

Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz **Ergebnisse 2012**

Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse **Résultats 2012**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG

Liebe Leserin, lieber Leser

Im Jahr 2012 haben wir die Kontakte zu den Fachgesellschaften der Medizin, der Medizinphysik und der Medizintechnik intensiviert und institutionalisiert. Wir haben uns insbesondere mit den Schweizerischen Gesellschaften für Radiologie, für Nuklearmedizin, für Radioonkologie und für Kardiologie sowie der Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinphysik und der Schweizerischen Vereinigung der Fachleute für medizinisch-technische Radiologie über aktuelle Themen des Strahlenschutzes ausgesprochen. Obschon das Bundesamt für Gesundheit als Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde für den Strahlenschutz und die erwähnten Fachgesellschaften unterschiedliche Aufgaben und Rollen haben, werden wir die Ziele des Strahlenschutzes gemeinsam viel besser und schneller erreichen. Wir wollen diese Beziehungen in Zukunft vermehrt pflegen.

Die Reportage zum neuen Hightech-Projekt für die Produktion von Radioisotopen am Berner Inselspital zeigt auf, dass sich ein früher Einbezug der Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde lohnt. Schnell und kundenfreundlich, aber streng in der Sache lautet unsere Devise. So erreichen wir gemeinsam einen hochstehenden und kostengünstigen Strahlenschutz.

Auch vierzig Jahre nach der Havarie und anschliessenden Stilllegung des Versuchsatomkraftwerks hinterlässt die Anlage Lucens noch Spuren von Radioaktivität in der Umwelt. Obschon die gemessenen Tritiumkonzentrationen im Drainagesystem gering waren, wurde die Überwachung der Broye erhöht. Im Laufe des Jahres hat sich die Situation wieder normalisiert.

Im Berichtsjahr hat der Bundesrat das Eidgenössische Departement des Innern beauftragt, einen Gesetzesentwurf für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall auszuarbeiten. Eine entsprechende Vorlage wird zurzeit erarbeitet. Damit erhoffen wir uns auch in diesem Bereich einen besseren Gesundheitsschutz.

Werner Zeller



Bild: Michael Lio

Inhalt

3	Editorial
5	2012: Das Wichtigste kurz und bündig
6	Strahlenschutz in Medizin und Forschung
13	Schweizer Notfallschutz soll verbessert werden – Interview mit Daniel Storch
16	Hochstehender Strahlenschutz bei der Produktion von Radioisotopen
18	Strahlenschutztag in der Medizin
19	Aktionsplan Radon 2012–2020
22	Überwachung der Umwelt
24	Strahlenbelastung der Bevölkerung 2012
26	Schutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall
28	Die Abteilung Strahlenschutz im Überblick
30	Internationale Vernetzung
31	Weiterführende Informationen
33 ff.	französische Texte/Version française
64	Impressum/Colophon

2012: Das Wichtigste kurz und bündig

Für Patienten und medizinisches Personal bringen zahlreiche Anwendungen ionisierender Strahlung auch Risiken mit sich. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) setzt sich gemeinsam mit Spitälern, Forschungszentren und Röntgeninstituten dafür ein, diese Risiken möglichst klein zu halten. Unsere Reportage zu einer neuen Hightech-Anlage für die Produktion von Radioisotopen am Berner Inselspital zeigt eindrücklich, wie die Verbindung von hochstehendem Strahlenschutz und modernster Technologie in der Praxis aussieht.

Das BAG legt Wert auf eine engere Zusammenarbeit mit den Fachgesellschaften der Medizin, der Medizinphysik und der Medizintechnik. Aus diesem Grund hat das BAG 2012 erstmals und mit grossem Erfolg einen nationalen Strahlenschutztag organisiert. Eingeladen wurden sämtliche radioonkologischen Institute und Kliniken der Schweiz sowie die betroffenen Fachgesellschaften. Grundlage bildeten die Auswertungen der vom BAG durchgeführten Audits in den radioonkologischen Instituten. Ziele waren der Wissensaustausch, der Kontakt mit den Aufsichtsbehörden und die Möglichkeit zur Vernetzung. Dieser fruchtbare Austausch soll in den kommenden Jahren in Form von ganztägigen Veranstaltungen zu Strahlenschutzthemen weitergeführt werden.

Auch in Wissenschaft und Forschung spielt Strahlenschutz eine wichtige Rolle. Mit dem 2010 unterzeichneten Vertrag «Accord tripartite» zu Strahlenschutz und radiologischer Sicherheit zwischen der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN, der Schweiz und Frankreich konnte die internationale Zusammenarbeit ausgebaut werden. Einen Höhepunkt dieser Zusammenarbeit bildet der diesjährige Entscheid, der die Verfahren zur anteilmässigen Entsorgung der am CERN anfallenden radioaktiven Abfälle durch Frankreich und die Schweiz regelt.

Unser diesjähriges Interview haben wir mit Daniel Storch, dem neuen Verantwortlichen für Notfallschutz im BAG geführt. Er war Mitglied

der interdepartementalen Arbeitsgruppe IDA NOMEX, die vom Bundesrat im Nachgang zur Katastrophe von Fukushima ins Leben gerufen wurde. Die zahlreichen Massnahmen des Schlussberichts IDA NOMEX, von denen das BAG vielerorts betroffen ist, zeigen auf, dass es auch im Schweizer Notfallschutz etliche Verbesserungsmöglichkeiten gibt.

Die im Rahmen der Überwachung von Umwelt und Lebensmitteln gemessenen Radioaktivitätswerte blieben 2012 unter den gesetzlichen Grenzwerten, selbst als Anfang Jahr eine ungewöhnlich hohe Tritium-Konzentration im Entwässerungssystem der ehemaligen Reaktoranlage Lucens festgestellt wurde.

Zu Beginn des Jahres trat der Aktionsplan Radon in Kraft. Er hat zum Ziel, die Schweizer Strategie an die neuen internationalen Normen anzupassen, insbesondere an den neuen Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m^3) für Wohn- und Aufenthaltsräume. Dafür braucht es einige Anpassungen auf gesetzlicher Ebene.

Eine Befragung zu Gehör und Expositionen gegenüber hohen Schallpegeln in der Freizeit im Auftrag der Abteilung Strahlenschutz hat interessante Erkenntnisse gebracht: Die grosse Mehrheit der Schweizer Bevölkerung hat zwar ein gutes oder sehr gutes Gehör, immerhin dreizehn Prozent leiden jedoch unter einem chronischen Tinnitus und 36 Prozent hatten in den letzten fünf Jahren ein vorübergehendes Hörproblem. Als Ursache für Hörprobleme wurden laute Musik, aber auch lärmende Haushaltarbeiten oder handwerkliche Tätigkeiten genannt.

Die Themen Vitamin-D-Unterversorgung und der angemessene Schutz vor UV-Strahlung führen in der Schweiz vermehrt zu kontroversen Diskussionen. Der unbestritten wichtige UV-Schutz soll nicht zu einem Vitamin-D-Mangel führen. Das BAG hat deshalb berechnet, wie lange sich Menschen an der Sonne aufhalten müssen, um die von der Schweizerischen Ernährungscommission empfohlenen täglichen Vitamin-D-Mengen zu erreichen.

