

Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz – Ergebnisse 2022

Editorial

Das Jahr 2022 war für uns in vielerlei Hinsicht ungewöhnlich. Kaum hatte sich die Situation in Europa nach zwei Jahren Pandemie wieder ein wenig entspannt, brach am 24. Februar der Krieg in der Ukraine aus. Meine Gedanken sind bei all den Menschen, die von diesem verheerenden Konflikt direkt betroffen sind und täglich in Angst und Not leben müssen. In der Schweiz hat dieser Krieg dazu geführt, dass sich die Bevölkerung über einen erneuten Unfall in einem ukrainischen Atomkraftwerk oder über den Einsatz von Atomwaffen durch Russland sorgt. Der Krieg zwingt uns Behörden, Szenarien zu betrachten, die wir für überwunden hielten und auf die wir uns unbedingt vorbereiten müssen. Denn die Pandemie hat uns gelehrt, dass das Unvorstellbare Wirklichkeit werden kann. Das BAG hat deshalb mit anderen Ämtern verschiedene Massnahmen geprüft, um die Schweizer Bevölkerung im Falle eines nuklearen Ereignisses in der Ukraine zu schützen. Ähnlich wie nach dem Unfall in Tschernobyl 1986 zielen sie vor allem darauf ab, die Bevölkerung vor kontaminierten Lebensmitteln zu schützen. Mehr darüber erfahren Sie in unserem Interview mit den Mitgliedern der Arbeitsgruppe «Radiologischer Notfall» des BAG.

Aus Sorge vor der nuklearen Bedrohung wollten sich viele Menschen in der ganzen Schweiz unbedingt mit Jodtabletten eindecken. Solche Tabletten, die für die gesamte Bevölkerung verfügbar sind, sind jedoch in erster Linie für einen Ernstfall in einem Schweizer Kernkraftwerk vorgesehen. Ihre Verwendung bei einem Ereignis in der Ukraine ist sehr unwahrscheinlich. Die Finanzierung der Versorgung der Bevölkerung mit Jodtabletten soll übrigens mit der Revision des Strahlenschutzgesetzes, das im März 2023 in die öffentliche Vernehmlassung gehen wird, klarer geregelt werden.

Für den Fall, dass eine radioaktive Wolke durch die Schweiz ziehen würde, müsste ihre Zusammensetzung schnell bestimmt werden können. Der Bundesrat hat deshalb 2022 beschlossen, das System zur Messung der Radioaktivität in der Luft auf der Station Jungfrauoch zu modernisieren. Das neue System soll bis 2024 in Betrieb genommen und an das vom BAG betriebene Netz zur kontinuierlichen Überwachung der Radioaktivität angeschlossen werden. Im Jahr 2022 waren keine anormalen Radioaktivitätswerte in der Umwelt zu verzeichnen.

Neben den Arbeiten zur Vorbereitung auf Notfallsituationen haben wir im Jahr 2022 zahlreiche weitere Aufgaben erfolgreich verfolgt: Wir

haben unser Überwachungsprogramm mit Audits vor Ort in medizinischen Betrieben fortgesetzt, um den Strahlenschutz von Patientinnen, Patienten und medizinischem Personal zu verbessern. Die Schwerpunkte betrafen Operationssäle und die Nuklearmedizin. Wir koordinierten über 30 klinische Audits, die von rund 100 externen Auditorinnen und Auditoren durchgeführt wurden. Wir inspizierten mehrmals die Forschungseinrichtungen des PSI und des CERN. Ausserdem führten wir unsere drei Aktionspläne fort: Radon in Innenräumen, radiumhaltige Altlasten aus der Uhrenindustrie sowie die Verstärkung der radiologischen Sicherung und Sicherheit (Radiss). Darüber hinaus schreitet die Entwicklung unseres Onlineportals «Radiation Portal Switzerland (RPS)» zügig voran. Es wird ab 2023 ein umfassendes Management der Bewilligungen im Strahlenschutz durch alle Akteure ermöglichen.

Im Bereich nichtionisierende Strahlung und Schall haben wir im Jahr 2022 die Umsetzung der neuen Gesetzgebung vorangetrieben. Schwerpunkt waren die Behandlungen zu kosmetischen Zwecken mit nichtionisierender Strahlung und Schall, die künftig nur noch kompetente Personen durchführen dürfen. Diese sind nun in einem elektronischen Portal erfasst. Darüber hinaus führte das BAG Vor-Ort-Kontrollen bei Veranstaltungen mit Lasershows durch.

Schliesslich hat die Schweiz 2022 die dritte Konferenz der Internationalen Atomenergie-Organisation zum Strahlenschutz am Arbeitsplatz in Genf durchgeführt. Deren Organisation lag in erster Linie beim BAG. In der Schweiz sind über 100 000 Personen beruflich strahlenexponiert, zwei Drittel davon arbeiten im medizinischen Bereich.

Wie Sie sehen, hält dieser Bericht vielfältige Themen für Sie bereit, die Sie beim Lesen vertiefen können.

Ich wünsche Ihnen eine interessante 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, Mai 2023

Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:
«Strahlenschutz BAG; Jahresbericht 2022»

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
Ukraine-Krieg und nukleare Bedrohung: Sind wir vorbereitet?	6
Strahlenschutz in Medizin und Forschung	11
Aktionsplan zur radiologischen Sicherung und Sicherheit «Radiss» 2020–2025	21
Radiologische Ereignisse	24
IAEA-Konferenz in Genf: Strahlenschutz am Arbeitsplatz	33
Aktionsplan Radium 2015–2022	39
Aktionsplan Radon 2021–2030	42
Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt	45
Intervention in einem radiologischen Notfall	50
Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall	54
Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung	57
Internationale Zusammenarbeit	64
Rechtsgrundlagen	67
Abteilung Strahlenschutz — Aufgaben und Organisation	69

Ukraine-Krieg und nukleare Bedrohung: Sind wir vorbereitet?

Mit dem russischen Militärangriff auf die Ukraine am 24. Februar 2022 kehrte die Befürchtung zurück, dass es in Europa zu einer Nuklearkatastrophe wie 1986 beim Unfall in Tschernobyl oder zum Einsatz von Atomwaffen kommen könnte. Angesichts dieser Bedrohung erhöhte das BAG seine Bereitschaft und führte mit den verantwortlichen Behörden der Schweiz spezifische Vorbereitungen durch. Die Mitglieder der Arbeitsgruppe «Radiologischer Notfall» der Abteilung Strahlenschutz blicken im Interview auf diese Arbeiten im 2022 zurück.

Wovon geht die radiologische Bedrohung in der Ukraine aus?

Seit Kriegsbeginn sorgen die nuklearen Bedrohungen mit möglicher Freisetzung von Radioaktivität in die Umwelt für Bedenken. Zu den möglichen Szenarien gehören ein schwerer Kernkraftwerk-Unfall in der Ukraine oder der Einsatz von Atomwaffen im Konfliktgebiet. Neben der Anlage in Tschernobyl besitzt die Ukraine weitere 15 Kernreaktoren an vier Standorten, die im Kriegsfall ein erhöhtes Risiko darstellen. Die wiederholten Angriffe auf das mit sechs Reaktorblöcken grösste europäische Kernkraftwerk in Saporischschja haben die Angst vor einem Atomunfall noch weiter gesteigert.

Wird ein Szenario in Betracht gezogen, bei dem in Europa (in der Ukraine) eine russische Atombombe detonieren könnte?

Obwohl ein solcher Angriff sehr unwahrscheinlich ist, können wir diese Bedrohung heute nicht mehr ausschliessen. Die Behörden müssen dafür gerüstet sein. Die Modellierung der im Fall einer Atombombenexplosion freigesetzten

Radioaktivität ist relativ komplex und hängt von einer grossen Zahl von Parametern ab, beispielsweise von der Art der Bombe, der Explosionshöhe und der Bewegung der Luftmassen. Angesichts dieser Bedrohung, von der wir hofften, dass sie verschwunden sei, mussten wir in die Vergangenheit zurückschauen und Expertinnen und Experten in einem Bereich ausfindig machen, der nicht zu den Prioritäten unserer Abteilung zählte.

Was würde ein nukleares Ereignis in der Ukraine für die Schweiz bedeuten?

Abhängig von Art und Umfang des Ereignisses und den Wetterbedingungen, insbesondere der Windstärke und Windrichtung, könnte in den Tagen nach der Freisetzung von Radioaktivität in der Ukraine eine radioaktive Wolke über der Schweiz durchziehen. In einer derartigen Entfernung vom Freisetzungsort hätten sich die Partikel bereits stark in der Luft verteilt und würden keine unmittelbare gesundheitliche Gefahr mehr darstellen. Im Fall starker Niederschläge beim Vorbeiziehen einer Wolke über der Schweiz könnte sich die Radioaktivität aber auf dem Boden ablagern und das Gebiet

dauerhaft kontaminieren. Dies geschah im Tessin nach dem Unfall in Tschernobyl 1986. Es wären keine unmittelbaren Auswirkungen wie Verbrennungen oder akute Strahlensyndrome zu erwarten. Die Bevölkerung müsste hauptsächlich vor den langfristigen Auswirkungen der Strahlung geschützt werden, vor allem vor dem Krebsrisiko. So müsste beispielsweise verhindert werden, dass sie über einen längeren Zeitraum kontaminierte Lebensmittel einnehmen würde.

Wie ist das BAG organisiert, um radiologische Notfälle zu bewältigen?

Die «ordentlichen» Personalressourcen der Abteilung Strahlenschutz für die Notfallvorbereitung sind auf zwei Mitarbeitende beschränkt. Wir verfügen deshalb auch über eine ständige Arbeitsgruppe «Radiologischer Notfall» aus Expertinnen und Experten für Strahlenschutz, die auf Risikomanagement, Umweltüberwachung und Warenprüfungen spezialisiert sind. Mitarbeitende der Abteilung Recht und der Sektion Medien und Kommunikation des BAG vervollständigen das Team. Die Vorbereitungsarbeiten dieser Arbeitsgruppe und ihre Intensität hängen von der Entwicklung der radiologischen und nuklearen Bedrohungen ab. In einer konkreten Notfallsituation würde das BAG rasch einen spezifisch organisierten Krisenstab einsetzen, wie es nach den Katastrophen von Tschernobyl und Fukushima der Fall war. Dieser Krisenstab wird alle zwei Jahre im Rahmen der nationalen Notfallübungen aktiviert, insbesondere über den Bundesstab Bevölkerungsschutz (BSTB), in dem die Direktorinnen und Direktoren der betroffenen Bundesämter vertreten sind. Die letzte Notfallübung fand 2022 statt (siehe Seite 50).

Was war Ihre erste Herausforderung nach dem Bekanntwerden des russischen Angriffs auf die Ukraine?

Wir haben unsere Bereitschaft sofort erhöht. Seit Februar 2022 trifft sich die Arbeitsgruppe «Radiologischer Notfall» in kurzen Abständen. Am Anfang war die Kommunikation eine besondere Herausforderung. Wir stellten fest, dass in der Bevölkerung grosse Unsicherheit herrschte, und erhielten zahlreiche Anfragen. Immer wieder wurde die Frage nach der

Bereitstellung und Einnahme von Jodtabletten gestellt. Als Reaktion auf diese Bedenken schalteten wir auf unserer Website sehr rasch spezifische Informationen zur Ukraine auf. Dabei wiesen wir darauf hin, dass es aufgrund der geografischen Entfernung zwischen den beiden Ländern sehr unwahrscheinlich ist, dass wir in der Schweiz im Fall eines radiologischen Ereignisses in der Ukraine Jodtabletten einnehmen müssten (siehe unter [Krieg in der Ukraine: Radiologische Situation Schweiz und Ukraine \(admin.ch\)](#)).

Wozu dienen Jodtabletten und wann kommen sie zum Einsatz?

Jodtabletten dienen dazu, die Schilddrüse mit stabilem Jod zu sättigen, um zu verhindern, dass sich nach einem Nuklearunfall aufgenommenes radioaktives Jod dort anreichert. Die Tabletten sind deshalb wenige Stunden vor der Gefährdung einzunehmen, wenn die Behörden die Anweisung dazu geben. Würden sie vorbeugend einige Tage zuvor eingenommen, wäre der Schutz nicht mehr wirksam. Die Jodtabletten schützen die Schilddrüse nur vor den schädlichen Auswirkungen des radioaktiven Jods. Sie haben keinerlei Schutzwirkung gegen direkte Strahlung von radioaktiven Elementen, die in die Umwelt freigesetzt wurden. Sie schützen auch nicht vor den schädlichen Auswirkungen anderer Radionuklide, die wir nach einem Nuklearunfall einatmen oder über die Nahrung aufnehmen können. Die Einnahme von Jodtabletten wird deshalb immer zusammen mit weiteren umfassenderen Schutzmassnahmen angeordnet, wie etwa dem Aufenthalt in einem Gebäude oder der Evakuierung. Diese Tabletten werden all jenen Personen im Voraus verteilt, die innerhalb eines Radius von 50 Kilometern um ein Schweizer Kernkraftwerk wohnen (siehe auch Seite 53).

Zurück zur Ukraine: Wie stellt der Bund die Überwachung der Lage sicher?

Die Nationale Alarmzentrale (NAZ) überwacht die radiologische Situation in der Ukraine ständig und erhält regelmässig Informationen von der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) und anderen internationalen Partnern. Im Übrigen hat der Bundesstab Bevölkerungsschutz (BSTB) ein Planungselement Ukraine eingesetzt, das sich 2022 zu mehr

als einem Dutzend Sitzungen traf und so für alle verantwortlichen Stellen von Bund und Kantonen eine regelmässige Überwachung der Lage sicherstellte. Zudem wurden Vorbereitungen getroffen, um die Reaktion der Schweiz im Fall eines radiologischen Ereignisses, insbesondere in der Ukraine, zu optimieren.

Hat das BAG spezifische Schutzmassnahmen für die Schweiz auf Grund der Situation in der Ukraine geplant?

Gemäss Strahlenschutzverordnung (StSV) ist das BAG verantwortlich für die Vorbereitung der Massnahmen, um die Gesundheit der Schweizer Bevölkerung vor den Folgen freigesetzter Radioaktivität zu schützen. Im Rahmen dieses gesetzlichen Auftrags haben wir unter Federführung des BSTB zusammen mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und der NAZ einen Entwurf einer «Notfallverordnung Ukraine» ausgearbeitet. Dieser Verordnungsentwurf legt Schutzmassnahmen in den Bereichen Gesundheit und Landwirtschaft für den Fall eines nuklearen Ereignisses in der Ukraine fest, welche die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen ergänzen. Dank diesen bereits ausgeführten Arbeiten liesse sich in einer konkreten Notfallsituation wertvolle Zeit gewinnen. Neben diesem Verordnungsentwurf arbeiten wir im Rahmen unseres gesetzlichen Auftrags auch daran, die Kontrollen auf Radioaktivität an der Grenze zu verstärken (siehe Aktionsplan Radiss auf Seite 21).

Was regelt der Entwurf der Notfallverordnung Ukraine?

Der Verordnungsentwurf umfasst einen Katalog von Massnahmen in den Bereichen Gesundheit und Landwirtschaft und regelt die Zuständigkeit für deren Umsetzung. Dabei handelt es sich beispielsweise um Zugangsbeschränkungen zu öffentlichen Orten wie Kinderspielplätzen oder um Dekontaminierungsarbeiten. Im Landwirtschaftsbereich könnte mit Weidebeschränkungen für Nutztiere zudem eine Kontamination von Milch oder Fleisch verhindert werden. Weiter sieht der Verordnungsentwurf massive Kontrollen auf Radioaktivität in der Umwelt und in Lebensmitteln vor. Bund und Kantone

müssen deshalb vorbereitet sein, um solche Kontrollen mit den zur Verfügung stehenden Messmitteln durchzuführen.

Wie sieht es aus mit den Vorbereitungen für die Information der Bevölkerung?

Unter der Leitung des BABS haben wir ein Kommunikationskonzept erarbeitet, das die ersten 48 Stunden nach einem Ereignis berücksichtigt. Es bezweckt, dass die Kommunikationsverantwortlichen der beteiligten Stellen mit gleicher Vorgehensweise gemeinsame Botschaften vorbereiten. Weiter hält es klar fest, wer, wann, was, auf welche Weise kommuniziert. Es berücksichtigt insbesondere die Rolle der Bundeskanzlei, welche die politische Kommunikation koordiniert.

Im September 2022 wurde auf Beschluss des Bundesrates ein Strategischer Führungsstab Bund (SFB) für den Fall eines nuklearen Ereignisses im Zusammenhang mit dem Krieg in der Ukraine gebildet. Können Sie uns mehr dazu sagen?

Der Bundesrat beauftragte das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS), den SFB einzusetzen, um eine schnelle und wirksame Koordination der Reaktion auf ein nukleares Ereignis sicherzustellen. Unter der Federführung des SFB steuert das BAG die Arbeitsgruppe für die Bereiche Lebensmittel und Landwirtschaft. Sie befasst sich mit den Möglichkeiten, diejenigen Schutzmassnahmen konkret umzusetzen, die im Entwurf der «Notfallverordnung Ukraine» festgelegt sind. Auch die Kantone werden in die Diskussion einbezogen. Daneben soll im Ereignisfall eine wissenschaftliche Taskforce eingesetzt werden, die sowohl für radiologische als auch nicht-radiologische Aspekte, beispielsweise sozioökonomische Fragen, zuständig ist. Schliesslich werden die beiden ausserparlamentarischen Kommissionen für ABC-Schutz und für Strahlenschutz in die Organisation des SFB integriert werden.

Muss das Dispositiv zur Überwachung der Umweltradioaktivität überprüft werden, um diesen neuen Bedrohungen zu begegnen?

Das BAG betreibt ein leistungsfähiges System zur Messung der Umweltradioaktivität. Dank

der laufenden Modernisierung ist dessen Detektionsfähigkeit heute so weit fortgeschritten, dass es auf die neuen Bedrohungen reagieren kann. Es ist wichtig, den radiologischen Zustand der Umwelt in unserem Land jederzeit überwachen zu können. 2022 bewilligte der Bundesrat für die Jahre 2023 und 2024 zusätzliche Mittel, um die Messstation auf dem Jungfrauoch zu modernisieren. Weitere Massnahmen zur Verbesserung des Messnetzes für die Überwachung der Luft werden fortgeführt. Damit soll unter anderem sichergestellt werden, dass es auch im Fall

einer Stromlücke funktioniert. 2022 haben wir deshalb Batterien beschafft, um den Betrieb des Systems auch bei einem längeren Stromausfall zu gewährleisten.

Sind wir also vorbereitet?

Die in der Schweiz seit dem russischen Militärangriff auf die Ukraine getroffenen Massnahmen sollen eine bestmögliche Vorbereitung auf ein radiologisches Ereignis ermöglichen. Wir hoffen aber, dass wir sie nie benötigen werden.



Die Arbeitsgruppe «Radiologischer Notfall» der Abteilung Strahlenschutz besteht aus Strahlenschutz-Fachleuten, die auf Krisenmanagement, Umweltüberwachung sowie Warenkontrollen spezialisiert sind. Vertreter der Rechtsabteilung und der Sektion Medien und Kommunikation des BAG vervollständigen das Team.

Von links nach rechts: Sybille Estier, Sébastien Baechler, Daniel Storch, Nina Mosimann und Patricia Grimm. Nicht anwesende Personen: Daniel Dauwalder, Markus Schlatter und Nicolas Stritt.

Strahlenschutz in Medizin und Forschung

Patientensicherheit und Qualität sind zentrale Aspekte der öffentlichen Gesundheit, so auch für den Strahlenschutz. Die Abteilung Strahlenschutz des BAG hat in Ergänzung zu ihrer Aufsichtstätigkeit zwei Initiativen zur Verbesserung der Patientensicherheit im Strahlenschutz gestartet: Zunächst wurde eine nationale Arbeitsgruppe Patientensicherheit im Strahlenschutz eingesetzt. Dort sind Delegierte von Fachgesellschaften und Berufsverbänden vertreten. Die zweite Initiative betrifft den korrekten Umgang mit medizinischen Strahlenereignissen. Wenn diese auftreten, ist die Patientensicherheit gefährdet, zum Beispiel wenn Personen oder Untersuchungen bzw. Behandlungen verwechselt, oder wenn gerechtfertigte Anwendungen mit zu hohen Dosen durchgeführt werden.

Patientensicherheit im Strahlenschutz

Die in der Bildgebung und Therapie eingesetzte ionisierende Strahlung kann zu Gesundheitsrisiken führen und die Sicherheit von Patientinnen und Patienten beeinträchtigen. Um dies zu vermeiden, bewilligt das BAG bei medizinischen Betrieben den Umgang mit ionisierender Strahlung, beaufsichtigt deren Anwendungen, u.a. mit technischen Audits vor Ort (siehe Jahresbericht 2021 – Aufsichtsprogramm: Schwerpunkte für die kommenden Jahre). Zudem koordiniert das BAG die Durchführung von klinischen Audits in der Radiotherapie, Nuklearmedizin, Radiologie und Kardiologie. 2022 wurden 31 klinische Audits unter Beteiligung von rund 100 Auditorinnen und Auditoren durchgeführt. Damit sollen die Spitäler und medizinischen Institute ungerechtfertigte Verfahren und Untersuchungen vermeiden und die richtige Strahlendosis pro Verfahren bereitstellen. Die Gesamtheit dieser Massnahmen stimmt mit dem Ziel 5 «Qualität der Versorgung erhöhen» der Strategie Gesundheit2030 überein. Mit dem gleichen Ziel hat das BAG zwei Initiativen gestartet, die den Schutz vor zu viel Strahlung und die Sicherheit der Patientinnen und Patienten verbessern sollen.

