

Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz **Ergebnisse 2017**

Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse **Résultats 2017**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Bundesamt für Gesundheit BAG
Office fédéral de la santé publique OFSP

Liebe Leserin, lieber Leser

2017 war ein Schlüsseljahr für die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung: Am 26. April verabschiedete der Bundesrat die totalrevidierten Verordnungen im Strahlenschutz. Die Schweiz hat sich damit an die neuen internationalen Normen angepasst und garantiert einen hochstehenden Strahlenschutz für Bevölkerung und Umwelt. Nähere Einzelheiten zu den Neuerungen erfahren Sie im Interview mit unserer Mitarbeiterin Barbara Ott: Sie war die Projektleiterin und äussert sich zu den Neuerungen dieser umfassenden Revision. Meinerseits danke ich allen Beteiligten, die aktiv an den verschiedenen Etappen dieses Prozesses mitgewirkt haben, für ihr Engagement. Ich bin überzeugt, dass sich unser Bemühen um einen Dialog bei der Ausarbeitung dieser neuen gesetzlichen Grundlage sehr positiv auf die Umsetzung auswirken wird.

Am 16. Juni hat das Parlament das Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG) gutgeheissen. Das neue Gesetz bietet die Möglichkeit, gefährliche Laserpointer zu verbieten oder für gewisse kosmetische Behandlungen Anforderungen an die Ausbildung zu stellen. Bei Solarien kann das BAG prüfen, ob die Anbieter die Sicherheitsvorgaben der Hersteller einhalten. Die öffentliche Vernehmlassung für die Ausführungsverordnung zum NISSG wird im ersten Halbjahr 2018 stattfinden, und ich empfehle interessierten Kreisen unbedingt, daran teilzunehmen.

Der 2. Nationale Strahlenschutztag zur medizinischen Radiologie war mit über 160 Teilnehmenden ein grosser Erfolg. Wir werden gemeinsam unser Hauptziel erreichen, dass nurmehr begründete Untersuchungen mit optimierten Strahlendosen durchgeführt werden. Der Strahlenschutz muss künftig noch stärker zu einem wichtigen Bestandteil bei der Qualität und Sicherheit medizinischer Behandlungen werden.

Im Bereich Umweltüberwachung gab das Jahr 2017 einige Rätsel auf. Verschiedene europäische Länder, darunter auch die Schweiz, haben Spuren des Isotops Ruthenium-106 in der Atmosphäre gemessen – mit bisher unbekannter Ursache. Für die Gesundheit der Schweizer Bevölkerung stellten diese Spuren jedoch zu keiner Zeit eine Gefahr dar.

Ich lade Sie abschliessend ein, in diesem Bericht zu entdecken, welche Erfolge, Herausforderungen und Ereignisse unsere Abteilung im vergangenen Jahr zudem beschäftigten – etwa die Einführung klinischer Audits, die Sanierung radiumkontaminierter Gebäude, die Stärkung des Radonschutzes, die Kontrollen der Radioaktivität an den Grenzen, die Exposition von Flugpassagieren wegen eines radioaktiven Pakets oder unsere Teilnahme an einer Notfallübung.

Viel Vergnügen bei der Lektüre!

Sébastien Baechler

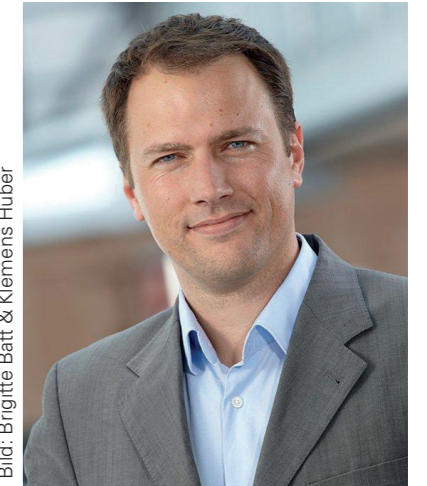


Bild: Brigitte Batt & Klemens Huber

Inhalt

3	Editorial
5	Interview: Moderner, risikobasierter Strahlenschutz
10	Strahlenschutz in Medizin und Forschung
18	Radiologische Ereignisse
21	2. Nationaler Strahlenschutztag in der Medizin
24	Aktionsplan Radium 2015–2019
27	Aktionsplan Radon 2012–2020
30	Überwachung der Umwelt
33	Reportage: Radioaktivitätskontrolle am Grenzübergang in Chiasso
35	Intervention in einem radiologischen Notfall
36	Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall
38	Strahlenexposition der Bevölkerung 2017
40	Internationale Zusammenarbeit
43	Publikationen, weiterführende Informationen
44	Strahlenschutz: Aufgaben und Organisation
45	Organigramm / Aufgabenportfolio
47 ff.	Französische Texte / Version française
92	Impressum / Colophon

Moderner, risikobasierter Strahlenschutz

Das revidierte Strahlenschutzrecht schützt Bevölkerung, Patientinnen und Patienten und Personen am Arbeitsplatz besser vor ionisierender Strahlung sowie die Umwelt vor Radioaktivität. Die Schweiz passt sich mit der Revision neuen internationalen Richtlinien an, ohne bewährte eigene Lösungen aufzugeben. Barbara Ott, Fachspezialistin in der Abteilung Strahlenschutz und Projektleiterin, äussert sich im nachfolgenden Interview zu den Neuerungen dieser Revision.

Ab 1. Januar 2018 gilt das neue Ausführungsrecht im Strahlenschutz: Das Revisionspaket umfasst die Strahlenschutzverordnung, die Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz und acht Departementsverordnungen. Was war der Auslöser für diese umfassende Revision?

Barbara Ott: Unser Hauptziel war ein moderner, risikobasierter Gesundheitsschutz. Wir haben die Gesetzgebung an neue wissenschaftliche Erkenntnisse, an die technischen Weiterentwicklungen und an internationale Richtlinien angepasst. Dabei soll für Bevölkerung und Umwelt ein mindestens gleich hohes Strahlungsniveau wie in unseren Nachbarländern garantiert sein. Neue Herausforderungen im Strahlenschutz sind die enormen technologischen Fortschritte in der Medizin, die Innovationen in der Forschung, die Weichen, die im Hinblick auf die Stilllegung der Kernkraftwerke gestellt werden müssen, und die notwendige Verstärkung der radiologischen Sicherheit.

Was würden Sie als die Hauptzüge der Revision charakterisieren?

Barbara Ott: Wir führen mit der Revision eine risikobasierte Regelung ein, die alle künstlichen und natürlichen Expositionssituationen mit ionisierender Strahlung abdeckt. Dieser sogenannte «graded approach» erlaubt es künftig, uns in Bereichen mit hohen Dosen und Risiken mehr zu engagieren. Bei kleineren Risiken setzen wir demzufolge auf die Selbstverantwortung. Die Einführung klinischer Audits soll für die Vermeidung unnötiger Strahlendosis sorgen und gleichzeitig auch zur Senkung der Gesundheitskosten beitragen. Zudem wurden Aufträge des Bundesrats konkretisiert: Die neuen Bestim-

mungen ermöglichen die Umsetzung des Aktionsplans Radon 2012–2020 (Senkung des Radonreferenzwertes in Aufenthaltsräumen) und schaffen die Rahmenbedingungen für den Notfallschutz.

Hinweis: Die wichtigsten Neuerungen finden Sie im Kästchen Seite 6/7.

Die neue Strahlenschutzverordnung hat gut 60 Artikel mehr als die alte aus dem Jahr 1994. Haben sich in den letzten Jahren neue Risiken ergeben?

Barbara Ott: Insgesamt geht die neue Verordnung weiter als die alte, um bestehende Lücken zu schliessen und die oben erwähnten Herausforderungen zu meistern. Mehr Gewicht hat z.B. der Strahlenschutz in der Medizin, um Patientinnen und Patienten besser zu schützen. Personen, die beruflich mit ionisierender Strahlung und Radioaktivität umgehen, haben jetzt eine Fortbildungspflicht. Neu aufgenommen haben wir Bestimmungen zu Altlasten, wie sie beispielsweise durch die Verwendung von Radium in der Uhrenindustrie aufgetaucht sind, aber auch zum Umgang mit natürlicher Strahlung im Arbeitsalltag, wie etwa in Wasserwerken oder im Tunnelbau. Neu gilt auch das Flugpersonal als beruflich strahlenexponiert. Für Pilotinnen und Piloten sowie das Kabinenpersonal müssen deshalb die jährlichen Strahlendosen individuell berechnet werden. Die Behörden haben auch erweiterte Pflichten in der Kommunikation, so müssen sie über alle radiologischen Ereignisse von öffentlichem Interesse informieren.

Der Bund will Strahlenschutz künftig risikobasiert betreiben. Welche Gefährdungen sind aus heutiger Sicht vernachlässigbar, wo liegen die grossen Risiken?

Barbara Ott: Die neue Verordnung bezweckt generell, mit innovativen Ansätzen den Aufwand für alle Beteiligten klein zu halten, gerade dort, wo die Risiken verhältnismässig gering sind. So gelten beispielsweise die Angestellten von Zahnarztpraxen nicht mehr als beruflich strahlenexponiert und müssen keine Dosimeter mehr tragen, sofern sie nur mit zahnmedizinischen Kleinröntengeräten arbeiten. Für solche Röntgenanlagen haben wir auch das Prozedere bei den Bewilligungsgesuchen vereinfacht. Solche Massnahmen erlauben es, uns in der Zukunft auf Bereiche mit hohen Risiken zu konzentrieren. Dies umfasst dosisintensive Strahlendiagnostiken und -therapien, die Nuklearmedizin, geschlossene hochaktive Quellen wie beispielsweise das medizinische Strahlenskappell. Ein weiteres Beispiel für den risikobasierten Ansatz sind Radonsanierungen, da die empfohlenen Sanierungsfristen von der Dringlichkeit im Einzelfall abhängen. Zudem haben wir die Werte, unterhalb derer die Radioaktivität eines Stoffes als unbedenklich gilt, internationalen Standards angepasst. Damit wird ein besserer Schutz für die Bevölkerung gewährleistet und der grenzüberschreitende Warenverkehr erleichtert. Das wirkt sich etwa beim Transport von speziellen Materialien zum Recycling aus.

Die wichtigsten Neuerungen des revidierten Strahlenschutzrechts:

- In der Medizin werden klinische Audits eingeführt. Damit sollen ungerechtfertigte Untersuchungen und Behandlungen vermieden und die Patientendosen noch weiter optimiert werden.
- Der Referenzwert für das natürliche radioaktive Gas Radon in Wohn- und Aufenthaltsräumen wird gesenkt. Es gilt neu ein Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter. Das bedeutet, dass die Radonbelastung in der ganzen Schweiz beim Bauen stärker beachtet werden muss.
- Es werden neue Bestimmungen zum Umgang mit radioaktiven Altlasten eingeführt. Diese beinhalten insbesondere Messungen und Sanierungen betroffener Liegenschaften. Aktuelles Beispiel sind die Belastungen durch Radium aus der Uhrenindustrie.
- Die internationale Harmonisierung der Befreiungsgrenzen erleichtert den grenzüberschreitenden Warenverkehr und gewährleistet einen besseren Schutz für die Bevölkerung bei der Abgabe von Stoffen an die Umwelt.
- Die radiologische Sicherheit wird verstärkt: Die Massnahmen bestehen in der verbesserten Kontrolle von hochradioaktiven Quellen.
- Die Problematik illegaler oder versehentlich gehandhabter radioaktiver Quellen erhält mehr Gewicht. Kehrichtverbrennungsanlagen und metallverarbeitende Betriebe müssen künftig mit geeigneten Verfahren überwachen, dass kein so genanntes herrenloses radioaktives Material (z.B. kontaminiertes Altmetall beim Metallrecycling) in den Bearbeitungsprozess gelangt.
- Schutz von Personen am Arbeitsplatz: Bei der beruflichen Strahlenexposition wird der Dosisgrenzwert für die Augenlinse gesenkt. Zudem sollen künftig auch natürliche Strahlenquellen berücksichtigt werden, was Arbeitsplätze mit starker Radonexposition, Industrien mit natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien sowie das Flugpersonal betrifft.

- Die Ausbildung im Strahlenschutz wird modernisiert. Eine regelmässige Fortbildung soll sicherstellen, dass die Kompetenzen im Strahlenschutz erhalten und aktualisiert werden.
- Die Aufsichtsbehörde informiert die Bevölkerung künftig nicht nur über Störfälle, sondern über alle radiologischen Ereignisse von öffentlichem Interesse.
- Bewilligungen und die Aufsicht basieren auf einem nach Risiken abgestuften System. Bei kleinen Risiken (z.B. Röntgenkleinanlagen in Zahnarztpraxen) wird das Bewilligungsverfahren vereinfacht und die Aufsichtstätigkeit reduziert.

Die Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung ist in den letzten 15 Jahren gestiegen, nicht zuletzt aufgrund medizinischer Anwendungen mit ionisierender Strahlung. Schützt die neue Verordnung die Bevölkerung nun besser?

Barbara Ott: Die medizinischen Technologien haben sich in den letzten zehn Jahren stark entwickelt und tragen wesentlich zu verminderten Strahlungsdosen bei. Trotzdem steigt die durchschnittliche Strahlenbelastung der Bevölkerung aufgrund der zunehmenden Anzahl von dosisintensiven Untersuchungen an. Wir können deshalb unseren Fokus verstärkt auf die Rechtfertigung medizinischer Anwendungen richten, also die Frage, was bei einem bestimmten Krankheitsbild sinnvollerweise wie oft eingesetzt werden soll. Hier gibt es noch einiges Verbesserungspotenzial. Das neu eingeführte Mittel dafür sind die «Klinischen Audits», so genannte Peer Reviews unter Fachkollegen: Neue Behandlungsprotokolle sollen künftig die Strahlenbelastung von Patientinnen und Patienten in einem gesamtheitlichen Ansatz verringern. Das heisst, dass nicht nur eine kleine Strahlenbelastung im Vordergrund steht, sondern die Untersuchungen und Behandlungen eine gute Qualität aufweisen müssen.



Barbara Ott ist dipl. Elektroingenieurin ETH Zürich und arbeitet seit 2011 als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Sektion Strahlentherapie und medizinische Diagnostik beim BAG. Sie war als Projektleiterin für die Totalrevision der Verordnungen im Strahlenschutz verantwortlich.

Ein schlanker Staat und mehr Selbstverantwortung für die Akteure sind Forderungen, welche die Politik heute stellt. Wie geht die neue Verordnung mit diesem politischen Wind um?

Barbara Ott: Wir haben einen Verfassungsauftrag im Strahlenschutz, den wir erfüllen müssen und der Ressourcen erfordert. Allerdings kennen wir diese politische Forderung und setzen sie so weit als möglich um, einige Beispiele habe ich vorher erläutert. Dies hat dazu geführt, dass die Schweiz einen schlanken und günstigen Strahlenschutz hat, der auch grundsätzlich nicht bestritten ist. Trotzdem brauchen wir ein gewisses Mass an Sichtbarkeit. Gerade in der Medizin bestehen viele sinnvolle Verpflichtungen, um Patient/innen zu schützen. Würden wir hier zu stark deregulieren, bestünde die Gefahr, dass er in gewissen Bereichen vergessen würde.

Beim Schutz vor Radon hätten wir weiter gehen können. Kantone müssen die Sanierung von Häusern nur bei Schulen und Kindergärten anordnen, ansonsten sind die Hauseigentümerinnen und -eigentümer in der Pflicht. Bei den Baumaterialien haben wir in Bezug auf die natürliche Strahlung die Regelung so offen gelassen, dass wir zukünftige Normen ohne Zusatzkosten übernehmen können. Und, last but not least, trägt auch unser risikobasierter Ansatz dieser politischen Forderung Rechnung.

Der Strahlenschutz ist im Gegensatz zu anderen Bereichen traditionell detailreich organisiert, daran ändert sich auch nach der Revision nichts. Was ist beispielsweise in den teilweise sehr umfangreichen Anhängen der Strahlenschutzverordnung geregelt?

Barbara Ott: Im Strahlenschutz ist allein der Bund für die Reglementierung verantwortlich. Wir haben mit der neuen Verordnung unsere bisherige Vision beibehalten: Die Verordnung soll nicht nur ein juristisches Werk sein, sondern vor allem auch ein Manual und Labortool für Spezialisten, die mit ionisierender Strahlung umgehen. Dies erklärt diesen Detailreichtum und auch die vielen praxisbezogenen Anhänge. Wir haben als einziges Land eine vollständige Liste aller Nuklide im Anhang, mit denen sich beispielsweise Dosen abschätzen oder die Befreiungsgrenzen für radioaktive Materialien anwenden lassen. Wir sind überzeugt, dass dies bereits heute geschätzt wird.

Mit der Inkraftsetzung des umfangreichen Revisionspaketes schafft der Bund eine Situation, in der es für alle Beteiligten schwierig wird, sich zurechtzufinden. Gibt es Hilfestellungen seitens des BAG?

Barbara Ott: Uns ist bewusst, dass wir viel Beratungsarbeit leisten müssen. Wir haben diverse Merkblätter für ausgesuchte Zielgruppen mit den wichtigsten Neuerungen veröffentlicht, Veranstaltungen wie den Strahlenschutztag (siehe Bericht Seite 21) durchgeführt sowie das neue Recht diversen Fachgesellschaften vorgestellt. Wichtig ist auch unsere Aufsichtstätigkeit vor Ort in den Betrieben, wo wir die neuen Regelungen vorstellen und konkrete Hilfestellung leisten können. Zudem gibt es teilweise Übergangsfristen, die den Umsetzungsdruck etwas abmildern.

Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft



Abb. 1: Die Gesetzeslandschaft im Strahlenschutz ab 1. 1. 2018

Unser Wunsch ist es, dass die Verantwortlichen zuerst die grossen Herausforderungen anpacken und wir anschliessend mit ihnen gemeinsam die Details erarbeiten. Ein kulanter Vollzug ist für uns in dieser Übergangsphase selbstverständlich. Und, trotz all dieser Veränderungen: Gleichgeblieben ist zumindest eines, nämlich die Physik, die dahinter steckt!

Was waren die grössten Herausforderungen für das Projektteam im BAG?

Barbara Ott: Herausfordernd war es dafür zu sorgen, dass unser Alltagsgeschäft nicht unter dem Ordnungsprojekt zu leiden hatte. Wir erhielten für das Projekt keine zusätzlichen Ressourcen. So war es zeitweilig schwierig, die internen Fachleute freizubekommen. Insgesamt fand ich es aber bereichernd, nicht nur im eigenen Fachbereich zu arbeiten, sondern zusammen als Abteilung Strahlenschutz die neue Verordnungslandschaft zu gestalten. Da ich normalerweise im medizinischen Bereich arbeite, realisierte ich erst als Projektleiterin, wie vielfältig unsere Aufgaben im Strahlenschutz eigentlich sind. Es war meine persönliche Herausforderung, in all diesen Themen genügend sattelfest zu werden und die Fäden in der Hand zu behalten.

Von der Strahlenschutzgesetzgebung betroffen sind eine grosse Anzahl Behörden, medizinische Fachgesellschaften, Verbände und viele mehr. Dies kommt auch in den 141 Stellungnahmen zum Ausdruck, die das BAG zur Vernehmlassung erhalten hat. Wie hat das BAG diese Kreise ins Revisionsprojekt einbezogen?

