

Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz **Ergebnisse 2013**

Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse **Résultats 2013**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG

Liebe Leserin, lieber Leser

Radioaktive Wildschweine im Labor, Laserstrahlen im Cockpit, Röntgenstrahlen im Herzen, kanzerogene Edelgase in der Stube, Kavitäten im Schrott, Cäsium im Bielersee, Übungen für nukleare Katastrophen im Bunker, Protonen in der Röhre, freie Elektronenlaser im Walde, Radionuklide im Zyklotron, Audits in der Brachytherapie, Tinnitus in den Ohren und Strahlung in den Augen: Breiter und spannender kann unser Aufgabenspektrum nicht sein!

Wir arbeiten zusammen mit Forschungsdirektorinnen, Chefärzten, Jägern, Dozentinnen, medizinisch-technischem Fachpersonal, Bürgerinnen und Bürgern, Katastrophenmanagerinnen, Konzertveranstaltern, Pilotinnen, Betreibern von Kernanlagen, Ingenieuren, kritischen Organisationen, allen hier nicht Aufgeführten und natürlich mit unseren vorgesetzten Personen.

Und dies alles tun wir für alle, ob Patientin oder Werkträger, ob Jugendlicher oder ältere Menschen, – um einen Beitrag zum Schutz der Gesundheit aller zu leisten.

Mit meiner Pensionierung geht nach dreissig Jahren eine sehr befriedigende berufliche Ära zu Ende. Ich wünsche allen gute Gesundheit und ein strahlendes Lachen auf dem Gesicht! Meinem Nachfolger Sébastien Baechler wünsche ich von Herzen alles Gute und viel Erfolg.

Werner Zeller

Bild: Brigitte Batt / Klemens Huber



Inhalt

3	Editorial
5	Interview: Dreissig prägende Jahre im Strahlenschutz: Werner Zeller geht in Pension
8	Strahlenschutz in Medizin und Forschung
15	Reportage aus dem Herzkatheterlabor: «Strahlenschutz soll eingefordert werden!»
18	Überwachung der Umwelt
20	Reportage: Auf der Spur von Caesium-137 bei Wildschweinen im Tessin
22	Radonaktionsplan 2012 – 2020
25	Krisenstab des BAG im Einsatz
26	Strahlenbelastung der Bevölkerung 2013
28	Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall
30	Die Abteilung Strahlenschutz im Überblick, Organigramm
32	Internationale Vernetzung
33	Weiterführende Informationen
34 ff.	Französische Texte / Version française
68	Impressum / Colophon

Dreissig prägende Jahre im Strahlenschutz: Werner Zeller geht in Pension

Werner Zeller: Das heisst dreissig Jahre im Dienste des Schweizer Strahlenschutzes. Können Sie sich noch erinnern, wie es angefangen hat?

Erstmals mit dem Strahlenschutz in Berührung kam ich am physikalischen Institut der Uni Bern. So waren mir die Grundzüge der Strahlenschutzgesetzgebung bereits bekannt, als mich das BAG als wissenschaftlichen Adjunkt in der damaligen Sektion Strahlenschutz angestellt hat. Die Strahlenschutzverordnung von 1976 basierte übrigens noch auf dem Atomgesetz, ein eigenständiges Strahlenschutzgesetz war erst in Vorbereitung.

Kurze Zeit nach Ihrem beruflichen Einstieg ereignete sich Tschernobyl. Damit wurde eine als eigentlich hypothetisch angesehene nukleare Katastrophe zu bitterer Realität. Wie haben Sie Tschernobyl erlebt?

Die Schweiz war 1986 relativ gut auf ein nukleares Ereignis vorbereitet. Es existierte bereits eine Alarmorganisation, da zu Zeiten des kalten Krieges leider damit gerechnet werden musste, dass irgendwo eine Kernwaffe explodieren könnte. Nicht erwartet haben wir allerdings, dass es zu einer Katastrophe in einem Kernkraftwerk kommen könnte. Es hat uns zudem völlig überrascht, dass dieser weit entfernte Unfall dermassen grosse Auswirkungen auf die Schweiz hatte. Lebensmittel wurden teilweise beträchtlich kontaminiert. Tschernobyl hat die Schweiz aber auch medial und politisch erschüttert. Ein derartiger Unfall war aus damaliger Sicht nicht denkbar. Zum Unglück in Tschernobyl wussten wir wenig. Auf enorme Probleme hingedeutet haben allerdings die Meldungen, dass enorm viele Leute aus dem Umkreis des Kraftwerks evakuiert wurden. Betroffen waren wir, als wir im Nachhinein erfahren haben, wie Hunderttausende von Liquidatoren vor Ort versucht haben, eine Katastrophe in den Griff zu bekommen, bei der sämtliche flüchtigen radioaktiven Bestandteile des Reaktors freigesetzt worden waren. Diese Menschen haben unter unvorstellbaren Arbeitsbedingungen radioaktive Trümmer teilweise mit Schaufeln weggeräumt.

Haben sich die Tschernobyl-Erfahrungen 25 Jahre später bei der Katastrophe von Fukushima bewährt?

Nach der Katastrophe von Fukushima, die sich – für uns übrigens unerwartet – in einem hochindustrialisierten Land ereignete und die zudem den gleichen Reaktortyp wie im Kernkraftwerk Mühleberg betraf, hat die interdepartementale Arbeitsgruppe IDANOMEX untersucht, ob die Schweiz für einen solchen Unfall gerüstet wäre. Die Arbeitsgruppe hat 56 organisatorische und gesetzliche Massnahmen vorgeschlagen, die insbesondere einzelne Verordnungen betreffen. Es bleibt also noch viel zu tun.

Mit der Strahlenschutzgesetzgebung übernimmt unsere Abteilung Strahlenschutz viel Verantwortung. Dies in einer Zeit, in der Technologien immer komplexer werden, die Anforderungen an alle Beteiligten steigen und staatliche Ressourcen knapp bleiben. Kann die Abteilung in Zukunft mit dieser Entwicklung Schritt halten?

Grundsätzlich weise ich darauf hin, dass primär die Betriebe für den Strahlenschutz verantwortlich sind, dies wird oft vergessen. Trotzdem stellt die technische Entwicklung für uns eine grosse Herausforderung dar. Unsere Aufgaben als Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde haben sich dadurch im Laufe der Zeit geändert. Früher standen Maschinen, Geräte oder Abschirmungen im Vordergrund, heute legen wir das Schwergewicht auf Prozesse und Menschen, die Verantwortung im Strahlenschutz tragen. Früher haben wir in Spitälern die Dicke von Mauern ausgemessen, heute auditieren wir die Chefärztinnen und -ärzte. Zudem gilt das Konzept der risikoabgestuften Vorgehensweise. Das bedeutet, dass wir vor allem dann aktiv werden, wenn Gefährdungen konkret vorhanden sind. Ganz wichtig: Um dem technologischen Fortschritt folgen zu können, ist das Gespräch mit Fachgesellschaften unabdingbar, damit wir wichtige Anliegen des Strahlenschutzes gemeinsam erarbeiten und einführen können.



Abb. 1: Das Strahlenschutz-Team zur Weiterbildung am CERN (2013)

Die Strahlenschutzgesetzgebung ist streng, da sie Langzeitschäden verhindern will. Hat sich diese Strenge gelohnt?

Unbedingt! Wirklich gravierende Strahlenunfälle haben wir in den letzten Jahrzehnten in der Schweiz nicht erlebt. Wir konnten systematisch Dosen reduzieren, darauf können wir stolz sein. Dies gelang uns insbesondere auch an Arbeitsplätzen, wie beispielsweise in der Uhrenindustrie. Sie hat bis in die 90er-Jahre Mitarbeiterinnen beschäftigt, die radioaktive Leuchtfarben auf Zifferblättern anbrachten. Diese jungen Frauen akkumulierten jährlich mehr Dosis als heute die ganze Belegschaft eines Kernkraftwerkes. Solche Situationen gehören glücklicherweise der Vergangenheit an. Auch für die Umwelt haben wir heute ein System, mit dem wir die Strahlenbelastung engmaschig überwachen können.

Strahlung stellt aber nach wie vor ein Langzeitrisiko für Krebs dar. Um dieses zu vermindern, müssen wir uns grossen Herausforderungen stellen. Zum Beispiel der langdauernd erhöhten Radioaktivität, die sich in der Radonproblematik manifestiert. Vor 20 Jahren dachten wir, dass dieses Problem heute gelöst sein würde. Im Rückblick haben wir zwar viel erreicht und konnten Spitzen brechen. Aber es gelang uns nicht, die mittlere Radonbelastung der Bevölkerung signifikant zu vermindern. Das werden wir nur zu Stande bringen, wenn wir beim Bau neuer

Häuser prinzipiell ansetzen. Auch in der Notfallschutzplanung gibt es noch viel zu tun. Wir müssen uns vom Konzept der «vertikalen Evakuierung» verabschieden, das noch aus dem kalten Krieg stammt, denn Schutzräume stellen keine geeignete Schutzmassnahme bei Kernkraftwerksunfällen dar.

Bei den radioaktiven Abfällen in Medizin, Industrie und Forschung liegt der Fokus auf der Reduktion der Abfälle. In der interventionellen Radiologie, die immer noch hohe Dosen für das medizinische Personal und auch für Patientinnen und

Der promovierte Physiker Werner Zeller leitet seit 1998 die Abteilung Strahlenschutz und ist seit 1984 im BAG tätig. Er war Mitglied des Komitees 4 der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP, Vizepräsident der französischen permanenten Expertengruppe für medizinischen Strahlenschutz und Mitglied der Eidg. Kommission für die Sicherheit der Kernanlagen. Vor seinem Eintritt in den Bundesdienst war er in einer internationalen Forschungskollaboration (UA2) am CERN tätig. Er ist verheirateter Vater von drei erwachsenen Söhnen und stolzer Grossvater. Ende April 2014 geht er in Pension.

Patienten verursacht, müssen wir auf die Fortbildungsschiene setzen. Nicht wirklich erfolgreich waren wir bei illegalen radioaktiven Substanzen. Wir sind heute zu schwach aufgestellt, um solche illegalen Warenflüsse zu verhindern. Hier sind mehr Stichprobenkontrollen und eine bessere Kommunikation mit internationalen Partnern angesagt.

Wermutstropfen gibt es bei der nichtionisierenden Strahlung. Die Sonne verursacht pro Jahr 13 000 Hautkrebsfälle, die zu 350 Todesfällen führen. Führt der Schweizer Strahlenschutz im nichtionisierenden Bereich mit angezogener Handbremse?

Im nichtionisierenden Bereich spielt die Sonne tatsächlich eine grosse Rolle. Ihre Strahlung hat sehr viele positive Aspekte in unserem Leben, sie kann aber erwiesenermassen Hautkrebs verursachen. Hier ist allerdings kein reglementarischer, sondern ein präventiver Ansatz gefragt.

Des Weiteren haben wir bei der nichtionisierenden Strahlung eine vielschichtige Gesetzeslandschaft, die jedoch Lücken offenlässt, die wir jetzt mit einem neuen Gesetz schliessen müssen. Aktueller Anlass dazu ist dieser Unfug mit den äusserst gefährlichen Laserpointern. Aber auch für andere Anwendungen mit nichtionisierender Strahlung wie beispielsweise in der Kosmetik braucht es eine tragfähige gesetzliche Grundlage. Das neue Gesetz soll auch vor gefährlichen Schallbelastungen im nichtberuflichen Bereich schützen. Wir wollen dabei aber nicht Kulturgewinn verderben – es gehört doch zum Schönen im Leben, laute Musik zu hören. Dies soll jedoch nicht dazu führen, dass unnötige Gehörschäden oder Tinnitus entstehen.

Sie haben den Überblick über gut 30 Jahre Strahlenschutz: Was fällt Ihnen am meisten auf, wenn Sie die vergangenen Jahrzehnte miteinander vergleichen, inwiefern hat sich das Arbeitsumfeld verändert?

Die Mentalität war früher anders, in der Abteilung haben sich alle gesiezt. Im Lauf der Jahre ist nicht nur das Du hinzugekommen, sondern es hat sich eine Kultur der Teamarbeit entwickelt. Dies war auch nötig, da die technologische Entwicklung den Druck auf die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vergrössert hat. Wir müssen heute steigende Lasten mit gleichbleibenden oder sogar tendenziell abnehmenden Ressourcen bewältigen. Das schaffen wir nur mit dem Mut zur Lücke, mit der Konzentration aufs Notwendige. Sehr wichtig dabei ist, dass wir in den letzten Jahren hervorragend mit internationalen und insbesondere europäischen Strahlenschutzbehörden zusammengearbeitet haben. Dadurch war es möglich, Informationen auszutauschen, Probleme zu erörtern und Strahlenschutzmassnahmen zu harmonisieren. Absolutes Highlight stellt für mich diesbezüglich die Tripartite-Vereinbarung für das CERN dar. Sie ermöglicht es, in dieser schwierigen und komplexen Anlage einen sehr guten Strahlenschutz zu praktizieren.

Wenn ich jetzt in Pension gehe, dann tue ich dies nach dem Motto Servir et disparaître. Nach dem Servir kann ich getrost verschwinden, da ein hervorragendes Team und ein ausgezeichnete Nachfolger die Arbeiten weiterführen. Es erstaunt mich übrigens, wie viele Leute mich im Moment fragen, was ich jetzt dann tun würde. Wie wenn man kein Leben nebst der Arbeit hätte!

Zu guter Letzt: Wenn Sie vor 30 Jahren nicht Strahlenschützer geworden wären, was hätte Sie sonst gereizt?

Direktor der Niesenbahn. Das ist zwar ein bisschen vermessen. Aber ich hätte immer auf den Niesen fahren können und der Job wäre technisch anspruchsvoll gewesen. Spass beiseite. Ich weiss schlussendlich nicht, was aus mir geworden wäre. Sicher wäre es ein technisch-physikalischer Beruf gewesen, bei dem ich viel mit Menschen zu tun gehabt hätte.

Strahlenschutz in Medizin und Forschung

Strahlenschäden in Medizin und Forschung gilt es zu vermeiden, Patientinnen und Patienten sowie Personal sollen bestmöglich geschützt sein. Im Rahmen von Aufsichtsschwerpunkten optimieren das BAG und die Betriebe gemeinsam den Einsatz ionisierender Strahlung: Im Grossen und Ganzen ergibt sich ein positives Bild. Eine repräsentative Befragung der Bevölkerung lieferte interessante Hinweise zur Anzahl der Röntgenuntersuchungen.

Röntgenuntersuchungen der Schweizer Bevölkerung 2012/2013

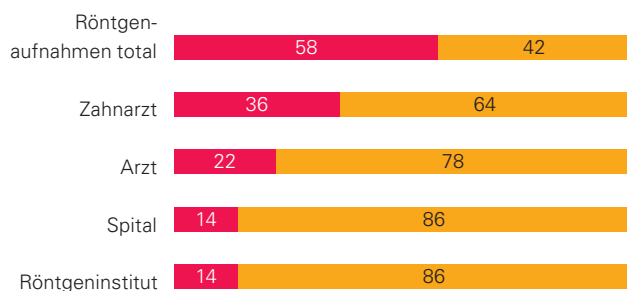
Die periodischen Erhebungen des BAG und des Institut de radiophysique (IRA) der Uni Lausanne dienen dazu, die durchschnittliche Strahlenbelastung durch medizinische Röntgenuntersuchungen der Schweizer Bevölkerung zu bestimmen. Aus diesen Erhebungen ist jedoch nicht ersichtlich, wie viele Röntgenuntersuchungen pro Person in den verschiedenen Sprachregionen der Schweiz stattfinden. Das BAG hat deshalb 2400 Erwachsene und 1000 Eltern von Kindern durch das Institut «gfs.bern» befragen lassen, um abzuschätzen, wie viele Röntgenun-

tersuchungen diese Personen in den vergangenen 12 Monaten erhalten haben. Die Telefonbefragung fand zwischen dem 19.08.2013 und dem 20.09.2013 statt.

Die Studie ergab, dass knapp 60% der über 16-Jährigen innerhalb eines Jahres geröntgt wurden, 33% der Untersuchungen waren nicht-zahnärztlicher Art. Bei den unter 16-jährigen Kindern und Jugendlichen sank dieser Anteil auf 45% respektive auf 21% für nicht-zahnärztliche Untersuchungen. Auf die Gesamtbevölkerung umgerechnet ergibt dies im Schnitt knapp 1.7 Röntgenaufnahmen jeglicher Art pro Einwohne-

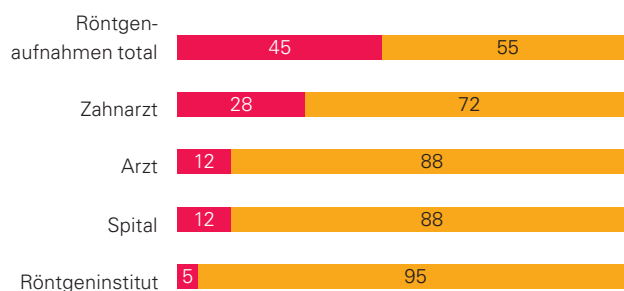
Total Röntgenbilder (in % EinwohnerInnen ab 16 Jahren)

- Zahnarzt** Wurden bei diesem Zahnarztbesuch Röntgenbilder gemacht?
- Arzt** Hat der Arzt bei diesem Arztbesuch selber Röntgenbilder gemacht?
- Spital** Wurden bei diesem Spitalbesuch Röntgenbilder gemacht?
- Röntgeninstitut** Hat Sie der Arzt für eine Röntgenuntersuchung an einen Spezialarzt oder an ein spezialisiertes Röntgeninstitut überwiesen?



Total Röntgenbilder (in % Kinder bis 15 Jahre)

- Zahnarzt** Wurden bei diesem Zahnarztbesuch Röntgenbilder gemacht?
- Arzt** Hat der Arzt bei diesem Arztbesuch selber Röntgenbilder gemacht?
- Spital** Wurden bei diesem Spitalbesuch Röntgenbilder gemacht?
- Röntgeninstitut** Hat der Arzt Ihr Kind für eine Röntgenuntersuchung an einen Spezialarzt oder an ein spezialisiertes Röntgeninstitut überwiesen?



■ Röntgenaufnahmen
■ keine Röntgenaufnahmen



Abb. 2: Anteil an Röntgenuntersuchungen für Erwachsene (ab 16 Jahren, links) und für Kinder/Jugendliche (unter 16 Jahren, rechts)
© gfs.bern, Bevölkerungsbefragung Röntgenverteilung, August/September 2013 (N=2408)

rin und Einwohner. Im Vergleich zur Deutschschweiz finden in der lateinischen Schweiz tendenziell mehr Röntgenuntersuchungen pro Person statt. Den höchsten Anteil weisen die französischsprachigen Männer auf. Ältere Leute werden häufiger im Spital oder in Röntgeninstituten, Personen im mittleren Alter häufiger beim Arzt oder der Ärztin und jüngere Leute häufiger beim Zahnarzt oder der Zahnärztin geröntgt. Der Anteil an CT (Computertomographie)-Untersuchungen ist bei den unter 16-Jährigen mit 6% Anteil um knapp die Hälfte geringer als bei den über 16-Jährigen, von denen jede zehnte Person in einem CT untersucht wurde.

Der Vergleich dieser Resultate mit Daten aus dem Jahr 2008 zeigt, dass die Anzahl Röntgenuntersuchungen ungefähr gleich geblieben ist, die CT-Untersuchungen jedoch zugenommen haben, was zu einer höheren Strahlenbelastung durch medizinische Röntgenuntersuchungen führt. Es ist deshalb wichtig, diese zunehmende Strahlenbelastung mit diagnostischen Referenzwerten für die Computertomographie zu kontrollieren. Ebenso sollen die geplanten klinischen Audits in der Radiologie dazu führen, ungerechtfertigte Untersuchungen zu verhindern.

Audits in Brachytherapie-Instituten

Radioonkologische Behandlungen mittels Brachytherapie kommen nur in sehr spezifischen Fällen und bei wenigen Patienten zur Anwendung. Diese Behandlung, bei der eine radioaktive Quelle in die Nähe eines Karzinoms gebracht wird (griechisch βραχυσ - kurz, nah), führt zu einer überaus hohen Strahlenbelastung der betroffenen Patienten. Qualitativ hochwertige Behandlungen sind nur möglich, wenn die beteiligten Fachkräfte (Radioonkologe, Medizinphysiker, Anästhesisten, MTRA und MPA) klar strukturiert und exakt zusammenarbeiten.

Die 2013 in den Brachytherapie-Instituten durchgeführten Audits haben Schwachstellen offen gelegt, Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt, die gesetzlichen Strahlenschutzvorgaben überprüft sowie die Qualitätssicherung kontrolliert. Die Daten sind noch nicht vollständig ausgewertet, wichtige Erkenntnisse liegen aber bereits vor:

- Die Anzahl der mit Brachytherapie behandelten Patienten sank in den letzten Jahren, da die perkutane Teletherapie immer mehr bevorzugt wird. Während die Anzahl der mit Ir-192 (Afterloading) behandelten Patienten nur leicht sank, nahm die Anzahl der mit I-125 Seeds behandelten Patient stärker ab
- Die Diebstahlsicherung der Afterloadinggeräte war in mehreren Betrieben mangelhaft
- Mehrere Betriebe lagerten radioaktive Quellen (I-125 Seeds, Eichquellen etc.) ungenügend, so dass der Feuerschutz nicht gewährleistet war (benötigt wird die Feuerwiderstandsklasse F60 für die Lagerstelle)
- Die (Betriebs-) Feuerwehren waren nicht genügend über Anzahl und Art der gelagerten oder verwendeten radioaktiven Quellen informiert
- Die Schulung des Personals zu Notfallschutzmassnahmen, die im Fall einer blockierten Quelle bei einem Afterloadinggerät zu treffen sind, war teilweise ungenügend.

2013 wurden alle Brachytherapie-Institute in der Schweiz auditiert. Das BAG wird die Ergebnisse analysieren und mit den beteiligten Fachgesellschaften besprechen.

Klinische Audits in der Radiologie, der Radio-Onkologie und der Nuklearmedizin

Die durchschnittliche Strahlendosis der schweizerischen Bevölkerung aufgrund medizinischer Anwendungen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Um ungerechtfertigte Expositionen mit ionisierender Strahlung zu minimieren und um Prozesse und Ressourcen zu optimieren, plant das BAG, in der Radiologie, der Radio-Onkologie und der Nuklearmedizin klinische Audits einzuführen. Die klinischen Audits sollen radiologische Verfahren in Form von «Peer Reviews» (Begutachtungen unter Fachkollegen) systematisch evaluieren und, falls erforderlich, die Praxis der Verfahren verbessern.

Das BAG hat eine Expertengruppe aus Medizinern, Physikern und MTRA gegründet. In mehreren Workshops haben die Experten im Rahmen der Revision der Strahlenschutzverordnung einen Entwurf für eine verbindliche Rechtsgrundlage sowie ein Konzept für Pilotaudits erarbeitet. Die Experten legen nun in Absprache mit ihren Fachgesellschaften Inhalte zu bestimmten Schwerpunktthemen fest und kontaktieren mögliche Auditoren und Betriebe. Sobald die Inhalte der Pilotaudits fertiggestellt sind, zieht das BAG international anerkannte Experten für eine Evaluation hinzu. Nach der Pilotphase, die voraussichtlich 2015 stattfindet, werden die Auditinhalte angepasst und eine grössere Zahl von Betrieben auditiert. Es ist geplant, dass ab diesem Zeitpunkt die Audits von einer zentralen Stelle aus koordiniert werden, die mit den Betrieben und den Auditoren in Kontakt ist und die inhaltlichen Schwerpunkte festlegt. Die ersten offiziellen Audits werden voraussichtlich 2017 stattfinden.

Diagnostische Referenzwerte (DRW), Weiterführung des Projekts

Das BAG hat das laufende Projekt zu nationalen DRW weitergeführt. Die bereits definierten und im BAG-Merkblatt R-06-04 publizierten DRW für die Projektionsradiologie wurden 2013 mit einem Folgeprojekt für die Chiropraktik ergänzt. Dabei wurden für typische Aufnahme­regionen die existierenden DRW validiert sowie neue

DRW für die obere Wirbelsäule definiert. Zu diesem Zweck hat das BAG bei insgesamt 17 Betrieben in allen Landesteilen eine standardisierte Kalibrationsmessung an ihren Röntgenanlagen durchgeführt. Die anschliessende dosimetrische Datenerhebung in diesen Betrieben umfasste die Regionen der Halswirbelsäule, der Lendenwirbelsäule (jeweils in 2 Projektionen) sowie die kombinierte Aufnahme der Lendenwirbelsäule unter Einbezug des Beckens. Die Auswertung der mehr als 1109 Datensätze zeigt, dass die erhobenen Oberflächendosen am Patienteneintritt (75. Perzentilwerte) für die Lendenwirbelsäule im Bereich der geltenden DRW liegen. Für die übrigen untersuchten Körperregionen soll das existierende Merkblatt mit neuen, aus der Studie abgeleiteten Referenzwerten ergänzt werden. Das Projekt soll einen breiten Anwenderkreis für optimierte Dosen sensibilisieren und damit zu verringerten Patientendosen beitragen.

Aufsichtsschwerpunkt an Spect-CT Einrichtungen

SPECT-Tomographen (Single Photon Emission Computed Tomography) können Gammastrahlung im Körper detektieren und in Schnittbildern darstellen. Diese zeigen auf, wie sich die verabreichten Radiopharmaka in einzelnen Organen oder im ganzen Körper verteilen und anreichern. SPECT-CT-Anlagen sind hoch entwickelte Geräte, die die SPECT-Tomographie und die Computertomographie (CT) kombinieren. Mit diesen Geräten lassen sich sowohl Funktionsstörungen in Organen als auch deren genaue dreidimensionale anatomische Lage in einzelnen Organen oder Geweben gleichzeitig bestimmen. Diese Vorteile führen dazu, dass SPECT-Tomographen je länger je mehr durch kombinierte SPECT-CT-Anlagen ersetzt werden, von denen im Jahre 2013 bereits rund 40 Anlagen in Betrieb waren. Der Nachteil der neuen Anlagen ist jedoch, dass sie die Strahlenbelastung der Patienten erhöhen, da sich die Strahlendosen der Radiopharmaka und der CT-Untersuchung addieren. Das BAG hat deshalb mit einem Audit überprüft, ob SPECT-CT-Anlagen mit optimierten Strahlendosen betrieben werden. Beurteilungskriterien dazu waren die geltenden DRW. Sie wurden mit den Dosen von Untersuchungen verglichen, die verschiedene Röntgeninstitute mit unterschiedlichen Anlagen durchführen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage, um weitere Dosisoptimierungen zu fordern, die vor allem im Bereich der Lowdose-CT möglich sind.

