

# Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz **Ergebnisse 2018**

## Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse **Résultats 2018**



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

Es ist ein zentrales Ziel der öffentlichen Gesundheit, Risiken mit geeigneten Präventions- und Schutzmassnahmen unter Kontrolle zu bringen. Im März 2018 hat der Bundesrat einen Postulatbericht zur Exposition gegenüber ionisierender Strahlung veröffentlicht. Dieser bestätigt die heutige vorsichtige Risikoeinschätzung, wonach jede Exposition das Krebsrisiko erhöht. Auf dieser Einschätzung beruhen die internationalen Normen sowie auch die schweizerische Gesetzgebung im Strahlenschutz, deren revidierte Verordnungen am 1. Januar 2018 in Kraft getreten sind. Wir waren im vergangenen Jahr intensiv mit deren Umsetzung beschäftigt.

2018 hat sich das BAG weiter für die Vermeidung inakzeptabler Expositionen der Bevölkerung eingesetzt. Dazu zählen unangemessene radiologische Untersuchungen an Patientinnen und Patienten, Belastungen in Liegenschaften durch Restkontaminationen von Radium, das früher in der Uhrenindustrie verwendet wurde, aber auch erhöhte Gehalte an natürlicher Radioaktivität in Schmuck. «Natürlich» wird auch heute noch zu oft mit «ungefährlich» gleichgesetzt. Die Radonkonzentration in Gebäuden verursacht, obwohl natürlich, jedes Jahr 200 bis 300 Todesfälle.

Dem Thema Strahlenschutz begegnen wir alle früher oder später, sei es als Bürgerin oder als Patient. Sehr direkt betrifft es in der Schweiz auch 97'000 Berufstätige, die bei ihrer Arbeit ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. Ein Drittel davon arbeitet im OP-Bereich. An sie richtete sich die Auditkampagne des BAG zwischen 2016 und 2018. Die Ergebnisse dieser Audits in über 200 Spitälern standen im Zentrum unseres 3. Nationalen Strahlenschutztags.

Bei der Überwachung der Radioaktivität in Luft und Wasser wäre es leicht festzustellen, dass die gemessenen Werte unter den Grenzwerten liegen. Für jedes identifizierte Radionuklid muss aber die Aktivität individuell quantifiziert und daraus die Dosis für die Bevölkerung berechnet werden. Hierzu kann das BAG seit Sommer 2018 auf sein automatisches Messnetz URAnet zählen. Im Interview mit unserem Projektleiter Daniel Lienhard erfahren Sie mehr darüber.

Nach der Vernehmlassung zur Verordnung zum Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall haben wir im Herbst 2018 die kritischsten Themen mit den interessierten Kreisen diskutiert. So konnten Lösungen gefunden werden, ohne das gewünschte Schutzniveau zu gefährden.

2018 feierte unsere Abteilung ihr 60-jähriges Bestehen. Die Sektion Strahlenschutz wurde 1958 im Eidgenössischen Gesundheitsamt gegründet. Ihr Auftrag lautete, eine Verordnung zum Strahlenschutz auszuarbeiten. Diesen setzte sie bestimmt auch im Wissen um, dass sich die Verordnung künftig in vielen Punkten weiterentwickeln würde.

Sébastien Baechler

Bild: Brigitte Batt & Klemens Huber



# Inhalt

3	Editorial
5	Interview: Neues Messnetz für Radioaktivität verbessert die Überwachung
9	Strahlenschutz in Medizin und Forschung
19	Radiologische Ereignisse
22	Neue Fachstelle fördert den Strahlenschutz am Universitätsspital Zürich
24	3. Nationaler Strahlenschutztag in der Medizin
26	Aktionsplan Radium 2015–2019
30	Aktionsplan Radon 2012–2020
33	Überwachung der Umwelt
36	Intervention in einem radiologischen Notfall
38	Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall
40	Aktuelle Risikoeinschätzung ionisierender Niedrigstrahlung hat solide Grundlage
41	Strahlenexposition der Bevölkerung 2018
43	Internationale Zusammenarbeit
45	Publikationen, Dokumentation
46	Strahlenschutz – Aufgaben und Organisation
47	Organigramm / Aufgabenportfolio
48 ff.	Französische Texte / Version française
96	Impressum / Colophon

# Neues Messnetz für Radioaktivität verbessert die Überwachung

Die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt gehört zu den ständigen Aufgaben des Bundesamts für Gesundheit. Nach der Fukushima-Katastrophe hat der Bundesrat entschieden, das alte Messnetz für die Überwachung der Luft zu erneuern und auf eine Überwachung von Flusswasser auszudehnen. Damit ist das BAG in der Lage, jeden aussergewöhnlichen Anstieg der Radioaktivität rasch zu erkennen. Das neue Messnetz «URAnet» ist 2018 in Betrieb gegangen. Daniel Lienhard, Projektleiter für URAnet in der Abteilung Strahlenschutz, beantwortet Fragen zur Bedeutung des neuen Messnetzes in der Umweltüberwachung.

*Herr Lienhard, wie oft wurden Sie schon vom Alarm des neuen Messnetzes URAnet aufgeweckt?*

Glücklicherweise noch nie. Die Nationale Alarmzentrale (NAZ) würde mich nur bei einem radiologischen Alarm, bei dem ein Immissionsgrenzwert überschritten würde, direkt anrufen. Einen solchen Alarm hatten wir seit der Inbetriebnahme von «URAnet» noch nicht. Ich werde jedoch per SMS auch über sonstige Gerätemeldungen benachrichtigt, beispielsweise wenn ein Filterband demnächst zu Ende geht. Da klingelt es dann schon ab und zu – auch am Wochenende. Der Behebung technischer Probleme gehe ich aber jeweils während meiner regulären Arbeitszeit nach.

*Wie würden Sie – mit drei Schlagworten – die Vorteile von URAnet für die Schweizer Bevölkerung beschreiben?*

Kontinuierliche Überwachung, nuklidspezifische Messung und automatische Alarmübertragung. Das neue Messnetz ermöglicht die kontinuierliche Identifizierung und Quantifizierung der in Luft und Wasser vorhandenen Radionuklide und löst bei Überschreitung der Grenzwerte sofort einen Alarm aus.

*Warum brauchte es ein neues Netz für die Überwachung der Luft? Hätte die Schweiz nicht auch mit dem Vorgänger «RADAIR» aus der Tschernobyl-Zeit weiterleben können?*

RADAIR hat, was das Messkonzept anbelangt, nicht mehr den heutigen Anforderungen entsprochen. Es war noch stark geprägt von der Philosophie des Kalten Krieges: Man nahm an, die Gefahr komme vom Ausland und baute deshalb die Messstationen vorwiegend entlang der Grenze auf. Heutzutage arbeiten wir sehr gut mit dem umliegenden Ausland zusammen: Jedes Land überwacht seine eigenen potentiellen Gefahrenquellen und benachrichtigt bei Auffälligkeiten die Nachbarländer.

*Wie wurden die Standorte der Sonden ausgewählt?*

Für die allgemeine Überwachung zielten wir auf eine gute Abdeckung aller geographischen Regionen in der Schweiz ab, d. h. wir planten eine Station nördlich vom Jura, eine südlich der Alpen und vier Stationen im Mittelland zwischen Genf und Bodensee, wo der Grossteil der Bevölkerung lebt. Zudem haben wir in der Umgebung von «Betrieben, bei denen eine erhebliche Frei-

---

Weitere Informationen zu URAnet finden Sie im Kapitel Überwachung der Umwelt, Seite 33.

---

setzung von Radioaktivität nicht ausgeschlossen werden kann», d. h. bei Kernkraftwerken, das Netz zusätzlich verdichtet. Dort haben wir auf bevölkerungsreiche Gebiete und die Hauptwindrichtungen (d. h. vor allem N-O und S-W) geachtet. Aufgrund der atmosphärischen Dispersion ist ein Abstand von 10 bis 20 km zum KKW ideal. Wenn die Distanz zu gross ist, könnten möglicherweise aufgrund der Verdünnung kleinere Abgaben nicht nachgewiesen werden.



Abb. 1: Daniel Lienhard bei der Installation einer Sonde in einer Messbaracke

*Konnte das BAG ohne weiteres über die Platzierung der Messsonden entscheiden?*

Nein, auch eine Bundesbehörde muss in der Regel bei der Einrichtung von Messbaracken das ordentliche Baubewilligungsverfahren durchlaufen. Ausserhalb der kommunalen Bauzone, beispielsweise in der Landwirtschaftszone, ist eine Radioaktivitätsmessstelle zonenfremd und muss vom Kanton bewilligt werden. Der Gesuchsteller muss detailliert begründen, warum gerade dieser Standort in Frage kommt. Konnte ein bereits bestehendes Gebäude genutzt werden, entfiel dieser Aufwand grösstenteils.

*Es gibt noch weitere automatische Messnetze in der Schweiz, z. B. MADUK und NADAM. Ist die Schweiz übersorgt mit Überwachungssystemen für Radioaktivität?*

Die Schweizer Messsysteme ergänzen sich. Jedes Netz hat andere Qualitäten, um seine Mission zu erfüllen. Mit URAnet aero messen wir die Aktivitätskonzentrationen der einzelnen Nuklide in der Luft mit hoher Empfindlichkeit,

was uns erlaubt, die Inkorporationsdosis für die Bevölkerung an einem Ort zu berechnen und die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte zu überprüfen. MADUK und NADAM messen die externe Gesamtdosisleistung. Sowohl die Messung der Aktivitätskonzentrationen wie auch die Messung der Gesamtdosisleistung liefern wichtige Informationen, um die Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung abzuschätzen.

*Die grossen bekannten Unfälle in KKW, Tschernobyl und Fukushima, haben sich im Ausland ereignet. Dachten Sie beim Aufbau des neuen Netzes auch an Schweizer Störfälle?*

Für die Auslegung unseres Netzes gingen wir von einem Szenario aus, bei dem in einem KKW innerhalb von zwei Stunden eine Menge von Radioaktivität austritt, die der vom Schweizer Gesetzgeber erlaubten Kurzzeitaufgabegrenze entspricht. Das Messnetz sollte in der Lage sein, dieses Ereignis bei einer typischen Wetterlage nachzuweisen und somit die Erhöhung der Dosis für die Bevölkerung zu erfassen.

*Haben Sie neben den Kernkraftwerken noch weitere potentielle Verursacher im In- und Ausland im Visier, von denen Radioaktivität in die Luft und die Gewässer gelangen könnte?*

Es gibt in der Schweiz auch andere Betriebe, die mit radioaktiven Quellen arbeiten: Spitäler, Universitäten oder die Pharmaindustrie usw. Auch bei diesen Betrieben ist eine Freisetzung von Radioaktivität nie ausgeschlossen. Allerdings ist das vorhandene Inventar an radioaktiven Stoffen viel geringer als in einem Kernkraftwerk. Im Ausland sind die potentiellen Quellen im Prinzip dieselben. Zusätzlich kommen hier auch die Wiederaufbereitung von Brennstäben oder der Einsatz radioaktiver Quellen für militärische Zwecke in Frage.

*Das Messnetz URAnet umfasst neu auch Wassersonden. Was messen diese und wie genau registrieren sie allfällige Belastungen?*

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima hat der Bundesrat beschlossen, das automatische Messnetz auf die Überwachung der Flüsse auszuweiten. Die fünf Wassersonden sind flussabwärts der KKW installiert (eine bei Basel, zwei

beim Bielersee und zwei in der Aare bei Aarau und bei Laufenburg). Auch sie messen die Radioaktivität kontinuierlich und nuklidspezifisch. So würden wir rasch feststellen, ob künstliche Radioaktivität in den Fluss abgegeben wurde.

*Die Wassersonden in Rhein und Aare sind bereits seit 2015 in Betrieb, deren Installation wurde auch von den Schweizer Trinkwasserversorgern begrüsst. Können Sie schon Bilanz ziehen zu deren Mehrwert?*

Eine kontinuierliche Überwachung der Fliessgewässer ist sinnvoll und schliesst eine Lücke in der Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz. Bisher gab es in der Schweiz keine automatischen Messungen der Radioaktivität im Flusswasser. Die neuen Messungen dienen unter anderem dazu, die Trinkwasserwerke bei erhöhten Werten rasch zu informieren. In Basel zum Beispiel stammt praktisch das ganze Trinkwasser aus dem Rhein. Durch die neu verfügbaren Messungen können diese Wasserwerke die Wasserentnahme aus den Flüssen auch bei geringer Erhöhung der Radioaktivität präventiv stoppen. Die meisten künstlichen Radionuklide gelangen direkt über Einleitung von Abwässern oder indirekt über den Niederschlag in die Gewässer.

*Würden die Wassersonden sowie das dahinter geschaltete Messnetz einem Jahrhunderthochwasser standhalten?*

Die Hochwassertauglichkeit der Befestigungen variiert. In Basel ist die Sonde geschützt in der Pumpstation des Wasserwerkes. Die Sonde im Rhein bei Laufenburg hat 2015 ein starkes Hochwasser problemlos überstanden. Etwas delikater ist die mitten in der Aare befestigte Sonde bei Hagneck. Sie wurde schon zweimal bei Hochwasser beschädigt. Daher ist es nötig, dass in diesem Flussabschnitt beim Kraftwerk Niederried eine zweite Sonde im Einsatz ist.

*Unterscheidet URAnet zwischen künstlichen und natürlichen Radionukliden? Falls ja, gibt es unterschiedliche Szenarien für künstliche und natürliche Belastungen?*

Ja, sowohl die Luft- wie auch die Wassersonden unterscheiden künstliche und natürliche Nuklide. Aufgrund der nuklidspezifischen Messung können wir genau feststellen, ob beispielsweise I-131 oder Cs-137, d. h. menschgemachte Nukli-

de, vorhanden sind, oder aber z. B. Radontöchter wie Bi-214 oder Pb-214, die in der Luft natürlicherweise vorhanden sind. Während starker Niederschläge beobachtet man einen Anstieg der Radioaktivität im Flusswasser, weil mehr natürliche Radionuklide mitgeschwemmt werden. Bei natürlichen Nukliden wird kein Alarm ausgelöst.

*Auf dem Portal Radenviro.ch publiziert das BAG täglich die Messergebnisse für Radioaktivität. Könnte ich also als Einzelperson die Ergebnisse für meinen Wohnort einsehen?*

Es ist wichtig, dass die Schweizer Bevölkerung über das Niveau der Radioaktivität, der sie ausgesetzt ist, informiert ist. Aus diesem Grund hat das BAG das Portal Radenviro.ch entwickelt, auf welchem die Resultate der Umweltüberwachung eingesehen werden können, ohne dass die Publikation des Jahresberichts für Umweltradioaktivität abgewartet werden muss. Klar, die Anzahl der Messstandorte ist limitiert und man findet möglicherweise für die eigene Gemeinde keinen Messwert, aber alle Regionen der Schweiz sind durch das Messnetz abgedeckt. Auf dem Portal sind die 12h-Mittelwerte der Aktivitätskonzentrationen mehrerer Radionuklide aufgeschaltet, darunter auch die von natürlichen Radionukliden.

*Wie schnell kann das BAG die Messergebnisse der Sonden auswerten und – falls nötig – Schutzmassnahmen auslösen? Wie würde die Alarmierungskette bei einem Störfall funktionieren?*

Wenn Sie von Alarmierung und Schutzmassnahmen sprechen, denken Sie wahrscheinlich an einen Kernkraftwerksunfall in der Schweiz. Hier ist es in erster Linie die Rolle des schon erwähnten Dosisleistungsmessnetzes MADUK, einen Alarm auszulösen. Der Alarm geht direkt an die Nationale Alarmzentrale (NAZ), welche die Situation beurteilt und nötige Sofortmassnahmen einleitet. Die URAnet Sonden liefern zusätzlich wichtige Informationen zu Art und Konzentration der vorhandenen Radionuklide. Auch diese Messwerte gelangen bei Überschreitung der Alarmgrenze direkt an die NAZ und werden – nach Rücksprache mit dem BAG – in die Beurteilung der Situation einbezogen. Etwas anders ist die Situation bei den Wassersonden. Hier ist



**Daniel Lienhard** promovierte an der ETH Zürich in Atmosphärenchemie. Er arbeitet seit 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Strahlenschutz am BAG und koordinierte als Projektleiter von URAnet die Installation und Inbetriebnahme der 15 Messstationen.

ein (weniger gravierendes) Szenario denkbar, wo es nur im Flusswasser zu einer Kontamination kommt. Erhöhte Radioaktivität im Wasser wird von den URAnet aqua Sonden detektiert. Auch diese Sonden senden einen Alarm direkt an die NAZ, die uns dann umgehend kontaktiert. Ganz generell ist es so, dass die URAnet Sonden kontinuierlich messen und alle fünf Minuten (bei URAnet aqua sind es zehn Minuten) einen Messwert übermitteln. Die Messdaten sind für unsere Mitarbeiter online zugänglich und erhöhte Werte können innerhalb kurzer Zeit verifiziert werden. Eine zusätzliche Beurteilung der automatisch ausgewerteten Resultate ist nötig, um Fehler zu vermeiden, da die Messung doch recht komplex ist.

*Das neue Messnetz ist in der Lage, viel tiefere Aktivitätskonzentrationen nachzuweisen als sein Vorgänger. Besteht dadurch nicht die Gefahr von Überreaktionen seitens der Behörden?*

Aufgrund der hohen Empfindlichkeit der Sonden erkennen wir auch sehr geringe Konzentrationen von Radioaktivität in der Luft, auch wenn diese keine Gefahr für die Gesundheit darstellen. So können wir aber die Strahlenexposition der Bevölkerung besser evaluieren, beurteilen und überwachen.

*Die Gesamtkosten für URAnet belaufen sich auf 5,7 Mio. Franken für eine Einsatzdauer von 15 Jahren. Hat sich die Schweiz damit einen «Rolls-Royce» geleistet?*

Nein, wir haben ein sehr zweckmässiges Messnetz aufgebaut. Die Kosten und der Aufwand stehen in einem angemessenen Verhältnis zur Qualität und zu unseren Anforderungen für den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung sowie der Umwelt. Aber es ist klar, nach diesem Update verfügen wir über ein sehr gutes System, das den modernen Standards entspricht. Finanziert wird das Messnetz in erster Linie von den Betreibern der Schweizer Kernkraftwerke und in zweiter Linie vom Bund.

*Braucht es heute mehr personelle Ressourcen, um das neue Netz zu betreuen?*

Die Wartung ist eine Erfahrungssache. Klar war es beim alten Netz etwas weniger zeitaufwendig, da die Fachleute dessen Funktionsweise und Macken nach 20 Jahren bestens kannten. Bei URAnet sammeln wir noch immer Erfahrungen mit der komplexen Messtechnik, es gibt immer wieder Überraschungen. Langfristig dürfte die personelle Belastung ähnlich sein wie beim alten Netzwerk. Wie damals ist ein Teil der Wartung auch durch einen Wartungsvertrag abgedeckt.

*Sie arbeiten am BAG als Wissenschaftler an der Planung und Umsetzung von URAnet. Zum Schluss mussten Sie aber auch öfters direkt Hand anlegen im Feld, beim schweisstreibenden Aufbau der Messstationen. Liegt Ihnen als Wissenschaftler die handwerkliche Arbeit?*

Die Kombination von Wissenschaft und handwerklichen Arbeiten bietet reichlich Abwechslung. Ich koordinierte ebenfalls die Vorbereitung der Messstandorte und die Lieferung der Messgeräte und Messbaracken. Das rundet meine Arbeit ab. Zudem (schmunzelt): Auch die Baubewilligungsgesuche für die Messbaracken ausserhalb der Bauzone haben mir als Naturwissenschaftler völlig neue Welten eröffnet.