Barbara Ott: Strahlenschutz ist nicht nur eine Angelegenheit des BAG. Wir haben deshalb die anderen zuständigen Behörden wie das Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und die Suva ins Projekt integriert, was sich von Anfang an ausbezahlt hat. Allerdings hatten wir nach der Vernehmlassung tatsächlich 141 Stellungnahmen auf dem Tisch, deren Bearbeitung doch ziemlich aufwändig war. Nichtsdestotrotz war es unser Anliegen, alle Stellungnehmenden zu treffen, um die Einwände zu diskutieren. Wir konnten dadurch viel Unzufriedenheit ausräumen, die oft auf Missverständnissen beruhte. So haben beispielsweise die angepassten Bewilligungsgebühren viel zu reden gegeben. Sie werden neu pauschal pro Bewilligung für eine Frist von zehn Jahren erhoben. Da dies einen

erheblichen Bürokratieabbau mit sich bringt, waren die Betroffenen am Ende einverstanden.

Auch wenn der grosse Umbau jetzt erst in Kraft tritt und den gesetzlichen Rahmen für die nächsten 10 bis 20 Jahre fixiert, ist der Gedanke an eine nächste Revision nicht ganz abwegig. Zeichnen sich bereits heute neue risikobehaftete Gebiete am Strahlungshorizont ab, die zukünftig geregelt werden müssten?

Barbara Ott: Es gehört zu unseren grossen Herausforderungen, die rasche technologische Entwicklung, durch die immer wieder neuartige Geräte auf den Markt kommen, mitzuverfolgen. Im Normalfall wirken sich diese Innovationen jedoch nur auf die technischen Verordnungen aus. Neue Forschungsergebnisse erwarte ich in den nächsten Jahren zu noch wenig bekannten gesundheitlichen Effekten im Niedrigdosisbereich oder zu individuellen Strahlensensibilitäten. Inwiefern sich solche Erkenntnisse in unseren Regelungen niederschlagen würden, lässt sich heute nicht sagen.

Strahlenschutz in Medizin und Forschung

Der enorme technologische Fortschritt bei den bildgebenden Verfahren bringt viele Vorteile, gleichzeitig wächst aber auch die durchschnittliche Strahlenexposition der Bevölkerung. Ziel ist es, negative Auswirkungen zu vermeiden und die Bevölkerung, Patient/innen und beruflich strahlenexponiertes Personal gut zu schützen. Im Rahmen von Aufsichtsschwerpunkten optimieren das BAG und die Betriebe gemeinsam den Einsatz ionisierender Strahlung. «Klinische Audits» sollen als zusätzliches innovatives Instrument künftig die Rechtfertigung von Untersuchungen und Behandlungen in der Medizin stärker ins Blickfeld rücken.

Strahlenschutz in der Medizin

Insgesamt waren in der Schweiz 2017 rund 20'000 Anlagen für die medizinische Anwendung ionisierender Strahlung bewilligt, über die Hälfte davon gehören in den Bereich der dentalen Radiologie. In der dentalen und in der konventionellen Radiologie finden ca. 85 % der Untersuchungen statt. Aufgrund vieler Optimierungsmassnahmen während der letzten Jahrzehnte erhalten Patient/innen bei solchen Untersuchungen relativ kleine Strahlendosen.



Abb. 2: Die Klinischen Audits ergänzen ab 1.1.2018 das Aufsichtssystem beim Strahlenschutz in der Medizin

Die komplexen Technologien in der diagnostischen Radiologie entwickeln sich enorm rasch. Patient/innen können davon zwar stark profitieren, der zunehmende Einsatz führt aber zu einem Anwachsen der durchschnittlichen Strahlenexposition der Bevölkerung. Sie ist aufgrund medizinischer Anwendungen innert 15 Jahren um 40 % gewachsen, von 1,0 auf 1,4 mSv/Jahr pro Person (1998–2013, Quelle: Institut de Radiophysique IRA, Lausanne, 2015; vgl. auch: Strahlenexposition der Bevölkerung 2017, S. 38).

Im Berichtsjahr waren 352 Computertomografen (CT) in der Schweiz im Einsatz (zum Vergleich 1998: 187 CT-Anlagen). Einer Erhebung zufolge werden hierzulande knapp 10 % der radiologischen Untersuchungen mit CT-Anlagen durchgeführt, was 70,5 % der jährlichen kollektiven Strahlendosis in der Medizin verursacht (IRA, 2015).

Auch bei anderen Anlagen im Hochdosisbereich gibt es Mengenausweitungen: In der Nuklearmedizin ist die Anzahl PET/CT- und PET/MRI-Anlagen in den letzten 13 Jahren von 3 auf 41, die der SPECT-CT-Anlagen von 1 auf 51 angewachsen (2004–2017); in der Strahlentherapie ist die Anzahl Beschleuniger von 47 auf 75 (2006–2017) gestiegen.

Angesichts dieser Entwicklung rücken die Strahlenschutzprinzipien Optimierung und Rechtfertigung stark in den Vordergrund, da das Risiko unnötiger bzw. unbeabsichtigter Strahlenexposition von Patient/innen besteht sowie der Schutz des Personals gewährleistet sein muss.

Mangelndes Fachwissen, ungenügendes Bewusstsein für Strahlenschutz und fehlendes Training des medizinischen Personals sind wichtige Faktoren, die im aktiven Austausch des BAG mit den Betrieben evaluiert und optimiert werden können.

2017 stand bei den rund 30 CT-Audits vor allem die Rechtfertigungspraxis im Fokus. Bei der letzten Aufsichtskampagne hatte das BAG noch die Optimierung und die Einführung Diagnostischer Referenzwerte in den medizinischen Alltag thematisiert.

Klinische Audits: Expert/innen bestätigen Nutzen nach Pilotphase

Klinische Audits sollen künftig ungerechtfertigte Untersuchungen und Behandlungen mit ionisierender Strahlung minimieren und Prozesse und Ressourcen optimieren. Um den bestmöglichen Nutzen von ionisierender Strahlung zu erzielen, ist es wichtig, dass die Untersuchungen und Behandlungen gerechtfertigt sind und optimiert durchgeführt werden. Ersteres heisst, dass die Verantwortlichen vor jeder Anwendung mit ionisierender Strahlung die Vorteile und Risiken für die Patient/innen sorgfältig abwägen und prüfen, ob strahlungsfreie, bildgebende Verfahren ein ähnliches Untersuchungsergebnis ermöglichen (z. B. Magnetresonanz oder Ultraschall). Wenn die Vorteile der Anwendung ionisierender Strahlung deren Risiken überwiegen, gilt die Anwendung zum Wohl des Patienten als gerechtfertigt.

Ab dem 1. Januar 2018 müssen Betriebe mit Computertomografie (CT), Nuklearmedizin, Radio-Onkologie und bei durchleuchtungs-gestützten, interventionellen Verfahren regelmässig klinische Audits durchführen. Das legt die revidierte Strahlenschutzverordnung (StSV) in Art. 41 bis 43 neu fest. Eine zweijährige Übergangsphase (2018/2019) stellt sicher, dass sich die Betriebe optimal darauf vorbereiten können. Es handelt sich bei Klinischen Audits weder um behördliche Kontrollen der technischen Qualität noch um Inspektionen der Aufsichtsbehörden, sondern um sogenannte «Peer Reviews», das heisst Begutachtungen durch Fachexpert/innen. Abb. 2 (S. 10) verdeutlicht die Einbettung der Klinischen Audits ins aktuelle Aufsichtssystem im Strahlenschutz, die Unterschiede der verschiedenen Auditformen, deren Zielsetzungen sowie die Akteure.

Vor jeder Audit-Runde definieren Mediziner/innen, Medizinphysiker/innen und Fachleute für Medizinisch-Technische Radiologie (MTRA) Schwerpunktthemen und legen die genauen Auditinhalte fest. Zudem erarbeitet der auditierte Betrieb im Vorfeld ein Qualitätshandbuch, das eine wichtige Grundlage für das Audit bildet. Während des Audits evaluieren Mediziner/innen, Medizinphysiker/innen und MTRA die Praxis ihrer Kolleg/innen an deren Arbeitsorten und geben ihnen gegebenenfalls Empfehlungen zur Verbesserung der klinischen Praxis ab (vgl. das Diagramm zum Auditzyklus in Abb. 3).

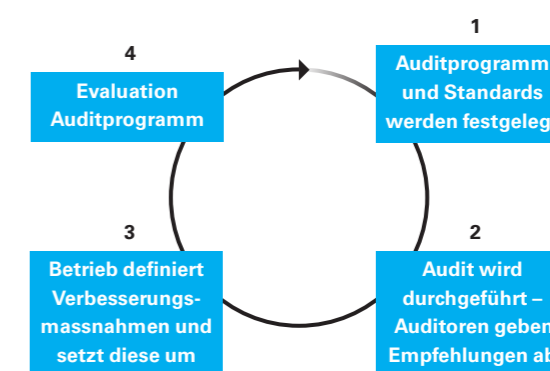


Abb. 3: Diagramm eines Zyklus bei Klinischen Audits

Bereits 2015 und 2016 haben neun Deutschschweizer Spitäler in der Radiologie und Radio-Onkologie erfolgreiche Pilot-Audits durchgeführt. Diese haben in diesem Jahr nun in der französischen Schweiz und neu auch im Bereich Nuklearmedizin stattgefunden. Fachexperten haben dafür in Auditoren-Schulungen gelernt, ein Audit zu planen, durchzuführen und die Resultate zielgruppengerecht zu kommunizieren. Insgesamt ca. vierzig Personen haben die Ausbildung als externe/r Auditor/in absolviert; die meisten konnten seitdem bereits praktische Erfahrungen sammeln.

Online-Befragungen nach den Audits haben gezeigt, dass sowohl die auditierten Personen als auch die Auditor/innen diese Form der Begutachtung als sehr nützlich für den Patientenschutz und die Abläufe im Betrieb beurteilten. Die Auditor/innen gaben zudem an, dass sie fachlich von den Pilotaudits profitieren konnten. Mehrere Faktoren trugen zu dieser mehrheitlich positiven Beurteilung bei, so das Vorhandensein von evidenzbasierten Inhalten, fachliche und soziale Kompetenzen der Auditor/innen, geringe Überschneidungen mit anderen Audits oder

Zertifizierungen, gut organisierte Abläufe, ein überschaubarer Aufwand für die Betriebe und eine Adaption der Audits an lokale Gegebenheiten. Diese Punkte sollen auch in die definitive Implementierung der Klinischen Audits in der Schweiz Rechnung einfließen. Für eine zukünftige Ausweitung des Auditprogramms wird zudem eine weitere Standardisierung der Prozesse angestrebt, und es muss sorgfältig bestimmt werden, welche Inhalte vor Ort auditiert und welche bereits vor dem Audit (z.B. in elektronischer Form) begutachtet werden.

Zentral war im Berichtsjahr zudem der Aufbau eines Steuerungskomitees, dem Vertreter/innen des BAG, der hauptsächlich betroffenen medizinischen Fachgesellschaften, dh. der Nuklearmedizin (SGNM), der Radiologie (SGR), der Radioonkologie (SRO), der Medizinphysik SGSMP, der Medizinisch Technischen Radiologie (SVMTRA) sowie der Vereinigung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte (FMH) angehören. Dieses Gremium wird künftig die Strategie der Auditprogramme festlegen. Inhaltlich wird das Steuerungskomitee durch Fachkommissionen unterstützt, die 2017 in den Bereichen Radiologie, Radio-Onkologie und Nuklearmedizin gegründet wurden. Sie erarbeiten derzeit die Inhalte, welche die Betriebe für die Vorbereitung auf die definitiven Audits benötigen werden. Die Betriebe erstellen in der zweijährigen Übergangsphase (2018/2019) ein Qualitätshandbuch gemäss Artikel 43 StSV, das die inhaltliche Grundlage für die zukünftigen Audits bilden wird, und bereiten sich auf eine jährliche Eigenevaluation vor. Nach der Übergangsphase (ab 2020) können Klinische Audits, die auf dem Qualitätshandbuch basie-

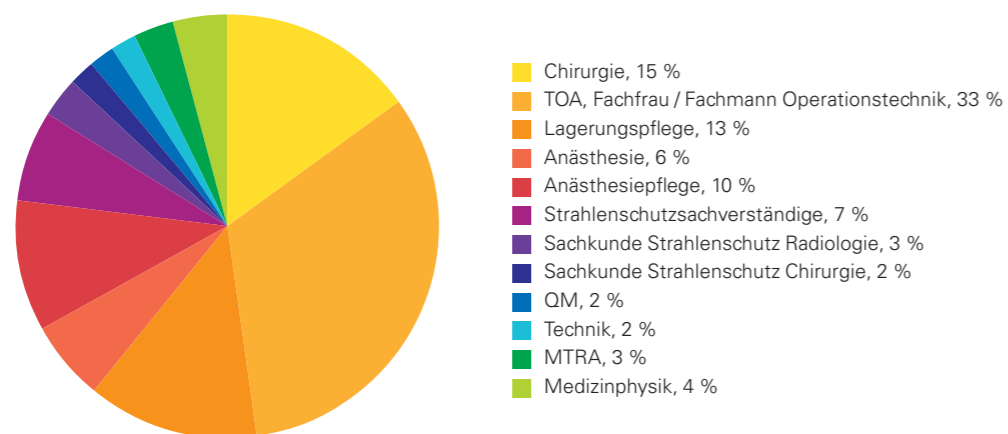


Abb. 4: Strahlenexponierte Berufsgruppen im OP-Bereich

ren, obligatorisch veranlasst werden. Mehr Informationen zum Projekt finden Sie unter www.clinicalaudits.ch.

Aufsichtsschwerpunkt BAG: Strahlenschutz im Operationstrakt

Ein Aufsichtsschwerpunkt im Bereich Strahlentherapie und medizinische Diagnostik lag auch 2017 beim Strahlenschutz in den Operationstrakten von Schweizer Spitälern. Die BAG-Fachleute haben sich in diesem Jahr auf die französischsprachige Schweiz konzentriert und konnten 114 OP-Bereiche besuchen. 2016, nach dem Aufbau des Projektes, waren es 52 Betriebe gewesen. Dabei haben die BAG-Vertreter/innen 478 Anlagen gesehen und sind 830 Fachpersonen aus dem Gesundheitswesen begegnet – dazu gehörten Chirurgen, Orthopäden, Anästhesisten, Radiolog/innen, Fachpersonen für technische Operationspflege, Mitarbeitende aus dem Bereich Lagerungspflege und Anästhesiepflege, Fachfrauen und -männer für medizinisch-technische Radiologie, Medizintechniker/innen, Medizinphysiker/innen und Qualitätsmanager/innen (vgl. Abb. 4). In den OP-Audits stehen der Strahlenschutz der strahlenexponierten Berufsgruppen im OP Bereich und der Austausch zu Strahlenschutzthemen im Vordergrund. Die Audits sollen ausserdem die interdisziplinäre Kommunikation zwischen den verschiedenen Berufsgruppen fördern.

Die BAG-Vertreter/innen haben die Besuche in den Spitälern nicht zuletzt auch genutzt, um die Fachleute aus der Praxis direkt über die Änderungen im Strahlenschutz aufgrund der revidierten Verordnungen zu informieren. Positive Aus-

wirkungen erhofft sich das BAG u.a. von der dort neu festgelegten Fortbildungspflicht für alle beruflich strahlenexponierten Personen: Damit schafft es eine optimale Voraussetzung, um das Know-how breit zu streuen und damit auch die verschiedenen Aspekte im Strahlenschutz besser als bisher abzustützen.

Die Auditkampagne im Operationstrakt wird 2018 fortgesetzt.

Diagnostische Referenzwerte bei Aufnahmen mit CBCT im Kopf- und Halsbereich

Die Verwendung digitaler Volumentomografen (oft als CBCT für «Cone beam computed tomography» bezeichnet) ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Gegenwärtig sind in der Schweiz 608 CBCT-Geräte im Einsatz, damit hat die Schweiz im europäischen Vergleich die höchste Pro-Kopf-Dichte. Aktuell sind es vor allem Zahnmediziner/innen, die CBCT häufig einsetzen. Sie verfügen aber oft nur über eine Basisausbildung im Strahlenschutz, obwohl die Mehrzahl von ihnen angibt, gute oder sogar sehr gute Kenntnisse zumindest in der Anwendung von CBCT zu besitzen. Auch sind relativ selten Strahlenschutzsachverständige vor Ort, da nur wenige Medizinphysiker in diesem Bereich tätig sind. Daher könnten die Personendosen und die kollektiven Dosen der Schweizer Bevölkerung zunehmen und es braucht Massnahmen, um diese allfällige Zunahme zu begrenzen. Derzeit ist dieser Anstieg allerdings schwierig zu quantifizieren, weil hier noch keine diagnostischen Referenzwerte zur Verfügung stehen.

Um diesen Trend genauer zu bestimmen und gegebenenfalls bremsen zu können, hat das BAG eine Liste mit diagnostischen Referenzwerten (DRW) für die verschiedenen Indikationen zusammengestellt. Mit deren Hilfe können die Anwender/innen ihre Praxis verbessern mit dem Ziel, die Strahlenexposition ihrer Patient/innen zu reduzieren. Das BAG hat die Umsetzung dieses Projekts dem Institut für Radiophysik (IRA) in Lausanne übertragen. Das Projekt beschränkt sich bewusst auf Anwendungen an Kopf und Hals. Andere Aufnahmen, wie z.B. die Extremitäten, sind momentan aufgrund der deutlichen Unterschiede gegenüber den Aufnahmen im Kopf- und Halsbereich nicht im Fokus. In Zusammenarbeit mit Fachärztinnen und Fachärzten im Dental-, HNO- und Kiefer-Gesichtsbereich entstand bereits eine Liste mit typi-



Abb. 5: CBCT-Geräte: Für zahnmedizinische Aufnahmen kommen sie immer häufiger zum Einsatz

schen Indikationen für CBCT-Anwendungen in diesen Gebieten. Es sollen namentlich Daten zur Dosis und Häufigkeit der einzelnen Untersuchungen erfasst werden. Ausserdem ist vorgesehen, Parameter zu sammeln, die mit dem Untersuchungsprotokoll festgelegt sind.

Diese Studie zu CBCT wird es ermöglichen, einerseits die verschiedenen Anlagen eingehend zu vergleichen und gleichzeitig einen Teil des Datenmaterials bereitzustellen, das für die grosse Erhebung zur Strahlenexposition der Bevölkerung 2018 erforderlich sein wird. Mit den erhobenen Daten könnten auch DRW pro Indikation im Bereich der CBCT bestimmt werden. Diese werden in einer Wegleitung des BAG publiziert werden.

Nuklearmedizin: Zulassung und Eichung von Aktivimetern in Dosier- und Applikationsautomaten

In der Nuklearmedizin wird jede Patientendosis vor der Verabreichung systematisch mit sogenannten Aktivimetern (= Messgeräte zur Aktivitätsbestimmung) genau gemessen. Aktivimeter können direkt in Dosier- und Applikationsautomaten eingebaut sein. Diese integrierten Systeme sind vor allem im Hinblick auf die Reduktion hoher Extremitätendosen des nuklearmedizinischen Personals sehr empfehlenswert, vorausgesetzt, die hohe Präzision der Aktivitätsbestimmung kann eingehalten werden. Die Auswertung der letztjährigen Auditschwerpunkte hat aufgezeigt, dass die Geräte oft nicht nach den

geltenden Bestimmungen der Strahlenmessmittelverordnung zugelassen und geeicht waren. In Koordination mit der zuständigen Behörde für die Zulassung und Eichung von Strahlenmessgeräten (Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS) und in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Herstellern hat das BAG bewirkt, dass ein Grossteil dieser Systeme nunmehr zugelassen und geeicht wurde. Damit steht ihrer optimalen und sicheren Verwendung nichts mehr im Wege.