1. Aufbau einer nationalen Arbeitsgruppe Patientensicherheit im Strahlenschutz

Das BAG hat Stakeholder aus verschiedenen Fachbereichen und allen Sprachregionen zur Gründung und Mitarbeit in einer interdisziplinären und interprofessionellen Arbeitsgruppe zur Patientensicherheit im Strahlenschutz eingeladen. Die konstituierende Sitzung fand am 8.12.2021 statt. Die erste Aufgabe dieser Arbeitsgruppe betrifft die Praxis bei der Verwendung von Patientenschutzmitteln («Bleischürzen») in der Schweiz. Die Schweizerische Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik SGSMP sowie die Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz KSR empfehlen, keine Patientenschutzmittel («Bleischürzen») in der medizinischen Bildgebung mehr zu verwenden. Solche Patientenschutzmittel führen zu vernachlässigbaren Dosisreduktionen, sind mit Risiken durch die Falschpositionierung behaftet und können unhygienisch sein. Es gibt effektivere Methoden, um Patientinnen und Patienten zu schützen, wie zum Beispiel die exakte Patientenpositionierung, die Einblendung des Strahlenfeldes, die automatische Expositionskontrolle, die Röhrenstrommodulation und die iterative Bildrekonstruktion.

Die Praxis bei der Anwendung von Patientenschutzmitteln in der Röntgendiagnostik hat sich stark weiterentwickelt. So werden heute nur noch in Ausnahmefällen Schutzmittel empfohlen. Als Reaktion auf die Veränderungen hat das BAG die Wegleitung R-09-02 über Schutzmittel vom Netz genommen, da diese nicht mehr dem aktuellen Wissensstand entsprach. Ein Teil der medizinischen Betriebe verzichtet bereits vollständig auf den Einsatz von Patientenschutzmitteln, was zu einer heterogenen Situation in der Schweiz führt. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, eine nationale Empfehlung zur Anwendung dieser Patientenschutzmittel zu erarbeiten und einen landesweiten Konsens des Medizinpersonals zu erreichen. Das BAG wird seinen Webauftritt mit einer Seite zur Patientensicherheit im Strahlenschutz ergänzen. Für Patientinnen und Patienten werden dort unter anderem auch Informationen zum Verzicht auf Patientenschutzmittel bereitgestellt.

Ebenso soll ein gemeinsames Kommunikationskonzept erarbeitet werden: Damit sollen das medizinische Personal, Ärztinnen und Ärzte, Zahnärztinnen und Zahnärzte, die Bildungsinstitutionen für medizinische Fachpersonen, die Anbieter von Strahlenschutzausbildungen im Bereich der Medizin, Patientinnen und Patienten sowie die Bevölkerung zielgruppengerecht und angemessen über die Neuerungen informiert werden.

2. Fortlaufende Implementierung von Prozessverbesserungen bei «Medizinischen Strahlenereignissen» («Radiovigilance»)

Mit dem Inkrafttreten der totalrevidierten Verordnungen im Strahlenschutz im Jahr 2018 wurden die Vorschriften für den Umgang mit medizinischen Strahlenereignissen, von denen per definitionem nur Patientinnen und Patienten betroffen sein können, erweitert. Betriebe mit Bewilligungen (Spitäler und Institute) müssen seitdem Buchführungs- und Meldepflichten nachkommen. Sie müssen alle Strahlenereignisse regelmässig in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe analysieren, geeignete Verbesserungsmassnahmen ableiten und diese umsetzen.

Die Meldepflicht hat dazu geführt, dass die Bewilligungsinhaberinnen und Bewilligungsinhaber von Jahr zu Jahr mehr medizinische Strahlenereignisse gemeldet haben, nämlich 103 Meldungen im Jahr 2022, gegenüber 88 im Jahr 2021, 87 im Jahr 2020 und 33 im Jahr 2019. Ein beträchtlicher Teil dieser zusätzlichen Meldungen betraf Patientenverwechslungen bei Untersuchungen im Hochdosisbereich oder in der Radioonkologie (d. h. die falsche Person wurde mit ionisierender Strahlung untersucht oder bestrahlt), die von 14 Meldungen im Jahr 2019 auf 34 Meldungen im Jahr 2022 angestiegen sind.

Im Rahmen der Aufsichtstätigkeit vor Ort informieren die Inspektorinnen und Inspektoren des BAG die Strahlenschutz-Sachverständigen in den Betrieben fortlaufend über die korrekte Auslegung und praktische Umsetzung der Vorschriften. Der Fokus liegt darauf, systemische Lösungen und Prozessoptimierungen zu implementieren, die nicht nur in den Fachabteilungen, sondern institutionsweit Verbesserungen erzielen. Im Sommer 2022 hat das BAG die Wegleitung «Medizinisches Strahlenereignis – Definition und Pflichten» veröffentlicht. Am 12.9.2022, dem ersten Tag der Aktionswoche zum Welttag der Patientensicherheit, hat das BAG einen nationalen Strahlenschutztag zum Thema «Medizinische Strahlenereignisse und Patientensicherheit» veranstaltet (vgl. nächster Artikel).

Auch 2023 bleibt das Thema dank des fünften globalen Ministertreffens zur Patientensicherheit aktuell, der im Februar in Montreux stattfindet (vgl. www.pss2023.ch). Das Motto des Gipfels – «Less harm, better care – from resolution to implementation» – fasst die schweizerischen Massnahmen im Strahlenschutz zur Verbesserung der Patientensicherheit perfekt zusammen (d. h. die Prävention unerwünschter Ereignisse oder Schäden durch Gesundheitsversorgungsmassnahmen).

Strahlenschutztag zu «Medizinische Strahlenereignisse und Patientensicherheit»

Der 5. Nationale Strahlenschutztag in der Medizin am 12. September 2022 stand unter dem Thema «Medizinische Strahlenereignisse und Patientensicherheit» (vgl. Abb. 1). Zielgruppe waren Fachärztinnen und -ärzte für Radiologie, Radioonkologie und Nuklearmedizin, Medizinphysikerinnen und -physiker, Radiologiefachpersonen und Mitarbeitende aus den Bereichen Qualitäts- und Risikomanagement. Er wurde als «Call for Action» für Patientensicherheit und Strahlenschutz veranstaltet.

Im ersten Teil standen die Themen Patientensicherheit, Just Culture, Sicherheitskultur und Ethik auf dem Programm. Der zweite Teil war Berichten über praktische Aspekte im Umgang mit medizinischen Strahlenereignissen gewidmet.

PET-CT-Einrichtungen in allen nuklearmedizinischen Instituten inspiziert

Zwischen 2019 und 2021 inspizierte das BAG die Anlagen für die Positronen-Emissionstomographie gekoppelt mit einem CT-Scanner (PET-CT) in allen nuklearmedizinischen Instituten (vgl. Abb. 2). Im Vordergrund standen die Qualitätssicherung an den Aufnahmegeräten (PET, CT, Aktivimeter), der bauliche Strahlenschutz, der Strahlenschutz des Personals, der Strahlenschutz an Patientinnen und Patienten. Die Anzahl der PET-CT-Geräte hat sich rasant entwickelt:

Innert 20 Jahren ist deren Anzahl von 2 auf 45 gestiegen. Der technologische Fortschritt hat es erlaubt, die applizierten Dosen an Patientinnen und Patienten zu reduzieren. Der heutige diagnostische Referenzwert für F-18 FDG (Fluordesoxiglukose) liegt mit 3.5 MBq/kg Körpergewicht um 30 % tiefer als noch vor einigen Jahren. Betriebe mit der neuesten Gerätegeneration können gar auf 2 MBq/kg reduzieren. Dies ist für alle betroffenen Personen vorteilhaft, da ihre Exposition entsprechend geringer ist. Die Ganzkörperdosen des Personals waren dank gut umgesetzter Strahlenschutzpraktiken in der Regel zulässig. Der Median lag bei rund 1,8 mSv jährlich, drei von vier lagen unterhalb von 2,3 mSv und das Maximum lag im Erhebungszeitraum bei 8,4 mSv pro Jahr. Es gab jedoch einige Institute, bei denen einige Mitarbeitende Extremitätendosen aufwiesen, die nahe an der Jahresgrenze von 500 mSv lagen. Hier zeigte sich, wie vorteilhaft Applikationsautomaten sind, die den Radiologiefachpersonen die radioaktive Substanz aus der Hand nehmen und diese automatisch applizieren. Diese Automaten sind weit verbreitet, aber noch nicht überall vorhanden und leider noch nicht für alle PET-Tracer möglich. Fazit: Der Strahlenschutz ist grundsätzlich gut, Optimierungen sind jedoch noch möglich. Der vollständige Bericht wird im Frühling 2023 veröffentlicht.



Abb. 1
Am 5. Nationalen Strahlenschutztag in der Medizin standen «Medizinische Strahlenereignisse und Patientensicherheit» im Zentrum.



Abb. 2
Eine von 45 PET-CT-Einrichtungen in einem nuklearmedizinischen Institut, die das BAG im Rahmen eines Aufsichtsschwerpunkts inspiziert hat.

Neue Wegleitung zu Qualitätsprüfungen an Cone-Beam-Computertomographiesystemen

Wie in vielen anderen Ländern hat auch in der Schweiz die Zahl der Cone-Beam-Computertomographiesysteme (CBCT-Systeme) für die 3D-Bildgebung in den letzten Jahren zugenommen. Beschränkte sich der Einsatz der CBCT-Technologie anfangs überwiegend auf Anwendungen in der Zahnmedizin, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und HNO-Heilkunde, so hat er sich mittlerweile auf Bereiche wie die Neurochirurgie, Orthopädie und Traumatologie ausgeweitet. Neben den unterschiedlichen Einsatzbereichen der CBCT-Systeme weisen die verschiedenen Systemtypen auch erhebliche technische Unterschiede auf. Für Systeme mit Anwendung im Operations- und Notfallbereich existierten bisher keine einheitlichen Richtlinien zur Qualitätssicherung. Das BAG hat deshalb zusammen mit dem Institut de radiophysique des CHUV in Lausanne sowie den Herstellerfirmen Mindestanforderungen für die Qualitätssicherung an CBCT-Systemen definiert, die nun in einer Wegleitung «Qualitätsprüfungen an Cone-Beam-Computertomographiesystemen und 2D-Fluoroskopiesystemen mit 3D-Funktionalität» zusammengefasst und publiziert wurden, vgl. www.bag.admin.ch/str-wegleitungen.

Evaluation der Strahlenschutzorganisation in Ärztenetzwerken

Im Rahmen eines administrativen Aufsichtsprojekts lancierte das Bundesamt für Gesundheit (BAG) 2021 eine Online-Umfrage zur Evaluation der aktuellen Strahlenschutzsituation in Ärztenetzwerken. Folgende Themen mit Bezug zur Umsetzung von Strahlenschutz-Anforderungen standen im Fokus:

- Netzwerk: Organisation und Administration
- Medizinische Rechtfertigung / Indikation
- Optimierung: angewandter / operationeller Strahlenschutz
- Ausbildung / Fortbildung im Strahlenschutz

Das BAG wollte so Erkenntnisse gewinnen, wie die Netzwerkorganisationen die Umsetzung gesetzlich verankerter Strahlenschutzmassnahmen kommunizieren und koordinieren. Zudem sollte durch die Erhebung auch eine Sensibilisierung der Zielgruppen in Fragen des Strahlen-

schutzes erreicht werden. 17 (81 %) der insgesamt 21 angeschriebenen Gruppen und Netzwerke beantworteten den Fragebogen vollständig.

Zusammenfassend lassen sich aus den Ergebnissen einige Verbesserungspotentiale erkennen: Dazu gehören etwa der Einsatz von Qualitätsbeauftragten, die Berücksichtigung ärztlicher Entscheidungshilfen und der Einsatz von Zuweisungsrichtlinien, die Anwendung des Konzeptes der Diagnostischen Referenzwerte (DRW) sowie die Koordination von Fort- und Weiterbildungen. Das BAG hat den vollständigen Schlussbericht 2022 auf der Webseite publiziert: [Aufsichtsschwerpunkte Strahlenschutz: Schlussberichte \(admin.ch\)](http://www.bag.admin.ch/aufsichtsschwerpunkte-strahlenschutz-schlussberichte)

Überwachung strahlenexponierter Personen

2022 waren in der Schweiz total ca. 106 580 Personen beruflich strahlenexponiert. Etwa zwei Drittel davon arbeiten in der Medizin. Rund 7340 Personen waren durch ihre Tätigkeit an Bord von Flugzeugen beruflich strahlenexponiert.

Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit untersucht das BAG in den Bereichen Medizin und Forschung alle Ganzkörper- und Augenlinsendosen über 2 mSv im Monat, sowie alle Extremitätendosen über 50 mSv. Die meisten erhöhten Werte gab es im Berichtsjahr bei der Augenlinsendosis von Personen, die mit Durchleuchtungsgeräten arbeiteten. Dies betraf hauptsächlich Eingriffe in der Kardiologie und interventionellen Radiologie. Zwei Personen haben dabei den Jahresgrenzwert für die Augenlinsendosis von 20 mSv überschritten (vgl. Kapitel Radiologische Ereignisse, Seite 24). Die betroffenen Spitäler mussten eine Untersuchung zu den Grenzwertüberschreitungen durchführen und dem BAG Optimierungen beim Strahlenschutz aufzeigen.

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).

Neues Onlineportal im Strahlenschutz steht kurz vor der externen Einführung

Die Digitalisierung sämtlicher Vollzugsprozesse im Zusammenhang mit der Strahlenschutzgesetzgebung ist Teil unserer Prioritäten. Im 1. Quartal 2023 wird es soweit sein, das neue Onlineportal Radiation Portal Switzerland (RPS) wird bei den externen Betrieben eingeführt. Sie werden ab diesem Zeitpunkt sämtliche Transaktionen für Gesuche, Meldungen oder Bewilligungen direkt im Portal vornehmen können.

Das Radiation Portal Switzerland (RPS) ist ein effizientes Tool für das Management von aktuell knapp 26 000 Bewilligungen für den Umgang mit ionisierenden Strahlen von rund 10 000 Bewilligungsinhaber/-innen. Dazu wird in RPS eine Datenbank mit rund 25 000 Strahlenschutz-Sachverständigen geführt.

Seit der internen Einführung im März 2021 wurde RPS kontinuierlich optimiert und mit wertvollen neuen Funktionen weiterentwickelt, um den Anforderungen der bevorstehenden externen Einführung bei Kundinnen und Kunden gerecht zu werden. Schwerpunkte wie zentrales Management, Benutzerfreundlichkeit, Anmeldeprozess, interaktive Erfassung und Einreichung von Gesuchen, Bewilligungen und Meldungen verwalten sowie Informationen jederzeit, von überall und einfach online abzurufen, standen im Fokus. Die wertvollen Rückmeldungen aus dem Pilottest, der im September 2022 mit externen Stakeholdern durchgeführt wurde, zeigten, dass das Produkt breit akzeptiert und mit gezielten Anpassungen für den geplanten Go-live bereit ist.

Weitere Informationen zum Onlineportal RPS finden Sie auf unserer Webseite: www.bag.admin.ch/str-rps.

Aus- und Fortbildung im Strahlenschutz

Personen, die Strahlenschutzaufgaben gegenüber anderen Personen wahrnehmen, müssen eine entsprechende Ausbildung und – neu seit 1. Januar 2018 – eine Fortbildung im Strahlenschutz nachweisen. Für die Strahlenschutzausbildungen und -fortbildungen in Medizin, Industrie und Forschung ist das BAG die Anerkennungsbehörde. Das BAG hat im Berichtsjahr rund 200 Gesuche um Anerkennung ausländischer Ausbildungen im Strahlenschutz und acht Gesuche für neue oder revidierte Aus- und Fortbildungen geprüft.

Standortbestimmung der Ausbildungen im Strahlenschutz

Im Bereich Strahlenschutz ist die Übersicht über die erforderlichen Ausbildungen in den letzten Jahren zunehmend komplexer geworden. Um die Notwendigkeit einer Anpassung der bestehenden Ausbildungen zu ermitteln, wurde eine Standortbestimmung bei Absolventinnen und Absolventen der Ausbildungen in den Bereichen Human-, Zahn- und Veterinärmedizin durchgeführt. Die ersten Auswertungen der Studie zeigen deutlich, dass derzeit kein dringender Handlungsbedarf besteht. Detailliertere Ergebnisse der Studie werden im Laufe des Jahres 2023 veröffentlicht.

Strahlenschutz am CERN

Die Europäische Organisation für Kernforschung (CERN) hat den Status einer internationalen Organisation. Das CERN ist jedoch bestrebt, 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

In der Regel absolvieren die ASN und das BAG jedes Jahr mehrere gemeinsame Besuche im CERN. Im Nachgang zu diesen Besuchen werden Empfehlungen und Beobachtungen zu möglichen Verbesserungen ans CERN gerichtet. 2022 war ein gemeinsamer Besuch der Überwachung des Personals von externen Unternehmen, die im CERN gewisse Tätigkeiten ausführen, gewidmet. Ziel des Besuchs war, die Organisation und die Verfahren des CERN zur Gewährleistung der Sicherheit und/oder des Strahlenschutzes dieser Personen zu überprüfen. Die von ASN und BAG anschliessend verlangten Korrekturmassnahmen betrafen hauptsächlich die Formalisierung und die Rückverfolgbarkeit der entsprechenden Massnahmen. Ein weiterer Besuch befasste sich mit der RWTCS-Anlage (*Radioactive waste treatment center and storage*, Zentrum zur Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle). Die radioaktiven Abfälle aus den Tätigkeiten des CERN werden in dieser Anlage gesammelt und behandelt, bevor sie über die bestehenden nationalen Entsorgungswege in der Schweiz oder in Frankreich entsorgt werden. In den letzten Jahren wurden an der RWTCS-Anlage zahlreiche Arbeiten durchgeführt, vor allem im Bereich der Anlagebelüftung und des Brandrisikomanagements. Die Anlage kann zugelassen werden, sobald die Empfehlungen der Schweizer und der französischen Behörden umgesetzt sind.

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, deren Entsorgung sehr aufwändig ist. Andererseits können so grosse Mengen von Metall rezykliert werden. 2022 setzte das CERN die laufenden Freigabekampagnen fort und startete gleichzeitig zwei neue Kampagnen. Bei der einen

werden alte Brückenkräne freigegeben, die in verschiedenen Beschleunigertunneln und Experimentierzonen im Einsatz waren. Bei der anderen wird ein neuer Freigabebeweg für leicht brennbares Material eingeführt, das in zahlreichen kontrollierten Zonen des CERN verwendet wird (Handschuhe, Schutzmasken, Schutzanzüge, Papier, Karton usw.). Das BAG prüft und genehmigt für jeden Abfalltyp das Verfahren der radiologischen Charakterisierung des freizugebenden Materials und erteilt anschliessend seine Zustimmung zur Entsorgung (Rezyklierung oder Verbrennung) für jede Abfallcharge einzeln und basierend auf den vom CERN durchgeführten Messungen.

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 Protonenbeschleuniger HIPA mit den dazugehörigen Strahllinien und Experimenten, den für die Protonentherapie eingesetzten medizinischen Protonenbeschleuniger COMET, den Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL, die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS, die Neutronenquellen SINQ und UCN oder die Myonenquelle μS . Die Beschleunigeranlagen und Forschungslabore 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 2022 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 bot dem BAG Gelegenheit, zwei Inspektionsbesuche durchzuführen. Eine Inspektion der Reparaturarbeiten an der Strahllinie zur Experimentierareal $\pi E5$ wurde durchgeführt. Dann wurde kurz vor der Wiederinbetriebnahme der Anlage eine Inspektion durchgeführt, um die PSI-Tests in Bezug auf die Personensicherheitssysteme, d. h. die Systeme zur Kontrolle des Zugangs von Personen zu überwachen oder kontrollierten Bereichen zu überprüfen. Das BAG konnte sich von den guten Strahlenschutzpraktiken des PSI und der hervorragenden Planung und den angemessenen Optimierungen der Verfahren überzeugen.

Inspektion des Isotopenlabors (WILA)

Während einer Inspektion des Isotopenlabors konnte das BAG bei der Produktion der Radionuklide Ga-68 anwesend sein. Dieses Nuklid wird zu medizinischen Forschungszwecken hergestellt. Die Arbeitsabläufe bei der Vorbereitung, der Bestrahlung und der mechanischen Nachbearbeitung des Targets sowie der chemischen Trennung der gewünschten Radionuklide aus dem Target-Material konnten inspiziert werden. Das BAG stellte fest, dass die grosse Erfahrung der Mitarbeitenden des PSI einen reibungslosen und risikominimierenden Betrieb des Isotopenlabors gewährleistet. Dennoch konnte das BAG einige Verbesserungspotentiale aufdecken, damit das PSI einige Aspekte des Strahlenschutzes optimieren kann.

Rückbau der Bunker des ehemaligen Injektor 1

Injektor 1 war eines der ältesten Zyklotrone, die ursprünglich im Protonenbeschleuniger für Forschung am PSI verwendet wurden. Nach seiner Ausserbetriebnahme wurde es abgebaut und für eine Wiederverwendung nach China exportiert. Der Bunker, in dem Injektor 1 betrieben wurde und dessen Betonstruktur leicht aktiviert war, wurde nach mehr als zehn Jahren Abklingzeit im Jahr 2022 abgerissen. Die beim Abriss anfallenden Betonblöcke wurden radiologisch analysiert. Ein Grossteil konnte freigemessen und als konventioneller Abfall deponiert werden. Der Rest des Betons, der leicht über der Befreiungsgrenze aktiviert war, wurde mit Zustimmung und unter Aufsicht des BAG auf einer Sonderdeponie abgelagert. Das BAG wird im Rahmen des Probenahme- und Messprogramms die Einhaltung der zulässigen effektiven Dosis in der Umgebung dieser Sonderdeponie gewährleisten.