## Strahlenschutz in Medizin und Forschung

Sowohl die *Basic Safety Standards* der IAEA als auch die der Europäischen Union (Euratom) legen grossen Wert auf einen *Graded approach* im Strahlenschutz, d. h. eine «nach Risiko abgestufte Vorgehensweise». Dieses Prinzip wurde mit der Revision der Strahlenschutzverordnung auch in der Schweiz gesetzlich verankert. Es entspricht der etablierten Aufsichtspraxis im Strahlenschutz, die sich auf hohe Dosen und Risiken konzentriert. Der direkte Kontakt mit Betrieben vor Ort bewirkt einen konkreten und nutzbringenden Strahlenschutz. Jüngstes Beispiel sind die 207 Audits in den OP-Bereichen der Schweizer Spitäler mit über 1700 befragten Personen. Solche Aufsichtsschwerpunkte tragen ohne Frage zu einer verbesserten Strahlenschutzkultur bei.

### Strahlenschutz in der Medizin

Rund 20'000 Anlagen waren in der Schweiz 2018 insgesamt für die medizinische Anwendung ionisierender Strahlung bewilligt, über die Hälfte davon gehören zur dentalen Radiologie. Die Grundtendenz bei der Bewilligungsanzahl ist nach wie vor steigend, wie z. B. die lineare Zunahme bei den digitalen Volumentomografen (DVT, oft auch als CBCT für «Cone beam computed tomography» bezeichnet) zeigt. DVT werden immer häufiger für die Bildgebung im Kopf- und Halsbereich eingesetzt (vgl. Abb. 2). Bis Ende 2019 wird das BAG erstmals DRW für diese Anwendungen in einer Wegleitung publizieren. Bei den Dentalsystemen ohne DVT stagnieren die Zahlen.

In der dentalen und konventionellen Radiologie finden ca. 85 % aller Untersuchungen statt. Aufgrund vieler Optimierungsmassnahmen während der letzten Jahrzehnte erhalten Patientinnen und Patienten bei solchen Untersuchungen relativ kleine Strahlendosen. Im Hochdosisbereich entwickeln sich die komplexen Technologien sehr rasch, was zur Mengenausweitung in der Radiologie beiträgt. Computertomografen (CT), deren Anzahl seit 1998 von 187 auf 330 Anlagen angestiegen ist, verursachen 70,5 % der jährlichen kollektiven Strahlendosis in der Medizin<sup>[1]</sup>, obwohl nur knapp 10 % der radiologischen Untersuchungen mit CT durchgeführt werden. Auch bei anderen Anlagen im Hochdosisbereich gibt es Mengenausweitungen: In der Nuklearmedizin ist die Anzahl PET/CT- und

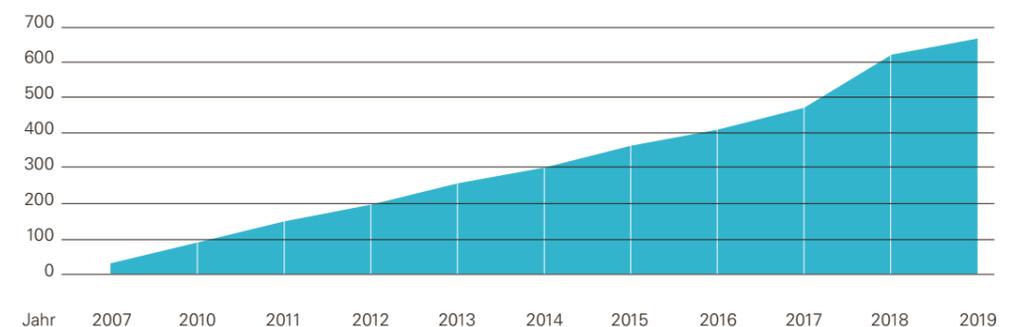


Abb. 2: Zunahme der digitalen Volumentomografen in der Zahnmedizin, aktuell sind es 672 Geräte (Stand: 31.01.2019)

PET/MRI Anlagen zwischen 2004 und 2018 von 3 auf 41, die der SPECT-CT-Anlagen von 1 auf 56 angewachsen; in der Strahlentherapie ist die Anzahl Beschleuniger zwischen 2006 und 2018 von 47 auf 72 gestiegen. Patientinnen und Patienten können von dieser besseren Verfügbarkeit der Anlagen zwar stark profitieren, der zunehmende Einsatz vergrössert jedoch die durchschnittliche Strahlenexposition der Bevölkerung. Sie ist aufgrund medizinischer Anwendungen zwischen 1998 und 2013 um 40 % von 1,0 auf 1,4 mSv/Jahr und Person gestiegen<sup>[2]</sup>.



Abb. 3: Digitale Volumentomografen: Bis Ende 2019 wird das BAG erstmals DRW für diese Anwendungen in einer Wegleitung publizieren

Angesichts dieser Entwicklung rücken die Strahlenschutzprinzipien Optimierung und Rechtfertigung stark in den Vordergrund, um das Risiko unnötiger bzw. unbeabsichtigter Strahlenexposition von Patientinnen und Patienten zu minimieren und den Schutz des Personals zu gewährleisten. Dem BAG ist es ein Anliegen, im aktiven Austausch mit den Betrieben mangelndes Fachwissen, ungenügendes Bewusstsein für Strahlenschutz und fehlendes Training des medizinischen Personals zu evaluieren und zu optimieren.

<sup>[1]-[2]</sup> Quelle: Institut de Radiophysique IRA, Lausanne, 2015; vgl. auch: Strahlenexposition der Bevölkerung 2018

### Strahlenschutz in OP-Bereichen der Schweizer Spitäler

Der Schwerpunkt der OP-Audits lag im Berichtsjahr im Tessin, das BAG hat aber auch in den anderen Sprachregionen Audits durchgeführt. Dank der Unterstützung der auditierten Betriebe konnte das BAG den seit 2016 durchgeführten Aufsichtsschwerpunkt im Juli 2018 mit dem 207. OP-Audit erfolgreich abschliessen. Insgesamt fanden während der Projektdauer 9 Audits im Tessin, 51 Audits in der französischsprachigen Schweiz und 144 Audits in der Deutschschweiz statt. 2015 gab es 3 Pilotaudits.

Das BAG hat bei diesen OP-Audits über 1700 Personen befragt. Im Durchschnitt nahmen gut 8 Personen pro Betrieb an einem Audit teil. Gruppengrössen von etwa 5–8 Personen waren ideal, um die alltägliche Arbeitsweise auditieren und aufkommende Fragen sinnvoll diskutieren zu können. Mehr als drei Viertel der auditierten Personen waren direkt im OP tätig; über 70 % von ihnen gehörten dem nichtärztlichen und knapp 30 % dem ärztlichen Personal an.

Das BAG hat bei den Audits die Gelegenheit genutzt, um die Neuerungen der am 1. Januar 2018 in Kraft getretenen revidierten Verordnungen im Strahlenschutz vorzustellen. Weitere Themenbereiche betrafen die Personendosimetrie, die Schutzmittelverwendung, die interdisziplinäre Kommunikation und Zusammenarbeit sowie das Verfassen interner Strahlenschutzweisungen, die eine gute Strahlenschutzkultur dokumentieren, etablieren, unterstützen und fördern sollen.

2018 hat sich erstmalig gezeigt, dass die Medizinphysikexpertinnen und -experten verstärkt in die OP-Bereiche einbezogen wurden. Bildungsinstitutionen und Fachfirmen konzipieren inzwischen spezielle Trainings für das OP-Personal und tragen damit auch der geltenden Fortbildungspflicht im Strahlenschutz Rechnung. Am 3. Nationalen Strahlenschutztag hat das BAG erste Trends zur den Auswertungen der OP-Audits vorgestellt (vgl. Bericht, Seite 24). 2019 wird es einen Schlussbericht mit der Auswertung der OP-Audits auf seiner Webseite publizieren.

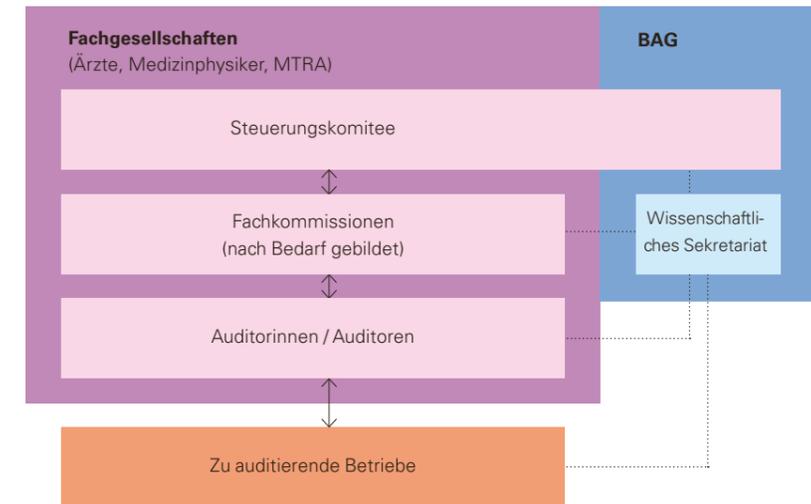


Abb. 4: Organisation der klinischen Audits

### Klinische Audits: Begutachtung der Strahlenschutzpraxis durch Fachkollegen

Mit dem Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV) Anfang 2018 wurden die klinischen Audits formell eingeführt, ab 2020 sind sie obligatorisch. Die Übergangsphase 2018 – 2019 ermöglicht es den betroffenen Betrieben, sich vorzubereiten und ihr Qualitäts-handbuch zu erstellen. Während dieser Phase können die Betriebe sich melden, um ein freiwilliges Audit durchzuführen. Klinische Audits sind Begutachtungen unter Fachkolleginnen und -kollegen (*Peer-Reviews*) und somit keine behördlichen Kontrollen oder Inspektionen. Mit diesem innovativen System sollen die Versorgungsqualität und der Schutz des medizinischen Personals nachhaltig verbessert werden. Betroffen sind Betriebe mit Computertomografie, Radioonkologie, Nuklearmedizin und durchleuchtungsgestützten interventionellen Diagnose- oder Therapieverfahren.

2018 hat das Steuerungskomitee seine Arbeit aufgenommen, um Strategie und Durchführung der klinischen Audits zu definieren. Als Erstes haben die Mitglieder des Komitees – Vertreterinnen und Vertreter der hauptsächlich betroffenen medizinischen Fachgesellschaften – die Rollen der beteiligten Akteure definiert (vgl. Abb. 4).

Die von den Fachkommissionen für Radiologie, Radioonkologie und Nuklearmedizin vorgelegten Auditkonzepte wurden vom Steuerungskomitee verabschiedet. Es konnte damit die Auditstrategien für diese Fachgebiete für einen ersten Fünfjahreszyklus festlegen. Das Steue-

rungskomitee hat zudem die Kriterien, die Auditorinnen und Auditoren zur Ausübung ihrer Funktion erfüllen müssen, festgelegt und die Prozesse rund um die Organisation klinischer Audits spezifiziert.

Das im BAG angesiedelte wissenschaftliche Sekretariat, welches das Projekt koordiniert, hat zwei Schulungen für Auditorinnen und Auditoren organisiert, um deren Zahl in der Romandie und in der Deutschschweiz zu erhöhen. Für Italienischsprachige ist 2019 eine Schulung geplant.

Weitere Informationen finden Sie unter: [www.klinischeaudits.ch](http://www.klinischeaudits.ch)

### Aufsichtsschwerpunkt Computertomografie-Audits des BAG

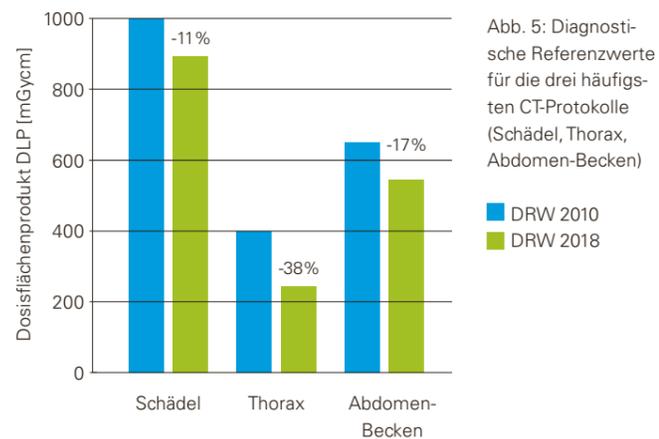
Die letzte Aufsichtskampagne bei Computertomografen (CT) widmete sich primär der Optimierung der CT-Protokolle und der Einführung von Diagnostischen Referenzwerten in die tägliche Praxis. Die aktuellen CT-Audits vom BAG betrafen die Rechtfertigungspraxis und die Umsetzung der revidierten Verordnungen im Strahlenschutz, welche am 1. Januar 2018 in Kraft getreten sind. Insbesondere die neu eingeführten klinischen Audits erfordern Anpassungen am Qualitätshandbuch, an der Eigenevaluation und weiteren Bereichen, die das BAG mit den verantwortlichen Personen in den Betrieben besprochen hat. Da die klinischen Audits mittels eines Peer Review und nicht durch das BAG durchgeführt werden, sieht das BAG seine Rolle vor allem als Berater der medizinischen Betriebe, um klinische Audits vorzubereiten und um

die zweijährige Übergangszeit optimal nutzen zu können. Wie schon bei der Optimierung der CT-Protokolle zeigen auch die diesjährigen Audits, dass Medizinphysikerinnen und Medizinphysiker als Berater der Institutsleitung, in der Fortbildung oder auch beim Verfassen des Qualitätshandbuchs eine wichtige Rolle einnehmen.

Im Berichtsjahr hat das BAG rund 50 CT-Betriebe besucht. Der direkte Austausch mit den Bewilligungsinhabern und weiteren verantwortlichen Personen vor Ort war überaus positiv. Das BAG wird den Aufsichtsschwerpunkt CT-Audits auch im Jahr 2019 weiterführen.

### Aktualisierte diagnostische Referenzwerte in der Computertomografie und Projektionsradiologie

Das BAG aktualisiert regelmässig die diagnostischen Referenzwerte (DRW) in der Radiologie. Damit stellt es den radiologischen Instituten ein wertvolles Hilfsmittel zur Optimierung ihrer medizinischen Strahlenanwendungen zur Verfügung. In einem 2018 abgeschlossenen Projekt in der Computertomografie (CT) wurden in 14 radiologischen Instituten mehr als 220'000 Dosisdaten erhoben und daraus aktuelle DRW festgelegt. Im Vergleich zu den bisher gültigen DRW aus dem Jahr 2010 liegen die aktualisierten DRW um durchschnittlich 30 % tiefer (vgl. Abb. 5).



In zwei weiteren Projekten wurden erstmals DRW für Kinder und Jugendliche für CT-Aufnahmen im Kopfbereich sowie in der Projektionsradiologie definiert. Die Dosiserhebungen in der Pädiatrie gestalteten sich schwierig, da nur wenige spezialisierte Zentren kinderradiologische Untersuchungen durchführen. Dennoch war die

Datenmenge ausreichend gross, um alters- und gewichtsabhängige DRW für den Kopf- bzw. Körperstammbereich festzulegen.

Das BAG hat die DRW in Wegleitungen publiziert und auf seiner Webseite als Download zur Verfügung gestellt.

### Neuerungen und Herausforderungen bei Radiopharmazeutika

Im Berichtsjahr wurden in der Nuklearmedizin zunehmend <sup>68</sup>Ga-Diagnostika angewendet. Neben zwei zusätzlichen Zentren, die <sup>68</sup>Ga-DOTATATE für neuroendokrine Tumore zubereiten und anwenden, verdrängt <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 zunehmend <sup>18</sup>F-Cholin bei der Diagnostik von Prostatakrebs. Entsprechend wurden zwei weitere befristete Vertriebsbewilligungen für die Herstellung dieses Tracers beantragt und nach Prüfung durch die Fachkommission für Radiopharmazeutika erteilt.

Bei den klinischen Versuchen mit Radiopharmazeutika hat das BAG mehrere Studien mit <sup>177</sup>Lu-Peptiden für die Therapie verschiedener metastasierter Krebserkrankungen bewilligt. Die Bedeutung von <sup>177</sup>Lu-Radiotherapeutika dürfte sich in den nächsten Jahren durch bevorstehende Marktzulassungen weiter erhöhen. Ins Bild passt auch die befristete Vertriebsbewilligung für <sup>177</sup>Lu-PSMA-617 in der Schweiz.

Ab 1. Januar 2019 gelten einige Neuerungen rund um die Anwendung von nicht zugelassenen Radiopharmazeutika, die eine schnellere Nutzung von Innovationen sowie einen besseren Zugang zu etablierten Nischenprodukten ermöglichen sollen (vgl. Arzneimittelverordnung). Die Fachkreise waren in den Revisionsprozess eingebunden. Als begleitende Massnahme hat eine Arbeitsgruppe der Pharmacopoea Helvetica ein neues Kapitel für Radiopharmazeutika erarbeitet. Es wird 2019 in Kraft gesetzt und gilt für die Produktion von kleinen Mengen für die eigenen Patienten in spitalinternen radiopharmazeutischen Betrieben.

Bei der Aufsichtstätigkeit in der Nuklearmedizin wurden zum ersten Mal Coaching-Audits bei kleineren Instituten durchgeführt. Dabei standen die gemeinsame Erarbeitung von Verbesserungspotentialen und der Wissenstransfer im Vordergrund. Die neue Form des Audits ermöglichte eine offene Kommunikation und hat sich dadurch für diese spezifische Zielsetzung bewährt.

Das BAG hat die Situation insgesamt als immer noch heterogen vorgefunden, was überwiegend auf die unterschiedliche Ressourcenausstattung bei den Instituten zurückzuführen war. Die Verbesserungen, die mit dem Radiopharmazieaudit-Zyklus aus dem Jahr 2014 angestrebt wurden, haben sich aber als nachhaltig erwiesen. Verbesserungspotential war nur bei der Handschuhdesinfektion vor kritischen aseptischen Manipulationen ersichtlich. Alle Institute verfügen mittlerweile über einen hygienisch und strahlenschutztechnisch ausreichenden Arbeitsbereich für die Zubereitungen. Bei den Qualitätskontrollen der zubereiteten Radiopharmazeutika hat sich die Konformität mit den Fachinformationen verbessert, war allerdings noch nicht vollständig gegeben. Die Verbesserungsvorschläge des BAG wurden ausnahmslos als sinnvoll und machbar angenommen.

### Entsorgungskampagne Ionisationsrauchmelder IRM

Radioaktive Quellen in Ionisationsrauchmeldern (IRM) gelten seit drei Jahren nicht mehr als gerechtfertigt, da gleichwertige, nicht radioaktive Rauchmelder eingesetzt werden können. Das Bundesamt für Gesundheit BAG und die Suva haben als zuständige Behörden im Strahlenschutz in Zusammenarbeit mit dem Verband schweizerischer Errichter von Sicherheitsanlagen SES und der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen VKF eine Kampagne für den Rückbau und die Entsorgung der noch bestehenden Brandmeldeanlagen mit IRM bis zum 31.12.2018 erarbeitet. Das BAG hat die verantwortlichen Installationsfirmen bei der Umsetzung dieser Kampagne unterstützt. So wurden im vergangenen Jahr diejenigen der insgesamt 1500 betroffenen Liegenschaftsbesitzer kontaktiert und über die erforderliche Entsorgung informiert, die noch grosse Mengen an IRM installiert hatten. Mit der Kampagne sollte vermieden werden, dass aufgrund fehlender Informationen radioaktive Stoffe aus IRM durch eine unsachgemässe Entsorgung in die Umwelt gelangen. In den meisten Fällen liessen sich die Liegenschaftsbesitzer dazu bewegen, den Rückbau und die korrekte Entsorgung bis Ende Jahr vorzunehmen. In begründeten Einzelfällen hat das BAG Fristverlängerungen von bis zu drei Jahren erteilt, um Härtefälle zu vermeiden (z. B. bei einem geplanten Abriss oder Umnutzung einer Liegenschaft). Die ehemaligen Installationsfirmen werden erst aus der Pflicht zur Rücknahme der IRM entlassen, wenn nachweislich alle IRM ersetzt und entsorgt worden sind.