Neue Entlassungskriterien in der Nuklidtherapie

Das Entlassungskriterium für Schilddrüsenpatient/innen, die mit Jod-131 behandelt werden, wird gemäss der neuen Gesetzgebung im Strahlenschutz von 5 auf 10 $\mu\text{Sv/h}$ (gemessen in 1 m Abstand) angehoben. Damit hat man sich an die europäischen Nachbarländer angepasst. Der angehobene Wert sollte zu einer verkürzten Hospitalisation der behandelten Personen führen. Entsprechende neue Entlassungskriterien braucht es auch für neuartige Therapien von neuroendokrinen Tumoren mit Lutetium-177 Dotatate und Dotatoc. Anwendungen mit Lutetium-177 werden künftig zunehmen, da die EU im September 2017 das erste Produkt zugelassen hat und in den nächsten Jahren mit weiteren Zulassungen zu rechnen ist. Eine sehr starke Zunahme wird erfolgen, sobald die ersten Lutetium-177-Therapeutika für das Prostatakarzinom in die Routineanwendung kommen.



Abb. 6: In der Nuklearmedizin wird jede Patientendosis vor der Verabreichung genau mit sogenannten Aktivimetern (= Messgeräte zur Aktivitätsbestimmung) gemessen

Um mögliche Risiken für Mensch und Umwelt frühzeitig abzuschätzen, hat das BAG am Unispital Basel Messungen mit 24 Patient/innen

durchgeführt. In regelmässigen Zeitabständen hat man die Dosisleistung der stationierten Personen bestimmt und die Kontaminationen im Zimmer und auf Gegenständen gemessen. Gleichzeitig haben Fachleute am CHUV (Lausanne) vergleichbare Messungen gemacht. Die ersten Resultate zeigen, dass die Dosisleistung und somit die unmittelbaren Gefahren für Dritte bei Therapien mit Lutetium-177 nicht so kritisch sind wie angenommen: Die Gammastrahlung ist hier weniger intensiv als die von Jod-131. Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Immissionsgrenzwerte in Gewässern nicht überschritten werden, da der grösste Teil der Aktivität über den Urin ausgeschieden wird. Insgesamt haben die Messresultate ergeben, dass eine Hospitalisation von 48 Stunden ausreicht, um den Strahlenschutz gegenüber Dritten sowie die Immissionsgrenzwerte zu gewährleisten. Diese Zeitdauer wird somit als Standard vorgegeben.

Bei der Verwendung von Lutetium-177 (Halbwertszeit 6 Tage) gilt es, künftig die Verunreinigung mit dem längerlebigen Nuklid Lutetium-177m (Halbwertszeit 160 Tage) bei der Abgabe an die Umwelt im Auge zu behalten. Diese Verunreinigung könnte zu Kapazitätsengpässen in den Tanks der Abklinglagerung führen, wenn die Häufigkeit der Anwendungen stark zunimmt.

Fortbildungspflicht für alle beruflich strahlenexponierten Personen: mindestens alle fünf Jahre

Die revidierte Strahlenschutzverordnung verpflichtet alle Personen, die Umgang mit ionisierender Strahlung haben, sich mindestens alle fünf Jahre im Strahlenschutz fortzubilden. Die Fortbildung soll sicherstellen, dass die erlernten Strahlenschutz-Kompetenzen erhalten und aktualisiert werden. Das BAG hat mit den betroffenen Fachgesellschaften verhandelt und ein Konzept erarbeitet, um 2018 für möglichst jeden Anwendungsbereich eine Fortbildung zur Verfügung stellen zu können. Einige Fachgesellschaften haben in ihren diesjährigen Jahrestagungen bereits Lektionen integriert, die als Fortbildung gelten. Die Strahlenschutzschulen haben ebenfalls bereits 2017 die ersten anererkennungspflichtigen Fortbildungen erfolgreich durchgeführt. Weitere Veranstaltungen sind geplant. Die interessanten Fortbildungsangebote können übrigens umgehend genutzt werden, dafür muss die Übergangsfrist nicht abgewartet werden.

Zusätzliche Anforderungen an die Strahlenschutz-Ausbildung für bestimmte Berufsgruppen

Personen, die mit ionisierender Strahlung umgehen oder Strahlenschutzaufgaben gegenüber anderen Personen wahrnehmen, müssen eine entsprechende Ausbildung nachweisen. In der revidierten Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung sind die dafür notwendigen Ausbildungen ersichtlich. Die Liste wurde an vom Strahlenschutz betroffene Berufe, die Kompetenzen im Strahlenschutz erlangen können, angepasst.

Neu wird zum Beispiel in der Zahnmedizin sowie für Oto-Rhino-Laryngologie, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, eine obligatorische anerkannte Strahlenschutz Ausbildung für die Anwendung von digitalen Volumetomografen verlangt. Mit dem Erhalt des eidgenössischen Fähigkeitszeugnisses als Dentalassistent/in ist der Nachweis der notwendigen Ausbildung für intraorale Röntgenuntersuchungen erbracht. Zum Erlangen der notwendigen Ausbildung für die Anwendungen von OPT/Fernröntgen und extraorale Aufnahmen (DVT) im Niedrigdosisbereich ist der Besuch von zusätzlichen anerkannten Kursen Voraussetzung.

Die Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO und die schweizerische Gesellschaft für dentomaxillofaziale Radiologie haben, in Zusammenarbeit mit dem BAG, einen Rahmenlehrplan für erweiterte Aufnahmetechniken entwickelt, der ab 2018 angeboten werden kann.

Forschung am CERN

Das CERN, die Europäische Organisation für Kernforschung, Frankreich und die Schweiz arbeiten auf der Grundlage der tripartiten Vereinbarung vom 16. September 2011 zusammen, um die Qualität der Strahlenschutz- und Sicherheitsmassnahmen bei den Anlagen des CERN zu gewährleisten. Es finden regelmässig tripartite Treffen statt zwischen dem CERN und den Strahlenschutzbehörden der beiden Gastländer (Autorité de sûreté nucléaire ASN in Frankreich und BAG). Bei diesen Treffen stellt das CERN die strategischen und rechtlichen Entwicklungen im Bereich Strahlenschutz vor. Dazu gehören beispielsweise die Planung neuer Anlagen, die ionisierende Strahlen produzieren, Änderungen von Regelungen zur Sicherheit oder zum Strahlenschutz oder auch Ergebnisse von Kontrollmessungen.

Neue CERN-Anlage produziert Radionuklide für die medizinische Forschung

Seit Dezember 2017 werden in der neuen Anlage CERN-MEDICIS Radionuklide für die medizinische Forschung produziert. Dank der benachbarten Anlage ISOLDE wird es möglich sein, Spitälern und Forschungszentren in der Schweiz und Europa eine breite Palette von Radionukliden zur Verfügung zu stellen, von denen einige ausschliesslich im CERN hergestellt werden. Dies ebnet den Weg für die Erforschung neuer Technologien zur Diagnose oder Behandlung von Krebs mit nicht-konventionellen Radionukliden. Das BAG hat die Installation der neuen Anlage im Rahmen des Zulassungsverfahrens eng begleitet.

Kampagne zur Freigabe von LEP-Modulen mit supraleitenden Kavitäten

Die Strahlenschutzverordnung gibt Grenzwerte an, unterhalb derer Abfälle, die schwache Radioaktivitätsspuren enthalten, über die üblichen Kanäle entsorgt werden dürfen. Ein Entscheid der ASN und des BAG im Rahmen des tripartiten Treffens vom 29. Juni 2012 definiert für die Entsorgung der radioaktiven CERN-Abfälle Grundsätze für eine ausgewogene Aufteilung auf Frankreich und die Schweiz. Auf dieser Grundlage hatte das CERN 2013 die erste Kampagne zur Freigabe radioaktiver Abfälle gestartet. Diese Kampagne umfasste eine Charge von 55 Strukturen des Hochfrequenz-Beschleunigers und acht kugelförmige Akkumulatoren des Hochfrequenzsystems des Large Electron Positron Collider (LEP), dessen Betrieb 2000 eingestellt wurde (vgl. Abb. 7).



Abb. 7: Beispiel eines teilweise zerlegten LEP-Moduls mit 4 supraleitenden Kavitäten (Foto: CERN)

Bei einer 2017 organisierten Kampagne wurde eine Reihe von Modulen supraleitender Kavitäten des Hochfrequenzsystems des LEP freigegeben. Diese Kampagne umfasste 71 LEP-Module mit je 4 supraleitenden Kavitäten, ein Halbmodul des Super Proton Synchrotron (SPS) sowie 4 in der Testphase verwendete Einheiten (2 einfache Kavitäten und 2 Viertelmodule), die insgesamt 444 Tonnen Material entsprachen. Von den 71 LEP-Modulen enthielten vier Kavitäten aus reinem Niob, der Rest bestand aus mit Niob beschichtetem Kupfer.

Das CERN hat diese Kampagne mit einem Merkblatt zur Freigabe von Abfällen dokumentiert, das es dem BAG vor Beginn der Entsorgungskampagne zur Prüfung vorlegte. Nach Diskussionen zwischen dem CERN und dem BAG entstand eine überarbeitete Version des Merkblatts mit einer Beschreibung der verwendeten Methode. Die vom BAG zusätzlich zu den Messungen des CERN vorgenommenen Stichproben bestätigten, dass die Entsorgung der LEP-Module mit den supraleitenden Kavitäten unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen und in einer sowohl für die Bevölkerung als auch für die Umwelt unbedenklichen Weise erfolgte.

Forschung am Paul Scherrer Institut

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

Abnahmetests bei der Bestrahlungsanlage Gantry 3

Im Berichtsjahr fanden die technischen Abnahmetests (customer acceptance tests) der neuen Bestrahlungsanlage Gantry 3 des Zentrums für Protonentherapie statt. Während die restlichen Bestrahlungsanlagen vom PSI selbst entwickelt und gebaut worden sind, handelt es sich bei der Gantry 3 um ein kommerzielles Produkt. Das BAG hat diese Abnahmetests inspiziert, da die erfolgreiche technische Abnahme der Anlage eine Voraussetzung ist für das Erteilen einer Betriebsbewilligung für die Anwendung am Menschen. Die klinische Inbetriebnahme der Gantry 3 ist für das Jahr 2018 geplant.

Lösungsfindung bei der Abfallentsorgung

Für das PSI aber auch für die Aufsichtsbehörden ist – nebst dem Bau und der Inbetriebnahme neuer Forschungsanlagen – die Bewirtschaftung von Abfällen aus den Beschleunigeranlagen eine besondere Herausforderung. Die BAG-Fachleute haben deshalb im Berichtsjahr mehrere Fachanlässe mit dem PSI und dem ENSI durchgeführt. Es ist wichtig, praktikable Lösungen für die verschiedenen Entsorgungswege zu finden und Prozesse zu entwickeln, die den Schutz von Mensch und Umwelt sicherstellen und die Menge an radioaktivem Abfall minimieren.

Das PSI hat aufgrund von Forderungen des BAG das Konzept für die Behandlung der Abfälle aus den Beschleunigeranlagen des PSI West revidiert. Darin sind die möglichen Entsorgungspfade und das entsprechende Vorgehen für die teilweise sehr unterschiedlichen Materialien dargelegt. Wann immer möglich, werden die anfallenden Abfälle sofort oder nach einer mehrjährigen Abklinglagerung freigemessen und als konventionelle Abfälle entsorgt. Diese Prozesse und deren Dokumentation stellen, nicht zuletzt auch aufgrund der Einführung der Befreiungsgrenzen aus der neuen Strahlenschutzverordnung, hohe Anforderungen an die Messtechnik. Ist eine Freimessung aufgrund der vorhandenen Aktivität nicht möglich, müssen die Abfälle charakterisiert, dokumentiert, konditioniert und, bis zu einer definitiven Entsorgung, in einem geologischen Tiefenlager, zwischengelagert werden. Diese Abfälle sind oftmals nur bedingt mit jenen aus Kernkraftwerken vergleichbar und bedürfen deshalb besonderer Aufmerksamkeit. Für die Behandlung der Abfälle aus den Beschleunigeranlagen des PSI ist eine bestimmte Infrastruktur

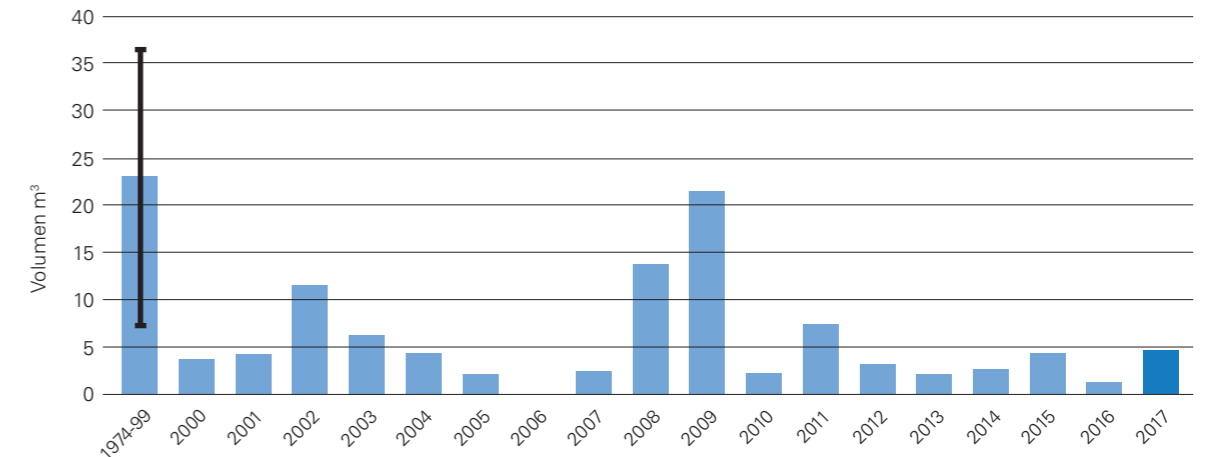


Abb. 8: Jährliches Volumen radioaktiver Abfälle bei den Sammelaktionen des Bundes (1974–1999: durchschnittlich geliefertes Volumen in Fässern pro Jahr, ab 2000 geliefertes Bruttovolumen der Abfälle)

notwendig. Diese ist zurzeit nur bedingt vorhanden. Deshalb laufen am PSI verschiedene Infrastrukturprojekte, die sowohl im BAG- als auch im ENSI-Aufsichtsbereich liegen. Das PSI soll die Möglichkeit haben, vorhandene Altlasten und Abfälle aus dem laufenden Beschleuniger-Betrieb sowie aus künftigen Rückbauarbeiten entsorgen zu können.

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 Standortwahl dafür ist gegenwärtig im Gange. Die Inbetriebnahme des Lagers für Abfälle mit schwacher und mittlerer Aktivität, zu denen der Grossteil der Abfälle des Bundes gehört, ist für 2050 vorgesehen.

Sammelaktion für radioaktive Abfälle

Im Rahmen der Sammelaktion 2017 haben 19 Unternehmen radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von 1.55×10^{15} Becquerel (hauptsächlich Tritium H-3) und einem Bruttovolumen von insgesamt 4,84 m³ abgegeben. Ausserdem

konnten bestimmte Abfälle mit Tritium und Kohlenstoff-14 mit der Zustimmung des BAG gemäss den Bestimmungen von Artikel 83 der Strahlenschutzverordnung (StSV) von 1994 verbrannt werden. Eine weitere mögliche Lösung ist die Dekontamination und Lagerung schwach radioaktiver Abfälle zum Abklingen in den Unternehmen bis zur Freigabe.

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

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

Radiologische Ereignisse

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat den Auftrag, die Bevölkerung vor ionisierender Strahlung zu schützen, insbesondere auch Patient/innen und beruflich strahlenexponiertes Personal sowie die Umwelt. Kommt es trotz den Vorsichts- und Schutzmassnahmen zu meldepflichtigen Ereignissen mit ionisierender Strahlung oder tauchen radiologische Altlasten auf, ist es Aufgabe des BAG, diese zu untersuchen und zu bewerten sowie darüber zu informieren.

Nach der Meldung eines radiologischen Ereignisses erfolgt immer eine sorgfältige Analyse im BAG. Die zuständigen Expert/innen evaluieren mögliche Folgen, prüfen die vorgeschlagenen Korrekturmassnahmen und entscheiden über die Durchführung einer Inspektion vor Ort. Zudem ist das BAG verpflichtet, angemessen zu informieren, teilweise in Zusammenarbeit mit den betroffenen Betrieben oder Behörden.

Jedes gemeldete Ereignis erscheint in statistischer Form im Jahresbericht der Abteilung Strahlenschutz. Ereignisse von besonderem Interesse werden in Kurzberichten näher erläutert.

2017: 25 gemeldete radiologische Ereignisse

2017 hat das BAG 25 Meldungen zu radiologischen Ereignissen verschiedenster Ursachen erhalten. Abbildung 9 gibt einen Überblick über die Ereignisse und die betroffenen Bereiche. In 11 Fällen, die meistens Quellenfunde anbelangen, ist eine Meldung an die IAEO-Datenbank ITDB (*Incident & Trafficking Database*) vorgesehen.

2017 gingen sieben Meldungen aus den Bereichen Umwelt, Betrieb und Bevölkerung ein, zehn weitere mit Altlasten, herrenlosen Quellen oder Quellenverlusten. Ein weiterer gemeldeter Fall betraf beruflich strahlenexponiertes Personal. Keines dieser insgesamt 18 Ereignisse wurde als INES 1 oder mehr eingestuft.

Von den drei gemeldeten Fällen aus dem Transportbereich warf besonders das Ereignis mit einem Gefahrguttransport bei einem nicht-konformen Flug von Kairo nach Brüssel via Zürich viele Fragen auf (vgl. Kurzbericht S. 19).

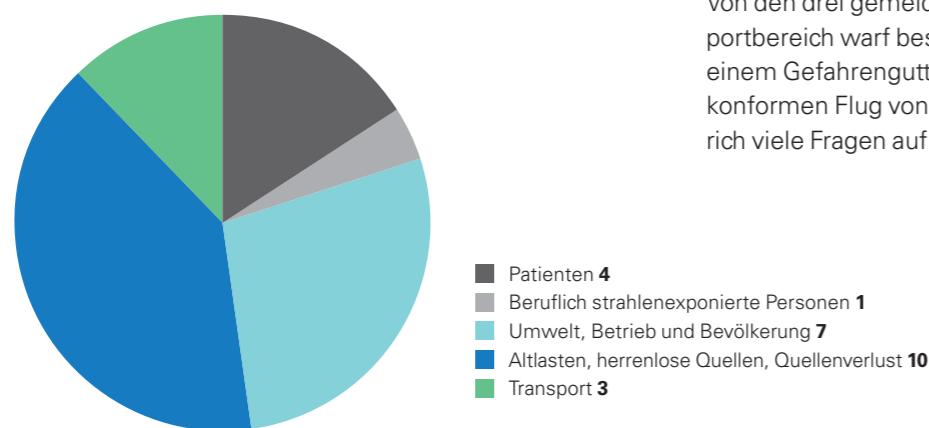


Abb. 9: 2017 gab es 25 Meldungen zu radiologischen Ereignissen in verschiedenen Bereichen

In der Strahlentherapie gab es vier Ereignisse, bei denen Patient/innen betroffen waren. Eine Fehlbestrahlung wegen einer falschen Positionierung, eine Patientenverwechslung und eine Fehlbestrahlung, weil die Therapieplanung auf einem inkorrekten Befund basierte. Diese Ereignisse sind maximal auf Level 1 der provisorischen INES Medical Rating Skala einzustufen. Zudem entstand eine wesentliche Überdosierung bei einem Patienten in der interventionellen Radiologie. Das BAG hat die Ereignisse in den betroffenen Spitälern untersucht und Massnahmen angeordnet. Im Fall der Überdosierung werden die Massnahmen erst 2018 definitiv festgelegt werden (vgl. Kurzbericht).