Strahlenschutz in Medizin und Forschung

Das Risiko von Strahlenschäden in Medizin und Forschung muss klein gehalten werden, das ist ein Grundprinzip des Strahlenschutzes. Um Patientinnen und Patienten sowie Angestellte besser zu schützen, optimieren das Bundesamt für Gesundheit (BAG) und die Betriebe gemeinsam und kontinuierlich den Einsatz ionisierender Strahlung. Ein Schwergewicht der Aufsicht lag im Berichtsjahr auf den Audits in der Radioonkologie sowie dem neu eingeführten Bezug von Medizinphysikern in Radiologie und Nuklearmedizin. Die Forschungsbetriebe PSI und CERN setzen insgesamt einen hochstehenden und wirkungsvollen Strahlenschutz um.

Strahlenschutz in der Medizin

Audits in den radioonkologischen Instituten

Unfälle in der Strahlentherapie kennt man sehr gut aus Épinal/Frankreich (vgl. S. 18). Um dem Risiko solcher Strahlenunfälle entgegenzuwirken, auditierte das BAG in den Jahren 2011/12 sämtliche 29 radioonkologischen Betriebe im Bereich Teletherapie.

Ziel war es, einen Überblick über die radioonkologische Praxis hierzulande zu erhalten, wie beispielsweise die Dokumentation und Evaluation der Prozessabläufe oder die Qualitätssicherung der Anlagen. Zudem soll so eine Grundlage für die künftige Durchführung von klinischen Audits geschaffen werden (vgl. S. 7). Die Akzeptanz der Betriebe war mehrheitlich positiv. Nach Abschluss der Audits hat das BAG im September 2012 einen nationalen Strahlenschutztag zum Schwerpunktthema «Radio-Onkologie» durchgeführt (vgl. S. 18).

Die Audits in den Schweizer Betrieben haben ein erfreulich hohes Qualitätsniveau gezeigt. Die Therapien orientieren sich am heutigen Stand der guten klinischen Praxis sowie an aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen. In gewissen Bereichen wurden anlässlich der Audits Schwachstellen erkannt und mögliche Optimierungsmassnahmen vorgeschlagen. Dies betrifft

z. B. die Bereiche Qualitätsmanagement-Dokumentation, hohe Patientendosen oder die Nachsorge nach abgeschlossener Therapie.

Bei Planungsaufnahmen in der Radioonkologie stellt sich zudem die Frage, ob Schutzmittel, wie sie bei diagnostischen Aufnahmen am Computertomographen bekannt sind, von Nutzen wären. Die Betriebe sollen jetzt ein Konzept erarbeiten, wann und wie Schutzmittel sinnvoll eingesetzt werden könnten (z. B. bei Kindern und Jugendlichen). Die Problematik ist vielschichtig, da die Schutzmittel in der Planung keinesfalls die Immobilisation, die Atmung und die Lage



Abb.1: Beschleuniger in der Strahlentherapie

bzw. Beweglichkeit der inneren Organe beeinflussen dürfen. Dies könnte sich negativ auf die Genauigkeit der Bestrahlung und damit auf den Therapieerfolg auswirken.

Alle radioonkologischen Betriebe verfügen über ein internes Meldesystem für die Erfassung und Evaluation von kritischen Ereignissen. Leider melden nur wenige Betriebe die Ereignisse auch an die schweizerische ROSIS.ch Datenbank. Als Hauptgründe werden, trotz Anonymisierung der Dateneingabe, Bedenken hinsichtlich der Rückverfolgbarkeit erwähnt. Zudem wird bemängelt, dass aufgrund der vorgegebenen Eingabemaske die Ereignisse nicht in der notwendigen Tiefe dokumentiert werden können. Die Dokumentation und Sammlung kritischer Ereignisse wird aber als sehr wichtig erachtet und die Betriebe wünschen ein stärkeres Engagement des BAG, um in Zukunft eine bessere Meldeplattform zu entwickeln.

Bessere Leistungsqualität dank klinischer Audits

Zusätzlich zu den Strahlenschutzkontrollen und Audits, die das BAG als Aufsichtsbehörde durchführt, sollen neu *klinische* Audits eingeführt werden, im Rahmen derer ein spezielles Augenmerk auf die Rechtfertigung von radiologischen Untersuchungen gelegt werden soll. Ziel ist es, die Qualität und das Ergebnis radiologischer Untersuchungen und Behandlungen kontinuierlich zu verbessern. Das Konzept der klinischen Audits kennt man aus der Europäischen Union bereits seit 1997. In Zusammenarbeit mit den wichtigsten beteiligten Akteuren hat das BAG 2012 den Inhalt eines neuen Gesetzesartikels zu klinischen Audits geprüft, der bei der Totalrevision in die Strahlenschutzverordnung (StSV) aufgenommen werden soll. Die Grundlage zu diesen Audits wird ein Peer-Review-System bilden, in dem alle medizinischen Verfahren von den betroffenen Berufspersonen (Ärzte, Medizinphysiker, Fachleute für medizinisch-technische Radiologie) mit dem Ziel diskutiert werden, nicht gerechtfertigte Bestrahlungen bei Patienten zu verhindern. Darüber hinaus wird die radiologische Praxis mit den internationalen Standards verglichen. Klinische Audits sind nur bei Betrieben vorgesehen, die radiologische Verfahren mit hohen Dosen anwenden. Dazu gehören Anwendungen der Computertomographie, Nuklearmedizin, Strahlentherapie und der interven-

tionellen Radiologie. Diese Audits werden alle fünf Jahre von unabhängigen und erfahrenen Auditoren durchgeführt.

Die nächsten Schritte in diesem komplexen Projekt umfassen die Revision der StSV, die Erstellung eines Leitfadens der guten Praxis in der Radiologie, die Festlegung eines Audit-Programms sowie die Ausbildung von Auditoren. Die ersten offiziellen Audits dürften 2017 durchgeführt werden.



Abb. 2: Signet für das Projekt klinische Audits des BAG

Beizug von Medizinphysikern in der Radiologie und Nuklearmedizin

Patientinnen und Patienten sowie medizinisches Personal sind bei nuklearmedizinischen, interventionellen und computertomographischen Untersuchungen hohen Strahlenexpositionen ausgesetzt. Diese Verfahren sollten daher möglichst dosisoptimiert eingesetzt werden. Seit dem 1. Januar 2012 müssen nach Artikel 74, Absatz 7, der StSV bei bestimmten Untersuchungen periodisch Medizinphysiker beigezogen werden. Dies betrifft die nuklearmedizinischen Anwendungen und die durchleuchtungsgestützte interventionelle Radiologie sowie die Computertomographie. Hochqualifizierte Medizinphysikerinnen und Medizinphysiker sollen mit ihrem Fachwissen zur Dosisoptimierung beitragen.