Abb. 6: Ionisationsrauchmelder: Brandmeldeanlagen, die ersetzt werden müssen

### Herrenloses radioaktives Material

In Betrieben, die Metallschrott verarbeiten oder Abfälle zur Verbrennung annehmen, besteht die Gefahr, dass herrenlose radioaktive Materialien zum Vorschein kommen. Mit der Umsetzung von Art. 104 StSV sind insbesondere Schrottreyclingbetriebe und Kehrlichtverbrennungsanlagen verpflichtet, bei der Annahme von Abfällen und Materialien und vor deren Ausfuhr zum Recycling, Messungen durchzuführen, um radioaktives Material erkennen zu können. Das BAG und die Suva haben dazu mit den betroffenen Fachverbänden Verband Stahl-, Metall- und Papier-Recycling Schweiz (VSMR) und Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) eine Wegleitung erarbeitet, damit die betroffenen Betriebe die erforderlichen Massnahmen (Messverfahren, Sicherstellung, Lagerung) planen und bis spätestens Ende 2020 umsetzen können. Dies führt vermutlich dazu, dass radioaktive Altlasten und illegal entsorgte Quellen gefunden und sichergestellt werden müssen. Eine illegale Entsorgung radioaktiver Quellen ist strafbar und untersteht der Bundesstrafgerichtsbarkeit. Die notwendigen Massnahmen, um die Verursacher ermitteln und bei der Bundesanwaltschaft anzeigen zu können, wurden von der Ermittlungsbehörde Fedpol, der Bundesanwaltschaft und den Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden BAG und Suva gemeinsam festgelegt.

### Sicherung von hoch radioaktiven Quellen

Hoch radioaktive Quellen werden z. B. in der Krebstherapie oder auch in der Industrie zu Sterilisationszwecken und Materialprüfungen angewendet. Da diese Quellen hoch gefährlich und potentiell tödlich sind, müssen sie gegen Diebstahl und Sabotage gesichert werden. Die

Schweiz ist mit der Inkraftsetzung der revidierten Strahlenschutzverordnung ihrer Verpflichtung nachgekommen, die entsprechenden Vorgaben der Internationalen Atomenergie Organisation IAEO umzusetzen. Damit soll verhindert werden, dass solches radioaktives Material in sogenannten *Dirty Bombs* zur Explosion gebracht wird und ganze Stadtteile kontaminieren und lahmlegen kann. Die IAEO hat spezifische Sicherungsziele als Funktion der Gefährlichkeit der Quellen definiert. So sind Diebstähle so stark wie möglich zu erschweren und unerlaubte Zutritte zu den Quellen zu detektieren. Das BAG hat mit dem Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport und ausländischen Strahlenschutzbehörden die Mindestanforderungen an die bauliche, technische und organisatorische Sicherung festgelegt. Um diese zusätzlichen Anforderungen pragmatisch umsetzen zu können, hat das BAG zudem mit betroffenen Betrieben das Gespräch gesucht.

#### Umsetzung der revidierten Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung

In Zusammenarbeit mit den Fachgesellschaften ist es gelungen, bereits im Jahr der Inkraftsetzung der totalrevidierten Verordnungen im Strahlenschutz für alle Berufsgruppen Fortbildungsmöglichkeiten anzubieten. Der Schweizerische Verband für Medizinische Praxis-Fachpersonen (SVA) bietet z. B. am Davoser Jahreskongress Fortbildungsmodulare für medizinische Praxisassistentinnen und Praxisassistenten an. Auch an Aus- und Fortbildungsinstituten in der Schweiz wurden bereits 2018 für die unterschiedlichen Berufsgruppen wie z. B. für dipl. Radiologiefachpersonen oder für zahnmedizinisches Personal Fortbildungen angeboten, die viele Interessentinnen und Interessenten besuchen haben. Verschiedene Unternehmen haben ihre Betriebsangehörigen mit betriebsinternen *e-Learning-Tools* erfolgreich weitergebildet. Solche Online-Ausbildungen können ebenfalls als Fortbildung angerechnet werden. Durch das bereits breite Angebot können individuell auf die einzelnen Betriebe oder Personen zugeschnittene Fortbildungen besucht werden.

Auch im Bereich der anerkennungspflichtigen Fortbildungen wächst das Angebot. Nebst der PSI-Schule bieten die Firma Radiosafe und die SUVA Fortbildungen für die Industrie an. Für die anerkennungspflichtigen Fortbildungen in der Medizin bietet die Fachstelle Nuklearmedizin

der SVMTRA jährlich eine Fortbildung an. Die Einführung von Strahlenschutzausbildungen für neue Themenbereiche sind eine Herausforderung. So ist beispielsweise in der Veterinärmedizin eine neue Ausbildung für die Computertomografie nötig, da diese Technologie dort zunehmend an Bedeutung gewinnt. Im Berichtsjahr haben deshalb mehrere Gespräche mit der Gesellschaft Schweizer Tierärzte (GST) stattgefunden, um in naher Zukunft Ausbildungen für Tierärztinnen und Tierärzte zu implementieren.

Die neu eingeführte obligatorische Ausbildung für die Anwendung von digitalen Volumentomografen (DVT) im zahnmedizinischen Bereich war bereits dieses Jahr sehr gefragt. Auf Grund der Nachfrage werden 2019 zusätzliche Veranstaltungen angeboten.

Zusätzlich hat das BAG den Ausbildungsstand in den Betrieben und Praxen mit bestehenden Bewilligungen evaluiert und mit einzelnen Betrieben gemeinsam nach Lösungen gesucht, um die notwendigen Ausbildungen abzudecken.

### Strahlenschutz 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.

#### EAR2: neue Experimentierzone für die Neutronenquelle des CERN

2018 wurde eine zweite Experimentierzone für n\_TOF, die Neutronenquelle des CERN, fertiggestellt. Die wissenschaftliche Gemeinschaft erhält mit dieser neuen Strahllinie einen höheren

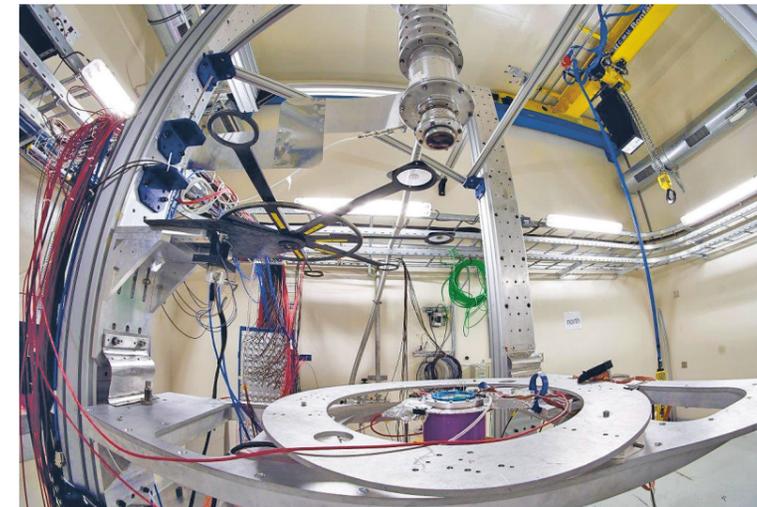


Abb. 7: Experimentierzone EAR2 der Neutronenquelle n\_TOF (Copyright: CERN)

Neutronenfluss und damit eine grössere Empfindlichkeit bei Experimenten. Neutronenstrahlen können in einem breiten Energiespektrum hergestellt werden. Dadurch eröffnen sich neue Forschungsmöglichkeiten in den Bereichen Kernenergie, Transmutationstechnologien für Nuklearabfälle, nukleare Astrophysik, grundlegende Kernphysik, Dosimetrie sowie bei der Untersuchung von Strahlungswirkungen. Die Zone EAR2, die vertikal oberhalb der n\_TOF-Quelle angeordnet ist, verläuft parallel zur bestehenden Anlage EAR1.

Aufgrund der tripartiten Vereinbarung haben die ASN und das BAG gemeinsam die Sicherheitsunterlagen zur EAR2-Anlage geprüft. Die Prüfung und der gemeinsame Besuch vor Ort mit dem Ziel, die Aspekte des operationellen Strahlenschutzes beim Betrieb und bei der Instandhaltung der Anlage nachzuvollziehen, zeigten, dass die radiologischen Aspekte angemessen kontrolliert werden. Namentlich die Berücksichtigung des Optimierungsprinzips während der Planung als auch bei der Durchführung von Experimenten führt zu einer reduzierten Exposition des Personals.

#### Kampagne zur Freigabe von LEP-Vakuumkammern

Die StSV gibt Grenzwerte an, unterhalb derer Abfälle, die schwache Radioaktivitätsspuren enthalten, über die üblichen Kanäle entsorgt werden dürfen. Ein Entscheid der ASN und des BAG definiert für die Entsorgung der radioakti-

ven CERN-Abfälle Grundsätze für eine ausgewogene Aufteilung auf Frankreich und die Schweiz. Auf dieser Grundlage hat das CERN 2018 eine Kampagne zur Freigabe der Vakuumkammern des Large Electron Positron Collider (LEP) gestartet. Das vom BAG geprüfte Freigabeprotokoll beschreibt die Methode, die eine theoretische Modellierung und hochpräzise experimentelle Messungen kombiniert. Diese Kontrolle sowie mehrere Besuche vor Ort bestätigten, dass die Entsorgung der LEP-Vakuumkammern unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen und in einer sowohl für die Bevölkerung als auch die Umwelt unbedenklichen Weise erfolgte.

### Strahlenschutz 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). Es betreibt zudem den medizinischen Protonenbeschleuniger COMET, die Swiss Light Source (SLS) und seit kurzem auch den Swiss-FEL. 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 damit 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.

Die Bewirtschaftung von radioaktiven Abfällen aus den Beschleunigeranlagen stellt für das PSI, aber auch für die Aufsichtsbehörden eine besondere Herausforderung dar. Das BAG hat im Berichtsjahr die Materialflüsse des PSI auditiert und vom PSI verschiedene Anpassungen und Verbesserungen verlangt, z.B. was praktikable Lösungen für die verschiedenen Entsorgungswege anbelangt. Weiter betreffen die Anpassungen Prozesse, die den Schutz von Mensch und Umwelt sicherstellen, die Menge an radioaktivem Abfall minimieren und auch für die zukünftigen Rückbauarbeiten von Beschleunigeranlagen des PSI brauchbar sind.

Weiter fanden verschiedene Fachgespräche zum Thema Abfallbewirtschaftung statt. Um die neuen Befreiungskriterien für radioaktive Materialien umzusetzen, müssen künftig eine dedizierte Infrastruktur und genügend Ressourcen für das Freimessen und bei der Bewirtschaftung von Abklinglagern vorhanden sein. Diese Thematik bedarf auch in den kommenden Jahren noch einiger Diskussionen zwischen dem PSI und dem BAG.

Da Anlagen für die Protonentherapie andere Anforderungen an den Strahlenschutz stellen als herkömmliche Linearbeschleuniger in der Radioonkologie, begleitet das BAG das Projekt der neuen Protonen-Bestrahlungsanlage Gantry 3 am PSI seit der Planungsphase vor rund vier Jahren. Diese zusätzliche Bestrahlungseinheit in die bereits vorhandene Infrastruktur für Protonentherapie bei laufendem Patientenbetrieb einzubinden, war sowohl für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Zentrums für Protonentherapie, für das BAG als auch für den Hersteller herausfordernd. Das BAG hat im Rahmen des Bewilligungsverfahrens für die klinische Inbetriebnahme zudem die Abnahmetests und Qualitätssicherungsmaßnahmen für die Gantry 3 auditiert. Das PSI hat danach im Sommer 2018 den Patientenbetrieb bei der neuen Bestrahlungsanlage Gantry 3 aufgenommen.

Die Inbetriebnahme und der Ausbau des Röntgenlasers SwissFEL ist im Berichtsjahr weiter vorangeschritten. Die Strahlleistung des Elektronenbeschleunigers wurde erhöht und der erste Teil der zweiten Strahllinie ATHOS in Betrieb genommen. Das BAG hat die notwendigen Anpassungen am Überwachungssystem von SwissFEL bei der Messung der Neutronendosisleistung beurteilt und freigegeben.

## Radioaktive Abfälle

Der Bund ist beauftragt, radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung fachgerecht zu entsorgen. Davon ausgenommen sind radioaktive Abfälle aus Kernkraftwerken. Das BAG organisiert jedes Jahr Kampagnen zur Sammlung dieser Abfälle, die anschliessend behandelt und im Bundeszwischenlager (BZL) in Würenlingen im Kanton Aargau gelagert werden. Für die Zukunft ist eine Endlagerung der gesamten radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern vorgesehen. Die Auswahl der Standorte für die Lager ist eine langwierige und komplexe Aufgabe. Die Inbetriebnahme des Lagers für Abfälle mit schwacher und mittlerer Aktivität, zu denen der Grossteil der Abfälle des Bundes gehört, ist für 2050 vorgesehen.

Mögliche und sinnvolle Alternativen, um radioaktives Material nicht als radioaktive Abfälle entsorgen zu müssen, wären einerseits, schwach radioaktive Abfälle zu dekontaminieren und bis zur Freigabe in den Unternehmen zu lagern. Andererseits könnten geschlossene Strahlenquellen hoher Aktivität wiederverwendet oder recycelt werden. Letzteres betrifft insbesondere Strahlenquellen mit Americium-241, Krypton-85, Caesium-137 oder auch Cobalt-60.

### Sammelaktion für radioaktive Abfälle

Im Rahmen der Sammelaktion 2018 haben 16 Unternehmen radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von  $4.14 \times 10^{13}$  Becquerel (hauptsächlich Tritium H-3) und einem Bruttovolumen von insgesamt 1,63 m<sup>3</sup> abgegeben. Ausserdem konnten bestimmte Abfälle mit Tritium und Kohlenstoff-14 mit der Zustimmung des BAG gemäss den Bestimmungen von Artikel 116 der Strahlenschutzverordnung (StSV) von 2018 verbrannt werden.

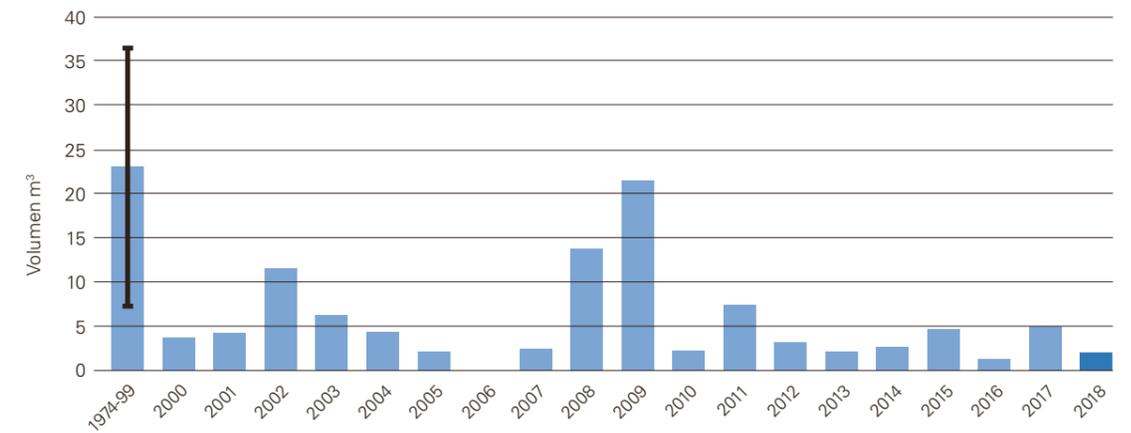


Abb. 8: Jährliches Volumen radioaktiver Abfälle bei den Sammelaktionen des Bundes (1974–1999: durchschnittlich geliefertes Volumen in Fässern pro Jahr, ab 2000 geliefertes Bruttovolumen der Abfälle)

Rezyklierung und Entsorgung von Strahlenquellen mit hohen Aktivitäten sind mit Kosten von bis zu einigen zehntausend Franken verbunden. Sehr oft sind betroffene Unternehmen von der Höhe der Entsorgungskosten überrascht und müssen beträchtliche finanzielle Auswirkungen bewältigen. Seit vielen Jahren hält das BAG Nutzer solcher Strahlenquellen deshalb dazu an, im Hinblick auf die Entsorgung finanzielle Reserven anzulegen. Seit 2018 ist die Bildung ausreichender Rückstellungen für die Entsorgung von Strahlenquellen vor dem Kauf obligatorisch.

### Neue Wegleitung zur Ablagerung leicht radioaktiver Abfälle in einer Deponie in Arbeit

Das BAG hat eine Arbeitsgruppe mit den direkt betroffenen Stellen konstituiert, die sich mit den Bestimmungen zur Ablagerung radioaktiver Abfälle in einer Deponie befasst. Die Arbeitsgruppe setzt sich aus Vertretern des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), der Kantone, der Deponiebetreiber sowie der Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden BAG, ENSI und Suva zusammen. Mit den festgelegten strengen Kriterien darf eine Ablagerung leicht radioaktiver Abfälle im Wesentlichen nur durchgeführt werden, wenn eine Entsorgung über die üblichen Entsorgungskanäle nicht oder nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand möglich ist und durch die Abgabe die effektive Dosis unter 10 µSv pro Jahr bleibt. Das BAG überwacht im Rahmen des Probenahme- und Messprogramms die Einhaltung dieser effektiven Dosis. Es ist vorgesehen, diese neue Wegleitung 2019 zu publizieren.

### Finanzierung der Entsorgung radioaktiver Abfälle im Verantwortungsbereich des Bundes: Aktualisierung der Kostenschätzungen

Der Bundesrat hat im November 2018 von den aktualisierten Kostenschätzungen der zuständigen Arbeitsgruppe Kenntnis genommen. Er hat die zuständigen Departemente (EDI, WBF, UVEK und EFD) beauftragt, ihm bis Ende 2023 erneut Kostenschätzungen zu unterbreiten.

Die Betreiber der Kernkraftwerke müssen alle fünf Jahre Kostenstudien zur Entsorgung ihrer radioaktiven Abfälle erstellen. Die letzte Kostenstudie hat Swisssuclear 2016 publiziert. Da der Bund die Abfälle in seinem Verantwortungsbereich zusammen mit den Abfällen der Kernkraftwerke entsorgen muss, zieht er u. a. diese Studie heran, um seine eigenen Entsorgungskosten zu schätzen. Eine Arbeitsgruppe mit Vertretern der betroffenen Departemente hat 2018 die letzten Schätzungen aus dem Jahr 2015 auf Grund der Kostenstudie von Swisssuclear aktualisiert. Die Kosten des Bundes für die Entsorgung von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung betragen neu schätzungsweise rund 2,5 Milliarden Franken.