Ein Fall, der sich nicht in der Schweiz ereignet, aber auch hierzulande für Aufsehen gesorgt hat, entstand durch den Nachweis von Spuren von Ruthenium-106 in der Luft. Ein Kurzbericht widmet sich diesem aussergewöhnlichen Geschehen mit ungeklärter Ursache (S. 20). Eine Übersicht zu den Messergebnissen in der Schweiz ist im Kapitel Umweltüberwachung (S. 32).

Kurzberichte zu radiologischen Ereignissen von besonderem Interesse:

Akuter Strahlenschaden eines Patienten in der interventionellen Radiologie

Eine aussergewöhnlich hohe Strahlenbelastung hat ein Patient bei einer komplexen therapeutischen Intervention in der Lendenwirbelregion erlitten. Ziel dieses Eingriffs war die Sklerosierung (Verödung) eines Hämangioms (Blutschwämmchens). Der Patient war stark adipös, deshalb war das in die Fehlbildung injizierte Kontrastmittel im Fluoroskopiemodus nicht erkennbar. Demzufolge wurde die Intervention mit einer hochauflösenden digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) durchgeführt. Die Einstrahlrichtung erfolgte schräg linksseitig, auf Höhe des vierten Lendenwirbelkörpers und auf einer Feldgrösse von 6 cm ventro-dorsal und 10 cm kranio-kaudal. Die Durchleuchtungszeit betrug 11,3 Minuten. Im Gegensatz zum Fluoroskopiemodus verfügt der DSA-Modus über keine Dosiswarnung nach Erreichen einer kritischen Durchleuchtungszeit. Daher wurde die Dosisüberschreitung während der Durchleuchtung nicht bemerkt. Eine Dosisabschätzung für

die Haut an der Strahleneintrittsstelle ergab den aussergewöhnlich hohen Wert von 30 bis 35 Gy. Dadurch muss mit einer Nekrotisierung (Absterben) der Haut und des Unterhautgewebes innerhalb der nächsten zwei Jahre gerechnet werden. Das Strahlenereignis ist als Level 3 auf der provisorischen INES Medical Skala einzustufen. Der Patient wird regelmässig kontrolliert und der Wundverlauf überwacht. Als unmittelbare Massnahme wurde entschieden, Sklerosierungen in Zukunft nur noch im Fluoroskopiemodus durchzuführen, falls der Patient dafür entsprechend geeignet ist. Weitere Abklärungen zum Strahlenereignis und den daraus resultierenden Massnahmen sind noch im Gange.

Zwischenfall bei einem Lufttransport von radioaktivem Material von Kairo via Zürich nach Brüssel

Im Juli 2017 hat die Fluggesellschaft Swiss ein Paket mit radioaktivem Material von Kairo nach Zürich und – mit einem zweiten Flugzeug – von Zürich nach Brüssel transportiert. Das Paket erfüllte die Vorschriften zur Beförderung gefährlicher Güter nicht. Die vom Absender verwendete Abschirmung war für die betreffende Strahlenquelle ungeeignet, bei der es sich um Iridium-192 zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (Radiographie) handelte. Die belgischen Behörden stellten das Problem bei der Entgegennahme des Pakets in Belgien fest.

Einige Passagiere der beiden Flüge waren durch diesen Vorfall einer zusätzlichen Strahlendosis ausgesetzt. Gemäss einer Schätzung der belgischen Aufsichtsbehörde für nukleare Sicherheit (AFCN) haben 19 Personen während des Flugs von Kairo nach Zürich und 7 Personen während des Flugs von Zürich nach Brüssel eine Dosis von über 1 mSv (maximal 6,6 mSv) erhalten. Als zuständige Stelle teilte das BAG den betroffenen schweizerischen Passagieren die Überschreitung dieses Grenzwerts mit. Zudem reichte das BAG wegen dieser Überschreitung des Grenzwerts für die Bevölkerung Klage bei der Schweizerischen Bundesanwaltschaft ein. Die Staatsanwaltschaft trat wegen der fehlenden Zuständigkeit der Schweiz nicht auf diese Klage ein.

Die AFCN bewertete das Ereignis als Vorkommnis der Stufe 2 auf der INES-Skala (International Nuclear Event Scale). Die Zusammenarbeit und gegenseitige Unterstützung zwischen den

schweizerischen und belgischen Behörden funktionierte bei diesem Ereignis gut. Der Austausch gewährleistete ein optimal abgestimmtes Vorgehen. Ausserdem wurden verschiedene Massnahmen getroffen, die ein solches Ereignis künftig verhindern sollen, namentlich eine bessere Ausbildung des Bodenpersonals bei Swiss und Swisssport und gründlichere Kontrollen. Der Austausch mit den ägyptischen Behörden erwies sich hingegen als schwieriger und komplizierter.

Nachweis von Ruthenium-106 in der Luft in der Schweiz und verschiedenen Ländern Europas

Ab Ende September 2017 haben mehrere europäische Laboratorien zur Überwachung der Radioaktivität Ruthenium-106 in der Atmosphäre nachgewiesen. Sie haben das BAG sehr schnell über die Messergebnisse informiert, unter anderem in Italien, Österreich und der Tschechischen Republik.

Die in ost- und südeuropäischen Ländern gemessenen Konzentrationen lagen im Allgemeinen über den in der Schweiz festgestellten Werten. Beispielsweise wurde im Osten Österreichs ein Wert von 40'000 Mikro-Bq/m³ registriert. Nachdem die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) über die Situation informiert worden war, bat sie alle Mitgliedsstaaten, ihr die Messergebnisse zu diesem Radionuklid mitzuteilen. Von den rund 400 bis Mitte Oktober gesammelten Ergebnissen lag der höchste der IAEO gemeldete Wert bei 0,15 Bq/m³. Gemessen wurde er am 30. September in Rumänien. In den Ländern mit den höchsten Messwerten wurden Ruthenium-106-Spuren vereinzelt bis im November nachgewiesen, vermutlich weil bereits am Boden abgelagerte Partikel wieder aufgewirbelt wurden. Die Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass die Abgabe des radioaktiven Materials heute beendet ist. Anzumerken ist zudem, dass die im Oktober von Russland gelieferten Daten lückenhaft waren. Am 21. November gab der russische meteorologische Dienst bekannt, in seinem Gebiet ebenfalls höhere Ruthenium-106-Werte gemessen zu haben, die mit den Werten in Polen vergleichbar waren.

Das Radionuklid Ruthenium-106 hat eine Halbwertszeit von 373,6 Tagen. Da es unter normalen Umständen in der Luft keine nachweisbaren

Konzentrationen erreicht, müssen die gemessenen Werte auf eine unkontrollierte Abgabe zurückzuführen sein. Weil keine weiteren künstlichen Radionuklide festgestellt wurden, ist die Hypothese ausgeschlossen, dass es aus einem Kernreaktor stammt. Für die Abgabe könnte aber eine Anlage zur Wiederaufbereitung von benutzten Brennelementen aus Kernreaktoren oder ein Unternehmen, das Strahlenquellen herstellt, verantwortlich sein. Bis zum 31. Dezember 2017 hat jedoch kein Land der IAEO bekannt gegeben, diese Abgabe verursacht zu haben. Deren Ursprung ist damit noch immer ungeklärt.

Das deutsche Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sowie das französische Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit (IRSN) haben die Abgabe auf der Grundlage hunderter Messergebnisse mit Simulationen rekonstruiert. Die von den beiden Instituten unabhängig voneinander durchgeführten und Anfang November veröffentlichten Untersuchungen kommen zum gleichen Schluss: Mit grösster Wahrscheinlichkeit stammt die Abgabe aus dem Gebiet südlich des Urals. Mit den verfügbaren Daten lässt sich der genaue Abgabeort allerdings nicht bestimmen. Für das wahrscheinlichste Abgabegebiet deuten die Simulationen des IRSN auf eine sehr hohe Menge von abgegebenem Ruthenium-106 zwischen 100 und 300 Terabecquerel. Ein Unfall mit einer Abgabe dieser Grössenordnung würde in Frankreich oder der Schweiz eine lokale Umsetzung von Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung in einem Umkreis von mehreren Kilometern um die Abgabestelle auslösen. Eine Überschreitung der maximal zulässigen Konzentration in Lebensmitteln (1250 Bq/kg für Ruthenium-106) wäre im Umkreis von einigen Dutzend Kilometern zu beobachten. Gemäss den Untersuchungen des BAG in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), dem Kanton Basel und dem Zoll ist die Wahrscheinlichkeit eines Szenarios, bei dem mit Ruthenium-106 kontaminierte Lebensmittel aus der Umgebung der Abgabestelle in die Schweiz eingeführt wurden, äusserst gering. Ausserdem ist auch das potentielle Gesundheitsrisiko im Zusammenhang mit einem solchen Szenario sehr niedrig. Damit scheint es nicht gerechtfertigt, systematische Kontrollen zur radioaktiven Kontamination von Lebensmitteln durchzuführen, die von Gebieten südlich des Urals in die Schweiz eingeführt werden.

2. Nationaler Strahlenschutztag in der Medizin

Der zweite Nationale Strahlenschutztag zum Thema Diagnostische Radiologie war ein voller Erfolg: Über 160 Praxisleute aus der Radiologie, der Medizinphysik sowie MTRA trafen sich am 21. September 2017 zum fachlichen Austausch in Bern. Gut drei Monate vor Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzverordnung war vielen Spezialisten daran gelegen, klare Angaben zur Umsetzung der Neuerungen in ihren Betrieben zu bekommen und diese mit Berufskolleg/innen zu diskutieren.

Das BAG kam diesem Anliegen mit einem breit angelegten Tagungsprogramm entgegen: Insgesamt 15 Referent/innen beleuchteten die aktuellen Brennpunkte: «Strahlenschutzkultur und Sicherheitsmanagement», die «Revision der Verordnungen», die «Einführung der Klinischen Audits» sowie die «zukünftigen Herausforderungen». Pascal Strupler, Direktor des BAG, und Sébastien Baechler, Leiter der Abteilung Strahlenschutz, eröffneten die Tagung.

Kultur des Dialogs mit Strahlenschutz-Akteuren

«Ein wirksamer und nachhaltiger Strahlenschutz erfordert ein Engagement aller Beteiligten», hiess Pascal Strupler die Fachleute willkommen. Diese Maxime spiegelte sich in vielen Beiträgen

des Tages. Der Erfahrungsaustausch sämtlicher Akteure von Behörde über Spitalbetrieb bis hin zu den Fachgesellschaften war sehr lebhaft: Zur Einführung der Klinischen Audits, dem neuen Instrument zur Minimierung ungerechtfertigter Untersuchungen und Behandlungen, äusserten sich z.B. der Projektleiter des BAG, ein Radiologe und Leiter der Computertomographie eines auditierten Betriebs (Kantonsspital Baden), ein MTRA vom Inselspital Bern als Auditor sowie eine Radiologin der Schweizerischen Gesellschaft für Radiologie. Dank dieser unterschiedlichen Perspektiven erhielt das Publikum ein differenziertes Bild zu Konzept, Umsetzung und allfälligen Stolpersteinen bei diesem anspruchsvollen Projekt.

Strahlenschutz ist Gesundheitsschutz

Von wirksamen Strahlenschutzmassnahmen profitieren Patient/innen sowie das medizinische Personal gleichermaßen. Die durchschnittliche Strahlenbelastung pro Einwohner/in steigt bekanntlich aufgrund medizinischer Anwendungen stetig. Zwischen 1998–2013 ist sie im medizinischen Bereich um 40 % angewachsen, von 1,0 auf 1,4 mSv/Jahr. Strahlenschutz sei deshalb auch ein Gesundheitsthema, und deshalb Teil der BAG-Strategie «Gesundheit2020», so Pascal Strupler.



Abb. 10: Der Austausch von Behörden und Praxisleuten fördert eine gelebte Strahlenschutzkultur: *Do the right procedure and do it right*

Nicht zuletzt seien ungerechtfertigte medizinische Strahlenanwendungen aber auch ein Kostenfaktor: Der BAG-Direktor spannte am Ende seiner Ausführungen den Bogen zu Health Technology Assessment (HTA), der systematischen Bewertung medizinischer Verfahren und Technologien. Dabei geht es insbesondere um die Voraussetzungen zur Wirksamkeit, Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit medizinischer Leistungen.

Zukunftsgerichtetes Triple-A-Konzept für die Anwendung von Strahlen

Strahlenschutz soll in den medizinischen Betrieben kein Fremdkörper sein, sondern auf sämtlichen Hierarchiestufen in die bestehende Sicherheitskultur und das Qualitätsmanagement eingebunden werden, betonte der Strahlenschutzleiter des BAG, Sébastien Baechler. Zum Schutz von Patienten und Personal solle auch die Schweiz das international abgestützte «Triple A Concept» implementieren: Die drei A sind ein Akronym für Awareness, Appropriateness und Audit. Awareness steht für die Sensibilisierung von Patienten und Personal gegenüber Strahlenrisiken, mit Appropriateness soll die Anwendung von Strahlen angemessen zugewiesen und durchgeführt werden und Audits bezwecken, ungerechtfertigte Untersuchungen zu vermeiden. Mit der Revision der Strahlenschutzverordnung sind die Grundsteine für die Umsetzung des Triple-A-Konzepts gelegt: Die deutliche Verstärkung der Strahlenschutzprinzipien Optimierung und Rechtfertigung sowie die Einführung von klinischen Audits.

Klinische Audits and more: Neue Aufgaben, Konzepte und Prozesse aufgrund der Revision

Etwa 80 % des anwesenden Publikums wussten bereits vor der Tagung über die Revision der Strahlenschutzverordnung Bescheid, dies ergab eine spontane Umfrage vor Ort. Das mag einerseits an der gezielten Informationstätigkeit des BAG liegen, andererseits waren viele Fachgesellschaften bei der Ausarbeitung der Gesetzesvorlage eingebunden. Im Hinblick auf die Umsetzung der geänderten Vorgaben empfahlen die BAG-Fachleute den anwesenden Sachverständigen, folgende Aufgaben ab 2018 vordringlich zu planen:

- Ausarbeitung eines Qualitätshandbuchs als Vorbereitung auf die Klinischen Audits;
- Ausarbeitung eines betriebsinternen Konzepts für die neu eingeführte Fortbildung;
- Verstärkter Einbezug der Medizinphysiker im OP, insbesondere im Hinblick auf den tieferen Dosisgrenzwert für Augenlinse und Extremitäten für das Personal;
- Registrierung, Analyse, Meldepflicht für medizinische Strahlenereignisse.

Areas of Research to Support the System of Radiological Protection

Approved 2017 June 16

One of the three priorities in the International Commission on Radiological Protection (ICRP) Strategic Plan for 2016-2020 is to "maintain and improve the system of radiological protection". A key action under this priority is to "identify and encourage research needed to support radiological protection". This document presents ICRP's views, to encourage dialogue and help focus research initiatives. In no particular order, the areas of research identified are:

- **Effects of protracted exposures and low dose rates**
- **Mechanisms of low-dose effects and dose-response models that take account of them**
- **Organ-specific, and age and sex differences in, sensitivity to cancer induction**
- **The role of genetic differences in determining individual sensitivity**
- **Effects other than cancer and genetic effects and their contribution to detriment**
- **Relating exposures, doses, and effects on population viability for non-human biota**
- **Reliability of dose assessments**
- **Dosimetry and protection methods in medicine**
- **Ethical and social dimensions of the system of radiological protection**
- **Mechanisms for interaction with stakeholders**

Abb. 11: Blick in die Zukunft: Auf Basis der ICRP Empfehlung zu künftigen Forschungsschwerpunkten beleuchtete Prof. François Bochud Aspekte wie die Weiterverfolgung der Studien zu den Effekten niedriger Strahlung, die individuelle Radiosensibilität und den Lebensstil sowie die Berücksichtigung ethischer Grundwerte im Strahlenschutz.

Es ist klar, dass die medizinischen Betriebe nicht alle neuen Anforderungen gleich ab 1. Januar 2018 werden umsetzen können – das BAG wird in den ersten Monaten Kulanz zeigen. Der Aufwand für die Umsetzung der Neuerungen kann je nach Betrieb recht gross sein, es braucht viel Denkarbeit für neue Konzepte und Anpassungen bestehender Prozesse – das schilderte Roland Simmler, Medizinphysiker einer grossen Spitalgruppe, sehr anschaulich aufgrund der eigenen Erfahrungen.

Neue Expertengruppe der KSR zur Rechtfertigung

Ein Teil der StSV-Revision betrifft die Erweiterung des Optimierungsprozesses und die Verstärkung der Rechtfertigung (vgl. StSV Art. 27–31 und Art. 198). Insbesondere bei der Rechtfertigung werden die Empfehlungen der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (KSR) erwartet, um die Vorgaben der StSV umsetzen zu können. Lange Zeit sei im Strahlenschutz die «Optimierung» vor der «Rechtfertigung» gestanden, obwohl gerade hier 100 % Dosis (und Kosten) eingespart werden könnten,

so argumentierte Prof. Peter Vock, ehemaliger Radiologie-Institutsdirektor am Inselspital Bern. Er leitet neu die Expertengruppe der KSR zur Rechtfertigung auf der sogenannten «Ebene 2». Auf Ebene 2 wird eine spezifische Untersuchung für eine generische Indikation definiert und gerechtfertigt. Ziel der zweiten Rechtfertigungsstufe ist es zu beurteilen, ob das Verfahren die Diagnose oder die Behandlung verbessert und die benötigte Information über den exponierten Patienten verschafft. Die Arbeitsgruppe wird bestehende europäische und internationale Guidelines analysieren und auf deren Anwendbarkeit in der Schweiz prüfen. Erste Stellungnahmen zu konkreten Rechtfertigungssituationen sind im Laufe des Jahres 2018 zu erwarten.

Aktionsplan Radium 2015–2019

Der Aktionsplan Radium 2015–2019 verfolgt das Ziel, die radiologischen Altlasten zu sanieren, die in der Uhrenindustrie durch die Verwendung von Leuchtfarbe mit Radium-226 bis in die 1960er-Jahre entstanden sind. Bisher wurden bei fast 400 Gebäuden diagnostische Radiummessungen vorgenommen. 80 dieser Gebäude müssen saniert werden, bei mehr als 50 Gebäuden laufen die Sanierungsarbeiten oder sind bereits abgeschlossen. Mit historischen Nachforschungen will das BAG weitere kontaminierte Gebäude eruieren.

Historische Nachforschungen

Im Rahmen des Aktionsplans hat das BAG die Universität Bern damit beauftragt, historische Nachforschungen zu potentiell mit Radium-226 kontaminierten Gebäuden in der Schweiz durchzuführen. Die Ergebnisse dieser Studie werden im ersten Quartal 2018 veröffentlicht. Die Universität Bern hat das BAG bereits darüber informiert, dass die Zahl potentiell kontaminierter Gebäude die ursprünglich bei der Lancierung des Aktionsplans geschätzten 500 Gebäude übersteigt. Diese Gebäude liegen hauptsächlich in den Kantonen Neuenburg, Bern und Solothurn und sekundär in den Kantonen Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Freiburg, Genf, Jura, Luzern, St. Gallen, Schaffhausen, Tessin, Wallis, Waadt und Zürich.

Diagnostische Untersuchungen bei potentiell kontaminierten Grundstücken

Bisher wurden fast 400 Grundstücke (Gebäude und Gärten) hauptsächlich in den Kantonen Neuenburg, Bern und Solothurn, aber auch in den Kantonen Basel-Landschaft, Genf, Jura, Tessin, Waadt und Zürich untersucht. Eine diagnostische Untersuchung besteht aus der Messung der Dosisleistung auf der gesamten Grundfläche des betroffenen Gebäudes oder der betroffenen Aussenfläche. Gemessen wird auf zwei Ebenen in 10 cm bzw. 1 Meter Höhe ab Boden. Der Abstand der Messpunkte auf diesen Ebenen beträgt 1 Meter.