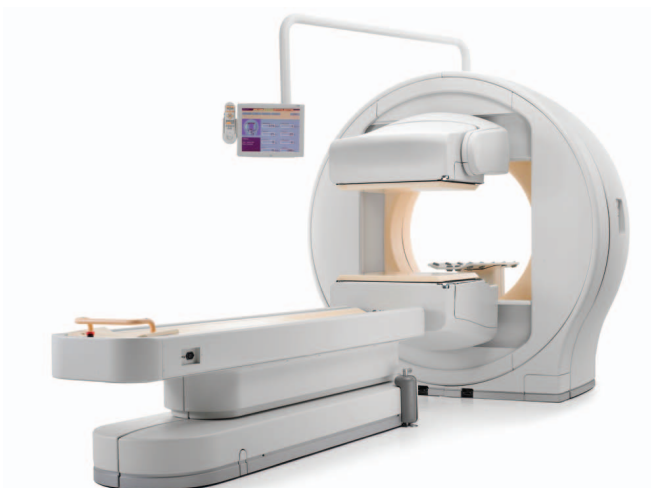


Abb. 3: SPECT-CT-Scanner

Zyklotron und Radiopharmazie USZ

Standort Schlieren

Das Universitätsspital Zürich baut am Standort Schlieren eine neue radiopharmazeutische Produktionsanlage, die Radiopharmaka für die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) produziert. In die Anlage integriert ist ein Zyklotron, das Wasserstoffkerne auf Energien von 18 MeV beschleunigt und sie mit schwerem Sauerstoff ($H218O$) kollidieren lässt. Dabei entsteht durch eine Kernumwandlung radioaktives $18F$ -Fluorid, das am gleichen Standort zur Synthese von Fluordesoxyglucose ($18F$ -FDG) verwendet wird. Fluordesoxyglucose hat in der diagnostischen Nuklearmedizin vielfältige Verwendungsmöglichkeiten, beispielsweise um benigne und maligne Tumoren zu lokalisieren und zu differenzieren. Ebenfalls hergestellt werden C-11, N-13 und O-15. Da insbesondere die beiden letzteren Stoffe eine kurze Halbwertszeit von 10 resp. 2 Minuten aufweisen, müssen sie möglichst schnell angewendet werden. Dies ist in Schlieren möglich, da sich die bildgebende Nuklearmedizin des USZ in einem Nachbarsgebäude befindet.

Die Abteilung Strahlenschutz berät und beaufsichtigt das ganze Bauvorhaben. Besonderes Gewicht legen die BAG-Fachleute auf die Strahlenschutzmassnahmen zum Schutz der Arbeitnehmenden und der umliegenden Bevölkerung. Dazu zählen die massiven Betonmauern des unterirdisch gelegenen Zyklotronbunkers, die die Aussenwelt von der Zyklotron-Strahlung (Gamma-Strahlung und Neutronen) abschirmen. Wichtig sind auch die Gebäudelüftungen, die bei einem Störfall keine wesentliche Radioaktivität an die Umwelt abgegeben dürfen. Sie werden durch eine aufwändige Regelung kontrolliert, an die diverse Messsonden angeschlossen sind.

Damit allfällige Luftkontaminationen innerhalb des Gebäudes nicht verschleppt werden, herrscht in sämtlichen Arbeitsbereichen dauernd Unterdruck. An den Ausgängen der Radiopharmazie und des Zyklotronbunkers stehen Kontaminationsmonitore, die dem Personal beim Verlassen der kontrollierten Zone dazu dienen, allfällige Kontaminationen festzustellen. Um diese abwaschen zu können, sind im Neubau genügend Waschgelegenheiten vorhanden. Die Bauarbeiten haben Anfang 2013 begonnen, 2014 soll der Betrieb aufgenommen werden.



Abb. 4: Labor-Rohbau für die Herstellung von Radiopharmazeutika aus Radionukliden, die im Zyklotron im Nebenraum erzeugt werden

Studie zur Dosis von Angehörigen ambulanter Patienten der Nuklearmedizin

Manchmal begleiten Angehörige ambulante Patientinnen oder Patienten bei einer Untersuchung in einer nuklearmedizinischen Einrichtung. Es ist deshalb sinnvoll, das Expositionsniveau von Begleitpersonen zu kennen, um den Patienten und ihren Angehörigen geeignete Ratschläge zum Strahlenschutz geben zu können. In der Literatur finden sich nur ungenügend Daten dazu. Deshalb hat das BAG das Institut für angewandte Radiophysik (IRA) in Lausanne beauftragt, eine detaillierte Studie mit Monte-Carlo-Simulationen und Messungen durchzuführen, die mit Hilfe von aktiven Personendosimetern direkt bei Patienten und Begleitpersonen erhoben werden. Der Vergleich zwischen den Messungen und den Monte-Carlo-Berechnungen erlaubte die Schätzung der tatsächlichen und potentiellen effektiven Dosen bei Angehörigen ambulanter Patienten. Obwohl die Dosen relativ gering sind, empfiehlt das BAG, die Patienten und ihre Angehörigen zu informieren: Jeder überflüssige nahe Kontakt, der eine Exposition der Begleitpersonen zwischen dem Zeitpunkt der Injektion und der Szintigrafie zur Folge haben könnte, sollte vermieden werden. 2014 soll ein BAG-Merkblatt mit den wichtigsten Studienergebnissen sowie Empfehlungen für Patienten und Angehörige publiziert werden.

Selektive interne Strahlentherapie (SIRT)

Die selektive interne Strahlentherapie (SIRT) ist eine neue Methode, mit der bösartige Lebertumoren bestrahlt werden. Diese Therapieform ist sowohl aus medizinischer Sicht als auch vom Strahlenschutz her eine Herausforderung. Bei dieser Therapie werden stark radioaktive Harz- oder Glaskügelchen (Mikrosphären), die mit Yttrium-90 bestückt sind, suspendiert und dem Patienten durch die Leberarterie verabreicht. Dies muss in einem Angiographie-Raum erfolgen. Der interventionelle Radiologe verschliesst zuvor gewisse Blutgefässe, um zu verhindern, dass die Kügelchen durch die Leber in andere Organe, wie zum Beispiel die Lunge gelangen. Der Nuklearmediziner verabreicht dann die erforderliche Menge (0.6 – 5 GBq) dieses Medizinproduktes. Nach der Therapie muss sämtliches radioaktives Material aus dem Angiographie-Raum entfernt werden. Der Raum muss vor der Verwendung für andere Patienten vom Strahlenschutzsachverständigen freigemessen werden.

Am Universitätsspital Zürich wird diese Therapie seit 2008 angewendet. Heute bieten alle fünf Universitätsspitäler diese Behandlung an. Dabei sind zwei Systeme auf dem Markt, die entweder die etwas kleineren Theraspheres aus Glas oder die zusätzlich gefässverschliessenden SIRTex aus Harz verwenden. Sowohl die Handhabung, die üblicherweise verabreichten Aktivitäten als auch die Patientenauswahl sind bei beiden Systemen stark unterschiedlich. Während bei Theraspheres höhere Aktivitäten innerhalb von Sekunden appliziert werden, müssen die SIRTex in kleineren Portionen über einen Zeitraum von etwa einer halben Stunde verabreicht werden. Die Theraspheres sind vor allem für Patienten mit Leberkarzinomen (hcc) geeignet, während die SIRTex meist bei der Behandlung von Lebermetastasen bei Dickdarmkrebs eingesetzt werden. In Lausanne werden seit diesem Jahr beide Methoden angeboten, Genf arbeitet mit Theraspheres, Zürich, Bern und Basel arbeiten mit den SIRTex. Bisher wurden in der Schweiz über 500 Patienten behandelt, wobei das USZ die meisten Patienten zu verzeichnen hat.

2013 wurde diese Therapieform an allen fünf Universitätsspitalern auditiert. Dabei wurden alle Aspekte von der Patientenselektion und -vorbereitung, über die Dosisberechnung, die Vorbereitung der Mikrosphären und des Angiographie-Raumes bis hin zur Abfallentsorgung und all den relevanten Strahlenschutzaspekten unter die Lupe genommen. In der Schweiz wird diese neue Therapiemethode von erfahrenem medizinischem Personal sehr sorgfältig geplant und durchgeführt. Sie erfüllt bis auf kleinere Verbesserungsmöglichkeiten die hohen Standards des Strahlenschutzes.

Gesetzliche Grundlagen: Revision der technischen Verordnungen

Im Rahmen der geplanten Totalrevision der Strahlenschutzgesetzgebung wurden Vorschläge für drei bestehende technische Verordnungen erarbeitet. Ziel dabei war, bewährte Konzepte weiterzuführen sowie weiterentwickelte Technologien und Strahlenschutzkonzepte neu zu berücksichtigen.

Im Bereich der Diagnostik sollen die in der Röntgenverordnung definierten und bewährten diagnostischen Referenzwerte mehr Gewicht erhalten, um Strahlungsbelastungen weiter zu optimieren. Patientendosen sollen neu mittels geeigneter Dosisgrössen systematisch registriert werden, ebenfalls sollen neue diagnostische Geräte in Zukunft mit einheitlichen Dosisanzeigen ausgestattet sein.

Sowohl in der Therapie als auch in der Diagnostik wird der Einbezug der Medizinphysikerinnen und -physiker klarer geregelt. Die vorgeschlagenen neuen Konzepte der europäischen Gesetzgebung wurden, soweit sinnvoll, berücksichtigt.

Zusammenarbeit mit Liechtenstein

Das Fürstentum Liechtenstein und die Schweiz haben 2010 vereinbart, im Strahlenschutz zusammenzuarbeiten. Auf Grund dieser Vereinbarung hat das BAG zusammen mit dem liechtensteinischen Amt für Gesundheit sämtliche medizinischen Röntgenanlagen in Praxen sowie Spitälern/Instituten bewilligt und auditiert. Die rund 60 durchgeführten Audits zeigten einen durchwegs hohen Qualitätsstandard. Teilweise vorhandene Mängel konnten zeitnah behoben werden. Das BAG hat 52 Verfügungen für insgesamt 134 Anlagen ausgestellt. 40% der Anlagen befinden sich in Arztpraxen, 54% in Zahnarztpraxen, 4% in Tierarztpraxen und 2% in Spitälern.

Die Forschungsbetriebe CERN und PSI

Erste Kampagne zur Freigabe von Abfällen am CERN

Unterhalb gesetzlich festgelegter Grenzwerte ist es erlaubt, Abfälle mit geringen Spuren von Radioaktivität über den üblichen Weg zu entsorgen. Ein Entscheid der französischen Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) und des BAG, der anlässlich des tripartiten Treffens gefasst wurde, legt für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) die Grundsätze einer ausgewogenen Aufteilung auf Frankreich und die Schweiz fest. Auf dieser Grundlage hat das CERN 2013 die erste Kampagne zur Freigabe radioaktiver Abfälle gestartet. Diese Kampagne umfasste eine Charge von 55 Strukturen des Hochfrequenz-Beschleunigers und acht kugelförmige Akkumulatoren des Hochfrequenzsystems des Large Electron Positron Collider (LEP). Sie wurde mit einem Protokoll zur Freigabe von Abfällen dokumentiert, das dem BAG vor Beginn der Entsorgungskampagne zur Prüfung vorgelegt wurde. Nach der Analyse dieses Protokolls und der Messungen, die von der Strahlenschutz-

gruppe des CERN durchgeführt wurden, hat das BAG einige Empfehlungen abgegeben und ergänzend repräsentative Stichproben der Abfallcharge gemessen. Mit diesen Messungen konnte die Zuverlässigkeit der im Protokoll festgehaltenen Messdaten bestätigt und die Entsorgung unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen und in einer sowohl für die Bevölkerung als auch für die Umwelt unbedenklichen Weise vorgenommen werden.

Paul Scherrer Institut

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen (AG) gehört zu den grössten Forschungszentren der Schweiz. Es betreibt unter anderem mehrere grosse Beschleunigeranlagen wie die Protonen-Ringbeschleunigeranlage mit den dazugehörigen Strahllinien und Experimenten (u. a. die Spallations-Neutronenquelle SINQ), den medizinischen Protonenbeschleuniger COMET und die Swiss Light Source (SLS). Das BAG überprüft im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit, dass das PSI die Grenzwerte für ionisierende Strahlung einhält. Besonderes Gewicht hat dabei die Sicherheit der Bevölkerung, der Umwelt und des Personals. In der Berichtsperiode wurden einige Bagatell-Zwischenfälle, wie zum Beispiel eine PSI-interne Grenzwertüberschreitung, registriert und den Behörden gemeldet. Diese Bagatell-Zwischenfälle wurden aufarbeitet und geeignete Massnahmen getroffen um eine Wiederholung solcher Zwischenfälle zukünftig zu vermeiden.

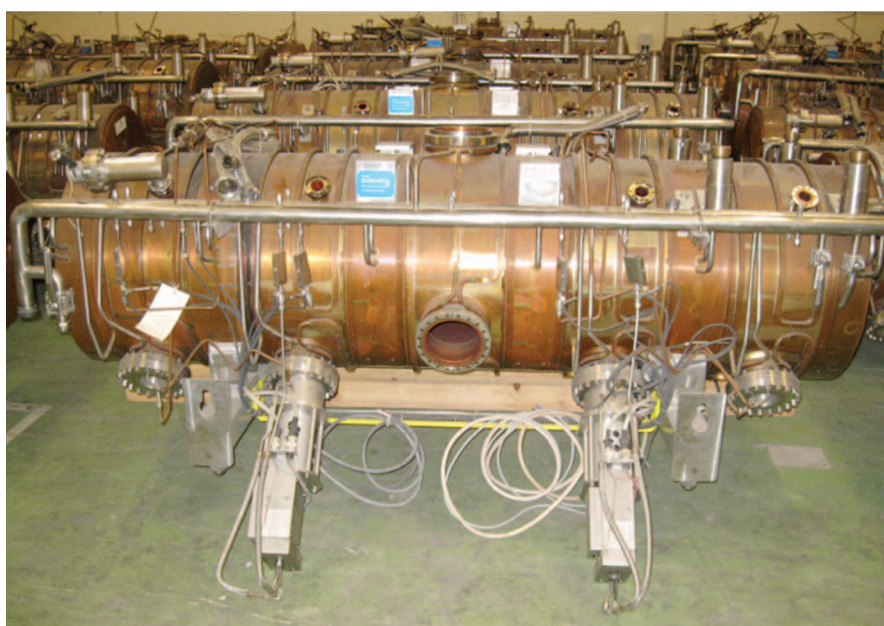


Abb. 5: Erste Kampagne zur Freigabe von Abfällen am CERN: Akkumulatoren des LEP

Im Herbst 2013 hat das Zentrum für Protonentherapie des PSI mit der Gantry 2 eine neue medizinische Anlage in Betrieb genommen und erste Patienten behandelt. Gantry 2 bietet den Vorteil, mit einer schnelleren Bestrahlung auch bewegte Tumore (z.B. in der Lunge) therapieren zu können. Das BAG hat die Gantry 2 mehrmals inspiziert, die Dokumente zur Qualitätssicherung überprüft und den Betrieb bewilligt.

Zwischen Ende Dezember 2012 bis Anfang Mai 2013 stand der Protonen-Ringbeschleuniger während rund vier Monaten still (Shutdown), um Wartungs- und Entwicklungs-Arbeiten in sonst nicht zugänglichen Bereichen durchzuführen. Diese jährliche Revision stellt für die Mitarbeiter des PSI und von externen Firmen jeweils die dosisintensivste Zeit dar. Um die Strahlenbelastungen dieser Personen zu minimieren, hat das PSI bereits vor dem Shutdown 2012/2013 einen detaillierten Strahlenschutzplan verfasst. Das BAG hat diesen Strahlenschutzplan gut geheissen und das PSI diesbezüglich während des Shutdowns mehrmals inspiziert. Die Kollektivdosis für die 142 beteiligten Personen belief sich auf 32.51 Personen-mSv und lag damit ca. 30% unter der erwarteten Dosis. Während des Shutdowns fielen knapp 37 Tonnen Abfall an, von denen rund 35 t inaktiv waren und entsorgt wurden. Weitere 1.3 t Material wurden zum Abklingen eingelagert. Der Rest wurde als radioaktiver Abfall entsorgt.

Massnahmen zur Überwachung illegaler und unbeabsichtigter Ein-/Ausfuhren radioaktiver Stoffe

Die Schweiz ist ungenügend auf den illegalen Import von radioaktiven Quellen oder kontaminierter Materialien vorbereitet. Dies haben sowohl die Fukushima-Katastrophe als auch Einfuhren von kontaminiertem Edelstahl aus Indien deutlich gezeigt. Das BAG plant deshalb, Import- und Exportbetriebe potenziell gefährdeter Waren (Edelstahl, Schrott, Abfall) regelmässig zu kontrollieren und sie dafür zu sensibilisieren, ihre Waren möglichst selbstständig auf Kontaminationen hin zu überprüfen. Damit soll vermieden werden, dass gefährliche radioaktive Quellen unbemerkt ein- oder ausgeführt und dadurch Personen möglicherweise gefährdet werden.

Das PSI hat deshalb für das BAG ein mobiles, für regelmässige Kontrollen geeignetes Messportal evaluiert und beschafft. Ein neues Einsatzkonzept zu diesem System zeigt, wie sich künftige Schwerpunktkontrollen durchführen lassen. Radioaktive Quellen sollen nach ihrer Detektion rasch identifiziert und sichergestellt werden und Strahlenschutzexperten sollen bei Bedarf verfügbar sein. Erste Tests haben gezeigt, dass das beschaffte mobile Messportal bereits eine geringfügige erhöhte Dosisleistung detektiert und damit illegale radioaktive Quellen erkennen kann. Mit einem ersten Einsatz an einer Zollstelle wird 2013 die Praxistauglichkeit des Systems überprüft. Weitere Messkampagnen an unterschiedlichen Standorten im kommenden Jahr dienen dazu, ein detailliertes Messkonzept zu erarbeiten.

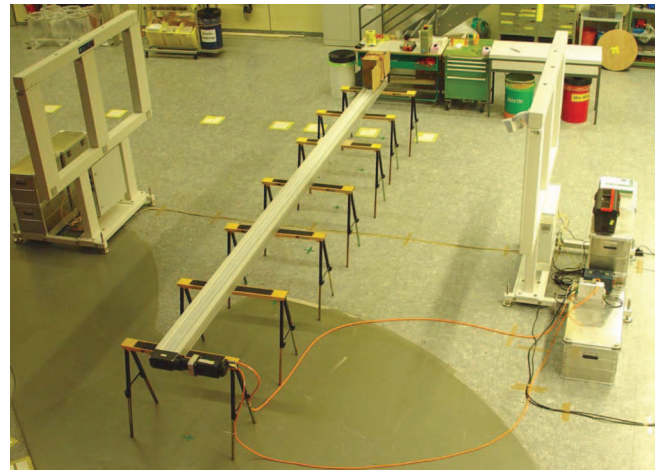


Abb. 6: Testeinrichtung für Messportal

«Strahlenschutz soll eingefordert werden! »

Moderne medizinische Anwendungen in der Röntgendiagnostik und -therapie sind zwar sehr effizient, bringen aus Sicht des Strahlenschutzes aber auch Probleme mit sich. Invasiv tätige Kardiologen und ihre Teams gehören zu den hoch belasteten, beruflich strahlenexponierten Personen. Ein Besuch im Herzkatheterlabor des Berner Inselspitals und das Gespräch mit einem routinierten Basler Kardiologen zeigten jedoch, dass das Bewusstsein für sinnvolle Strahlenschutzmassnahmen wächst.

Alltag im Herzkatheterlabor

Es herrscht ein geschäftiges Treiben an diesem Freitagmorgen im Herzkatheterlabor, Inselspital Bern: Mehrere Kardiologen, Pflegepersonal und Lernende schwirren herum, zwei Patienten werden vorbereitet, Monitore blinken und piepen, Telefone klingeln. 7 Kardiologen sind hier im 24h-Betrieb am Werk, behandelt werden an die 25 Herzranke im Tag. Mit der sterilen Atmosphäre eines OPs hat dieses Labor wenig zu tun, es wirkt eher wie ein überdimensionaler Röntgenraum. «Die Betriebsamkeit gehört zum daily business,» versichert ein Kardiologe, «richtig hektisch wird's erst, wenn Infarktpatienten mit wehenden Fahnen hier eingeliefert werden.» Diese machen immerhin 40% der Behandelten aus.

Auf dem Plan steht als nächstes eine Koronarangiographie, eine Röntgenuntersuchung der Herzkranzgefässe. Problematische Verengungen können mit diesem Verfahren lokalisiert und – wo nötig – durch Einsetzen eines Stents unmittelbar während der Untersuchung wieder geöffnet werden. Der Eingriff gehört zu den sogenannten minimal-invasiven Behandlungen, da nur eine örtliche Betäubung und weder eine Vollnarkose noch eine den Körper eröffnende Operation erforderlich ist. Die Patienten verspüren kaum etwas von der Behandlung und sind nach einer Behandlung mit Ballon/Stent rasch beschwerdefrei. Der Nachteil: Das Verfahren funktioniert nur dank intensiver Durchleuchtung unter Verwendung von Röntgenstrahlung.

Bild: Keystone



Abb. 7: Die Arbeit im Herzkatheterlabor bringt Strahlenbelastung mit sich

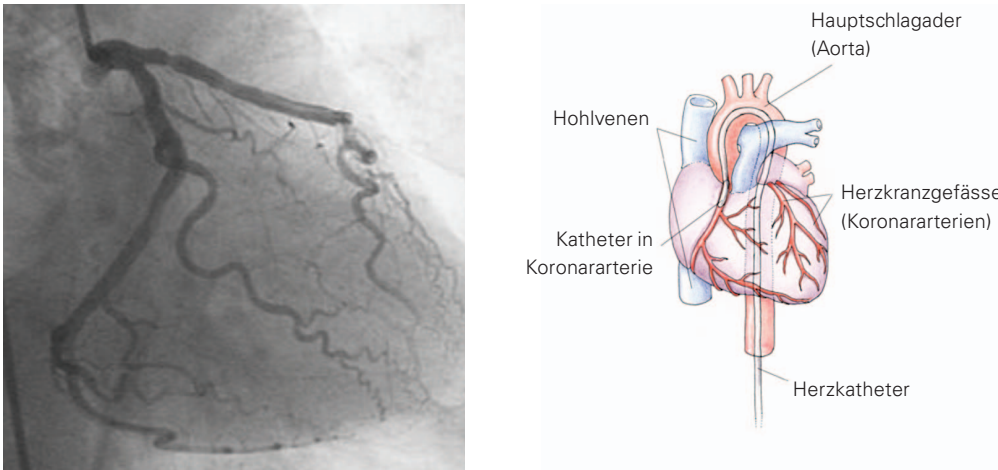


Abb. 8: Monitorbild der Herzkranzarterien aus einer Koronarangiographie bzw. Modell der Herzkranzarterien

Der Patient liegt inzwischen auf dem Untersuchungstisch und witzelt noch mit dem Pflegepersonal. Er wird während des ganzen Eingriffs ansprechbar sein. Nun machen sich – dick eingepackt in Bleischürzen – zwei Ärzte ans Werk: Mit ihren Bleiglas-Brillen und dem Schilddrüsenschutz unter der OP-Kleidung muten sie ziemlich futuristisch an – und tragen auch ganz schön Gewicht auf sich... Zusätzlich geschützt vor der dosisintensiven Strahlung aus dem so genannten C-Bogen-Röntgengerät sind sie durch schwenkbare Abschirmungen. Der Rest des Betreuungsteams bewegt sich im vor Röntgenstrahlung geschützten Vorraum und steht über Mikrofon mit den Kardiologen in Verbindung. Minutiös hält es jeden Schritt des Eingriffs im Computer fest.

Als Erstes wird ein Zugang zu einem arteriellen Blutgefäss in der Leiste geschaffen, um anschliessend einen Katheter einzuführen. Dies ist ein ca. 2 Millimeter dünner Schlauch, der mit einem Draht durch die Hauptschlagader bis zum Herzen vorgeschoben wird.

Auf dem Monitor erscheint nun der Draht, der sich – vorsichtig vom einen Kardiologen vorangetrieben – geheimnisvoll durch die verschlungenen Gefässe des Patienten in Richtung Herz windet, um schliesslich bei der problematischen Verengung den notwendigen Platz zu schaffen. Dort kann nur wenig später ein Stent platziert werden. «Das ist wie bei der Eisenbahn,» erklärt eine erfahrene Pflegerin lakonisch, «auch dort müssen zuerst Schienen ausgelegt werden.» Der ganze Eingriff hat bis hierher wenige Minuten gedauert, die Vorteile für den Patienten liegen klar auf der Hand.

Aber wie steht es mit der Strahlenexposition?

Wir unterhalten uns darüber mit Prof. Burkhard Hornig, einem erfahrenen Basler Kardiologen und Mitglied der Arbeitsgruppe Interventionelle Kardiologie der Schweiz. Gesellschaft für Kardiologie. Wenn er von seiner Arbeit erzählt, tut er das mit spürbarer Begeisterung: Vorausgesetzt, man beherrsche sein Handwerk tadellos, sei es unglaublich wertvoll, Menschen mit dieser im Grunde «simplen Technik» helfen zu können. Die Strahlenbelastung für Patienten und Untersucher dürfe allerdings nicht unterschätzt werden, denn sie ist hoch, doch überwiege der Nutzen des Eingriffs bei guter Indikationsstellung das strahlenbedingte Risiko deutlich: Die Senkung der Mortalitätsrate bei der Behandlung von Herzinfarktpatienten mit dieser Methode ist dabei das schlagendste Argument.

Beruflich Strahlenexponierte

Im Fokus steht die Strahlenbelastung für die Kardiologen und das ganze Betreuungsteam: Sie sind ein Berufsleben lang bei den Eingriffen stark und teilweise lange exponiert, und sorgen sich um guten Strahlenschutz. Das Bewusstsein dafür ist in den letzten Jahren zum Glück ungemain gewachsen, so Burkhard Hornig: «Früher wurde man noch belächelt, wenn man auf der Anschaffung von Bleiglasbrillen oder einer regelmässigen Kontrolle der Schutzkleidung bestand.» Grosse Aufmerksamkeit erregt haben

zudem der Fall des an einem möglicherweise strahleninduzierten Hirntumor verstorbenen Kinderkardiologen und vermehrte Hinweise auf strahleninduzierte Katarakte bei Kardiologen.

Engagement und Erfahrung

Am wichtigsten sei das persönliche Engagement der leitenden Kardiologen. Strahlenschutz sollte regelmässig Thema an Teamsitzungen und Fortbildungen sein. «Bei uns im Team schauen wir uns z. B. einmal im Monat die Dosimetrieresultate an. Das interessiert die Leute.» Nur so wird Strahlenschutz in der täglichen Arbeit berücksichtigt und – mit Recht – auch eingefordert.