Abb. 3: Prüfung der Röntgenschutzkleidung

Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der betroffenen Fachgesellschaften (Radiologen, Nuklearmediziner, Radiopharmazeuten, Medizinphysiker und MTRA), der Industrie sowie des BAG hat Empfehlungen zur Umsetzung von Artikel 74 in die Praxis erarbeitet. Diese wurden im Juni 2011 publiziert und zeigen die wichtigsten Aufgaben von Medizinphysikern auf sowie die minimalen Zeitanforderungen für deren Einsatz. Die wichtigsten Aufgaben umfassen die dosisorientierte Qualitätssicherung, die Optimierung der applizierten Dosen für Patienten und Personal sowie das Training bzw. Coaching des ärztlichen und technischen Personals. Die Tätigkeiten der Medizinphysiker haben zum Ziel, Untersuchungen derart zu optimieren, dass für eine ausreichende diagnostische Bildinformation die Dosis so tief wie möglich ist (ALARA Prinzip). Damit überschneidet sich ihre Tätigkeit in keiner Weise mit den Aufgaben der Röntgenfirmen, die die Röntgenanlagen im Rahmen der Qualitätssicherung beaufsichtigen.

Der Artikel 74 wird sehr unterschiedlich vollzogen. In den meisten Betrieben hat die Umsetzung bereits begonnen, während in anderen erst die Dienstleistungsverträge unterzeichnet wurden oder noch gar keine Kontakte zu Medizinphysikern stattgefunden haben. Für die Umsetzung haben sich verschiedene Konzepte etabliert. Ein Konzept beruht auf internen Lösungen: Bereits im Betrieb tätige Medizinphysiker der Radioonkologie nehmen die Aufgaben zum Artikel 74 in der Diagnostik wahr. Ein anderes Konzept stützt sich auf Netzwerke, die die Dienstleistung für Betriebe innerhalb einer Region oder eines Kantons anbieten. Schliesslich existiert ein Konzept mit privaten Firmen, die ihre Dienstleistungen zu kommerziellen Zwecken anbieten.

Um Artikel 74 möglichst effizient umzusetzen, organisiert das BAG im Februar 2013 ein Treffen aller Dienstleistungsanbieter. Ziel des Treffens ist es, erste Erfahrungen auszutauschen und aufgetretene Probleme bei der Umsetzung zu diskutieren. Die Erkenntnisse dieses Treffens sowie die Rückmeldungen aus den regelmässig stattfindenden Sitzungen mit den Fachgesellschaften sollen im Rahmen der Totalrevision der StSV in die Überarbeitung von Artikel 74 einfließen.

Diagnostische Referenzwerte in der Projektionsradiologie

Die in den letzten Jahren eingeführten diagnostischen Referenzwerte (DRW) wurden anlässlich von Audits in den Betrieben im Rahmen des Projektes DRWRad kommuniziert sowie die Umsetzung überprüft. Aufgrund der höheren Untersuchungsfrequenzen standen bisher die Röntgenabteilungen der Spitäler und privaten Institute im Fokus des Aufsichtsschwerpunktes zur Etablierung und Anwendung des dosisoptimierenden DRW-Konzeptes. In Anwendung von Artikel 37a der StSV sollen nun auch die übrigen medizinischen Betriebe (niedergelassene Ärzte, Chiropraktoren) in die Umsetzung einbezogen werden. Entsprechende Folgeprojekte wurden im Berichtsjahr initiiert. Die Anzeige des Dosis-Flächenproduktes ist bei der Umsetzung die einfachere und daher besser akzeptierte Lösung im Hinblick auf den Vergleich der Patientendosen mit den Referenzwerten. Eine Verankerung in den technischen Verordnungen zur Installation dieser Anzeige bei Röntgen-

anlagen für Aufnahmen wird im Rahmen der laufenden Revision des gesetzlichen Regelwerkes geprüft.

Qualitätskontrolle in der Mammographie

Wie im Jahresbericht 2011 angekündigt, startete das BAG 2012 mit den ersten Audits zu Mammographie-Anlagen, hauptsächlich in der Westschweiz. Fast 10 % aller Anlagen wurden geprüft.

Die Ergebnisse zeigen, dass die neuen Anforderungen zur Qualitätskontrolle, insbesondere die wöchentlichen Konstanzprüfungen sowie die Bereitstellung von Prüfkörpern vor Ort, gut eingehalten wurden. Es ist auch eine deutliche Professionalisierung des Personals festzustellen. Bei den jährlichen Zustandskontrollen, die seit dem Inkrafttreten der neuen BAG-Richtlinie (1. April 2011) von spezialisierten Unternehmen durchzuführen sind, sieht die Bilanz weniger positiv aus. Bisher konnte nur die Hälfte der Anlagen geprüft werden. Dieser Verzug ist vermutlich auf den Mangel an entsprechenden Fachpersonen bei diesen Unternehmen zurückzuführen. Das BAG unterstützt diese nun weiterhin bei der Umsetzung.

Schliesslich hatte die Richtlinie auch eine beträchtliche Erneuerung des Anlagenbestands zur Folge. Die Mehrzahl der Neuzulassungen von Anlagen betraf vollständig digitale Geräte. 2013 wird das BAG die Audits weiterführen, bis sämtliche Anlagen geprüft sind.

Monitoring der medizinischen Strahlendosen in der Schweiz

Die computertomografischen Untersuchungen verursachen mehr als zwei Drittel der jährlichen kollektiven Strahlendosis in der Röntgendiagnostik, obwohl nur 6 % aller in der Schweiz durchgeführten röntgendiagnostischen Untersuchungen CT-Untersuchungen sind. Dies zeigen die Resultate der landesweit durchgeführten Erhebung auf Basis der Daten aus dem Jahr 2008.

Die Anzahl der durchgeführten CT-Untersuchungen nimmt weiterhin markant zu, wie die aktualisierte Analyse der Entwicklung anhand von Stichproben in Spitälern zeigt. Somit steigt auch deren Anteil an der medizinischen Strahlendosis. Im Gegensatz dazu ist die Entwicklung der Anzahl konventioneller Röntgenaufnahmen und interventioneller radiologischer Eingriffe tendenziell stabil. Auch Untersuchungstechniken ohne Röntgenstrahlen nehmen übrigens weiterhin zu, z. B. die mit der Computertomographie vergleichbare Magnetresonanztomographie, beim Ultraschall ist der Anstieg etwas weniger stark.

Am europäischen Workshop über medizinische Strahlendosen in Athen konnten die Schweizer Ergebnisse mit denen von 39 Ländern in Europa verglichen werden. Im Durchschnitt waren 8 % aller durchgeführten Untersuchungen CT-Untersuchungen. In fast allen Ländern trägt die Computertomographie ebenfalls den grössten Anteil zur medizinischen Bevölkerungsdosis bei.

Beim Treffen der Begleitgruppe EDR08 (Erhebung der medizinischen Strahlendosen 2008) und OSUR (Optimierung des Strahlenschutzes bei dosisintensiven Untersuchungen in der Radiologie) mit Vertreterinnen und Vertreter aller betroffenen Fachgesellschaften und Berufsorganisationen wurden die prioritären Aktionsfelder aufgezeigt. In gewissen Anwendungsbereichen wie z. B. in der interventionellen Radiologie und Kardiologie erhofft man sich durch die engere Zusammenarbeit mit der Medizinphysik eine weitere Optimierung der Dosen für Patientinnen und Patienten und für das medizinische Personal. Um die Entwicklung der Untersuchungsfrequenzen in den Griff zu bekommen, muss geprüft werden, ob die Untersuchungen gerechtfertigt sind. Ein wichtiges Teilziel ist dabei, dass Empfehlungen im Sinne von Zuweisungskriterien geschaffen werden.