Wenn in Innenräumen Spuren von Radium vorhanden sind, berechnet das BAG anhand der Dosisleistungen und Expositionsszenarien die zusätzliche Jahresdosis, der sich die Gebäude-

Nutzenden aussetzen könnten. Zeigen die Berechnungen, dass der für die Schweizer Bevölkerung zulässige Grenzwert von 1 mSv pro Jahr überschritten ist, werden Eigentümer, betroffene Personen, Kanton und Gemeinde informiert und die Räumlichkeiten saniert. Gärten sind sanierungsbedürftig, wenn die Konzentration von Radium-226 in der Erde den Grenzwert von 1000 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) übersteigt.

Bei 80 der kontrollierten Liegenschaften war eine Sanierung wegen Radium-226-Kontaminationen erforderlich. In den meisten Fällen lag die berechnete Dosis in den Innenräumen zwischen 1 und 10 mSv/Jahr. Bei 5 Gebäuden wurde jedoch eine Dosis zwischen 10 und 17 mSv/Jahr festgestellt. Die maximalen gemessenen Radium-226-Werte in Bodenproben von zu sanierenden Gärten lagen durchschnittlich bei 16'500 Bq/kg. In einem Fall wurden punktuell Werte von gegen 210'000 Bq/kg gemessen.

Ausserdem hat das BAG fünf ehemalige Industriestandorte identifiziert, bei denen aufgrund einer Radium-226-Kontamination eine Sanierung erforderlich ist. Diese sind aber bereits im Kataster der belasteten Standorte aufgeführt. Es muss ein Ansatz entwickelt werden, wie künftig bei Überschneidungen der Zuständigkeit von BAG und Bundesamt für Umwelt (BAFU) vorzugehen ist.

Sanierungsprogramm

Von den 80 Gebäuden mit Sanierungsbedarf werden im Moment über 50 Gebäude saniert oder sind bereits saniert. Das Sanierungskonzept beinhaltet die Planung, die Beseitigung der Kontamination, die Wiederherstellung, die Schlusskontrolle und die Entsorgung der Abfälle. Ziel ist es, die Kontaminationen so stark wie möglich zu verringern und an jedem Punkt 10 cm über dem Boden eine Umgebungs-Äquivalentdosisleistung von weniger als 100 nSv/h zu erreichen. Folgende Massnahmen werden am häufigsten durchgeführt: Entfernung kontaminierter Materialien (Teppiche, Radiatoren usw.), Entfernung von Bodenbelägen und früheren Isolationen (Fussboden, Parkett, Schlacke), Abschleifen von Belägen (Farbanstriche, Fensterbretter) oder Entfernung von Erde (Gärten, Rasen usw.). Der Umfang der Massnahmen wird dabei so optimiert, dass die künftige Wohnbarkeit des Objekts gewährleistet ist sowie die finanziellen Aufwendungen für den Bund und die Störungen für die Bewohner tragbar sind.

Schwach mit Radium-226 kontaminierte Abfälle kommen in Zwischenlager, bis sie gemäss den gesetzlichen Bestimmungen entsorgt werden können. Für die Zwischenlagerung bestehen vier Standorte in den Kantonen Bern, Genf, Neuenburg und Solothurn. Das BAG stellt mit Strahlenschutzmassnahmen sicher, dass Personen, die sich an diesen Standorten oder in ihrer Umgebung aufhalten, keinen Strahlendosen ausgesetzt sind, welche die zulässigen Grenzwerte überschreiten. Inerte Materialien mit einer spezifischen Aktivität von höchstens der tausendfachen Freigrenze (LE) werden nach Artikel 82 der Strahlenschutzverordnung (StSV) von 1994 in bestehenden Deponien gelagert. Ab dem 1. Januar 2018 wird die Freigrenze (LE) für Radium-226 durch die viermal tiefere Befreiungsgrenze (LL) ersetzt. Gemäss Artikel 83 StSV darf die wöchentlich mit Zustimmung der Bewilligungsbehörde zur Verbrennung zugelassene Aktivität die tausendfache Bewilligungsgrenze (LA) nicht überschreiten. Abfälle, welche diese Werte übersteigen, werden im Bundeszwischenlager (BZL) in Würenlingen entsorgt.

Information der Öffentlichkeit über den Aktionsplan

Ein Lenkungsausschuss und eine Begleitgruppe stellen den Informationsaustausch zwischen allen Akteuren des Aktionsplans sicher. Das BAG informiert die Öffentlichkeit über das Internet laufend zum Stand des Projekts, der für den Stichtag 31. Dezember 2017 in Abb. 13 dargestellt ist. Das BAG hat ausserdem Ende 2017 die Bevölkerung der Kantone Genf und Basel-Landschaft mit zwei Medienmitteilungen über den Stand der diagnostischen Untersuchungen und der Sanierungen informiert.

Überwachung von Deponien und anderen kontaminierten Standorten

Das BAG muss Deponien, die vor 1970 in Betrieb waren, und andere Standorte, die als potentiell mit Radium kontaminiert gelten, sachgerecht radiologisch überwachen und begleiten, insbesondere wenn der Standort saniert oder wiederhergestellt werden muss. Das BAG setzt diese Aufgabe in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt sowie den betroffenen Gemeinden und Kantonen um. Bei den mehr als 8000 Standorten, die vor 1970 in Betrieb waren, wurden Prioritäten risikobasiert festgelegt: Sofern die ehemaligen Deponien geschlossen und die potentiell kontaminierten Abfälle nicht zugänglich sind, ist das gesundheitliche Risiko durch Radium sehr gering. Bei 44 Deponien, die möglicherweise gemäss der Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten AltIV konventionell zu sanieren sind, wird abgeklärt, ob eine Radiumüberwachung erforderlich ist.

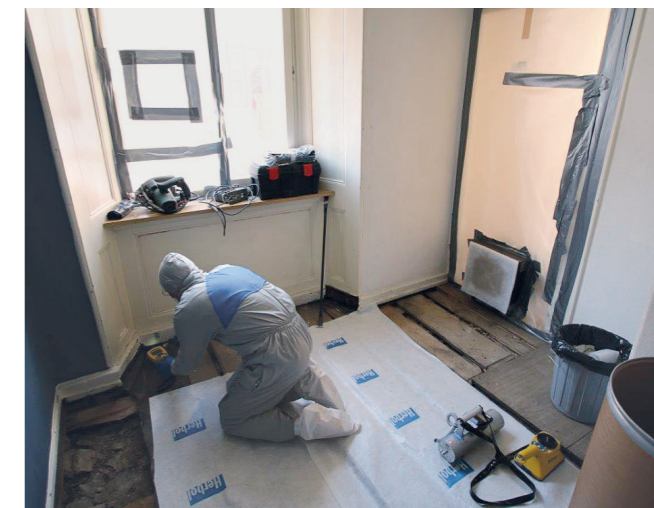


Abb. 12: Sanierung eines mit Radium-226 kontaminierten Fussbodens in La Chaux-de-Fonds (Quelle: BAG)

Die entsprechenden Kontrollen wurden 2017 fortgeführt, namentlich im Kanton Neuenburg. Das BAG hat bei den ehemaligen, im Kataster der belasteten Standorte aufgeführten Deponien Bulles und Sombaille mehrere Sickerwasserproben entnommen, um zu prüfen, ob Sanierungen erforderlich sind. Ausserdem wurde das Wasser von acht Quellen des Doubs analysiert. Die Ergebnisse der Radiummessungen zeigten, dass die Werte bei allen Quellen unter der Nachweisgrenze von 5 mBq/l lagen. Auch wenn die Werte für das Sickerwasser der Deponien höher waren, lässt sich aus diesen Ergebnissen ohne

weitere Abklärungen nicht sicher schliessen, ob mit Radium-226 kontaminierte Abfälle in diesen Deponien vorhanden sind. Das BAG hat im Rahmen des vom BAFU durchgeführten Projekts ChloroKarst auch Radiummessungen bei Wasserproben von Karstquellen im Kanton Neuenburg vorgenommen.

Stand der diagnostischen Messungen	Ergebnisse der diagnostischen Messungen					Stand der Sanierungen	
	Fälle ohne Sanierungsbedarf			Sanierungsfälle		Sanierung abgeschlossen (oder laufend)	
	Anzahl Gebäude	Anzahl Gebäude	betroffene Gemeinden	Anzahl Gebäude	betroffene Gemeinden	Anzahl Gebäude	betroffene Gemeinden
Kanton BE	128	91	Biel/Bienne	37	Biel/Bienne	23	Biel/Bienne
	37	29	Bern, Cortébert, Hasle b. Burgdorf, La Neuveville, Lengnau bei Biel, Loveresse, Lyss, Moutier, Nidau, Orpund, Pieterlen, Reconviiler, Sonvilier, Tramelan	8	Kräiligen, Nidau, Moutier, Orpund, Tavannes	8	Kräiligen, Nidau, Orpund, Tavannes
Kanton NE	125	106	La Chaux-de-Fonds	19	La Chaux-de-Fonds	15	La Chaux-de-Fonds
	35	32	Colombier, Corcelles, Fleurier, Le Locle, Neuchâtel, Pesieux	3	Fleurier, Neuchâtel		
Kanton SO	49	39	Aedermannsdorf, Bettlach, Biberist, Grenchen, Holderbank, Langendorf, Olten, Solothurn, Trimbach, Welschenrohr, Zuchwil	10	Bellach, Bettlach, Biberist, Grenchen, Welschenrohr	6	Bettlach, Biberist, Grenchen
andere Kantone	25	22	Arogno (TI), Carouge (GE), Courgenay (JU), Delémont (JU), Genève, Küsnacht (ZH), Lausanne (VD), Le Noirmont (JU), Le Sentier (VD), Les Breuleux (JU), Les Pommerats (JU), Locarno (TI), Porrentruy (JU), Ziefen (BL)	3	Genève, Waldenburg (BL)	1	Genève
Total	399	319		80		53	

Abb. 13: Stand des Aktionsplans Radium am 31. Dezember 2017

Aktionsplan Radon 2012–2020

2017 bereitete das Bundesamt für Gesundheit (BAG) die Umsetzung der neuen Gesetzesbestimmungen zu Radon vor, die ab dem 1. Januar 2018 gelten. Es hat ein Merkblatt veröffentlicht, um interessierte Kreise über die künftigen gesetzlichen Vorschriften zu informieren. Im Weiteren hat eine vom BAG beauftragte Arbeitsgruppe begonnen, eine Wegleitung zur Umsetzung des neuen Referenzwerts von 300 Bq/m³ zu verfassen. Überdies hat das BAG die zu erneuernden Akkreditierungen der Radonmessstellen und die Publikation der neuen Radonkarte vorbereitet. Parallel dazu wurden weitere Projekte zur Sensibilisierung der Baufachleute und der Öffentlichkeit durchgeführt.

Umsetzung der neuen Gesetzesbestimmungen

Die neuen Gesetzesbestimmungen zu Radon sind im Wesentlichen in der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV) zu finden, aber auch in der Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz, in der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung sowie in der Dosimetrieverordnung. Die Neuerungen im Radonbereich sind auf einem Merkblatt unter www.strahlenschutzrecht.ch zusammengefasst. Das BAG hat verschiedene Arbeiten im Hinblick auf die Umsetzung der revidierten Strahlenschutzverordnungen durchgeführt.

Neue Wegleitung für Radon

In Räumen, in denen sich Personen regelmässig während mehrerer Stunden täglich aufhalten, gilt ab 1. Januar 2018 für die Radonkonzentration ein Referenzwert von 300 Bq/m³ (Art. 155 StSV). Er ersetzt den bisherigen Grenzwert von 1000 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³). Das BAG hat im Juni 2017 eine Arbeitsgruppe beauftragt, eine Wegleitung zu erarbeiten, welche die Umsetzung des neuen Referenzwerts erleichtern soll. Diese Arbeitsgruppe besteht aus Vertreterinnen und Vertretern der Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter (KVU), des Verbands der Kantonschemiker der Schweiz (VKCS), der Suva, des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz

und Sport (VBS), des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) und des Hauseigentümergeverbands (HEV).

Ein erster Entwurf der Wegleitung ermöglicht es Eigentümern von Liegenschaften, die Dringlichkeit einer Radonsanierung prüfen zu können, falls der Referenzwert von 300 Bq/m³ überschritten wird. Gemäss Artikel 166 StSV hat der Gebäudeeigentümer die notwendigen Sanierungsmassnahmen zu treffen und die Kosten dafür zu tragen, nachdem ihm das BAG und die Kantone Empfehlungen über die Dringlichkeit der Sanierungsmassnahmen abgegeben haben. Die Belastung für die Gebäudenutzer hängt von ihrer Aufenthaltsdauer im Gebäude und der im Gebäude gemessenen Radonkonzentration ab. Im November 2017 wurde der Entwurf für die Wegleitung allen Kantonen zur Konsultation vorgelegt und am 23. Informationstag Radon vorgestellt. Das BAG hat die Wegleitung Anfang 2018 veröffentlicht.

In der Wegleitung sind weitere Aspekte präzisiert, insbesondere Kriterien zur Unterstützung der Vollzugsbehörden bei der Priorisierung der Radonmessungen in Schulen und Kindergärten (Art. 164 StSV) sowie Kriterien zur Anordnung einer Sanierung (Art. 166 StSV). Notwendig ist auch eine genauere Festlegung der Modalitäten für die Abgabe von Informationen zur Radonproblematik im Rahmen der Baubewilligungsverfahren (Art. 163 StSV).

Weitere Vorbereitungsarbeiten

Das BAG muss die Akkreditierungen für die Radonmessstellen erneuern. Gemäss Artikel 159 StSV anerkennt das BAG eine Messstelle für Radonmessungen, wenn diese über das notwendige Fachpersonal und Messsystem verfügt und keine Interessenskonflikte bestehen. Die Anerkennung ist auf fünf Jahre befristet. Die anerkannten Radonmessstellen sind künftig verpflichtet, sich an die vorgeschriebenen Messprotokolle zu halten (Art. 160 StSV). Die Mindestmessdauer in Räumen, in denen sich Personen regelmässig während mehrerer Stunden täglich aufhalten, beträgt 90 Tage in der Heizperiode (zwischen Oktober und März). Im November 2017 informierte das BAG alle anerkannten Messstellen und die Kantone über die notwendige Erneuerung der Akkreditierungen für Messungen in Wohnräumen, Schulen, Kindergärten und bei Arbeitsplätzen. Neue Anerkennungsentscheide werden bei einem für den 1. März 2018 vorgesehenen Treffen ausgestellt. Für Messungen an radonexponierten Arbeitsplätzen braucht es eine spezifische Ausbildung, die im Sommer 2018 organisiert wird.

Das BAG hat die Publikation der neuen Radonkarte (Art. 157 StSV) zusammen mit dem Institut für Radiophysik (IRA) und Swisstopo erarbeitet. Diese Karte zeigt die Wahrscheinlichkeit (in %), dass der Referenzwert von 300 Bq/m³ für die Radonkonzentration in Gebäuden überschritten wird (Abb. 14). Die Berechnung dieser Wahrscheinlichkeit beruht auf den bisher in Gebäuden in der Schweiz durchgeführten Radonmessungen (www.map.geo.admin.ch). Die neue Radonkarte wird 2018 auf der Internetseite www.map.geo.admin.ch veröffentlicht.

Das BAG nutzte die Revision der Gesetzgebung, um die Zuständigkeit der Radonfachpersonen rechtlich zu verankern und Anforderungen an deren Aus- und Fortbildung festzulegen. Verschiedene Ausbildungszentren haben bereits Fortbildungen organisiert, namentlich die Hochschule für Technik und Architektur Freiburg, die Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne, die Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in Muttenz, die *Università della Svizzera italiana* und die *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI)*. Das BAG hat ein Informationsschreiben über die neuen gesetzlichen Bestimmungen an die Ausbildungs-

zentren und die fast 250 in der Schweiz tätigen Radonfachleute geschickt. Gemäss Artikel 161 StSV hat das BAG die Radonfachpersonen gebeten, dem BAG einen neuen Antrag zu stellen, um auf der Liste zu bleiben, die unter www.ch-radon.ch verfügbar ist.

Ausbildung der Baufachleute und Information der Öffentlichkeit

Im Rahmen der 2015 geschaffenen Ausbildungsplattform fand am 10. März 2017 ein Treffen statt, um die Radonproblematik in die Grundausbildung der betreffenden Baufachleute aufzunehmen. Betreut wird diese Plattform von Dozierenden der Hoch- und Berufsschulen. Diese Initiative erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI). Der Schweizerische Plattenverband (SPV) und SolSuisse sowie die Berner Fachhochschule haben die Radonproblematik in ihre jeweiligen Studiengänge aufgenommen.

Derzeit entwickelt das Ingenieurbüro Ghielmetti in Igis ein virtuelles Radonhaus in Zusammenarbeit mit der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Wädenswil und der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) in Chur. Für Ausbildungszwecke steht dieses neue Tool 2018 bereit.

Das BAG hat zusammen mit dem Faktor Verlag AG, der auf die Publikation von Büchern und Zeitschriften in den Themenbereichen Architektur, Technologie, Energie und Nachhaltigkeit spezialisiert ist, ein neues Radon-Handbuch veröffentlicht (Abb. 15). Der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) und der Schweizerische Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren sind Mitherausgeber. Das neue Handbuch berücksichtigt die spezifischen Bedürfnisse der Planung und der Bauherrschaften und veranschaulicht die konzeptionellen und technischen Aspekte des Radonschutzes bei Neubauten und bestehenden Gebäuden. Die deutsche Version wird im Januar 2018 veröffentlicht und kann beim Faktor Verlag AG bestellt werden (www.faktor.ch, info@faktor.ch, Telefon 044 316 10 60). Die französische und die italienische Ausgabe werden im Frühling 2018 erscheinen.