Neben den konventionellen Schutzmitteln spricht Burkhard Hornig die Durchleuchtungszeit an. Bei modernen Geräten ertöne ein akustisches Signal, wenn eine bestimmte Dosischwelle erreicht ist – dieses sollte unbedingt mehr beachtet werden. Zu Hornigs persönlichen Strahlenschutz-Highlights gehört die Implantierung eines CRT/ICD-Systems (spezielle Herzschrittmachertherapie mit drei Elektroden im Herz): Dank grosser Routine schaffte er es irgendwann, diesen Eingriff in einer insgesamt nur einstündigen Untersuchungs- (und nicht etwa Durchleuchtungs!-) zeit durchzuführen. Geschicklichkeit und Erfahrung der Kardiologen spielen also eine wichtige Rolle. Kardiologie-Kliniken sehen sich allerdings mit einem Grundkonflikt konfrontiert: Grosse Fallzahlen erhöhen an und

Die Herzkatheteruntersuchung ist in den letzten dreissig Jahren zum Goldstandard für die Diagnostik und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen geworden. Sie ist inzwischen so weit entwickelt, dass auch in Peripheriespitälern ohne eigene Herzchirurgie nahezu risikofrei katheterisiert wird. Eine Herzchirurgie muss allerdings immer in 30-45' Reichweite liegen. Gesamtschweizerisch sind geschätzt 90 Kardiologen interventionell tätig. Die Fallzahlen steigen kontinuierlich: Herz-/Kreislaufkrankungen sind in den Industrienationen mit ca. 50% die häufigste Todesursache, die Patientenzahl ist also gross. Zudem können viele Eingriffe, für die früher eine Operation notwendig war, z.B. Einsetzen von Herzschrittmachern und Defibrillatoren oder Herzklappenoperationen, heute mit modernen Methoden der invasiven Kardiologie durchgeführt werden.



Abb. 9: Prof. Burkhard Hornig, Kardiologe

für sich die Sicherheit für die Patienten und werden deshalb positiv bewertet. Wegen der hohen Strahlenbelastung der Untersuchung sollte ein Kardiologe aus Strahlenschutzgründen allerdings nicht «am laufenden Band» katheterisieren.

Teampayer BAG

Burkhard Hornig schätzt das BAG als wichtigen Teampayer im Strahlenschutz. Anlässlich von technischen Audits werden gemeinsam Methoden diskutiert, die zu einer Reduktion der Strahlenbelastung von Patienten und Personal führen. «Dass sich das nationale Gesundheitsamt um Strahlenschutz kümmert, ist gerade auch für mein medizinisches Personal beruhigend», bemerkt er. Diese Aussensicht sei wertvoll, und so beurteilt er auch die vom BAG in den nächsten Jahren geplanten klinischen Audits: Hier werden es allerdings dann kardiologische Fachkollegen sein, die ihre Prozesse gegenseitig unter die Lupe nehmen und so zu einer Optimierung der klinischen Abläufe im Herzkatheterbereich beitragen.

«Sofort bessere Luft» für den Patienten am Inselspital

Am Inselspital ist die Koronarangiographie nach einer halben Stunde abgeschlossen, der Patient hat einen Druckverband erhalten und muss sich noch eine Weile ruhig halten. Doch – «die Luft ist sofort wieder besser» – und wahrscheinlich kann er das Spital bereits am nächsten Tag verlassen. Kein Wunder, wollen die meisten Patientinnen und Patienten über die Strahlenbelastung nicht so genau Bescheid wissen...

Überwachung der Umwelt

Das BAG betreibt ein automatisches Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt. Der Bundesrat hat im Mai 2013 entschieden, dieses Messnetz zu revidieren. Die Radioaktivität in der Umwelt ist im Jahr 2013 unter den Grenzwerten geblieben, abgesehen von einigen Überschreitungen des Grenzwerts für Cäsium-137 bei Wildschweinen im Tessin.

Neues Messnetz «URAnet»

Das BAG betreibt ein Messnetz zur automatischen und kontinuierlichen Überwachung der Luft im Hinblick auf radioaktive Emissionen (RADAIR). Dieses nach dem Unfall von Tschernobyl in Betrieb genommene Messnetz ist heute veraltet. Der Unfall von Fukushima im Jahr 2011 hat deutlich daran erinnert, wie wichtig ein reaktionsschnelles und leistungsfähiges Überwachungssystem ist. Deshalb hat das BAG ein Projekt zur Erneuerung seines RADAIR-Messnetzes vorgeschlagen. Zudem ist es nach einer kritischen Analyse seines nationalen Messpro-

desrat hat am 15. Mai 2013 ein entsprechendes Projekt genehmigt und das BAG mit der Umsetzung beauftragt. Das neue Messnetz mit dem Namen URAnet wird die Radioaktivität in der Luft (URAnet aero) und im Wasser (URAnet aqua) überwachen. Das Projekt sieht vor, Sonden in der Aare und im Rhein flussabwärts nach allen Schweizer Kernkraftwerken sowie in Basel zu installieren. Die ersten Sonden in Gewässern (siehe Abbildung 10) werden 2014 in Betrieb genommen werden. Die Aerosolsonden sollen 2016 – 2017 ersetzt werden.

Labormessungen und Ergebnisse 2013

Die automatische und kontinuierliche Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt ist sehr wichtig, insbesondere für eine frühzeitige Alarmierung bei einem Unfall, sie reicht alleine aber nicht aus. Die modernen automatischen Messnetze sind zwar sehr reaktionsschnell und liefern bereits nach 30 Minuten bis einigen Stunden Ergebnisse; ihre Empfindlichkeit ist jedoch nicht ausreichend. Deshalb müssen sie regelmässig durch 5–10 000mal empfindlichere Labormessungen von Aerosol- und Flusswasserproben ergänzt werden. Diese Analysen ermöglichen es, präzise Informationen zu den tatsächlich vorhandenen Konzentrationen der Radioaktivität in der Umwelt zu sammeln. Die bereits heute monatlich durchgeführten Messungen bei Wasserproben, die die EAWAG der Aare und dem Rhein entnimmt, sollen aus diesem Grund trotz des erweiterten Messnetzes weitergeführt werden.



Abb. 10: Bau einer Wassersonde

gramms zum Schluss gekommen, dass die aktuelle Überwachung der Gewässer unzureichend ist. Deshalb hat das BAG einen Ausbau des Systems zur automatischen und kontinuierlichen Messung der Radioaktivität in den Flüssen vorgeschlagen, die sicherstellt, dass jede ungewöhnliche Erhöhung der Radioaktivität sofort festgestellt und die zuständigen Behörden und die betroffenen Trinkwasserversorger umgehend benachrichtigt werden können. Der Bun-

Zusätzlich führt das BAG jedes Jahr mit weiteren Laboratorien von Bund, Kantonen und Universitätsinstituten ein Programm durch, das die Radioaktivität in Niederschlägen, Sedimenten, Böden, Milch und Lebensmitteln (einschliesslich Importe) bestimmt. Die Kontrolle am Ende der Kontaminationskette erfolgt durch Analysen der Radioaktivität, die sich im menschlichen Körper anreichert. Die Ergebnisse von 2013 zeigen, dass die natürliche Radioaktivität in der Schweiz eine vorherrschende Rolle spielt. Allerdings bestehen regionale, auf geologische Merkmale zurückzuführende Abweichungen.

Die künstlich erzeugte Radioaktivität, die ebenfalls uneinheitlich über die Schweiz verteilt ist, stammt aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen und aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl. In den Alpen und Südalpen sind die Werte von Cäsium-137 und Strontium-90 immer noch etwas höher als im Mittelland. Künstliche Alphastrahler wie Plutonium-239 und Plutonium-240 sowie Americium-241 treten im Erdboden nur in geringen Spuren auf. Obwohl die Cäsium-137-Konzentrationen, die hauptsächlich vom Unfall in Tschernobyl stammen, seit 1986 stetig abnehmen, überschreiten sie in bestimmten Nahrungsmitteln wie einheimischen oder eingeführten wilden Pilzen, Honig oder Heidelbeeren noch immer die Toleranzwerte. Überschreitungen des Grenzwerts für Cäsium-137 in Nahrungsmitteln, der in der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung auf 1250 Bq/kg festgelegt ist, wurden 2013 bei Proben von Wildschweinfleisch im Tessin festgestellt. Der Kanton Tessin hat deshalb eine systematische Kontrolle der Radioaktivität bei erlegten Wildschweinen ab Herbst 2013 angeordnet (siehe Bericht auf Seite 20).

Überwachung der Kernkraftwerke und der Industrie

Im Weiteren koordiniert das BAG auch Programme zur Überwachung radioaktiver Immissionen in der Umgebung der Kernkraftwerke, der Forschungszentren (PSI, CERN) und von Unternehmen, die radioaktive Stoffe verwenden.

Die 2013 durchgeführten Messungen bei Kernkraftwerken und Forschungszentren ergaben Werte, die mit denjenigen der Vorjahre vergleichbar sind. Mit den sehr empfindlichen Methoden liessen sich Spuren von Luftemissionen nachweisen, zum Beispiel erhöhte Werte von Kohlenstoff-14 in Blättern aus der Umgebung der Kernkraftwerke (in der Umgebung des Kern-

Die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt gehört zu den ständigen Aufgaben des BAG. Sie dient dazu, jede wesentliche Zunahme der Radioaktivität in der Umwelt schnell festzustellen und die durchschnittliche Jahresdosis der Schweizer Bevölkerung zu prüfen, um diese vor einer unzulässigen Strahlenbelastung natürlicher oder künstlicher Herkunft zu schützen. Die vollständigen Ergebnisse der Überwachung werden jährlich im Bericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» veröffentlicht, der auf der Website des BAG zur Verfügung steht (www.bag.admin.ch).

kraftwerks Leibstadt: maximale Erhöhung in der Grössenordnung von zehn Promille gegenüber der Referenzstation). In den Flüssen wurden gelegentlich Spuren flüssiger Abgaben im Wasser und in den Sedimenten nachgewiesen, insbesondere Cobalt-Isotope flussabwärts des Kernkraftwerks Mühleberg. Leicht erhöhte Tritium-Werte in der Grössenordnung von 6 bis 8 Bq/l wurden auch in der Aare gemessen. Im Rhein blieben die Tritium-Konzentrationen im Allgemeinen unter 3 Bq/l. Insgesamt blieben die Abgaben, die zu erhöhten Werten künstlicher Radionuklide führten, klar unterhalb der erlaubten Werte. Die Ergebnisse zu den in den Sedimenten des Bielersees gemessenen erhöhten Cäsium-137-Werten waren beim Erscheinen dieses Berichts noch nicht definitiv ausgewertet. Die Resultate werden im Bericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» publiziert. Hingegen liess sich in der unmittelbaren Umgebung von Unternehmen, die Tritium verwenden, klar eine Kontamination der Umwelt (Niederschläge, Umwelt) feststellen. Die gemessenen Werte blieben allerdings deutlich unter den Grenzwerten (Konzentration von höchstens 570 Bq/l in den Niederschlägen, das heisst 5% des Immissionsgrenzwerts für Tritium in den öffentlich zugänglichen Gewässern).

Die in der Umgebung der Kernkraftwerke, Forschungszentren und Unternehmen festgestellten Spuren künstlicher Radioaktivität widerspiegeln den normalen Betrieb dieser Einrichtungen und bestätigen die Wirksamkeit der Überwachungsprogramme. Das entsprechende Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung in der Umgebung kann als gering eingestuft werden.

Auf der Spur von Cäsium-137 bei Wildschweinen im Tessin

Der Kanton Tessin war nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl von 1986 am stärksten von der Cäsium-137-Kontamination betroffen. Diese Kontamination hat aus gesundheitlicher Sicht auch heute noch relevante Auswirkungen auf bestimmte empfindliche Lebensmittel. Nach der Einführung systematischer Messungen der Radioaktivität bei Wildschweinfleisch-Kontrollstellen im Tessin im Jahr 2013 wurden während der Jagdsaison fast dreissig kontaminierte Wildschweine konfisziert.

Montag, 3. September: Es ist der dritte Tag der Jagdsaison im Kanton Tessin. In der Wildschwein-Kontrollstelle von Gudo, in der Nähe von Bellinzona, geht es hoch zu und her. In einer langen Reihe von Geländefahrzeugen warten die Jäger darauf, dass sie mit der Kontrolle ihrer früher am Tag erlegten Rehe, Gämsen oder Wildschweine an der Reihe sind. Neben den üblichen Kontrollen ist in dieser Saison bei den Wildschweinen zusätzlich eine Radioaktivitätsmessung obligatorisch.

Mit Cäsium-137 kontaminierte Wildschweine

Gemäss Tullio Vanzetti, Kantonstierarzt des Tessins, «begann alles im April 2013 durch einen Bericht der Presse über ungewöhnlich hohe Cäsium-137-Werte, die bei Wildschweinen in Norditalien festgestellt worden waren». Aus diesem Grund nahm er Kontakt mit der Sektion Umweltradioaktivität des BAG auf, um Laboranalysen von Wildschweinfleischproben durchführen zu lassen. Die Messungen ergaben bei mehreren Proben eine Aktivität von Cäsium-137 über dem Grenzwert von 1250 Becquerels pro Kilogramm (Bq/kg), der in der Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (FIV) festgelegt ist. Lebensmittel, bei denen dieser Grenzwert überschritten wird, gelten als für den menschlichen Verzehr ungeeignet und dürfen keinesfalls verkauft werden. Die Gesetzgebung über Lebensmittel gilt jedoch nicht für Produkte, die aus der Jagd stammen und für den persönlichen Verzehr vorgesehen sind. Gemäss dem Vorsichtsprinzip hat der Kantonstierarzt dennoch entschieden, alle erlegten Wildschweine zu

kontrollieren und Tiere zu konfiszieren, bei denen der gesetzliche Grenzwert überschritten wird. Heute ist auch Giovanni Ferrerri, Experte für die Radioaktivitätsmessungen des BAG, nach Gudo gekommen, um das Team zu unterstützen. Er zeigt, wie die Triagemessungen nach einer vom BAG entwickelten Methode (siehe Kasten) ablaufen. Dazu verwendet er ein Gerät zur Messung der Dosisleistung, wobei er den Szintillator direkt auf das Tier hält. Es erfasst den höchsten während etwa 30 Sekunden gemessenen Wert, einschliesslich Hintergrundrauschen, das an diesem Morgen bei 110 Nanosievert pro Stunde (nSv/h) liegt. «Da der Grenzwert für die Kontamination bei 60 nSv/h festgelegt ist, müssen also alle Wildschweine konfisziert werden, deren Dosisleistung bei über 170 nSv/h liegt», erklärt Giovanni Ferrerri.

Das BAG hat eine Methode für die Triagemessung entwickelt, bei der die auf einem Wildschwein festgestellte Dosisleistung mit den Labormessungen durch Gamma-Spektrometrie bei Fleischproben desselben Tiers verglichen wurde. Diese Analysen zeigten, dass bei einer Netto-Dosisleistung (d.h. Dosisleistung nach Abzug des natürlichen Hintergrundrauschens) auf der Oberfläche eines Tiers von über 60 nSv/h der Grenzwert von 1250 Bq/kg für Cäsium-137 im Fleisch stets überschritten wurde. Für die Triagemessung vor Ort wird deshalb diese Schwelle von 60 nSv/h als Grenzwert verwendet.

Weshalb Wildschweine?

Die Tessiner Wälder sind besonders reich an Hirschtrüffeln, für Menschen ungeniessbare Pilze, die im Boden in etwa 10 Zentimeter Tiefe wachsen. Das Cäsium-137 ist seit 1986 langsam bis in diese Tiefe vorgedrungen. Hirschtrüffel nehmen grosse Mengen von Radioaktivität auf. Bei diesen Pilzen werden im Tessin meist Aktivitäten von mehreren Tausend Bq/kg gemessen. Diese Werte liegen deutlich über den Werten, die bei für Menschen geniessbaren Pilzen erreicht werden. Wildschweine können die von ihnen sehr geschätzten Hirschtrüffel dank des besonderen Geruchs aufspüren. Im Tessin gibt es im Übrigen verhältnismässig viele Wildschweine: Das kantonale Amt für Jagd und Fischerei schätzt, dass sich der Wildschweinbestand in den vergangenen Jahren vervierfacht hat. Durch die hohe Dichte kommt es oft zu Schäden an Kulturen. Um die Wildschweinpopulation in den Griff zu bekommen, ist deshalb die Jagd während mehrerer Monate des Jahres gestattet. Jedes Jahr werden im Tessin zwischen 1000 und 1600 Wildschweine erlegt, die meistens auf dem Teller der Jäger enden.

Verständnisvolle Jäger

Bei den etwa dreissig an diesem Tag in Gudo kontrollierten Wildschweinen wird die bei 170 nSv/h festgelegte Schwelle bei zwei Tieren überschritten. Das am stärksten kontaminierte Wildschwein wurde vom Hobby-Jäger Gianpaolo Filippini im Bezirk Bellinzona erlegt. Das Gerät zeigte eine Dosisleistung von fast 380 nSv/h an (Abbildung 11/12), was bei einer Laboranalyse eine spezifische Aktivität von rund 7000 Bq/kg ergeben würde. Der Jäger nimmt es gelassen: «Die Jagdsaison ist noch lange. Ich hoffe, dass ich Sie bald wieder sehe, und dann mit einem Wildschwein, das ich ohne Bedenken essen kann!». Tullio Vanzetti bestätigt, dass die grosse Mehrheit der Jäger positiv reagiert, da sie verstehen, dass diese Massnahme vor allem dem Schutz ihrer eigenen Gesundheit dient. Abgesehen davon erhalten die Jäger für jedes konfiszierte Tier eine finanzielle Entschädigung vom Kanton.

Bilanz der Herbstjagd

Für die Analyse im Labor wird bei jedem konfiszierten Wildschwein die Zunge entnommen. Auf der Grundlage dieser Analysen wurde eine



Abb. 11/12 : Der Jäger Gianpaolo Filippini und sein mit Cäsium-137 kontaminiertes Wildschwein

Bilanz für die Jagd im Monat September erstellt. Von fast 470 im Kanton erlegten Wildschweinen wurde der in der FIV bei 1250 Bq/kg festgelegte Grenzwert bei 27 Wildschweinen überschritten (6% der Fälle).

Im Zusammenhang mit der Entsorgung der kontaminierten Kadaver sieht Artikel 82 der Strahlenschutzverordnung vor, dass Abfälle mit geringen Aktivitäten ausnahmsweise an die Umwelt abgegeben werden dürfen, wenn durch eine Vermischung mit inaktiven Materialien sichergestellt werden kann, dass die für Cäsium-137 bei 800 Bq/kg festgelegte Freigrenze nicht überschritten wird. Angesichts der geringen Menge und der Art der Abfälle und aufgrund von Schätzungen ging das BAG davon aus, dass die Entsorgung der Kadaver über den konventionellen Weg eine sichere Lösung für Mensch und Umwelt darstellt. Diese Hypothese bestätigten Messungen von Proben bei der Entsorgung.

Die kantonalen Behörden haben entschieden, die Situation in den kommenden Jahren sorgfältig zu beobachten, umso mehr, als die Herkunft der Kontamination der Wildschweine genau bestimmt werden konnte und die Halbwertszeit von Cäsium-137 bei dreissig Jahren liegt. Das BAG plant im Übrigen eine wissenschaftliche Publikation zu diesem Thema im Jahr 2014.

Aktionsplan Radon 2012–2020

Das radioaktive Gas Radon ist nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs und in der Schweiz für jährlich 200 bis 300 Todesfälle verantwortlich. In den vergangenen Jahren haben die internationalen Organisationen neue Richtlinien zu Radon veröffentlicht, die namentlich einen Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m^3) in Wohn- und Aufenthaltsräumen vorsehen. Auf dieser Grundlage hat das BAG die Situation für die Schweizer Bevölkerung neu beurteilt und entsprechende Massnahmen im «Aktionsplan Radon 2012–2020» vorgeschlagen, der vom Bundesrat im Mai 2011 genehmigt wurde.

Anpassung der Gesetzgebung

Die Anpassung der gesetzlichen Bestimmungen im Zusammenhang mit Radon an die neuen internationalen Standards ist eine der vordringlichen Massnahmen des Aktionsplans. Im Jahr 2013 hat sich das BAG im Rahmen der Totalrevision der Strahlenschutzverordnung (StSV) eingehend mit diesem Thema beschäftigt und in diese Arbeiten namentlich auch die Suva einbezogen, die für die Strahlenüberwachung bei Arbeitnehmenden verantwortlich ist.

Die geplante neue Regelung wurde drei kantonalen Vertretern der Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz (KVU) und des Verbands der Kantonschemiker der Schweiz (VKCS) zur Validierung vorgelegt. Nach diesem

Austausch sendete das BAG im November 2013 allen Mitgliedern der KVU und des VKCS ein Schreiben, mit dem es über die vorgesehenen Anpassungen informierte, bevor das offizielle Anhörungsverfahren ausgelöst wurde. Die wichtigste Änderung betrifft den Ersatz der geltenden gesetzlichen Grenzwerte von $400 \text{ Bq}/\text{m}^3$ und $1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$ für Wohn- und Aufenthaltsräume durch einen einzigen Referenzwert von $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$, unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Optimierung. Von den Schutzmassnahmen können deshalb alle Regionen der Schweiz betroffen sein, was die Bereitstellung eines effizienten, für die kantonalen Behörden leicht umsetzbaren Dispositivs mit einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis erfordert.

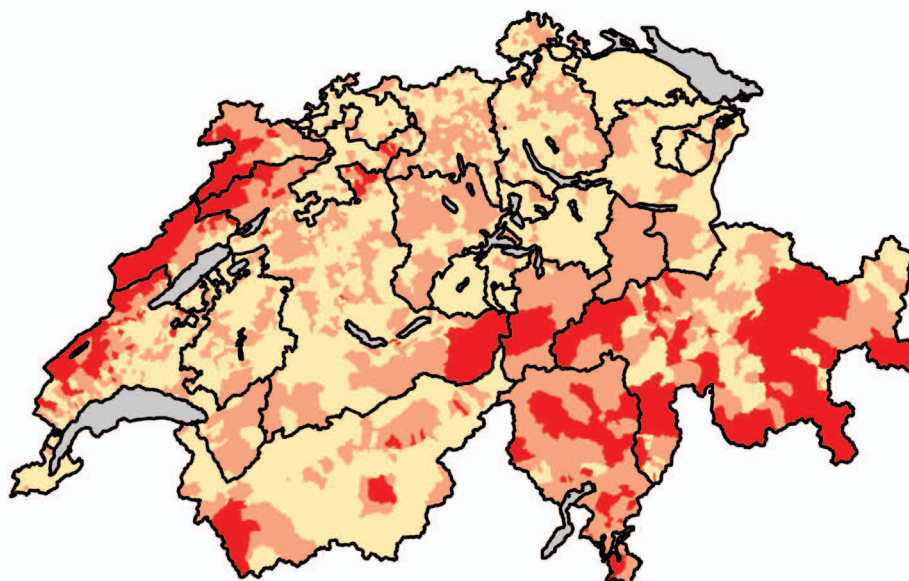


Abb. 13: Radonkarte der Schweiz (Wohn- und Aufenthaltsräume)
Stand: 2013
Quelle: GG25 © Swisstopo

Radonrisiko*:

- Gering
- Mittel
- Hoch

* Bemerkung: In einigen Gemeinden wird das Radonrisiko aufgrund ungenügender Messungen geschätzt

In diesem Zusammenhang präsentierte das BAG den aktuellen Stand der Umsetzung der europäischen Radonnormen in der Schweiz an der jährlichen Konferenz des Fachverbands für Strahlenschutz, die im September 2013 in Essen (D) stattfand.

Bauvorschriften und Ausbildung haben Priorität

Das BAG schlägt vor, die Radonproblematik bei Neubauten und Renovationen im Rahmen der bestehenden Bewilligungsverfahren einzubringen. Es ist vorgesehen, dass die für Baubewilligungen verantwortlichen Behörden den Bauherrn auf die Anforderungen der StSV und auf bestehende präventive Bautechniken zum Schutz vor Radon aufmerksam machen. Wenn der systematischen Kontrolle bei Neubauten sowie der Sanierung von Fällen mit Überschreitung des Referenzwerts Priorität eingeräumt wird, erhält der Bauherr die Möglichkeit, seine Rechte bei einer mangelhaften Ausführung des Baus gegenüber dem Unternehmer innerhalb der im Obligationenrecht (OR) vorgesehenen Frist geltend zu machen.

Durch dieses Vorgehen können die Praktiken im Baugewerbe nach dem Stand der Technik harmonisiert werden, der gegenwärtig in den Empfehlungen des BAG unter www.ch-radon.ch festgelegt ist. Diese Empfehlungen werden in Kürze ergänzt durch die neue Version der SIA-Norm 180 des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) betreffend Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden. Die alte SIA-Norm von 1999 legte einzig fest: «Die Abdichtung zwischen Wohnbereich und Keller oder dem Erdreich muss in Gegenden mit hoher Radonbelastung besonders sorgfältig ausgeführt werden». In der revidierten Fassung (Entwurf vom September 2013) wird auf die Luftqualität eingegangen. Zudem werden Massnahmen zur Abdichtung von Trennflächen zwischen Wohnräumen und mit Radon

belasteten Räumen vorgeschlagen, insbesondere an Türen und Durchführungen. Ausserdem sieht die Norm die Berücksichtigung der Radonproblematik bei den Planungsarbeiten und die Anwendung von ergänzenden Präventionsmassnahmen bei Wohnräumen in direktem Kontakt mit dem Erdreich und/oder einem Naturkeller vor.

Artikel 118 der aktuellen StSV räumt dem BAG die Möglichkeit ein, Ausbildungskurse zu organisieren. Es fanden bereits mehrere Weiterbildungskurse für Baufachleute an Fachhochschulen und Universitäten statt, an denen mehr als 200 Radonfachpersonen teilnahmen. Im Jahr 2013 wurden solche Weiterbildungen an der *Università delle Svizzera Italiana (USI)* und an der *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI)* organisiert. Die Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) lancierte ausserdem einen praktischen Kurs für zukünftige Radonfachpersonen, die bereits erfolgreich die theoretische Prüfung der autodidaktischen Plattform des BAG absolviert haben. Im Zusammenhang mit der Revision der StSV ist vorgesehen, die gesetzliche Verankerung der Ausbildung der Radonfachpersonen zu verstärken und ihre Rolle genauer festzulegen. Zu diesem Zweck möchte das BAG die Anforderungen und Inhalte der Kurse in der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung festhalten.

Auf internationaler Ebene hat die Weltgesundheitsorganisation im April 2013 ein Treffen in Paris organisiert, an dem auch das BAG teilnahm, um eine Broschüre für die Ausbildung von Baufachleuten auszuarbeiten, in der die Techniken zum Schutz vor Radon erläutert werden.

Schrittweise Sanierung bei bestehenden Gebäuden

Um die Situation bei bestehenden Gebäuden zu verbessern, soll die Sanierung schrittweise und nach dem Grundsatz der Verhältnismässigkeit erfolgen. Die zukünftige Strategie zielt darauf, dass Gebäude spätestens beim nächsten Umbau, für den ein Baugesuch erforderlich ist, saniert werden. Ausserdem soll den Kantonen die Möglichkeit eingeräumt werden, in einzelnen und gerechtfertigten Fällen Erleichterungen zu vereinbaren. So kann bei der natürlichen Erneuerung des Gebäudebestands von Synergien profitiert werden. Selbst wenn die Sanierungspflicht der Eigentümer von Mietobjekten beste-

hen bleibt, wird dieser Aspekt nicht in die neue StSV aufgenommen, da er bereits im Obligationenrecht ausreichend verankert ist. Die Kantone haben weiterhin die Möglichkeit, z.B. auf Betreiben eines Mieters, eine Radonmessung anzunordnen.