Abfälle im Verantwortungsbereich des Bundes fallen in den Forschungsanlagen des Bundes, der Eidg. Technischen Hochschulen (ETH) wie auch in der Industrie, in Spitälern sowie in Forschungsinstitutionen an. Ein Teil dieser Kosten ist bereits von den Abfallproduzenten abgegolten oder fällt erst in ferner Zukunft an (nach 2070). Der effektiv zu finanzierende Betrag für 2018–2070 beläuft sich auf knapp über eine

Milliarde Franken. Dieser Betrag wird gemäss einem im 2015 vom Bundesrat definierten Verteilschlüssel je hälftig auf den Bund und den ETH-Bereich aufgeteilt. Der Anteil des Bundes kann aus dem laufenden Budget getätigt werden. Der ETH-Bereich deckt diese Mittel durch jährliche Sparbeiträge von 11 Millionen Franken bis 2070.



Abb. 9: Bericht der Arbeitsgruppe mit den aktualisierten Kostenschätzungen

Die Schätzungen von 2015 gingen noch von Kosten von rund 1,4 Milliarden Franken für den Bund und den ETH-Bereich aus. Die starke Zunahme der Kosten ist auf das zukünftige Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle zurückzuführen (470 Mio CHF). Zusätzlich berücksichtigt die Schätzung neu die bereits getätigten Ausgaben für die Konditionierung und Zwischenlagerung der Abfälle des Bundes und des ETH-Bereichs (625 Mio. CHF).

Die neuen Schätzungen zeigen, dass der Bundesanteil an den jährlichen Kosten zur Finanzierung der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) im Vergleich zu den KKW-Betreibern seit Jahren zu tief liegt. Dieser muss entsprechend angepasst werden.

Der Bericht findet sich hier: [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch) (Gesund leben / Umwelt & Gesundheit / Strahlung, Radioaktivität & Schall / Radioaktive Materialien und Abfälle / Entsorgung von radioaktiven Abfällen / Finanzierung der Entsorgung radioaktiver Abfälle im Verantwortungsbereich des Bundes).

## Verwaltungsstrafrecht

Das BAG bewilligt und beaufsichtigt gemäss seinem gesetzlichen Auftrag gesamtschweizerisch den Umgang mit ionisierender Strahlung in der Medizin, der Industrie (ohne Kernanlagen), der Forschung und der Ausbildung. Auch Verstösse gegen die Einhaltung der Pflichten sind in der Strahlenschutzgesetzgebung geregelt. Im Verwaltungsstrafrecht unterscheidet man bei Verstössen zwischen Übertretungen und Vergehen.

Bei Übertretungen (Art. 44, StSG) führt das BAG die Untersuchung durch und erteilt in jedem Fall die Gelegenheit für eine Stellungnahme. Häufige Übertretungen betreffen Röntgenanlagen, deren Zustandsprüfung verspätet oder nicht durchgeführt wurde. Seit 2015 hat das BAG über 450 solche Verstösse mit einem Strafbescheid und einer Busse geahndet. Ein weiterer Verstoß betrifft Röntgenanlagen, die ohne Bewilligung installiert und betrieben werden. 2018 verstiesen über 12 Röntgenfirmen sowie 30 Betriebe gegen diese Pflicht.

Vergehen gegen die Strahlenschutzgesetzgebung (Art. 43 und 43a, StSG) leitet das BAG an die Bundesanwaltschaft weiter. Dabei handelt es sich um seltene, aber schwerwiegendere Fälle wie zum Beispiel ungerechtfertigte Bestrahlungen oder eine illegale Entsorgung von radioaktiven Quellen.

## Radiologische Ereignisse

Das Bundesamt für Gesundheit hat den Auftrag, die Bevölkerung vor ionisierender Strahlung zu schützen, insbesondere auch Patientinnen bzw. Patienten 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. Neu sind alle medizinischen Strahlenergebnisse nach Patienten- oder Organverwechslungen meldepflichtig.

Nach der Meldung eines radiologischen Ereignisses erfolgt immer eine sorgfältige Analyse im BAG. Die zuständigen Experten evaluieren mögliche Folgen, prüfen die vorgeschlagenen Korrekturmassnahmen und entscheiden über die Durchführung einer Inspektion vor Ort. Zudem ist das BAG gemäss Strahlenschutzverordnung verpflichtet, angemessen zu informieren, teilweise in Zusammenarbeit mit den betroffenen Betrieben oder Behörden. Jedes gemeldete Ereignis erscheint in statistischer Form im Jahresbericht der Abteilung Strahlenschutz (vgl. nächstes Kapitel). Auffällige Ereignisse, wie z. B. im Jahr 2018 das Auftauchen von radioaktivem Ionenschmuck und der Verlust einer medizinischen radioaktiven Quelle, werden in Kurzberichten erläutert (Seite 21).

### 2018: 51 gemeldete radiologische Ereignisse

2018 hat das BAG 51 Meldungen zu radiologischen Ereignissen verschiedenster Ursachen erhalten (im Vergleich dazu 2017: 25 Meldungen). Die Abbildungen 10 und 11 geben einen Überblick über die betroffenen Bereiche.

Sieben Meldungen gingen in der Kategorie «Umwelt, Betrieb und Bevölkerung» ein. Viele davon kamen aus Kehrrichtverbrennungsanlagen, die in Abfällen radioaktive Stoffe detektiert hatten. Fünfzehn Ereignisse betrafen radiologische Altlasten, herrenlose Quellen oder Quellenverluste. Dazu gehörten 2018 der Diebstahl einer radioaktiven Quelle (vgl. Seite 21) oder der anonyme Versand eines Pakets mit radioaktiven Abfällen ans PSI. Funde von radiologischen Altlasten stammen meist aus der Zeit, als die Uhrenindustrie noch Leuchtfarbe mit Radium-226 verwendet hat (vgl. Aktionsplan Radium, S. 26ff.). Zwei Ereignisse betrafen beruflich

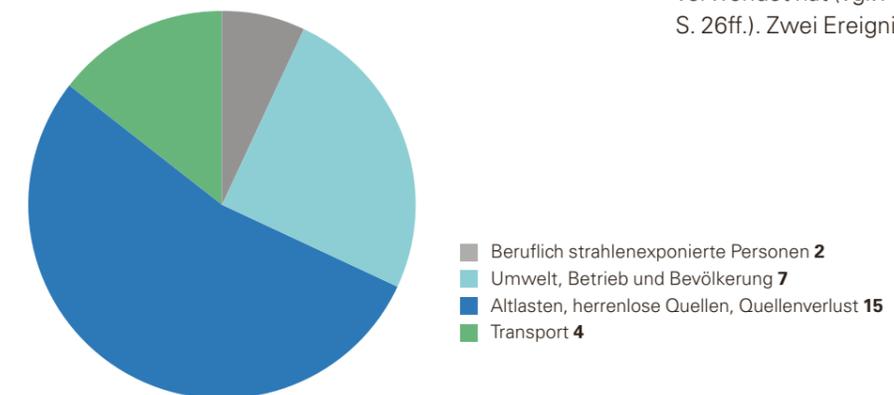


Abb. 10: 2018: 28 gemeldete radiologische Ereignisse, aufgeschlüsselt nach Bereichen, ohne Ereignisse mit Patienten (medizinische Strahlenergebnisse)

strahlenexponiertes Personal, beide Personen arbeiten in der Industrie. Vier Fälle ereigneten sich bei Transporten, dabei handelte es sich meist um Falschdeklarationen von Paketen. Ereignisse, die durch die Dosisüberwachung festgestellt wurden, werden separat betrachtet (vgl. S. 42). Zwei dieser insgesamt 28 Ereignisse wurden als INES 1 eingestuft. In 8 Fällen, die meistens Quellenfunde betreffen, ist eine Meldung an die IAEO-Datenbank ITDB (*Incident & Trafficking Database*) vorgesehen.

Bei 20 der 23 gemeldeten Ereignisse mit Patienten (Abb. 11) war die Ursache eine Verwechslung: Zweimal wurden Patienten in der Strahlentherapie verwechselt, in 16 Fällen gab es Patientenverwechslungen am CT und zweimal wurde ein falsches Organ am CT untersucht. Die restlichen drei medizinischen Strahlenereignisse ereigneten sich in der Radioonkologie. Im ersten Fall erwies sich die Positionierung eines Patienten aufgrund seines schlechten Allgemeinzustandes als schwierig – das hatte eine Fehlbestrahlung bei der Behandlung von Knochenmetastasen zur Folge. Im zweiten Fall gab es Fehlbestrahlungen bei gynäkologischen Behandlungen, der sogenannten intrakavitären Brachytherapie. Eine Patientin hatte danach Hautrötungen im Innenbereich der Oberschen-

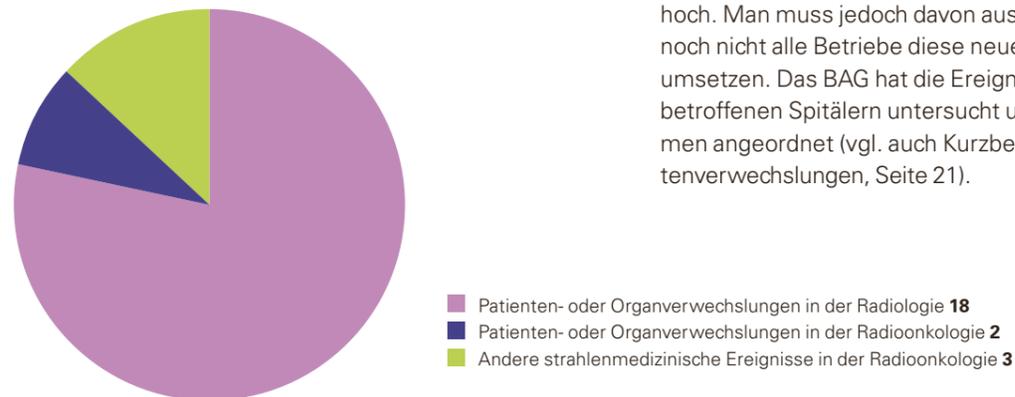


Abb. 11: 23 gemeldete medizinische Strahlenereignisse, davon betreffen 20 Patienten- oder Organverwechslungen in der Radiologie und Radioonkologie

kel. Beim dritten Ereignis wurden voraussichtlich vier Mamma-Patientinnen bei einem Boost falsch bestrahlt: Bei einem Applikator des Intra-beam-Gerätes hat sich bei der Handhabung (wahrscheinlich bei der Sterilisation) ein Aluminium-Filter gelöst und ist verloren gegangen. Erst bei einer erneuten Überprüfung ist das Fehlen des Filters aufgefallen. Das betroffene Spital hat auf eigene Initiative präventiv die anderen Benutzer dieses Geräts in der Schweiz über das Ereignis informiert. Zudem erfolgte auch eine Meldung an die Swissmedic. Das Schweizerische Heilmittelinstitut ist für die Überwachung von Medizinprodukten zuständig.

Die Schweiz orientiert sich bei der Beurteilung medizinischer Strahlenereignisse an einem Vorschlag der IAEA, welcher zum jetzigen Zeitpunkt lediglich zur probeweisen, freiwilligen Anwendung vorgesehen ist. Mit einer Ausnahme sind alle medizinischen Ereignisse aus dem Jahr 2018 auf dem Level 0 dieser INES Medical Rating Skala (= INES M) einzustufen. Der Fall der Patientin mit Hautrötung entspricht dem Level 1.

Im Vergleich zum Vorjahr gab es deutlich mehr Meldungen zu medizinischen Ereignissen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Meldungen zu Verwechslungen in der Radiologie und in der Nuklearmedizin erst seit dem Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzverordnung am 1. Januar 2018 Pflicht sind. In Relation zur jährlichen Gesamtzahl an CT-Untersuchungen von knapp einer Million ist die Fehlerquote nicht hoch. Man muss jedoch davon ausgehen, dass noch nicht alle Betriebe diese neue Meldepflicht umsetzen. Das BAG hat die Ereignisse in den betroffenen Spitälern untersucht und Massnahmen angeordnet (vgl. auch Kurzbericht Patientenverwechslungen, Seite 21).

## Kurzberichte zu radiologischen Ereignissen von besonderem Interesse:

### Ursachen für Patientenverwechslungen in der Radiologie

Patientenverwechslungen können an verschiedenen Stellen des Untersuchungsablaufs ihren Ursprung haben. Bei etwa der Hälfte der gemeldeten Fälle entstand der Fehler bereits bei der Anmeldung. Dies kann passieren, wenn eine falsche Verschreibung erfasst oder eine Untersuchung in das falsche Patientendossier eingefügt wird. Die andere Hälfte der Verwechslungen hatte ihren Ursprung vor Ort: Es wurden die falschen Patienten im Wartezimmer aufgerufen oder falsche stationäre Patienten zur Untersuchung gebracht. In zwei dieser Fälle konnten auch Armbänder, mit denen die Patienten identifiziert werden, eine Verwechslung nicht verhindern. Störungen durch Kollegen oder Telefonate beim Arbeitsablauf oder Abweichung von den Vorgaben wegen Zeitdruck sind oft genannte Ursachen der Ereignisse. Zu den ergriffenen Massnahmen gehört generell eine erhöhte Sensibilisierung des Personals. Die geltenden Regeln müssen trotz Zeitdruck eingehalten werden. Ebenso müssen Unstimmigkeiten vom ganzen Team konsequent hinterfragt werden. Bei der Identifikation der Patienten besteht ein Konsens, dass das Aufrufen des Namens nicht ausreicht.

### Radioaktiver Ionenschmuck sichergestellt

Ein Unternehmen hat kleinere Mengen gemahlene Steinpulver, das hohe Konzentrationen der natürlich radioaktiven Elemente Uran und Thorium enthält, in die Schweiz importiert. Dieses aus China stammende radioaktive Gesteinspulver wird im Handel als «Negativ Ionen Pulver» verkauft, ohne aber als radioaktives Material gekennzeichnet zu sein. Mit dem Pulver wurde sogenannter «Ionenschmuck» hergestellt, der an gut 220 Kunden in Form von Halsketten, Armbändern und Ohrringen verkauft wurde (vgl. Abb. 12). Der für die Haut geltende Dosisgrenzwert von 50 mSv/Jahr (Millisievert pro Jahr) kann bei der am Schmuck gemessenen Dosisleistung von ca. 10–30 Mikrosievert pro Stunde (H0.07, Hautdosisleistung) problemlos überschritten werden. Das BAG hat deshalb sämtliche bekannten Kunden angeschrieben und sie über die Situation informiert. Sie waren aufgefordert, den Schmuck zur fachgerechten Entsor-



Abb. 12: Die Herstellung und der Verkauf von radioaktivem Ionenschmuck sind verboten.

gung ans BAG zu senden. Diesem Aufruf kamen rund 90 % der Kunden nach. Für die betroffenen Personen sind keine medizinischen Massnahmen erforderlich, auch wenn der Schmuck längere Zeit getragen wurde. Allerdings erhöht sich durch eine Langzeitbelastung das Risiko von Hautkrebs. Deshalb sollte solcher Schmuck nicht am Körper getragen werden. Die Herstellung sowie der Verkauf dieser Produkte sind verboten.

### Verlust einer medizinischen radioaktiven Quelle im Wallis

Im Dezember 2018 ist ein Molybdän/Technetium-Generator aus einem medizinischen Institut für Bildgebung in Sion gestohlen worden. Beim entwendeten Generator kann durch Elution Technetium-99m extrahiert werden, das durch den Zerfall von Molybdän-99 entsteht. Technetium-99m wird für diagnostische Zwecke in der Nuklearmedizin eingesetzt. Der Verlust ist zwischen der Lieferung der Quelle am frühen Morgen und dem Eintreffen der ersten Angestellten geschehen. Die Polizei hat danach sofort eine Untersuchung eingeleitet. Nach einigen Wochen konnte der Schuldige ausfindig gemacht werden, dessen Motiv rein finanzieller Natur gewesen war. Nachdem der Täter den Generator nicht veräussern konnte, hatte er diesen in einen Abfallcontainer entsorgt, der sehr wahrscheinlich in der Zwischenzeit ins Ausland exportiert wurde für die Rezyklierung. Gemäss der erfolgten Untersuchung bestand zu keinem Zeitpunkt eine Gefährdung von Personen durch diese radioaktive Quelle. Da die Halbwertszeit von Molybdän ziemlich kurz ist, konnte jegliches Risiko für die Bevölkerung nach einigen Wochen bereits ausgeschlossen werden.

# Neue Fachstelle fördert den Strahlenschutz am Universitätsspital Zürich

Das Universitätsspital Zürich setzt die neuen rechtlichen Anforderungen im Strahlenschutz mit einer neugeschaffenen zentral angesiedelten Fachstelle für Strahlenschutz um. Modernste Infrastruktur wie ein Dosismanagementsystem und ein *Real-Time-Dose-Monitoring* System helfen den Verantwortlichen dabei, die Strahlungsdosen für Patientinnen und Patienten wie auch für das Personal klein zu halten.

Die Durchleuchtungsanlage, in deren Mitte eine schmale Patientenliege steht, ist beeindruckend gross. Die Patientinnen und Patienten, die auf der Liege Platz nehmen müssen, denken in diesem Moment vermutlich nicht an den Schutz vor Röntgenstrahlung. Ihre Gedanken sind wohl bei ihrem Herzen, diesem besonderen Organ, das ununterbrochen schlagen muss und das in diesem Moment nicht so tut, wie es soll. Dank der Durchleuchtungsanlage ist es möglich, einen Herzkatheter in ihr Herz vorzuschieben, um es von innen her zu untersuchen oder um ein verstopftes Blutgefäss wieder durchlässig zu machen.

Möglicherweise sehen die Patientinnen und Patienten neben sich eine Ärztin oder einen Arzt mit einer merkwürdigen dicken und schweren Brille auf der Nase. Diese aus Bleiglas gefertigten Brillen reduzieren die Bestrahlung des Auges und sind wichtige Schutzmittel im Spezialgebiet von Jonas Ekeberg, der am Universitätsspital Zürich für die Augenlinsendosimetrie verantwortlich ist. Der Schutz der Augenlinsen vor Strahlung hat in den letzten Jahren auf Grund neuer Studien an Bedeutung gewonnen. Die Studien zeigen, dass Ärztinnen und Ärzte, die während ihrem Berufsleben viel mit Durchleuchtungsanlagen gearbeitet haben, wegen der ständigen Streustrahlung vermehrt an grauem Star erkranken. Diesem Risiko will die neue Strahlenschutzverordnung, die seit 2018 in Kraft ist, mit tieferen Strahlungsgrenzwerten für die Augenlinsen begegnen. Jonas Ekebergs Aufgabe ist es nun, diese strengeren Anforderungen umzusetzen und die schützenden Bleiglas-Brillen an allen Anlagen zu propagieren, welche die Augen des Personals übermässig mit Strahlung belasten.

Bleiglasbrillen sind das eine. Was Ärztinnen und Ärzte sonst noch tun können, um sich vor zu starker Strahlung zu schützen, führt Konstantina Karava am Beispiel der Durchleuchtungsanlage vor. Sie demonstriert die diversen Abschirmungen, die das Personal schützen könnten, wenn sie denn auch konsequent verwendet würden. Um das Bewusstsein des Personals für diese Risiken und Gegenmassnahmen zu erhöhen und um dem praktischen Strahlenschutz damit ein stärkeres Gewicht zu verleihen, hat ihr Kollege Konstantinos Zeimpekis die Aufgabe, die spitalinterne Strahlenschutz-Fortbildungen auf- und auszubauen.

Jonas Ekeberg, Konstantina Karava und Konstantinos Zeimpekis bilden zusammen mit ihrer Kollegin Natalia Saltybaeva und ihrer Chefin Anja Stüssi die neue Fachstelle für Strahlenschutz.