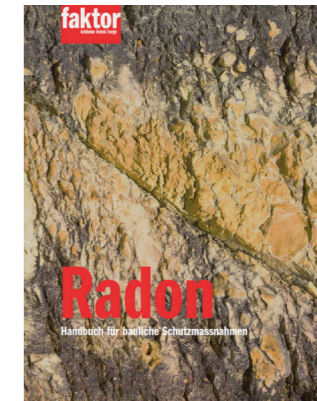
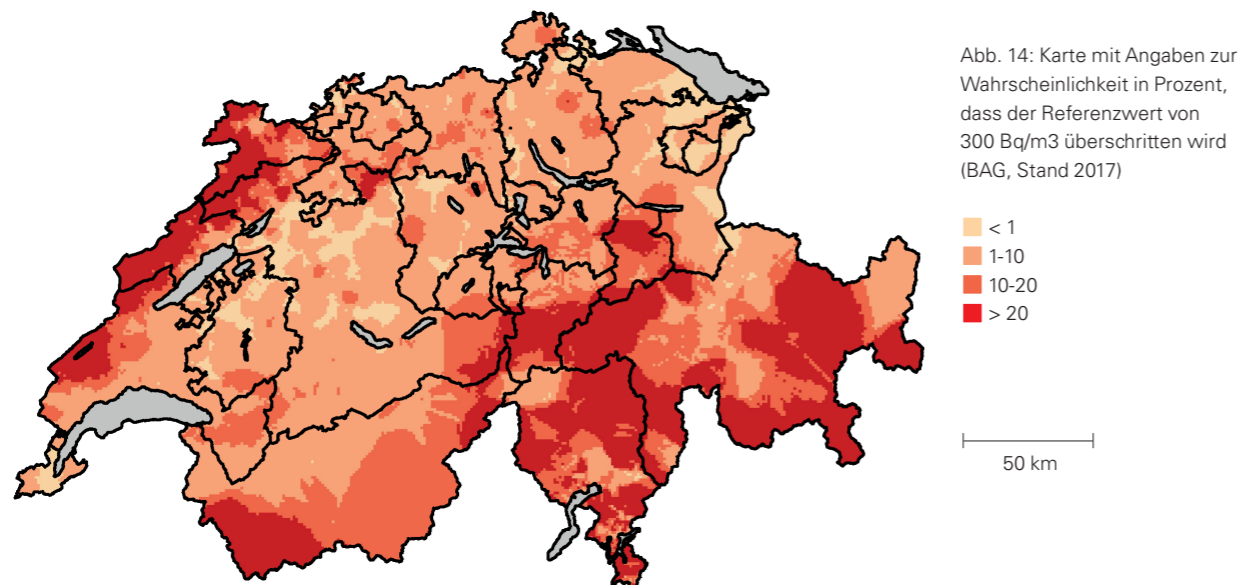


Abb. 15: Titelblatt des neuen Radon-Handbuchs

Das BAG hat bei 300 Immobilieneigentümern eine Umfrage durchgeführt, um den Anteil von Gebäuden zu schätzen, welche den ehemaligen Grenzwert von 1000 Bq/m³ überschreiten, der bis zum 31. Dezember 2017 galt. Die Umfrage hat gezeigt, dass ca. 45 % der betroffenen Eigentümer/innen ihre Liegenschaft saniert haben. Die Ergebnisse wurden an verschiedenen Anlässen präsentiert und in einem Artikel der Fachzeitschrift *Journal of Radiological Protection* veröffentlicht (Fabio Barazza et al., 2018, *J. Radiol. Prot.*, 38 (2018) 25–33).

Das BAG unterstützt derzeit zwei Projekte zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Radonproblematik im Zusammenhang mit der Qualität der Raumluft. Es handelt sich um die Ausstellung «Wohlbefinden in Gebäuden», die von der Stiftung Aiforia entwickelt wurde und in der Bauarena in Volketswil zu sehen ist, sowie um das Projekt «JURAD-BAT» des Programms Interreg Frankreich-Schweiz, das die Problematik der Raumluft in der Grenzregion des Jura beleuchtet.



Überwachung der Umwelt

Die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt gehört zu den ständigen Aufgaben des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Diese Überwachung soll jeden signifikanten Anstieg der Radioaktivität in der Umwelt rasch erkennen und die durchschnittliche jährliche Strahlendosis bestimmen, der die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist. Zu diesem Zweck betreibt das BAG ein Messnetz zur automatischen 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 Hochschulen beteiligen. Die Ergebnisse dieser Überwachung werden jedes Jahr im «Jahresbericht Umweltradioaktivität und Strahlendosen» sowie auf der Internetplattform «Radenviro» des BAG veröffentlicht (www.radenviro.ch).

Neues automatisches Messnetz URAnet

Das automatische Messnetz des BAG zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft wird derzeit saniert. Die Ablösung der alten RADAIR-Sonden durch neue Messsonden im URAnet-Messnetz (URAnet aero) wurde 2016 in Angriff genommen und 2017 mit der Einrichtung und Inbetriebnahme der letzten 7 der insgesamt 15 Stationen des Messnetzes abgeschlossen (siehe Abbildung 16). Dadurch wird eine substantielle Verbesserung der Überwachung erreicht, da die neuen Stationen die in Aerosolen vorhandenen Radionuklide (Gammastrahler) nachweisen und individuell quantifizieren können. Die alten RADAIR-Stationen konnten hingegen nur die Gesamtaktivität der α - und β -Strahler messen. Bei einer Messung über 12 Stunden kann das System Caesium-137 in Konzentrationen zwischen 1 und 2,5 mBq/m³ nachweisen. Obwohl nun alle Überwachungssonden in Betrieb sind, ist das Netz noch nicht vollständig einsatzfähig: Erste Daten sollten online im Laufe der ersten Jahreshälfte 2018 vorliegen. Der Bereich des Messnetzes zur Überwachung des Wassers (URAnet aqua) ist seit 2015 in Betrieb.

Wichtigste Ergebnisse der Überwachung 2017

Die Messergebnisse aus der Umweltüberwachung 2017 zeigen, dass die natürliche Radioaktivität in der Schweiz überwiegt. Allerdings bestehen, hauptsächlich aufgrund der Geologie, regionale Abweichungen. Die Radioaktivität künstlichen Ursprungs als Folge des Niederschlags von Kernwaffentests und des Unfalls in Tschernobyl ist geografisch ebenfalls ungleichmässig verteilt: In den Alpen und auf der Alpensüdseite sind die Werte für Caesium-137 und Strontium-90 noch immer leicht höher als im Mittelland.

Obwohl die Konzentrationen von Caesium-137 seit 1986 stetig abnehmen, werden in bestimmten Nahrungsmitteln (z. B. einheimische oder eingeführte Wildpilze, Honig oder Heidelbeeren) noch immer erhöhte Werte gemessen. Überschreitungen des neuen Grenzwerts für Lebensmittel, der gemäss der am 1. Mai 2017 in Kraft getretenen Tschernobyl-Verordnung bei 600 Bq/kg liegt, wurden 2017 im Fleisch von Tessiner Wildschweinen festgestellt. Seit einigen Jahren kontrolliert der Veterinärdienst des Kantons Tessin systematisch die Radioaktivität aller auf dem Kantonsgebiet gejagten Wildschweine. Davon abgesehen wurden 2017 bei den in der Schweiz geprüften Lebensmitteln

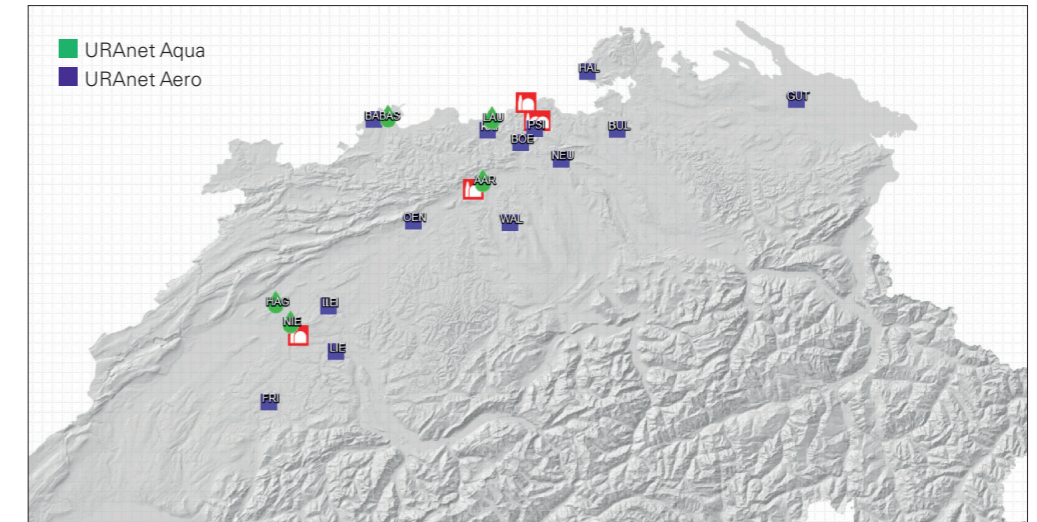


Abb. 16: Das neue automatische Messnetz des BAG zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet). Grün sind die Standorte der Wassersonden eingetragen (URAnet Aqua). Die Stationen zur Überwachung der Aerosole sind violett eingezeichnet (URAnet Aero).

keine weiteren Überschreitungen des Grenzwerts für Caesium-137 beobachtet. Seit dem 1. Mai 2017 und dem Inkrafttreten der neuen Lebensmittelgesetzgebung existiert in der Schweiz kein Toleranzwert mehr für Radionuklide. Ausser für Caesium-137 infolge des Unfalls in Tschernobyl gibt es auch keine Grenzwerte mehr.

Im Rahmen der Überwachung der Kernkraftwerke und der Forschungszentren (PSI, CERN) wurden mit den 2017 durchgeführten Messungen Spuren von Luftemissionen nachgewiesen. Feststellbar waren namentlich erhöhte Kohlenstoff-14-Werte in Blättern in der Umgebung der Kernkraftwerke oder erhöhte Konzentrationen von Isotopen mit kurzer Halbwertszeit (Natrium-24, Iod-131), welche die Beschleuniger der Forschungszentren produzieren. In den Flüssen zeigten sich gelegentlich Spuren flüssiger Abgaben in den Sedimenten, insbesondere Cobalt-Isotope flussabwärts des Kernkraftwerks Mühleberg. Die Messungen ergaben im Mai auch leicht erhöhte Tritium-Konzentrationen (maximale Aktivität von 15,5 Bq/l) in der Aare nach der Revision des Kernkraftwerks Gösgen. Bei Weil am Rhein betrug die monatlichen Tritium-Konzentrationen im Rhein unter 4–5 Bq/l. Die Abgaben dieser künstlichen Radionuklide an die Umwelt blieben aber immer deutlich unter den erlaubten Werten.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI hat mit Blick auf den Rückbau des Kernkraftwerks Mühleberg in Zusammenarbeit mit dem BAG 2017 ein Programm für zusätzliche Messungen in der Umgebung des Kernkraftwerks lanciert. Die radiologische Situation in der Umgebung der Kernkraftwerke ist gut bekannt, da während der gesamten Betriebsdauer Überwachungsmessungen durchgeführt wurden. Gewisse spezielle Radionuklide (Eisen-55, Nickel-63, Strontium-90, Actinoide), die beim Betrieb nicht dominieren und deshalb kaum gemessen wurden, dürften bei den Stilllegungsarbeiten freigesetzt werden. Das Ziel der für drei Jahre vorgesehenen zusätzlichen Messungen besteht darin, vor dem Beginn der Arbeiten einen Nullpunkt für diese Radionuklide festzusetzen, damit sich später die effektiven radiologischen Auswirkungen durch den Rückbau der Anlage auf die Umwelt bestimmen lassen.

In der unmittelbaren Umgebung von Unternehmen, die Tritium verwenden, ergab die Überwachung eine signifikante Kontamination der Umwelt (Niederschläge, Lebensmittel), insbesondere in Niederwangen. Zwar waren die Werte, die in den untersuchten Niederschlägen in der Umgebung des Unternehmens mb Microtec gemessen wurden, leicht tiefer als in der Vergangenheit (maximal 1315 Bq/l im Jahr 2017, was 11 % des Immissionsgrenzwerts für Tritium in den öffentlich zugänglichen Gewässern entspricht), in Lebensmitteln wurden aber höhere Werte gemessen. Beispielsweise betrug die

Tritiumkonzentration im Destillat einer Rhabarber-Probe, die der Kanton Bern in der Nähe dieses Unternehmens im August 2017 gesammelt hatte, 664 Bq/l. Der Konsum solcher Lebensmittel stellt keine Gefahr für die Gesundheit dar, da selbst bei einer Menge von 10 kg Rhabarber oder Salat mit dieser Konzentration eine Dosis von deutlich weniger als 1 Mikro-Sv aufgenommen würde. Dennoch handelt es sich um ungewöhnlich hohe Werte. Massnahmen zur künftigen Reduktion der Emissionen wie eine Modernisierung der Anlagen oder die Optimierung der Arbeitsmethoden werden derzeit von diesem Unternehmen geprüft.

Im ersten Quartal 2017 hat ein Arzt aus der Zentralschweiz eine Zunahme des Urangelhalts in den Urinproben seiner Patienten gemeldet. Diese Patienten wurden vorher mit Chelaten-Medikamenten behandelt. Die gefundenen Werte stellten kein gesundheitliches Risiko dar. Ausserdem hat die Umweltüberwachung während dieser Zeit keine erhöhten Konzentrationen von Uran weder in der Luft noch im Wasser ergeben.

Ruthenium-106 zwischen Ende September und Anfang Oktober 2017 in der Luft im Tessin

Ab Ende September 2017 haben mehrere europäische Radioaktivitäts-Messlaboratorien Ruthenium-106 in der Atmosphäre entdeckt. In der Schweiz stellte das BAG bei der Überwachung der Radioaktivität in der Luft in Cadenazzo (Tessin) zwischen dem 25. September und dem 2. Oktober ebenfalls eine Konzentration von 50 Mikro-Bq/m³ Ruthenium-106 fest. Zwischen dem 2. und 3. Oktober erreichte die Höchstkonzentration 1900 Mikro-Bq/m³. Danach ging die Konzentration von Ruthenium-106 in der Luft schrittweise zurück. Zwischen dem 3. und 4. Oktober betrug sie noch 480 Mikro-Bq/m³. Anschliessend sank sie auf 466 Mikro-Bq/m³ zwischen dem 4. und 5. Oktober und auf 320 Mikro-Bq/m³ zwischen dem 5. und 6. Oktober; ab dem 7. Oktober waren dann keine Spuren mehr nachweisbar.

Die maximal gemessene Konzentration von Ruthenium-106 war mit 1900 Mikro-Bq/m³ in der Luft in Cadenazzo allerdings immer noch 350-mal kleiner als der für dieses Radionuklid in der Strahlenschutzverordnung festgelegte Immissionsgrenzwert in der Luft (667'000 Mikro-Bq/m³) und stellte daher für die Gesundheit der Bevölkerung keine Gefahr dar. Das kantonale Tessiner Labor hat ausserdem am 4. Oktober Proben von Gras in Cevio, Mezzovico und Prato Leventina entnommen. In diesen Proben lagen die Ruthenium-106-Werte unter der Nachweisgrenze. Somit gab es keine Kontamination von Lebensmitteln. Im Übrigen wurden bei den Messstationen auf der Alpennordseite in der Schweiz in diesem Zeitraum in der Luft keine Spuren von Ruthenium-106 gefunden.

Weitere Informationen zu den Messergebnissen in anderen europäischen Ländern sowie zum möglichen Ursprung der Emissionen sind auf Seite 20 des vorliegenden Berichts zu finden.

Radioaktivitätskontrolle am Grenzübergang in Chiasso

Im November 2017 organisierte das Bundesamt für Gesundheit (BAG) in Zusammenarbeit mit dem Zollinspektorat Radioaktivitätskontrollen mit einem mobilen Messportal am Grenzübergang Chiasso-Strada. Dieses Portal wird seit 2015 gemeinsam mit dem Paul Scherrer Institut (PSI) für Routinemessungen, hauptsächlich im Güterverkehr mit Lastwagen, eingesetzt. Dabei sollen allfällige herrenlose Strahlenquellen ausfindig gemacht werden. Wir haben das für diese Kontrollen zuständige Team einen Tag lang begleitet. Auch wenn das Messportal an jenem Tag den Alarm mehrfach wegen natürlicher Radioaktivität in der Ladung auslöste, entsprachen die beförderten Waren den gesetzlichen Anforderungen.

Am Montag, 20. November 2017, stehen wir am Warengrenzübergang Chiasso-Strada im Tessin. Lastwagen passieren der Reihe nach und ohne Unterbruch das Portal zur Radioaktivitätsmessung, das erst seit einigen Stunden in Betrieb ist. Reto Linder von der Sektion Forschungsanlagen und Nuklearmedizin des BAG sowie Udo Strauch und Rouven Philipp vom PSI bilden das Messteam des Tages. Sie arbeiten mit dem Zollpersonal zusammen, das die Fahrzeuge zum Messportal leitet.

Laut Roberto Messina, Dienstchef MobeTeam IV der Eidgenössischen Zollverwaltung, überqueren rund 3500 Lastwagen täglich die Grenze in Chiasso. Die Zollkontrollen erfolgen in der Regel nach dem Zufallsprinzip. Bei deklarationspflichtigen Importwaren können die Messungen bei Bedarf auf einen bestimmten Ladungstyp ausgerichtet werden. Beim Transitverkehr ist das hingegen nicht möglich.

Bei jedem Lastwagen, der das Portal passiert, wird die Dosisleistung auf beiden Seiten des Fahrzeugs gemessen. In einem in unmittelbarer Nähe aufgestellten Container visualisiert Udo Strauch vom PSI die Dosisleistungskurven auf einem Bildschirm. Weiter vorne könnte man Reto Linder fast mit einem Verkehrspolizisten verwechseln. Mit einer gelben Sicherheitsweste ausgestattet, kategorisiert er die gemessenen Fahrzeuge. Überschreitet ein Transporter die Dosisleistungsschwelle von 0,1 Mikrosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv}/\text{Std.}$) über der natürlichen Hintergrundstrahlung, löst das Portal automatisch einen Alarm aus. Reto Linder stoppt dann das Fahrzeug, um eingehendere Kontrollen durchzuführen. An jenem Tag löst namentlich ein aus Litauen kommender Lastwagen den Alarm aus. Mit einem tragbaren Gerät beginnt Reto Linder, die Dosisleistung direkt am Fahrzeug zu messen, was ihm ermöglicht, einen Hotspot in der Grössenordnung von 1 $\mu\text{Sv}/\text{Std.}$ vorne rechts

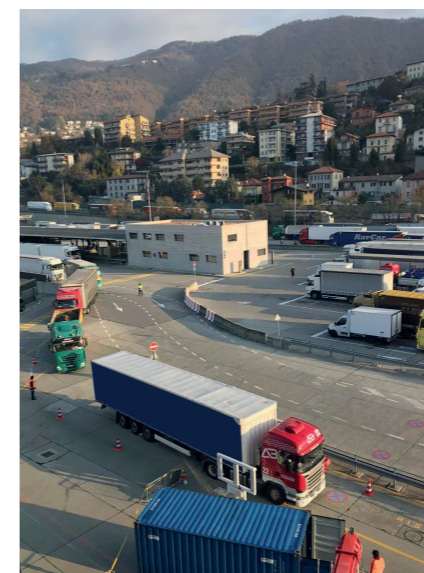


Abb 17: Durchfahrt eines Lastwagens durch das mobile Messportal

am Anhänger ausfindig zu machen, dessen Inhalt er anschliessend prüft. Das Produkt, das den Alarm ausgelöst hat, ist ein industrieller Zusatzstoff, der für die Reifenherstellung verwendet wird. Reto Linder entnimmt eine Probe davon, um sie mittels Gammaskopie im Labor des BAG in Liebefeld analysieren zu lassen. Jede Entdeckung und jeder Alarm werden zudem in einem Bericht dokumentiert. Bevor der litauische Transporter weiterfahren darf, prüft das Messteam, ob die Transportvorschriften eingehalten werden, das heisst, ob die an der Aussenseite des Anhängers messbare Dosisleistung den Grenzwert von 5 µSv/Std. nicht überschreitet und ob das Frachtgut den Transportpapieren wirklich entspricht.



Abb. 18: Reto Linder vom BAG misst die Dosisleistung an einem Lastwagen aus Litauen

Wie uns Udo Strauch vom PSI erklärt, handelt es sich hier nicht um einen Einzelfall. Gewisse Materialien wie Phosphatdünger oder Erde enthalten von Natur aus etwas Radioaktivität, deren Gammastrahlung am Messportal nachweisbar ist. Diese Materialien werden als «natürlich vorkommende radioaktive Stoffe» (*naturally occurring radioactive materials, NORM*) bezeichnet. Seit dem 1. Januar 2018 fallen die NORM in den Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung (StSV). NORM-Befreiungsgrenzen (LLN) bestehen nun für Kalium-40 sowie für natürliche Radionuklide der Uran-238- und der Thorium-232-Zerfallsreihe. Laut Reto Linder ermöglichen diese Kriterien eine bessere Bewältigung der NORM-Problematik, da die betroffenen Hersteller bei Überschreitung der LLN beispielsweise der Genehmigungspflicht unterstellt werden können.