Gemäss dem Aktionsplan Radon ist bei der Sanierung der festgestellten Überschreitungen «den dringendsten Fällen Vorrang einzuräumen, damit die am stärksten gefährdete Bevölkerung geschützt werden kann». Im Jahr 2013 lancierten mehrere Kantone Projekte, in deren Rahmen die am stärksten betroffenen Gebäudeeigentümer, hauptsächlich Einfamilienhäuser und Schulen, durch eine vom BAG anerkannte Radonfachperson Gutachten erstellen lassen können. Die Radonfachpersonen wurden über die Minimalanforderungen an ein Gutachten informiert, das aus einem diagnostischen Teil (Bestandesaufnahme und Kontrollmessungen) und einem Sanierungsplan für das Gebäude besteht. Gemäss Artikel 116 der StSV müssen jedoch weiterhin die Eigentümer für die Kosten der eigentlichen Arbeiten aufkommen.



Abb. 14: Radon-Dosimeter

Entwicklung von Werkzeugen und Methoden

Es wurden bereits zahlreiche Projekte lanciert, um den Übergang zur neuen Strategie vorzubereiten. Das BAG unterstützt zum Beispiel eine Doktorarbeit im Bereich der geostatistischen Erstellung einer Radonkarte, das am Institut für angewandte Radiophysik (IRA) in Lausanne durchgeführt wird. Eine vom Eidgenössischen Institut für Metrologie (METAS) und vom BAG gebildete Arbeitsgruppe, in der auch die Kantone vertreten sind, befasst sich derzeit damit, standardisierte Protokolle für die Radonmes-

Das BAG hat drei Kompetenzzentren an den folgenden Fachhochschulen geschaffen:

- Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in Muttenz für die deutschsprachige Schweiz
- Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (EIA-FR) für die französischsprachige Schweiz
- *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI)* in Canobbio für die italienischsprachige Schweiz

Diese Zentren sind verpflichtet, den Stand der Technik im Bereich des Radon-schutzes zu verfolgen sowie die Ausbildung in ihrer Sprachregion und den Austausch zwischen den beteiligten Akteuren zu fördern.

sung festzulegen. Eine Methode zur schnellen Diagnose ist in Entwicklung. Schliesslich haben die EIA-FR (Projekt MESQUALAIR) und die SUPSI Studien lanciert, mit denen die Wirkung der Energieeffizienz auf die Luftqualität in neuen und renovierten Gebäuden untersucht werden soll. Die Hochschule Luzern wiederum befasst sich mit der Radonmessung in Gebäuden mit Erdwärmetauschern. Die Ergebnisse dieser Projekte werden zwischen 2014 und 2015 vorliegen, und somit vor dem für 2016 geplanten Inkrafttreten der revidierten StSV.

Krisenstab des BAG im Einsatz

Am 19. und 20. November 2013 ist der Notfallschutz der Schweizer Kernkraftwerke im Rahmen der Gesamtnotfallübung 2013 überprüft worden. Die Übung diente in erster Linie dazu, das Zusammenspiel der Notfallorganisationen zu testen und zu trainieren.

Als Szenario für die Gesamtnotfallübung 2013 (GNU 13) wurde ein schwerer Unfall im Kernkraftwerk Leibstadt angenommen. Beteiligt waren in erster Linie der Notfallstab des KKW Leibstadt und die für diesen Fall vorgesehenen behördlichen Führungs- und Stabsorganisationen, insbesondere das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, die Nationale Alarmzentrale NAZ im Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, der Bundesstab ABCN, das BAG und die Führungsstäbe der Kantone Aargau, Basel-Landschaft und Basel-Stadt. Ebenfalls beteiligt waren diverse Stäbe aus Deutschland, den anderen Nachbarländern und der internationalen Atomenergieagentur IAEA in Wien.

Während zweier Tage hat der Bundesstab ABCN, der aus Vertretern der involvierten Bundesämter, der Armee, der Kantone und anderer wichtiger Organisationen für die Bewältigung solcher Krisen gebildet wird, die notwendigen Massnahmen angeordnet, koordiniert und kontrolliert. Am ersten Tag leitete Willi Scholl, der Direktor des BABS, diesen Krisenstab, am zweiten Tag übernahm Pascal Strupler als Direktor des für die Strahlenschutzgesetzgebung zuständigen BAG diese Aufgabe.

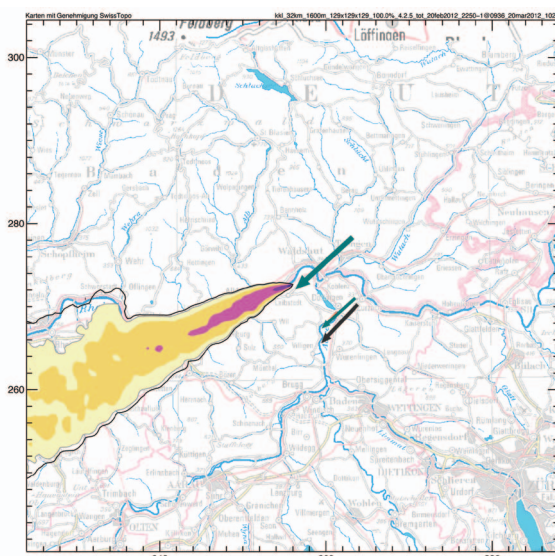


Abb. 15: Ausbreitungsprognose des ENSI

ENTWURF – GNU 13 // 20.11.2013 // 13:15 Uhr	
Verordnung betreffend Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung und der Sicherung der Landesversorgung vor den Auswirkungen des Kernkraftwerkunfalls Leibstadt	
vom 20. November 2013	
<i>Der Schweizerische Bundesrat, gestützt auf Artikel 20 des Strahlenschutzgesetzes (StSG) vom 22. März 1991¹ verordnet:</i>	
Art. 1	Zweck Diese Verordnung regelt die Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor den gesundheitsschädlichen Auswirkungen des Kernkraftwerkunfalls Leibstadt und zur Sicherung der Landesversorgung.
Art. 2	Massnahmen zum Gesundheitsschutz und zur Optimierung der Strahlensexposition Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) wird ermächtigt, die zur Verminderung des gesundheitlichen Risikos für die Bevölkerung erforderlichen Sofortmassnahmen zu treffen und die notwendigen Verfügungen zu erlassen.
Art. 3	Zumutbare Strahlendosen Für die Bevölkerung gilt eine zumutbare Strahlendosis von 20 mSv. Dieser Wert darf unter Berücksichtigung aller Expositionspfade, nach der Stabilisierung des Kernkraftwerkes und der radiologischen Lage im ersten Jahr nicht überschritten werden.
Art. 4	Kriterien für die Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung Für die ersten zehn Tage nach dem Ereignis gelten für die Bevölkerung die Entscheidungskriterien gemäss Anhang.

Abb. 16: Notverordnung des EDI

Den Krisenstab im BAG führte der Abteilungsleiter Strahlenschutz, Werner Zeller, der alle Massnahmen seitens BAG koordinierte. Verschiedene Bereiche des BAG haben ihn dabei unterstützt: Neben der Abteilung Strahlenschutz waren auch die Abteilung Recht, der Bereich Kommunikation sowie die Sektion Krisenbewältigung und internationale Zusammenarbeit beteiligt.

Der Krisenstab des BAG hat im Verlauf der Übung unter anderem eine Verordnung an den Bundesrat erarbeitet, die im Ereignisfall die rechtliche Grundlage für die mittel- und langfristige Bewältigung der Folgen dieses Kernkraftwerkunfalls in Leibstadt gelegt hätte. Integriert wurden dabei auch die Anträge der anderen Bundesämter und beteiligten Organisationen.

Strahlenbelastung der Bevölkerung 2013

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

Strahlendosen der Bevölkerung

Die drei wichtigsten Ursachen für die Strahlenbelastung der Bevölkerung sind das Radon in Wohnungen, die medizinische Diagnostik sowie die natürliche Strahlung (Abb. 17). Für alle künstlichen Strahlenexpositionen (ohne Medizin) gilt für die allgemeine Bevölkerung ein Dosisgrenzwert von 1 mSv pro Jahr. Die berufliche Strahlenbelastung, insbesondere für Junge und Schwangere, ist durch besondere Bestimmungen geregelt.

Strahlenbelastung durch Radon

Radon-222 und seine Folgeprodukte in Wohn- und Arbeitsräumen liefern den grössten Dosisbeitrag für die Bevölkerung. Diese Nuklide gelangen über die Atemluft in den Körper. Die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) schätzt das Lungenkrebsrisiko aufgrund von Radon etwa doppelt so hoch ein wie in den Jahren zuvor (ICRP 115, 2010). Folglich muss die durchschnittliche «Radondosis» für die Schweizer Bevölkerung auch nach oben korrigiert werden. Sie beträgt mit den neuen Risikofaktoren etwa 3.2 mSv pro Jahr statt den 1.6 mSv, die mit den alten Dosisfaktoren aus der Publikation ICRP 65 geschätzt wurden. Die Radonbelastung der Bevölkerung ist nicht einheitlich. Der angegebene Mittelwert leitet sich aus der durchschnittlichen Radonkonzentration von Bq/m³ ab.

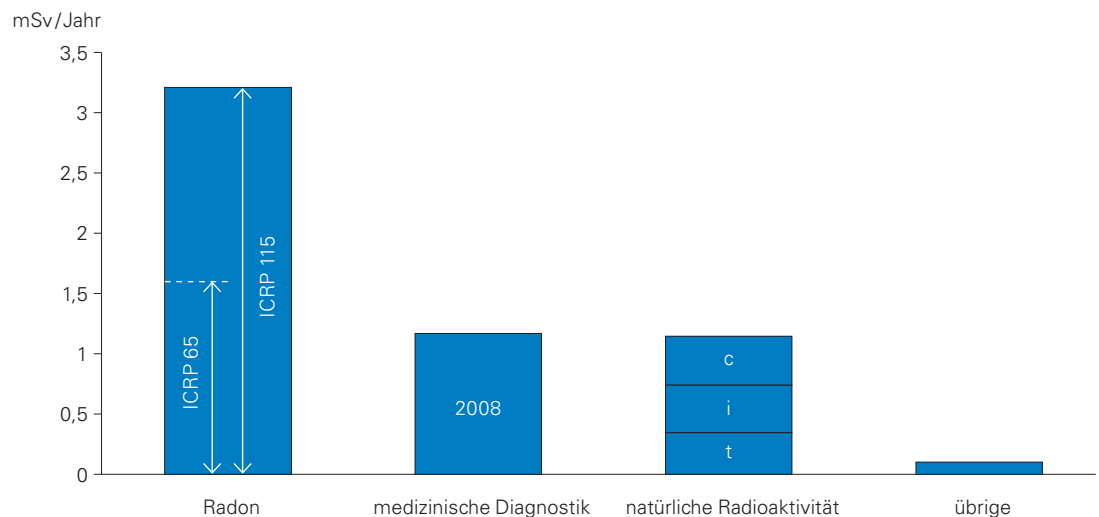


Abb. 17: Durchschnittliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung in [mSv pro Jahr pro Person]. Die Belastung durch Radon muss nach der neuen Beurteilung durch die ICRP (ICRP 115, 2010) deutlich höher eingeschätzt werden als zuvor (ICRP 65). Der Wert für die medizinische Diagnostik beruht auf der Erhebung von 2008. 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.

Bestrahlung durch medizinische Diagnostik

Die Dosis aufgrund medizinischer Anwendungen (Röntgendiagnostik) beträgt auf die gesamte Bevölkerung umgerechnet 1.2 mSv pro Jahr pro Person (Auswertung der Erhebung 2008). Mehr als zwei Drittel der jährlichen kollektiven Strahlendosis in der Röntgendiagnostik werden durch computertomografische Untersuchungen verursacht. Wie beim Radon ist die Belastung durch die medizinische Diagnostik ungleichmässig verteilt. Rund zwei Drittel der Bevölkerung erhalten praktisch keine Dosis durch Diagnostik, bei einigen wenigen 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 jährlich aus und hängt von der Zusammensetzung des Untergrundes ab. Die Dosis durch kosmische Strahlung beträgt im Mittel etwa 0.4 mSv pro Jahr. Die kosmische Strahlung nimmt mit der Höhe über Meer zu, da sie von der Lufthülle der Erde abgeschwächt wird. In 10 km Höhe ist die kosmische Strahlung 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. Für das Flugpersonal kann es bis einige mSv pro Jahr sein.

Radionuklide in der Nahrung

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 Cäsium-137 und Strontium-90 von den Kernwaffenversuchen der 1960er-Jahre und vom Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986. Die jährlichen Ganzkörpermessungen an Schulklassen ergeben heute Dosen durch aufgenommenes Cäsium-137 von weniger als einem Tausendstel mSv pro Jahr.

Übrige (künstliche) Strahlenquellen

Zu den bisher erwähnten Strahlendosen kommt ein geringer Beitrag von ≤ 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 nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986 und den oberirdischen Kernwaffenversuchen (1960er-Jahre) machen heute nur noch wenige Hundertstel mSv pro Jahr aus. Die Dosis durch die Ausbreitung von radioaktiven Stoffen nach dem Reaktorunfall in Fukushima ist in der Schweiz vernachlässigbar.

Die Emissionen radioaktiver Stoffe über Abluft und Abwasser aus den Schweizer Kernkraftwerken, aus 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. 81'000 Personen beruflich strahlenexponiert. Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit untersucht das BAG in den Bereichen Medizin und Forschung alle Ganzkörperdosen über 2 mSv im Monat sowie alle Extremitätendosen über 10 mSv. Die meisten erhöhten Dosen gab es in den dosisintensiven Bereichen Nuklearmedizin und interventionelle Radiologie.

Eine ausführliche Statistik ist dem Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» zu entnehmen, der im Frühling 2014 auf der BAG-Website publiziert wird.

Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall

Entwurf zu einem neuen Bundesgesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall.

Nichtionisierende Strahlung (NIS) oder Schall können gesundheitsschädlich sein, sofern sie Menschen zu stark belasten. Um dies zu verhindern, bestehen bereits heute rechtliche Regelungen, die das Inverkehrbringen von Produkten, den Umweltbereich, den Arbeitsplatz oder medizinisch eingesetzte Produkte betreffen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass rechtliche Lücken oder Vollzugsprobleme bestehen. So sind heute für Laien Geräte erhältlich, die eigentlich in die Hände von ausgebildeten Berufsleuten gehören. Zudem lässt es sich heute nicht verhindern, dass gefährliche Produkte wie leistungsstarke Laserpointer direkt und unkontrolliert über das Internet aus dem Ausland beschafft werden.



Abb. 18: Videoclips von BAG und Suva: Tipps für gute Akustik

Das BAG hat deshalb im vergangenen Jahr im Auftrag des Bundesrates Rechts- und Vollzugsfragen identifiziert und Vorschläge für ein neues Gesetz erarbeitet, das die bestehenden Gesetze ergänzt. Er hat im Frühling 2014 einen entsprechenden Gesetzesentwurf in die Vernehmlassung geschickt.

Das neue Gesetz soll zum einen Produkte regeln, die NIS oder Schall erzeugen. In Ausnahmefällen sieht es strenge Massnahmen wie Verbote vor, wenn Produkte die Gesundheit von Personen erheblich gefährden. Davon betroffen sind vorerst starke Laserpointer, welche die Gesundheit der Bevölkerung massiv gefährden und die beispielsweise für Pilotinnen und Piloten ein gravierendes Sicherheitsproblem darstellen. Weniger weitgehende Massnahmen sind für Produkte geplant, die Menschen zwar stark mit NIS oder Schall belasten, die aber die Gesundheit nicht oder nur geringfügig gefährden, sofern sie sachkundig verwendet werden. Betroffen davon sind insbesondere leistungsstarke Produkte wie beispielsweise Medizinlaser, die heute im kosmetischen Bereich teilweise von nicht genug sachkundigen Anbietern eingesetzt werden. Neu geregelt werden sollen auch Produkte, welche die Gesundheit nur dann nicht gefährden, wenn sie gemäss den sicherheitsrelevanten Vorgaben des Herstellers verwendet werden. Beispiel dazu sind die Solarien, die falsch betrieben Hautverbrennungen und Hautkrebs verursachen. Heute lässt sich nicht kontrollieren, ob die Solariumbetreiber diese Sicherheitsvorgaben einhalten.

Neben diesen produktespezifischen Regelungen soll das neue Gesetz auch Situationen regeln, deren NIS- und Schall-Expositionen nicht durch ein einzelnes Produkt entstehen. Im Vordergrund stehen dabei Publikumsveranstaltungen wie Konzerte, bei denen die Expositionen durch verschiedene NIS- und Schall-Quellen zu Stande kommen. Zudem soll es auch möglich



Abb. 19: Der *Laser Show Risk Analyzer (LASRA)* misst geplante Lasershows (Quelle: Metas)

sein, Expositionen durch natürliche Quellen zu berücksichtigen. Schlussendlich sollen im neuen Gesetz eine fundierte Grundlagenbeschaffung und adäquate Information der Öffentlichkeit durch den Bund verankert werden.

Schall

Zum Tag gegen Lärm 2013 hat das BAG zusammen mit der SUVA drei Videoclips produziert, die sowohl Clubbesucherinnen und -besucher als auch Veranstalterinnen und Veranstalter darauf aufmerksam machen, dass gute Musik nicht übermässig laut sein muss. In den Videoclips geben ein Akustiker, ein Musiker, ein Ton-techniker und ein Veranstalter praktische Tipps, wie mit einfachen Massnahmen auch in kleinen Konzertlokalen ein guter Sound erreicht werden kann. Alle drei Videos sind auf der Internetseite des Strahlenschutzes (www.bag.admin.ch/schall) zu finden.

Die Freiburger Band «The Armonist» hat einen Wettbewerb des BAG und der SUVA gewonnen, bei dem der beste Song zum Thema «Ohren vor Lärm und lauter Musik schützen» gesucht wurde. Mit ihrem Lied «120 décibels» und dem Videoclip dazu sprechen sie das Publikum an.

Dabei möchte die Rockband vermitteln, dass Musikliebhaberinnen und -liebhaber auf ihr Gehör Acht geben sollen, um auch in Zukunft Musik mit all ihren Nuancen geniessen zu können.

Lasershowkontrolle in Griffnähe

Die Faszination Laser schmückt mit ihren vielfarbigsten Figuren und Fächern manche in Nebel getauchte Disco- oder Konzertatmosphäre. So beeindruckend diese Strahlen sein können, sie können zu gravierenden Augenschäden führen, wenn nicht vorsichtig und gewissenhaft damit umgegangen wird.

Die in der Schweiz geltenden Grenzwerte für Lasershows sind in der Schall- und Laserverordnung festgelegt und können nun dank einem neuen Beurteilungssystem überprüft werden, das durch das Eidgenössische Institut für Metrologie (METAS) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) entwickelt wurde. Der so genannte Laser Show Risk Analyzer (LASRA) erlaubt es, vor Ort die geplante Lasershow in ihrer Gesamtheit zu messen und überprüfen. Überschreitet die Show den Grenzwert, können bereits im Vorfeld der Veranstaltung, oft mit kleinen technischen Anpassungen, Korrekturen zur Grenzwerteinhaltung vorgenommen werden.

Die Abteilung Strahlenschutz im Überblick

Strahlenschutz – unsere Aufgabe im Dienste von Gesundheit und Umwelt.

Strahlung ist allgegenwärtig. Ihrem Nutzen in Medizin, Industrie und Forschung stehen Risiken für Mensch und Umwelt gegenüber. Zu hohe Strahlung, radioaktive Abfälle oder Radon bergen Risiken – sei es am Arbeitsplatz, in der Umwelt oder im Privatleben. Der Schutz vor diesen Risiken ist die zentrale Aufgabe der Abteilung Strahlenschutz. Über 40 Mitarbeitende aus diversen Berufsgattungen setzen sich dafür ein, dass Strahlenexpositionen der Schweizer Bevölkerung, sofern gerechtfertigt, so niedrig wie möglich sind. Erste Priorität haben Massnahmen, die schwere Störfälle vermeiden und hohe Dosen von Bevölkerung, Patientinnen und Patienten sowie beruflich strahlenbelasteten Personen vermeiden.

Um dieses Ziel umfassend und nachhaltig zu erreichen, verfügen wir über vielfältige Mittel. Bei der ionisierenden Strahlung steht das Strahlenschutzgesetz mit seinen diversen Verordnungen im Zentrum. Sie sollen Menschen und Umwelt in allen Situationen schützen, bei denen ionisierende Strahlen oder eine erhöhte Radioaktivität eine Gefahr darstellen. Unsere Abteilung bewilligt die Verwendung ionisierender Strahlung in Medizin, Industrie und Forschung. Bei der nichtionisierenden Strahlung legen wir das Schwergewicht unserer Tätigkeit auf die Information der Bevölkerung. So möchten wir erreichen, dass Personen einen vernünftigen Umgang mit nichtionisierender Strahlung praktizieren und sich keinen Gesundheitsrisiken aussetzen.

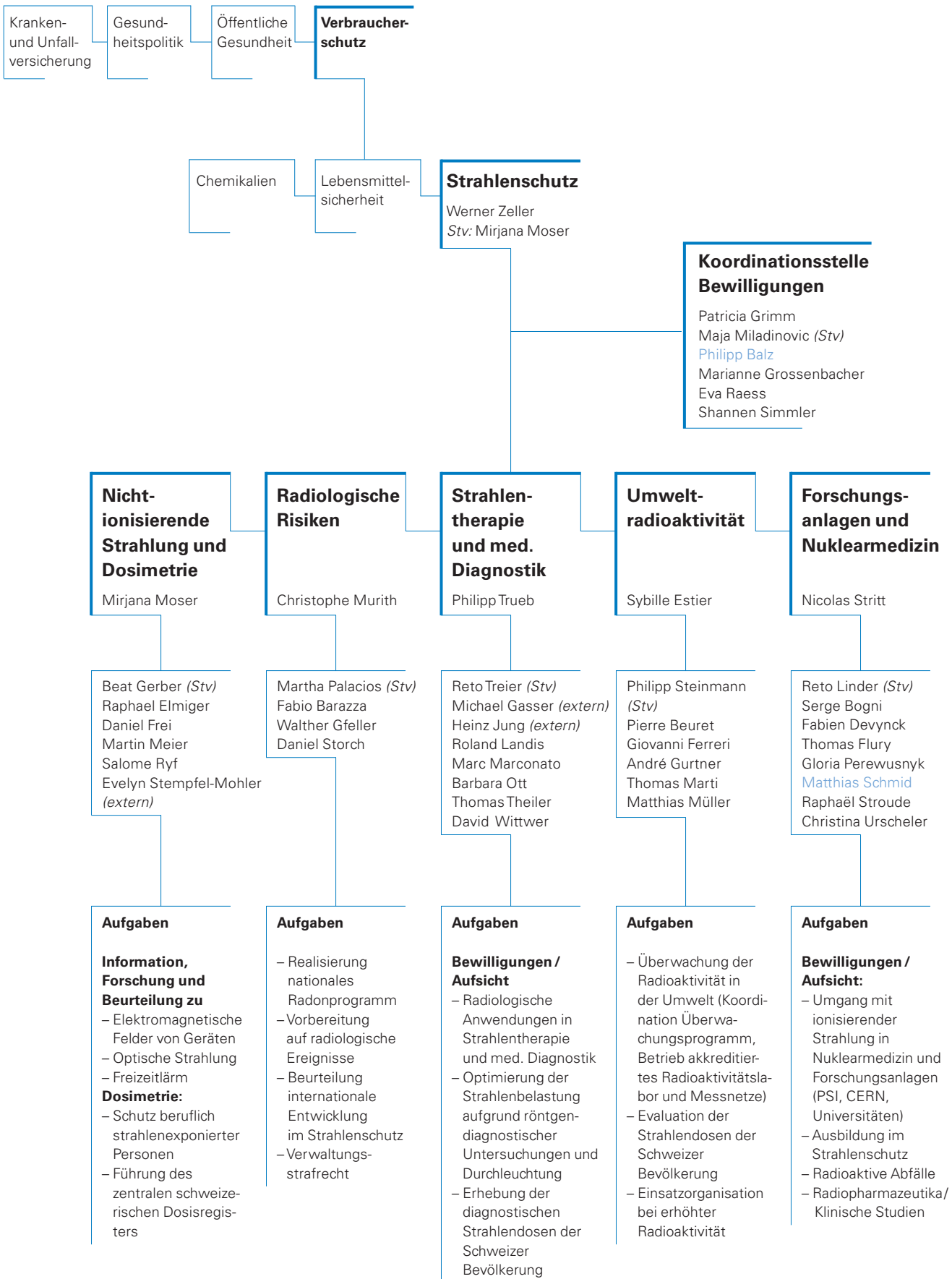
Ein umfassender und nachhaltiger Strahlenschutz funktioniert nicht ohne Unterstützung von aussen. Die Strahlenschutzgesetzgebung vollziehen wir deshalb zusammen mit verschiedenen Partnern. Im nichtionisierenden Bereich nehmen wir an nationalen und internationalen Forschungs- und Präventionsprogrammen teil.

All diese Partnerschaften ermöglichen es uns, gesundheitliche Risiken von Strahlung laufend neu zu beurteilen.

Die Abteilung Strahlenschutz besteht aus fünf Sektionen und einer Koordinationsstelle, die das Bewilligungswesen abwickelt. Schwerpunkte unserer Arbeit sind:

- Bewilligungen und Aufsicht in Strahlentherapie, Nuklearmedizin und radiologischer medizinischer Diagnostik. Im Fokus steht der Schutz von Patienten und Patientinnen sowie des medizinischen Personals
 - Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt
 - Evaluation der Dosen ionisierender Strahlung der Schweizer Bevölkerung
 - Realisierung des nationalen Radonprogramms
 - Bewilligungen und Aufsicht in komplexen Forschungsanlagen, die mit ionisierender Strahlung arbeiten
 - Zulassung und Typenprüfungen radioaktiver Strahlenquellen
 - Bereithaltung eines Krisenmanagements, um bei radiologischen Ereignissen und Katastrophen unverzüglich eingreifen zu können
 - Unterstützung von Betrieben und Betroffenen bei Stör- und Zwischenfällen
 - Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen
 - Bewilligung klinischer Studien mit radioaktiv markierten Pharmazeutika
 - Entsorgung radioaktiver Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung
 - Information sowie Präventions- und Vorsorgeempfehlungen zu nichtionisierender Strahlung, um gesundheitsbeeinträchtigende optische, elektromagnetische oder akustische Belastungen von Personen zu verhindern
-

Bundesamt für Gesundheit



Personen in blauer Farbe sind im Laufe 2013 ausgetreten

Internationale Vernetzung

Damit der Strahlenschutz in der Schweiz internationalen Standards entspricht, beteiligen sich die Strahlenschutz-Fachleute des BAG in verschiedenen internationalen Kommissionen und Projekten. Wichtige Partner des BAG sind:

Internationale Strahlenschutzkommission ICRP

Ihre Empfehlungen zum Strahlenschutz sind in den meisten Staaten und auch in der Schweiz in nationales Recht umgesetzt. Das BAG vertritt die Schweiz im Komitee 4, das eine beratende Funktion für die Anwendung der ICRP-Empfehlungen hat.