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 Kampagnen zur Sammlung dieser Abfälle, die anschliessend behandelt und im Bundeszwischenlager (BZL) in Würenlingen im Kanton Aargau gelagert werden. Für die Zukunft ist eine Endlagerung der gesamten radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern vorgesehen. Die Auswahl der Standorte für die Lager ist eine langwierige und komplexe Aufgabe. Die Inbetriebnahme des Lagers für Abfälle mit schwacher bis mittlerer Aktivität, zu denen der Grossteil der Abfälle des Bundes gehört, ist im Jahr 2050 vorgesehen.

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

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, die unter dem Titel Entsorgung radioaktiver Abfälle (admin.ch) verfügbar ist. Das BAG prüft bei den nur wenigen Anfragen pro Jahr, ob eine solche Ablagerung gerechtfertigt ist und ob die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten werden. Es erteilt seine Zustimmung, wenn alle Anforderungen erfüllt sind.

Die Wiederverwendung oder Rezyklierung geschlossener Strahlenquellen erweist sich als sinnvolle Alternative zur Entsorgung als radioaktiver Abfall. Dies betrifft insbesondere Strahlenquellen mit Americium-241, Krypton-85, Caesium-137 oder auch Cobalt-60. Im Rahmen des Aktionsplans Radiss (Seite 21) wurden in den letzten Jahren zahlreiche Quellen hoher Aktivität durch alternative Technologien ersetzt, zum Beispiel Röntgengeräte. Die entsprechenden Strahlenquellen wurden zu spezialisierten Unternehmen ins Ausland transportiert, wo sie für eine Wiederverwendung aufbereitet werden.

Sammelaktion für radioaktive Abfälle

Im Rahmen der Sammelaktion 2022 haben 38 Unternehmen radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von $1,11 \times 10^{15}$ Becquerel (hauptsächlich Tritium H-3) und einem Bruttovolumen von insgesamt $4,83 \text{ m}^3$ abgegeben.

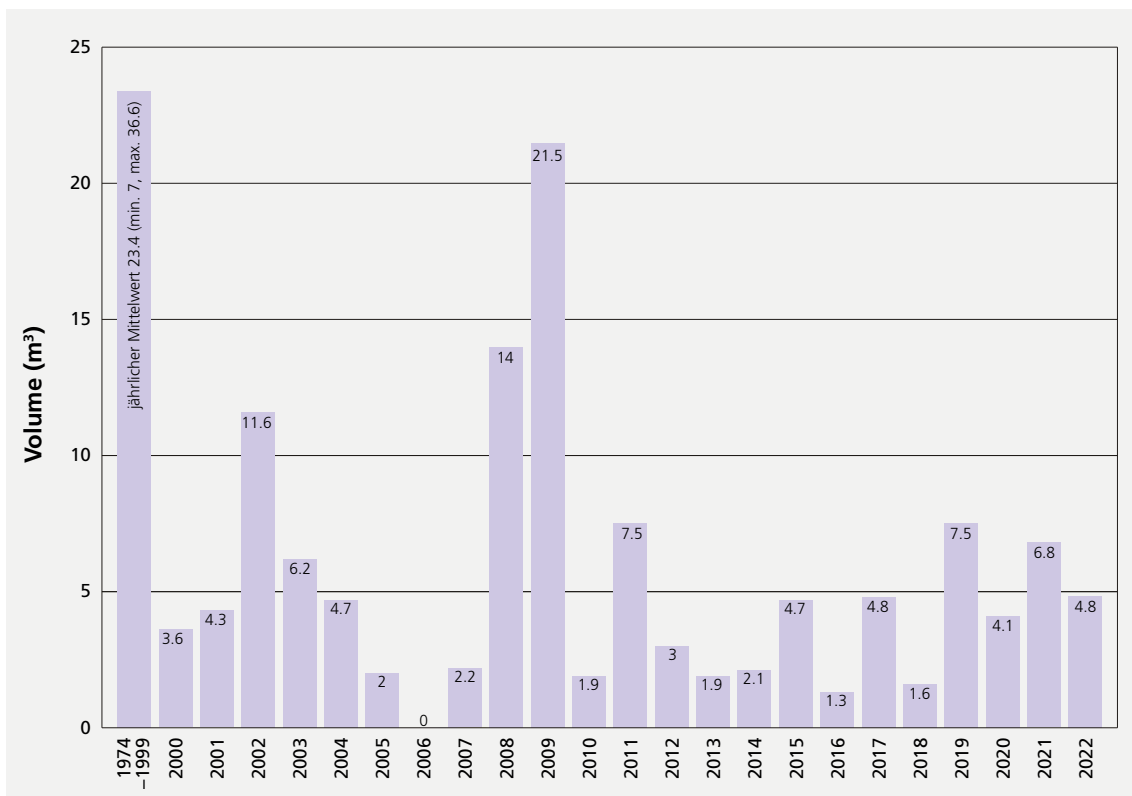


Abb. 3
Entwicklung des Abfallvolumens, das während der vergangenen vierzig Jahre vom Bund gesammelt und dem Bundeszwischenlager (BZL) zugeführt wurde.

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 1000 solche Verstöße mit einem Strafbescheid und einer Busse geahndet. Ein weiterer Verstoss betrifft Röntgenanlagen, die ohne Bewilligung installiert und betrieben werden. 2022 verstiesen 4 Röntgenfirmen sowie 14 medizinische Betriebe gegen diese Pflicht. Weitere Übertretungen betrafen den Transport von radioaktivem Material ins Ausland oder Urkundenfälschung.

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 sind 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 Schutz vor Gefahren durch nichtionisierende Strahlung und Schall (V-NISSG) ist in Abb. 4 aufgeführt, ebenso die Anzahl der beschlagnahmten Laserpointer. Für 2022 ist ein deutlicher Anstieg an beschlagnahmten Geräten festzustellen, der sich auf Verfahrensoptimierungen seitens BAZG zurückführen lässt.

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

Abb. 4
Jährliche Anzahl Verstöße und beschlagnahmte Laserpointer zwischen 01.06.2019 und 31.12.2022

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. Der Aktionsplan hat ausserdem zum Ziel, die Zusammenarbeit zwischen den Bundesstellen zu verstärken.

Der Aktionsplan Radiss zielt auf einen umfassenden Schutz von Menschen und der Umwelt vor radioaktiven Materialien. Sind radioaktive Materialien nicht oder nicht mehr unter regulatorischer Kontrolle, können sie grossen Schaden verursachen. Aus diesem Grund dürfen sie weder durch Missbrauch noch durch Fahrlässigkeit ausser Kontrolle geraten. Gefährliche Quellen müssen vor Missbrauch und Sabotage geschützt und radioaktive Altlasten oder illegal entsorgte oder gehandelte Materialien rechtzeitig aus dem Verkehr gezogen werden.

Der Aktionsplan Radiss umfasst verschiedene Massnahmen in folgenden drei Aktionsfeldern: Prävention, Detektion und Intervention. Einige Massnahmen sind mit der Umsetzung der Strahlenschutzverordnung (StSV) verknüpft, hier sind die Aufsichtsbehörden direkt involviert. Zusätzlich wurde in jedem Aktionsfeld eine Arbeitsgruppe gebildet: In diesen arbeiten mehrere Bundesstellen aus den Bereichen Strahlenschutz, nationale Sicherheit, Strafverfolgung und Nachrichtendienst gemeinsam an den Zielen des Aktionsplans. Damit legen sie das Fundament für eine effiziente und engere Zusammenarbeit im Bereich der radiologischen Sicherung und Sicherheit in der Schweiz.

Stand Aktionsfeld 1: Prävention

Die Aufsichtsbehörden BAG und Suva haben 2022 begonnen, in den Betrieben die Massnahmen zu kontrollieren, die für die Sicherung hoch radioaktiver geschlossener Quellen umgesetzt wurden. Dabei stellten sie fest, dass die Quellen inzwischen viel besser vor externen und unbefugten Zugriffen geschützt sind als noch vor einigen Jahren. Bis 2019 hatte das BAG in einer vertraulichen Richtlinie Sicherheitsmassnahmen ausgearbeitet, um sich an den internationalen Standard anzupassen. Die Arbeitsgruppe «Prävention» aktualisierte und präziserte diese Richtlinie 2022 auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungen, bevor sie den Bewilligungsinhaberinnen und Bewilligungsinhabern zur Verfügung gestellt wurde. Zudem wurden weitere hoch radioaktive Quellen entsorgt, die heutzutage durch alternative Technologien, etwa Röntgengeräte oder Linearbeschleuniger, gleichwertig ersetzt werden können. Bestes Beispiel dafür ist der Ersatz von Blutbestrahlungsgeräten mit Cäsium-137 durch leistungsstarke Röntgengeräte.

Das BAG hat zudem einen Prozess entwickelt, um die Rechtfertigung hoch radioaktiver Quellen bei Neugesuchen für Bewilligungen zu prüfen. Damit soll sichergestellt werden, dass nur hoch radioaktive Quellen bewilligt werden, wenn es keine gleichwertige alternative Technologie gibt. Bei Unsicherheiten bezüglich Gleichwertigkeit der zur Verfügung stehenden alternativen Technologie ist vorgesehen, nationale und internationale Experten in einen Review-Prozess zum Prüfen der Rechtfertigung einzubeziehen. Gestützt auf diese Expertise wird das BAG als Bewilligungsbehörde letztendlich über die Rechtfertigung entscheiden.

Stand Aktionsfeld 2: Detektion

Die Arbeitsgruppe «Detektion» hat überprüft, wann bei der Einfuhr von Waren und bei der Einreise von Personen eine verstärkte Kontrolle auf herrenloses, radioaktives Material erforderlich ist. Die Arbeitsgruppe besteht aus Vertretern und Vertreterinnen aller betroffenen Bundesstellen. Für die Überprüfung wurden Erkenntnisse aus den bereits laufenden Schwerpunktkontrollen an der Schweizer Grenze, aus Messresultaten in Paketzentren und im Strassenverkehr berücksichtigt. Diese Messungen haben gezeigt, dass in regelmässigen Abständen Pakete mit leicht erhöhter Strahlung in die Schweiz transportiert werden (z. B. Ionenschmuck, Uhren mit Radiumleuchtfarbe, radioaktive Altlasten). Gelegentlich sind zudem Fahrzeuge, die radioaktive Stoffe transportieren, auf Schweizer Strassen unterwegs, die nicht als entsprechende Gefahrguttransporte deklariert wurden. Um künftig illegale Importe zu vermeiden, wird der Aktionsplan Radiss die Überprüfung von Waren auf herrenloses radioaktives Material verstärken. Weiter sollen die Behörden durch Radiss auf Situationen mit einer erhöhten Gefährdung vorbereitet werden. Dazu zählen auch mögliche radiologische Ereignisse ausserhalb der Schweiz, die zu einem Import radioaktiv kontaminierter Güter führen könnten. Aufgrund der aktuellen Kriegshandlungen in der Ukraine mit einer damit einhergehenden Bedrohung durch ein nukleares Ereignis muss die Schweiz gewappnet sein, eine kurzfristige, optimale Überprüfung von Waren aus betroffenen Gebieten einzurichten.

Gegen 140 Betriebe aus dem Bereich Verwertung und Recycling, insbesondere Metallschrottbetriebe und Kehrrechtverbrennungsanlagen, haben mittlerweile Messportale installiert, mit denen sie sämtliches Material auf Radioaktivität überprüfen. 2022 wurden über 100 Funde gemeldet (vgl. Radiologische Ereignisse, Seite 24), im Schnitt also etwas mehr als zwei pro Woche. In den allermeisten Fällen handelt es sich dabei aber nicht um illegal entsorgtes Material, sondern um Abfälle von regulär nach Hause entlassenen Patientinnen und Patienten, die eine nuklearmedizinische Behandlung durchlaufen haben. Dennoch tauchten in rund 20 % der Fälle auch Quellen industrieller oder privater Herkunft auf. Sie stammten hauptsächlich aus Altlasten mit Radium-226 (Uhren oder Flugzeuginstrumente, Überspannungsableiter).

Stand Aktionsfeld 3: Intervention

Die Arbeitsgruppe «Intervention» umfasst mehrere Bundesstellen: BAG, Suva, Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, Nationale Alarmzentrale NAZ, Nachrichtendienst des Bundes NDB, Labor Spiez, Bundesamt für Polizei fedpol, Bundesanwaltschaft BA, Bundesamt für Energie BFE, KompZen ABC-Kamir. In dieser Arbeitsgruppe wurden die Zuständigkeiten zu verschiedenen Störfallszenarien definiert (Fund oder Verlust einer Quelle, Diebstahl, illegaler Besitz/Handel, Missbrauch). Insbesondere, wenn es sich um potentiell illegale Tätigkeiten handeln könnte, schalten die Aufsichtsbehörden die Strafermittlungsbehörden ein. Die dazugehörigen Ablaufdiagramme wurden in der Arbeitsgruppe verabschiedet. Sie werden in einer Wegleitung beschrieben werden, die anschliessend auch den kantonalen Einsatzkräften (Polizei, Feuerwehr) zur Verfügung gestellt wird.



Abb. 5
Weil bei Messungen in Paketzentren regelmässig Pakete mit erhöhter Dosisleistung auftauchen, hat das BAG eine spezifische Messeinrichtung bestellt, die über einem Förderband installiert werden kann. Damit können Pakete mit radioaktivem Inhalt direkt identifiziert werden. Dieses Messgerät wird in diversen Paketzentren und bei Kurierdiensten zum Einsatz kommen.



Abb. 6
Das BAG führt regelmässig Schwerpunktkontrollen an Zollstellen oder Schwerkverkehrszentren durch. Dabei wird dieses weisse Messportal eingesetzt, das beidseitig der Strasse aufgestellt wird und vorbeifahrende Fahrzeuge auf Radioaktivität überprüft.

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 Lesson-learnt-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.

2022 gab es 236 Ereignisse, wovon 103 medizinische Ereignisse betrafen (2021: 215, wovon 87 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 im vorliegenden Kapitel. Einige Ereignisse von besonderem Interesse werden zusätzlich in Kurzberichten dargestellt.

Radiologische Ereignisse 2022

(Medizinische Strahlenereignisse, vgl. S. 29)

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

(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

In der Kategorie A «Umwelt, Betriebe und Bevölkerung» gingen 2022 vier Meldungen ein (vgl. Abb. 7). In zwei Fällen handelte es sich um ungewollte Abgaben über die Abluft von Zyklotronen, bei denen der entsprechende zulässige Grenzwert allerdings nicht überschritten wurde. Die beiden anderen Fälle betrafen Probleme an Auffangtanks in der Nuklearmedizin. In einem Fall wurde bei einem Auffangtank ein Leck entdeckt, das eine vorübergehende, aber folgenlose Kontamination des Raums, in dem die Tanks gelagert werden, verursachte. Im anderen Fall führte ein Problem mit dem Ventilsystem zu einer ungewollten vorzeitigen Abgabe von kontaminiertem Abwasser, wodurch der Betrieb seine bewilligte wöchentliche Abgabegrenze überschritt. Allerdings konnte eine Überschreitung des Immissionsgrenzwerts für öffentlich zugängliche Gewässer beim Eintritt in die Kläranlage ausgeschlossen werden.

2022 wurden in der Kategorie B «Radiologische Altlasten, herrenlose Quellen, Quellenverluste» 120 Fälle gemeldet, gegenüber 111 Fällen im Jahr 2021. 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 2022 gemeldeten Ereignissen betrafen 81 die in der Nuklearmedi-

zin verwendeten kurzlebigen Radionuklide (2021: 63 Fälle). Die radioaktiven Stoffe, die Patientinnen und Patienten bei einer nuklearmedizinischen Untersuchung oder Behandlung injiziert werden, werden wieder ausgeschieden und können über die Hygieneartikel in Haushaltabfälle gelangen. Dadurch können anschliessend in Verbrennungsanlagen Alarme ausgelöst werden. Solche Fälle bergen aber keine Risiken für die Bevölkerung oder das Personal.

Die Zahl der Funde von radiologischen Altlasten (insbesondere Radium-226) in konventionellen Abfällen ist relativ stabil (2022: 21 Fälle; 2021: 26 Fälle), ebenso die Zahl der Funde von natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien (NORM; 2022: 10 Fälle, 2021: 13 Fälle). Unter den 2022 gemeldeten Ereignissen war der Verlust einer Strahlenquelle an einer Universität, die in der Zwischenzeit wieder gefunden wurde. In einem anderen Fall wurde die Aktivität einer Strahlenquelle, die einem ausländischen Betrieb weiterverkauft wurde, falsch eingeschätzt, sodass der Betrieb bei der Entgegennahme der Quelle über keine ausreichende Bewilligung verfügte. Zwei weitere Ereignisse betrafen den Fund von nicht gemeldetem radioaktivem Material in einem Betrieb, der Konkurs gegangen ist, und die unbewilligte Aufbewahrung von radioaktiven Mineralien an einer Universität.

In zwei weiteren Fällen löste der Fallout von Tschernobyl in Abfallwirtschaftsbetrieben Alarm aus. Im einen Fall handelte es sich um ein Geotextil, im anderen um Asche einer Heizanlage, die fast vierzig Jahre nach der Ablagerung noch nachweisbare Konzentrationen von Caesium-137 enthielten; diese Abfälle konnten jedoch konventionell entsorgt werden. Bei einem weiteren, noch nicht aufgeklärten, Fall ging es um den Fund von Caesium-137 in Baustützen.

Die letzten zwei Fälle schliesslich betrafen anormale Tritiumwerte. Im einen Fall wurde bei einer Überwachungsmessung des Rauchgaswaschwassers einer Kehrlichtverbrennungsanlage eine illegale Entsorgung von hohen Tritiumaktivitäten entdeckt (siehe auch [Radiologische Ereignisse \(admin.ch\)](#) und Seite 28 dieses Berichts). Im andern Fall wiesen Messungen im Abwasser einer Kläranlage erstaunlich

hohe Tritiumwerte nach. Die Analyse zeigte jedoch, dass dieser Fall auf eine bewilligte Abgabe zurückging und die gemessenen Werte die gesetzlichen Grenzwerte nicht überschritten.

Vier Ereignisse wurden 2022 in die Kategorie der Ereignisse mit Dosen für beruflich strahlenexponiertes Personal (Kategorie C) eingeteilt. Ein Fall betraf einen Techniker, der bei der Inbetriebnahme eines Beschleunigers einer höheren Strahlung ausgesetzt war als erwartet. Die resultierende Dosis für diese Person lag jedoch deutlich unter dem Grenzwert der effektiven Dosis von 20 mSv pro Jahr. In einem anderen Fall registrierte das elektronische Dosimeter eines Technikers im Bereich der Gammagrafie während einer Materialkontrolle an Schweissnähten innert kurzer Zeit eine hohe Dosis. Bei der Abklärung stellte sich heraus, dass der Techniker sein Dosimeter versehentlich in der Nähe der Quelle liegengelassen hatte, selber aber nicht exponiert war.

Im Berichtsjahr wurden zwei Überschreitungen des Jahrgrenzwerts für die Augenlinsendosis festgestellt. Eine Ärztin akkumuliert regelmäßig erhöhte Monatsdosen in der Gastroenterologie, was trotz vorzeitiger Dosiswarnungen zu einer Grenzwertüberschreitung führte. Im zweiten Fall wird ein versehentliches und unbemerktes Blockieren des Pedals der Durchleuchtungsanlage als wahrscheinlichste Ursache vermutet. Die Abklärungen sind jedoch noch nicht abgeschlossen. Betroffen war eine Pflegefachperson in der interventionellen

Kardiologie. Mittels verschiedener Strahlenschutzmassnahmen müssen die betroffenen Spitäler nun die monatlich akkumulierten Dosen reduzieren und sicherstellen, dass ein versehentliches Auslösen der Anlage verhindert wird. Das BAG begleitet diese Massnahmen.

Zu drei Vorfällen kam es beim Transport (Kategorie D). Zwei Fälle betrafen die Rücksendung von Versandstücken als leere Verpackung, die aber noch Radiopharmaka-Fläschchen enthielten. Selbst wenn die Fläschchen keine Aktivität mehr enthielten, schreibt das Verfahren vor, dass alle Fläschchen vor der Rückgabe entfernt werden. Im dritten Fall wurde ein Transport mit einer angesichts seiner Klassifizierung zu hohen Dosisleistung durchgeführt; eigentlich hätte er «unter ausschliesslicher Verwendung» gemäss ADR erfolgen sollen.

Zwei Fälle schliesslich wurden in die Kategorie E «Andere» eingeteilt. Der eine betraf einen Unterbruch der Verbindung des Überwachungssystems eines Zyklotrons zu den Kontrollbildschirmen während mehrerer Tage. Die Sicherheitsmechanismen funktionierten indessen während der ganzen Dauer des Verbindungsunterbruchs weiter, sodass der Zyklotron sicher betrieben werden konnte. Beim zweiten Fall blieb ein LKW-Fahrer infolge eines Kommunikationsproblems in der Kabine sitzen, während der Lastwagen am Zoll mit dem Röntgenscanner kontrolliert wurde. Die Dosisabschätzung zeigte aber, dass die erhaltene Dosis weit unter dem Grenzwert für die Bevölkerung von 1 mSv pro Jahr lag.