Abb. 13: Das Team der Fachstelle Strahlenschutz am Universitätsspital Zürich: v.l.n.r.: Anja Stüssi, Natalia Saltybaeva, Konstantinos Zeimpekis, Jonas Ekeberg und Konstantina Karava vor der Herzkatheter-Durchleuchtungsanlage

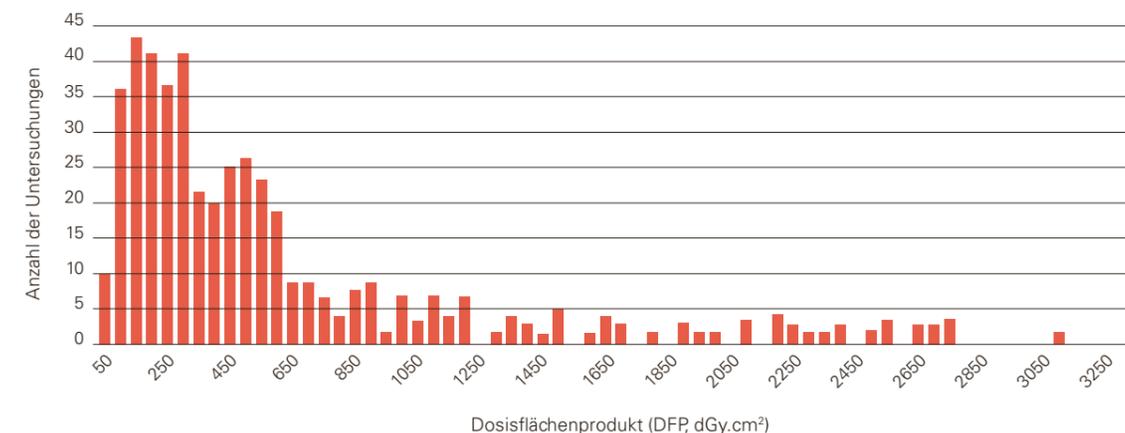


Abb. 14: Dosis-Histogramm (DFP) für eine typische kardiologische Untersuchung. Die Grafik zeigt, dass die meisten Untersuchungen bei kleinen Strahlungsdosen erfolgt sind (links im Diagramm), dass aber bei einzelnen Untersuchungen erhöhte Strahlungsdosen aufgetreten sind (rechts im Diagramm). Die Strahlungsdosis wird hier mit dem Dosisflächenprodukt (DFP, *dose-area product* DAP) dargestellt. Diese Grösse (hier in der Einheit dGy.cm<sup>2</sup>) erfasst gleichzeitig die dem Patienten übermittelte Hautdosis (dGy) und die Grösse der exponierten Hautfläche des Patienten (cm<sup>2</sup>). Das DFP kann mit den diagnostischen Referenzwerten (DRW) verglichen werden, um so die klinische Praxis zu optimieren.

schutz (Abb. 13) des Universitätsspitals Zürich, wo sie als Medizinphysikerinnen oder Medizinphysiker für den Strahlenschutz bei rund 110 Anlagen verantwortlich sind. Die zentral angesiedelte Fachstelle soll die Anforderungen der neuen Strahlenschutzverordnung im Universitätsspital umsetzen und die Rechtfertigung und Optimierung für medizinische Strahlenanwendungen vorantreiben.

Der Schutz der Patientinnen und Patienten ist eine der wichtigsten Aufgaben von Natalia Saltybaeva. Sie ist seit der Gründung der Fachstelle daran, alle diagnostischen und therapeutischen Bestrahlungsanlagen des Spitals in einem zentralen Dosismanagementsystem elektronisch zu vernetzen, was angesichts der vielen verschiedenen Anlagen kein einfaches Unterfangen ist. Dank dieser hochmodernen Technologie können die verschiedenen Kliniken oder Teams die Strahlungsdosen der Patientinnen und Patienten für jede Untersuchung oder Behandlung erfassen und anschliessend statistisch auswerten. Diese Statistiken ermöglichen es wiederum, zu hohe oder ungewöhnliche Strahlungsdosen bei einzelnen Patienten zu entdecken und deren Gründe von Fall zu Fall abzuklären (vgl. Beispiel in Abb. 14), um nach Möglichkeit die Strahlenexposition zu optimieren.

Aber auch bei der Überwachung des Personals setzt die Fachstelle künftig auf modernste Technologien. Sie ermöglichen es, die Strahlungsdosen

des Personals genauer zu bestimmen, als dies mit den gesetzlich vorgeschriebenen konventionellen Dosimetern möglich ist. Konventionelle Dosimeter werden nur monatlich ausgewertet, so dass eine beruflich strahlenexponierte Person nach radiologischen Eingriffen keine direkte Angabe zur erhaltenen Dosis hat. Solche Dosisangaben sind künftig dank modernen Real-time-dose-Monitoring-Systemen möglich, für deren Beschaffung und Einführung Konstantina Karava verantwortlich ist. Sie erklärt, dass diese Systeme aus Sensoren bestehen, welche die Angestellten auf ihrer Kleidung tragen. Die Sensoren erfassen die Dosen und übertragen sie anschliessend per Funk an eine Auswerte- und Anzeigeeinheit. Das System kann damit die Strahlungsdosen der einzelnen Angestellten an ihren typischen Arbeitsplätzen z. B. bei einer Röntgenanlage erfassen. Solche Messungen ermöglichen es der Fachstelle, dem Personal Aufenthaltszonen zu empfehlen, die während Eingriffen und Untersuchungen weniger strahlenexponiert sind.

Auf die Fachstelle für Strahlenschutz wartet viel Arbeit. Die fünf Medizinphysikerinnen und -physiker werden dank neuen Technologien und besser ausgebildetem Personal wesentlich dazu beitragen, dass die Strahlenanwendungen im Universitätsspital Zürich optimal eingesetzt werden.

### 3. Nationaler Strahlenschutztag in der Medizin

Der 3. Nationale Strahlenschutztag war dem Strahlenschutz im Operationssaal gewidmet: Das BAG hatte die Situation in Schweizer Spitälern während dreier Jahre im Rahmen eines Aufsichtsschwerpunkts untersucht. Am zweisprachig (de/fr) durchgeführten Strahlenschutztag im September 2018 begrüsst das BAG 150 interessierte Fachleute im Campus Liebefeld.

Am Strahlenschutztag lösten sich Vorträge und Foren mit Einbezug des Publikums ab, was angeregte und konstruktive Diskussionen in kleineren Gruppen mit Kollegen bzw. BAG-Mitarbeitenden ermöglichte. Dieser direkte Austausch wurde von den Teilnehmenden sehr positiv bewertet.



Abb. 15: BAG-Direktor Pascal Strupler in seiner Begrüssung: «Ein wirksamer und nachhaltiger Strahlenschutz erfordert das Engagement aller Beteiligten».

In den «OP-Audits» standen der Strahlenschutz der beruflich strahlenexponierten Berufsgruppen und der Erfahrungsaustausch sowie die interdisziplinäre Kommunikation im Vordergrund (vgl. auch Kurzbericht Seite 10).

Es waren Vertreterinnen und Vertreter nicht-radiologischer Berufsgruppen, wie OP-Pflegerinnen und -Pfleger sowie Chirurginnen und Chirurgen, aber auch Fachleute der Radiologie befragt worden (vgl. Abb. 16 und 17).

- Als erstes Fazit hielt das BAG am Strahlenschutztag folgende Ziele für die Zukunft fest:
- Die verbesserte Zusammenarbeit von Radiologie und Operationsbereichen;
  - Die Optimierungen der Geräte und Arbeitstechniken durch Medizinphysiker und Handel;
  - Die Einarbeitung an Röntgengeräten und die Nutzung technischer Möglichkeiten zur Dosisreduktion;
  - Die Sensibilisierung für das Tragen von Schutzmitteln und die persönliche Dosimetrie.

#### Sehr viele Teilnehmende aus nicht-radiologischen Berufsgruppen

Die grosse Teilnehmerzahl aus nicht-radiologischen Berufsgruppen (53 %) verdeutlichte deren grosses Interesse. Fragen der Sicherheit für Patienten und Personal, Konformität im Umgang mit Strahlung und die Klärung der Zuständigkeiten waren immer wiederkehrende Fragestellungen. Sehr erfreulich war die hohe Anzahl teilnehmender Medizinphysiker/innen, die gemäss Artikel 36 der revidierten Strahlenschutzverordnung neu in diesem breitgefächerten Bereich tätig sein werden. Optimierung und fachliche Unterstützung gehören zu deren Hauptaufgaben.

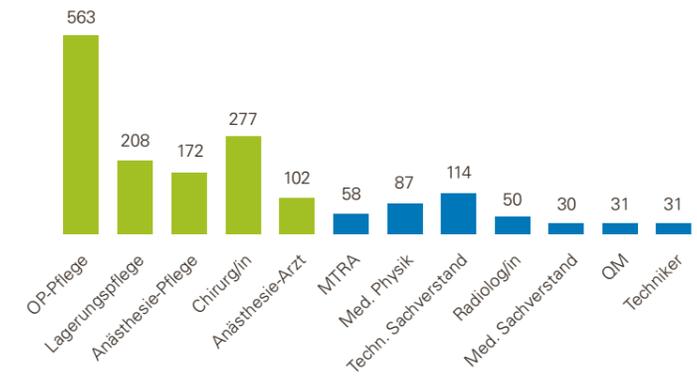


Abb. 16: Anzahl Teilnehmende an den OP-Audits (grün: im OP tätiges Personal)

Sehr gut vertreten waren auch die Röntgenfirmen. Sei es die benutzerorientierte Beratung beim Kauf bzw. bei der Nutzung eines Gerätes oder eine gerätespezifische Schulung des Bedienpersonals während des Betriebes – ein grosses praktisches Wissen bei der Anwendung der Anlagen innerhalb der Röntgenfirma ist essentiell für einen gelebten Strahlenschutz.

Die seit 2018 in Kraft getretene Fortbildungspflicht sorgte bei den Spitälern für die grösste Aufregung. Die Umsetzung eines funktionierenden Fortbildungskonzeptes war und ist häufig eine Herausforderung. Daher ist es sehr erfreulich, dass die Ausbildungsstätten, die Medizinphysik und die Röntgenfirmen sich zusätzlich dieser Problematik annehmen und die OP-Teams künftig unterstützen können.

#### Erfahrungen und Lösungen aus der Praxis

Die Themen der zwölf Referentinnen und Referenten, von denen ein Grossteil persönlich an den OP-Audits teilgenommen hatte, reichten von Personendosimetrie über Schutzmittel bis hin zum Erstellen interner Weisungen. Der Strahlenschutztag bot zudem eine ausgezeichnete Plattform für die Spitälern, um innovative Lösungen zu präsentieren. So zeigte zum Beispiel Tamara Högger, Fachspezialistin Medizintechnik und Sicherheit am Kantonsspital St. Gallen, wie ihre Schutzmittelversorgung von der Beschaffung bis zur jährlichen Qualitätskontrolle für mehrere Standorte organisiert wird. Die Medizinphysikerin Eleni Samara berichtete, wie die Audits ihr halfen, ihre Funktion in den Walliser Spitälern bekannt zu machen und auszubauen. Regina Müller, Schulleiterin a.i. an der Schule für Strahlenschutz (PSI), stellte verschiedene Angebote und stufengerechte Fortbildungsmöglichkeiten zur Fortbildung des OP-Personals vor und Roland Simmler, Leiter Strahlenschutz der Hirslanden-Gruppe, gab einen Einblick in das Thema Dosismanagement im OP.



Abb. 17: Der Strahlenschutz im OP betrifft viele Berufsgruppen

# Aktionsplan Radium 2015–2019

Der Aktionsplan Radium 2015–2019 verfolgt das Ziel, die radiologischen Altlasten zu sanieren, die entstanden sind, weil die Uhrenindustrie bis in die 1960er-Jahre Leuchtfarbe mit Radium-226 verwendet hat. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat 2018 einen Bericht über den Stand der Arbeiten des Aktionsplans erstellt. Die historischen Nachforschungen zeigen, dass landesweit rund 1000 Liegenschaften potenziell mit Radium-226 kontaminiert sind; bei der Ausarbeitung des Aktionsplans wurde diese Zahl noch auf 500 geschätzt. Von den 540 bislang bereits kontrollierten Gebäuden wiesen 100 ein für die Bewohnerinnen und Bewohner inakzeptables Expositions-niveau auf und müssen saniert werden. Bis heute wurden bereits über 70 Gebäude saniert. Eine Verlängerung des Aktionsplans bis 2022 drängt sich auf, damit das Vorhaben zu Ende geführt werden kann. Der Bundesrat wird Anfang 2019 über eine allfällige Redimensionierung der zugeteilten Mittel entscheiden.

## Historische Nachforschungen

Das BAG hat das Historische Institut der Universität Bern beauftragt, alle Liegenschaften in der Schweiz zu inventarisieren, in denen bei Tätigkeiten für die Uhrenindustrie mit Radium-226 gearbeitet wurde.



Abb. 18: Uhrenatelier in den 1950er-Jahren in Mont Lucelle, damals Kanton Bern. Quelle: Keystone

Die Universität Bern hat durch die systematische Analyse der Archive der am stärksten betroffenen Kantone rund 1000 potenziell mit Radium-226 kontaminierte Liegenschaften (Gebäude und angrenzende Gärten) ermittelt. Diese befinden sich mehrheitlich in den Kantonen mit Uhrmachertradition: Neuenburg, Bern und Solothurn. Auch in anderen Kantonen sind einige Liegenschaften zu kontrollieren, namentlich in Basel-Landschaft, Genf, Jura, Tessin, Waadt und Zürich. Eine Übersicht über die betroffenen 114 Gemeinden mit potenziell kontaminierten Liegenschaften zeigt die Karte in Abb. 19. 99 % dieser Fälle gehen auf Tätigkeiten in der Uhrenindustrie zurück, vor allem im Rahmen von Heimarbeit. Nach Artikel 151 der am 1. Januar 2018 in Kraft getretenen Strahlenschutzverordnung (StSV) führt das BAG ein Inventar der Liegenschaften, die möglicherweise kontaminiert sind. Das BAG hat den betroffenen Gemeinden und Kantonen Auszüge aus dem Inventar übermittelt. Der Bericht zu den historischen Nachforschungen ist veröffentlicht unter: [www.bag.admin.ch/radium-altlasten](http://www.bag.admin.ch/radium-altlasten).

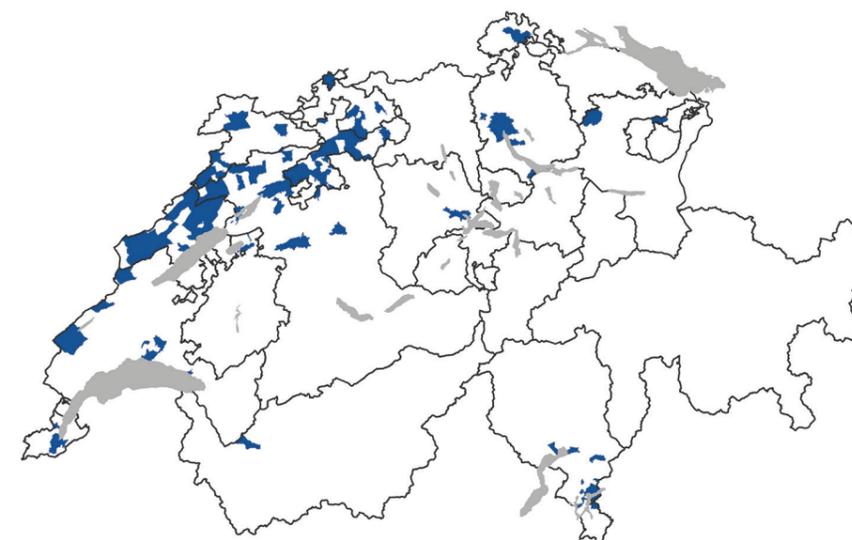


Abb. 19: 114 betroffene Gemeinden mit potenziell kontaminierten Liegenschaften (blau)

## Diagnostische Untersuchungen

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 Millisievert (mSv) pro Jahr überschritten ist, werden die Räumlichkeiten saniert. Gärten sind sanierungsbedürftig, wenn die Konzentration von Radium in der Erde den Grenzwert von 1000 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) übersteigt.

Bislang wurden bei 540 Liegenschaften mit insgesamt über 3000 Wohnungen (oder Gewerbelokalen) diagnostische Messungen durchgeführt. 100 dieser Liegenschaften müssen saniert werden; dies entspricht 70 Wohnungen (oder Gewerbelokalen) und 64 Aussenflächen. Fast 90 % der zu sanierenden Gebäude sind Wohngebäude. In den meisten Fällen lag die berechnete Dosis in den Innenräumen zwischen 1 und 10 mSv/Jahr. Bei fünf 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 29'000 Bq/kg. In einem Fall wurden punktuell Werte von gegen 670'000 Bq/kg gemessen. Der Stand des Aktionsplans am 31. Dezember 2018 ist in Abb. 20 ersichtlich.

## Sanierungsprogramm

Über 70 Liegenschaften sind bereits saniert worden oder werden derzeit saniert. Das Sanierungskonzept beinhaltet die Planung, die Beseitigung der Kontamination, die Wiederherstellung, die Schlusskontrolle und die Entsorgung der Abfälle. Mit einer Innenraumsanierung soll eine Senkung der effektiven Dosis für die Bewohnerinnen und Bewohner auf 1 mSv/Jahr erreicht werden. Für die Aussenflächen wird eine Konzentration von weniger als 1000 Bq/kg im Boden angestrebt. 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 netto zu erreichen.

Das BAG hat acht ehemalige Industriestandorte identifiziert, bei denen aufgrund einer Radium-226-Kontamination eine Sanierung erforderlich ist. Diese sind aber bereits im Kataster der belasteten Standorte aufgeführt. Darunter sind

auch komplexe Fälle von Mischkontaminationen (chemisch und radiologisch). Diese neue Problematik erfordert spezifische Lösungen, die in Absprache mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und den Kantonen gefunden werden

	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
<b>Kanton BE</b>	<b>143</b>	104	Biel/Bienne	39	Biel/Bienne	29	Biel/Bienne
	<b>44</b>	34	Bern, Büren an der Aare, Cortébert, Hasle b. Burgdorf, La Neuveville, Lengnau bei Biel, Loveresse, Lyss, Moutier, Nidau, Orpund, Pieterlen, Reconvilier, Saint-Imier, Sonvilier, Tramelan	10	Kräiligen, Nidau, Meinisberg, Moutier, Orpund, Safnern, Tavannes	9	Kräiligen, Nidau, Meinisberg, Orpund, Safnern, Tavannes
<b>Kanton NE</b>	<b>176</b>	150	La Chaux-de-Fonds	26	La Chaux-de-Fonds	20	La Chaux-de-Fonds
	<b>48</b>	44	Colombier, Corcelles-Cormondrèche, Fleurier, La Brévine, Le Locle, Les Ponts-de-Martel, Neuchâtel, Peseux	4	Fleurier, Neuchâtel	1	Neuchâtel
<b>Kanton SO</b>	<b>78</b>	61	Aedermannsdorf, Biberist, Gerlafingen, Grenchen, Holderbank, Langendorf, Mümliswil, Olten, Rechterswil, Solothurn, Trimbach, Welschenrohr, Wolfwil, Zuchwil	17	Bellach, Bettlach, Biberist, Grenchen, Langendorf, Luterbach, Welschenrohr, Wolfwil	14	Bellach, Bettlach, Biberist, Grenchen, Luterbach, Welschenrohr, Wolfwil
<b>andere Kantone</b>	<b>51</b>	47	Arogno (TI), Carouge (GE), Bubendorf (BL), Chêne-Bougeries (GE), Courgenay (JU), Delémont (JU), Genève, Hölstein (BL), Küsnacht (ZH), Lausanne (VD), Le Noirmont (JU), Le Sentier (VD), Les Bois, Les Breuleux (JU), Locarno (TI), Niederdorf (BL), Petit-Lancy (GE), Porrentruy (JU), Saignelégier (JU), Vevey (VD), Waldenburg (BL), Ziefen (BL), Zürich	4	Genève, Tecknau (BL), Waldenburg (BL)	1	Genève
<b>Total</b>	<b>540</b>	<b>440</b>		<b>100</b>		<b>74</b>	

Abb. 20: Stand des Aktionsplans Radium am 31. Dezember 2018

müssen. 2018 wurde ein Pilotprojekt mit dem Labor Spiez und dem Paul Scherrer Institut lanciert, um die Aktivität radiumkontaminierter Proben zu senken, sodass die chemischen Schadstoffe in den Proben, insbesondere Schwermetalle und organische Chlorverbindungen, in konventionellen Laboren analysiert werden können.