IRPA

Die IRPA 2014 findet vom 23. – 27. Juni in Genf statt, weitere Informationen unter:

www.irpa2014europe.com

Weltgesundheitsorganisation WHO

Das BAG vertritt die Schweiz in folgenden WHO-Projekten:

WHO-Globale Initiative:

Sie bezweckt, den Strahlenschutz in der Medizin zu verbessern.

www.who.int/ionizing_radiation/about/med_exposure/en/index1.html

WHO-Radon-Project:

Das Projekt soll den Radon bedingten Lungenkrebs reduzieren.

www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en

WHO-Intersun:

Ziel des Projektes ist es, die Gesundheitsschäden durch UV-Strahlung zu reduzieren.

www.who.int/peh-uv

WHO-EMF-Project:

Das Projekt beurteilt Gesundheitsrisiken elektromagnetischer Felder. www.who.int/peh-emf/en

Vereinte Nationen UN

Das BAG hilft mit, Drittländer zum Strahlenschutzsystem, zu internationalen Sicherheitsstandards und zur Inspektion von radiotherapeutischen und Gammagraphie-Einrichtungen zu beraten, Drittländer für nukleare und radiologische Notfälle vorzubereiten und Fachpersonen

auszubilden, die Strahlenrisiken für Umwelt und Gesundheit in diesen Ländern erfassen (In-situ-Spektrometrie).

Die Vereinigung europäischer Strahlenschutzbehörden HERCA (Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities)

In HERCA sind fast alle europäischen Staaten mit dem Ziel vertreten, den Strahlenschutz in Europa zu harmonisieren, z.B. mit gemeinsam entwickelten Stellungnahmen zu relevanten Strahlenschutzthemen. HERCA ist die wichtigste Plattform für europäische Strahlenschutzbehörden, um Erfahrungen auszutauschen und die Strahlenschutzpraxis in den Mitgliedsländern zu verbessern.

Europäisches ALARA Network

Ziel dieses Netzwerkes ist es, die Strahlendosen der Bevölkerung durch optimierte Schutzstrategien «As Low As Reasonably Achievable» zu halten.

www.eu-alara.net

Von besonderer Bedeutung ist die Zusammenarbeit des BAG mit unseren Nachbarstaaten, mit europäischen Organisationen und der Europäischen Union:

Zusammenarbeit mit Deutschland und Frankreich

Das BAG ist in der *Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen* bzw. der *Commission mixte franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection* vertreten, um regelmässig Erfahrungen über Betrieb, Sicherheit, Überwachung und Umweltauswirkungen von Kernanlagen sowie über weitere Aspekte des Strahlenschutzes auszutauschen. Zusammen mit der französischen Aufsichtsbehörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz koordiniert das BAG die Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung des CERN.

European Society of Skin Cancer Prevention (EUROSKIN)

Sie koordiniert die Aktivitäten von Forschenden und Präventionsfachleuten in Europa, um den Hautkrebs in Europa besser zu bekämpfen.

www.euroskin.org

Kernenergieagentur NEA der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD

Sie unterstützt ihre Mitgliedstaaten in technischen und rechtlichen Fragen bei der Entwicklung und friedlichen Nutzung der Kernenergie. Das BAG wirkt im Komitee für Strahlenschutz und öffentliche Gesundheit mit.

Weiterführende Informationen

Rechtsgrundlagen

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

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

Informationsmaterial

Ausführliche Informationen über die Abteilung Strahlenschutz erhalten Sie auf der Webseite www.bag.admin.ch/themen/strahlung/index.html

Auf unserer Dokumentationsseite <http://www.bag.admin.ch/ray/documentation> haben wir eine Reihe von Informationsmaterialien zusammengestellt:

Ionisierende Strahlung:

BAG-Weisungen, BAG-Merkblätter, Formulare und Broschüren zu Röntgenanlagen, radioaktiven Stoffen, radioaktiven Abfällen, beruflich strahlenexponierten Personen, Radon.

Nichtionisierende Strahlung und Schall:

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

Weiterbildung und Schule:

Multimedia-DVDs zum Strahlenschutz in der Nuklearmedizin, in der Computertomographie, in der zahnärztlichen Praxis, bei interventionellen Untersuchungen und beim Röntgen im Operationssaal, Schulmaterial zum Sonnenschutz und Schutz des Gehörs vor zu lautem Schall.

Verbraucherschutz Newsletter

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

Radioprotection
et surveillance
de la radioactivité
en Suisse
Résultats 2013

Strahlenschutz und
Überwachung
der Radioaktivität in
der Schweiz
Ergebnisse 2013



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG

Chères lectrices, chers lecteurs

Des sangliers radioactifs au laboratoire, des rayons laser dans le cockpit, des rayons X dans le cœur, des gaz rares cancérigènes dans les bâtiments, des cavités dans la ferraille, du césium dans le lac de Biene, des exercices de catastrophes nucléaires dans le bunker, des protons dans le tube, des lasers à électrons libres dans la forêt, des radionucléides dans le cyclotron, des audits en brachythérapie, des acouphènes dans les oreilles et du rayonnement dans les yeux: le spectre de nos activités ne peut être plus large et plus captivant!

Nous travaillons en collaboration avec des directeurs de recherche, des médecins-chefs, des chasseurs, des enseignants, des techniciens en radiologie médicale, des citoyens, des gestionnaires de catastrophe, des organisateurs de concert, des pilotes, des exploitants de centrales nucléaires, des ingénieurs, des organisations critiques, avec tous ceux qui ne sont pas cités ici et, naturellement, avec nos supérieurs.

Tout cela, nous le faisons pour tous, patients et actifs, jeunes et personnes âgées, pour contribuer à la protection de leur santé à tous.

Mon départ à la retraite marque la fin d'une période très gratifiante de 30 années de travail. Je vous souhaite à toutes et à tous une bonne santé, et que votre visage rayonne de bonheur! Et je souhaite de tout cœur beaucoup de succès à mon successeur, Sébastien Baechler.

Werner Zeller

Photo: Brigitte Batt / Klemens Huber



Contenu

37	Editorial
39	Entretien: Werner Zeller part à la retraite après trente ans de radioprotection
42	Radioprotection dans la médecine et dans la recherche
49	Reportage dans un laboratoire de cathétérisme cardiaque : « La radioprotection doit être exigée ! »
52	Surveillance de l'environnement
54	Reportage: traque au césium-137 sur des sangliers au Tessin
56	Plan d'action radon 2012 - 2020
59	L'état-major de crise de l'OFSP en action
60	Exposition de la population aux rayonnements en 2013
62	Protection sanitaire contre le rayonnement non ionisant et le son
64	La division Radioprotection en bref - organigramme
66	Réseau international
67	Informations complémentaires

Werner Zeller part à la retraite après trente ans de radioprotection

Werner Zeller, vous avez travaillé pendant trente ans au service de la radioprotection suisse. Vous rappelez-vous de vos débuts ?

Mon premier contact avec la radioprotection a eu lieu à l'Institut de physique de l'Université de Berne. Lorsque j'ai été engagé comme adjoint scientifique dans l'ancienne section de radioprotection, je connaissais donc déjà les rudiments de la législation en radioprotection. A l'époque, l'ordonnance sur la radioprotection de 1976 était d'ailleurs basée sur la loi sur l'énergie atomique, car la loi autonome sur la radioprotection n'était encore qu'en préparation.

L'accident de Tchernobyl a eu lieu peu de temps après votre engagement. Avec cet événement, la catastrophe nucléaire jugée hypothétique est devenue une dure réalité. Comment avez-vous vécu Tchernobyl ?

En 1986, la Suisse était relativement bien préparée pour faire face à un événement nucléaire. On disposait déjà d'une organisation d'alarme, car au temps de la guerre froide on devait compter sur le fait qu'une arme atomique pouvait exploser n'importe où. Nous n'avions pas pensé qu'une telle catastrophe puisse avoir lieu dans une centrale nucléaire. Nous avons par ailleurs été totalement surpris qu'un accident aussi éloigné ait de telles conséquences en Suisse. Une partie des denrées alimentaires a été considérablement contaminée. Tchernobyl a aussi produit en Suisse une forte émotion aux niveaux médiatique et politique. A l'époque, un tel accident était jugé impensable. On ne savait pas grand-chose sur le désastre lui-même. Les informations selon lesquelles beaucoup de personnes étaient évacuées sur le lieu de la catastrophe indiquaient que les problèmes sur place étaient énormes. Nous avons été choqués lorsque nous avons appris après coup comment des centaines de milliers de liquidateurs avaient tenté sur place de maîtriser une catastrophe, au

cours de laquelle tous les composants radioactifs volatils du réacteur avaient été rejetés. Ces hommes ont travaillé dans des conditions inimaginables, évacuant les décombres radioactifs en partie avec des pelles.

L'expérience acquise lors de Tchernobyl a-t-elle été utile lors de la catastrophe de Fukushima 25 ans plus tard ?

La catastrophe de Fukushima est survenue dans un pays industrialisé – un fait inattendu pour nous – et concernait du reste un réacteur du même type que celui de la centrale nucléaire de Mühleberg. Après cet incident, un groupe de travail interdépartemental (IDA NOMEX) a analysé si la Suisse serait prête à affronter un événement de ce type. Le groupe a proposé 56 mesures organisationnelles et législatives qui concernent en particulier diverses ordonnances. Il reste donc encore beaucoup à faire.

La législation sur la radioprotection accorde de grandes responsabilités à notre division Radioprotection. Ceci à une époque où les technologies deviennent toujours plus complexes, où les exigences envers tous les intervenants augmentent et où les ressources publiques restent limitées. Est-ce que la division pourra à l'avenir suivre le rythme de ce développement ?

Il faut rappeler une fois de plus que ce sont les entreprises qui sont en premier lieu responsables de la radioprotection. On l'oublie souvent. Néanmoins, le développement technique nous pose un grand défi. Nos tâches, en tant qu'autorité qui délivre les autorisations et qui assure la surveillance, ont changé au fil du temps. Autrefois, les machines, les appareils ou les blindages étaient au premier plan, alors qu'aujourd'hui, nous mettons la priorité sur les processus et sur les personnes responsables de la radioprotection. Auparavant, dans les hôpitaux, nous mesurions l'épaisseur des murs ; maintenant, nous auditions les médecins-chefs. Par ailleurs, on applique aujourd'hui une approche graduée en fonction du risque. Cela signifie que nous devons surtout intervenir en présence de dangers concrets. Très important : pour pou-



Figure 1 : L'équipe de radioprotection en formation continue au CERN (2013)

voir suivre le développement technologique, il est indispensable de dialoguer avec les sociétés professionnelles, car cela permet d'élaborer et d'introduire ensemble des solutions appropriées aux enjeux importants en matière de radioprotection.

La législation sur la radioprotection est stricte afin d'éviter les dommages à long terme. Cette rigueur a-t-elle été payante ?

Cette rigueur a effectivement été payante. Nous n'avons pas eu d'accident vraiment grave en Suisse au cours des dernières décennies. Nous avons pu systématiquement réduire les doses, ce dont nous pouvons être fiers. Nous y sommes aussi parvenus aux postes de travail, comme par exemple dans l'industrie horlogère, qui a employé des collaboratrices pour appliquer des peintures luminescentes radioactives sur les cadrans de montre jusque dans les années 1990. Ces jeunes femmes ont à l'époque accumulé chaque année plus de doses que tout le personnel actuel d'une centrale nucléaire. De telles situations n'existent plus aujourd'hui. Dans l'environnement aussi, nous disposons actuellement d'un réseau qui nous permet de surveiller étroitement l'exposition aux radiations.

Le rayonnement ionisant représente toujours, à long terme, un risque de cancer. Réduire ce risque constitue pour nous un grand défi. Ceci concerne, par exemple, la radioactivité durable causée par le radon. Il y a 20 ans, nous pensions que ce problème serait aujourd'hui réglé. Nous constatons rétrospectivement que nous avons certes réalisé beaucoup et que nous avons pu éviter des valeurs extrêmes. Pourtant, nous n'avons pas réussi à réduire significativement l'exposition moyenne de la population au radon. Nous n'atteindrons cet objectif qu'en agissant de façon systématique lors de la construction

Werner Zeller, docteur en physique, dirige la division Radioprotection depuis 1998. Il travaille à l'OFSP depuis 1984. Il a été membre du Comité 4 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), vice-président du groupe français permanent d'experts en radioprotection dans le domaine médical et membre de la Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires. Avant son entrée au service de la Confédération, il a collaboré à un projet international de recherche (UA2) au CERN. Il est marié, père de trois garçons adultes et est fier d'être grand-père. Il part à la retraite à la fin avril 2014.

de nouveaux bâtiments. Il nous reste aussi beaucoup à faire dans la planification de l'intervention en cas d'urgence. Nous devons abandonner le concept d'évacuation verticale, qui date de la guerre froide, car les abris de protection ne représentent pas une mesure adéquate en cas d'accident dans une centrale nucléaire. Nous devons par ailleurs veiller à produire moins de déchets radioactifs en médecine, dans l'industrie et dans la recherche. En radiologie interventionnelle, domaine qui expose toujours le personnel médical et les patients à des doses élevées, nous devons porter l'effort sur la formation continue. Dans le cas des substances radioactives illégales, nous n'avons pas vraiment eu de succès. En effet, nous ne disposons pas actuellement des moyens nécessaires pour empêcher les flux illégaux de marchandises. Dans ce domaine, nous devons miser davantage sur les contrôles par échantillonnage et mieux communiquer avec nos partenaires internationaux.

On trouve en revanche quelques ombres au tableau dans le domaine du rayonnement non ionisant. Le soleil cause chaque année 13'000 cancers de la peau, qui conduisent à 350 décès. Est-ce que la radioprotection suisse en fait suffisamment dans ce domaine ?

Dans le domaine du rayonnement non ionisant, le soleil joue effectivement un rôle important. Son rayonnement comporte beaucoup d'aspects positifs dans notre vie, mais peut provoquer, comme il est prouvé, le cancer de la peau. Dans ce secteur, l'effort ne doit pas se faire au niveau de la réglementation, mais plutôt de la prévention. En outre, le paysage législatif dans le domaine du rayonnement non ionisant est non seulement complexe, mais présente aussi des lacunes que nous devons combler avec une nouvelle loi. A titre d'exemple, on peut citer les aberrations actuellement observées dans l'utilisation de pointeurs laser très dangereux. Une base légale solide est également nécessaire pour d'autres applications de ce rayonnement, par exemple dans la cosmétique. La nouvelle loi vise par ailleurs à protéger contre les nuisances sonores dangereuses dans le domaine non professionnel. Nous ne cherchons pas à influencer la culture : écouter de la musique fait bien partie des plus grands plaisirs de la vie. Ceci ne doit toutefois pas conduire à des troubles inutiles de l'ouïe ou à des acouphènes.

Vous avez vécu 30 ans de radioprotection. L'environnement professionnel a-t-il beaucoup évolué au fil des dernières décennies ?

Autrefois, la mentalité était différente. Dans la division, les personnes se vouvoient. Au fil des années, non seulement le « tu » a fait son apparition, mais une culture de travail en équipe s'est développée. Cela s'est avéré nécessaire, car le développement technologique a augmenté la pression sur les collaborateurs. Nous devons aujourd'hui maîtriser des charges de travail croissantes avec les mêmes ressources, voire même avec une réduction tendancielle de celles-ci. Pour y parvenir, nous devons avoir le courage d'admettre certaines lacunes et de nous concentrer sur le nécessaire. L'important dans ce contexte, c'est que nous avons remarquablement collaboré au cours des dernières années avec les autorités de radioprotection au niveau international, et en particulier au niveau européen. Il a ainsi été possible d'échanger des informations, d'aborder des problèmes et d'harmoniser les mesures de radioprotection. Le point culminant a été pour moi l'accord tripartite concernant le CERN. Il permet la pratique d'une excellente radioprotection dans cette installation particulièrement complexe.

Si je pars aujourd'hui à la retraite, je le fais selon la devise « servir et disparaître ». Après la phase « servir », je peux « disparaître » sans crainte, car une équipe brillante et un successeur remarquable poursuivront le travail. D'ailleurs, cela m'étonne que tant de personnes me demandent ce que je ferai à l'avenir. Comme s'il n'y avait pas de vie après le travail !

Pour conclure, quel métier auriez-vous choisi si vous n'étiez pas devenu un radioprotectionniste il y a 30 ans ?

Directeur du funiculaire du Niesen. C'est certes un peu prétentieux, mais j'aurais pu monter en tout temps au Niesen, et le travail aurait été techniquement exigeant. Trêve de plaisanterie, je ne sais pas ce que je serais devenu au final. J'aurais certainement choisi une profession physico-technique impliquant beaucoup de contacts humains.

Radioprotection dans la médecine et dans la recherche

Dans les domaines de la médecine et de la recherche, il faut éviter les dommages dus aux rayonnements. Les patients et le personnel doivent être protégés au mieux. Dans le cadre d'un programme priorisé de surveillance, l'OFSP et les entreprises collaborent pour optimiser l'utilisation des rayonnements ionisants. Dans l'ensemble, les résultats sont positifs. Une enquête représentative auprès de la population a fourni des données intéressantes sur le nombre d'examens radiologiques.

Examens radiologiques dans la population suisse en 2012/2013

Les enquêtes périodiques de l'OFSP et de l'Institut de radiophysique (IRA) de l'Université de Lausanne ont pour objet de déterminer l'exposition moyenne aux rayonnements ionisants de la population par des examens radiologiques médicaux. Ces enquêtes ne permettent cependant pas de mettre en évidence combien d'examens ont été effectués en Suisse par personne et par région linguistique. C'est la raison pour laquelle l'OFSP a mandaté l'entreprise gfs.bern pour interroger 2400 adultes et 1000 pa-

rents afin d'estimer combien ces personnes ont subi d'examens dans les 12 derniers mois. Cette enquête téléphonique s'est déroulée du 19.08.2013 au 20.09.2013.

L'étude a mis en évidence que presque 60 % des personnes de plus de 16 ans ont subi un examen radiologique durant l'année écoulée (dont 33 % de nature non dentaire), alors que ce pourcentage est de 45 % pour les enfants et les jeunes de moins de 16 ans (dont 21 % de nature non dentaire). Rapporté à l'ensemble de la population, cela conduit à presque 1,7 examens de

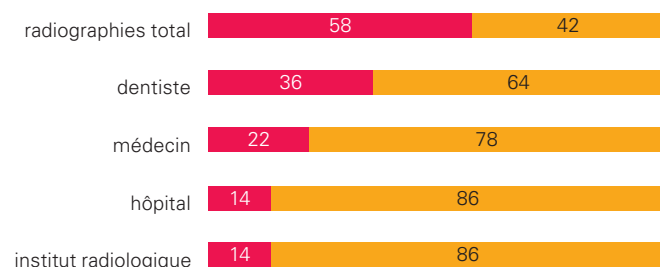
Total Radiographies (en % d'habitant(e)s de 16 ans et plus)

Dentiste Des radiographies ont-elles été faites au cours de cette consultation chez le dentiste?

Médecin Le médecin a-t-il réalisé lui-même les radiographies lors de la consultation?

Hôpital Des radiographies ont-elles été faites au cours de cette consultation à l'hôpital?

Institut radiologique Le médecin vous a-t-il envoyé chez un spécialiste ou à un institut spécialisé en radiologie?



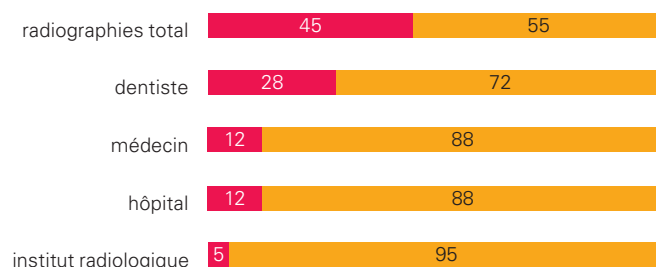
Total Radiographies (en % d'enfants de 15 ans et moins)

Dentiste Des radiographies ont-elles été faites au cours de cette consultation chez le dentiste?

Médecin Le médecin a-t-il réalisé lui-même les radiographies lors de la consultation?

Hôpital Des radiographies ont-elles été faites au cours de cette consultation à l'hôpital?

Institut radiologique Le médecin a-t-il envoyé votre enfant chez un spécialiste ou à un institut spécialisé en radiologie?



■ radiographies
■ pas de radiographies



Figure 2 : Part des examens radiologiques chez les adultes (dès 16 ans, à gauche) et chez les enfants et les jeunes (moins de 16 ans, à droite)
© gfs.bern, enquête auprès de la population relative à la répartition de radiographies, août/septembre 2013 (N=2408)

toute nature par an et par habitant. On constate que, tendanciellement, plus d'examens sont effectués par personne en Suisse romande et italienne qu'en Suisse alémanique. Le taux le plus élevé concerne les hommes de langue française. Les personnes âgées sont examinées le plus souvent à l'hôpital ou dans des instituts de radiologie, les personnes d'âge moyen surtout chez le médecin et les personnes plus jeunes surtout chez le dentiste. La part des examens CT (examens de tomodensitométrie) est de 6 % chez les personnes de moins de 16 ans, et environ deux fois plus élevée chez les personnes de plus de 16 ans, pour lesquelles une sur dix a subi un examen CT.

En comparant ces résultats avec les données de l'année 2008, on constate que le nombre d'examens radiologiques est resté relativement constant, mais que la part des examens CT a augmenté, ce qui implique une hausse de l'exposition aux radiations par les examens radiologiques médicaux. Il est donc important de contrôler l'augmentation de cette exposition par l'introduction et le respect de niveaux de référence diagnostiques (NRD). En outre, le lancement d'audits cliniques en radiologie devraient permettre d'éviter les examens non justifiés.

Audits dans les instituts pratiquant la brachythérapie

Les traitements radio-oncologiques par brachythérapie ne sont appliqués que dans des cas très spécifiques et concernent donc peu de patients. Cette thérapie, au cours de laquelle une source radioactive est placée à proximité de la tumeur (en grec βραχυς signifie court, proche), conduit à une exposition extrêmement élevée du patient. La qualité des traitements dépend étroitement d'une collaboration bien structurée et précise entre les professionnels impliqués (radio-oncologues, médecins, anesthésistes, techniciens en radiologie médicale (TRM) et assistants médicaux). Les audits réalisés en 2013 dans les instituts pratiquant la brachythérapie ont à la fois révélé des points faibles, indiqué des possibilités d'amélioration et permis de vérifier l'adéquation des dispositions légales de radioprotection ainsi que de l'assurance de qualité. Les données ne sont pas encore totalement évaluées, cependant, des conclusions importantes sont déjà disponibles :

- Le nombre de patients soignés par brachythérapie a baissé dans les dernières années, la téléthérapie percutanée étant de plus en plus privilégiée. Alors que le nombre de patients traités à l'iridium-192 (par Afterloading) n'a que faiblement diminué, le nombre de personnes traitées avec des Seeds d'iode-125 a plus fortement baissé
- Dans plusieurs instituts, la sécurité contre le vol des appareils Afterloading n'était pas suffisante
- Plusieurs instituts avaient entreposé les sources radioactives (Seeds d'iode-125, sources de calibration, etc.) dans des conditions insatisfaisantes, de sorte que la protection contre l'incendie n'était pas assurée (une résistance au feu de classe F60 est exigée pour le lieu de stockage)
- Les pompiers n'étaient pas suffisamment informés sur le nombre et le type de sources radioactives utilisées ou entreposées
- L'instruction du personnel sur les mesures de protection d'urgence qui sont à mettre en œuvre en cas de blocage d'une source dans un appareil Afterloading était partiellement insuffisante.

Tous les instituts pratiquant la brachythérapie en Suisse ont été audités jusqu'à la fin de l'année 2013. L'OFSP va maintenant analyser les résultats et les discuter avec les sociétés professionnelles concernées.

Audits cliniques en radiologie, radio-oncologie et médecine nucléaire

La dose moyenne de rayonnement délivrée à la population suisse par les applications médicales a fortement augmenté au cours des dernières années. Afin de minimiser les expositions non justifiées et d'optimiser les procédures et les ressources, l'OFSP projette d'introduire des audits cliniques en radiologie, en radio-oncologie et en médecine nucléaire. Ces audits consistent à évaluer systématiquement, par le biais de Peer Reviews (expertise par des collègues professionnels), les procédures radiologiques et, si nécessaire, à améliorer la pratique professionnelle.

L'OFSP a mis sur pied un groupe d'experts comportant des médecins, des physiciens et des TRM. Au cours de plusieurs ateliers, ces experts ont élaboré, dans le cadre de la révision de l'ordonnance sur la radioprotection, un projet de base légale ainsi qu'un concept pour des audits

pilotes. A l'heure actuelle, les experts fixent d'une part des contenus concernant certains thèmes prioritaires en accord avec les sociétés professionnelles, et prennent d'autre part contact avec des auditeurs et des organisations intéressées. Dès que les contenus des audits pilotes auront été finalisés, l'OFSP consultera des experts reconnus sur le plan international en vue d'évaluer le contenu proposé. Après une phase pilote prévue en 2015, les contenus d'audit seront adaptés et élargis à un plus grand nombre d'institutions concernées. A partir de ce moment-là, on envisage de déléguer la coordination des audits à un service central qui sera en contact avec les organisations auditées et les auditeurs et qui fixera les contenus prioritaires. Les premiers audits officiels démarreront vraisemblablement en 2017.

Niveaux de référence diagnostiques (NRD) : poursuite du projet

L'OFSP a poursuivi le projet en cours sur les NRD appliqués au plan national. En 2013, les NRD concernant la radiographie par projection, qui avaient déjà été définis et publiés dans la notice OFSP R-06-04, ont fait l'objet d'un complément concernant la chiropractie. Dans ce cadre, on a validé les NRD existants, applicables à des régions anatomiques typiques en radiographie, et défini de nouveaux NRD pour la colonne vertébrale supérieure. A cet effet, l'OFSP a effectué une mesure d'étalonnage standardisée sur les installations radiologiques de 17 cabinets répartis dans tout le pays. Il a ensuite récolté des données dosimétriques dans ces cabinets, relevées lors d'examens dans les régions de la colonne cervicale et de la colonne

lombaire (pour chacune en deux projections), ainsi que lors d'examens combinés de la colonne lombaire et du bassin. L'évaluation de plus de 1100 données montre que les doses en surface à l'entrée du patient (75e percentile) pour la colonne lombaire se situent dans la fourchette des NRD en vigueur. Pour les autres régions anatomiques examinées, la notice existante va être complétée avec les nouveaux niveaux de référence déduits de l'étude. Ce projet vise à sensibiliser un large cercle d'utilisateurs à l'optimisation des doses et contribuer ainsi à une réduction de l'exposition des patients.

Surveillance des installations SPECT-CT : un thème prioritaire

Les tomographes SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) peuvent détecter le rayonnement gamma et générer des images en coupe, qui montrent comment les produits radiopharmaceutiques administrés se répartissent et s'enrichissent dans les différents organes et dans le corps entier. Les installations SPECT-CT sont des technologies évoluées qui combinent la tomographie SPECT et la tomodensitométrie (CT). Elles permettent simultanément d'identifier les troubles fonctionnels dans différents organes et tissus et de déterminer leur position anatomique précise en trois dimensions. Ces avantages ont conduit au remplacement progressif des tomographes SPECT par des installations combinées SPECT-CT (on en comptait déjà une quarantaine en 2013). Ces nouvelles installations ont toutefois l'inconvénient d'augmenter la dose au patient, en raison de l'addition des doses associées aux produits radiopharmaceutiques et de celles de l'examen CT. C'est la raison pour laquelle l'OFSP a contrôlé dans le cadre d'audits si les installations SPECT-CT sont exploitées en utilisant des doses optimisées. Les NRD ont servi de critères d'évaluation dans cette démarche. Ils ont été comparés aux doses délivrées lors des examens effectués dans différents instituts et sur différentes installations. Les résultats obtenus serviront de base pour exiger des optimisations dosimétriques supplémentaires, principalement en appliquant des examens CT à faible dose (Lowdose-CT).