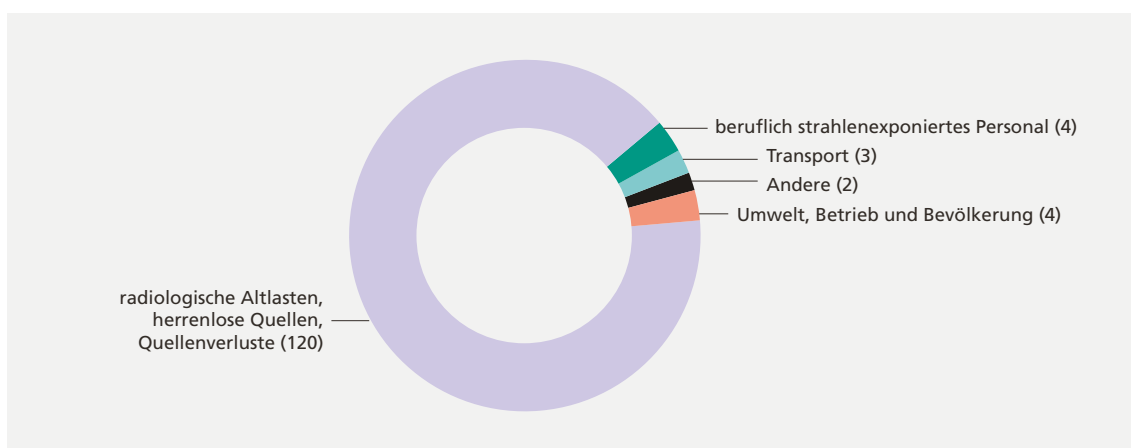


Abb. 7
Verteilung der 133 gemeldeten radiologischen Ereignisse im Jahr 2022, aufgeschlüsselt nach Kategorien, ohne Ereignisse mit Patientinnen und Patienten (medizinische Strahlereignisse)

Von den 2022 gemeldeten Ereignissen wurden vier Ereignisse auf Stufe 1 der INES-Skala eingestuft. Dabei handelt es sich um die beiden Überschreitungen des Grenzwerts für die Augenlinsendosis, die Überschreitung des bewilligten wöchentlichen Abgabewerts für I-131 in einem Krankenhaus und die illegale Entsorgung von Tritium in einer KVA. Die übrigen Ereignisse wurden auf Stufe 0 der Skala eingestuft. 19 Fälle, die mehrheitlich Quellenfunde betreffen, wurden an die ITDB-Datenbank (Incident & Trafficking Database) der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) gemeldet.

Beschreibung radiologischer Ereignisse von besonderem Interesse

Messung der Radioaktivität in den Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

Seit 2018 sind die KVA verpflichtet, die angenommenen Abfälle vor der Verbrennung auf Radioaktivität zu kontrollieren. Zu diesem Zweck überprüfen insgesamt rund dreissig Messportale fortlaufend die angelieferten Abfälle. Wie schon 2021 gingen die an diesen Messportalen ausgelösten Alarme auch 2022 hauptsächlich auf die in der Nuklearmedizin verwendeten Radionuklide zurück. Solche Abfälle gelangen via Patientinnen und Patienten, die nach einer nuklearmedizinischen Diagnose oder Therapie aus der Hospitalisation entlassen wurden, in den Kehricht. Die nachstehende Abbildung 8 zeigt die erfassten Alarmarten. 2022 wurden 93 Alarme in KVA

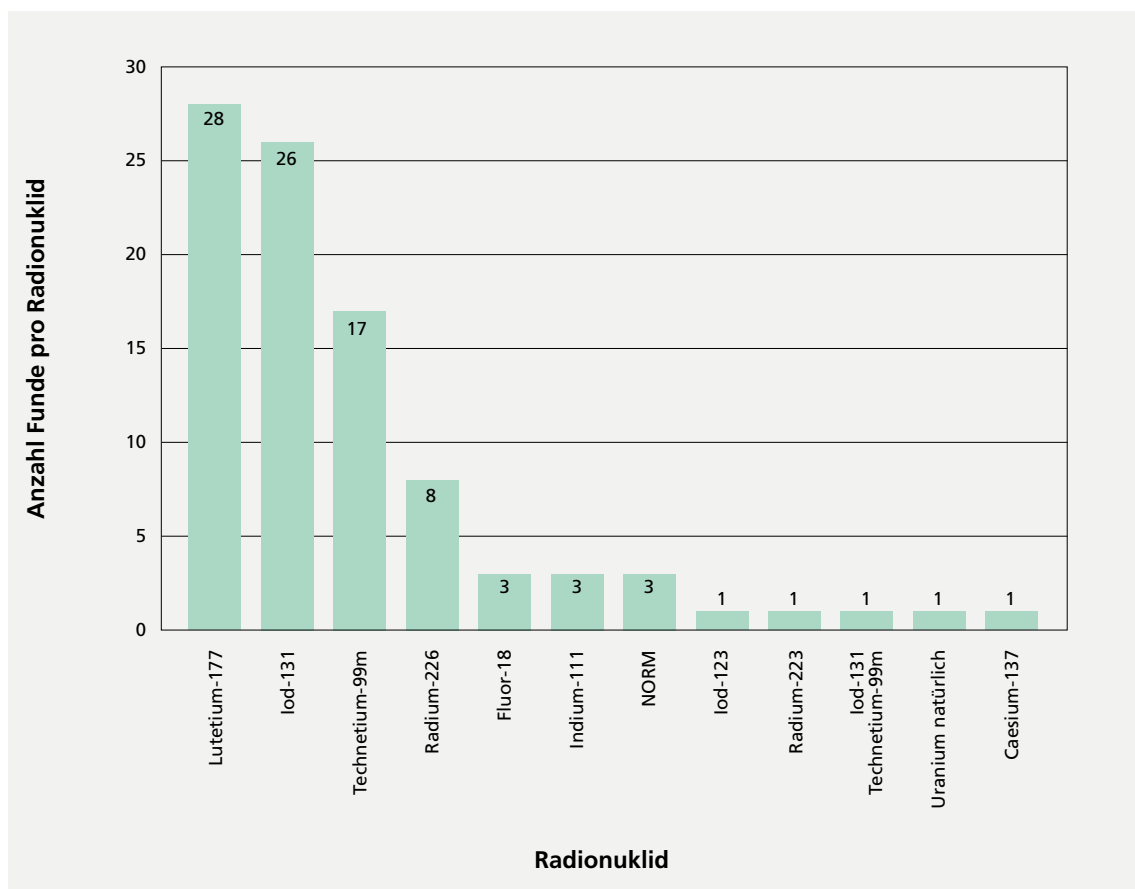


Abb. 8

Verteilung der aufgefundenen und identifizierten Radionuklide in den Kehrichtverbrennungsanlagen. Am häufigsten werden die zu medizinisch-therapeutischen Zwecken verwendeten Radionuklide Iod-131 und Lutetium-177 detektiert, gefolgt von den diagnostisch genutzten Radionukliden Technetium-99m oder Fluor-18 und Indium-111 (diverse Medizin). Radium-226 stammt aus radioaktiven Altlasten (z. B. Radiumleuchtfarbe) und ist das am häufigsten detektierte Radionuklid aus nicht medizinischen Anwendungen. Weitere Funde erfolgten durch natürliches, radioaktives Material (NORM) und andere Nuklide, die zu industriellen Zwecken verwendet wurden.

registriert, davon 80 aufgrund von Funden medizinischer Herkunft.

Das Personal der KVA ist entsprechend ausgebildet und befugt, solche Alarme bis zu einem gewissen Gefährlichkeitsgrad zu bewältigen. Nach einer Einführungsphase, während derer die Verfahren implementiert wurden und das BAG die KVA im Alarmfall stark unterstützte, wickeln die Betriebe solche Fälle mittlerweile fast routinemässig ab. Im Folgenden werden einige typische Beispiele von Alarmen und die ergriffenen Massnahmen erläutert.

Der häufigste Fall betrifft nach wie vor Funde von Radionukliden medizinischer Herkunft. Nach nuklearmedizinischen Untersuchungen und vor allem Therapien können die Ausscheidungen der Patientinnen und Patienten noch während Stunden oder Tagen radioaktiv sein. Hygieneartikel, die während dieser Zeit im Kehrriech entsorgt werden, lösen an den Messportalen der KVA Alarm aus. Wenn das Radionuklid eindeutig identifiziert werden kann und eine konservative Schätzung der vorhandenen Aktivität es zulässt, werden solche Abfälle direkt, ohne vorgängige Sortierung, mit Zustimmung des BAG verbrannt. Damit werden die Risiken für das Personal möglichst gering gehalten. Viele KVA haben daher Messinstrumente angeschafft, mit denen sie Radionuklide identifizieren und so selbst beurteilen können, ob die Abfälle verbrannt werden dürfen.

Die restlichen Fälle betreffen mehrheitlich radiologische Altlasten (radium-226-haltige historische Gegenstände und Uhrenmaterialien), bei denen eine Verbrennung grundsätzlich nicht möglich ist. Die Lastwagen oder Mulden müssen folglich durchsucht werden, damit radioaktives Material erkannt und sichergestellt werden kann. Das Vorgehen variiert je nach KVA: In einigen Kantonen übernehmen die Feuerwehren diese Aufgabe, in anderen die KVA selbst oder es wird ein Spezialdienst aufgeboden. Meistens besteht die Aufgabe darin, in einem mit mehreren Tonnen an Abfällen gefüllten Lastwagen einen Gegenstand von der Grösse einer Uhr zu finden. Inzwischen haben fast alle KVA entsprechende Erfahrungen gesammelt und können diese Fälle selbstständig und sicher abwickeln.

Erhöhte Tritiummesswerte im Rauchgaswaschwasser der Kehrriechverbrennungsanlage Hagenholz (ZH)

Das BAG hat eine ungewöhnlich hohe Tritiumkonzentration von rund 130 kBq/l in einer zwischen 12. Januar und 9. Februar 2022 entnommenen Rauchgaswaschwasserprobe der Kehrriechverbrennungsanlage Hagenholz (ZH) gemessen. Dies bedeutet, dass in dieser Zeit ein oder mehrere Objekte, die erhebliche Mengen an Tritium enthielten, verbrannt wurden.

Unter bestimmten Bedingungen darf tritiumhaltiger Abfall in der Schweiz verbrannt werden, sofern eine Zustimmung des BAG vorliegt. Im betreffenden Fall hat der Abfalllieferant jedoch weder einen entsprechenden Antrag beim BAG gestellt, noch den Betreiber der KVA über mögliches Tritium im angelieferten Abfall informiert.

Die aufgrund dieser Messwerte abgeschätzte Tritium-Gesamtaktivität, die der Verbrennung zugeführt wurde, lag bei ca. 370 GBq, was die Bewilligungsgrenze für Tritiumoxid (0,3 GBq) um mehr als das Tausendfache überschreitet. Dies stellt einen Verstoss gegen die StSV dar. Die Messungen des BAG in der Umwelt ergaben keine signifikante Erhöhung der Tritiumkonzentration. Eine unmittelbare Gefahr für die Bevölkerung bestand durch das Ereignis also nicht. Dennoch wurde eine Untersuchung durch das Bundesamt für Polizei fedpol veranlasst, um die Verantwortlichen für die illegale Entsorgung ausfindig zu machen. Die Untersuchung wurde schliesslich eingestellt, da es sich als unmöglich herausstellte, die Verantwortlichen eindeutig zu eruieren. Da die KVA Abfälle aus der ganzen Schweiz und auch aus den Nachbarländern verbrennen, ist es zwangsläufig schwierig, die Herkunft der Abfälle zu ermitteln.

Unbeabsichtigte Abgabe von radioaktivem Iod an das Abwasser eines Spitals

Die Therapie mit radioaktivem Iod (Iod-131) unterliegt der Strahlenschutzgesetzgebung. Das heisst einerseits, dass sich die hospitalisierten Patientinnen und Patienten in speziell eingerichteten Zimmern aufhalten müssen, und andererseits, dass die dabei entstehenden Abwässer nicht direkt in die Kanalisation abgegeben werden dürfen. Die Abwässer müssen zurückgehalten und solange gelagert werden, bis

die Aktivität des Iod-131 unter die für das Spital bewilligte Abgabelimite abgeklungen ist.

Zwischen März und April 2022 entleerte ein Spital nacheinander zwei Auffangtanks mit Iod-131-haltigen Abwässern, nachdem diese unter die für das Spital bewilligte Abgabelimite abgeklungen waren. Nach der Abgabe im April bemerkten die zuständigen Personen, dass ein dritter Auffangtank, dessen Inhalt noch über der Abgabelimite lag, gleichzeitig mit den beiden ersten Tanks partiell geleert worden war, weil ein Ventil an diesem dritten Tank fälschlicherweise nicht ganz geschlossen war. Die Aktivität gemäss der bewilligten wöchentlichen Abgabelimite wurde dadurch deutlich überschritten.

Dank der starken Verdünnung der Spitalabwässer bis zum Eintritt in die Kläranlage konnte jedoch festgehalten werden, dass der Immissionsgrenzwert für öffentlich zugängliche Gewässer eingehalten war. Die radiologischen Folgen für die Bevölkerung und die Umwelt sind daher vernachlässigbar. Das Spital hat in der Zwischenzeit zusätzliche systematische Kontrollen eingerichtet, um solche Zwischenfälle künftig zu verhindern.

Medizinische Strahlenereignisse 2022

2022 waren in 103 Fällen der gemeldeten Ereignisse Patientinnen und Patienten betroffen, man spricht von medizinischen Strahlenereignissen (Abb. 9 und Abb. 10). Die meisten Ereignisse wurden aus der Radiologie gemeldet (65 Fälle). 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 (33 Ereignisse, davon 13 bei der Zuweisung und 20 bei der Durchführung der CT-Untersuchung), Auswahl eines falschen Untersuchungsprotokolls (zwei Mal bei der Planung, 16 Ereignisse bei der Durchführung), ungewollte Wiederholung einer Untersuchung (7 Ereignisse). In vier Fällen wurde das falsche Organ untersucht. Bei einer CT-Untersuchung wurde der Untersuchungsbereich grösser als der medizinischen Fragestellung angemessen gewählt.

Drei Mal erfuhr das Personal erst nach Durchführung der Untersuchung vom Vorliegen der Schwangerschaft bei der Patientin (bei einer CT-Untersuchung, einer konventionellen Röntgenaufnahme und an einer Durchleuchtungsanlage im Operationssaal). Wegen lebensbedrohlichen Komplikationen kam es bei einem interventionellen Eingriff am Herzen an einer Durchleuchtungsuntersuchung zu einer hohen Haut- und effektiven Dosis.

Auch in der Nuklearmedizin (25 Ereignisse) wurden drei Protokollverwechslungen, eine Patientenverwechslung und in neun Fällen eine ungewollte Wiederholung einer Untersuchung gemeldet. Sieben Mal wurde aus unterschiedlichen Gründen ein falsches Radiopharmazeutikum appliziert. Einmal wurde eine Sentinel-Lymphknoten-Untersuchung an der falschen Körperseite durchgeführt. Eine Untersuchung wurde wegen Klaustrophobie nach Injektion des Radiopharmazeutikums verweigert. Es gab eine Extravasation und zweimal konnten die Untersuchungen wegen technischer Defekte am Gerät nicht durchgeführt werden.

In der Radioonkologie (elf Ereignisse) kam es zu sieben Fehlbestrahlungen mit unterschiedlich schweren Folgen. Auslöser dafür waren Fehlpositionierungen (vier Fälle) am Linearbeschleuniger auf Grund von Problemen bei der Bildfusion (zwei Fälle), das unbemerkte Ausschalten der Bildgebung oder die fehlerhafte Dokumentation der Positionierung. Drei Mal führten Fehler in der Therapieplanung zu den Ereignissen. Vier Mal musste das Planungs-CT wiederholt werden.

Die Schweiz orientiert sich bei der Beurteilung medizinischer Strahlenereignisse an einem Vorschlag der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO), der zum jetzigen Zeitpunkt lediglich zur probeweisen, freiwilligen Anwendung vorgesehen ist. Bis auf zwei sind alle medizinischen Ereignisse aus dem Jahr 2022 auf dem Level 0 dieser INES Medical Rating Skala (INES M) einzustufen. Ausnahme ist die oben erwähnte Durchleuchtungsuntersuchung, während der lebensbedrohliche Komplikationen zu einer langen Expositionszeit geführt haben. Sie wurde in Level 1 eingeteilt, da eine Schädigung der Haut erwartet werden kann. Eine Fehlbestrahlung, bei der 10 Fraktionen lang mit einer zu hohen Einzeldosis bestrahlt wurde,

wird von der Klinik mit Level 3 beurteilt: Akute Nebenwirkungen und chronische Spätfolgen können nicht ausgeschlossen werden (Details unter medizinische Strahlenereignisse von besonderem Interesse, S. 31).

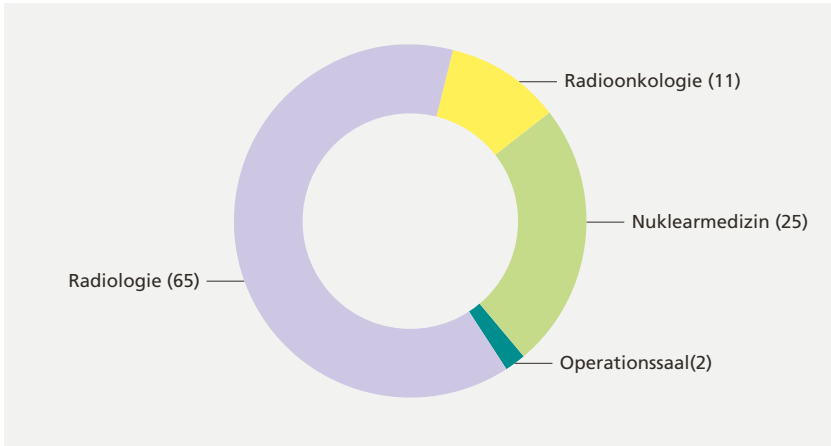


Abb. 9
103 medizinische Strahlenereignisse 2022, Verteilung nach medizinischer Spezialisierung (Radiologie, Radioonkologie, Nuklearmedizin, Operationssaal)

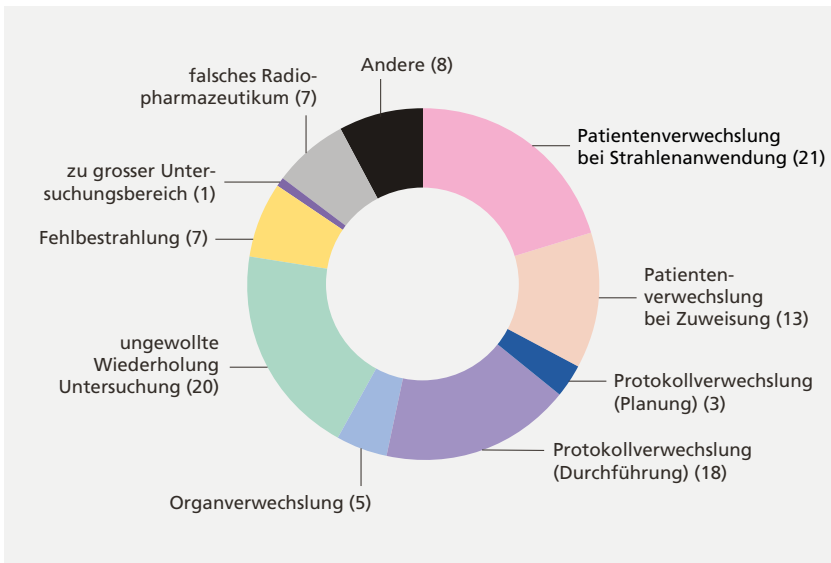


Abb. 10
103 medizinische Strahlenereignisse, bei denen Patientinnen und Patienten betroffen waren, aufgeschlüsselt nach Art der Ereignisse

Medizinische Strahlenereignisse von besonderem Interesse

Fehlbestrahlung Level INES 3

Für einen Patienten wurde die Indikation für eine kombinierte Radio- und Chemotherapie gestellt. Weil eine abgestufte Dosierung erreicht werden musste, wurde ein komplexes Bestrahlungskonzept angewendet. Dabei werden in einem einzigen Bestrahlungsplan verschiedene Zielvolumina, die unterschiedliche Strahlendosen erhalten müssen, berechnet. Es besteht eine Planungsvorlage, die als Grundlage dient und auf den jeweiligen Patienten individuell zugeschnitten wird.

Das Behandlungskonzept umfasst zwei Phasen. Üblicherweise wird die verordnete Gesamtdosis von 70 Gy in 35 Fraktionen aufgeteilt. Nach ca. 10–12 Bestrahlungen wird ein Kontroll-CT angefertigt. Wenn keine wesentliche Abweichung vom ursprünglichen Planungs-CT festzustellen ist, wird die erstellte Bestrahlungsplanung für alle 35 Bestrahlungen verwendet. Werden ein Rückgang des Tumors oder andere anatomische Besonderheiten festgestellt, wird für die zweite Phase ein neuer Bestrahlungsplan erstellt, um eine optimale Dosisverteilung auf den Tumor zu erreichen.

Die Dosisberechnung und -darstellung wird beim ersten Plan so eingestellt, dass man die festgelegte Gesamtdosis aller 35 Bestrahlungen darstellt. So kann besser beurteilt werden, welche Organe eine relativ hohe Dosis erhalten werden und wie die Dosisverteilung im Tumorgewebe sein wird. Zunächst werden aber nur 15 Bestrahlungssitzungen elektronisch freigegeben.

Im vorliegenden Fall wurde ein bestehender Plan als Vorlage gewählt, bei dem die Gesamtdosis mit der für den Patienten verordneten Dosis übereinstimmte. Es waren 15 (statt 35) Bestrahlungssitzungen hinterlegt; diese Angabe wurde jedoch im Rahmen der individuellen Planung nicht geändert.

