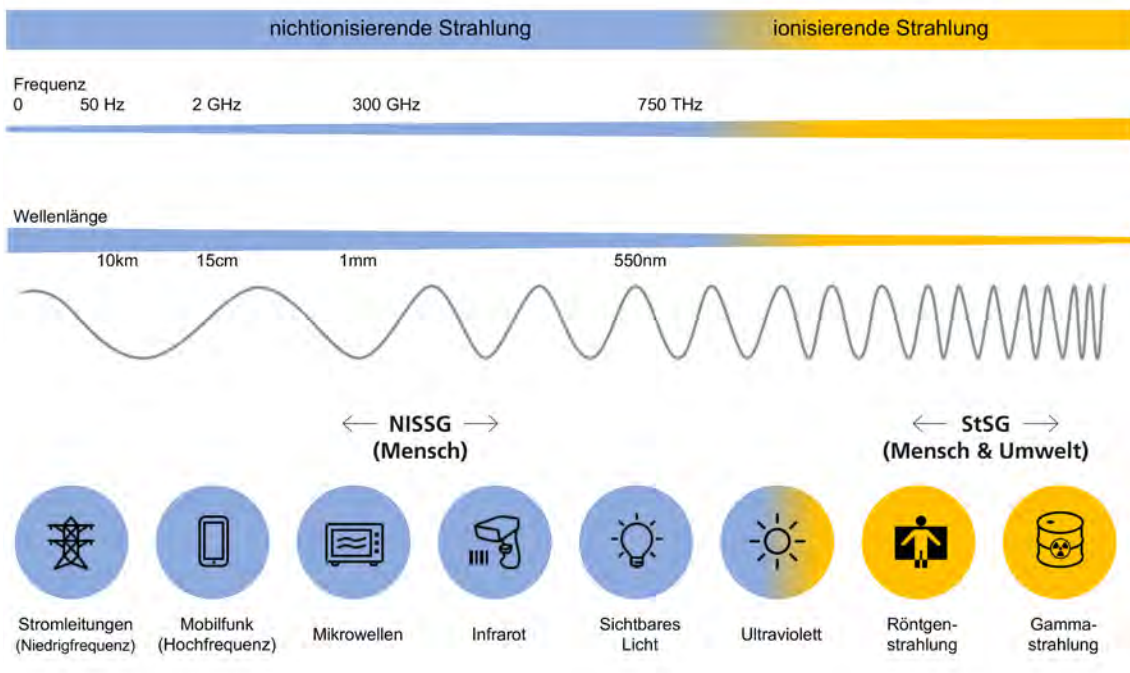


Abb. 41: Das Strahlenspektrum als Handlungsrahmen für das Strahlenschutzgesetz (StSG) und das Gesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nicht-ionisierende Strahlung und Schall (NISSG).

Teilrevision des StSG:

Im Auftrag des Bundesrates hat das BAG 2021 ein Projekt zur Teilrevision des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991 (StSG) initiiert, um das Verursacherprinzip (Art. 4 StSG) im Hinblick auf die Finanzierung von Jodtabletten-Kampagnen an die Bevölkerung zu konkretisieren. Dazu wird auch die Kostentragung bei Sanierungen von radioaktiv belasteten Standorten (z. B. Radium-Altlasten), der Entsorgung von radioaktiven Abfällen und der Immissionsüberwachung in der Umgebung von Betrieben mit einer Bewilligung zur Abgabe von Radioaktivität an die Umwelt im Normalbetrieb geregelt. Zusätzlich soll das StSG mit Artikeln über den Datenschutz und einer Strafbestimmung bei Bagatellfällen ergänzt werden. Eine öffentliche Vernehmlassung fand vom 10. März bis 19. Juni 2023 statt. Die Vorlage wurde in den eingegangenen 46 Stellungnahmen insgesamt gut aufgenommen. Bis Ende 2024 soll die Botschaft zu dieser Teilrevision vom Bundesrat verabschiedet werden. Weitere Informationen: [Teilrevision des Strahlenschutzgesetzes \(admin.ch\)](#)

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.

Abteilung Strahlenschutz – 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, für Patientinnen oder Privatpersonen. 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 (ausser KKW). Die Aufsicht über die rund 26 000 Bewilligungen für die Verwendung ionisierender Strahlung in Medizin, Lehre und Forschung ist deshalb eine zentrale Aufgabe der Abteilung Strahlenschutz. Das BAG überwacht zudem die Umweltradioaktivität und betreibt dafür nebst schweizweiten Messnetzen ein akkreditiertes Labor. Es setzt drei umfangreiche Aktionspläne um: Radon, Radium und Radon (radiologische Sicherung und Sicherheit) und wirkt 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 neue 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 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 von Wissenschaft und Technik 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
- Koordination der 2020 eingeführten klinischen Audits im Hochdosisbereich
- Vollzug der Gesetzgebung zum Schutz vor NIS und Schall, gemeinsam mit den Kantonen
- Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen (ca. 107 600 Personen inkl. 6800 Personen beim Flugpersonal) und Führen des zentralen Dosisregisters
- Stellungnahme zu Strahlenschutzaspekten bei klinischen Studien mit Geräten, die ionisierende Strahlung erzeugen, und mit Radiopharmaka (an Ethikkommission oder Swissmedic)
- Zustimmung des BAG zur Zulassung von Radiopharmazeutika an Swissmedic (unter Berücksichtigung der Empfehlung der Fachkommission für Radiopharmazeutika)

- Qualitätskontrolle von Radiopharmazeutika auf dem Schweizer Markt
- 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 und Langzeitmonitoring
- Umsetzung der Aktionspläne Radon, Radium, Radon
- Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen, Dosimetriestellen und Radonmessstellen
- Mitwirkung bei der Vorbereitung radiologischer Notfallsituationen
- Information der Bevölkerung zu Exposition und Gesundheitsrisiken von Strahlung (Röntgen, Radioaktivität, Elektromog, UV, Licht usw.)

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.