PET- und Spect-CT-Einrichtungen

In der diagnostischen Medizin werden zunehmend multimodale Bildgebungsmethoden eingesetzt. Diese umfassen unter anderem die Kombination von nuklearmedizinischer Bildgebung (PET/SPECT) mit der Computertomographie (CT). Bei der Kombination einer nuklearmedizinischen mit einer CT-Untersuchung addieren sich für Patientinnen und Patienten die beiden Strahlendosen. Der diagnostisch gerechtfertigte Einsatz führt daher zu einer erhöhten Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung. Das BAG hat in den vergangenen Jahren bei allen PET-CT-Einrichtungen die Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften überprüft und die Resultate dazu in einem Bericht veröffentlicht ([www.bag.admin.ch/themen/strahlung/Nuklearmedizin und Forschung/Nuklearmedizin/PET-Anlagen](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/Nuklearmedizin%20und%20Forschung/Nuklearmedizin/PET-Anlagen)). Die Resultate zeigen, dass bei dieser Anwendung durchaus Optimierungspotential im Strahlenschutz vorhanden ist. In diesem Jahr wurde ein Aufsichtsschwerpunkt zur Überprüfung der Spect-CT-Einrichtungen lanciert, mit dem Ziel, auch bei dieser Untersuchungsmethode mögliche Dosisoptimierungen zu erkennen und umzusetzen.



Abb. 4: Jaszczak Phantom zur Überprüfung der Bildqualität an PET- und Spect-Kameras

Strahlenschutz in Forschungsanlagen

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 (Zyklotron) mit den dazugehörigen Strahllinien und Experimenten

(u. a. die Spallations-Neutronenquelle SINQ), den medizinischen Protonenbeschleuniger COMET oder die Swiss Light Source (SLS). Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit überprüft das BAG, ob die Grenzwerte für ionisierende Strahlung eingehalten werden. Dies gilt sowohl für die Immissionen als auch für die mit Abluft und Abwasser freigesetzten Emissionen und die direkte Strahlung des PSI. Im Zentrum steht dabei die Sicherheit der Bevölkerung, der Umwelt und des Personals am PSI. Im Jahr 2012 wurden keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt.

Während knapp 5 Monaten (Dezember 2011 bis April 2012) war der Protonen-Ringbeschleuniger stillgelegt (Shutdown), so dass Arbeiten in sonst nicht zugänglichen Bereichen erledigt werden konnten. Diese jährliche Revision ist für die Mitarbeitenden des PSI sowie von externen Firmen die jeweils dosisintensivste Arbeit. Aus diesem Grund wurde für den Shutdown 2011/2012 im Vorfeld ein detaillierter Strahlenschutzplan verfasst, in dem die zu erledigenden Aufgaben optimiert wurden. Das BAG hat diesen Strahlenschutzplan gutgeheissen und das PSI während des Shutdowns mehrmals überprüft. Die Kollektivdosis belief sich für die 149 beteiligten Personen auf 40,56 PersonemSv und war damit 6 % unter der erwarteten Dosis. Die grösste akkumulierte Individualdosis belief sich auf 3,22 mSv. Während des Shutdowns fielen knapp 43 Tonnen Abfall an. Davon konnten rund 40 Tonnen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen und nach entsprechenden Freimessungen als inaktiv entsorgt werden. Weitere 2 Tonnen Material konnten zum Abklingen eingelagert werden.

2012 war das erste reguläre Betriebsjahr für die Quelle ultrakalter Neutronen (UCN). Der Betrieb verlief planmässig und ohne Zwischenfälle. Im Juli 2012 wurde am PSI West ein neues Abkling- und Stapelgebäude (WASA) in Betrieb genommen. In diesem Gebäude können aktivierte Materialien zum Abklingen gelagert werden. Dadurch werden radioaktive Abfälle signifikant reduziert und eine Rezyklierung oder Weiterverwendung von Rohstoffen und Komponenten ermöglicht.

CERN

Im Rahmen des am 15. September 2010 unterzeichneten tripartiten Abkommens zwischen der französischen Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), dem CERN und dem BAG fanden im Jahr 2012 drei tripartite Treffen, zwei gemeinsame Besuche der ASN und des BAG sowie drei technische Meetings statt.

Der Höhepunkt dieses Jahres war zweifellos die Unterzeichnung des ersten im Rahmen des Abkommens gefassten Entscheids beim tripartiten Treffen vom 29. Juni 2012. Dieser Entscheid war das Ergebnis zahlreicher Diskussionen und technischer Meetings von Fachpersonen der ASN, des CERN und des BAG. Im Hinblick auf die Entsorgung der radioaktiven Abfälle des CERN wurden damit die Grundsätze für eine ausgewogene Aufteilung zwischen Frankreich und der Schweiz festgelegt. Bei dieser Aufteilung werden die Masse, die Aktivität und die Toxizität der zu entsorgenden radioaktiven Abfälle berücksichtigt.

Die Themen der gemeinsamen Besuche 2012 waren das Sicherheits- und Strahlenschutzmanagement bei allen Anlagen des CERN. Zudem wertete man die in den beiden Vorjahren getroffenen Massnahmen aus, die aufgrund der Experten-Empfehlungen von ASN und BAG angeordnet worden waren. Die Besuche zeigten, dass die Sicherheits- und Strahlenschutzpolitik des CERN sowie deren operative Umsetzung auf allen Ebenen der Organisation den Betrieb der Anlagen unter sehr guten Bedingungen sicherstellte. Die Umsetzung der Massnahmen aus den Vorjahren kommt gut voran, was eine kontinuierliche Verbesserung der Sicherheit und des Strahlenschutzes am CERN gewährleistet. Bei den Diskussionen und technischen Meetings kamen verschiedene Themen zur Sprache. Dazu gehörten z. B. der Transport von radioaktivem Material zwischen Standorten und die Modalitäten für die Meldung von Ereignissen, die aus Sicht des Strahlenschutzes relevant sind. Die operative Umsetzung der Entsorgung radioaktiver Abfälle gemäss dem am 29. Juni 2012 beim tripartiten Treffen gefassten Entscheid sowie die Vorbereitung der für 2013/2014 vorgesehenen Abschaltung (Long Shutdown, LS1) waren ebenfalls bereits Teil der Gespräche. Namentlich die Abschaltung war seit Beginn der Planungsarbeiten bereits Gegenstand eines

regen Austausches. Der Strahlenschutz lässt sich bei den Arbeiten während des LS1 optimal berücksichtigen, wenn sich die verschiedenen Akteure gegenseitig mit ihren Fachkenntnissen unterstützen und fortschrittliche Techniken wie Monte-Carlo-Simulationen eingesetzt werden.