Der Bestrahlungsplan wurde in den übrigen Punkten auf die individuellen Gegebenheiten des Patienten angepasst. Bei der Prüfung zur Plangenehmigung wurde die verschriebene Gesamtdosis kontrolliert. Ausserdem wurde der Plan an einem 3D-Phantom angewendet, um die Übereinstimmung zwischen berechneter

und angewandeter Dosis zu überprüfen. Hier ergaben sich keine Abweichungen. Deshalb wurde der Bestrahlungsplan von Arzt und Physiker zur Anwendung am Patienten freigegeben.

Nach 10 Bestrahlungssitzungen wurde ein Kontroll-CT angefertigt und beschlossen, für die zweite Phase einen abgewandelten Bestrahlungsplan anzuwenden. Erst bei der Erstellung dieses Plans fiel der Fehler im ersten Plan – die Gesamtdosis war auf 15 statt 35 Fraktionen verteilt – auf. Der Patient hatte damit täglich statt einer einfachen (normalen) eine etwa 2.35-fache Dosis erhalten, d.h. 4,7 Gy statt der vorgesehenen 2 Gy. Die Bestrahlungsserie wurde sofort pausiert und die zeitlich unmittelbare Reaktion des Gewebes auf die bisherige Behandlung beobachtet.

In der Folge mussten die Radio- und Chemotherapie wegen der Wirkung der bereits angewendeten, zu hoch dosierten Radiotherapie stark gekürzt werden. Wegen einer zunehmenden Gewebereaktion auf die Bestrahlungen wurde auf die Fortsetzung der Radiotherapie im weiteren Verlauf ganz verzichtet. Neben den eingetretenen Wirkungen der Bestrahlung muss der Patient mit einem höheren Risiko für Spätfolgen der Radiotherapie rechnen. Er wird deshalb engmaschig überwacht, um gegebenenfalls schnell eine entsprechende Behandlung einleiten zu können.

Klinik-Informationssysteme: Die Herausforderungen der Digitalisierung

Im Gesundheitsbereich werden Termine für Untersuchungen heutzutage in der Regel elektronisch vergeben und verwaltet. Dazu werden in den Radiologie-Abteilungen so genannte Klinik-Informationssysteme (KIS) oder Radiologie-Informationssysteme (RIS) verwendet. Leider führt auch die Benutzung dieser Systeme zu ungewollten medizinischen Strahlenereignissen.

Zwei Mitarbeitende eines Spitals haben etwa für einen Patienten die benötigte Untersuchung fast gleichzeitig erfasst. Dies führte zur Vergabe von zwei Terminen an unterschiedlichen Tagen, die beide wahrgenommen wurden. Somit erfolgte für den betroffenen Patienten eine ungewollte Wiederholung seiner CT-Untersuchung.

Bei einem anderen Fall erhielt ein Patient eine CT-Untersuchung, die eigentlich gar nicht für ihn gedacht war. Bei der Erfassung von Untersuchungen springt das System beim Schliessen einer Patientenakte automatisch zur nächsten geöffneten Akte. Der verschreibende Arzt hatte unbemerkt die Akte geschlossen und das CT für einen anderen Patienten verschrieben. Auch führt ein bekanntes technisches Problem dazu, das unter gewissen Umständen nicht der aktuell geöffnete Patient geladen wird, sondern ein vorheriger Patient. Auch dies führte zu einer falschen Untersuchung im Jahr 2022.

Zudem führten auch die Ablenkungen des Klinikalltags zu mehreren Fehlverschreibungen, wie etwa der Auswahl eines falschen Patienten oder eines falschen Untersuchungsprotokolls. Auch die Übertragung von Papierverschreibungen in das Informationssystem ist eine Fehlerquelle. Ebenso kam es vor, dass Untersuchungen doppelt verschrieben wurden oder Untersuchungen nur mündlich storniert wurden, ohne diese auch im System zu löschen.

Insgesamt können bei 18 medizinischen Ereignissen Fehler im Zusammenhang mit dem Informationssystem als Ursache identifiziert werden. Auch ein noch so gutes digitales System kann nicht alle Fehler, die von den beteiligten Menschen gemacht werden, abfangen oder gar verhindern. Deshalb ist es wichtig, nach dem Aufdecken von Ereignissen alle Beteiligten zu sensibilisieren. Dazu gehört auch, dass in hektischen Situationen nicht von den vorgegebenen Prozessen abgewichen wird und eine korrekte Patientenidentifikation stets Vorrang hat. Allenfalls können auch die bestehenden Abläufe noch verbessert werden. Fehlerquellen, die durch die Funktionalität der Systeme entstehen, müssen den Informatikabteilungen zur Verbesserung gemeldet werden.

Verwechslung von radioaktiven Arzneimitteln beim Transport

Nuklearmedizinische Institute erhalten fast täglich die für die geplanten Untersuchungen benötigten radioaktiven Arzneimittel von ihren Lieferanten aus dem In- und Ausland. Einige Produkte in Form von Mehrdosenbehältnissen, aus denen die für eine Untersuchung erforderliche Menge direkt entnommen wird,

werden aufgrund der Kurzlebigkeit der Radionuklide am selben Tag hergestellt und geliefert.

An einem Tag im August sollten von einem Transporteur zwei Transportbehälter, die dasselbe Radionuklid (Fluorid-18), aber unterschiedliche Radiodiagnostika enthielten, an zwei verschiedene Institute geliefert werden. Einer enthielt F-18-PSMA, der andere F-18-FDG. Durch einen Irrtum des Fahrers wurden die beiden Lieferungen bei der Übergabe vertauscht. Die Transport- und Produktbehälter als auch die Transportpapiere waren jedoch jeweils korrekt adressiert. Die Verwechslung wurde trotz der korrekten Beschriftung in beiden Instituten nicht bemerkt. So erhielten vier Patienten in einem Institut und zwei Patienten in dem anderen eine Injektion des falschen Radiodiagnostikums, bevor der Fehler bei der Auswertung der diagnostischen Bilder aufgrund der atypischen Verteilung im Körper erkannt wurde. Der Lieferant und das andere Institut wurden umgehend informiert.

Bei allen sechs Patienten mussten die Untersuchungen mit dem korrekten Radiodiagnostikum wiederholt werden. Die zusätzliche Strahlungsexposition (effektive Dosis) liegt bei etwa 15 mSv für jeden Patienten.

Nach diesem Vorfall wurden in beiden Instituten organisatorische Massnahmen eingeführt, um eine solche Verwechslung in Zukunft sicherer zu verhindern. Darüber hinaus hat der Lieferant eine auffälligere Kennzeichnung mit extra grosser Schriftgrösse und einem Farbcode eingeführt.

Das Ereignis wird, neben dieser Erwähnung im Jahresbericht, allen nuklearmedizinischen Instituten in einem Informationsschreiben direkt kommuniziert werden, um die Sinnhaftigkeit für eine eigenständige Produktverifikation motivierend in Erinnerung zu rufen und so zur Fehlervermeidung beizutragen.

IAEA-Konferenz in Genf: Strahlenschutz am Arbeitsplatz

Die BAG-Direktorin Anne Lévy eröffnete als Präsidentin die dritte Konferenz der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA) zum Strahlenschutz am Arbeitsplatz in Genf. Über 700 Delegierte aus 105 Mitgliedstaaten und 17 internationalen Organisationen diskutierten vom 5.–9. September 2022, welche Verbesserungen in den letzten 20 Jahren erzielt wurden und wie Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer noch effizienter vor ionisierender Strahlung geschützt werden können. Die Resultate der Konferenz mündeten in einen Call-for-action-Plan.

Weltweit sind etwa 24 Millionen Arbeitskräfte aufgrund künstlicher und natürlicher Strahlenquellen beruflich strahlenexponiert, davon arbeiten etwa neun Millionen Personen in der Medizin. Die weltweite durchschnittliche jährliche effektive Dosis für alle Arbeitskräfte wurde auf 1,2 mSv geschätzt. Dies geht aus der neuen UNSCEAR-Publikation zur Exposition von Arbeitnehmenden hervor, deren Ergebnisse an der Konferenz in Genf vorgestellt wurden. Der hohe Anteil in der Medizin rührt daher, dass medizinische Verfahren mit ionisierender Strahlung in den letzten Jahren stark zugenommen haben. In der interventionellen

Radiologie und Kardiologie etwa kommt es zu hohen Dosen für die Augenlinsen. Hier fokussiert man stark auf die Optimierung, um ein «vertretbares» Risikoniveau zu erreichen. Das Personal muss zudem gezielt geschult und die Exposition engmaschig überwacht werden.

Auch bei Arbeitnehmenden in Industriezweigen, die mit natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen (NORM) umgehen bzw. an radon-exponierten Arbeitsplätzen arbeiten oder kosmischer Strahlung ausgesetzt sind, strebt man einen besseren Schutz an.



Abb. 11
Die interventionelle Radiologie für diagnostische und therapeutische Behandlungsverfahren ist ein Beispiel, wie Strahlung in der Medizin täglich genutzt wird. Weltweit sind deshalb etwa neun Millionen medizinische Fachkräfte beruflich strahlenexponiert.

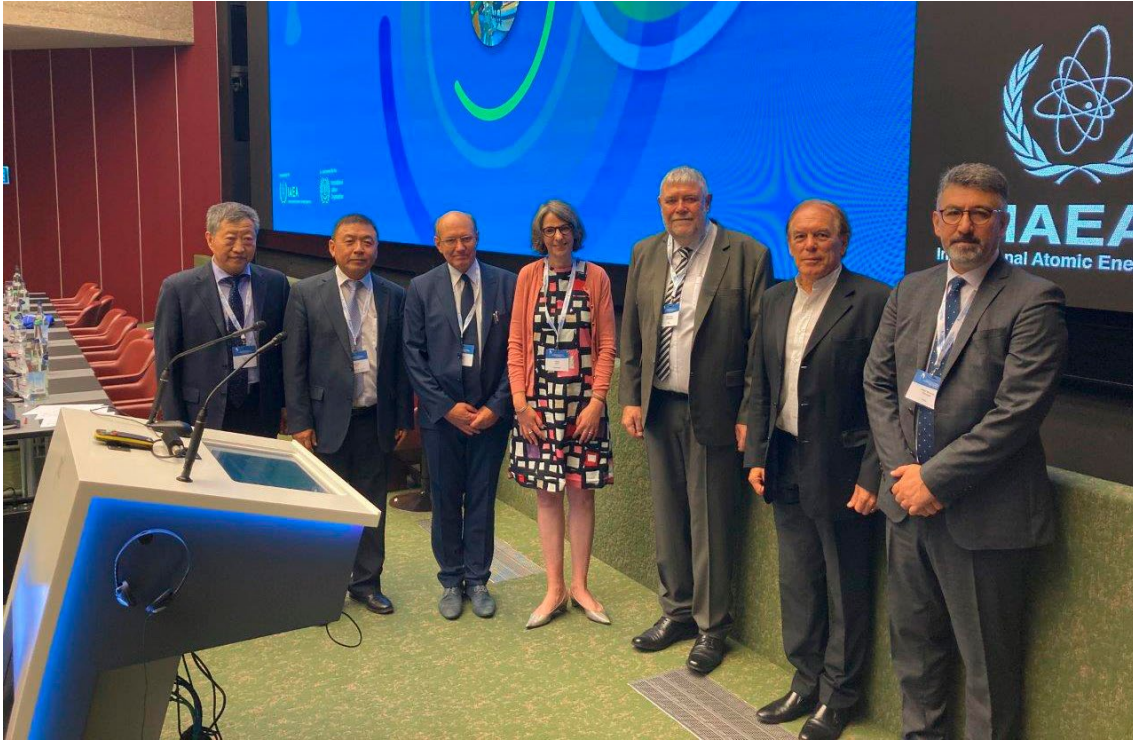


Abb. 12

BAG-Direktorin Anne Lévy eröffnete als Präsidentin die dritte Konferenz der IAEA zu Strahlenschutz am Arbeitsplatz, v.l.n.r.: Jizeng Ma (IAEA), Shengli Niu (ILO), Miroslav Pinak (IAEA), Anne Lévy (BAG), Peter Johnston (IAEA), Vic van Vuuren (ILO), Burcin Okyar (IAEA)

Die dritte Konferenz zum Strahlenschutz am Arbeitsplatz wurde von der Schweizer Regierung ausgerichtet, von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) organisiert und von der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) in Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen unterstützt. Das BAG hat dabei massgeblich für die Organisation vor Ort gesorgt. Bereits die erste Konferenz im Jahr 2002 fand in Genf statt und auch damals hat das BAG mitorganisiert.

Die Empfehlungen und Schlussfolgerungen dieser ersten Konferenz führten zu einem internationalen Aktionsplan, der die Bemühungen zur Verbesserung des Strahlenschutzes am Arbeitsplatz weltweit und auch in der Schweiz verstärkte. Es zeigte sich an der diesjährigen Konferenz, dass die Anwendung

des Sicherheitsrahmens für den Schutz der Arbeitnehmenden vor ionisierender Strahlung spürbar Wirkung zeigt: «Die in den vergangenen zwei Jahrzehnten gewonnen Erkenntnisse waren sehr wertvoll und haben zu einem Sicherheitsrahmen zum Schutz von Arbeitnehmenden im Bereich der ionisierenden Strahlung geführt», hielt BAG-Direktorin Anne Lévy bei der Begrüssung fest. Diese Aussage wurde auch durch die Begrüssungen der Direktionen der beiden anderen Schweizer Strahlenschutzbehörden, dem ENSI und der Suva, gestärkt. Die Förderung der Gesundheit am Arbeitsplatz durch ein gesundes Arbeitsumfeld ist auch eines der Ziele der gesundheitspolitischen Strategie 2030 der Schweizer Regierung.

Die Arbeit geht indes weiter, weil weltweit immer mehr Arbeitnehmende Strahlung

ausgesetzt sind, nicht nur wie eingangs erwähnt in der Medizin, aber auch, weil immer mehr Länder auf Kernkraftwerke setzten, wie IAEA-Generaldirektor Rafael Grossi in seinem Referat festhielt. Im Vordergrund standen an der Konferenz denn auch Fragen nach den neuen Herausforderungen bei der Anwendung von Strahlung mit aktuellen Techniken in der Medizin, den Herausforderungen auf technischer Ebene durch neue Dosimeter-Technologien, aber auch die Herausforderungen durch die Entwicklung moderner Typen von Kernreaktoren oder die Stilllegung veralteter Kernkraftwerke. Mehrere Themen sind von wachsendem Interesse, insbesondere die berufliche Exposition gegenüber natürlichen Strahlungsquellen, d. h. NORM, kosmische Strahlung oder Radon.

Weitere Massnahmen zur Verbesserung des Arbeitnehmerschutzes

Einig war man sich, dass man künftig die Managementebene betroffener Betriebe stärker in die Sicherheitskultur einbinden möchte. In der Schweiz sind über 100 000 Personen beruflich strahlenexponiert. Dies entspricht rund zwei Prozent der arbeitenden Bevölkerung, die zuverlässig vor ionisierender Strahlung geschützt werden muss. Diese Zahl ist in den letzten 20 Jahren um fast 60 % gestiegen, während die Strahlenbelastung der gesamten Bevölkerung relativ stabil geblieben ist.

O-Ton von BAG-Teilnehmenden:

«Mir ist wieder einmal bewusst geworden, dass das Prinzip der Optimierung, bzw. ALARA, der Eckpfeiler im Strahlenschutz ist, um berufliche Expositionen weltweit in den Griff zu bekommen», so das Fazit von Sébastien Baechler, Leiter der BAG-Abteilung Strahlenschutz. «Die Einhaltung der Dosisgrenzwerte reicht nicht aus, um eine akzeptable Exposition der Arbeitskräfte und ein adäquates Schutzniveau zu gewährleisten. Dies ist nur der Fall, wenn die Exposition optimiert wurde. Dieses Vorgehen steht in engem Zusammenhang mit der Notwendigkeit, eine Strahlenschutzkultur zu schaffen.»

Evelyn Stempfeli, Leiterin der BAG-Sektion Nichtionisierende Strahlung und Dosimetrie: «Mir hat diese Konferenz gezeigt, wie unterschiedlich der berufliche Strahlenschutz weltweit gelebt und implementiert ist und wie wichtig die Rolle von internationalen Organisationen wie der IAEA und der ILO ist, den aktuellen Stand des Wissens mit einer solchen Konferenz an die Verantwortlichen in den einzelnen Ländern zu vermitteln.»

Weitere Informationen zur Konferenz:

[International Conference on Occupational Radiation Protection – Twenty Years After | IAEA](#)

Während in der Schweiz und Europa vor allem der Schutz vor künstlicher Strahlung im Vordergrund steht, sieht dies etwa in afrikanischen Ländern ganz anders aus. Dort sind vor allem Arbeiter in Minen der Strahlung durch Radon und andere natürliche radioaktive Stoffe ausgesetzt. Auch in China sind rund 4,7 Millionen Kohleminen-Arbeiter gegenüber natürlicher Strahlung exponiert, weshalb diese regelmässig überwacht wird. Die Mineure sind weltweit am häufigsten ionisierender Strahlung ausgesetzt (etwa 12 Millionen Personen, davon ca. 70 % in Kohleminen).

Am Ende der Genfer Konferenz 2022 wurde eine Reihe wünschenswerter Massnahmen zur Verbesserung des Arbeitnehmerschutzes festgelegt (vgl. Liste). Es ist zu hoffen, dass die Anstrengungen der letzten zwei Jahrzehnte auf dieser Basis weitergeführt werden und sich der Strahlenschutz für Arbeitskräfte weltweit weiter verbessert.

- Umsetzung der bestehenden internationalen Sicherheitsnormen sowie des ILO-Strahlenschutzübereinkommens (Nr. 115) und Unterstützung von Mitgliedstaaten mit weniger entwickelten Programmen
- Unterstützung der Mitgliedstaaten bei der Optimierung von Schutz und Sicherheit und bei der Anwendung eines ganzheitlichen Ansatzes für den Arbeitnehmerschutz (Berücksichtigung radiologischer und nicht-radiologischer Gefahren)
- Anwendung des Graded Approach beim Schutz von Arbeitnehmenden vor Expositionen aufgrund erhöhter Werte natürlicher Strahlungsquellen wie Radon an Arbeitsplätzen, in der Zivilluftfahrt, im Bergbau und in der rohstoffverarbeitenden Industrie
- Entwicklung internationaler Guidelines für neue herausfordernde Tätigkeiten
- Förderung des Austauschs von Erfahrungen und der Anwendung innovativer Technologien im Strahlenschutz
- Verstärkung des Kapazitätsaufbaus in der Personendosimetrie und Förderung der Einrichtung nationaler Dosisregister
- Verbesserung der Aus- und Fortbildung im Strahlenschutz
- Verbesserung des Engagements für die Sicherheitskultur auf Managementebene und Förderung der Sicherheitskultur bei den Arbeitskräften durch Ausbildung
- Unterstützung der Entwicklung von Young Professionals im Strahlenschutz

Aktionsplan Radium 2015–2022

Im April 2022 hat der Bundesrat die Verlängerung des Aktionsplans Radium bis Ende 2023 beschlossen, damit die während der Covid-19-Pandemie entstandene Verzögerung aufgeholt werden kann. So können die über 1000 identifizierten Liegenschaften, die möglicherweise aufgrund der Verwendung von Radium in der Uhrenindustrie bis in die 1960er-Jahre kontaminiert sind, untersucht und gegebenenfalls bis Ende 2023 saniert werden. In diesem Kapitel wird der Stand der Arbeiten dargestellt.

Teilprojekt «Gebäude»

Das Teilprojekt «Gebäude» hat zum Ziel, potenziell mit Radium-226 kontaminierte Liegenschaften zu identifizieren, Messungen durchzuführen und falls erforderlich zu sanieren.

Inventar und diagnostische Untersuchung der potenziell betroffenen Liegenschaften

Anhand der historischen Nachforschungen im Rahmen des Aktionsplans konnte ein Inventar mit über 1000 Liegenschaften, die meisten davon im Jurabogen, erstellt werden, in denen früher Radiumsetzateliers der Uhrenindustrie untergebracht waren (siehe [Historische Nachforschungen \(admin.ch\)](#)). Gemäss Stand am 31. Dezember 2022 wurden 1010 Liegenschaften diagnostisch auf Radium untersucht. Zeigen die Berechnungen, dass der zulässige Grenzwert von 1 Millisievert (mSv) pro Jahr überschritten ist, werden die Räumlichkeiten saniert. Für Aussenflächen liegt der Grenzwert für die spezifische Aktivität von Radium-226 im Boden bei 1000 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg).

Sanierungsarbeiten

Von den 1010 untersuchten Liegenschaften sind 151 sanierungsbedürftig (90 Wohnungen und 100 Gärten, Abb. 13). Der Anteil der sanierungsbedürftigen Liegenschaften liegt damit bei etwa 15 %. Das Vorgehen beinhaltet die Beseitigung der Kontamination durch einen spezialisierten Betrieb sowie die Entsorgung, die Kontrollmessungen und die Wiederherstellung des Zustands vor Beginn der Arbeiten.

Kanton	Anzahl untersuchte Liegenschaften	Sanierung nicht erforderlich	Sanierung erforderlich	Sanierung abgeschlossen oder im Gange
BL	12	9	3	2
BS	1	1	0	0
BE	305	247	58	55
GE	30	28	2	2
JU	28	28	0	0
LU	4	4	0	0
NE	426	372	54	49
SG	1	1	0	0
SH	1	0	1	1
SO	166	135	31	28
TI	7	7	0	0
VD	20	19	1	0
ZH	9	8	1	1
Total	1010	859	151	138

Abb. 13
Stand der diagnostischen Untersuchungen und der Sanierungen am 31. Dezember 2022



Abb. 14
Alte römische Strasse, entdeckt während der Geländesanierung beim «Neuen Schloss Bümpliz» in Bern

138 Liegenschaften sind bereits saniert worden oder werden derzeit saniert. Unter den rund zwanzig Sanierungen, die 2022 umgesetzt wurden, ist das «Neue Schloss Bümpliz» in Bern¹. In dieser Liegenschaft war früher die Firma Merz & Benteli einquartiert, bis in die

1960er-Jahre die grösste Lieferantin von radium-226-haltiger Leuchtfarbe in der Schweiz (Abb. 14). Eine weitere umfassende Sanierung, die mehrere Nachbarparzellen umfasste, wurde in der Gemeinde Langendorf (SO) durchgeführt².