Die Messungen am Grenzübergang Chiasso-Strada dauerten fünf Tage, an denen über 4000 Fahrzeuge kontrolliert wurden. Der Alarm wurde etwa 40-mal wegen NORM, namentlich in Ladungen mit Erde, Keramik, Chemikalien, Zement oder Brandschutzmaterial, ausgelöst. Abschliessend hält Reto Linder fest: «Das BAG organisiert diese Art von Kontrollen periodisch. Dank der erworbenen Erfahrung sind wir bereit, ausserordentliche Situationen zu bewältigen, in denen die Schweiz mit der Einfuhr von grossen Mengen herrenloser Strahlenquellen oder kontaminierter Materialien konfrontiert wird.» Zu solchen Situationen kam es in der Vergangenheit, beispielsweise nach der Nuklearkatastrophe in Fukushima oder bei der wiederholten Entdeckung von kontaminierten Stahlprodukten im Jahr 2009.

Mit der Inkraftsetzung der revidierten StSV per 1. Januar 2018 wurden die Bestimmungen zur radiologischen Sicherheit gemäss den Empfehlungen der Internationalen Atomenergieagentur (IAEA) und der Europäischen Union verschärft. Diese Verschärfung erfolgt konkret auf drei Handlungsebenen:

- Verstärkung von Sicherheit und Sicherung hochradioaktiver Quellen;
- Überwachung der Radioaktivität in Abfallentsorgungs- und Recyclingbetrieben, damit herrenlose Strahlenquellen ausfindig gemacht werden;
- Periodische Grenzkontrollen, um allfällige illegale Importe und Exporte von radioaktivem Material aufzudecken.

Intervention in einem radiologischen Notfall

2017 konnte das Bundesamt für Gesundheit (BAG) bei zwei grossen Übungen überprüfen, wie gut es auf die Bewältigung von Notfallsituationen vorbereitet ist: Die Gesamtnotfallübung (GNU2017) und die strategische Führungsübung (SFU2017) haben gezeigt, dass Verbesserungspotenzial besteht. Diese Erkenntnisse sind namentlich bei der Strahlenschutzstrategie im künftigen Nationalen Notfallplan zu berücksichtigen.

Gesamtnotfallübung (GNU 2017) im Kernkraftwerk Mühleberg

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI schreibt für alle schweizerischen Kernanlagen vor, ihre Prozesse für einen radiologischen Notfall mit einer Übung zu überprüfen. Dazu müssen eines der vier Kernkraftwerke alle zwei Jahre eine Gesamtnotfallübung durchführen. Das Szenario der sogenannten GNU17 hat das Kernkraftwerk Mühleberg betroffen. Das BAG hat an zwei Tagen daran teilgenommen, um die internen Abläufe der Alarmierung sowie die Organisation des Krisenstabes zu überprüfen. Dank den Messresultaten der ebenfalls in die Übung einbezogenen Probenahme- und Messorganisation konnte der Bundesstab das betroffene Gebiet in verschiedene Kontaminationsgrade unterteilen und die Schutzmassnahmen teilweise lockern.

Im Rahmen der Übung hat das BAG als federführendes Amt im Bundesstab den Entwurf einer Notverordnung vorgelegt, die im Ernstfall die bereits angeordneten Sofortmassnahmen

der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) ablösen würde. Die Notverordnung stützt sich auf Artikel 20 des Strahlenschutzgesetzes (StSG). Das Ziel war, die angeordneten Sofortmassnahmen der NAZ den ersten Messresultaten entsprechend anzupassen. So wurden darin Entscheidungskriterien und Schutzmassnahmen wie die sofortige nachträgliche Evakuierung, die Einschränkungen für den Aufenthalt im Freien und die Aufhebung der Schutzmassnahmen, wo nicht mehr erforderlich, definiert. Die Dosiswerte für die Schutzmassnahmen beruhen auf den Vorgaben der IAEA. Die vorgeschlagene Verordnung soll den Kantonen die Kriterien liefern, um im Notfall den Vollzug regeln zu können. Diese übungsmässig erarbeitete Notverordnung ist ein erster Schritt, um die neue Strahlenschutzverordnung im Bereich der Notfallexpositionssituation umzusetzen.

Strategische Führungsübung SFU17

Ebenfalls 2017 hat während 30 Stunden die strategische Führungsübung SFU17 stattgefunden, bei welcher der Bundesrat und die Generalsekretariate ein anspruchsvolles Szenario zu bewältigen hatten: Es begann mit einer Bombenexplosion in Genf und eskalierte mit Geiselnahmen, Bombendrohungen, Cyberangriffen und einem Anschlag auf das Kernkraftwerk Mühleberg. Der Bundesrat bot im Rahmen der Übung den Bundesstab ABCN auf, um sich auf dessen beratende und koordinierende Funktion abstützen. Das BAG hat als Mitglied dieses Bundesstabes den Bundesrat fachtechnisch unterstützen können. Die Auswertung nach Abschluss dieser strategischen Übung hat gezeigt, dass das BAG grundsätzlich gut auf ein solches Ereignis vorbereitet ist.



Abb. 19: Das Szenario Notfall im KKW Mühleberg als Rahmen für die Gesamtnotfallübung 2017

Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall

Markantester Meilenstein im Bereich Nichtionisierende Strahlung (NIS) und Schall war am 16. Juni 2017 die Verabschiedung des neuen Bundesgesetzes über den Schutz vor Gefährdungen durch NIS und Schall durch das Parlament. Weitere Ergebnisse waren die Beiträge an eine neue WHO-Broschüre zu Solarien und die Entwicklung des neuen Faktenblatts zu Risiken von portablen Media-Playern.

Neues Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG)

Das neue Gesetz soll die Bevölkerung künftig besser vor gesundheitlichen Gefährdungen durch NIS und Schall schützen. Es regelt unter anderem Solarien, kosmetische Anwendungen, Laserpointer, Lasershows und den Schall bei Veranstaltungen.

Dank dem neuen Gesetz lässt sich künftig überprüfen, ob Produkte mit starken NIS- und Schallbelastungen so verwendet werden, dass keine gesundheitlichen Gefährdungen entstehen. Im Vordergrund stehen die Solarien, deren gewerbliche Anbieterinnen und Anbieter künftig kontrolliert werden können, ob sie die bereits heute bestehenden Vorschriften zu Solarien einhalten. Das heisst, dass sie die Kundschaft richtig informieren und Risikogruppen wie Minderjährige vom Besuch abhalten. Im Weiteren ermöglicht das Gesetz, kosmetische Behandlungen mit starken NIS- oder Schallbelastungen sicher durchzuführen. Dazu bestehen künftig Ausbildungs- und Verwendungsvorschriften, und Fachleute müssen ihre Sachkunde nachweisen. Ebenfalls unter das neue Gesetz fallen Lasershows und Schallbelastungen bei Veranstaltungen und Konzerten, die keine gesundheitlichen Gefährdungen verursachen dürfen. Schlussendlich ermöglicht das neue Gesetz, bei erheblicher Gesundheitsgefährdung die Ein- und Durchfuhr, den Verkauf und den Besitz von Produkten zu verbieten. Im Fokus stehen zurzeit gefährliche Laserpointer, welche die Gesundheit der Bevölkerung massiv gefährden und beispielsweise für Pilotinnen und Piloten ein gravierendes Sicherheitsproblem darstellen. Wenn die starke

Strahlung solcher Laserpointer auf das Auge trifft, können nebst Blendungen auch Netzhautverletzungen resultieren, die das Sehvermögen beeinträchtigen oder gar zur Erblindung führen.

Für den Vollzug des NISSG sind grösstenteils die Kantone zuständig. Der Bund vollzieht jedoch das Gesetz bei Veranstaltungen mit Laserstrahlung und bei der Ein- und Durchfuhr gefährlicher Laserpointer. Er stellt zudem Vollzugshilfen für die kantonalen Vollzugsbehörden bereit.



Abb. 20: Das Parlament hat das NISSG am 16. Juni 2017 verabschiedet

Das Parlament hat das Gesetz nur wenig angepasst. Es hat einen Evaluationsartikel eingefügt, der den Bundesrat verpflichtet, das Parlament acht Jahre nach Inkrafttreten des neuen Rechts darüber zu informieren, wie wirksam und notwendig das NISSG ist. Das Parlament hat das Gesetz am 16. Juni 2017 verabschiedet.

Die zum Gesetz vorgesehene Verordnung regelt Solarien, Behandlungen mit kosmetischem Zweck und gefährliche Laserpointer und integriert die bereits heute bestehende Schall- und Laserverordnung vom 28. Februar 2007 (SLV). Das Gesetz und die Verordnung sollen Anfang 2019 in Kraft gesetzt werden.

WHO Broschüre zum Thema Solarium

Die WHO hat 2017 eine Broschüre zu Solarien publiziert, die Behörden helfen soll, Massnahmen für Solarien zu entwickeln (Abb. 21). Sie enthält eine Zusammenfassung der gesundheitlichen Gefährdungen sowie einen Katalog von Massnahmen, um diese zu reduzieren. Das BAG, das seit 2014 offiziell ein Collaborating Center der WHO ist, hat an dieser Broschüre mitgearbeitet.

Neues Faktenblatt zu den Risiken von portablen Media-Playern

Mit portablen Media-Playern bzw. Mobiltelefonen können Menschen sehr laute Musik über Kopfhörer konsumieren, so dass in den letzten Jahren erhebliche Risiken für bleibende Gehörschäden entstanden sind. So setzen sich gemäss einer repräsentativen Befragung 20 % der Schweizer Bevölkerung ab 15 Jahren mindestens monatlich, davon rund ein Drittel sogar täglich, lauter Musik eines portablen Media-Player aus. Laut wissenschaftlichen Erkenntnisse gefährden zwischen 5–10 % der Benutzerinnen und Benutzer portabler Media-Player ihr Gehör. Im Jahr 2015 hat die WHO deshalb eine Initiative für sicheres Musikhören (*Make listening safe*) lanciert. Das BAG hat seinerseits 2017 ein Faktenblatt zum Thema publiziert. Es gibt folgende Tipps, um die Risiken für Gehörschäden klein zu halten:

- Stellen Sie den Lautstärkereglern auf 60 % der Maximallautstärke, um unbeschränkt Musik über Kopfhörer zu hören (vgl. Abb. 22);
- Reduzieren Sie die Hördauer bei lauter Musik;
- Benutzen Sie geräuschisolierende Kopfhörer, um zu verhindern, dass Sie die Lautstärke in einer lauten Umgebung erhöhen müssen, um die Musik weiterhin gut zu hören. Seien Sie sich aber bewusst, dass Sie so akustische Warnsignale und den Verkehr nicht hören können.

Vgl. Faktenblatt auf: www.bag.admin.ch (Themen / Mensch und Gesundheit / Strahlenschutz, Radioaktivität und Schall / Schall).



Abb. 21: WHO Broschüre zu Auswirkungen von Solarien, vgl. www.who.int/uv/

Übermässige UV-Strahlung von Solarien oder der Sonne führt zu gesundheitlichen Gefährdungen wie Hautverbrennungen oder Hautkrebs. Solche UV-Belastungen führen in der Schweiz zu schätzungsweise 2'000 Melanomerkrankungen und ungefähr 300 Todesfällen pro Jahr. Laut aktuellen epidemiologischen Erkenntnissen sind 5,4 % der Melanomerkrankungen auf Solarien zurückzuführen (Männer 3,7 %, Frauen 6,9 %). Auf die Schweiz bezogen heisst dies, dass in der Schweiz 51 Männer und 90 Frauen pro Jahr an solariuminduzierten Melanomen erkranken bzw. 14 Männer und 19 Frauen daran sterben.



Abb. 22: Bis 60 % der Lautstärkeskala (hier gelb) kann unbeschränkt Musik gehört werden

Strahlenexposition der Bevölkerung 2017

Der grösste Anteil an der Strahlenbelastung der Bevölkerung stammt vom Radon in Wohn- und Arbeitsräumen sowie von medizinischen Untersuchungen. Die Bevölkerung ist von diesen Strahlungsquellen unterschiedlich stark betroffen. Bei Personen, die in ihrer beruflichen Tätigkeit mit Strahlen umgehen, gab es 2017 eine Überschreitung eines Grenzwertes.

Strahlendosen der Bevölkerung

Die Strahlenexposition der Bevölkerung wird aus den Strahlendosen natürlicher und künstlicher Strahlenquellen ermittelt. Die drei wichtigsten Ursachen für die Strahlenbelastung der Bevölkerung sind das Radon in Wohnungen, die medizinische Diagnostik sowie die natürliche Strahlung (Abb. 23). Für alle künstlichen Strahlenexpositionen (ohne Medizin) gilt für die allgemeine Bevölkerung ein Dosisgrenzwert von 1 mSv pro Jahr. Die berufliche Strahlenbelastung, insbesondere für Junge und Schwangere, ist durch besondere Bestimmungen geregelt.

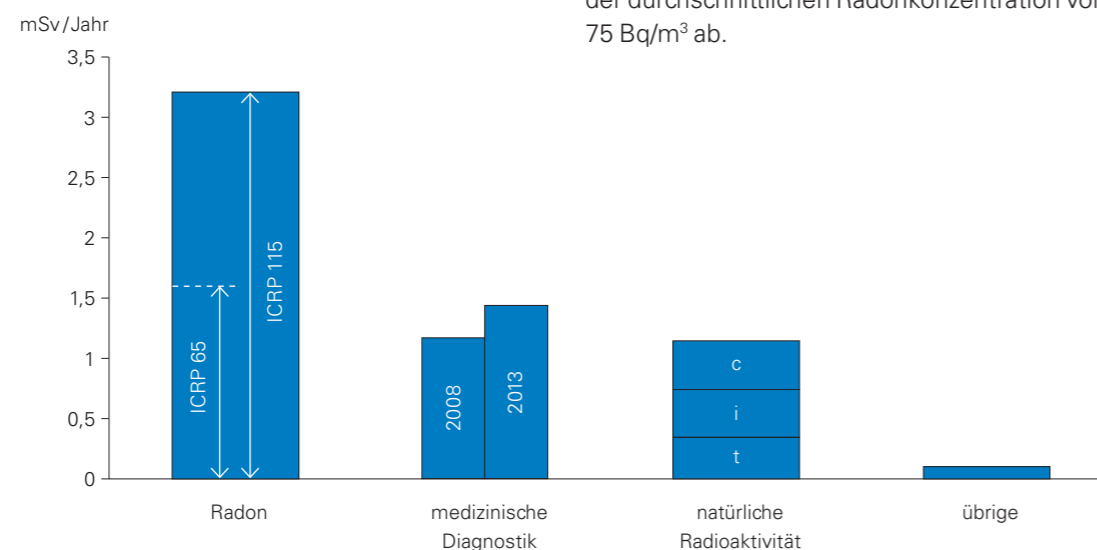


Abb. 23: Durchschnittliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung [mSv pro Jahr pro Person]. Die Belastung durch Radon muss nach der Beurteilung von 2010 (ICRP 115, 2010) deutlich höher eingeschätzt werden als zuvor (ICRP 65). Der Wert für die medizinische Diagnostik beruht auf der Erhebung von 2008 bzw. auf der Zwischenerhebung von 2013. Die natürliche Exposition setzt sich aus terrestrischer Strahlung (t), Inkorporation (i) und kosmischer Strahlung (c) zusammen. Zu «übrige» gehören Kernkraftwerke und Forschungsanstalten sowie künstliche Radioisotope in der Umwelt.

Strahlenbelastung durch Radon

Radon-222 und seine Folgeprodukte in Wohn- und Arbeitsräumen liefern den grössten Dosisbeitrag für die Bevölkerung. Diese Nuklide gelangen über die Atemluft in den Körper. Die internationale Strahlenschutzkommission ICRP schätzt heute das Lungenkrebsrisiko aufgrund von Radon etwa doppelt so hoch ein wie in früheren Einschätzungen (ICRP 115, 2010). Folglich muss die durchschnittliche «Radondosis» für die Schweizer Bevölkerung auch nach oben korrigiert werden. Sie beträgt mit den neuen Risikofaktoren etwa 3,2 mSv pro Jahr statt den 1,6 mSv, die mit den alten Dosisfaktoren aus der Publikation ICRP 65 geschätzt wurden. Die Radonbelastung der Bevölkerung ist nicht einheitlich. Der angegebene Mittelwert leitet sich aus der durchschnittlichen Radonkonzentration von 75 Bq/m³ ab.

Bestrahlung durch medizinische Diagnostik

Die Dosis aufgrund medizinischer Anwendungen (Diagnostik) beträgt auf die gesamte Bevölkerung umgerechnet 1,4 mSv/Jahr pro Person (Auswertung der Zwischenerhebung 2013). Dies ist ein Anstieg von 0,2 mSv in 5 Jahren seit der letzten Auswertung (Erhebung 2008; 1.2 mSv/Jahr pro Person). Mehr als zwei Drittel der jährlichen kollektiven Strahlendosis in der Röntgendiagnostik verursachen computertomografische Untersuchungen. Wie beim Radon ist die Belastung durch die medizinische Diagnostik ungleichmässig verteilt. Rund zwei Drittel der Bevölkerung erhalten praktisch keine Dosis durch Diagnostik, bei einigen wenigen Prozents der Bevölkerung sind es mehr als 10 mSv.

Terrestrische und kosmische 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 davon ab, wie der Untergrund zusammengesetzt ist. Die Dosis durch kosmische Strahlung beträgt im Mittel etwa 0,4 mSv pro Jahr. Die kosmische Strahlung nimmt mit der Höhe über Meer zu, da dadurch die abschwächende Lufthülle der Erde dünner wird. In 10 km Höhe ist die kosmische Strahlung deshalb rund 100-mal stärker als auf 500 m über Meer. Aus diesem Grund ergibt ein Überseeflug (retour) eine Exposition von typischerweise rund 0,06 mSv. Das Flugpersonal kann eine Dosis von bis zu einigen mSv pro Jahr erhalten.

Radionuklide in der Nahrung und im Tabak

Radionuklide gelangen auch über die Nahrung in den menschlichen Körper und führen zu Dosen von rund 0,35 mSv. Das Kalium-40 im Muskelgewebe liefert mit rund 0,2 mSv den grössten Beitrag. Weitere Radionuklide in der Nahrung stammen aus den natürlichen Zerfallsreihen von Uran und Thorium. Auch künstliche Radionuklide kommen in der Nahrung vor; hauptsächlich die Nuklide Caesium-137 und Strontium-90 von den Kernwaffenversuchen der 1960er-Jahre und vom Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986. Die regelmässigen Ganzkörpermessungen an Schulklassen ergeben heute Dosen durch aufgenommenes Caesium-137 von weniger als einem Tausendstel mSv pro Jahr. Bei Rauchern und Raucherinnen führt das Inhalieren von natürlichen Radioisotopen, welche im Tabak enthalten sind, zu einer zusätzlichen Strahlendosis. Gemäss neueren Studien liegt der Mittelwert für die effektive Dosis beim Rauchen von einem Paket Zigaretten (20 Stück) täglich bei 0.2–0.3 mSv pro Jahr.

Übrige (künstliche) Strahlenquellen

Zu den bisher erwähnten Strahlendosen kommt ein geringer Beitrag von $\leq 0,1$ mSv pro Jahr aus den Strahlenexpositionen durch Kernkraftwerke, Industrie, Forschung, Medizin, Konsumgüter und Gegenstände des täglichen Lebens sowie künstliche Radioisotope in der Umwelt. Der radioaktive Ausfall durch den Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986 und den oberirdischen Kernwaffenversuchen (1960er-Jahre) machen heute nur noch wenige Hundertstel mSv pro Jahr aus. Die Dosis durch die Ausbreitung von radioaktiven Stoffen nach dem Reaktorunfall in Fukushima 2011 ist in der Schweiz vernachlässigbar. Die Emissionen radioaktiver Stoffe über Abluft und Abwasser aus den Schweizer Kernkraftwerken, dem PSI und dem CERN ergeben bei Personen, die in unmittelbarer Nähe wohnen, Dosen von höchstens einem Hundertstel mSv pro Jahr.