Abb. 5: Unterhalt von Verbindungen des kryogenischen Systems – eine der grossen Aufgaben während des langen Shutdowns 2013/2014 am CERN

Radioaktiv kontaminierte Gebrauchsgegenstände

Kontaminierter Stahl

Im Berichtsjahr wurden in verschiedenen Ländern Europas erneut diverse Edelstahlprodukte sichergestellt, die mit radioaktivem Kobalt (Co-60) kontaminiert waren. Der kontaminierte Edelstahl stammte hauptsächlich aus Indien. Offenbar ist er durch das unbeabsichtigte Einschmelzen einer Kobalt-Strahlenquelle entstanden und in den Handel gelangt. Die sichergestellten Waren umfassten Produkte wie Teelöffel, Futternäpfe, Schalen und Teller. Auch in der Schweiz wurden bei einer Routinemessung radioaktiv kontaminierte Gebrauchsgegenstände, nämlich Fackeln aus Metall, entdeckt. Aufgrund diverser Abklärungen zu Herkunft und möglichen Empfängern konnten die Aufsichtsbehörden insgesamt zehn kontaminierte Fackeln sicherstellen und an den Lieferanten in Deutschland retournieren



Abb. 6: Co-60 kontaminierte Fackeln

Das BAG hat 2012 ein Projekt zur Überwachung von Importen potentiell radioaktiv kontaminierter Waren gestartet. Es wird abgeklärt, wie Radioaktivitätskontrollen im Grenzverkehr stufenweise eingeführt werden können. Mit einer mobilen Einheit sollen in einem ersten Schritt Erfahrungen gesammelt werden. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse könnte das Kontrollsystem zu einem späteren Zeitpunkt ausgebaut werden.

Verwaltungsstrafrecht

In der Schweiz ist der Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung durch die Strahlenschutzgesetzgebung geregelt. Der Schutz gilt für alle Tätigkeiten, Einrichtungen, Ereignisse und Zustände, die eine Gefährdung durch ionisierende Strahlung und erhöhte Radioaktivität der Umwelt bewirken können.

Widerhandlungen gegen die Strahlenschutzgesetzgebung werden von der zuständigen Bewilligungs- oder Aufsichtsbehörde verfolgt und beurteilt, sofern es sich um Übertretungen handelt (Art. 44 StSG). Verbrechen und Vergehen wie die ungerechtfertigte Bestrahlung von Personen und Sachen oder der vorschriftswidrige Umgang mit radioaktiven Stoffen unterstehen der Bundesstrafgerichtsbarkeit (Art. 43 und 43a StSG).

Durch die Bewilligungs- oder Aufsichtsbehörde werden u. a. folgende Übertretungen beurteilt:

- Bewilligungspflichtige Handlungen ohne Bewilligung;
- Nicht einhalten von in einer Bewilligung festgesetzten Bedingungen oder Auflagen;
- Nicht treffen von notwendigen Massnahmen zur Einhaltung der Dosisgrenzwerte;
- Nicht unterziehen einer angeordneten Dosimetrie;
- Nicht erfüllen seiner Pflicht als Bewilligungsinhaber oder Sachverständiger;
- Nicht einhalten seiner Pflicht, radioaktive Abfälle abzuliefern oder Gefahrenquellen zu beseitigen;
- Verstoss gegen Ausführungsvorschriften, deren Übertretung für strafbar erklärt wird.

Schweizer Notfallschutz soll verbessert werden

Nach der Katastrophe von Fukushima hat der Bundesrat die Arbeitsgruppe IDA NOMEX ins Leben gerufen, mit dem Auftrag, die Situation bei Extremereignissen in der Schweiz zu prüfen. Daniel Storch, verantwortlich für den Notfallschutz im Bundesamt für Gesundheit (BAG), war Mitglied der Gruppe. Im Sommer 2012 war der Bericht fertig, nun haben die beteiligten Bundesstellen die Aufgabe, organisatorische und gesetzgeberische Massnahmen umzusetzen.

Herr Storch, wie gut ist die Schweiz gewappnet für einen Notfall in der Grössenordnung von Fukushima?

Natürlich wäre es auch in der Schweiz schwierig, ein so einschneidendes Ereignis zu bewältigen. In Japan gab es ein Erdbeben, einen Tsunami und einen Unfall im Kernkraftwerk Fukushima – alles fast zeitgleich. Auch hierzulande würde an vielen Stellen zunächst einmal ein Chaos entstehen.

Grundsätzlich ist der Notfallschutz in der Schweiz aber auf gutem Weg. Die Behörden bemühen sich seit Jahren, auf diverse Szenarien vorbereitet zu sein. Ich finde es zukünftig fast am wichtigsten, die Flexibilität zu trainieren: Ein Notfall ist nie bis ins Detail planbar – aus diesem Grund sind starre Prozesse auch nicht einzuhalten. Ein Hauptziel im Notfallschutz scheint mir deshalb, mit ausreichend Training in den Köpfen der verantwortlichen Personen möglichst viel «Beweglichkeit» zu erreichen.

Inwiefern ist das BAG überhaupt tangiert von der Problematik Notfallschutz? Ist das nicht eher eine Aufgabe des Bevölkerungsschutzes (BABS) und der entsprechenden kantonalen Behörden?

Das BABS ist allgemein für den Bevölkerungsschutz zuständig. Mit der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) wird im Ereignisfall mit einer zeitgerechten Alarmierung eine erste Beurteilung sichergestellt. Das BAG ist erst in zweiter Linie involviert, zum Beispiel bei erhöhten Strahlendosen oder beim Ausbruch von Seuchen. Die Kantone sind für die Ereignisbewältigung innerhalb ihres Kantons verantwortlich. Bei grossen

oder kantonsübergreifenden Ereignissen kann der Bund die Koordination übernehmen.

Ereignisse mit erhöhter Radioaktivität liegen gemäss Bundesverfassung jedoch immer in der Zuständigkeit des Bundes.

Fukushima war für die Schweizer Behörden eine Art «Trockenübung», was die Zusammenarbeit im Krisenfall anbelangt. Wo lagen die Hauptprobleme?

Zunächst einmal möchte ich festhalten, dass während Fukushima in der Schweiz keine Krise herrschte. Wir hatten es hier nur mit Randproblemen wie z. B. dem Schutz von Botschaftspersonal und Reisenden sowie der Überwachung der Warenflüsse zu tun. Jedes Amt in der Schweiz konnte in seinen ordentlichen Prozessen weiterfunktionieren.

Trotzdem ist in dieser Zeit ein Krisenmanagement ins Leben gerufen worden, was rückblickend wertvolle Erkenntnisse gebracht hat. Es zeigten sich Lücken in der Zusammenarbeit der Bundesämter sowie Redundanzen bei den Aufgaben z. B. bei der Lagebeurteilung und beim Informationsaustausch. Folgerichtig war es ein Hauptziel von IDA NOMEX, den Schweizer Notfallschutz zu optimieren. Dabei waren nicht nur Kernkraftwerke ein Thema, sondern die Bewältigung von Extremereignissen insgesamt.

Herr Storch, Sie haben an der Ausarbeitung der Massnahmen für den Bericht der IDA NOMEX Gruppe mitgewirkt. Wie muss man sich das Vorgehen dieser heterogenen Gruppe vorstellen?

Da die Arbeitsgruppe sehr gross war, hat man sie in thematische Untergruppen aufgegliedert. Diese haben die einzelnen Teile zum Bericht beigesteuert. Ein Nachteil dieses Vorgehens war, dass Extremereignisse nie als Ganzes im Fokus standen, sondern auf einzelne Themenfelder aufgeteilt wurden. Erschwerend für die Erarbeitung eines Gesamtkonzepts war zudem das «Gärtlidenken» der Ämter. Dies widerspiegelt sich im Bericht in den zahlreichen Massnahmen.