1 [Radiumsanierung im Schlosspark Bümpliz beginnt — Mediocenter \(bern.ch\)](https://www.mediocenter.ch/news/radiumsanierung-im-schlosspark-buempliz-beginnt)

2 [Erbe der Uhrenindustrie: Radium-Sanierung in Langendorf \(solothurnerzeitung.ch\)](https://www.solothurnerzeitung.ch/erbe-der-uhrenindustrie-radium-sanierung-in-langendorf)

In fast 20 % der Aussenbereiche, die zu sanieren waren, wurde eine Mischkontamination (Kontamination mit radioaktiven und chemischen Schadstoffen) festgestellt. Das BAG koordiniert die Sanierung dieser Parzellen mit Mischkontaminationen von Fall zu Fall mit den betroffenen Kantonen (und in komplexen Fällen mit dem Bundesamt für Umwelt und der Suva). Darüber hinaus hat das BAG eine Zusammenarbeit mit dem Labor Spiez sowie mit der Firma ARCADIS aufgebaut, die mit Radium-226 kontaminierte Proben auf chemische Schadstoffe untersuchen.

Entsorgung von Abfällen

Gemäss Stand am 31. Dezember 2022 wurden mehr als 2500 m³ inerte Abfälle im Rahmen des Aktionsplans zur Ablagerung auf Deponien gemäss Artikel 114 StSV abgegeben, wobei die maximale spezifische Aktivität von 10 000 Bq/kg für Radium-226 eingehalten wurde. Zusätzlich wurden ungefähr 230 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 4,8 m³ Abfälle, deren Kontamination die genannten Werte übersteigt, unter Aufsicht des BAG konditioniert und in das Bundeszwischenlager befördert.

Teilprojekt «Deponien»

Ziel des Teilprojekts «Deponien» ist die Identifikation alter Deponien, die möglicherweise mit Radium-226 kontaminierte Abfälle enthalten. Ausserdem sollen Massnahmen festgelegt werden, die die Gesundheit der Bevölkerung und des Personals sowie die Umwelt vor den Gefahren solcher Abfälle schützen. Mithilfe der betroffenen Kantone (Bern, Genf, Jura, Neuenburg und Solothurn) und mit dem Bundesamt für Umwelt wurden über 250 ehemalige Deponien identifiziert, die bei künftigen Aushubarbeiten radiologisch überwacht werden müssen. Die entsprechende Liste sowie der technische Bericht sind unter [Radium-Altlasten in Deponien \(admin.ch\)](http://admin.ch) verfügbar. Das BAG bereitet derzeit eine Richtlinie zur Umsetzung der langfristigen Überwachung und zur Klärung der Verantwortlichkeiten vor. Es ist geplant, die Richtlinie nach Konsultation der wichtigsten Interessengruppen 2023 zu veröffentlichen.

Aktionsplan Radon 2021–2030

Der Aktionsplan Radon 2021–2030 hat sich im Rahmen der vier Stossrichtungen Immobilienpark, Gesundheitsrisiko, Radonkompetenz und Arbeitnehmerschutz ehrgeizige Ziele gesetzt. In all diesen Bereichen wurden bereits Projekte gestartet. Insbesondere die Zusammenarbeit mit wichtigen externen Partnern konnte intensiviert und zum Teil institutionalisiert werden, speziell mit den kantonalen Vollzugsbehörden und dem Bundesamt für Energie (BFE).

Stand der Arbeiten im Rahmen der vier Stossrichtungen

Immobilienpark

Unter der Federführung des BFE haben wir im Rahmen der WTO-Vorgaben die Aufgaben einer Geschäftsstelle «Energie und Gesundheit» ausgeschrieben. Die Geschäftsstelle soll sich inskünftig mit der Kommunikation in den Bereichen Legionellen, Radon und Innenraumluftqualität beschäftigen und auch einen Beitrag zum Ausbau des Weiterbildungsangebots in diesen Bereichen leisten. Die Tatsache, dass die Themen Energie und Gesundheit im Zusammenhang mit Gebäuden eng verknüpft sind, muss bei den involvierten Akteuren besser verankert und berücksichtigt werden. Die Zusammenarbeit mit dieser Geschäftsstelle wird es uns erlauben, die radonrelevanten Aspekte auch in die Umsetzung der Energiestrategie 2050 einzubringen.

Um den Zusammenhang energetischer Massnahmen und Radon in Gebäuden bereits jetzt in unserer Kommunikation breiter abzudecken, haben wir neue Inhalte auf unserer Webseite erarbeitet, vgl. www.ch-radon.ch. Dort sind die wichtigsten Informationen im Hinblick auf eine frühzeitige und angemessene Berücksichtigung der Radonproblematik bei der Planung von energetischen Massnahmen in Gebäuden zusammengestellt.

Die Umsetzung spezifischer Radonschutzmassnahmen ist in verschiedenen Publikationen beschrieben. Informationen zu den technischen Details und den geeigneten Materialien sind jedoch spärlich. Um diese Lücke zu schliessen, entwickelt die Radonfachstelle Tessin an der *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana* (SUPSI) im Auftrag des BAG technische Blätter zu den häufigsten Radonschutzmassnahmen für Neubauten und für bestehende Gebäude (vgl. Abb. 15). Diese Anleitungen sollen bei der praktischen Umsetzung dieser Massnahmen zum Einsatz kommen und eine gute Qualität der Arbeiten gewährleisten. Die technischen Blätter sollen mit dem Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) im Rahmen der SIA-Norm 180 konsolidiert und 2023 publiziert werden.

Gesundheitsrisiko

Dem Schutz der Kinder vor einer zu hohen Radonbelastung gilt ein ganz besonderes Augenmerk. Vermehrte Messungen in Schulen und Kindergärten (gemäss Art. 164, 2, StSV) sind deshalb sehr wichtig. Es ist sehr erfreulich, dass in vielen Kantonen entsprechende Messkampagnen gestartet wurden und die Orte, an denen sich Kinder in Innenräumen aufhalten, systematisch überprüft werden. Auf diese Weise konnten schon einige Gebäude identifiziert werden, wo Radonenschutzmassnahmen nötig sind.

Die Erfahrungen aus diesen Messkampagnen haben gezeigt, dass das entsprechende Messprotokoll verbessert werden kann. Insbesondere werden die zu messenden Räume besser definiert und damit die Anzahl Messungen pro Gebäude klarer vorgegeben. In Absprache mit den Kantonen soll das Messprotokoll Anfang 2023 in einer neuen Version publiziert werden.

Um der Bevölkerung noch einfacher ihre Radonbelastung aufzuzeigen, soll im Rahmen dieser Stossrichtung ein Online-Vorhersagetool entwickelt werden. Mit der Haute école d'ingénierie et d'architecture (HEIA) in Fribourg

wurde ein Projekt gestartet, das untersuchen soll, inwiefern Kurzzeitmessungen einen Beitrag zur Vorhersage der Radonsituation in einem spezifischen Gebäude liefern können. Es ist geplant, die Ergebnisse dieses Projekts in die Daten zu integrieren, die für die Entwicklung des Vorhersagetools verwendet werden sollen.

Radonkompetenz

In Zusammenarbeit mit den regionalen Radonfachstellen (Fachhochschule der Nordwestschweiz FHNW, HEIA, SUPSI) haben wir ein Aus- und Fortbildungskonzept erarbeitet, das die Bildungsgänge für Radonfachpersonen harmonisieren soll. Es wurden Inhalte und Ziele der Kurse definiert und die Anforderungen an die Teilnehmenden festgelegt. Es soll sichergestellt werden, dass die Absolventinnen und Absolventen der Kurse die gleichen Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt bekommen und der Arbeitsaufwand grundsätzlich gleich ist. Das Aus- und Fortbildungskonzept dient auch als Grundlage für mögliche Ausbildungsangebote anderer Anbieter.

Ein wichtiger Aspekt der Stossrichtung Radonkompetenz ist die Zusammenarbeit mit Berufsverbänden aus der Baubranche, um das Thema Radon in die entsprechenden Lehrpläne der

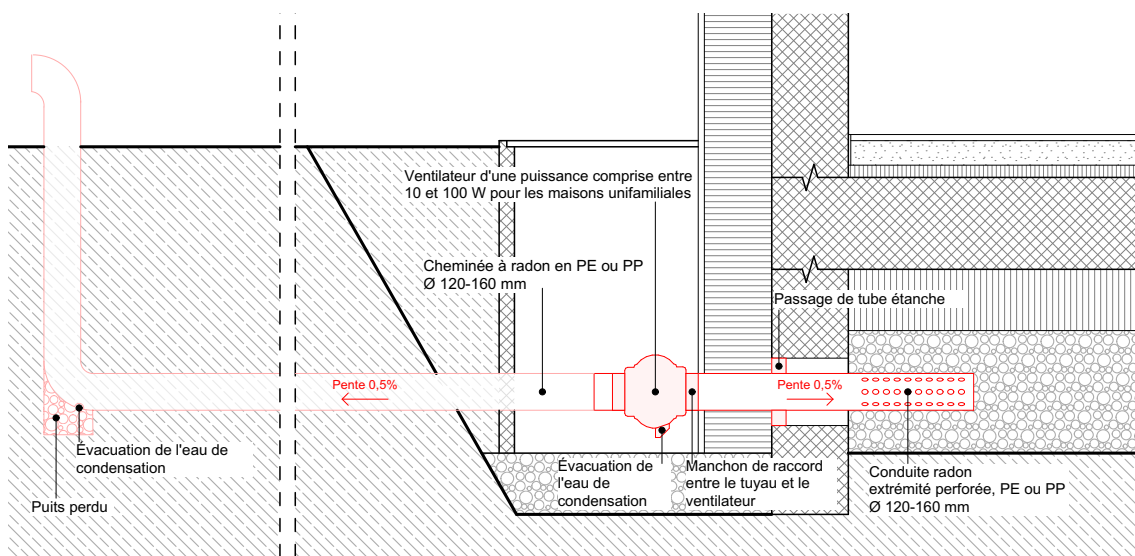


Abb. 15

Beispiel einer technischen Beschreibung für einen Radonbrunnen (Quelle: Projekt «Technische Blätter», Beschriftungen in französisch)

Bauberufe integrieren zu können. In diesem Bereich entwickelte das BAG mit dem Berufsverband Holzbau Schweiz im Rahmen eines wegweisenden Pilotprojekts ein Radonmodul für die Grundbildung (vgl. Abb. 16). Dieses digitale Lernwerkzeug wurde in das Holzbau-Lab integriert und steht nun allen Lernenden der Holzbauberufe zur Verfügung. Das Radonmodul beinhaltet einen Wissensbaustein und Lernvideos, die das Thema Radon stufengerecht vermitteln sollen. Die Videos zu den Themen Radioaktivität, Radonschutz, Radonmessungen und Radonberatung sind auch auf YouTube und auf unserer Webseite (www.ch-radon.ch) verfügbar.

Arbeitnehmerschutz

Die Arbeitsgruppe «Radon am Arbeitsplatz», bestehend aus Vertretern der Suva, des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI), des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) und des BAG, hat 2022 im Hinblick auf die für 2023 geplante Erneuerung der Zulassungen der Messstellen die Messprotokolle für Radon am Arbeitsplatz (verfügbar unter [Radonkonzentration messen \(admin.ch\)](http://Radonkonzentration messen (admin.ch))) sowie die Radon-Datenbank angepasst. Zudem hat sie sich dieses Jahr insbesondere mit der persönlichen Radondosimetrie beschäftigt. Dieser Aspekt wirft aktuell zwei wichtige Fragen auf: Wie soll die persönliche Radondosimetrie durchgeführt werden und gibt es dafür geeignete Messmittel? Wie soll mit den ermittelten Radondosen umgegangen werden?

Mobile Arbeiterinnen und Arbeiter in Wasserwerken, die keinen festen Arbeitsplatz haben, sondern sich in kurzer Zeit von Anlage zu Anlage bewegen, können stark schwankenden Radonkonzentrationen ausgesetzt sein. Es muss abgeklärt werden, auf welche Weise diese Art der Radonexposition am besten gemessen werden kann. Die Registrierung der daraus berechneten Radondosen muss ebenfalls noch etabliert werden. Schliesslich ist die Arbeitsgruppe auch daran, die entsprechenden Messprotokolle anzupassen, was wiederum zu einem Änderungsbedarf in der Radondatenbank führt.

Ausblick

Im kommenden Jahr soll mit einer Vorstudie ein Online-Vorhersagetool für die Radonbelastung angegangen werden. Dieses Vorhersagetool ist als Leuchtturmprojekt des Aktionsplans Radon zu sehen. Zudem wird die bestehende Radondatenbank zu einem Radonportal erweitert, das einerseits mehr Daten beinhalten soll und deutlich erweiterte Funktionalitäten bieten wird.

Radonmessstellen benötigen gemäss den Vorgaben der StSV von 2018 eine Anerkennung vom BAG, welche 5 Jahre gültig ist. 2023 werden viele dieser Anerkennungen erneuert/verlängert werden müssen. Das BAG wird diese Erneuerung nutzen, um das System der Messkompetenzen zu vereinfachen; dies ist ein erster Schritt in Richtung des Ziels, alle Verfahren von einem einzigen Anbieter zu offerieren.

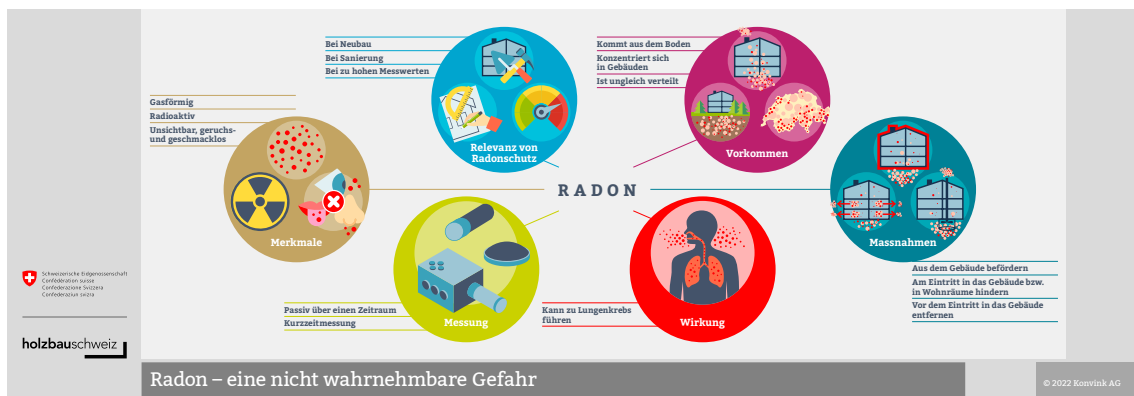


Abb. 16
Schaubild zum Radonmodul im Holzbau-Lab

Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt

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

Modernisierung des Dispositivs zur Überwachung der Radioaktivität in der Höhenluft

Das Dispositiv zur Messung der Radioaktivität in der Höhenluft der Forschungsstation auf dem Jungfrauoch 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 messempfindlicher sein als die bisherige und einzelne Konzentrationen verschiedener (Gamma-)Radionuklide in der Luft messen. Sie soll bis Ende 2024 in Betrieb genommen werden. Wie die anderen Stationen des URAnet-Netzes, wird sie an das SwissMetNet

von MeteoSchweiz angeschlossen, was einen durchgängigen Zugang zu den Messresultaten gewährleistet. Die Flüge in grosser Höhe, die seit mehr als 50 Jahren mit Militärflugzeugen der Schweizer Armee durchgeführt werden, werden nach Ausserbetriebnahme der Tiger-Kampfflugzeuge eingestellt. Eine Umrüstung der Sammelgeräte auf die F/A-18-Flugzeuge würde rund zehn Millionen Franken kosten. Diese Investition erachtet der Bundesrat als unverhältnismässig. Erfahrungsgemäss ist der Mehrwert dieser Sammelflüge begrenzt, um das Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung abzuschätzen – im Verhältnis zu Messungen in geringerer Höhe wie auf dem Jungfrauoch. Für wissenschaftliche Untersuchungen, bei denen Messungen mit Flugzeugen in grosser Höhe wertvoll sind, soll eine internationale Zusammenarbeit geprüft werden.



Abb. 17
Die heutige Messstation auf dem Jungfrauoch, die bis Ende 2024 renoviert werden muss.

Wichtigste Ergebnisse der Überwachung 2022

Die vom BAG betriebenen automatischen Messnetze zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft und im Flusswasser (URAnet aero und URAnet aqua) ergaben 2022 keine anormalen Werte. Die 15 URAnet-aero-Messstationen übermitteln alle fünf Minuten Resultate, und bei zu hohen Werten wird automatisch ein Alarm erzeugt. Die Messergebnisse werden alle 12 Stunden auf www.radenviro.ch veröffentlicht.

Die im Rahmen des nationalen Überwachungsprogramms der Radioaktivität zu den verschiedenen Umweltkompartimenten im Labor nachgewiesenen Spuren von Radioaktivität entsprechen 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 regenreichere 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 bei der Station Cadenazzo im Tessin, immer noch Spuren von Caesium-137 nachgewiesen. Dieses Phänomen ist bei trockenem Wetter im Winter besonders ausgeprägt. 2022 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 2022 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 2022 zeigten, dass bei etwa zwei Prozent der kontrollierten Wildschweine der zulässige Höchstwert überschritten ist. Die betreffenden Wildschweine wurden vom Kantonstierarzt beschlagnahmt. Abgesehen vom Wildschweinfleisch wurde 2022 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) 2022 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 März 2022 in der Nähe des CERN nach einem Target-Wechsel an der ISOLDE-Anlage Spuren von Iod-124, -126 und -131 gemessen. Die beim Iod-131 registrierte Höchstkonzentration (15 micro-Bq/m³) entspricht allerdings lediglich 0,002 Prozent 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. 12 Bq/l) gemessen. Im gleichen Zeitraum betragen die monatlichen Tritiumkonzentrationen im Rhein (bei Weil am Rhein) 5 bis 6 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). Dank verschiedener technischer Verbesserungen, die das Unternehmen seit 2020 eingeführt hat, konnte es seine Emissionen jedoch senken, was sich in einem starken Rückgang der 2020 und 2021 in den Niederschlägen gemessenen Tritiumkonzentrationen äusserte. 2022 bewegten sich die in Niederschlagsproben gemessenen Tritiumwerte auf ähnlichem Niveau wie 2020 und 2021 – bis auf wenige Ausnahmen. So wurde Ende Januar in unmittelbarer Nähe des Unternehmens (Station «Firma») eine Konzentration von fast 2400 Bq/l gemessen. Dieser Wert ist dreimal so hoch wie der 2021 erfasste Höchstwert und vermutlich auf besondere meteorologische Bedingungen zurückzuführen. Die in der Umwelt (Niederschläge) gemessenen Tritiumkonzentrationen hängen nämlich nicht nur von den in die Atmosphäre abgegebenen Tritiummengen (Emissionen) ab, sondern auch von der Windrichtung und den Niederschlagsmengen.

Die signifikanten Erhöhungen, die im November 2022 in den vier Überwachungsstationen gemessen wurden (zwei- bis viermal höher als die Höchstwerte der einzelnen Überwachungsstationen von 2021), lassen sich ihrerseits auf einen Anstieg der Emissionen in Zusammenhang mit der Aufbereitung defekter Produkte im Unternehmen zurückführen; diese Emissionen verblieben allerdings deutlich unter den bewilligten Abgabegrenzen. 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 2022 in der Nähe des Unternehmens gesammelt hatte, zwischen 5 und 50 Bq/l und waren damit im Vergleich zu den Vorjahren signifikant tiefer.

Im Herbst 2021 initiierte das BAG in Zusammenarbeit mit der Suva ein Programm zur Überwachung von Tritium in den Niederschlägen und in der Luftfeuchtigkeit in der Umgebung der Firma Smolsys in Root (LU). Smolsys verfügt ebenfalls über eine Bewilligung zur Abgabe von Tritium an die Umwelt. Die in der Umgebung des Unternehmens gemessenen Tritiumwerte waren 2022 wiederum sehr tief, sowohl in den Niederschlägen (Höchstwert rund 17 Bq/l) als auch in der Luftfeuchtigkeit.

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. Zwischen Mitte 2021 und Anfang 2022 wurden ausserdem kontinuierliche Messungen mit einer automatischen Sonde durchgeführt (vgl. Kapitel 9.4 des Jahresberichts Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2021, verfügbar unter [Jahresberichte Umweltradioaktivität \(admin.ch\)](http://www.bag.admin.ch/ura)). 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 BAG hat eine ungewöhnlich hohe Tritiumkonzentration von rund 130 kBq/l in einer zwischen dem 12. Januar und 9. Februar 2022 entnommenen Rauchgaswaschwasserprobe der KVA Hagenholz (ZH) gemessen. Nach Einschätzung des BAG liegt die Tritium-Gesamtaktivität, die der Verbrennung zugeführt wurde, bei 370 GBq, was die Bewilligungsgrenze für Tritiumoxid (0,3 GBq) um mehr als das Tausendfache überschreitet. Dies stellt einen Verstoß gegen die Strahlenschutzverordnung dar. Die Messungen des BAG in der Umwelt ergaben allerdings keine signifikante Erhöhung der

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).