### Entsorgung

Gemäss Artikel 116 StSV können schwach kontaminierte brennbare Abfälle mit Zustimmung des BAG und nach Mitteilung an den Kanton in einer Verbrennungsanlage entsorgt werden. Die wöchentlich zur Verbrennung zugelassene Aktivität darf jedoch die tausendfache Bewilligungsgrenze gemäss StSV nicht überschreiten, d. h. 2 MBq für Radium-226. Schwach kontaminierte inerte Abfälle können gemäss Artikel 114 StSV mit Zustimmung des BAG, des Kantons und des Deponiebetreibers an eine Deponie zur Ablagerung abgegeben werden, sofern ihre maximale spezifische Aktivität das Tausendfache der Befreiungsgrenze nicht überschreitet. Diese liegt bei 10 Bq/kg für Radium-226; sie ist im Rahmen der Revision der StSV von vormalig 40 Bq/kg um das Vierfache gesenkt worden. Das Ablagerungsverfahren für inerte Abfälle musste in der Folge ebenfalls angepasst werden. Abfälle, deren Kontamination die genannten Werte übersteigt, werden unter Aufsicht des BAG in das Bundeszwischenlager in Würenlingen befördert.

### Danksagung

Christophe Murith, Leiter des Radium-Aktionsplans 2015-2019, ging im November 2018 in den Ruhestand. Er war der Initiator des Aktionsplans, der 2014, nach der Veröffentlichung von Adressen ehemaliger Setzateliers für Radiumleuchtfarben in den Medien, ins Leben gerufen wurde. Wir danken ihm für sein Engagement, das es ermöglicht hat, die Ziele des Aktionsplans zu erreichen und sogar zu übertreffen, und wünschen ihm für die Zukunft alles Gute. Martha Palacios, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Strahlenschutz, hat die Rolle der für den Aktionsplan verantwortlichen Person übernommen.

### Überwachung von Deponien und anderen kontaminierten Standorten

2018 hat das BAG in Zusammenarbeit mit dem BAFU eine Strategie erarbeitet, um aus dem Kataster der belasteten Standorte diejenigen ehemaligen Deponien herauszufiltern, die potenziell mit Radium-226 kontaminierte Abfälle enthalten könnten. Die so ausgewählten Depo-



Abb. 21: Triage der radiumkontaminierten Abfälle bei den Aushubarbeiten in der ehemaligen Deponie Lischenweg

nien werden gemäss dem potenziellen Risiko bei Aushubarbeiten für Arbeiter und Umwelt klassifiziert. Das Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung ist minimal, solange eine solche alte Deponie geschlossen bleibt. Es werden dem Risikograd entsprechende Schutzmassnahmen wie die systematische Sortierung von Aushubmaterial definiert. Die Strategie wird den betroffenen Kantonen im Laufe des Jahres 2019 vorgestellt, darauf wird die Veröffentlichung eines Abschlussberichts folgen. Die radiologische Überwachung von Altdeponien ist langfristig und wird in die Grundaufgaben des BAG mit einbezogen.

# Aktionsplan Radon 2012–2020

Ungefähr 10 % der Lungenkrebsfälle in der Schweiz sind auf Radon in geschlossenen Räumen zurückzuführen. Dies entspricht rund 200 bis 300 Todesfällen pro Jahr. Wichtigstes Ziel des Aktionsplans Radon 2012–2020 ist es, die Strategie der Schweiz zum Radon-schutz an die aktuellen internationalen Empfehlungen anzupassen. Mit dem Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzgesetzgebung am 1. Januar 2018 wurde ein wichtiger Meilenstein des Aktionsplans gesetzt. Da der Aktionsplan das Ende seiner Laufzeit bald erreicht, ist derzeit eine externe Evaluation im Gang. Auf dieser Basis wird das Bundesamt für Gesundheit 2019 gemeinsam mit den betroffenen Kreisen seine neue Strategie erarbeiten.

Seit dem 1. Januar 2018 gilt gemäss Strahlenschutzverordnung (StSV) ein neuer Referenzwert: Er beträgt 300 Becquerel pro Kubikmeter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) für die über ein Jahr gemittelte Radongaskonzentration in Räumen, in denen sich Personen regelmässig während mehrerer Stunden pro Tag aufhalten. Dies können beispielsweise Wohnräume, Klassenzimmer, Kindergärten oder Arbeitsplätze sein.

Mit der Einführung des neuen Referenzwerts ist Radon zu einem nationalen Problem der öffentlichen Gesundheit geworden und beschränkt sich nicht mehr auf einzelne Risikoregionen. Von den 150'000 Gebäuden, in denen bereits Messungen durchgeführt wurden, übersteigen 10 % diesen Wert. Wird eine Überschreitung des Referenzwerts von  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$  festgestellt, so muss die Gebäudeeigentümerin oder der Gebäudeeigentümer nach Artikel 166 StSV die notwendigen Sanierungsmassnahmen treffen und die Kosten dafür tragen. Der Kanton kann die Radonsanierung anordnen, wenn die Gebäudeeigentümerin oder der Gebäudeeigentümer untätig bleibt. Im Übrigen sind die Baubewilligungsbehörden ab 2020 schweizweit angehalten, die Bauherrin oder den Bauherrn bei Neu- und Umbauten auf die Radonproblematik aufmerksam zu machen (Art. 163 StSV).

## Umsetzung der neuen Gesetzesbestimmungen

2017 hat das BAG eine Arbeitsgruppe mit der Erarbeitung einer Wegleitung zu Radon beauftragt. Diese Arbeitsgruppe besteht aus Vertreterinnen und Vertretern der Kantone, der Suva, des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) und des Hauseigentümerverbands. Anfang 2018 hat das BAG eine erste Version dieser Wegleitung, mit der die Dringlichkeit einer Radonsanierung beurteilt werden kann, unter [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) (gesetzliche Bestimmungen bezüglich Radon) veröffentlicht.

Im Laufe des Jahres 2018 wurde die Wegleitung um weitere Aspekte ergänzt, namentlich was die Kriterien zur Priorisierung von Radonmessungen und zur Anordnung von Sanierungen anbelangt. Zudem wurden die Modalitäten für die Abgabe von Informationen zur Radonproblematik im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens präzisiert und eine Vorlage für ein Informationsschreiben zur Verfügung gestellt. Im November 2018 hat das BAG allen Kantonen einen neuen Wegleitungsentwurf zur Konsultation unterbreitet. Die endgültige Version wird Anfang 2019 publiziert.

Die Radonkarte, die früher auf einer Einteilung nach Gemeinden basierte, wurde durch eine interaktive Karte abgelöst. Sie zeigt neu für einen bestimmten Standort die Wahrscheinlichkeit, den Referenzwert von  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$  zu überschreiten. Diese Angabe basiert auf den Radonmessungen in den 100 geografisch nächstgelegenen Gebäuden (Abb. 22). Die Radonkarte ist seit Mai 2018 in interaktiver Form im Geokatalog von Swisstopo verfügbar und auch auf der Website des BAG verlinkt ([www.radonkarte.ch](http://www.radonkarte.ch)).

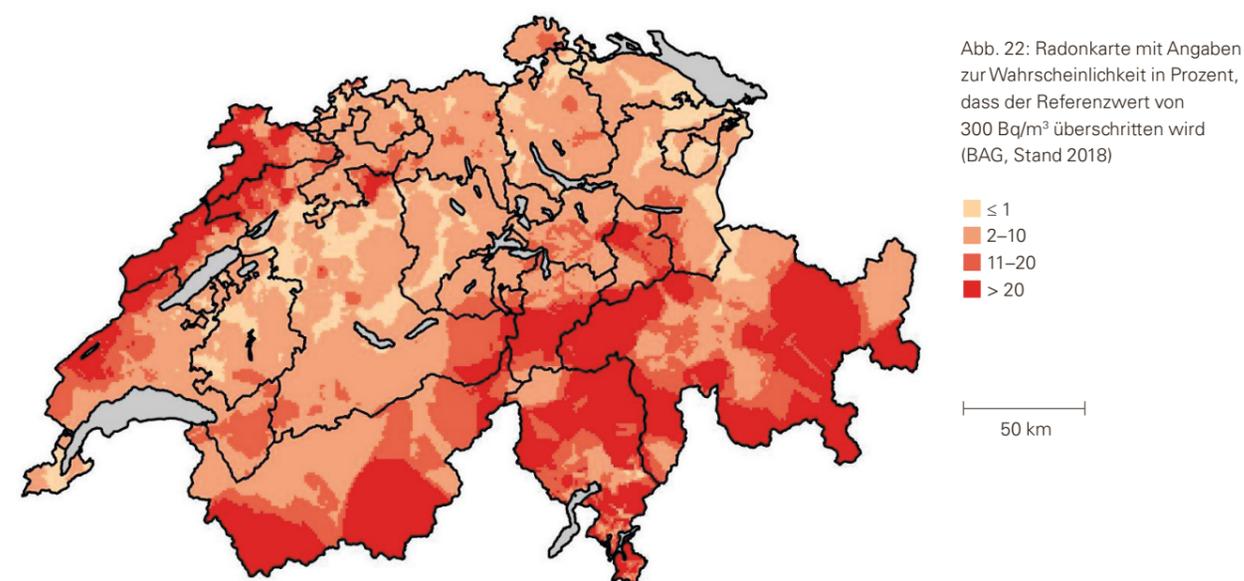
Gemäss Artikel 160 StSV sind die anerkannten Radonmessstellen nun verpflichtet, sich an die vorgeschriebenen Messprotokolle zu halten.

Diese werden von einer Arbeitsgruppe unter der Leitung des Eidgenössischen Instituts für Metrologie erstellt. 2018 hat das BAG im Laufe des Jahres auf der Grundlage der revidierten StSV fast 75 neue Stellen anerkannt. Die Liste der anerkannten Radonmessstellen ist unter [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) (Radonkonzentration messen) abrufbar. Die Daten zu den Radonmessungen in Gebäuden werden in einer zentralisierten Datenbank erfasst, auf welche die Kantone und die anerkannten Messstellen über einen gesicherten Kanal Zugriff haben. Diese Anwendung wurde ebenfalls aktualisiert und den neuen rechtlichen Bestimmungen angepasst.

## Spezifischer Schutz für Kinder und Arbeitnehmende

Nach Artikel 164 StSV müssen die Kantone dafür sorgen, dass in sämtlichen Schulen und Kindergärten auf Kantonsgebiet anerkannte Radonmessungen durchgeführt werden. Verschiedene Kantone, namentlich Zürich, haben 2018 gross angelegte Messkampagnen durchgeführt. Falls der Referenzwert von  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$  überschritten wird, ordnet der Kanton gemäss Artikel 166 StSV innert dreier Jahre ab Feststellung die Radonsanierung an.

Für Arbeitnehmende gilt neben dem Referenzwert von  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$  (für die über ein Jahr gemittelte Radongaskonzentration an Arbeitsplätzen) ein Schwellenwert von  $1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$  (Art. 156 StSV). Die Einhaltung des Schwellenwerts ist



Sache der Aufsichtsbehörden; für Industrie- und Gewerbebetriebe ist dies die Suva. Als «radon-exponiert» gelten Arbeitsplätze, an denen der Schwellenwert sicher oder vermutungsweise überschritten ist, zum Beispiel in unterirdischen Bauten, Bergwerken, Höhlen und Wasserversorgungsanlagen. Betriebe mit radonexponierten Arbeitsplätzen müssen dafür sorgen, dass anerkannte Radonmessungen durchgeführt werden. Wird der Schwellenwert von  $1000 \text{ Bq/m}^3$  überschritten, so muss der Betrieb nach Artikel 167 StSV die jährlich durch Radon verursachte effektive Dosis der exponierten Personen ermitteln. Liegt die effektive Dosis einer Person am Arbeitsplatz, auch nachdem organisatorische und technische Massnahmen ergriffen wurden, über 10 Millisievert pro Jahr, so gilt diese Person als beruflich strahlenexponiert und der Betrieb untersteht der Bewilligungspflicht.



Abb. 23: Teilnehmende an der Konferenz «Radon Outcomes on Mitigation Solutions (ROOMS)», im Tessin, September 2018

### Ausbildung und Informationen

Das BAG nutzte die Revision der Strahlenschutzverordnungen, um die Zuständigkeit der Radonfachpersonen rechtlich zu verankern (Art. 161 StSV) und Anforderungen an deren Aus- und Fortbildung in der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung festzulegen. Gemäss der unter [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) (Beratung durch Radonfachpersonen) publizierten Liste sind in der Schweiz derzeit über 150 Radonfachpersonen tätig. 2018 wurden rund zehn zusätzliche Radonfachpersonen an der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg ausgebildet. Sie werden auf der Liste aufgeführt werden.

2018 fanden zahlreiche Veranstaltungen zur Schulung und Sensibilisierung von Baufachleuten zur Radonthematik statt. Im September organisierte die *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI)* in Zusammenarbeit mit der Europäischen Radonvereinigung eine «Radon-Woche» in Lugano. Die Veranstaltung umfasste eine Schulung zu Radon-Sanierungsmethoden und die Konferenz «Radon Outcomes on Mitigation Solutions (ROOMS)» (vgl. Abb. 23). Das BAG organisierte im Oktober ein Treffen im Rahmen des Netzwerks zur Verankerung der Radonproblematik in den Lehrgängen der Grundbildung und höheren Berufsbildung der Bauberufe. Das Vorgehen erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation. Im November nahm das BAG am Seminar «Concevoir, construire et exploiter un bâtiment sain» teil, welches von der Gruppe «Santé-bâti Suisse romande» in Lausanne veranstaltet wurde, sowie am Thementag «Radon: un ancien problème avec de nouvelles dimensions», organisiert von der *Association romande de radioprotection* in Freiburg.

## Überwachung der Umwelt

Die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt gehört gemäss Artikel 191–195 der Strahlenschutzverordnung (StSV) zu den ständigen Aufgaben des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Diese Überwachung soll jeden signifikanten Anstieg der Radioaktivität in der Umwelt rasch sichtbar machen und die durchschnittliche jährliche Strahlendosis evaluieren, der die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist. Zu diesem Zweck betreibt das BAG ein automatisches Messnetz zur Bestimmung der Radioaktivität in der Luft und im Wasser. Parallel dazu erarbeitet es ein Programm mit Proben und Messungen, an dem sich auch andere Laboratorien des Bundes sowie Kantone und Hochschulen beteiligen.

Seit 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. Die Immissionsgrenzwerte für Radionuklide in der Luft und in Gewässern wurden in der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV), die am 1. Januar 2018 in Kraft getreten ist, leicht angepasst. Die StSV legt nun Untersuchungsschwellen bei der Umweltüberwachung fest. Werden Konzentrationen von künstlichen Radionukliden in der Umwelt festgestellt, die zu einer effektiven Dosis von mehr als 10 Mikrosievert ( $\mu\text{Sv}$ ) pro Jahr für einen bestimmten Expositionspfad führen können, so muss das BAG die Ursache bestimmen und nötigenfalls mit der betroffenen Aufsichtsbehörde Massnahmen ergreifen.

### Neues automatisches Messnetz URAnet

Das neue automatische Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aero) ist seit September 2018 vollständig in Betrieb. Es löst das alte RADAIR-Netz ab, das nach dem Unfall in Tschernobyl in Betrieb genommen wurde und obsolet geworden ist. Das neue Messnetz ermöglicht die Identifizierung und Quantifizierung von Radionukliden in der Luft und löst bei Überschreitung der definierten Schwellenwerte einen Alarm aus. Es besteht aus 15 Messsonden, die auf dem ganzen Landesgebiet verteilt sind (vgl. Abb. 24).

Dabei sind alle geografischen Regionen der Schweiz abgedeckt, die Netzdicke ist aber höher in den Regionen, die stark besiedelt und gleichzeitig durch allfällige Abgaben von Radioaktivität aus Kernkraftwerken in die Luft betroffen sind.

Die Ablösung des alten RADAIR-Netzes durch die neuen Messsonden von URAnet aero nahm das BAG zwischen 2016 und Anfang 2018 vor. Nach einer Testphase ist das Messnetz seit dem Sommer voll in Betrieb. Dadurch wird eine substantielle Verbesserung der Überwachung erreicht. Während die alten RADAIR-Stationen nur die Gesamtaktivität der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahler messen konnten, können die neuen Sonden einerseits die in den kontinuierlich mittels Filter gesammelten Aerosolen vorhandenen Radionuklide nachweisen und andererseits deren Konzentrationen spektrometrisch messen. Darüber hinaus erkennt das neue Messnetz auch sehr viel schwächere Radioaktivitätskonzentrationen als sein Vorgänger (Messgrenze in der Grössenordnung von Konzentrationen zwischen 1 und 2,5 Millibecquerel pro Kubikmeter [ $\text{mBq/m}^3$ ] für Caesium-137 bei einer Messung über 12 Stunden). Eine solche Sensibilität macht mittlerweile die Erkennung von sehr schwachen Konzentrationen von Radioaktivität in der Luft möglich, selbst wenn diese kein Gesundheitsrisiko darstellen, und erlaubt damit die Bewertung und Überwachung der Exposition der Bevölkerung.

Der Bereich des Messnetzes zur Überwachung des Wassers der Aare und des Rheins (URAnet aqua), das fünf Wassersonden umfasst, ist seit 2015 in Betrieb. Mit der Inbetriebnahme des Bereichs zur Überwachung der Luft verfügt die Schweiz nun über ein geeignetes und leistungsfähiges Netzwerk zur automatischen Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt.

Weitere Informationen zu URAnet finden Sie im Interview mit dem Projektleiter Daniel Lienhard, Seite 5ff.

### Wichtigste Ergebnisse der Überwachung 2018

Die Messergebnisse aus der Umweltüberwachung 2018 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. in einheimischen oder eingeführten Wildpilzen, Honig oder Heidelbeeren) noch immer erhöhte Werte gemessen. Überschreitungen des Grenzwerts für Lebensmittel, der gemäss der am 1. Mai 2017 in Kraft getretenen neuen Tschernobyl-Verordnung bei 600 Bq/kg liegt, wurden 2018 wiederum im Fleisch von Tessiner Wildschweinen festgestellt. Seit einigen Jahren kontrolliert der Veterinärdienst des Kantons Tessin systematisch die Radioaktivität aller auf dem Kantonsgebiet jagten Wildschweine. Davon abgesehen wurden 2018 bei den in der Schweiz geprüften Lebensmitteln keine weiteren Überschreitungen des Grenzwerts für Caesium-137 beobachtet.