Aufgrund des IDA NOMEX-Berichtes hat der Bundesrat im Sommer 2012 verschiedene Bundesämter beauftragt, bis 2014 Massnahmen zu erarbeiten. Warum dauert das so lange?

Der Bericht umfasst immerhin 56 Massnahmen, von denen die meisten ineinander greifen oder aufeinander abgestimmt werden müssen. Es war unabdingbar, eine zeitliche Staffelung vorzunehmen. Teilweise sind es konzeptionelle Massnahmen, teilweise fliesst die Umsetzung in Rechtsetzungsprojekte ein, was ohnehin eine bestimmte Zeit erfordert. Im BAG werden viele Massnahmen mit der aktuell laufenden Revision der Strahlenschutzverordnung (StSV) gekoppelt.

Die interdepartementale Arbeitsgruppe zur Überprüfung der Notfallschutzmassnahmen bei Extremereignissen in der Schweiz, kurz IDA NOMEX, wurde 2011 nach der Katastrophe von Fukushima ins Leben gerufen. Der Bundesrat hat den Bericht der Arbeitsgruppe im Sommer 2012 zur Kenntnis genommen und verschiedene Bundesstellen mit der Erarbeitung organisatorischer und gesetzgeberischer Massnahmen beauftragt.

Welches sind aus Sicht des BAG die wichtigsten Massnahmen im Strahlenschutz?

Ziele im Strahlenschutz sind die verbesserte Koordination zwischen den Bundesstellen bei der Probenahme- und Messorganisation sowie der Beurteilung der radiologischen Lage; die Harmonisierung der Grenz- und Referenzwerte mit den internationalen Vorgaben sowie die Schaffung einer Grundlage für die Kontrolle von Personen- und Warenflüssen an der Grenze bei erhöhter Radioaktivität. Ganz wichtig erscheint mir die Überprüfung der Koordinationsmechanismen und -massnahmen, also der konzeptionellen Vorbereitung des Notfallschutzes unter Leitung des Bundesstabs ABCN. In diesem Zusammenhang ist auch die Teilnahme an internationalen Netzwerken wie z.B. REMPAN der WHO (Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network) vorgesehen.

Wo steht die Schweiz nach Umsetzung der Massnahmen?

Alle Massnahmen und Konzepte nützen wenig, wenn sie nicht geübt werden. Bereits vor Fukushima wurde in der Schweiz alle zwei Jahre eine Gesamtnotfallübung (GNU) absolviert, bei der ein Zwischenfall in einem Schweizer Kernkraftwerk simuliert wird. Die Haupttätigkeiten bei diesen Übungen umfassen: Die Anordnung von Schutzmassnahmen, die Messung der ausgetretenen Radioaktivität, die Erfassung der allgemeinen Lage im betroffenen Gebiet, die Information der Bevölkerung und die Beantwortung von Medienanfragen. Die Auswertung umfasst immer auch die Erarbeitung von geeigneten Verbesserungsmassnahmen. Diese sind auch in den IDA NOMEX-Bericht eingeflossen.

Eine ganz konkrete Frage: Im Fall einer extremen Notlage müsste man die Stadt Bern inklusive Behörden evakuieren oder sogar längerfristig umsiedeln. Wohin würde man diese Leute bringen?

Eine vorsorgliche Evakuierung in dieser Grössenordnung wäre eine äusserst einschneidende Massnahme, da es – inklusive Zone 2 um Mühleberg – ca. eine halbe Million Leute betreffen würde. In der akuten Phase würden die Behörden den Aufenthalt im Haus und die Einnahme der Kaliumiodidtabletten als Schutzmassnahme für die Bevölkerung empfehlen und gleichzeitig so rasch wie möglich Messprogramme starten.

Je nach Ausmass der Katastrophe müsste man das weitere Vorgehen planen. Das könnten sowohl temporäre Umsiedlungen, Evakuationen oder die Dekontamination sein.

Radioaktivität macht an Landesgrenzen nicht halt. Gibt es mit den europäischen Nachbarländern gemeinsame Konzepte für einen Notfall?

Die Schweiz hat mit benachbarten Departementen und Landkreisen in Frankreich und Deutschland Staatsverträge abgeschlossen. Ein reger Austausch findet auch an den oben erwähnten GNU statt. Im Rahmen der Revision der StSV ist die Schweiz zudem dabei, ihre Grenz- und Referenzwerte mit den international massgebenden Werten aus der ICRP 103 abzustimmen.

In der Schweizer Bevölkerung befürchtete man nach Fukushima lange Zeit, in Kontakt mit japanischen Produkten zu gelangen. Könnte im Katastrophenfall in der Schweiz oder im nahen Ausland gesichert werden, dass kontaminierte Lebensmittel oder Gebrauchsgegenstände rasch aus dem Verkehr gezogen würden?

Bereits in der aktuellen Gesetzgebung ist ein sofortiges Weide- und Ernteverbot in Windrichtung bis an die Landesgrenze als Sofortmassnahme vorgesehen (vgl. DMK-Dosismassnahmenkonzept). So sollten kontaminierte Lebensmittel nicht in Umlauf gelangen können. Bei Gebrauchsgegenständen würde aufgrund der Messprogramme definiert, welche gesundheitlich bedenklich sind. Priorität bei den Massnahmen haben aber auf jeden Fall die Lebensmittel.

Was sieht das BAG für die Behandlung von Schweizer Strahlenopfern vor?

Für eine relativ kleine Anzahl Strahlenopfer sind an Universitätsspitalern Behandlungsmöglichkeiten vorgesehen. Infolge einer Massnahme aus IDA NOMEX muss das BAG weitere Aspekte zur Behandlung von Strahlenopfern prüfen. Aus diesem Grund erfolgt nun auch der Beitritt zum REMPAN Netzwerk der WHO, das ist eine Plattform zum Wissensaustausch



Der promovierte Chemiker Daniel Storch ist seit 2012 für die Krisenorganisation der Abteilung Strahlenschutz im BAG verantwortlich. Davor war er in der Geschäftsstelle Nationaler ABC-Schutz im BABS tätig, dem wissenschaftlichen Sekretariat der Eidg. Kommission für ABC-Schutz. Zudem war er Übungsleiter der Gesamtnotfallübung GNU 11 «NEMESIS» (abgesagt wegen Fukushima).

und Methodentransfer (z. B. Biodosimetrie). Das EDI/BAG ist beauftragt, bis Juni 2013 zu prüfen, ob ein medizinisches Zentrum der Schweiz als Kollaborationszentrum im REMPAN mitwirken kann.

In der Schweiz gelten 20 km (Zone 1 + 2) um die fünf KKW herum als gefährdet, dort erhalten alle Bürgerinnen und Bürger vorsorglich Jodtabletten. Im übrigen Gebiet (Zone 3) würde eine Verteilung von Kaliumiodidtabletten erst im Notfall erfolgen. Könnte innerhalb der geforderten 12 Stunden wirklich auch in dicht besiedelten Gebieten (z. B. Stadt Zürich) eine Verteilung garantiert werden?

Das EDI/BAG ist durch IDA NOMEX beauftragt, zusammen mit dem VBS/BABS und den Kantonen bis 30. Juni 2013 das Verteilungskonzept für die Kaliumiodidtabletten ausserhalb der festgelegten Alarmierungszonen zu überprüfen. Eine rechtzeitige Verteilung in Zone 3 wäre vor allem in dicht besiedelten Gebieten kaum rechtzeitig möglich.