Tritiumkonzentration. Eine unmittelbare Gefahr für die Bevölkerung bestand durch das Ereignis daher nicht. Ausführlichere Informationen zu diesem radiologischen Ereignis sind auf Seite 28 dieses Berichts zu finden.

Zwischen dem 28. November und 10. Dezember 2022 hat das Kantonale Laboratorium Basel-Stadt im Abwasser der Kläranlage von Basel in den Wochenmischproben ausserordentlich hohe Tritiumwerte gemessen (bis zu 200 Bq/l in der Wochenmischprobe vom 5. Dezember). Normalerweise bewegen sich die Konzentrationen um die Nachweisgrenze von 4 bis 5 Bq/l. Die beobachtete Erhöhung war auf die Abgabe von Rauchgaswaschwasser der Sonderabfall-Verbrennungsanlage Veolia zurückzuführen, in der tritiumhaltige Abfälle verbrannt wurden. Veolia verfügt über eine Bewilligung des BAG für die Verbrennung von

bis zu 100 GBq Tritium pro Woche. Im vorliegenden Fall hat sich herausgestellt, dass am 29. November rund 34 GBq tritiumhaltige Abfälle verbrannt wurden und am 5. Dezember noch einmal rund 96 GBq. Normalerweise wird das Waschwasser von Veolia nicht mit dem Abwasser der Kläranlage vermischt, sondern direkt abgeleitet und schliesslich dem Rhein zugeführt. Verfahrenskonform hat das Waschwasserableitsystem aber aufgrund der am 1. und am 7. Dezember 2022 registrierten anormalen physikalisch-chemischen Parameter automatisch mit der Industrie-Kläranlage und anschliessend der kommunalen Kläranlage kommuniziert. Aus diesem Grund ist ein Teil der verbrannten Aktivität in die Kläranlage geleitet worden. Trotz der aussergewöhnlich hohen Werte bestand kein Risiko für das Personal in Kläranlagen oder die Umwelt.

Intervention in einem radiologischen Notfall

Das BAG hat den Auftrag, die Vorbereitung der schweizerischen Notfallplanung bei radiologischen oder nuklearen Ereignissen zu unterstützen. Es arbeitet eng mit weiteren Stellen zusammen und unterstützt bei gesundheitsrelevanten Fragen, um die Bevölkerung vor radiologischen Folgen zu schützen. Die damit verbundenen Aktivitäten wurden seit Beginn des Ukraine-Krieges angesichts der Bedrohung durch ein Ereignis in einem Kernkraftwerk oder den Einsatz einer Atomwaffe verstärkt. Das BAG nahm zudem an der Schweizer Gesamtnotfallübung TYCHE (GNU'22) teil. Ebenfalls im Rahmen der Notfallvorsorge kümmert sich das BAG um den Wissenserhalt bei der Behandlung stark bestrahlter Personen und um die Verteilung der Jodtabletten.

Vorbereitungsarbeiten für den Fall eines nuklearen Ereignisses in der Ukraine

Seit Beginn des Ukraine-Krieges führt das BAG in Zusammenarbeit mit den weiteren zuständigen Bundesämtern sowie Kantonen Vorbereitungsarbeiten für den Fall eines nuklearen Ereignisses in der Ukraine durch. Um mehr über die Aktivitäten des BAG in diesem Bereich zu erfahren, lesen Sie das Interview auf Seite 6.

Gesamtnotfallübung TYCHE 2022 (GNU)

Das Ziel einer GNU besteht generell in der Überprüfung des Notfallschutzes und der Zusammenarbeit der involvierten Stellen und Notfallorganisationen. Das Szenario der GNU 2022 sah einen schweren Unfall mit anschließender ungefilterter Freisetzung von Radioaktivität im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) vor.

Der erste Tag stand im Zeichen des Notfallmanagements. Es wurden, wie auch schon in den

vergangenen GNU, die Abläufe und Einsatzprozesse während der Notfallphase, also den ersten Stunden bis Tagen nach einem Ereignis, geübt. In dieser ersten Phase des Notfallmanagements liegt die Zuständigkeit bei der Nationalen Alarmzentrale (NAZ). Sie alarmiert die betroffenen Stellen sowie die Bevölkerung und kann bei Bedarf Sofortmassnahmen, wie zum Beispiel vorsorgliche Evakuationen, den Aufenthalt im Haus und die Einnahme von Jodtabletten anordnen.

Um vier Uhr früh des ersten Tages hat das KKL einen ersten Alarm beim Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ausgelöst. Anschliessend wurden die verschiedenen Notfallorganisationen aufgeboten. Das BAG wurde um sechs Uhr alarmiert und verfolgte ab diesem Zeitpunkt die Lage. Während zunächst nur ein Team der Abteilung Strahlenschutz involviert war, wurde schnell der BAG-Krisenstab für Strahlenschutz aktiviert, um die verschiedenen Arbeiten zu koordinieren. Dieser Krisenstab besteht aus den fünf Arbeitsgruppen Lageverfolgung, Massnahmen, Messorganisation, Internationales und Kommunikation. Die Mitarbeitenden der Abteilung Strahlenschutz wurden sehr schnell auch von weiteren Stellen des BAG, insbeson-

dere von der Rechts- und der Kommunikationsabteilung, unterstützt. Trotzdem zeigte sich eine hohe Arbeitslast und es hätten weitere Personen zur Unterstützung beigezogen werden müssen. Der erste Übungstag endete schliesslich mit der Freisetzung von Radioaktivität und einer fiktiven grossen Messkampagne zur Charakterisierung des betroffenen Gebiets.

Am zweiten Tag lag der Fokus der Übung auf der Erarbeitung einer Verordnung mit weiterführenden Schutzmassnahmen für die Bevölkerung. Sobald am zweiten Tag auf Grundlage der Messungen das von der Freisetzung betroffene Gebiet genauer bestimmt werden konnte, hat das BAG zusammen mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV und dem Bundesamt für Landwirtschaft BLW im Rahmen des Planungselements des Bundesstabs BSTB eine «Notfallverordnung» erarbeitet. Dabei übernahm das BAG die Koordination, aktuelle Erkenntnisse wurden bei der Erarbeitung berücksichtigt. Auch Deutschland wurde zu einem späteren

Zeitpunkt in die Diskussionen einbezogen. Am Abend des zweiten Tags lag ein Verordnungsentwurf zur formellen Kurz-Ämterkonsultation im Rahmen des BSTB vor. Der Bundesrat hätte somit am nächsten Tag bereits die Verordnung und die entsprechenden Massnahmen in Kraft setzen können.

Der dritte Tag stand im Zeichen der Umsetzung der vom Bundesrat in der Verordnung beschlossenen Massnahmen und der längerfristigen Bewältigung des Ereignisses. Vier Arbeitsgruppen bearbeiteten im Rahmen einer Tabletop Übung verschiedene Teilaspekte: Massnahmen, Sicherheit, Internationales und Gesundheit. Die Kommunikation war in allen Arbeitsgruppen ein Thema. Beteiligt waren insbesondere auch Vertreterinnen und Vertreter der Kantone. Diese sind im Ereignisfall für die Umsetzung der jeweiligen Massnahmen zuständig und ein Einbezug der entsprechenden Stellen ist somit sehr wichtig. Das BAG nahm an den Diskussionen betreffend Sicherheit und Internationales teil und leitete die Arbeitsgruppe Massnahmen. Die Diskussionen in diesem Bereich basierten auf der am Vortag erarbeiteten Verordnung und



Abb. 18
Alle zwei Jahre findet in der Schweiz eine Gesamtnotfallübung (GNU) statt, an der alle am Notfallschutz beteiligten Institutionen teilnehmen. Das Szenario 2022 sah einen Unfall mit anschliessender ungefilterter Freisetzung von Radioaktivität im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) vor.

der Umsetzung der darin erlassenen Massnahmen. Dabei zeigten sich einige Unklarheiten. Einerseits sind die Begrifflichkeiten nicht überall gleich verstanden worden, die zugrundeliegenden Konzepte waren nicht allen Partnern bekannt und schlussendlich waren die konkreten Umsetzungen der vorgeschlagenen Massnahmen unklar.

Diese und weitere offene Punkte können nun im Nachgang der GNU auch im Rahmen von Arbeitsgruppen geklärt werden, so etwa in der Arbeitsgruppe für Lebensmittel und Landwirtschaft. Damit bot der Workshop einen grossen Mehrwert für zukünftige GNU und für die Vorbereitungen im Notfallschutz. Entsprechend wurde das Konzept des dritten Tages auch von den von der Umsetzung der Massnahmen betroffenen Teilnehmenden sehr geschätzt.

Wissenserhalt bei der Behandlung stark bestrahlter Personen

Bei der letzten Revision der Strahlenschutzverordnung von 2017 wurde das BAG beauftragt, für den Wissenserhalt bei der Behandlung stark bestrahlter Personen zu sorgen. Seit 2019 besteht zusammen mit der Suva sowie dem Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) eine enge Zusammenarbeit mit dem Universitätsspital Zürich (USZ). Einer der ersten Meilensteine bestand in der Erarbeitung und dem Unterhalt einer Informationswebseite zum Thema Strahlenunfall. Hier finden sich insbesondere Informationen über die Diagnose und Behandlung von Strahlenverletzten aller Art. Grundlage dafür bietet die Webseite des U.S. Department of Health & Human Services *Radiation Emergency Medical Management (REMM)*, auf der eine Anleitung für die Behandlungsmassnahmen zu finden ist sowie auch Werkzeuge, mit denen sich die Strahlenbelastung von Betroffenen abschätzen lässt.

Daneben entstand aus der Zusammenarbeit auch ein regelmässiger Wissensaustausch in Form von Netzwerkanlässen unter den interessierten und involvierten Spitälern und Stellen in der Schweiz. Seit 2021 werden jährlich bis zu zwei Anlässe organisiert, um die Vernetzung



Abb. 19
Zusammen mit dem Universitätsspital Zürich (USZ), der Suva und dem ENSI betreibt das BAG ein Netzwerk zur Wissenserhaltung über die Behandlung von stark bestrahlten Personen, an dem sich auch Vertreter weiterer interessierter Stellen in der Schweiz beteiligen.

zwischen diesen Stellen zu stärken, aber auch, um sich mit Partnern im benachbarten Ausland auszutauschen. Im Jahr 2022 gab es zwei solche Netzwerkanlässe.

Da auch die Beratung, Triage und Dekontamination von potentiell verstrahlten und kontaminierten Personen bei deren Behandlung nicht ausser Acht gelassen werden kann, wurden beim Anlass im Frühling die Beratungsstelle Radioaktivität (BsR) und die Rolle der Leitenden Notärzte in der BsR vorgestellt. Auch die aktuellen Herausforderungen und Aktivitäten im Bereich der Akut- und Dekontaminations-spitäler Schweiz wurden thematisiert, um diese Stellen ebenfalls im Netzwerk zu etablieren.

An einem zweiten Netzwerkanlass im Herbst 2022 fokussierte das BAG sich auf die im Rahmen der GNU 2022 gewonnenen Erkenntnisse aus dem Bereich der Gesundheit sowie die aktuellen und die zukünftigen Tätigkeiten hinsichtlich der Zusammenarbeit mit dem USZ. Ebenfalls vorgestellt wurden die Abläufe bei der Dekontamination von Patientinnen und Patienten im Spital am Beispiel des Universitäts-spitals Basel.

Die angeregten Diskussionen während und nach den Netzwerkanlässen haben den vorhandenen Bedarf an Informationen zum Umgang mit Strahlenunfallopfern aufgezeigt. Insbesondere soll nun ein konkretes Behandlungskonzept erarbeitet werden, um die ersten medizinischen Schritte im Falle eines Strahlenunfalls schweizweit zu definieren und zu festigen. Der Ausbau und die Stärkung des Netzwerks wird von allen Seiten stark geschätzt und soll im Rahmen von Besuchen und Fortbildungsvorträgen in verschiedenen Schweizer Kliniken weiter vorangetrieben werden. So konnte auch bereits ein erster solcher Besuch im Herbst 2022 im Kantonsspital St. Gallen realisiert werden.

Neues zu Jodtabletten

Jodtabletten dienen der Schilddrüsenprophylaxe bei einem schweren Kernkraftwerk-Unfall mit Austritt von radioaktivem Jod. Die rechtzeitige Einnahme verhindert, dass sich in den Schilddrüsen radioaktives Jod anreichert und Schilddrüsenkrebs entstehen kann und ist insbesondere bei Kindern, Jugendlichen und

Schwangeren eine sehr wirksame Massnahme. In der Schweiz werden im Abstand von zehn Jahren Jodtabletten an alle verteilt, die sich regelmässig in einem Radius von 50 km um ein Schweizer Kernkraftwerk aufhalten. Die Gemeinden, in denen eine solche Feinverteilung stattfindet, sind im Anhang der Jodtabletten-Verordnung aufgelistet.

Mit der Abschaltung des Kernkraftwerkes Mühleberg (KKM) im Jahr 2019 liegen nun allerdings zahlreiche Gemeinden in der Region um das ehemalige KKM nicht mehr in einem Umkreis von 50 km um ein schweizerisches Kernkraftwerk. Eine Feinverteilung ist in diesem Gebiet somit nicht mehr notwendig. Daher wurde das BAG beauftragt, hinsichtlich der Jodtablettenverteilung ab Herbst 2023 einen Antrag zur Anpassung der Liste der betroffenen Gemeinden im Anhang der Jodtabletten-Verordnung zu unterbreiten.

Da sehr viele Gemeinden in mehreren Kantonen von dieser Anpassung betroffen sind, wurde im Sommer 2022 ein Vernehmlassungsverfahren durchgeführt. Die geänderte Verordnung soll im ersten Halbjahr 2023 in Kraft treten. Da die bisher verteilten Jodtabletten bereits 2024 ablaufen, bereitet die Armeeapotheke die nächste Verteilungskampagne im Umkreis von 50 km von den Kernkraftwerken Gösgen, Leibstadt und Beznau vor. Die Verteilung erfolgt im Herbst 2023.

Im September 2022 hat die Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz (KSR) Empfehlungen zum Einsatz von Jodtabletten für die Bevölkerung im Fall eines Ereignisses mit Freisetzung erhöhter Radioaktivität herausgegeben: Die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse weisen darauf hin, dass eine Jodprophylaxe vor allem bei Kindern, Jugendlichen, Schwangeren und Personen bis 45 Jahre eine wirksame Massnahme darstellt. Personen über 45 Jahren ist neu gemäss der KSR eine Einnahme der Jodtabletten nicht mehr empfohlen. Betroffene über 45 Jahre, die nicht auf die Einnahme von Jodtabletten verzichten möchten, sollten dies vorher mit ihrem Arzt besprechen.

Gesundheitsschutz vor nicht-ionisierender 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 zum NISSG (V-NISSG) zuständig. Die neue Gesetzgebung regelt die sichere Verwendung von Solarien und von Produkten zu kosmetischen Zwecken, den Schutz des Publikums bei Veranstaltungen mit Laserstrahlung und Schall sowie das Verbot von gefährlichen Laserpointern.

Der Vollzug der NISS-Gesetzgebung 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](#).

Vollzug V-NISSG 2022

2022 starteten zehn Kantone mit der Vollzugskampagne zur Verwendung von Solarien. Das BAG stellt den Kantonen die Messgeräte sowie eine Schulung zur Verfügung. Weitere Kantone werden im 2023 die Vollzugskampagne ebenfalls durchführen.

Das BAG ist für den Vollzug bei Veranstaltungen mit Laserstrahlung zuständig. Im Jahre 2022 wurden über das elektronische Meldportal des BAG 239 Laserveranstaltungen gemeldet. Die Meldungen wurden von uns überprüft und bei Bedarf wurden Kontrollen vor Ort durchgeführt.

Erwerb der Sachkunde für Behandlungen mit NIS und Schall zu kosmetischen Zwecken

Die V-NISSG regelt die sichere Verwendung von Produkten zu kosmetischen Zwecken (Art. 5–9 V-NISSG). Die Verwendung solcher Produkte kann bei unsachgemässer Behandlung Gesundheitsrisiken, insbesondere für die Haut, die Augen und andere Gewebe haben. Deshalb ist

in der V-NISSG festgelegt, wer welche Anwendung durchführen darf. Zwölf Behandlungen dürfen ab dem 1. Juni 2024 nur noch von Personen mit einem Sachkundenachweis durchgeführt werden. Dieser Sachkundenachweis ist dann notwendig, wenn für die Behandlung ein Produkt verwendet wird, das für seine Wirkung nichtionisierende Strahlung oder Schall (Ultraschall) erzeugt.

Das Eidgenössische Departement des Innern (EDI) hat daher eine Verordnung erlassen, welche die Sachkundenachweise auflistet, die eine bestimmte Prüfungsstelle ausstellen darf. Es sind dies die folgenden Sachkundenachweise und Behandlungen:

- Sachkunde Laser-Akupunktur
- Sachkunde Haarentfernung mit Laser
- Sachkunde Haarentfernung mit hochenergetisch gepulstem Licht (IPL)
- Sachkunde Permanent-Make-up und Tattoo
- Sachkunde Haut und Pigmentierung
- Sachkunde Cellulite und Fettpolster
- Sachkunde Nagelpilz

Eine potentielle Prüfungsstelle, die eine Ausbildung und Prüfung anbieten und einen entsprechenden Sachkundenachweis ausstellen möchte, kann beim BAG ein Gesuch um Aufnahme in die Verordnung stellen. Das BAG überprüft dabei halbjährlich die Gesuche. Im Jahre 2022 hat das BAG dem EDI bereits sechs Prüfungsstellen zur Aufnahme auf die Liste

vorgeschlagen. Diese Prüfungsstellen dürfen nun die Sachkundenachweise ausstellen. In den kommenden Jahren werden weitere Prüfungsstellen folgen. Weitere Informationen: Vollzugshilfe «Verwendung von Produkten zu kosmetischen Zwecken»: [Vollzug V-NISSG \(admin.ch\)](https://www.admin.ch)

Branchenempfehlung für das Messverfahren zur Ermittlung des maximalen Schallpegels an Veranstaltungen

Vertreterinnen und Vertreter der Veranstalterbranche hatten sich 2018 im Anschluss an die Vernehmlassung zur Verordnung zum Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (V-NISSG) verpflichtet, Branchenempfehlungen zur Messmittelwahl und zum Messverfahren bei Schallveranstaltungen zu erarbeiten. So soll der Gesundheitsschutz bei Schallveranstaltungen auch ohne rechtlich bindende Anforderungen an die Messmittel und an das Messverfahren gewährleistet sein. Die Branchenempfehlung zur Messmittelwahl wurde bereits im Februar 2019 beim BAG eingereicht. Die Branchenempfehlung zum Messverfahren wurde nun im September 2022 dem BAG vorgelegt. Die Branche hat sich verpflichtet, diese Empfehlungen umzusetzen.

Das NISSG verlangt, acht Jahre nach Inkrafttreten dem Bundesrat eine Evaluation über die Wirksamkeit und die Notwendigkeit der Regelungen vorzulegen. Das BAG und die Vollzugsbehörden werden diese Branchenlösungen dabei überprüfen.

Informations-Plattform für 5G und Mobilfunk für die Bevölkerung

Der Bundesrat hat 2020 beschlossen, Begleitmassnahmen für das weitere Vorgehen bezüglich 5G umzusetzen. Die Arbeitsgruppe «Mobilfunk und Strahlung» hatte diese vorgeschlagen. Eine der Massnahmen ist die verstärkte Information und Sensibilisierung der Bevölkerung. Das Bundesamt für Umwelt BAFU, das Bundesamt für Kommunikation BAKOM und das BAG haben dafür 2022 eine neue Website erstellt: [5g-info.ch](https://www.5g-info.ch). Dort finden sich die wichtigsten Fragen zum Thema Mobilfunk und 5G, unter anderem Informationen zur Technologie, zur Strahlung der Antennen, zur Gesundheit, Konzessionsvergabe und zu den Mobiltelefonen. Für weitere Fragen wird ein Kontaktformular angeboten. Zwischen Mitte Juni und Ende Dezember gab es fast 85 000 Zugriffe auf die Webseite.



Abb. 20
Das Bundesamt für Umwelt BAFU, das Bundesamt für Kommunikation BAKOM und das BAG haben 2022 eine neue Website mit Informationen zu 5G erstellt. Copyright: KEYSTONE/Peter Klaunzer

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. 14 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.

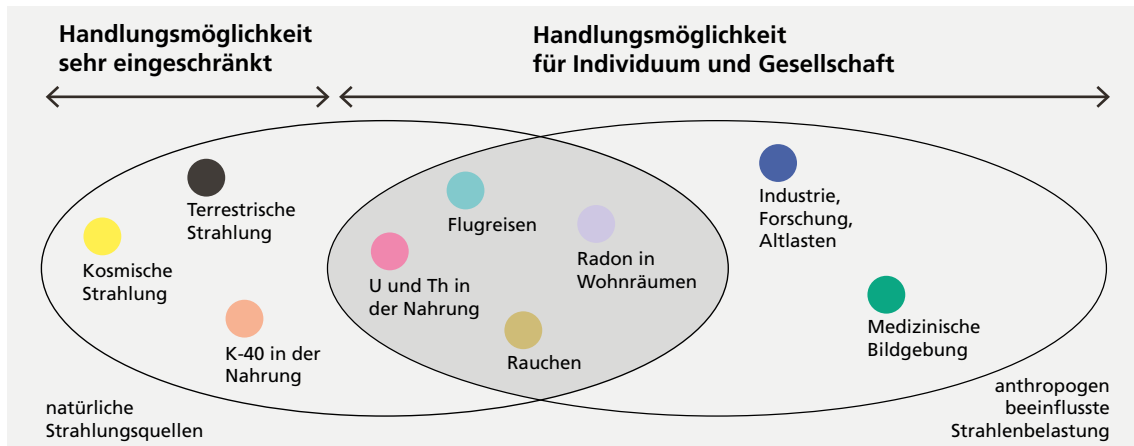


Abb. 21

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 21 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 schätzt zurzeit 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 bisherige Wert von 0,38 mSv pro Jahr, hängt aber noch davon ab, welcher

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

Die Dosen durch die Aufnahme von Strontium-90 und/oder 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 Fisch und Meeresfrüchten) rund 0,35 mSv pro Jahr.