Im Rahmen der Überwachung der Kernkraftwerke und der Forschungszentren (PSI, CERN) wurden mit den 2018 durchgeführten Messungen Spuren von Luftemissionen nachgewiesen. Feststellbar waren namentlich erhöhte Kohlenstoff-14-Werte in Blättern in der Umgebung der Kernkraftwerke sowie erhöhte Konzentrationen von Isotopen mit kurzer Halbwertszeit (Natrium-24, Iod-131), welche die Beschleuniger der Forschungszentren produzieren. In der Aare und im Rhein zeigten sich gelegentlich Spuren flüssiger Abgaben in den Sedimenten, insbesondere während der Revision der Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg im Juli und August. Die

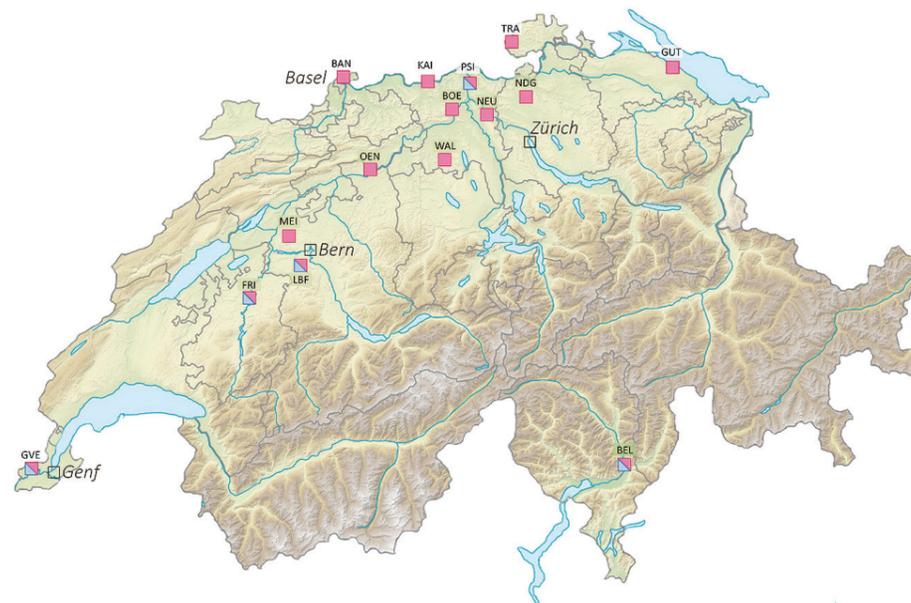


Abb. 24: Das neue Messnetz: 15 Messsonden zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aero)

■ Nuklidmonitor  
■ Nuklid- & Iodmonitor

Messungen ergaben Ende Mai auch leicht erhöhte Tritium-Konzentrationen (maximale Aktivität von 15,6 Bq/l) in der Aare bei Brugg nach der Revision des Kernkraftwerks Gösgen. Im gleichen Zeitraum betrug die monatlichen Tritium-Konzentrationen im Rhein in der Nähe von Weil am Rhein 5 Bq/l. Die Abgaben dieser künstlichen Radionuklide an die Umwelt blieben aber immer deutlich unter den erlaubten Werten. 2017 hat das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) im Hinblick auf den Rückbau des Kernkraftwerks Mühleberg, in Zusammenarbeit mit dem BAG, ein Programm für zusätzliche Messungen in der Umgebung des Kernkraftwerks lanciert. Das Ziel des dreijährigen Zusatzprogramms besteht darin, vor dem Beginn der Arbeiten einen Nullpunkt für die radiologische Situation festzusetzen. So lassen sich später die effektiven radiologischen Auswirkungen durch den Rückbau der Anlage auf die Umwelt bestimmen. Die separate Veröffentlichung sämtlicher Ergebnisse dieses Messprogramms ist für 2020 geplant.

In der unmittelbaren Umgebung von Unternehmen, die Tritium verwenden, ergab die Überwachung, wie schon in der Vergangenheit, eine signifikante Kontamination der Umwelt (Niederschläge, Lebensmittel), insbesondere in Niederrhein. Die maximale Tritium-Konzentration, die 2018 in den untersuchten Niederschlägen in der Umgebung des Unternehmens mb Microtec gemessen wurde, beträgt 1534 Bq/l, was 7,7 % des neuen Immissionsgrenzwerts von 20'000 Bq/l für dieses Radionuklid in den öffentlich zugänglichen Gewässern entspricht. Bei den Lebensmitteln wurden in Destillaten von Zwetschgenproben, die der Kanton Bern Ende August 2018 in der Nähe dieses Unternehmens gesammelt hatte, Tritium-Konzentrationen zwischen 100 und 330 Bq/l gemessen. Der Konsum solcher Lebensmittel stellt keine Gefahr für die Gesundheit dar. Selbst bei einer Menge von 10 kg Zwetschgen mit dieser Konzentration würde eine Dosis von deutlich weniger als 1 Mikrosievert aufgenommen. In Milchproben wurden deutlich tiefere Werte gemessen (16 und 23 Bq/l). Aufgrund der festgestellten Kontaminationen ist es aber nötig, das Überwachungsprogramm weiterzuführen. So wird sichergestellt, dass die betroffenen Unternehmen sämtliche Optimierungsmassnahmen umsetzen, um ihre Emissionen zu begrenzen.



Abb. 25: Das BAG betreibt ein akkreditiertes Radioaktivitätslabor

In Contone im Tessin wurden ab Sommer 2018 mehrmals Spuren von Iod-131 nachgewiesen. Wie in den letzten Jahresberichten des BAG zur Umweltradioaktivität und zu den Strahlendosen in der Schweiz erwähnt, setzt das *Ospedale Regionale di Bellinzona e Valli* seit 2017 immer häufiger Iod-131 bei ambulanten Behandlungen ein. Die im Tessin durchgeführten Messungen der Radioaktivität zeigen nun eine signifikante Kontamination der Umwelt. Das BAG wird die in dieser Region vergebenen Bewilligungen für ambulante Behandlungen neu überprüfen.

Die vollständigen Ergebnisse der Umweltüberwachung werden jedes Jahr im «Jahresbericht Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» sowie auf der Internetplattform «Radenviro» des BAG veröffentlicht ([www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch)).

# Intervention in einem radiologischen Notfall

Aus den Notfallübungen der vergangenen Jahre hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) seine Lehren gezogen. Es arbeitet nun an den entsprechenden Vorsorgeplanungen für die verschiedenen Referenzszenarien mit. Auf dieser Basis werden klare Massnahmen und vorbereitete Anträge für die verschiedenen Ereignisphasen definiert. So soll sichergestellt werden, dass alle beteiligten Parteien bereit sind, einen allfälligen Ernstfall zu bewältigen.

## Bundesstab neu für alle bevölkerungsschutzrelevanten Ereignisse zuständig

Am 2. März 2018 hat der Bundesrat die neue Verordnung über den Bundesstab Bevölkerungsschutz (VBSTB) in Kraft gesetzt. Der bisherige Bundesstab für atomare, biologische oder chemische Schadenereignisse sowie für Naturereignisse (BST ABCN) bestand seit 2011 und koordinierte die Einsätze bei Katastrophen und Notlagen. Verschiedene Ereignisse und Übungen haben aber deutlich gemacht, dass das Einsatzspektrum erweitert werden muss. Neu ist der Bundesstab Bevölkerungsschutz für die Bewältigung aller bevölkerungsschutzrelevanten Ereignisse auf Bundesebene zuständig – von Erdbeben über Pandemien und KKW-Unfällen bis zu einem grossflächigen Stromausfall. Mit dieser Weiterentwicklung stärkt der Bundesrat die Zusammenarbeit mit den Kantonen, den Betreiberinnen kritischer Infrastrukturen und den Bundesstellen. Das Hauptziel ist, die Bevölkerung besser zu schützen und Schäden zu verhindern oder zu begrenzen.

## Vorsorgeplanungen für die verschiedenen Szenarien

Damit der Bundesstab seine Aufgaben optimal wahrnehmen und dem Bundesrat rechtzeitig Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung stellen kann, werden Vorsorgeplanungen zu den Szenarien erarbeitet, die für den Bevölkerungsschutz relevant sind. Diese Vorsorgeplanungen ermöglichen es dem Bundesstab, bei einem Einsatz gleich in den ersten Stunden bzw. Tagen funktionsfähig zu sein und die ersten Schritte und Entscheidungen nach definierten Vorgaben zu treffen. Bei diesen Vorsorgeplanungen handelt es sich in erster Linie um «Startstrategien». Für die weitere Bewältigung von Ereignissen müssen entsprechende Bewältigungsstrategien entwickelt werden.

Die Vorsorgeplanung «KKW Unfall» wurde bereits hinsichtlich der letzten Gesamtnotfallübung mit dem Kernkraftwerk Mühleberg überarbeitet. Aus der Übung heraus gab es aber noch Verbesserungen, die im Nachgang aufgenommen und nun von der Direktorenkonferenz des Bundesstabes offiziell verabschiedet wurden. Die Vorsorgeplanung enthält klare Ziele für das Szenario «KKW Unfall Schweiz» und erläutert die verschiedenen Phasen der Ereignisbewältigung mit ihren Massnahmenpaketen. Es werden drei Phasen unterschieden: Die Akutphase (Urgent Phase) dauert Stunden bis Tage. Da die Ereignisse hier sehr rasch ablaufen und es wenig Reaktionszeit gibt, müssen bereits Sofortmassnahmen (Dosismassnahmenkonzept, VBSTB, SR 520.17) definiert sein. Im Anschluss an die Akut-

phase folgt die sogenannte Frühphase (*Early Phase*), die Tage bis Wochen dauern kann. Der Austritt von radioaktiven Stoffen aus dem KKW ist dabei bereits abgeschlossen. Aufgrund des Zerfalls kurzlebiger radioaktiver Elemente kann sich die Situation allerdings weiterhin rasch ändern, was eine ständige Überprüfung der radiologischen Lage erfordert. Es liegt am Bundesrat, in dieser Phase eine Herabsetzung bzw. Aufhebung der getroffenen Sofortmassnahmen oder aber die Umsetzung zusätzlicher Massnahmen anzuordnen. Ausschlaggebend sind dabei die Messwerte. Die Übergangsphase (*Transition Phase*) kann von einigen Wochen bis zu Monaten oder sogar Jahren dauern. Die radiologische Lage ist stabil und hinreichend bekannt. In dieser Phase werden die Schritte zur Beendigung der Notfall-Expositionssituation umgesetzt.

Nebst dem Referenzszenario «KKW Unfall» müssen auch andere Szenarien, wie zum Beispiel ein Anschlag mit einer schmutzigen Bombe (*Dirty Bomb*) oder ein Transportunfall mit einer hochradioaktiven Quelle, berücksichtigt werden. Das BAG hat vom Bundesrat den Auftrag erhalten, weitere Massnahmen und vorbereitete Anträge für die verschiedenen Ereignisphasen und Szenarien zu erarbeiten (StSV Art. 135 Abs. 4).

## Internationale Zusammenarbeit

Nach den Erfahrungen aus dem Reaktorunfall in Fukushima entstanden zahlreiche Arbeitsgruppen zur internationalen Zusammenarbeit bei nuklearen und radiologischen Notfällen. Die Abteilung Strahlenschutz konnte längst nicht in all diesen Gruppen aktiv mitwirken und fokussiert sich seitdem auf die europäische Plattform NERIS (= *European platform on preparedness for nuclear and radiological emergency response and recovery*, vgl. Abb. 26). NERIS befasst sich mit allen Phasen der Unfallbewältigung. Die Aktivitäten von NERIS aus dem Jahr 2018 sind auf der Website [www.eu-neris.net](http://www.eu-neris.net) zu finden.



Abb. 26: NERIS Workshop in Dublin, April 2018

Die Zwischenergebnisse von NERIS bestätigten dem BAG den Nutzen der neuen Bestimmungen aus der revidierten Strahlenschutzverordnung. Nun gilt es, an der Umsetzung der neuen Gesetzgebung und der Weiterentwicklung der damit verbundenen Strahlenschutzstrategie zu arbeiten. Im Fokus stehen die Beendigung der Notfall-Expositionssituation und die langfristige Bewältigung der Unfallfolgen. Dank der Mitarbeit des BAG im Steuerungsausschuss des französischen Komitees CODIRPA\* kann die Schweiz die Ausrichtungen unseres in diesem Bereich fortschrittlichsten Nachbarlandes aus nächster Nähe mitverfolgen (\*=*comité directeur pour la gestion post-accidentelle*, unter der Leitung der Agentur für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz, *agence de sûreté nucléaire et de radioprotection, ASN*).

# Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung (NIS) und Schall

Die Verordnung zum neuen Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch NIS und Schall ging 2018 in die Vernehmlassung. Vor allem das Solarium-Verbot für Minderjährige stiess bei den Kantonen auf breite Unterstützung. Bei Vorbehalten zu einzelnen Teilen der Verordnung konnten einvernehmliche Lösungen gefunden werden. An der sehr erfolgreichen Tagung zu den gesundheitlichen Effekten von UV-Strahlung tauschten Fachleute aktuelle Erkenntnisse zu Risikokommunikation, Solarien und Sonnenschutzmitteln aus.

Das Parlament hat am 16. Juni 2017 ein neues Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG) verabschiedet. Das Bundesamt für Gesundheit hat daraufhin die entsprechende Verordnung erarbeitet. Die Verordnung V-NISSG sieht Regelungen für die Verwendung von Solarien und Produkten, die nichtionisierende Strahlung oder Schall aussenden, vor, sie regelt Veranstaltungen mit Laserstrahlen und Schall und sieht ein Verbot von Laserpointern der Klasse 2 und stärker vor.

Der Bundesrat hat eine Vernehmlassung zur V-NISSG eröffnet, die vom 14. Februar bis am 31. Mai 2018 dauerte. Bei dieser Vernehmlassung sind 232 Stellungnahmen eingegangen, davon waren 144 identische Stellungnahmen der Veranstalter- und Tontechnikerbranche. Die Branche war nicht einverstanden mit den vorgeschlagenen Anpassungen bei Veranstaltungen mit Schall. Alle Kantone und 26 weitere Institutionen, Parteien und Organisationen unterstützten die Regelungen der neuen Verordnung. Vor allem das Solariumverbot für Minderjährige stiess bei den Kantonen auf breite Unterstützung. Die FDP und 22 Organisationen haben Vorbehalte zu einzelnen Teilen der Verordnung geäussert. Vorbehalte zur Regelung der Solarien hatten die FDP und im Bereich der Laserpointer die Flughäfen Genf und Zürich, sowie die Schweizerische Astronomische Gesellschaft. 14 Organisationen und Verbände lehnten die Verordnung vor allem auf Grund der Regelungen zu den Solarien ab (Gewerbeverbände, SVP, Solariumbranche).

Für die Auswertung der Vernehmlassung hat das BAG Gespräche mit der Veranstalter- und Tontechnikerbranche sowie mit der Solariumbranche geführt. Dabei konnten einvernehmliche Lösungen gefunden werden. Es ist geplant, dass der Bundesrat die Verordnung im 1. Quartal 2019 verabschiedet und die Inkraftsetzung des Gesetzes sowie der Verordnung auf 1. Juni 2019 erfolgt.

## UV-Tagung

Die Abteilung Strahlenschutz hat zusammen mit der Krebsliga Schweiz und der Schweizerischen Gesellschaft für Dermatologie und Venerologie im Herbst 2018 eine Tagung zu den gesundheitlichen Effekten von UV-Strahlung durchgeführt. Ein Teil der Veranstaltung widmete sich der Frage, wie Gesundheitsorganisationen am effektivsten Sonnenschutzbotschaften an die Bevölkerung vermitteln können. Eine zum Thema durchgeführte Befragung kam zum Schluss, dass die Bevölkerung den Aufenthalt an der Sonne sehr schätzt, eine gebräunte Haut als attraktiv empfindet, sich nicht umfassend, sondern eher situativ vor der Sonne schützt, die Risiken von Melanomen bagatellisiert und die Wirksamkeit von Sonnenschutzmitteln überschätzt. Effektive Sonnenschutzbotschaften müssten daher versuchen, ein vorsichtiges Bräunen und einen moderaten Aufenthalt an der Sonne zu propagieren, ohne einschränkend oder abschreckend zu wirken.

Epidemiologische Studien weisen mehrheitlich darauf hin, dass Solarien erhöhte Gesundheitsrisiken verursachen. Verschärfend kommt hinzu, dass empfindlich auf UV-Strahlung reagierende Personen wie Rothaarige oder Personen mit Sommersprossen Solarien überdurchschnittlich oft nutzen. Laut den Studien zum weissen Hautkrebs erhöht der Besuch von Solarien das Risiko beim harmloseren Basalzellkarzinom um 30 % und beim gefährlicheren Stachelzellkarzinom um 70 %. Das Risiko für den sehr gefährlichen schwarzen Hautkrebs ist bei Personen, die in jungen Jahren Solarien nutzen, um bis zu 60 % erhöht.

Weitere wichtige Erkenntnisse dieser Tagung betrafen die Sonnenschutzmittel. Neuere Studien bestätigen die Gefährlichkeit von UVA-Strahlung. Deshalb sollte die Bevölkerung ausschliesslich Sonnenschutzmittel verwenden, die sowohl gegen UVA und UVB schützen. Ausschlaggebend bei Sonnenschutzmitteln ist zudem, dass die Personen sie in genügender Menge auf die Haut auftragen und vorzugsweise nicht in Sprayform verwenden, damit der Schutz flächendeckend wirkt.

An der Tagung haben rund 70 Fachleute von den Krebsligen, Bundstellen, kantonalen Vollzugsstellen sowie aus der Wissenschaft und der Medizin teilgenommen. Das BAG hat die Tagung genutzt, um sich mit den anderen Akteuren zum Thema auszutauschen.

## Politische Anfragen zu LED Lampen

Im Rahmen der Energiewende werden die klassischen Glühlampen seit 2009 schrittweise durch neue Leuchtmittel wie LED ersetzt. Diese neuen Leuchtmittel strahlen je nach Bauart Licht ab, das im Vergleich zu Glühlampen blauhaltiger ist beziehungsweise stärker flimmert.

Trotz dieser Eigenschaften stellen LED-Lampen kein gesundheitliches Problem dar, sofern sie richtig verwendet werden. Entsprechende Informationen hat das BAG in einem Faktenblatt publiziert (BAG 2016).



Abb. 27: An der UV-Tagung vom September 2018 diskutierten Fachleute gesundheitliche Effekte von UV-Strahlung

Im Zusammenhang mit den auf Herbst 2018 umgesetzten verschärften Anforderungen an die Energieeffizienz von Halogenlampen sind aus den Eidgenössischen Räten Anfragen an den Bundesrat zu den Themen «Gesundes Licht» und LED gestellt worden. Sie wurden dem BAG überwiesen. Sie betrafen die Fragen, ob Schädigungen der Augen durch das blauhaltige Licht der LED in Kauf genommen würden, mit welchen Massnahmen die Risiken des Flimmerns von LED-Leuchtmitteln eingedämmt würden sowie welche Alternativen zu Halogenlampen erhältlich sind.

In seinen Antworten hat der Bundesrat unter anderem darauf hingewiesen, dass die Hersteller verpflichtet sind, gefahrlose Leuchtmittel auf den Markt zu bringen bzw. in der Bedienungsanleitung über die richtige Verwendung, allfällige Gefährdungen und deren Vermeidung zu informieren. Im Weiteren begrüsst es der Bundesrat, wenn die Normierungsgremien die heute noch fehlende Normierung zu Flimmereffekten möglichst rasch erarbeiten und die Hersteller möglichst schnell flimmerfreie Leuchtmittel auf den Markt bringen. Als Alternativen zu Halogenlampen sieht der Bundesrat vor allem Energiesparlampen und LED-Lampen sowie Halogenlampen, sofern sie die geforderte Effizienzklasse B einhalten.