Bei einem Kernkraftwerksunfall könnte radioaktiv kontaminiertes Wasser austreten und den Wasserkreislauf verseuchen. Welche Massnahmen sind für die erschwerte Trinkwasserversorgung vorgesehen?

Im Moment sind keine konkreten Massnahmen vorbereitet, die Situation müsste ad hoc beurteilt und gelöst werden. Anlässlich eines Audits der IAEA beim Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (IRRS-Mission 2011) wurde diese Problematik bemängelt und als Prüfpunkt aufgenommen.

Hochstehender Strahlenschutz bei der Produktion von Radioisotopen

Die Berner Firma Swantec hat kürzlich ihre Hightech-Produktion für Radioisotopen gestartet. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat die Firma besucht und die Strahlenschutzmassnahmen vor Ort besichtigt.

Ein Knopfdruck des Berner Physikers Cyril Topfel genügt. Die 24 Tonnen schwere und meterdicke Betontür bewegt sich lautlos vom Strahlenbunker weg. Ein erster Blick auf das Zyklotron der Berner Firma Swantec wird frei. Saverio Braccini, der leitende Physiker der Firma, nähert sich vorsichtig mit einem Teleskopgeigerzähler der Tür. «Alles in Ordnung», kommt die Entwarnung. Braccini, wie alle anderen Anwesenden in Schutzmantel und Überschuhen, führt uns zur zierlichen und im Moment abgeschalteten Hightech-Maschine. Einmal in Betrieb, beschleunigt der Teilchenbeschleuniger Protonen auf höchste Geschwindigkeiten und erzeugt dabei im Bunker eine Strahlung, die für einen Menschen tödlich wäre. Ausserhalb des Bunkers besteht allerdings keine Gefahr, dafür sorgen die meterdicke Beton-Abschirmung und das ausgeklügelte Sicherheitssystem.

Das Zyklotron im Untergrund des Berner Inselspital-Areals steht im Dienste der Tumormedizin. Es produziert radioaktives Fluor, das in einem weiteren, firmeneigenen Prozess an Traubenzucker gekoppelt wird. Das Syntheseprodukt, die radioaktive Fluordesoxyglucose, ist eine Schlüsselsubstanz bei der Diagnose von schnellwachsenden Tumoren. Solche Tumore sind

Die SWAN Isotopen AG gehört zur SWAN-Gruppe, einem Spin-off des Berner Inselspitals. Die Firma ist im neu erbauten Swan-Haus auf dem Areal des Inselspitals domiziliert. Neben der radiopharmazeutischen Produktion arbeitet sie in der Forschung mit der Radio- und Umweltchemie und dem Labor für Hochenergiephysik der Universität Bern zusammen.

enorm energiehungrig und haben dementsprechend einen grossen Traubenzuckerbedarf. Modernste Diagnoseverfahren nutzen diesen Umstand nun aus, um den zerstörerischen Zellen auf die Schliche zu kommen: Der radioaktive Traubenzucker wird krebskranken Patienten in die Blutbahn gespritzt. In den Krebszellen angekommen, kann er dank seinen spezifischen Eigenschaften nicht abgebaut werden und reichert sich an. Der nächste Schritt grenzt schon an Science-Fiction: Das radioaktive Fluor lässt Positronen frei, die im Krebsgewebe auf ihre nuklearen Gegenspieler, die Elektronen, treffen. Beide Teilchen vernichten sich und senden dabei einen winzigen Gammastrahlen-Blitz aus. Modernste hochempfindliche Kameras, die Positronen-Emissions-Tomographen (PET), können den Ursprung des Blitzes genau lokalisieren. Kombiniert mit einer überlagerten Computertomographie lässt sich der Ort des Tumors im kranken Organ millimetergenau diagnostizieren.

Der Weg von der Produktion der Fluordesoxyglucose in der Berner Firma bis zum mikroskopischen Gammablitz in der PET-Untersuchung eines Schweizer Spitals ist ein Wettlauf gegen die Zeit. Saverio Braccini zeigt auf dünne Rohre, die neben vielen anderen Kabeln mit dem Zyklotron verbunden sind: «Diese Kapillaren transportieren das radioaktive Fluor vollautomatisch ins Obergeschoss in die Reinraumlaboratorien, wo es sofort an den Traubenzucker gekoppelt wird». Da das Fluor seine Aktivität innert weniger Stunden verliert, muss alles schnell gehen: Produktion, Qualitätssicherung, das schweisstreibende Verpacken in kiloschwere strahlengeschützte Behälter und der Transport zu den Spitalern. Dabei steht die

Sicherheit an oberster Stelle. Im Kontrollraum führt der Physiker Jonas Knüsel die zahlreichen Monitore vor: «Wir haben sämtliche denkbaren Zwischenfälle im Zyklotron, bei der Produktion, beim Brandschutz, bei der Luftkontamination und beim Arbeitnehmerschutz durchgespielt und praktikable Interventionsmöglichkeiten erarbeitet.» Saverio Braccini erwähnt stolz die 55 Sensoren, die die Radioaktivität im ganzen Haus und in der Umgebung überwachen. Und Konrade von Bremen, Direktorin von Swantec, vergleicht das Radioaktivitätsmonitoring ihrer Firma mit einem Strahlen-Google-Maps, das den Fluss der radioaktiven Substanzen zwischen den einzelnen Produktionsorten in Echtzeit überwacht und lokalisiert.

Sowohl bei der pharmazeutischen Sicherheit als auch beim Strahlenschutz hat sich die Firma Swantec von Anfang an auf die Erfahrung anderer Partner abgestützt. Das Paul Scherrer Institut in Villigen beispielsweise hat die meterdicke Betonabschirmung des Zyklotrons berechnet. Herausfordernd für Swantec war auch der Umstand, dass bei der Produktion der radioaktiven Fluorescein zwei verschiedene Sicherheitskulturen zusammen stiessen. Die «good manufacturing practice» der pharmazeutischen Produktion verlangt beispielsweise, dass Produktionsstätten unter Überdruck stehen, damit keine gesundheitsschädlichen Keime eindringen können. Der Strahlenschutz fordert genau das Gegenteil: Der Unterdruck in den Produktionsstätten soll verhindern, dass radioaktive Substanzen in die Umwelt entweichen. Obwohl diese gegenteiligen Anforderungen nicht zum ersten Mal aufeinandergetroffen sind, haben sie die am Bau beteiligten Berner Installateure vor neue Herausforderungen gestellt. Heute funktioniert die Anlage mit einem doppelten Schleusensystem, das beiden Anforderungen gerecht wird.