Strahlenbelastung durch Radon in Wohnräumen

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

Die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat in ihrer Publikation 115 (2010) das Lungenkrebsrisiko aufgrund von Radon neu eingeschätzt und deutlich nach oben korrigiert. In ihrer Publikation 137 (2017) schlägt die ICRP einen neuen Dosiskoeffizienten für Personen am Arbeitsplatz vor, der auch für die Radonexposition der Bevölkerung in Wohnräumen anwendbar ist und mit der Einschätzung aus ICRP 115 (2010) übereinstimmt. Der neue Dosiskoeffizient wurde auf der Basis eines dosimetrischen Modells bestimmt und dient in der Schweiz als Referenz für die Bevölkerung sowie für die Personen am Arbeitsplatz. Folglich beträgt die durchschnittliche «Radondosis» für die Schweizer Bevölkerung mit dem neuen Dosiskoeffizienten etwa 3,3 mSv pro Jahr. Der angegebene Mittelwert leitet sich aus der durchschnittlichen Radonkonzentration in Gebäuden von 75 Bq/m³ ab (diese wird zukünftig neu berechnet). Jedoch ist die Radonbelastung der Bevölkerung nicht einheitlich bzw. der Bereich der gemessenen Werte sehr gross. Es sind z. B. Spitzenwerte von mehreren Tausend Bq/m³ gemessen worden.

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

Strahlenbelastung durch Rauchen

Während die gesundheitsschädigende Wirkung des Tabakkonsums allgemein bekannt ist, ist vielen Menschen nicht bewusst, dass Rauchen auch eine zusätzliche Exposition gegenüber ionisierender Strahlung darstellt. Bei Raucherinnen und Rauchern führt das Inhalieren von natürlichen Radionukliden, wie Polonium-210 und Blei-210, die in den Tabakblättern enthalten sind, zu einer zusätzlichen Strahlendosis, verglichen mit Nichtraucherinnen und Nichtrauchern. Gemäss neueren Studien liegt der Mittelwert für die effektive Dosis beim Rauchen von 20 Zigaretten täglich bei 0,26 mSv pro Jahr.

Im Jahr 2016 rauchten 25,3 % der Schweizer Bevölkerung über 15 Jahre gelegentlich (1,2 Zigaretten/Tag) oder täglich (13,6 Zigaretten/Tag). Das entspricht im Durchschnitt 2,5 Zigaretten pro Tag und Einwohner/in und somit einer durchschnittlichen effektiven Dosis von 0,03 mSv/Jahr pro Einwohner/in über 15 Jahre wegen Rauchens.

Strahlenbelastung durch Flugreisen

Da die kosmische Strahlung mit der Höhe zunimmt – in 10000 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 39). 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 22 zusammengefasst. Die durchschnittliche effektive Dosis, die die Schweizer Bevölkerung aus allen Expositionsquellen zusammen erhält, beläuft sich auf rund 6 mSv/Jahr.

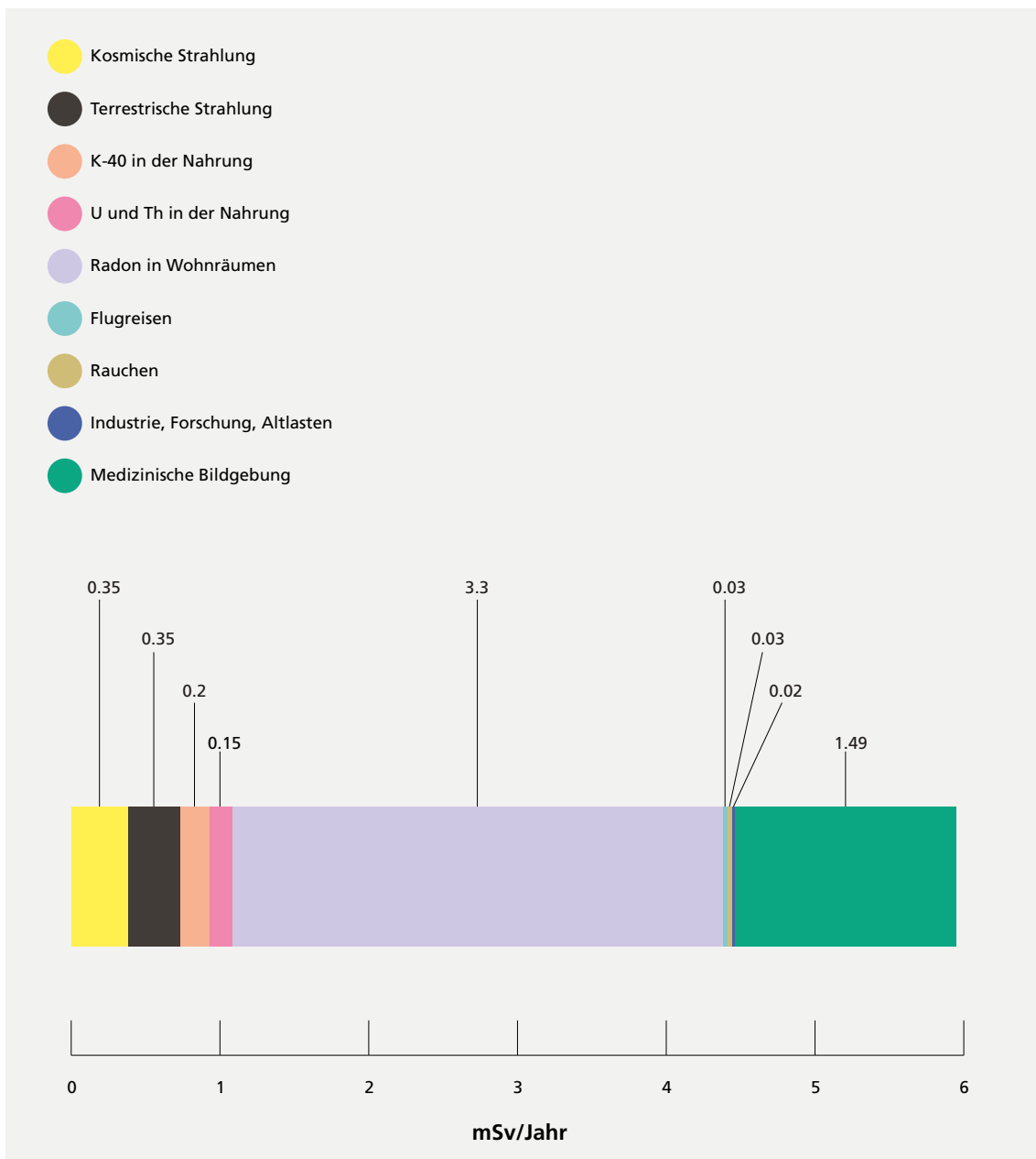


Abb. 22
Durchschnittliche Beiträge zur effektiven Dosis pro Jahr und Einwohner/in der Schweiz in mSv.

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 23 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)

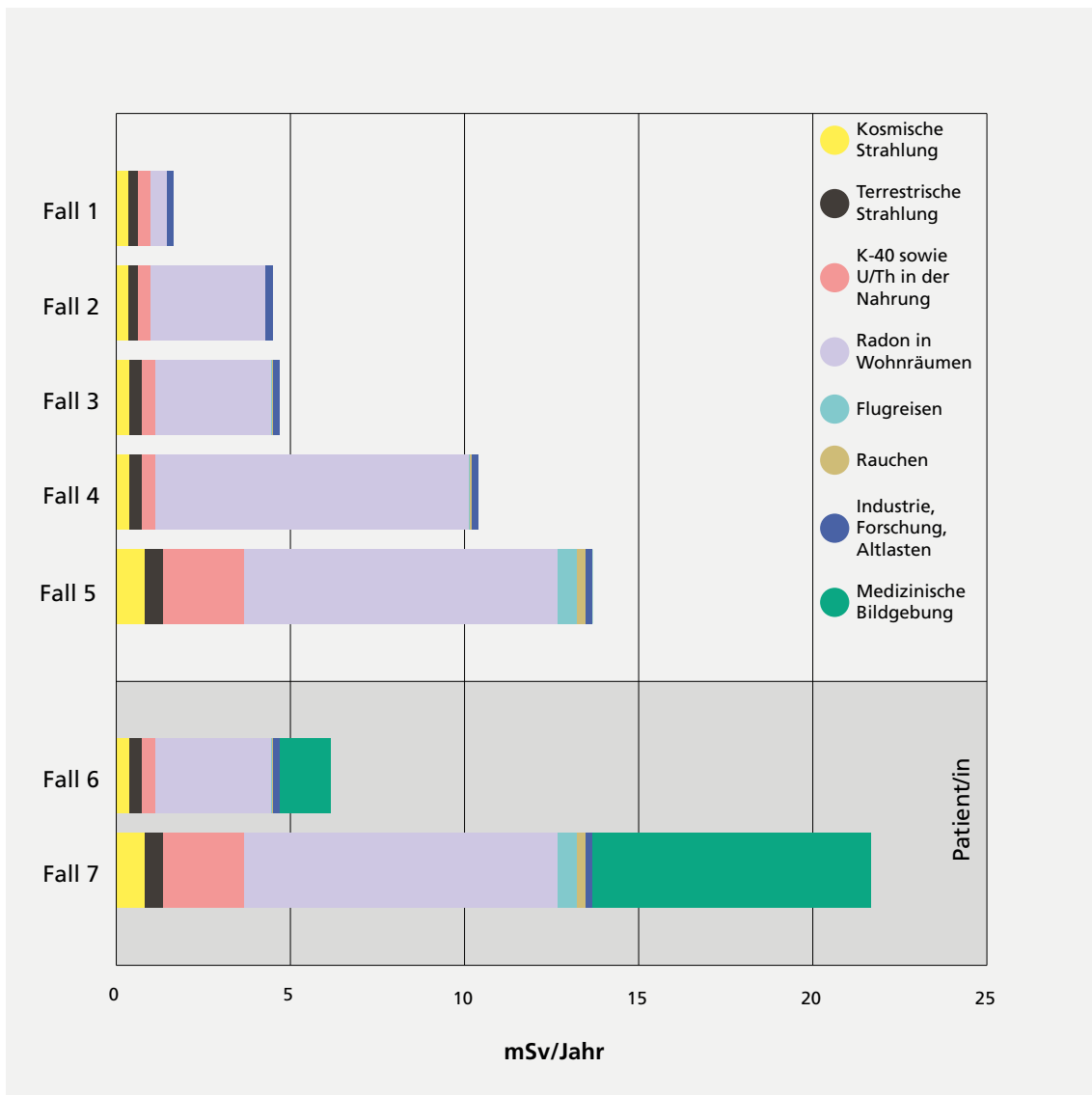


Abb. 23
 Variabilität der Exposition der Schweizer Bevölkerung:
 effektive Dosis für eine Person in mSv/Jahr für sieben standardisierte Szenarien.

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, umso mehr angesichts der aktuellen nuklearen Bedrohungen im Zusammenhang mit dem Ukraine-Krieg.

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. 2022 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.

Wissenschaftlicher Ausschuss der UNSCEAR

UNSCEAR ist eine 1955 geschaffene Kommission der Vereinten Nationen. Ihre Mission besteht darin, die Strahlendosen und die Wirkungen ionisierender Strahlen auf internationaler Ebene zu prüfen und eine wissenschaftliche Basis für den Strahlenschutz bereitzustellen. Sie legt der UN-Generalversammlung in regelmässigen Abständen Berichte vor. Seit 2016 umfasst die deutsche Delegation einen Vertreter 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 dem aktuellen Stand zu halten. Sie gibt Empfehlungen zu allen Aspekten dieses Schutzes heraus. Professor François Bochud, Vorsitzender der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (KSR) bis Ende 2021, ist Mitglied der Hauptkommission der ICRP. 2017 hat sich das BAG verpflichtet, während fünf Jahren von 2018 bis 2022 die ICRP-Initiative Advancing Together zu unterstützen. Ziel der Initiative ist es, das Strahlenschutzsystem zu verbessern, den Zugang zu den Empfehlungen und Arbeiten der ICRP zu erweitern und die Zusammenarbeit mit Fachpersonen, Behörden und der Bevölkerung zu stärken. Das BAG beteiligt sich an den Arbeiten der Task Group 114 – Reasonableness and Tolerability in the System of Radiological Protection.

Internationale Atomenergieorganisation (IAEO)

Die IAEO ist eine mit der UNO verbundene Organisation, deren Aufgabe es ist, grundlegende Sicherheitsnormen zum Strahlenschutz aufzustellen. Zu diesem Zweck stützt sie sich auf die Empfehlungen und Leitlinien der ICRP. Diese Normen sind die Grundlage für die Ausarbeitung gesetzlicher Bestimmungen zum Strahlenschutz auf internationaler (zum Beispiel Europäische Union) oder nationaler Ebene. In diesem Zusammenhang ist das BAG insbesondere an den Aktivitäten des Ausschusses für Normen zur Strahlenschutzsicherheit (Radiation Safety Standards Committee RASSC) interessiert. Im Jahr 2022 wurden im Rahmen einer

elektronischen Arbeitsgruppe (eWG), an der das BAG beteiligt war, Überlegungen zur langfristigen Strategie der Safety Standards angestellt, insbesondere im Kontext des Klimawandels und der Pandemien und ihrer möglichen Auswirkungen auf die Anlagen und Tätigkeiten. Im Berichtsjahr war das BAG massgeblich an der Organisation der dritten Konferenz der IAEO zu Strahlenschutz am Arbeitsplatz in Genf beteiligt. Sie fand vom 5. bis 9. September 2022 statt (vgl. Bericht, Seite 33). Im Jahr 2022 verfolgte das BAG intensiv die Mitteilungen der IAEO zur Sicherheit und Sicherung der Kernanlagen in der Ukraine.

Kernenergie-Agentur (NEA)

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

International Radiation Protection Association (IRPA)

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

Expertengruppe «Artikel 31 Euratom-Vertrag»

Seit 2014 nimmt das BAG in einer Beobachtungsfunktion an den Treffen und Diskussionen der Expertengruppe «Artikel 31 Euratom-Vertrag» teil. Diese Gruppe ist damit beauftragt, die von der Europäischen Kommission ausgearbeiteten Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen zu prüfen. Das BAG nahm im Verlauf von 2022 an der Working Party on Natural Radiation Sources und der Working Party on Medical Exposures teil. Ausserdem nahm es Stellung zum Entwurf eines Berichts über Baumaterialien.

Vereinigung europäischer Strahlenschutzbehörden (HERCA)

In der HERCA sind nahezu alle europäischen Staaten vertreten. Die Vereinigung hat das Ziel, den Strahlenschutz in Europa zu harmonisieren, zum Beispiel durch gemeinsame Stellungnahmen zu Strahlenschutzthemen. Sie ist für die europäischen Strahlenschutzbehörden die wichtigste Plattform für den Erfahrungsaustausch und zur Verbesserung der Strahlenschutzpraxis in den Mitgliedsländern.

In diesem Zusammenhang hat sich das BAG an mehreren Treffen insbesondere für die Vorbereitung eines europäischen Inspektoren-Workshops in der Radiotherapie stark engagiert. Dieser Workshop hat zum Ziel, die Kompetenz der Inspektoren und Inspektorinnen der Strahlenschutzbehörden zu stärken und sie mit neuen Technologien vertraut zu machen. Aufgrund der Pandemie und der Idee eines intensiven Erfahrungsaustausches wurde das Treffen auf Juni 2023 in Helsinki verschoben. Es wurde ein HERCA-internes Dokument zu Protonentherapieanlagen herausgegeben, mit Angaben über Bewilligungsverfahren, Aufsichtstätigkeiten sowie Strahlenschutz-Spezifisches solch komplexer Anlagen – als Hilfe für die Behörden. Die europäischen Behörden organisierten im November 2022 ein Webinar zu diesem Thema mit mehr als 75 Teilnehmenden. Zudem wurde eine Erhebung über die Anwendung neuer Radiopharmazeutika in der Nuklearmedizin in den verschiedenen Mitgliedsländern durchgeführt. Im Bereich der Tiermedizin

beschäftigt sich eine Gruppe von Spezialist/innen mit der Dosimetrie der Arbeitnehmenden.

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 bei 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 wird nun auch 2023 weitergeführt.

Der Fokus der «Working Group on Natural Radiation Sources» (sprich NORM und Radon), an der sich das BAG auch beteiligt, lag 2022 auf der Durchführung des zweiten «HERCA Workshop on National Radon Action Plans». Dieser fand im Juni 2022 in Lissabon statt.

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). EAN hat im 2022 zwei Newsletter zu ALARA, verfügbar unter: [Newsletters \(eu-alara.net\)](http://www.eu-alara.net), publiziert und organisiert für Anfang Oktober 2023 einen Workshop zu ALARA in der Medizin mit Fokus auf die interventionelle Radiologie und Nuklearmedizin in Wien.

Bilaterale Zusammenarbeit mit Deutschland und Frankreich

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

Rechtsgrundlagen

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

Die ionisierende Strahlung ist mit einer umfassenden Gesetzgebung geregelt, die Vollzugsaufgaben sind hauptsächlich Sache des Bundes. Die wichtigsten Erlasse der Strahlenschutzgesetzgebung sind das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG) und die totalrevidierte Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV). Darauf basieren weitere Verordnungen zum Strahlenschutz, die meist technische Aspekte regeln. Die Strahlenschutzgesetzgebung beruht auf Artikel 118 Absatz 2 Buchstabe c der Bundesverfassung, die dem Bund

die Kompetenz zum Erlass von Vorschriften über ionisierende Strahlung überträgt. Der Schutz gilt für alle Situationen, in denen Mensch und Umwelt ionisierenden Strahlen ausgesetzt sind. Die Gesetzgebung umfasst alle relevanten Bereiche der ionisierenden Strahlung (Ausbildung, Bewilligung, Aufsicht, Dosimetrie, Abfälle, Umwelt, Forschung, Notfälle usw.) und basiert für alle Gebiete (Medizin, Forschung, Industrie, Kernanlagen) auf einheitlichen Konzepten.

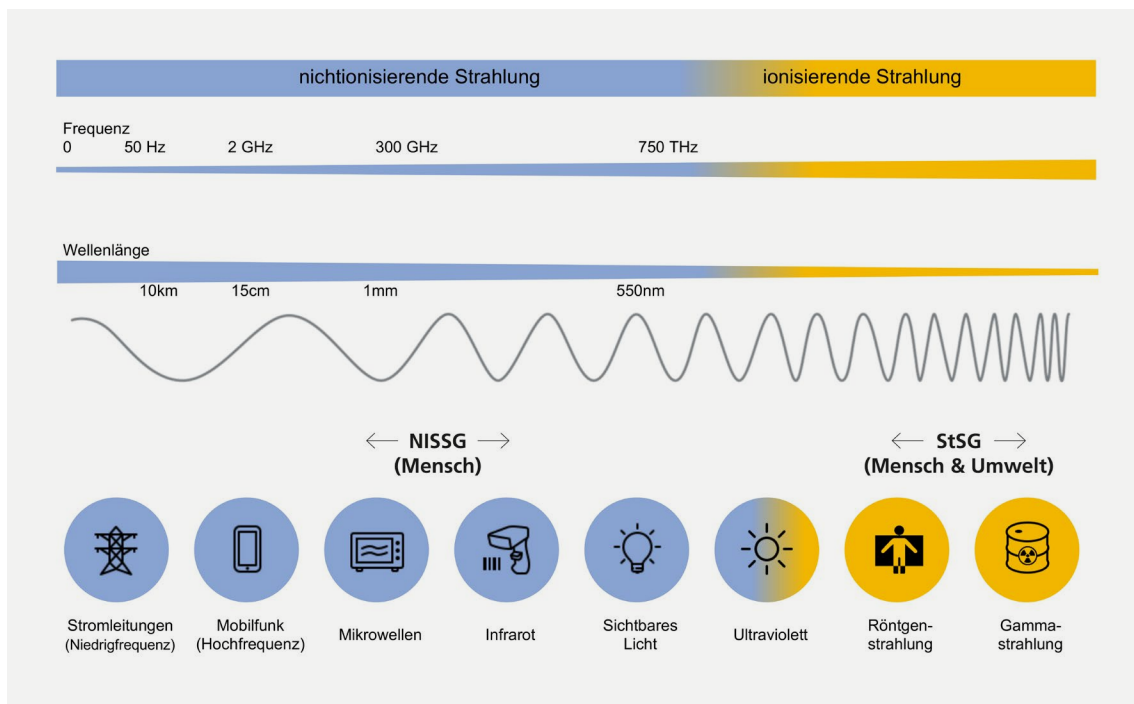


Abb. 24
Das Strahlenspektrum als Handlungsrahmen für das Strahlenschutzgesetz (StSG) und das Gesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG)

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. Mit dieser Teilrevision bleiben das Strahlenschutzsystem und dessen Grundsätze unverändert. Eine öffentliche Vernehmlassung zu dieser Teilrevision soll im ersten Halbjahr 2023 starten.

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 Radiss (radiologische Sicherheit 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 Bevöl-

kerung, 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. 106 580 Personen inkl. 7340 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, Elektrosmog, 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.