# Aktuelle Risikoeinschätzung ionisierender Niedrigstrahlung hat solide Grundlage

Der Bundesrat hat am 2. März 2018 vom Bericht zum «Kenntnisstand betreffend Risiken ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich» in Erfüllung des Postulats Fehr Kenntnis genommen. Dieser Bericht bestätigt, dass die aktuelle Risikoeinschätzung, auf der die Strahlenschutzgesetzgebung aufgebaut ist, auf einer soliden Grundlage beruht. Die Schweizer Bevölkerung ist somit wirksam vor den schädlichen Folgen künstlicher und natürlicher Strahlung geschützt.

Niedrige Dosen ionisierender Strahlung ergeben sich aus Expositionen, die entweder natürlichen Ursprungs sind oder aus der üblichen Verwendung von Röntgenstrahlen und Radioaktivität im Nuklearbereich, in der Industrie und in der Medizin hervorgehen. Sie betreffen somit bestimmte Berufsgruppen, die Bevölkerung wie auch Patientinnen und Patienten.

Der Bericht gelangt zum Schluss, dass die neusten Studien die Anwendung des linearen Modells ohne Schwellenwert als Basis für den



Abb. 28: Bundesratsbericht zum «Kenntnisstand betreffend Risiken ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich» in Erfüllung des Postulats Fehr

Strahlenschutz in der Schweiz stützen. Nach diesem Modell erhöht jede Exposition mit ionisierender Strahlung, selbst bei niedrigen Dosen, das Risiko für Krebs oder Erbkrankheiten linear, und es gibt keinen Schwellenwert, unter dem davon ausgegangen werden kann, dass eine Exposition keine Wirkung zeigt. Die Einhaltung der in der Gesetzgebung festgelegten Dosisgrenzwerte stellt sicher, dass dieses Risiko für die Bevölkerung tragbar ist.

Dieses Modell wurde durch die Ergebnisse der CANUPIS-Studie aus dem Jahr 2011 ([www.canupis.ch](http://www.canupis.ch)) nicht in Frage gestellt. Es gibt darin keine Hinweise darauf, dass Kinder, die in der Nähe der Schweizer Kernkraftwerke leben, häufiger an Krebs und Leukämie erkranken als Kinder, die weiter entfernt wohnen.

Diese Studie ermöglichte zudem, den Kenntnisstand bezüglich Risiken ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich zu verbessern. In diesem Zusammenhang betont der Bericht, dass es für die Schweiz wichtig ist, sich an internationalen Überlegungen und Studien zu beteiligen, um ihre Kompetenzen bei der Einschätzung von Strahlenrisiken dauerhaft zu erhalten.

Den vollständigen Bericht finden Sie unter diesem Link: [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch) (Gesund leben / Umwelt & Gesundheit / Strahlung, Radioaktivität & Schall / Strahlung und Gesundheit / Bericht zum Kenntnisstand betreffend Risiken ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich).

# Strahlenexposition der Bevölkerung 2018

Der grösste Anteil an der Strahlenexposition 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 2018 zwei Überschreitungen eines Dosisgrenzwertes.

Die Strahlenexposition der Bevölkerung wird aus den Strahlendosen natürlicher und künstlicher Strahlungsquellen ermittelt. Die drei wichtigsten Ursachen sind das Radon in Wohnungen, die medizinische Diagnostik sowie die natürliche Strahlung (Abb. 29). Für alle künstlichen Strahlenexpositionen (ohne Medizin) gilt für die allgemeine Bevölkerung ein Dosisgrenzwert von 1 mSv pro Jahr. Die berufliche Strahlenexposition, insbesondere für Junge und Schwangere, ist durch besondere Bestimmungen geregelt.

## Strahlenbelastung durch Radon

Radon-222 und seine Folgeprodukte in Wohn- und Arbeitsräumen liefern den grössten Dosisbeitrag für die Bevölkerung. Die internationale Strahlenschutzkommission ICRP betrachtet

heute das Lungenkrebsrisiko aufgrund von Radon als etwa doppelt so hoch 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, gemäss den alten Dosisfaktoren aus der Publikation ICRP 65. Die Radonbelastung der Bevölkerung ist nicht einheitlich. Der angegebene Mittelwert leitet sich aus der durchschnittlichen Radonkonzentration von 75 Bq/m<sup>3</sup> ab.

## Bestrahlung durch medizinische Diagnostik

Die Dosis aufgrund medizinischer Anwendungen (Diagnostik) beträgt auf die gesamte Bevölkerung umgerechnet 1,4 mSv/Jahr pro Person. 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 computertomo-

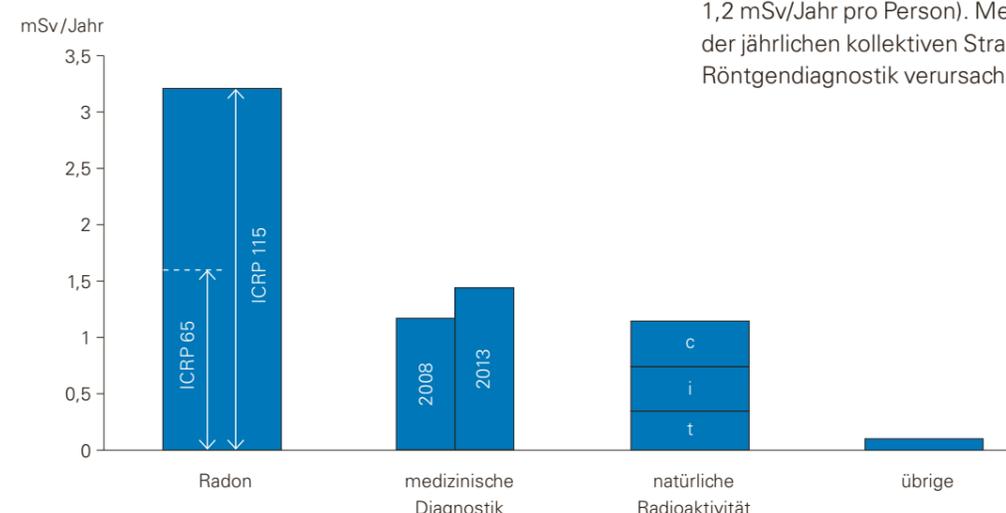


Abb. 29: Durchschnittliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung [mSv pro Jahr pro Person]. Die Belastung durch Radon muss nach der neuen Beurteilung (ICRP 115, 2010) deutlich höher eingeschätzt werden als zuvor (ICRP 65). Der Wert für die medizinische Diagnostik beruht auf der Erhebung von 2008 bzw. 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.

grafische Untersuchungen. Wie beim Radon ist die Belastung durch die medizinische Diagnostik ungleichmässig verteilt. Rund zwei Drittel der Bevölkerung erhalten praktisch keine Dosis, bei einigen wenigen Prozenten 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. In 10 km Höhe ist sie 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, die 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 radioaktiver Stoffe 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. 97'000 Personen beruflich strahlenexponiert. Zusätzlich kamen rund 7'000 Personen aus der Luftfahrt dazu, da mit der neuen Strahlenschutzverordnung auch die Dosen des Flugpersonals ermittelt werden müssen. Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit untersucht das BAG in den Bereichen Medizin und Forschung alle Ganzkörperdosen über 2 mSv im Monat sowie alle Extremitätendosen über 50 mSv. Die meisten erhöhten Dosen gab es in den dosisintensiven Bereichen Nuklearmedizin und interventionelle Radiologie.

In der Nuklearmedizin eines Schweizer Spitals überschritten zwei Mitarbeitende den Jahresgrenzwert für die Extremitätendosis von 500 mSv. Als Massnahme wird das Spital einen neuen Injektor anschaffen, um gewisse Arbeitsschritte zu automatisieren und so die Dosen fürs Personal weiter zu reduzieren. Zudem sollen die dosisintensiven Arbeiten auf mehrere Personen verteilt werden.

Der Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» wird im Sommer 2019 publiziert:

[www.bag.admin.ch/dosimetrie-jb](http://www.bag.admin.ch/dosimetrie-jb).

## 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 entscheidend. Unsere wichtigsten Partner sind nachfolgend aufgeführt.

#### **BAG als 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.

2018 veröffentlichte die WHO die Ergebnisse der 2017 durchgeführten gemeinsamen externen Evaluation zur Umsetzung der Internationalen Gesundheitsvorschriften in der Schweiz und in Liechtenstein ([www.who.int/ihr](http://www.who.int/ihr)). 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.

Das BAG hat darüber hinaus an der «*First WHO Global Conference on Air Pollution and Health*» teilgenommen, die vom 30. Oktober bis 2. November in Genf stattfand.

#### **Wissenschaftlicher Ausschuss der UNSCEAR**

UNSCEAR ist eine 1955 geschaffene Kommission der Vereinten Nationen. Ihre Mission besteht darin, die Strahlendosen und die Wirkungen ionisierender Strahlen auf internationaler Ebene zu prüfen und eine wissenschaftliche Basis für den Strahlenschutz bereitzustellen. Sie legt der

UN-Generalversammlung in regelmässigen Abständen Berichte vor.

Seit 2016 umfasst die deutsche Delegation einen Vertreter der Abteilung Strahlenschutz. Die 65. Versammlung der UNSCEAR fand im Juni 2018 in Wien statt.

#### **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*).

Das BAG beobachtet die internationalen Entwicklungen im Bereich der Sicherung von radioaktivem Material aufmerksam. Deshalb hat es sich aktiv an der Konferenz «*Security of Radioactive Material-The Way Forward For Prevention and Detection*» im Dezember 2018 in Wien eingebracht. Zudem hat das BAG das ENSI im Rahmen der Überprüfung des Landesberichts der Schweiz für die «*Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*» unterstützt.

Das BAG nahm im August 2018 auch an einer Mission der IAEA zum Thema Radon in Peru teil.

#### **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.

An der europäischen IRPA-Konferenz im Juni 2018 in La Hague sowie anlässlich des «*Workshop on reasonableness in the implementation on the ALARA principle*», den die IRPA im Oktober 2018 in Paris veranstaltete, stellte das BAG seine Arbeiten zum Umgang mit Radium-Altlasten vor.

#### **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 2018 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 «*European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research*», gehört zum Forschungsprogramm Horizon 2020 und bildet den strukturellen Rahmen für gemeinsam lancierte Forschungsinitiativen der Strahlenschutz-Forschungsplattformen MELODI, ALLIANCE, NERIS und EURADOS. CONCERT ist eine gemeinsam finanzierte Initiative. Sie hat das 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.

2018 unterstützte das BAG das Projekt «*Validation and Estimation of Radiation skin Dose in Interventional Cardiology (VERIDIC)*», in dem das Institut für Radiophysik Lausanne mitwirkt. Das BAG nahm ausserdem im Oktober 2018 in Kroatien an der 3. Europäischen Woche zur Strahlenschutzforschung teil. 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 wieder ermöglichen.

#### **European ALARA Network**

Ziel dieses Netzwerks ([www.eu-alara.net](http://www.eu-alara.net)) ist es, die Strahlenexposition der Bevölkerung mit Optimierungsstrategien auf einem so niedrigen Niveau zu halten, wie dies mit vernünftigem Aufwand möglich ist («*As Low As Reasonably Achievable*»). Das Netzwerk organisiert alle zwei Jahre einen Workshop. Der nächste wird im März 2019 stattfinden und dem Thema der Sanierung von kontaminierten Standorten gewidmet sein.

#### **Bilaterale Zusammenarbeit mit Deutschland und Frankreich**

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

Die Zusammenarbeit mit der französischen Behörde für nukleare Sicherheit (ASN) und mit dem *Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire* (IRSN) wurde 2018 insbesondere im Rahmen von Arbeitsgruppen, die sich mit dem Strahlenschutz im Zusammenhang mit medizinischen Anwendungen, der Umwelt oder Notfällen befassen, fortgeführt.

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. Erste Projektergebnisse wurden im Dezember 2018 im Rahmen des Seminars «*Radon & Territoires*» in Montbéliard vorgestellt.

## Publikationen, Dokumentation

#### **Rechtsgrundlagen**

Die schweizerische Strahlenschutzgesetzgebung bezweckt, Mensch und Umwelt vor 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. 75 StSV), Umweltradioaktivität (Art. 194 StSV) und über Ereignisse von öffentlichem Interesse (Art. 196 StSV). Informationen zu den revidierten Verordnungen im Strahlenschutz, die seit dem 1. Januar 2018 in Kraft sind, finden sich unter: [www.strahlenschutzrecht.ch](http://www.strahlenschutzrecht.ch).

---

#### **Informationsmaterial**

Ausführliche Informationen über die Aufgaben und Projekte der Abteilung Strahlenschutz finden Sie auf der BAG-Webseite [www.bag.admin.ch/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall](http://www.bag.admin.ch/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-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:** Videos zum Strahlenschutz in der Nuklearmedizin, in der zahnärztlichen Praxis, bei interventionellen Untersuchungen, bei der Computertomografie und beim Röntgen im Operationsaal. Die Filme sind auch auf der Webseite verfügbar.

---

#### **Verbraucherschutz Newsletter**

Bestellen Sie unseren kostenlosen Verbraucherschutz-Newsletter, um das Neuste 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 können gefährden – sei es am Arbeitsplatz, in der Umwelt oder im Privatleben. Der Schutz vor diesen Risiken ist die zentrale Aufgabe der Abteilung Strahlenschutz.

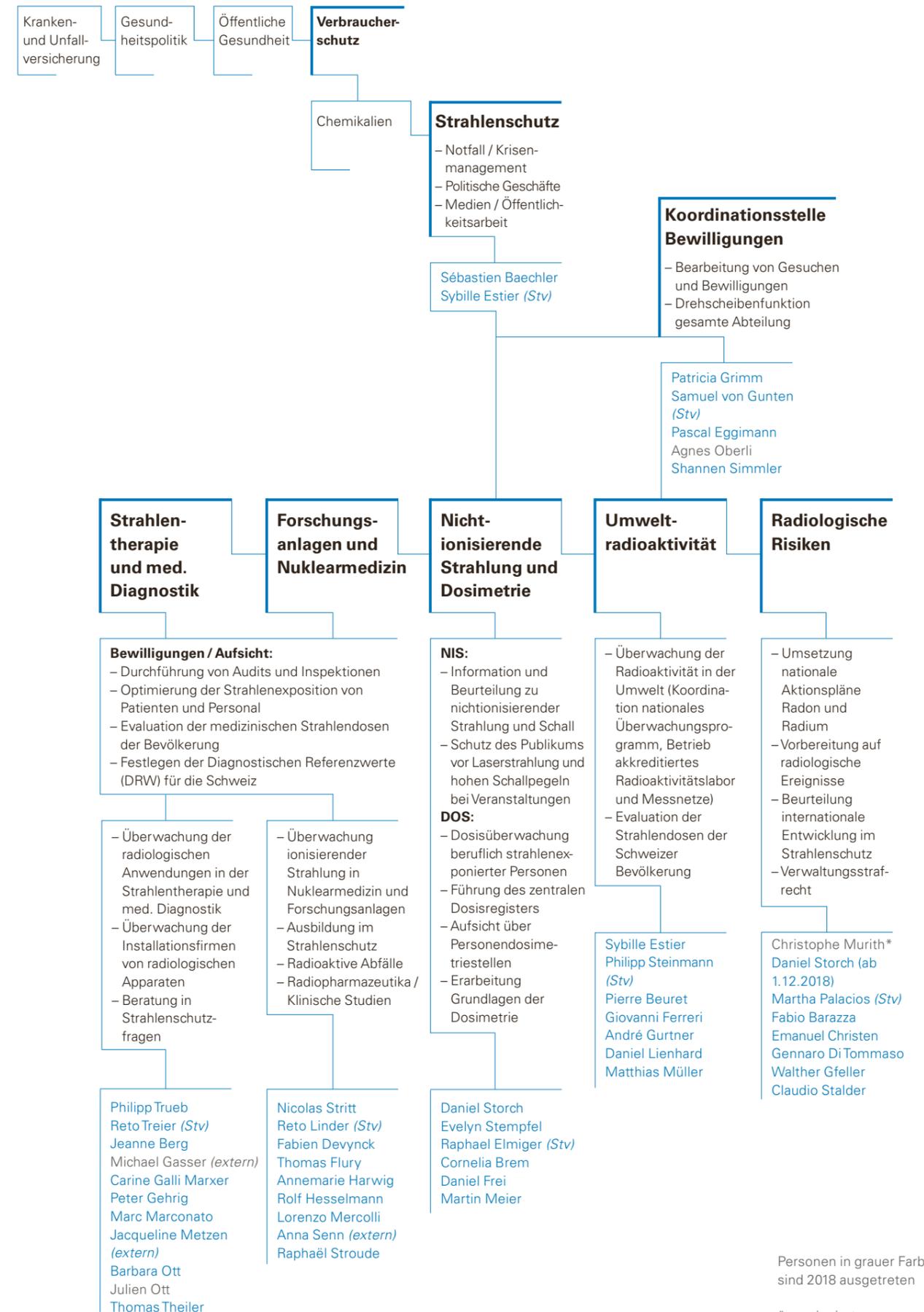
Eine umfassende Gesetzgebung regelt den Strahlenschutz in der Schweiz, die Vollzugsaufgaben sind hauptsächlich Sache des Bundes. Die Strahlenschutzverordnung (StSV) wurde total revidiert und trat am 1. Januar 2018 in Kraft. Mit der Revision wurde die Gesetzgebung an die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse, an die technischen Weiterentwicklungen und an internationale Richtlinien angepasst.

Das BAG ist die Bewilligungsbehörde für den Umgang mit ionisierender Strahlung in Medizin, Industrie und Forschung. Die Überwachung der ca. 22'000 Bewilligungen für die Verwendung ionisierender Strahlung in Medizin, Industrie und Forschung ist deshalb eine zentrale Aufgabe der Abteilung Strahlenschutz. Das BAG ist auch für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt sowie für die Umsetzung der Aktionspläne Radon und Radium zuständig. Zudem wirkt es bei der Vorbereitung radiologischer Notfallsituationen mit. Im Bereich der nichtionisierenden Strahlung und des Schalls wird das neue Gesetz am 1. Juni 2019 in Kraft treten.

Über 40 Mitarbeitende verschiedener Berufsgruppen setzen sich im BAG dafür ein, dass die Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung so niedrig wie möglich ist. Erste Priorität haben Massnahmen, die schwere Störfälle verhindern und hohe Dosen von Bevölkerung, Patienten sowie beruflich strahlenexponierten Personen vermeiden. Strahlenschutz funktioniert nicht ohne Zusammenarbeit mit verschiedensten Partnern im In- und Ausland. All diese Partnerschaften ermöglichen es dem BAG, gesundheitliche Risiken von Strahlung laufend nach dem neusten Stand von Wissenschaft und Technik zu beurteilen.

Unser Aufgabenportfolio umfasst (vgl. auch Organigramm, folgende 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;
- Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen (ca. 97'000 Personen + 7'000 Personen Flugpersonal);
- Bewilligung klinischer Studien mit radioaktiv markierten Pharmazeutika;
- Bewilligung und Typenprüfung radioaktiver Strahlenquellen;
- Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt;
- Betrieb eines akkreditierten Radioaktivitätslabors und Betrieb von Messnetzen;
- Evaluation der Dosen ionisierender Strahlung der Schweizer Bevölkerung;
- Realisierung nationale Aktionspläne Radon und Radium;
- 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.



## 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 2019  
Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:  
«Strahlenschutz BAG; Jahresbericht 2018»

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: 978-3-033-07328-9

## 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 2019  
Indication de la source en cas de reproduction :  
« Radioprotection OFSP ; rapport annuel 2018 »

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 : 978-3-033-07328-9