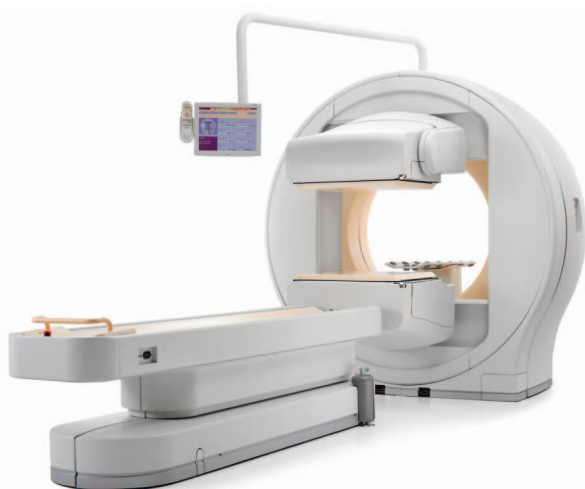


Figure 3 : Scanner SPECT-CT

Cyclotron et radiopharmacie à l'Hôpital Universitaire de Zurich, site de Schlieren

L'Hôpital Universitaire de Zurich (USZ) construit une nouvelle installation de production radiopharmaceutique pour la tomographie par émis-

sion de positrons (TEP) sur le site de Schlieren. L'installation comprend un cyclotron qui accélère des noyaux d'hydrogène à une énergie de 18 MeV et les fait entrer en collision avec de l'oxygène lourd ($H_2^{18}O$). Ceci conduit, par transformation nucléaire, à la création de fluor-18 qui est utilisé sur place pour la synthèse de fluorodésoxyglucose (^{18}F -FDG). Cette molécule présente des possibilités variées d'application en médecine nucléaire diagnostique, par exemple la localisation et la différenciation de tumeurs bénignes et malignes. Des isotopes de C-11, N-13 et O-15 sont aussi produits. Comme ces radionucléides, en particulier les deux derniers, possèdent une période courte (10 minutes pour le N-13 et 2 minutes pour le O-15), ils doivent être utilisés le plus vite possible, ce qui est réalisable sur le site de Schlieren, car le service de médecine nucléaire de l'USZ est situé dans un bâtiment voisin.

La division Radioprotection supervise et apporte ses conseils sur l'ensemble des travaux de construction. Les spécialistes de l'OFSP attachent une importance particulière aux mesures de radioprotection des employés et de la population avoisinante. Parmi ces mesures, citons les murs massifs en béton du bunker souterrain qui protègent le monde extérieur du rayonnement du cyclotron (rayonnement gamma et neutrons). Le système de ventilation du bâtiment est aussi important, car en cas d'accident, l'air contaminé ne doit pas être rejeté de manière significative dans l'environnement. Ce système est contrôlé par une régulation sophistiquée à laquelle diverses sondes de mesure sont raccordées.

Afin d'éviter une éventuelle dispersion de l'air contaminé à l'intérieur du bâtiment, tous les secteurs de travail sont placés en sous-pression continue. Des moniteurs sont installés aux sorties de la radiopharmacie et du bunker du cyclotron. Ils permettent au personnel de détecter une éventuelle contamination lorsqu'il quitte la zone contrôlée. Des douches de décontamination sont par ailleurs à disposition en quantité suffisante dans le nouveau bâtiment. Les travaux de construction ont débuté en 2013. La mise en exploitation est prévue pour 2014.



Figure 4 : Construction des laboratoires de production de produits radiopharmaceutiques à l'aide de radionucléides produits par cyclotron (le cyclotron se trouve dans un local annexe ; état au 11 avril 2013)

Evaluation de la dose accumulée par les proches des patients ambulatoires en médecine nucléaire

Les patients ambulatoires se font parfois accompagner par leurs proches lors d'un examen dans un service de médecine nucléaire. Il est donc utile de connaître les niveaux d'exposition des personnes accompagnantes afin de fournir aux patients et à leurs proches des renseignements pertinents en matière de radioprotection. Face à l'insuffisance de données sur les doses délivrées aux personnes accompagnantes dans la littérature, l'OFSP a chargé l'Institut de radiophysique à Lausanne de mener une étude détaillée combinant des simulations Monte Carlo et des mesures collectées directement sur les patients et les personnes accompagnantes à l'aide de dosimètres actifs personnels.

L'analyse comparative entre les mesures et les calculs Monte Carlo a permis d'estimer les doses effectives réelles et potentielles reçues par les proches des patients ambulatoires. Bien que ces doses soient relativement faibles, l'OFSP considère qu'une information des patients et des proches est nécessaire, afin d'éviter tout contact rapproché superflu pouvant engendrer une exposition inutile de la personne accompagnante entre le moment de l'injection et la scintigraphie. En 2014, l'OFSP a prévu de publier une fiche d'information avec les principaux résultats de cette étude, ainsi que des recommandations destinées aux patients ambulatoires et à leurs proches lors d'un examen dans un service de médecine nucléaire.

Radiothérapie interne sélective (RTIS)

La radiothérapie interne sélective (RTIS) est une nouvelle méthode d'irradiation des tumeurs malignes du foie. Cette thérapie représente un défi aussi bien du point de vue de la médecine que de la radioprotection. Elle consiste à mettre en suspension des particules de résine ou de verre (microsphères), chargées en yttrium-90, et à les administrer au patient par l'artère hépatique. Ce traitement s'effectue dans une salle d'angiographie. Au préalable, certains vaisseaux sanguins sont obturés par le radiologue interventionnel afin d'éviter que les microsphères n'atteignent, depuis le foie, d'autres organes, comme les poumons. Le médecin nucléaire administre alors l'activité nécessaire (entre 0.6 et 5 GBq) du produit radiopharmaceutique. Après le traitement, tout le matériel radioactif doit être éloigné de la salle d'angiographie. Une mesure de libération du local doit être effectuée par l'expert en radioprotection avant d'utiliser la salle pour d'autres patients.

Cette thérapie est pratiquée depuis 2008 à l'Hôpital Universitaire de Zurich. A l'heure actuelle, les cinq hôpitaux universitaires de Suisse offrent ce type de traitement. Deux systèmes sont disponibles sur le marché : le produit TheraSphere, qui comporte des microsphères relativement petites et en verre, et le produit SIRTeX, dont les particules en résine peuvent boucher les vaisseaux. La manipulation, l'activité habituellement administrée et la sélection des patients sont sensiblement différentes d'un système à l'autre. Avec le TheraSphere, de fortes activités sont appliquées en quelques secondes, contrairement au SIRTeX qui doit être administré en petites portions sur un intervalle d'environ une demi-heure. Alors que le TheraSphere convient surtout aux patients souffrant d'un carcinome du foie (hcc), on a la plupart du temps recours au SIRTeX pour le traitement des métastases hépatiques du cancer de l'intestin grêle. Les deux méthodes sont proposées depuis cette année à Lausanne; Genève utilise le TheraSphere, et Zurich, Berne et Bâle travaillent avec le SIRTeX. Plus de 500 patients ont déjà été traités en Suisse, dont la majeure partie à Zurich.

Durant l'année 2013, cette forme de thérapie a fait l'objet d'audits dans les cinq hôpitaux universitaires. Dans ce cadre, les aspects importants de radioprotection ont été examinés sous toutes les coutures (sélection et préparation des patients, évacuation des déchets, calcul de la

dose ou encore préparation des microsphères et de la salle d'angiographie). En Suisse, cette nouvelle méthode de traitement est planifiée et exécutée de manière très minutieuse par un personnel médical expérimenté. A quelques légères améliorations près, elle répond à des standards élevés de radioprotection.

Bases légales : révision des ordonnances techniques

Dans le cadre de la révision totale de la législation sur la radioprotection, des propositions pour trois ordonnances techniques ont été élaborées. Cette démarche avait pour but de conserver les concepts éprouvés et de tenir compte de l'avancée des technologies et des concepts de radioprotection.

Dans le domaine du diagnostic, les niveaux de référence définis dans l'ordonnance sur les rayons X qui se sont avérés efficaces, devraient prendre plus de poids en vue de poursuivre l'optimisation des expositions aux rayonnements. Il est aussi prévu d'enregistrer systématiquement les doses délivrées aux patients par le biais de grandeurs dosimétriques adéquates. De même, les nouveaux appareils de diagnostic doivent être équipés à l'avenir d'indicateurs standards de dose.

L'engagement de physiciens médicaux, aussi bien en radiothérapie qu'en diagnostic, sera plus clairement réglementé. Les nouveaux concepts proposés dans la législation européenne ont été pris en compte, pour autant que cela s'avère judicieux.

Collaboration avec le Liechtenstein

La principauté du Liechtenstein et la Suisse ont convenu en 2010 de collaborer en matière de radioprotection. Sur la base de cet accord, l'OFSP a octroyé des autorisations à toutes les installations de radiologie médicale dans les cabinets, ainsi que dans les hôpitaux et les instituts, et les a ensuite audités conjointement avec le service de la santé publique du Liechtenstein. La soixantaine d'audits réalisés a montré en règle générale un haut niveau de qualité. Les défauts constatés ont pu être rapidement corrigés. L'OFSP a établi 52 décisions concernant 134 installations au total, 40 % de ces dernières se trouvant dans des cabinets médicaux, 54 % dans des cabinets dentaires, 4 % dans des cabinets vétérinaires et 2 % dans des hôpitaux.

Les instituts de recherche du CERN et du PSI

Première campagne de libération de déchets du CERN

L'ordonnance sur la radioprotection fixe des valeurs limites en-dessous desquelles les déchets contenant d'infimes traces de radioactivité peuvent être éliminés par la voie conventionnelle. Une décision de l'Autorité de sûreté nucléaire française et de l'OFSP, validée au cours de la réunion tripartite du 29 juin 2012, fixe les principes directeurs de la répartition équitable entre la France et la Suisse des déchets radioactifs de l'Organisation européenne pour la Recherche nucléaire (CERN) en vue de leur élimination. Sur cette base, le CERN a procédé à la première campagne de libération de déchets en 2013. Cette campagne concernait un lot de 55 structures accélératrices alimentées par radiofréquence et de 8 accumulateurs sphériques provenant du système de radiofréquence du Large Electron Positron Collider (LEP). Elle a été documentée par un protocole de notification de libération de déchets présenté à l'OFSP pour validation avant le début de la campagne d'élimination. Après analyse de ce protocole et des résultats de mesures réalisées par le grou-

pe de radioprotection du CERN, l'OFSP a émis quelques recommandations et effectué des mesures complémentaires sur des échantillons représentatifs du lot de déchets. Ces mesures ont permis de confirmer la fiabilité de l'ensemble des mesures rapportées dans le protocole et de procéder ensuite à l'élimination des déchets dans le respect de la législation, et de façon sûre, tant pour la population que pour l'environnement.

Institut Paul Scherrer

L'Institut Paul Scherrer (PSI) à Villigen (AG) fait partie des plus vastes centres de recherche en Suisse. Il exploite notamment plusieurs grands accélérateurs, tels que le cyclotron – une installation circulaire permettant d'accélérer les protons, avec ses lignes de faisceaux et ses expériences (entre autres la source de neutrons par spallation (SINQ), l'accélérateur médical de protons (COMET) et la source synchrotrique de lumière suisse (SLS)). Dans le cadre de son activité de surveillance, l'OFSP s'assure que les limites concernant les rayonnements ionisants soient respectées. Une importance particulière est donnée à la sécurité de la population, de l'environnement et du personnel. Durant l'année sous revue, quelques incidents mineurs ont été enregistrés et annoncés aux autorités, comme par exemple le dépassement d'une valeur limite interne au PSI. Ces incidents ont été analysés et des mesures appropriées ont été prises afin d'éviter qu'ils ne se reproduisent.



Figure 5 : Première campagne de libération de déchets du CERN : structures accélératrices du LEP

En automne 2013, le centre de thérapie aux protons du PSI a mis en service une nouvelle installation médicale, le Gantry 2, et a procédé au traitement des premiers patients. Ce dispositif offre l'avantage de pouvoir traiter des tumeurs mobiles (p. ex. dans les poumons) à l'aide d'un dispositif plus rapide d'irradiation. L'OFSP a effectué plusieurs inspections du dispositif Gantry 2, contrôlé les documents concernant l'assurance de qualité et autorisé son exploitation.

Entre fin décembre 2012 et début mai 2013, l'accélérateur circulaire de protons a été mis hors service (Shutdown) pour effectuer des travaux de maintenance et de développement dans des secteurs ordinairement inaccessibles. La révision annuelle constitue la période de travail la plus intense, au niveau des doses, pour les collaborateurs du PSI et des entreprises externes. Afin de minimiser l'exposition de ces personnes, le PSI a établi au préalable un plan détaillé de radioprotection. L'OFSP a approuvé ce plan et effectué plusieurs inspections le concernant durant la révision.

La dose collective accumulée par les 142 personnes impliquées était environ 30 % plus basse que la dose attendue (soit 32,51 personnes-mSv). Sur près de 37 tonnes de déchets produits durant le Shutdown, 35 tonnes de déchets inactifs ont été évacuées. Les déchets entreposés pour décroissance pesaient 1,3 tonnes; le reste a été éliminé comme déchet radioactif.

Mesures visant à surveiller les importations et exportations illégales ou involontaires de substances radioactives

La Suisse n'est pas suffisamment préparée pour faire face à l'importation illégale de sources radioactives ou de matériaux contaminés. La catastrophe de Fukushima, ou encore l'importation d'acier inoxydable contaminé provenant d'Inde l'ont clairement démontré. C'est la raison pour laquelle l'OFSP envisage de contrôler régulièrement les entreprises faisant de l'import-export de marchandises potentiellement concernées (acier inoxydable, ferraille, déchets) et de les inciter à effectuer elles-mêmes des contrôles de contamination, si possible de manière indépendante. Il s'agit ainsi d'éviter que des sources radioactives dangereuses soient importées ou exportées d'une manière inaperçue et mettent des personnes en danger.

A cet effet, le PSI a évalué et fourni à l'OFSP un portique mobile permettant des contrôles réguliers. Un nouveau concept de mise en œuvre de ce système précise comment effectuer de futurs contrôles ciblés. Après avoir détecté une source radioactive, il est important de l'identifier rapidement et de la mettre en sécurité, avec la possibilité de faire appel, aux besoins, à des experts en radioprotection. Les premiers essais ont montré que ce portique mobile est capable de mesurer une infime augmentation du débit de dose, permettant ainsi la détection d'une source radioactive illégale. La mise en pratique du système a pu être vérifiée en 2013 lors de sa première utilisation à un poste de douane.

L'année prochaine, d'autres campagnes de mesure sont prévues sur différents sites, afin d'élaborer un concept détaillé de mesure.

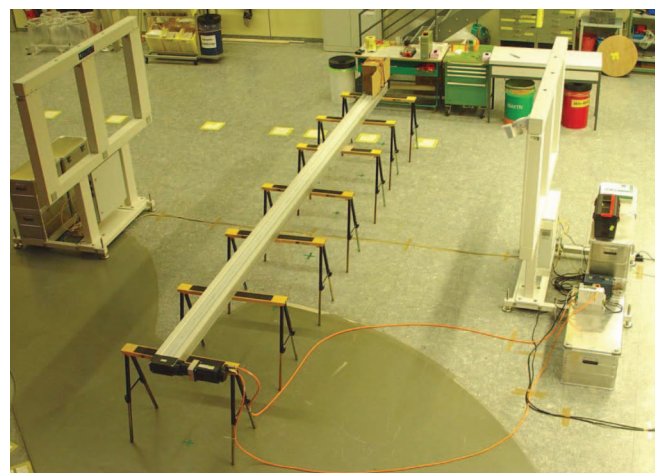


Figure 6 : Installation de test pour les portiques de mesure

« La radioprotection doit être exigée ! »

Les applications médicales modernes en radiodiagnostic et en radiothérapie sont certes très efficaces, mais posent aussi des problèmes de radioprotection. Les cardiologues réalisant des actes invasifs et leurs équipes font partie des professionnels les plus exposés aux rayonnements. On constate toutefois une augmentation de la prise de conscience concernant les mesures de radioprotection, comme en témoignent une visite au laboratoire de cathétérisme cardiaque de l'Hôpital de l'Île à Berne et un entretien avec un cardiologue bâlois expérimenté.

Le quotidien d'un laboratoire de cathétérisme cardiaque

Il règne une ambiance animée ce vendredi matin dans le laboratoire de cathétérisme cardiaque de l'Hôpital de l'Île à Berne. On y voit s'affairer des cardiologues, du personnel soignant et des étudiants, deux patients sont préparés, les moniteurs clignotent et piaillent, les téléphones sonnent. Ici travaillent sept cardiologues qui se relaient 24 heures sur 24 afin de traiter chaque jour près de 25 patients cardiaques. Ce laboratoire a peu à faire avec l'atmosphère stérile d'une salle d'opération ; il a plutôt l'air d'une salle de radiologie surdimensionnée. « Cette activité correspond à notre travail quotidien », assure un cardiologue, « cela ne devient réellement stressant que lorsqu'un patient avec un infarctus est amené toutes voiles dehors. »

Ce type de patient constitue tout de même le 40 % des cas traités.

La prochaine intervention sur la liste est une coronarographie, examen radiologique des vaisseaux coronaires. Cette procédure permet de localiser des rétrécissements problématiques et, si nécessaire, de les réouvrir en plaçant un Stent directement durant l'examen.

L'intervention, accompagnée d'une anesthésie locale, appartient aux traitements appelés mini-invasifs, car elle ne nécessite ni de narcose complète ni d'opération chirurgicale. Les patients ne sentent presque rien durant l'intervention et leurs douleurs disparaissent rapidement après le traitement avec un ballon ou un Stent.

Photo: Keystone



Figure 7 : Le travail dans un laboratoire de cathétérisme cardiaque entraîne une exposition aux rayonnements

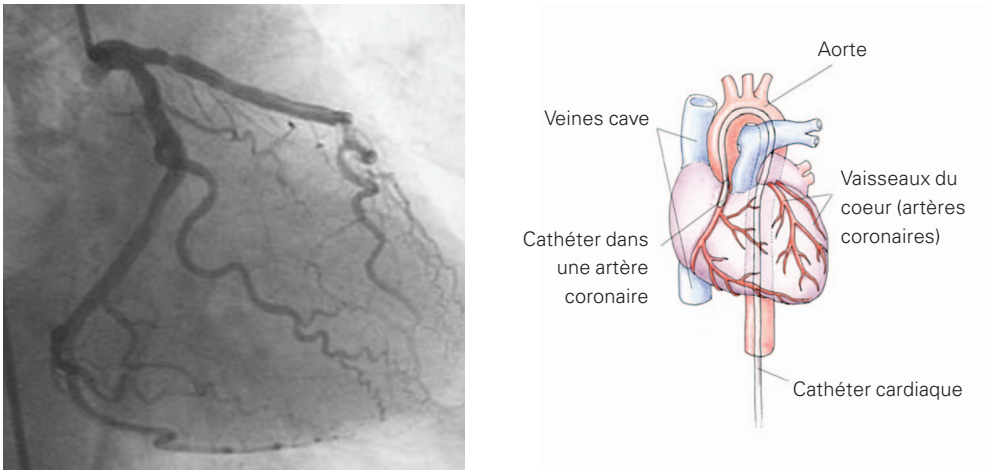


Figure 8: Image des artères coronaires obtenue par coronarographie et modèle des artères coronaires

L'inconvénient : la procédure ne fonctionne qu'en pratiquant une radioscopie intensive à l'aide de rayonnement X.

Entre-temps, le patient concerné par la coronarographie est couché sur la table d'examen et plaisante encore avec le personnel soignant. On pourra s'adresser à lui durant toute la durée de l'intervention. Deux médecins, emmitoufflés dans des tabliers de protection, se mettent maintenant au travail. Avec leurs lunettes en verre plombé et leur protection de la thyroïde sous la blouse de salle d'opération, ils ont un air passablement futuriste et doivent aussi supporter un certain poids. Ils se protègent par ailleurs du rayonnement intense émis par l'installation radiologique en forme d'arc à l'aide de blindages orientables. Le reste de l'équipe soignante se tient dans l'antichambre protégée de la salle de radiologie et est en contact par microphone avec les cardiologues. Le déroulement de l'intervention est consigné minutieusement dans un ordinateur.

L'accès à une artère se fait tout d'abord au niveau de l'aîne, puis on introduit un cathéter. Il s'agit d'un tuyau d'environ 2 millimètres de diamètre qui est déplacé à travers l'aorte jusqu'au cœur.

Sur le moniteur, on observe alors un fil qui serpente mystérieusement, poussé précautionneusement par le cardiologue, à travers les vaisseaux tortueux du patient en direction du cœur, pour finalement faire la place nécessaire à l'endroit du rétrécissement problématique. C'est à cet endroit que, peu de temps après, le Stent sera placé. « C'est comme dans les che-

mins de fer », explique une soignante expérimentée, « là aussi on doit d'abord placer les rails. » Toute l'intervention n'a duré jusqu'ici que quelques minutes ; les avantages pour le patient sont évidents.

Mais qu'en est-il de l'exposition aux rayonnements ?

Nous nous entretenons à ce sujet avec le Professeur Burkhard Hornig, cardiologue bâlois expérimenté, membre du groupe de travail sur la cardiologie interventionnelle de la Société suisse de cardiologie. Il parle de son travail avec un enthousiasme perceptible : à condition de parfaitement maîtriser son métier, il est très précieux de pouvoir aider des patients avec cette technique qui est au fond « simple ». Il ne faut toutefois pas sous-estimer l'exposition du patient et de l'intervenant, car elle est élevée. En cas de bonne indication, l'utilité de l'intervention l'emporte tout de même nettement sur le risque radiologique. L'argument le plus convaincant est la réduction du taux de mortalité des patients souffrant d'un infarctus du myocarde que cette méthode a permis d'atteindre.

Personnes professionnellement exposées aux radiations

L'exposition aux radiations des cardiologues et de toute l'équipe soignante est au cœur du débat. Durant leur carrière professionnelle, ces personnes sont fortement et parfois longuement exposées lors des interventions et se soucient donc d'une bonne radioprotection. Cette prise de conscience a par chance énormément évolué au cours des dernières années. Selon Burkhard Hornig : « Autrefois, on nous

souriait si l'on tenait à l'acquisition de lunettes en verre plombé ou au contrôle régulier des habits de protection. » Le cas d'un cardiologue pédiatrique décédé d'une tumeur cérébrale potentiellement radioinduite et des indices toujours plus nombreux de cataractes dues aux radiations chez les cardiologues ont par ailleurs suscité une grande attention.

Engagement et expérience

Il est important que les cardiologues en chef s'engagent personnellement. La radioprotection doit faire régulièrement l'objet de colloques et de formations continues. « Dans notre équipe par exemple, nous analysons une fois par mois les résultats de la dosimétrie. Les gens s'y intéressent. » De cette manière, la radioprotection est prise en compte au quotidien et, à juste titre, exigée. En plus des moyens de protection conventionnels, Burkhard Hornig évoque la durée de la radioscopie. Sur les installations modernes, un signal acoustique retentit lorsqu'un seuil de dose est atteint ; on devrait impérativement attacher plus d'importance à ce signal... L'une des réussites personnelles du Pr Hornig en radioprotection concerne l'implantation d'un système CRT/DAI (stimulateur cardiaque spécial à trois électrodes). Grâce à sa grande expéri-

Au cours des trente dernières années, l'examen de cathétérisme cardiaque est devenu la méthode de référence pour le diagnostic et la thérapie des maladies cardiovasculaires. Il s'est développé à un tel point qu'on le pratique aussi, presque sans risque, dans des hôpitaux périphériques ne disposant pas de services de chirurgie cardiaque, ceci à condition qu'un tel service soit toujours atteignable dans les 30 à 45 minutes. Sur l'ensemble de la Suisse, on estime à près de 90 le nombre de cardiologues pratiquant au niveau interventionnel. Le nombre de cas traités augmente continuellement. Les maladies cardiaques et circulatoires sont, avec un taux de 50 %, la cause de décès la plus fréquente dans les pays industrialisés ; bon nombre de patients sont donc concernés. Beaucoup d'interventions requérant autrefois une opération (p. ex. la mise en place de stimulateurs cardiaques et de défibrillateurs, ou encore les opérations sur les valves cardiaques) sont réalisées aujourd'hui avec des méthodes modernes de cardiologie invasive.



Figure 9: Pr Burkhard Hornig, cardiologue

ence, il est parvenu à réaliser cette intervention en une heure seulement (sans radioscopie en continu !)... L'habileté et l'expérience des cardiologues jouent ainsi un rôle essentiel. Les cliniques de cardiologie sont toutefois confrontées à un paradoxe : leur renommée est étroitement liée au nombre de cas traités. Plus ce nombre sera grand, plus la sécurité des patients sera garantie. Malgré cela, un cardiologue devrait éviter de poser des cathéters « à la chaîne » du fait de la forte exposition liée à l'examen.

L'OFSP comme partenaire

Burkhard Hornig apprécie la collaboration avec l'OFSP en matière radioprotection. A l'occasion d'audits techniques, ils discutent ensemble des méthodes permettant de réduire l'exposition des patients et du personnel. « Le fait que l'OFSP s'occupe de la radioprotection est rassurant pour mon personnel médical », ajoute-t-il. Un regard externe est précieux, raison pour laquelle il juge également positivement les audits cliniques prévus à l'avenir par l'OFSP. Dans ce cadre, ce seront des confrères cardiologues qui examineront en détail leurs processus et contribueront ainsi à une optimisation des procédures cliniques dans le domaine du cathétérisme cardiaque.

Le patient à l'Hôpital de l'Île « respire mieux »

A l'Hôpital de l'Île, la coronarographie est terminée après une demi-heure. Le patient a reçu un bandage de compression et doit rester tranquille un moment, même si « on respire tout de suite mieux. » Il pourra vraisemblablement quitter l'hôpital le lendemain déjà. Pas étonnant que la plupart des patients ne veulent pas trop en savoir sur l'exposition aux radiations...

Surveillance de l'environnement

L'OFSP exploite un réseau automatique de mesure de la radioactivité dans l'environnement. En mai 2013, le Conseil fédéral a décidé de rénover ce réseau. Les concentrations radioactives mesurées durant l'année sous revue sont restées inférieures aux limites légales, à part quelques dépassements de la valeur limite pour le césium-137 enregistrés sur du gibier de sanglier au Tessin.