Berufliche Strahlenexposition

Im Berichtsjahr waren in der Schweiz ca. 98'000 Personen beruflich strahlenexponiert. Diese Zahl steigt kontinuierlich (+ 35 % in den letzten 10 Jahren), ca. drei Viertel dieser Personen arbeiten im medizinischen Bereich. Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit untersucht das BAG in den Bereichen Medizin und Forschung alle Ganzkörperdosen über 2 mSv im Monat sowie alle Extremitätendosen über 10 mSv. Die meisten erhöhten Dosen gab es in den dosisintensiven Bereichen Nuklearmedizin und interventionelle Radiologie. Im Berichtsjahr wurde eine Überschreitung des Jahresgrenzwertes für die Ganzkörperdosis festgestellt. Die Auswertung des Dosimeters einer Pflegefachperson auf einer Notfallstation ergab eine Dosis von 30 mSv. Trotz einer Untersuchung durch das Spital und das BAG konnte keine Dosisursache ermittelt werden. Aufgrund der Abklärungen ist es aber unwahrscheinlich, dass es sich um eine echte Personendosis handelt. Die restlichen Monatsdosen der Person waren das ganze Jahr bei 0 mSv. Die Ganzkörperdosis von 30 mSv wurde trotzdem im Zentralen Dosisregister erfasst.

Der ausführliche Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» wird im Sommer 2018 auf www.bag.admin.ch/dosimetrie-jb publiziert werden.

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. Unsere wichtigsten Partner sind nachfolgend aufgeführt.

Kooperationszentrum der Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Seit 2014 ist das 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. 2017 stand im Zeichen einer gemeinsamen externen Evaluation zur Umsetzung der Internationalen Gesundheitsvorschriften in der Schweiz und Liechtenstein (vgl. Abb. 24). Bei der Frage, ob die Schweiz in der Lage sei, Gefahren für die öffentliche Gesundheit vorzubeugen, zu erkennen und rasch darauf zu reagieren, hat sich das BAG mit spezifischem Blick auf radiologische Notfallsituationen eingebracht. Nach einer ausführlichen Diskussion mit den von der WHO beauftragten, externen Experten entstand eine Liste mit den dringlichsten Anforderungen. Um die Ressourcen möglichst effizient einzusetzen, priorisierte das Team ausserdem die Optimierungsmöglichkeiten für die Vorbereitung, die Reaktionen und die Aktionen.



Abb 24: Teilnehmende an der externen Evaluation über die Implementierung der Internationalen Gesundheitsvorschriften

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. Wie 2016 beteiligte sich der Abteilungsleiter Strahlenschutz auch 2017 im Rahmen der deutschen Delegation an den Arbeiten des Ausschusses.

Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP)

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

Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO)

Die IAEO ist eine mit der UNO verbundene Organisation, deren Aufgabe es ist, grundlegende Sicherheitsnormen zum Strahlenschutz aufzustellen. Zu diesem Zweck stützt sie sich auf die Empfehlungen und Leitlinien der ICRP. Diese Normen sind die Grundlage für die Ausarbeitung gesetzlicher Bestimmungen zum Strahlenschutz auf länderübergreifender (zum

Beispiel Europäische Union) oder nationaler Ebene. In diesem Zusammenhang verfolgt das BAG insbesondere die Tätigkeiten des RASSC (Radiation Safety Standards Committee). 2017 nahm das BAG u. a. an einem technischen Workshop teil. Thema waren die Abschlussmodalitäten für die Notfallphase als Vorbereitung auf die Übergangsphase. Die GNU 2017 hat gezeigt, dass diese Etappe bei der Bewältigung eines Unfalls zentral ist (vgl. auch Bericht S. 35).

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. 2017 nahm das BAG an einer europäischen IRPA-Konferenz in Wien teil. Themen waren das bessere Verständnis der Bevölkerung für das Strahlenrisiko, der Schutz vor nichtionisierender Strahlung und die Förderung des Netzwerks für junge Berufsleute. Diese Themen haben für die IRPA 2018 Priorität.

Expertengruppe «Artikel 31 Euratom-Vertrag»

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

Vereinigung europäischer Strahlenschutzbehörden (HERCA)

In der HERCA sind nahezu alle europäischen Staaten vertreten. Die Vereinigung hat das Ziel, den Strahlenschutz in Europa zu harmonisieren, zum Beispiel durch gemeinsame Stellungnahmen zu Strahlenschutzthemen. Sie ist für die europäischen Strahlenschutzbehörden die wichtigste Plattform für den Erfahrungsaustausch und zur Verbesserung der Strahlenschutzpraxis in den Mitgliedsländern. In diesem Rahmen beteiligte sich das BAG 2017 an den Überlegungen in den Bereichen Medizin, Notfallintervention und Umgang mit Radon und natürlicher Radioaktivität (NORM).

Europäisches Forschungsprogramm zum Strahlenschutz (CONCERT)

Das BAG vertritt die Interessen der Schweiz im Rahmen der europäischen und internationalen Forschungsnetze im Bereich Strahlenschutz und gewährleistet den Zugang von Schweizer Forschenden zu diesen Programmen, z. B. zum Programm CONCERT. CONCERT, das «*Euro-pean Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research*», gehört zum Forschungsprogramm Horizon 2020 und bildet den strukturellen Rahmen für gemeinsam lancierte Forschungsinitiativen der Strahlenschutz-Forschungsplattformen MELODI, ALLIANCE, NERIS und EURADOS. CONCERT ist eine gemeinsam finanzierte Initiative mit dem Ziel, nationale Forschungsbemühungen anzuziehen und mit den europäischen Projekten zu bündeln, um die öffentlichen Ressourcen besser zu nutzen und die gemeinsamen europäischen Herausforderungen im Strahlenschutz effizienter angehen zu können.

2017 unterstützte das BAG das Universitätsspital Zürich, das am Projekt CONFIDENCE mitarbeitet. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines epidemiologischen Werkzeugs zur Nachkontrolle der Personen, die nach einem Strahlen- oder Nuklearunfall ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. In diesem Kontext beteiligte sich das BAG auch an den Überlegungen der europäischen Plattform NERIS zur Vorbereitung von Notfallinterventionen nach Nuklear- und Strahlenunfällen und insbesondere zu den Massnahmen, die ein Leben auf kontaminiertem Gebiet bis zur Rückkehr zur Normalität ermöglichen.

European ALARA Network

Ziel dieses Netzwerks (www.eu-alara.net) ist es, die Strahlenbelastung der Bevölkerung mit Optimierungsstrategien auf einem so niedrigen Niveau zu halten, wie dies mit vernünftigem Aufwand möglich ist («As Low As Reasonably Achievable»). Im Mai 2017 hat das BAG am 17. European ALARA Network Workshop «ALARA in Emergency Exposure Situations», der in Zusammenarbeit mit NERIS in Lissabon organisiert wurde, teilgenommen. Die Schlussfolgerungen und Empfehlungen des Workshops sind auf der Webseite des ALARA Netzwerks zu finden.

Bilaterale Zusammenarbeit mit Deutschland und Frankreich

Die Zusammenarbeit des BAG mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und mit dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) stand 2017 im Zeichen der deutsch-schweizerischen Expertise zu den Dosis-Koeffizienten für Radon. Die Publikation der Resultate wird 2018 erfolgen. Im Bereich Radon hat das BAG zudem seine Zusammenarbeit im französisch-schweizerischen Projekt INTERREG V «JURADBAT» weiterverfolgt. Das Projekt läuft seit 2016, die Publikation der Ergebnisse wird 2019 erfolgen.

Zusammen mit der französischen Aufsichtsbehörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz koordiniert das BAG die Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung des CERN. Die Zusammenarbeit mit der französischen Behörde für nukleare Sicherheit (ASN) und mit dem *Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)* wurde insbesondere im Rahmen von Arbeitsgruppen, die sich mit dem Strahlenschutz im Zusammenhang mit medizinischen Anwendungen, der Umwelt oder Notfällen befassen, 2017 fortgeführt.

Ausserdem beteiligt sich das BAG am Erfahrungsaustausch mit den Strahlenschutzbehörden ENSI und Suva zu Betrieb, Sicherheit, Überwachung und Umweltauswirkungen von Kernanlagen sowie über weitere Aspekte 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*.

Publikationen, weiterführende Informationen

Rechtsgrundlagen

Die schweizerische Strahlenschutzgesetzgebung bezweckt, Mensch und Umwelt vor gefährlichen ionisierenden Strahlen zu schützen. Sie umfasst alle Tätigkeiten, Einrichtungen, Ereignisse und Zustände, die eine Gefährdung durch ionisierende Strahlen mit sich bringen. Sie regelt den Umgang mit radioaktiven Stoffen und mit Anlagen, Apparaten und Gegenständen, die radioaktive Stoffe enthalten oder ionisierende Strahlen aussenden können. Die Gesetzgebung behandelt im Weiteren Ereignisse, die eine erhöhte Radioaktivität der Umwelt bewirken können.

Dieser Jahresbericht erfüllt die von der Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung geforderte Informationspflicht zur Personendosimetrie (Art. 55 StSV), Umweltradioaktivität (Art. 106 StSV) und Radonproblematik (Art. 118 StSV).

Revision der Verordnungen im Strahlenschutz: Der Bundesrat hat an seiner Sitzung vom 26. April 2017 die revidierten Verordnungen im Strahlenschutz verabschiedet. Sie treten am 1. Januar 2018 in Kraft. Weitere Informationen unter folgendem Link: www.strahlenschutz-recht.ch.

Informationsmaterial

Ausführliche Informationen über die Abteilung Strahlenschutz finden Sie auf der BAG-Webseite www.bag.admin.ch: Themen, Strahlung, Radioaktivität & Schall.

Ionisierende Strahlung: BAG-Wegleitungen, Gesuchsformulare zu Röntgenanlagen, radioaktiven Stoffen, Informationen zu radioaktiven Abfällen, beruflich strahlenexponierten Personen, Radon.

Nichtionisierende Strahlung und Schall: Broschüren und Faktenblätter zu Sonnenschutz, Solarien, Laser, elektromagnetischen Feldern und Schall im Freizeitbereich.

Weiterbildung: DVD zum Strahlenschutz in der Nuklearmedizin, in der zahnärztlichen Praxis, bei interventionellen Untersuchungen und beim Röntgen im Operationssaal.

Verbraucherschutz Newsletter

Bestellen Sie unseren kostenlosen Verbraucherschutz-Newsletter, um das Neueste aus den Abteilungen Strahlenschutz und Chemikalien zu erfahren.

Strahlenschutz: Aufgaben und Organisation

Strahlung ist allgegenwärtig. Ihrem Nutzen in Medizin, Industrie und Forschung stehen Risiken für Mensch und Umwelt gegenüber. Zu hohe Strahlung, Radioaktivität oder Radon bergen Risiken – sei es am Arbeitsplatz, in der Umwelt oder im Privatleben. Der Schutz vor diesen Risiken ist die zentrale Aufgabe der Abteilung Strahlenschutz.

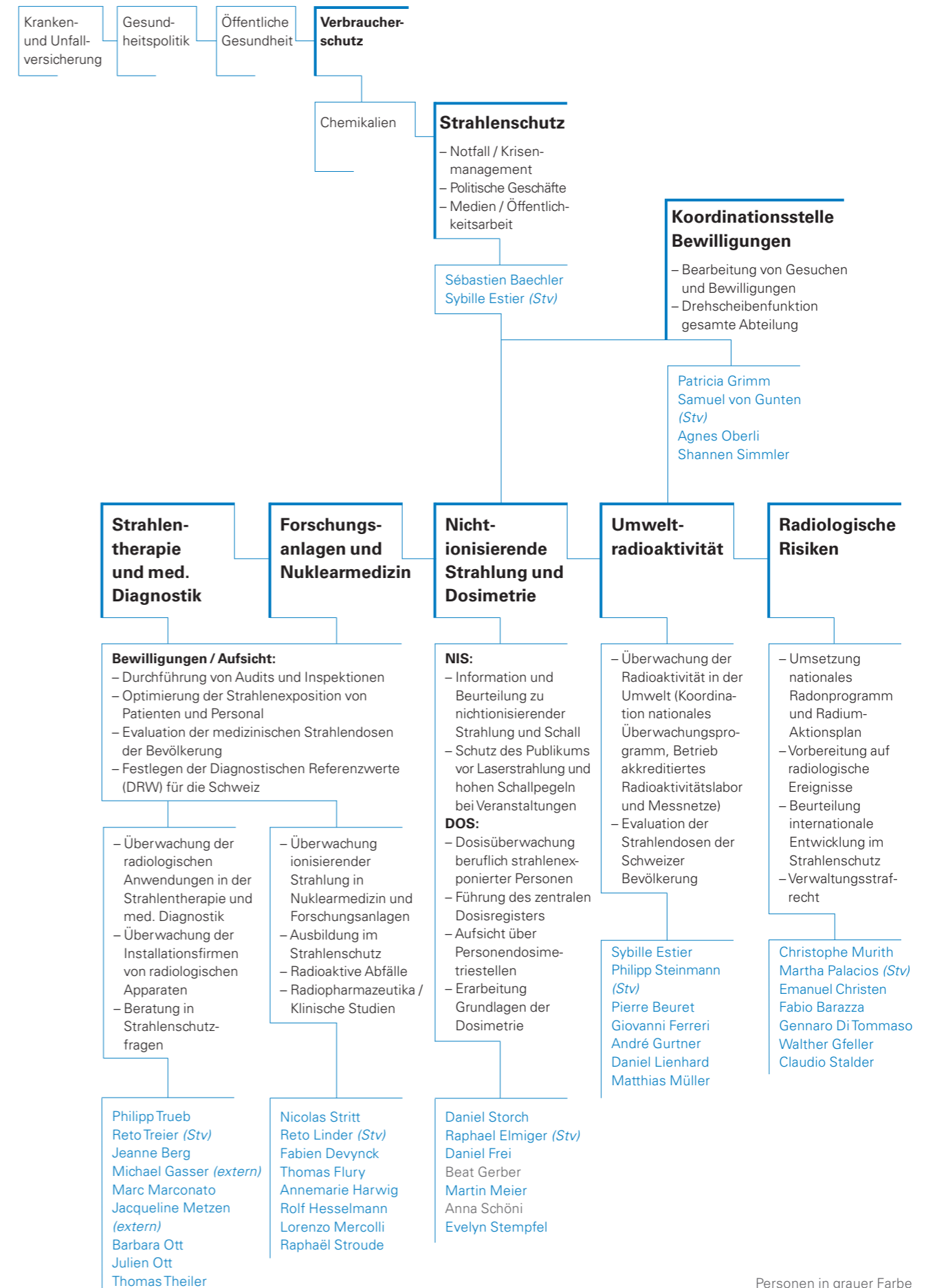
Über 40 Mitarbeitende verschiedener Berufsgruppen, z. B. Physiker/innen, Geolog/innen oder Ingenieure, setzen sich dafür ein, dass Strahlenexpositionen der Schweizer Bevölkerung so niedrig wie möglich sind. Erste Priorität haben Massnahmen, die schwere Störfälle verhindern und hohe Dosen von Bevölkerung, Patient/innen sowie beruflich strahlenexponierten Personen vermeiden.

Um diese Ziele zu erreichen, verfügen wir über vielfältige Mittel. Bei der ionisierenden Strahlung sind die Strahlenschutzgesetzgebung und die damit verbundenen Vollzugsaufgaben unsere Basis. Die gesetzlichen Bestimmungen sollen Mensch und Umwelt in allen Situationen schützen, bei denen ionisierende Strahlen oder erhöhte Radioaktivität eine Gefahr darstellen. Die Überwachung der ca. 22'000 Bewilligungen für die Verwendung ionisierender Strahlung in Medizin, Industrie und Forschung ist deshalb eine zentrale Aufgabe unserer Abteilung. Bei der nichtionisierenden Strahlung und beim Schall legen wir das Schwergewicht unserer Tätigkeiten auf die Information der Öffentlichkeit. Eine gesetzliche Grundlage für diesen Bereich ist in Vorbereitung.

Strahlenschutz funktioniert nicht ohne Zusammenarbeit mit verschiedensten Partnern im In- und Ausland. All diese Partnerschaften ermöglichen es uns, gesundheitliche Risiken von Strahlung laufend nach dem neusten Stand von Wissenschaft und Technik zu beurteilen.

Unser Aufgabenportfolio umfasst (vgl. auch Organigramm, nächste Seite):

- Bewilligungserteilung und Aufsicht in Strahlentherapie, Nuklearmedizin und radiologischer medizinischer Diagnostik. Im Fokus steht der Schutz von Patienten und Patientinnen sowie des medizinischen Personals;
- Bewilligungserteilung und Aufsicht in komplexen Forschungsanlagen wie CERN und PSI;
- Erarbeitung und Anpassung gesetzlicher Grundlagen, aktuell die Revision der Strahlenschutzverordnung sowie die Gesetzgebung im NIS- und Schallbereich;
- Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen (ca. 98'000 Personen);
- Bewilligung klinischer Studien mit radioaktiv markierten Pharmazeutika;
- Zulassung und Typenprüfungen radioaktiver Strahlenquellen;
- Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt;
- Betrieb eines akkreditierten Radioaktivitätslabors und Betrieb von Messnetzen;
- Evaluation der Dosen ionisierender Strahlung der Schweizer Bevölkerung;
- Realisierung des nationalen Radonprogramms sowie neu des Radium-Aktionsplans;
- Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen, Dosimetriestellen und Radonmessstellen;
- Information zu nichtionisierender Strahlung, um gesundheitsbeeinträchtigende optische, elektromagnetische oder akustische Belastungen von Personen zu verhindern;
- Bereithaltung eines Krisenmanagements, um bei radiologischen Ereignissen und Katastrophen unverzüglich eingreifen zu können.



Personen in grauer Farbe sind 2017 ausgetreten

Impressum

Konzeption, Redaktion und alle nicht
gezeichneten Texte: BAG
Alle nicht gezeichneten Fotos: BAG
Grafiken & Layout:
Christoph Grimm, Bern / Bruno Margreth, Zürich
Copyright: BAG, Mai 2018
Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:
«Strahlenschutz BAG; Jahresbericht 2017»

Weitere Informationen und Bezugsquellen:
Bundesamt für Gesundheit BAG,
Direktionsbereich Verbraucherschutz
Abteilung Strahlenschutz
CH-3003 Bern
Tel. +41 (0)58 462 96 14
str@bag.admin.ch
www.bag.admin.ch, www.str-rad.ch

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

ISBN: 978-3-906202-00-6

Impressum

Conception, rédaction et textes
non signés : OFSP
Photos sans légende/Photos
non signées : OFSP
Graphiques et mise en page :
Christoph Grimm, Berne / Bruno Margreth, Zurich
Copyright : OFSP, mai 2018
Indication de la source en cas de reproduction :
« Radioprotection OFSP ; rapport annuel 2017 »

Informations supplémentaires et diffusion :
Office fédéral de la santé publique (OFSP)
Unité de direction Protection des consommateurs
Division Radioprotection
CH-3003 Berne
Téléphone : +41 (0)58 462 96 14
str@bag.admin.ch
www.bag.admin.ch, www.str-rad.ch

OFCL, Vente des publications fédérales,
CH-3003 Berne
www.publicationsfederales.admin.ch
Numéro de commande OFCL : 311.326.f

ISBN : 978-3-906202-00-6