Nouveau réseau de mesures « URAnet »

L'OFSP exploite un réseau de surveillance automatique et en continu de détection dans l'air d'immissions radioactives dans les aérosols (RADAIR). Ce réseau, mis en service suite à l'accident de Tchernobyl, est aujourd'hui techniquement dépassé. L'accident de Fukushima en 2011 a rappelé l'importance de disposer d'un système de surveillance réactif et performant, c'est pourquoi l'OFSP a préparé un projet de rénovation de son réseau RADAIR. Il a également procédé à l'analyse critique de son programme national de mesures et est arrivé à la

lance de l'air (URAnet aero) et l'autre à la surveillance des eaux (URAnet aqua). Le projet prévoit ainsi l'installation de sondes de mesure dans l'Aar et le Rhin, notamment en aval de chaque centrale nucléaire suisse, ainsi qu'à Bâle. Les premières sondes aquatiques (voir figure 10) devraient être opérationnelles en 2014. Le remplacement des moniteurs d'aérosols est, quant à lui, prévu pour 2016-2017.

Mesures en laboratoire et résultats 2013

La surveillance automatique et en continu de la radioactivité dans l'environnement est certes nécessaire, notamment pour alerter en cas d'incident, mais n'est pas suffisante à elle seule. En effet, si les réseaux automatiques de mesure sont très réactifs et délivrent des résultats rapidement (entre 30 minutes et quelques heures), ils ne sont pas très sensibles. Cette surveillance doit être complétée par la mesure régulière d'échantillons d'aérosols et d'eaux de rivière en laboratoire, qui est 5'000 à 10'000 fois plus sensible et permet d'obtenir une information précise sur les niveaux réels de radioactivité présents dans l'environnement. Il est donc prévu de maintenir les mesures actuelles des eaux de l'Aar et du Rhin effectuées chaque mois sur des échantillons prélevés en continu par l'Institut de recherche sur les eaux des EPF (EAWAG), et ce, malgré d'élargissement du réseau automatique de mesure.



Figure 10: Installation d'une sonde de mesure aquatique

conclusion que la surveillance des eaux mise en œuvre était insuffisante. L'OFSP a donc proposé l'élargissement du réseau automatique à la mesure en continu de la radioactivité dans les rivières, afin d'en détecter toute augmentation anormale et d'alerter rapidement les autorités et les fournisseurs d'eau potable. Dans sa décision du 15 mai 2013, le Conseil fédéral a accepté ce projet et mandaté l'OFSP pour sa réalisation. Le nouveau réseau portera le nom de URAnet et comportera deux volets, l'un dédié à la surveil-

L'OFSP élabore chaque année un programme de prélèvements et de mesures, auquel participent d'autres laboratoires de la Confédération, des cantons et des instituts universitaires. Ce programme porte sur les précipitations, les sédiments, les sols, l'herbe, le lait et les denrées alimentaires (y compris les importations). Le contrôle en fin de chaîne de contamination est réalisé par des analyses de la radioactivité assimilée dans le corps humain. Les résultats des

mesures effectuées en 2013 montrent que la radioactivité naturelle est largement prépondérante en Suisse, avec des variations régionales, principalement liées à la géologie.

La radioactivité d'origine artificielle, comme conséquence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl, est, elle aussi, répartie de façon inhomogène sur le territoire : dans les Alpes et le sud des Alpes, les valeurs relevées pour le césium-137 et le strontium-90 sont toujours légèrement supérieures à celles du Plateau. Quant aux émetteurs alpha artificiels, comme le plutonium-239, le plutonium-240 ainsi que l'américium-241, il n'en subsiste que d'infimes traces dans le sol. Bien que les concentrations en césium-137, principalement déposé en Suisse après l'accident de Tchernobyl, diminuent régulièrement depuis 1986, quelques dépassements des valeurs de tolérance sont toujours régulièrement constatés dans des denrées alimentaires telles que les champignons sauvages, le miel ou les myrtilles. Des dépassements de la valeur limite pour les denrées alimentaires, fixée à 1250 Bq/kg pour le césium-137 dans l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants, ont même été enregistrés en 2013 dans des échantillons de sangliers abattus au Tessin. Le canton du Tessin a donc mis en place un contrôle systématique de la radioactivité des sangliers chassés dès l'automne 2013 (voir reportage en page 54).

Surveillance des centrales nucléaires et des industries

L'OFSP coordonne des programmes spécifiques de surveillance des immissions radioactives au voisinage des centrales nucléaires, des centres de recherche (PSI, CERN) et des entreprises qui utilisent des substances radioactives.

Les résultats des mesures effectuées en 2013 dans le cadre de la surveillance des centrales nucléaires et des centres de recherche sont semblables à ceux enregistrés au cours des années précédentes. Les méthodes de mesure mises en œuvre, d'une grande sensibilité, ont mis en évidence des traces de rejets atmosphériques, telles que des valeurs accrues de carbone-14 dans les feuillages au voisinage des centrales nucléaires (aux environs de la centrale de Leibstadt : augmentation maximale de l'ordre de cent pour mille par rapport à la station de référence). Dans les rivières, des traces de rejets liquides ont sporadiquement été détec-

La surveillance par l'OFSP de la radioactivité dans l'environnement doit permettre d'une part de détecter rapidement toute augmentation significative de la radioactivité dans l'environnement, et d'autre part d'évaluer la moyenne annuelle de la dose de rayonnements reçue par la population suisse, afin de la préserver de toute irradiation inadmissible, qu'elle soit d'origine naturelle ou artificielle. Les résultats complets de cette surveillance de l'environnement sont publiés chaque année dans le rapport « Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse », disponible sur le site internet de l'OFSP (www.bag.admin.ch).

tées dans les eaux et les sédiments, notamment des isotopes de cobalt en aval de la centrale nucléaire de Mühleberg. Des valeurs de tritium légèrement accrues, de l'ordre de 6 à 8 Bq/l, ont également été mesurées dans l'Aar. Dans le Rhin, les concentrations en tritium sont généralement restées inférieures à 3 Bq/l. Notons que les rejets à l'origine de la présence de ces radionucléides artificiels dans l'environnement sont restés nettement inférieurs aux valeurs autorisées. Quant aux valeurs plus élevées de césium-137 mesurées dans les sédiments du lac de Biemme, elles feront l'objet d'un chapitre détaillé dans le rapport « Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse », les résultats définitifs n'étant pas disponibles au moment de la publication du présent rapport. La surveillance mise en œuvre au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium a, quant à elle, révélé un marquage clairement mesurable de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) à proximité immédiate des entreprises. Les concentrations enregistrées sont toutefois restées bien inférieures aux limites légales (concentration maximale de 570 Bq/l dans les précipitations, soit 5 % de la valeur limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public).

Les traces de radioactivité artificielle décelées au voisinage des centrales nucléaires, des centres de recherche et des industries témoignent du fonctionnement normal de ces installations ainsi que de l'efficacité des programmes de surveillance mis en œuvre, le risque sanitaire correspondant pour les populations avoisinantes pouvant être considéré comme faible.

Traque au césium-137 sur des sangliers au Tessin

En 1986, le canton du Tessin est la région de Suisse la plus touchée par les retombées en césium-137 consécutives à l'accident de Tchernobyl. Cette contamination peut encore aujourd'hui poser des problèmes sanitaires dans certaines denrées alimentaires sensibles. Suite à l'introduction en 2013 de mesures systématiques de la radioactivité aux postes de contrôle du gibier tessinois, près d'une trentaine de sangliers contaminés ont dû être confisqués durant la session de chasse d'automne.

Nous sommes le lundi 3 septembre, au troisième jour de la saison de chasse au Tessin. L'agitation est palpable au point de contrôle du gibier de Gudo à proximité de Bellinzona. Pris dans un embouteillage de véhicules tous-terrains, les chasseurs attendent leur tour pour faire contrôler les chevreuils, les chamois ou les sangliers qu'ils ont abattus plus tôt dans la journée. En plus des contrôles habituels, les sangliers sont soumis cette saison à une mesure obligatoire de la radioactivité.

Sangliers contaminés au césium-137

Selon Tullio Vanzetti, vétérinaire cantonal du Tessin, « tout a commencé en avril 2013 par l'annonce dans la presse de valeurs anormalement élevées de césium-137 relevées sur des sangliers au nord de l'Italie. » En conséquence, il a pris contact avec la section radioactivité de l'environnement de l'OFSP pour l'analyse en laboratoire d'échantillons de viande de sangliers tessinois. Ces mesures ont mis en évidence sur plusieurs prélèvements une activité de césium-137 supérieure à la valeur limite de 1250 Becquerels par kilogramme (Bq/kg) fixée dans l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants (OSEC). Jugées impropres à la consommation humaine, les denrées alimentaires qui dépassent la limite ne peuvent en aucun cas être commercialisées. La législation sur les denrées alimentaires ne s'applique toutefois pas à la consommation personnelle des produits de la chasse. En vertu du principe de précaution, le vétérinaire cantonal a tout de même décidé de contrôler tous les sangliers abattus et de saisir les cas dépassant la limite légale.

L'OFSP a développé une méthode pour la mesure de tri en comparant le débit de dose mesuré sur un sanglier, avec les résultats des mesures effectuées par spectrométrie gamma en laboratoire sur des échantillons de viande prélevés sur le même animal. Ces analyses ont montré que lorsque le débit de dose net (après soustraction du bruit de fond naturel) à la surface de l'animal était supérieur à 60 nSv/h, la valeur limite de 1250 Bq/kg pour le césium-137 dans la viande était toujours dépassée. Ce seuil de 60 nSv/h a donc été retenu pour la mesure de tri sur site.

Ce jour-là à Gudo, Giovanni Ferrerri, expert en mesure de la radioactivité de l'OFSP, est venu soutenir le personnel du poste de contrôle. Il fait la démonstration des mesures de tri selon une méthode développée par l'OFSP (voir encadré). A cette fin, il utilise un appareil de mesure du débit de dose, dont il place la chambre à scintillation directement sur l'animal. Il relève la valeur maximale mesurée durant environ 30 secondes et l'additionne avec le bruit de fond naturel mesuré le matin-même à 110 nano Sievert par heure (nSv/h). Comme le souligne Giovanni Ferrerri, « le seuil de contamination étant fixé à 60 nSv/h, tous les sangliers qui dépassent le débit de dose de 170 nSv/h doivent être confisqués. »

Pourquoi les sangliers ?

Les forêts tessinoises sont particulièrement riches en truffes de cerf, champignon non comestible pour l'homme qui pousse dans le sol à environ dix centimètres de profondeur, soit au niveau où se trouve aujourd'hui le césium-137 qui s'est lentement infiltré dans le sol depuis 1986. Les truffes de cerf ont la particularité d'absorber une grande quantité de radioactivité. Les activités en césium-137 enregistrées dans ces champignons au Tessin atteignent le plus souvent plusieurs milliers de Bq/kg et sont donc nettement supérieures à celles rencontrées dans les champignons comestibles pour l'homme. Les truffes de cerf constituent un mets très apprécié des sangliers, qui parviennent à les dénicher grâce à un odorat particulièrement développé. Il faut dire que le Tessin ne manque pas non-plus de sangliers : l'Office cantonal de la chasse et de la pêche estime que leur nombre a quadruplé ces dernières années. Cette présence en masse est à l'origine de fréquents dégâts aux cultures. Il est donc permis de chasser le sanglier pendant plusieurs mois par année afin de réguler la population. Chaque année, entre 1000 et 1600 sangliers sont ainsi abattus au Tessin et finissent le plus souvent dans l'assiette du chasseur.

Des chasseurs compréhensifs

Sur une trentaine de sangliers examinés ce jour-là à Gudo, deux cas dépassaient le seuil de 170 nSv/h. Le sanglier le plus fortement contaminé, abattu dans le district de Bellinzona par Gianpaolo Filippini, chasseur amateur, a indiqué un débit de dose de pratiquement 380 nSv/h (fig. 11/12), correspondant à une activité spécifique de 7000 Bq/kg lors de l'analyse en laboratoire. Le chasseur reste philosophe : « La saison de chasse est encore longue, j'espère vous revoir, mais cette fois avec un sanglier que je pourrai déguster sans me poser de question ! » Tullio Vanzetti confirme que la grande majorité des chasseurs réagissent positivement, car ils comprennent que ces contrôles visent avant tout à protéger leur santé. Ils peuvent par ailleurs bénéficier d'une indemnisation financière de la part du canton pour chaque sanglier confisqué.

Bilan de la session d'automne de chasse

On a procédé au prélèvement de la langue de chaque sanglier confisqué à des fins d'analyse en laboratoire. Sur cette base, un bilan sur l'ensemble de la saison de chasse du mois de

septembre a pu être dressé. Sur presque 470 sangliers abattus dans le canton, 27 sangliers dépassaient la valeur limite de 1250 Bq/kg fixée dans l'OSEC (soit 6 % des cas).

En ce qui concerne le traitement des carcasses contaminées, l'article 82 de l'ordonnance sur la radioprotection prévoit que des matériaux faiblement actifs peuvent exceptionnellement être rejetés dans l'environnement si on a la garantie qu'en les mélangeant avec des matériaux inactifs, la limite d'exemption fixée à 800 Bq/kg pour le césium-137 ne sera pas dépassée. En vue de la faible quantité et de la nature des déchets, l'OFSP a considéré sur la base d'estimations que l'élimination des carcasses par la voie conventionnelle de traitement de déchets carnés représentait une solution sûre tant pour l'environnement que pour l'homme. L'élimination a été accompagnée de mesures d'échantillons qui confirment cette hypothèse.

Les autorités cantonales ont décidé de suivre la situation avec attention dans les années à venir, d'autant que l'origine de la contamination des sangliers a pu être identifiée avec précision et que la période de demi-vie du césium-137 est de trente ans. L'OFSP a par ailleurs prévu une publication scientifique sur le sujet en 2014.



Figures 11/12 : Le chasseur Gianpaolo Filippini et son sanglier contaminé au césium-137

Plan d'action radon 2012-2020

Le gaz radioactif radon représente la deuxième cause de cancer du poumon après le tabagisme et est à l'origine de 200 à 300 décès chaque année en Suisse. Ces dernières années, les instances internationales ont publié de nouvelles directives concernant le radon, qui prévoient notamment une valeur de référence de 300 becquerels par mètre cube (Bq/m³) dans les locaux d'habitation et de séjour. Sur cette base, l'OFSP a réévalué la situation pour la population suisse et proposé des mesures correspondantes dans le « Plan d'action radon 2012-2020 », approuvé par le Conseil fédéral en mai 2011.

Révision de la législation

La mise en conformité des dispositions légales en matière de radon avec les nouveaux standards internationaux constitue l'une des mesures phares du plan d'action. Durant l'année 2013, l'OFSP a mené d'intenses réflexions à ce sujet dans le cadre de la révision totale de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP), en intégrant notamment la Suva, en tant qu'autorité de surveillance pour les travailleurs.

Le nouveau chapitre sur le radon a été soumis pour validation à trois représentants cantonaux issus de la Conférence des chefs des services de la protection de l'environnement (CCE) et de l'Association des chimistes cantonaux de Suisse (ACCS). Suite à ces échanges, l'OFSP a en-

voyé un courrier en novembre 2013 à tous les membres de la CCE et de l'ACCS, afin de les informer sur les adaptations prévues, avant que ne démarre la procédure officielle d'audition. La principale modification concerne le remplacement des valeurs légales actuelles de 400 Bq/m³ et de 1000 Bq/m³ pour les locaux d'habitation et de séjour, par une seule valeur de référence de 300 Bq/m³, sous respect du principe d'optimisation. Toutes les régions de Suisse seront donc potentiellement concernées par des mesures de protection, ce qui requiert l'adoption d'un dispositif efficient en terme de coût-bénéfice et facilement transposable pour les autorités cantonales.

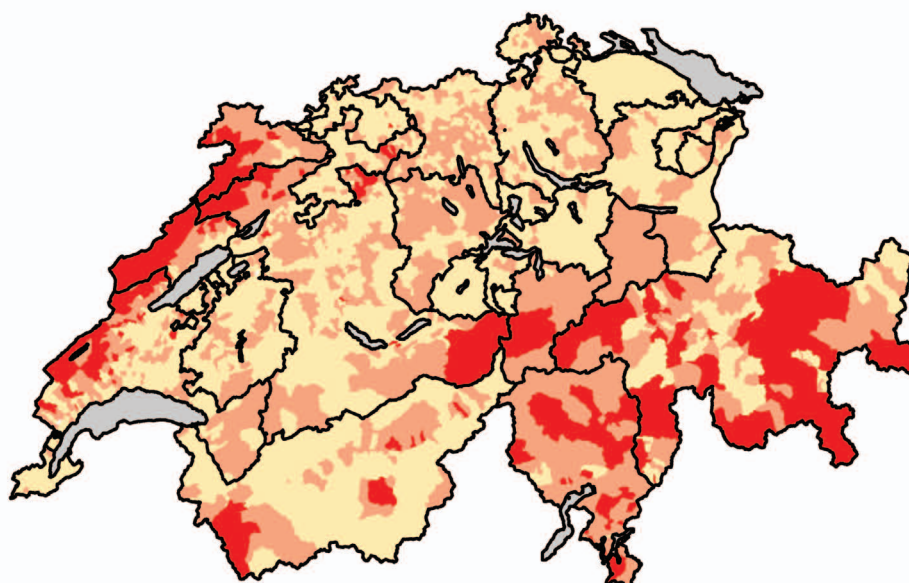


Figure 13 : Carte du radon en Suisse (locaux d'habitation et de séjour), Etat : 2013, Source : GG25 © Swisstopo

Risque en radon* :
léger
moyen
élevé

* Remarque : dans certaines communes, le risque en radon est estimé à partir d'un échantillon insuffisant de mesures, à voir dans le « moteur de recherche par commune » sous www.ch-radon.ch.

Dans ce cadre, l'OFSP a présenté l'état actuel de l'implémentation en Suisse des normes européennes en matière de radon à l'occasion de la conférence annuelle du Fachverband für Strahlenschutz qui s'est tenue en septembre 2013 à Essen-D.

Priorité aux prescriptions de construction et à la formation

L'OFSP propose à l'avenir d'agir en priorité sur les nouvelles constructions et les rénovations, par le biais de structures existantes. Il est prévu que l'autorité responsable de l'octroi des autorisations de construire rende le maître de l'ouvrage attentif aux exigences de l'ORaP ainsi qu'aux techniques de construction préventives protégeant du radon. En fixant la priorité au contrôle systématique des bâtiments neufs, ainsi qu'à l'assainissement des cas dépassant la valeur de référence, le maître de l'ouvrage aura la possibilité de faire valoir ses droits contre l'entrepreneur en cas d'exécution défectueuse de l'ouvrage dans le délai prévu par le code des obligations.

Cette démarche permettra d'harmoniser les pratiques des professionnels de la construction selon l'état de la technique, actuellement défini dans des recommandations de l'OFSP, téléchargeables sous www.ch-radon.ch. La nouvelle version de la norme 180 de la Société suisse des ingénieurs et architectes (SIA) concernant l'isolation thermique et la protection contre l'humidité dans les bâtiments viendra prochainement compléter ces recommandations. La norme SIA 180 de 1999 fixait simplement que « l'étanchéité entre la zone habitée et les caves ou le sol doit être particulièrement soignée dans les régions où le risque d'exposition au radon est élevé. » La version révisée (projet de septembre 2013) intègre la notion de qualité de l'air et préconise la mesure de l'étanchéité des surfaces de séparation entre « locaux habités » et

« locaux pollués », notamment les portes et les passages de conduite. De plus, elle prévoit la prise en compte du radon durant la planification des travaux et l'adoption de mesures préventives complémentaires en présence de locaux habités en contact direct avec le terrain sous-jacent et/ou d'une cave naturelle.

L'article 118 de l'ORaP actuelle donne la possibilité à l'OFSP d'organiser des cours de formation. Plusieurs formations continues destinées aux professionnels de la construction ont déjà eu lieu dans des hautes écoles spécialisées et des universités, permettant de former plus de 200 consultants en radon. Durant l'année 2013, de telles formations ont été organisées à l'*Università delle Svizzere Italiana (USI)* et à la *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI)*. Par ailleurs, la *Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)* a mis sur pied un cours pratique pour les futurs consultants en radon ayant passé avec succès l'examen théorique de la plateforme d'auto-apprentissage de l'OFSP. A l'occasion de la révision de l'ORaP, il est prévu de renforcer l'ancrage légal de la formation des consultants en radon et de préciser leur rôle. A cette fin, l'OFSP projette d'intégrer les exigences et les contenus des cours dans l'ordonnance sur la formation en radioprotection.

Au niveau international, l'Organisation mondiale de la santé a organisé une rencontre à Paris en avril 2013, avec la participation de l'OFSP, dans le but de créer une brochure sur les techniques de protection contre le radon, destinée à la formation des métiers du bâtiment.

Approche graduée pour l'assainissement

Afin d'améliorer la situation dans les bâtiments existants, il convient d'adopter une approche graduée, régie par le principe de proportionnalité. Dans le cadre de la future stratégie, on envisage d'assainir le bâtiment au plus tard lors de sa prochaine transformation nécessitant une autorisation de construire, ainsi que de donner la possibilité aux cantons d'accorder des allègements dans des cas isolés et justifiés. On profitera ainsi de synergies avec le renouvellement

naturel du parc immobilier. Même si l'obligation d'assainir est maintenue pour les propriétaires de bâtiments en location, cet aspect ne sera sans-doute pas repris dans la nouvelle ORaP, car il est déjà suffisamment couvert par le code des obligations. Les cantons auront toutefois encore la possibilité d'ordonner une mesure du radon, p. ex. sur demande d'un locataire.

Selon le plan d'action radon « l'effort doit se porter sur l'assainissement des dépassements les plus urgents dans un souci de protéger la population la plus exposée. » Durant l'année 2013, plusieurs cantons ont lancé des projets visant à encourager les propriétaires des bâtiments les plus touchés, principalement des maisons individuelles et des écoles, à faire effectuer une expertise par un consultant en radon reconnu par l'OFSP. Les consultants en radon ont été informés des critères minimaux attendus pour une expertise, comprenant le diagnostic (état des lieux et mesures de contrôle) et l'élaboration d'un plan d'assainissement du bâtiment. Selon l'article 116 de l'ORaP, les travaux en tant que tels restent toutefois à charge du propriétaire.



Figure 14 : Dosimètres à radon

Développement d'outils et de méthodes

De nombreux projets ont été lancés pour préparer la transition vers la nouvelle stratégie.

L'OFSP soutient par exemple une thèse de doctorat dans le domaine de la cartographie géostatistique du radon menée par l'Institut de radiophysique (IRA) à Lausanne. Par ailleurs, un groupe de travail constitué de l'Institut fédéral de métrologie (METAS) et de l'OFSP, dans lequel les cantons sont aussi représentés, est actuellement

L'OFSP a créé trois centres de compétence régionaux dans les hautes écoles spécialisées suivantes :

- *Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)* à Muttenz pour la Suisse allemande
- Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg pour la Suisse romande
- *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI)* à Canobbio pour la Suisse italienne

Chacun de ces centres est chargé de suivre l'état de la technique en matière de protection contre le radon et de favoriser la formation dans leur région linguistique ainsi que les échanges entre les acteurs impliqués.

chargé de définir des protocoles standardisés pour la mesure agréée du radon. Une méthode de diagnostic rapide est également en cours de développement. Enfin, l'EIA-FR (projet MESQUALAIR) et la SUPSI ont lancé des études visant à vérifier l'effet de l'efficacité énergétique sur la qualité de l'air dans des bâtiments neufs et rénovés. Quant à la *Hochschule Luzern*, elle s'intéresse à la mesure du radon dans des bâtiments équipés d'échangeurs géothermiques.

Les résultats de ces projets seront disponibles entre 2014 et 2015, avant l'ORaP révisée, dont l'entrée en vigueur est planifiée pour l'année 2016.

L'état-major de crise de l'OFSP en action

Les 19 et 20 novembre 2013, la protection en cas d'urgence des centrales nucléaires suisses a été contrôlée dans le cadre de l'exercice général d'urgence 2013. Celui-ci avait pour but principal de tester et d'entraîner la coordination des organisations d'intervention.

Le scénario de l'exercice général d'urgence 2013 (EUG 13) a pris pour point de départ un accident grave à la centrale nucléaire de Leibstadt. Il impliquait principalement les organes suivants : l'état-major de crise de la centrale ainsi que les organisations officielles de conduite et d'état-major prévues dans un tel cas, en particulier l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN), la Centrale nationale d'alarme (CENAL), rattachée à l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP), l'Etat-major fédéral ABCN, les états-majors de conduite des cantons d'Argovie, de Bâle-Campagne et de Bâle-Ville, ainsi que l'OFSP. Divers organes des pays voisins, notamment d'Allemagne, ainsi que l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), basée à Vienne, ont aussi participé à l'exercice.

Durant deux jours, l'Etat-major fédéral ABCN, qui est composé de représentants des offices fédéraux impliqués, de l'armée, des cantons et d'autres organisations importantes pour la gestion de telles crises, a ordonné, coordonné et contrôlé les mesures nécessaires. Le premier

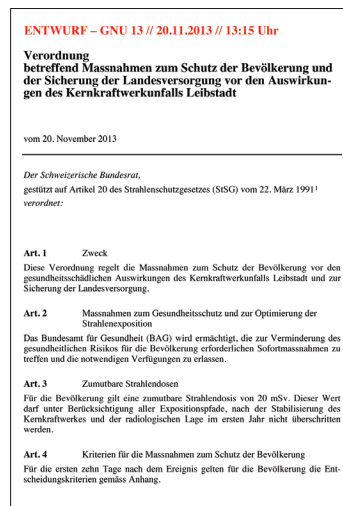


Figure 16 : Ordonnance d'urgence du DFI (en allemand)

jour, c'était Willi Scholl, directeur de l'OFPP, qui a conduit cet état-major. Le deuxième jour, c'est Pascal Strupler, directeur de l'OFSP, office compétent pour la législation en radioprotection, qui a repris le flambeau.

L'état-major de crise de l'OFSP était conduit par Werner Zeller, chef de la division Radioprotection, qui a coordonné toutes les mesures du côté de l'OFSP. Plusieurs secteurs de cet office l'ont soutenu dans cette tâche : la division Droit, la division Communication ainsi que la section Gestion de crise et collaboration internationale.

Au cours de l'exercice, l'état-major de crise de l'OFSP a élaboré entre autres une ordonnance à l'intention du Conseil fédéral, à laquelle les propositions des autres offices fédéraux et des organisations impliquées ont aussi été intégrées. Dans le cas d'un incident concret, cette ordonnance aurait été la base légale pour la maîtrise à moyen et long terme des suites de l'accident de la centrale nucléaire.

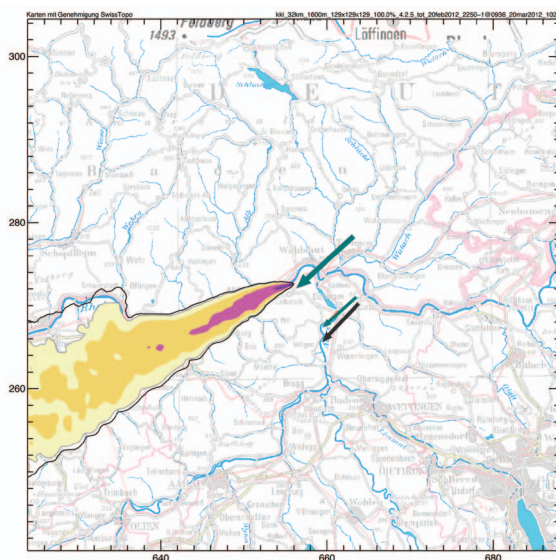


Figure 15 : Pronostic de dispersion de l'IFSN

Exposition de la population aux rayonnements en 2013

La plus grande partie de l'exposition aux rayonnements de la population est due au radon dans les habitations et sur les lieux de travail, ainsi qu'aux examens médicaux. L'exposition à ces sources varie largement d'un individu à l'autre. Par ailleurs, on n'a pas observé, à l'exception de quelques cas, de dépassements des limites de dose chez les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession.

Doses de rayonnement reçues par la population

Le radon domestique, le diagnostic médical et la radioactivité naturelle sont les trois principales composantes de l'exposition de la population (fig. 17). Pour cette dernière, la valeur limite de dose (applications médicales exceptées) est fixée à 1 mSv par an. L'exposition aux rayonnements dans le cadre professionnel, en particulier des jeunes et des femmes enceintes, est réglementée par des dispositions spécifiques.

Doses de rayonnement dues au radon

Le radon-222 et ses descendants radioactifs, présents dans les locaux d'habitation et de travail, constituent la majeure partie de la dose de rayonnement reçue par la population. Ces radionucléides pénètrent dans le corps par l'air respiré. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) estime que le risque de cancer du poumon dû au radon est environ deux fois plus élevé que lors de son évaluation précédente (CIPR 115, 2010). En conséquence, la dose moyenne de radon à laquelle la population suisse est exposée doit être corrigée vers le haut. Elle s'élève maintenant à 3,2 mSv par an au lieu de 1,6 mSv par an, valeur qui avait été calculée sur la base des anciens facteurs de dose figurant dans la publication 65 de la CIPR. A noter toutefois que la dose de rayonnement due au radon n'est pas la même partout. La valeur moyenne est calculée à partir de la concentration moyenne en radon, à savoir 75 Bq/m³.

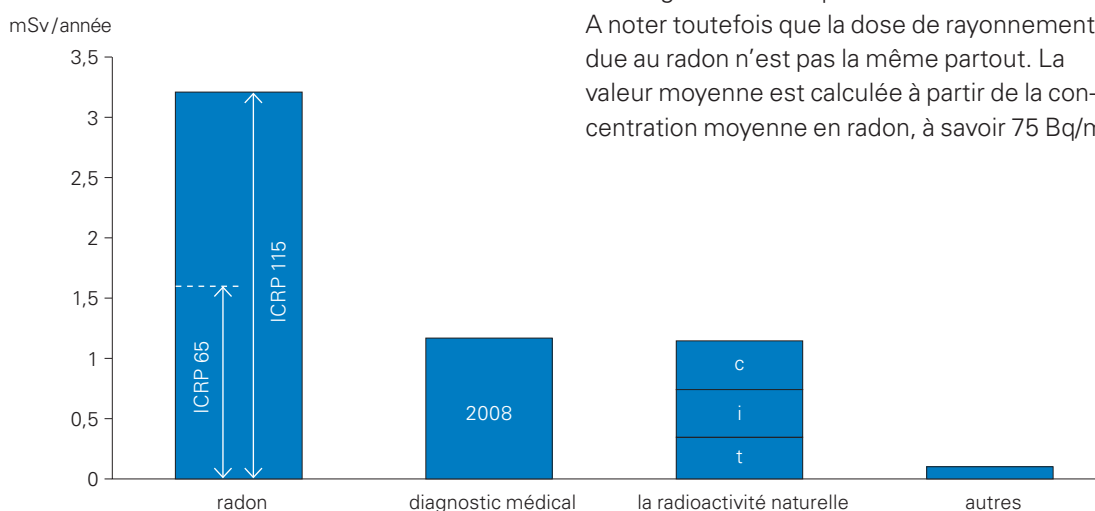


Figure 17 : Doses moyennes de rayonnement reçues par la population suisse en [mSv/an/personne]. La dose inhérente au radon (calculée sur la base de la CIPR 65) est sensiblement revue à la hausse après la nouvelle évaluation de la CIPR (115, 2010). La dose induite par le radiodiagnostic médical se base sur l'enquête de 2008. La dose provenant de la radioactivité naturelle résulte du rayonnement terrestre (t), de l'incorporation (i) et du rayonnement cosmique (c). La rubrique « autres » englobe les centrales nucléaires, les instituts de recherche ainsi que les radio-isotopes artificiels présents dans l'environnement.

Doses de rayonnement dues au diagnostic médical

La dose moyenne reçue par la population par le biais d'applications médicales (diagnostic radiologique) est d'environ 1,2 mSv par an et par personne (évaluation de l'enquête de 2008). Plus des deux tiers de la dose collective annuelle en radiodiagnostic sont dus aux examens de tomodensitométrie. Comme dans le cas du radon, l'exposition par le diagnostic médical est très inégalement répartie sur la population. Les deux tiers environ des individus ne reçoivent pratiquement aucune dose associée au radiodiagnostic et, pour un faible pourcentage de la population, la dose excède 10 mSv.

Rayonnement terrestre et cosmique

Le rayonnement terrestre, c'est-à-dire le rayonnement provenant du sol et des roches, induit une dose moyenne de 0,35 mSv par an et dépend de la composition du sol. La dose associée au rayonnement cosmique s'élève en moyenne à 0,4 mSv par an. Ce rayonnement augmente avec l'altitude, car il est atténué par l'atmosphère terrestre. A 10 000 mètres d'altitude, il est environ 100 fois plus élevé qu'à 500 mètres. Ainsi, un vol transatlantique (aller-retour) représente une dose d'environ 0,06 mSv. Pour le personnel navigant, la dose peut atteindre quelques mSv par an.

Radionucléides dans les aliments

Des radionucléides naturels sont également assimilés dans le corps humain par l'intermédiaire de l'alimentation et occasionnent une dose moyenne d'environ 0,35 mSv par an, la contribution la plus importante provenant du potassium-40 fixé dans les tissus musculaires (environ 0,2 mSv par an). En plus du potassium-40, les aliments contiennent des radionucléides issus des séries de désintégration naturelle de l'uranium et du thorium. On y trouve aussi des radionucléides artificiels, principalement le césium-137 et le strontium-90, qui proviennent des retombées des essais nucléaires atmosphériques effectués dans les années 1960 ainsi que de l'accident de Tchernobyl, survenu en avril 1986. Les mesures au corps entier réalisées chaque année sur des collégiens ont montré que les doses occasionnées par l'incorporation du césium-137 étaient inférieures à un millième de mSv par an.

Autres sources de rayonnement (artificielles)

Aux doses de rayonnement mentionnées précédemment vient s'ajouter une faible contribution, évaluée à $\leq 0,1$ mSv par an, qui comprend l'irradiation due aux centrales nucléaires, aux industries, à la recherche et à la médecine, aux biens de consommation et aux objets usuels ainsi qu'aux radio-isotopes artificiels présents dans l'environnement. Notons que les doses occasionnées par les retombées de l'accident de Tchernobyl et par les essais nucléaires atmosphériques des années 1960 ne représentent plus aujourd'hui que quelques centièmes de mSv par an. La dose associée à la dispersion de substances radioactives après l'accident de Fukushima est négligeable en Suisse.

Les doses reçues par les personnes habitant à proximité immédiate des centrales nucléaires suisses, du PSI ou du CERN, et qui sont attribuables aux substances radioactives émises par ces installations dans l'air et dans les eaux usées, atteignent, au maximum, un centième de mSv par an.

Exposition aux rayonnements dans le cadre professionnel

En Suisse, environ 81 000 personnes ont été exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession durant l'année sous revue. Dans les secteurs de la médecine et de la recherche, l'OFSP effectue une analyse en cas de dépassement de 2 mSv pour la dose mensuelle au corps entier, ou de 10 mSv pour la dose mensuelle aux extrémités. C'est dans les domaines de la médecine nucléaire et de la radiologie interventionnelle que les doses élevées ont été les plus nombreuses.

Une statistique détaillée figure dans le rapport annuel « Dosimétrie des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession en Suisse », qui a été publié sur le site Internet de l'OFSP au printemps 2014.

Protection sanitaire contre le rayonnement non ionisant et le son

Projet d'une nouvelle loi fédérale sur le rayonnement non ionisant et le son.

Le rayonnement non ionisant (RNI) et le son émis par des produits et par d'autres sources peuvent être dangereux pour la santé lorsque l'être humain y est exposé trop intensément. Pour éviter cette situation, il existe déjà aujourd'hui des prescriptions légales dans le domaine de l'environnement, sur le lieu de travail, en médecine ou encore pour l'ensemble des produits qui sont sur le marché. Certaines de ces réglementations posent cependant des problèmes d'application. Il existe par ailleurs des lacunes au niveau légal. En effet, certains appareils sont accessibles à des amateurs, alors qu'ils devraient en principe être réservés à des professionnels formés. A l'heure actuelle, on ne peut éviter que des privés se procurent des produits très dangereux, comme des pointeurs laser de forte puissance, soit directement, soit de manière incontrôlée à l'étranger via Internet.

Le Conseil fédéral a donc mandaté l'OFSP au cours des années passées pour, d'une part, identifier les lacunes au niveau de la législation et de son exécution, et d'autre part, proposer une nouvelle loi visant à compléter les bases légales existantes. Le Conseil fédéral a envoyé le projet de loi en consultation au printemps 2014.

La nouvelle loi vise à réglementer les produits qui génèrent des RNI ou des rayonnements sonores. Dans des cas exceptionnels, elle prévoit des mesures strictes, telles que l'interdiction de produits présentant une menace sanitaire grave pour la population. Cela concerne en particulier les pointeurs laser de forte puissance, très dangereux pour la santé, et qui posent un sérieux problème de sécurité, par exemple pour les pilotes. Des mesures plus simples sont prévues pour les produits qui, bien qu'affectant fortement les individus avec des RNI ou des rayonnements sonores, ne mettent pas, ou peu, leur santé en danger s'ils sont utilisés correctement. Il s'agit notamment de produits très performants, par exemple les lasers médicaux utilisés aujourd'hui dans la cosmétique, dont une partie des fournisseurs n'est pas assez qualifiée. On prévoit aussi la création d'une nouvelle base légale pour les produits dont seule une utilisation conforme aux prescriptions de sécurité du fabricant ne compromet pas la santé. Cela touche par exemple les solariums, qui, exploités de manière inappropriée, engendrent des brûlures et des cancers de la peau. A l'heure actuelle, il n'est pas possible de contrôler si les exploitants de solarium respectent ces exigences de sécurité. En plus des prescriptions liées à des produits, la nouvelle loi vise aussi à réglementer les situations dont l'exposition à des RNI et à des rayonnements sonores ne provient pas que d'un seul produit. Il s'agit avant tout de manifestations



Figure 18 : Clips vidéo de l'OFSP et de la Suva : Conseils pour une bonne acoustique



Figure 19 : Le dispositif *Laser Show Risk Analyzer (LASRA)* mesure les projets de shows laser (source : METAS)

publiques, telles que des concerts, au cours desquelles les expositions sont issues de différentes sources. La nouvelle loi prévoit en outre la prise en compte des expositions provenant de sources naturelles. Le gouvernement fédéral disposera ainsi d'une base légale solide, lui permettant une information appropriée du public.

Son

Pour la journée 2013 contre le bruit, l'OFSP a produit trois clips vidéo en collaboration avec la Suva. Ceux-ci rendent attentifs aussi bien les personnes qui fréquentent les clubs que les organisateurs de concerts au fait qu'une bonne musique ne doit pas nécessairement avoir un niveau sonore excessif. Dans ces clips, un acousticien, un musicien, un technicien du son et un organisateur de concerts donnent des conseils pratiques sur la manière d'obtenir un bon son, avec des moyens simples même dans des petites salles. Les trois vidéos sont accessibles sur le site Internet de la radioprotection (www.bag.admin.ch/schall).

Le groupe fribourgeois « The Armonist » a gagné le concours de la meilleure chanson sur le thème « Protéger ses oreilles du bruit et de la musique forte », organisé par l'OFSP et la Suva. Avec leur chanson « 120 décibels » et le clip associé, le groupe s'adresse au public et veut

montrer que les amateurs de musique doivent prendre soin de leur ouïe s'ils veulent aussi à l'avenir pouvoir profiter de la musique dans toutes ses facettes.

Le contrôle des shows laser à portée de main

Avec leurs faisceaux multicolores, les shows laser permettent d'agrémenter l'ambiance de discothèques ou de salles de concert plongées dans les fumigènes. Aussi impressionnants que soient ces rayons, ils peuvent conduire à de graves lésions oculaires lorsqu'ils ne sont pas utilisés prudemment et soigneusement.

En Suisse, les valeurs limites applicables aux shows laser, fixées dans l'ordonnance son et laser, peuvent maintenant être contrôlées grâce à un nouveau système d'évaluation développé par l'Institut fédéral de métrologie (METAS), en collaboration avec l'OFSP. Le dispositif, appelé Laser Show Risk Analyzer (LASRA), permet de mesurer et de contrôler sur place le show laser dans son intégralité. Si les valeurs limites sont dépassées, il est possible de procéder à des corrections, souvent grâce à de petites adaptations techniques.

La division Radioprotection en bref

La radioprotection – notre mission au service de la santé et de l’environnement.

Les rayonnements sont omniprésents. Utiles en médecine, dans l’industrie et la recherche, ils présentent certains risques pour l’homme et l’environnement. Que ce soit dans le monde du travail, dans la nature ou dans la vie privée, une forte exposition à des radiations, à des déchets radioactifs ou au radon n’est pas sans danger. La division Radioprotection s’emploie donc à protéger la population des effets nocifs des rayonnements. Plus de 40 collaborateurs, issus de nombreux domaines professionnels, s’engagent pour que les doses de rayonnements auxquelles est exposée la population suisse se justifient et soient maintenues à un niveau aussi bas que possible. La première priorité est donnée aux mesures visant à empêcher les accidents et à réduire les doses élevées subies par la population, les patients ainsi que les personnes exposées aux rayonnements dans l’exercice de leur profession.

En vue d’atteindre cet objectif de façon approfondie et durable, nous disposons de moyens diversifiés. En ce qui concerne les rayonnements ionisants, la loi sur la radioprotection et ses diverses ordonnances d’application sont primordiales. Elles visent à protéger l’homme et l’environnement dans toutes les situations dans lesquelles des rayonnements ionisants ou une augmentation de la radioactivité présenteraient un danger. Notre division délivre les autorisations d’utiliser les rayonnements ionisants en médecine, dans l’industrie et dans la recherche. Pour ce qui est des rayonnements non ionisants, nous mettons l’accent sur l’information de la population. Nous souhaitons, en effet, inciter cette dernière à protéger sa santé en faisant un usage judicieux des applications impliquant ce type de rayonnements.

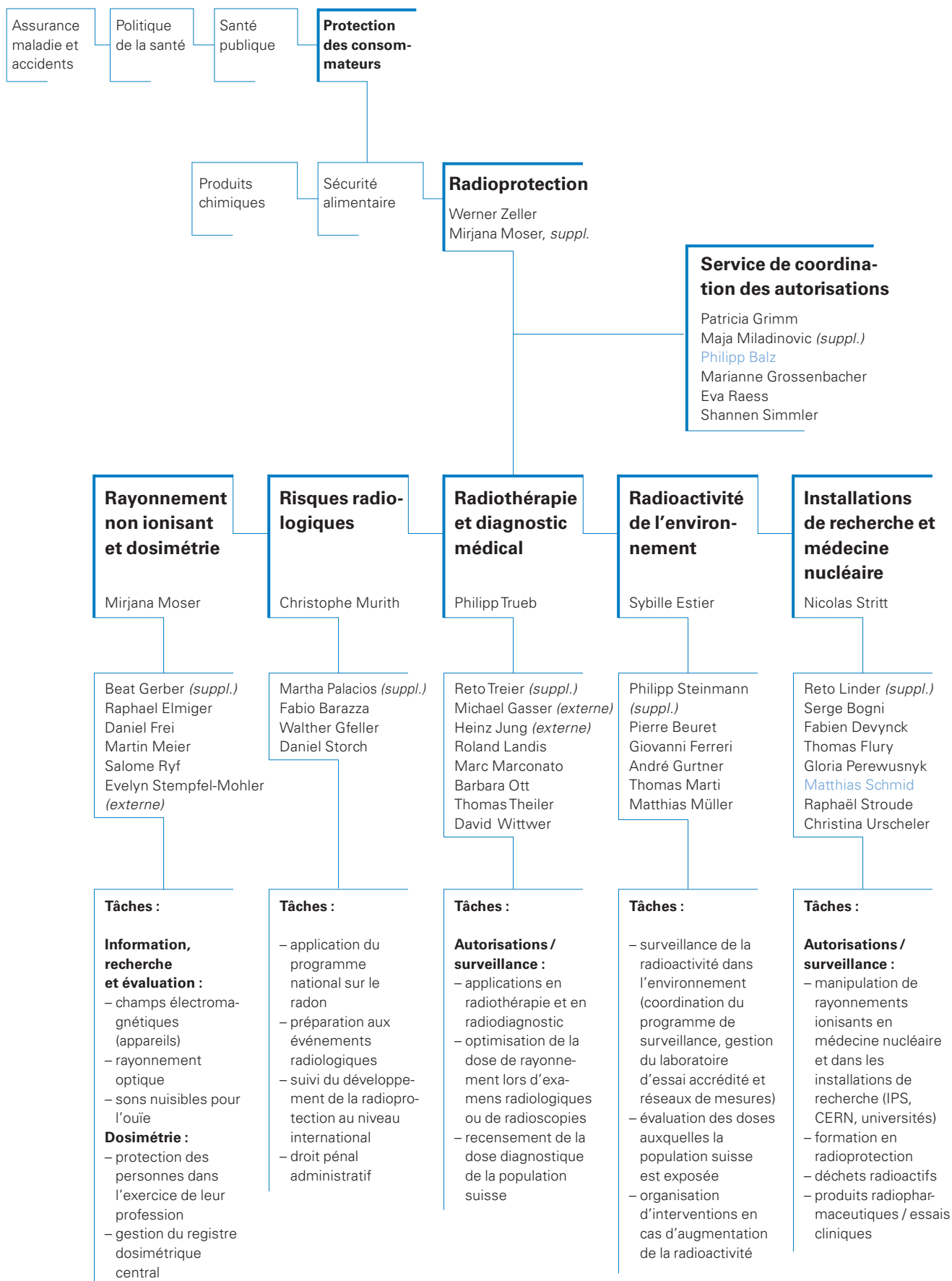
Une radioprotection approfondie et durable ne fonctionne pas sans appui externe. Ainsi, nous mettons en application la législation en radioprotection en collaboration avec différents partenaires. Dans le domaine des rayonnements non ionisants, nous participons à des projets de

recherche et à des programmes de prévention aux niveaux national et international. Toutes ces collaborations nous permettent de réévaluer en continu les risques induits par les rayonnements sur la santé.

La division est composée de cinq sections et d’un service de coordination compétent en matière de gestion des processus d’autorisation. Nos tâches principales sont les suivantes :

- Autorisations et surveillance en radiothérapie, en médecine nucléaire et en radiodiagnostic médical ; la protection des patients ainsi que celle du personnel médical est au cœur de notre action
 - Surveillance de la radioactivité dans l’environnement
 - Evaluation des doses de rayonnements ionisants reçues par la population suisse
 - Réalisation du Programme national radon
 - Autorisations et surveillance des installations complexes de recherche qui travaillent avec des rayonnements ionisants
 - Homologations et expertises de type de sources radioactives
 - Entretien d’un dispositif de gestion de crise pour pouvoir intervenir sans retard en cas d’incidents radiologiques et de catastrophes
 - Assistance des entreprises et des personnes concernées lors d’une défaillance ou d’un accident
 - Reconnaissance des formations en radioprotection
 - Autorisation d’études cliniques utilisant des produits radiopharmaceutiques marqués avec des substances radioactives
 - Elimination des déchets radioactifs provenant de la médecine, de l’industrie et de la recherche
 - Information, ainsi que recommandations de prévention et de précaution, concernant le rayonnement non ionisant pour éviter les expositions optiques, électromagnétiques ou acoustiques qui pourraient mettre en danger la santé humaine.
-

Office fédéral de la santé publique



les collaborateurs marqués en bleu ont quitté l'office en cours d'année

Réseau international

Les spécialistes de la division Radioprotection participent aux travaux menés par diverses commissions internationales et contribuent activement à différents projets internationaux, dans le but d'appliquer en Suisse une radioprotection de niveau international. Les partenaires les plus importants sont :

Commission internationale de protection radiologique (CIPR)

Ses recommandations sont reprises dans le droit national de la plupart des Etats, notamment en Suisse. L'OFSP représente la Suisse dans la Commission 4, organe consultatif en matière d'application des recommandations de la CIPR.

International Radiation Protection Association (IRPA)

Le congrès IRPA 2014 se tiendra du 23 au 27 juin à Genève. Informations complémentaires sous :

www.irpa2014europe.com

Organisation mondiale de la santé (OMS)

L'OFSP représente la Suisse dans les projets de l'OMS suivants :

Initiative mondiale de l'OMS :

elle a pour but d'améliorer de la radioprotection en médecine.
www.who.int/ionizing_radiation/about/med_exposure/en/index1.html

Projet radon de l'OMS :

le projet vise à réduire, à l'échelle mondiale, le cancer du poumon lié au radon.
www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en

OMS-Intersun :

Intersun est un projet ayant pour objectif de diminuer, à l'échelle mondiale, les effets nocifs des rayons UV.
www.who.int/peh-uv

Projet CEM de l'OMS :

le projet évalue les risques sanitaires liés aux champs électromagnétiques.
<http://www.who.int/peh-emf/en>

Nations Unies (ONU)

L'OFSP participe à l'aide apportée aux pays tiers en matière de système de radioprotection, de conformité aux standards de sécurité internationaux et d'inspection d'installations radiothérapeutiques et de gammagraphie ; il participe à la préparation aux situations d'urgence nucléaire et radiologique et à la formation des spécialistes en charge d'analyser, dans ces pays, les risques radiologiques pour l'environnement et la santé, notamment par la spectrométrie in situ.

Association des autorités de radioprotection en Europe HERCA (Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities)

Les Etats européens sont pratiquement tous représentés dans HERCA, avec comme objectif d'harmoniser la radioprotection en Europe, par exemple par des prises de position communes sur des thèmes de radioprotection. HERCA est, pour les autorités de radioprotection européennes, la plate-forme la plus importante pour échanger des expériences et pour améliorer la pratique en matière de radioprotection dans les pays membres.

Réseau européen ALARA

L'objectif de ce réseau est de maintenir les doses subies par la population à un niveau aussi faible que raisonnablement possible (« As Low As Reasonably Achievable ») par des stratégies d'optimisation de la protection. www.eu-alara.net

La collaboration de l'OFSP avec les pays voisins, les organisations européennes et l'Union européenne revêt une importance primordiale :

Collaboration bilatérale avec l'Allemagne et la France

L'OFSP est représenté dans la *Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen* et dans la Commission mixte franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection afin de garantir un échange régulier d'expériences en matière d'exploitation des installations nucléaires, de sécurité, de surveillance et d'analyse des effets sur l'environnement ainsi que d'autres aspects de radioprotection. L'OFSP et l'autorité française de la sécurité nucléaire et de la radioprotection se rencontrent régulièrement afin de coordonner la surveillance de la radioactivité aux alentours du CERN.

European Society of Skin Cancer Prevention (EUROSKIN)

Elle coordonne la collaboration entre les spécialistes européens en matière de recherche et de prévention dans le but de mieux combattre les incidences du cancer de la peau en Europe.
www.euroskin.org

Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)

Elle soutient les Etats membres pour les questions techniques et juridiques en rapport avec le développement et l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire. L'OFSP participe aux travaux du comité s'occupant des questions de radioprotection et de santé publique.

Informations complémentaires

Bases légales

En Suisse, la législation sur la radioprotection vise à protéger l'homme et l'environnement contre les rayonnements ionisants dangereux. Elle s'applique à toute activité ou installation, tout événement ou toute situation pouvant présenter un danger lié à des rayonnements ionisants. Elle règle la manipulation des substances radioactives ainsi que des appareils, des installations et des objets contenant des substances radioactives ou pouvant émettre des rayonnements ionisants. Elle concerne en outre les événements susceptibles de provoquer une augmentation de la radioactivité dans l'environnement.

Le présent rapport annuel répond à l'obligation d'informer exigée par la législation suisse sur la radioprotection en matière de dosimétrie individuelle (art. 55 ORaP), de radioactivité de l'environnement (art. 106 ORaP) et de probabilité du radon (art. 118 ORaP).

Documents d'information

Pour de plus amples informations sur la division Radioprotection, il est possible de consulter son site Internet à l'adresse : www.bag.admin.ch/themen/strahlung/index.html?lang=fr

La page Documentation www.bag.admin.ch/ray/documentation contient toute une série de documents d'information :

Rayonnement ionisant :

directives OFSP, notices OFSP, formulaires et brochures sur les installations radiologiques, les substances radioactives, les déchets radioactifs, les personnes exposées au rayonnement dans le cadre professionnel, le radon.

Rayonnement non ionisant et son :

brochures et fiches d'informations sur la protection solaire, les solariums, le laser, les champs électromagnétiques et le son dans le domaine des loisirs.

Perfectionnement et enseignement :

DVD : radioprotection en médecine nucléaire, dans les cabinets dentaires, lors des examens radiologiques interventionnels et lors de l'utilisation d'installations à rayons X en salle d'opération. Matériel didactique sur la protection solaire et la protection de l'ouïe contre les niveaux sonores trop élevés.

Newsletter Protection des consommateurs

Recevez gratuitement notre newsletter « Protection des Consommateurs » contenant les informations les plus récentes issues des divisions Produits chimiques et Radioprotection.

Impressum

Konzeption, Redaktion und alle nicht
gezeichneten Texte: BAG
Alle nicht gezeichneten Fotos: BAG
Grafiken & Layout:
Christoph Grimm, Bern / Bruno Margreth, Zürich
Copyright: BAG, April 2014
Abdruck mit Quellenangabe erwünscht:
«Strahlenschutz BAG; Jahresbericht 2013».

Weitere Informationen und Bezugsquellen:
Bundesamt für Gesundheit BAG,
Direktionsbereich Verbraucherschutz
Abteilung Strahlenschutz
CH-3003 Bern
Tel. +41 (0)31 322 96 14
Fax +41 (0)31 322 83 83
str@bag.admin.ch
www.bag.admin.ch, www.str-rad.ch

BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern
E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch
www.bundespublikationen.admin.ch
BBL-Bestellnummer: 311.326.d

ISBN: 978-3-906202-00-6

Colophon

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, avril 2014
Indication de la source en cas de reproduction :
« Radioprotection OFSP ; rapport annuel 2013 »

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)31 322 96 14
Télécopie : +41 (0)31 322 83 83
str@bag.admin.ch
www.bag.admin.ch, www.str-rad.ch

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

ISBN : 978-3-906202-00-6