Die Strahlenschutz-Fachleute des BAG haben den Bau der Berner Anlage eng begleitet. Für Konrade von Bremen ein Glücksfall: «Wir waren froh, dass die Bewilligungsbehörde

von Anfang an da war und nicht erst am Schluss – und womöglich mit einer langen Mängelliste.» Sie weist dabei auf die verschiedenen Flughöhen hin, die das BAG eingenommen hat. «Wir konnten sowohl bei generellen als auch bei Detailfragen auf die Hilfe des BAG zählen.» Besonders wichtig war ihr die unbürokratische und schnelle Zusammenarbeit. Reto Linder, der seitens BAG die Anlage bei Swantec betreut, sieht diese Vorteile auch: «Wir konnten unsere Erfahrungen von Anfang an bei der Planung und später auch beim Bau einbringen.» Diese enge Zusammenarbeit zwischen Swantec und BAG als Bewilligungsbehörde habe von Beginn weg zu einem hohen Strahlenschutzstandard und damit zu einem optimalen Schutz der Umwelt und auch des Personals geführt. Dass dieser bei Swantec und generell in der Schweiz einen hohen Stellenwert genießt, führt Saverio Braccini am Schluss des Besuches beim Auschecken aus dem Labor am Beispiel der Magensonde vor: «Wir messen nicht nur radioaktive Kontaminationen auf der Körperoberfläche des Personals, sondern anders als in anderen europäischen Ländern auch allfällig inkorporierte radioaktive Substanzen.»



Abb. 7: Saverio Braccini (links, Swantec) und Reto Linder (rechts, BAG) vor dem Zyklotron

Strahlenschutztag in der Medizin

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat im September 2012 einen nationalen «Strahlenschutztag in der Medizin» zum Thema Strahlentherapie organisiert. Die Veranstaltung bildete den Schlusspunkt einer Reihe von Audits, die das BAG seit 2011 an allen Radioonkologie-Instituten der Schweiz durchgeführt hatte. Dieser Erfahrungsaustausch, der von den beteiligten Akteuren sehr positiv aufgenommen wurde, soll nun jährlich in ähnlichem Rahmen stattfinden. Das BAG will damit im medizinischen Bereich die Kultur des Dialogs bei Strahlenschutz-Themen anregen und fördern.



Abb. 8: Logo für den nationalen Strahlenschutztag in der Medizin

Das BAG widmete den Strahlenschutztag in der Medizin 2012 dem Thema Strahlentherapie. Eingeladen wurden alle radioonkologischen Institute und Kliniken der Schweiz sowie die betroffenen Fachgesellschaften der Radioonkologen, der Medizinphysiker und der Fachleute für medizinisch-technische Radiologie MTRA. Die Strahlentherapie wird jedes Jahr bei 20'000 Patientinnen und Patienten in der Schweiz eingesetzt und gehört damit zu den wichtigsten Behandlungsmethoden gegen Tumorerkrankungen. Die Therapien sind medizinisch unbestritten sehr wertvoll, sie können allerdings bei falscher Anwendung schwerwiegende Strahlenschutzunfälle zur Folge haben.

Bei den radioonkologischen Prozessen kann es gemäss Analysen der ICRP (International Commission on Radiological Protection) und der IAEA zwar leicht zu Fehlern kommen, die Folgen sind allerdings oft unbedeutend. Technische Mängel der Anlagen sind dagegen viel seltener, betreffen dann jedoch zahlreiche Personen mit gravierenden Folgen, wie im Fall des französischen Spitals in Épinal (vgl. Kästchen), wo Patienten mit einer zu hohen Dosis bestrahlt wurden.

Um das Risiko von Unfällen zu minimieren, führte das BAG in den vergangenen zwei Jahren Audits bei den 29 Instituten und Kliniken für Radioonkologie in der Schweiz durch (siehe S. 6). Anlässlich des Strahlenschutztags in der Medizin 2012 griff das BAG die Ergebnisse dieser Inspektionen wieder auf. Es forderte die Radioonkologen, Medizinphysiker und Fachleute für medizinisch-technische Radiologie MTRA auf, ihre Sicht einer guten Praxis bei der Ausübung ihrer

Berufstätigkeit im Hinblick auf die Sicherheit darzustellen (vgl. bag.admin.ch, Thema Strahlung, Radioaktivität und Schall, Strahlentherapie und medizinische Diagnostik, Therapieanlagen, Strahlenschutztag in der Medizin 2012).

Der Erfahrungsaustausch zwischen den verschiedenen Ärzten, die an der Behandlung der Patienten beteiligt sind, ist für den Erhalt einer guten Kultur des Strahlenschutzes in der Schweiz wesentlich. Aus diesem Grund plant das BAG, diese Treffen nun jedes Jahr durchzuführen, wobei der Schwerpunkt jeweils auf medizinischen Bereichen liegen soll, die mit einem hohen potentiellen Strahlenrisiko verbunden sind. Für den Strahlenschutztag in der Medizin 2013 ist das Thema Röntgendiagnostik vorgesehen.

Auch hier möchte das BAG von der neuen Plattform profitieren, um den Dialog zwischen Ärzten, Berufsverbänden und Vertretern der zuständigen Behörden zu stärken.

Zu hohe Strahlendosen in Épinal

Anfang der 2000er-Jahre wurden fast 500 Patientinnen und Patienten mit Tumorerkrankungen im französischen Épinal mit viel zu hohen Dosen bestrahlt. Auslöser dieser Katastrophe war ein Programmierfehler im System für die Bestrahlungsplanung, der im Wesentlichen auf menschliches Versagen zurückzuführen war. Der Fall Épinal löste ein Umdenken bei der französischen Strahlenschutzbehörde aus: In der Folge wurde den Sicherheitsaspekten in französischen Spitälern viel mehr Gewicht beigemessen. Quelle: www.asn.fr

Aktionsplan Radon 2012–2020

Mit dem Aktionsplan Radon, der zu Beginn des Jahres 2012 in Kraft getreten ist, soll eine Anpassung der schweizerischen Strategie an die neuen internationalen Normen erfolgen. Ziel ist insbesondere das Festlegen eines Referenzniveaus von 300 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m^3) in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Die Umsetzung dieser neuen Strategie bedingt nicht nur eine Anpassung der Gesetzgebung, sondern auch die Erarbeitung wirksamer technischer Lösungen, mittels derer sich das Gesundheitsrisiko zu gesellschaftlich tragbaren Kosten reduzieren lässt.

Neue Strategie

Heute beruht das Programm zum Radonenschutz in der Schweiz auf den Artikeln 110 bis 118 a der Strahlenschutzverordnung (StSV), deren Vollzug in der Verantwortung der Kantone liegt.

Mit dem zwischen 1994 und 2004 aufgenommenen Radonkataster, in dem 60'000 Gebäude erfasst sind, konnten die Gemeinden nach ihrem Radonrisiko eingeteilt werden. Zur Verfeinerung des Katasters wurden danach fast 80'000 Gebäude, hauptsächlich im Juragebiet und in den Alpen, untersucht. Bei rund 2 % der Gebäude war der Grenzwert von $1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$ überschritten. Gemäss Artikel 116 der StSV sind Gebäudeeigentümer in Gebieten mit erhöhten Radongaskonzentrationen zu Sanierungsmassnahmen bis 2014 verpflichtet. Sie können sich

für eine Beratung an eine «Radonfachperson» der Liste wenden, die auf der Website des Bundesamts für Gesundheit publiziert ist (www.ch-radon.ch).

Die Revision der StSV, die eine Anpassung an die europäischen Normen und die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) anstrebt, ist eine prioritäre Massnahme des neuen Aktionsplans. Gemäss der Veröffentlichung 103 der ICRP von 2007 gehört das Radonrisiko zu den bestehenden Expositionssituationen und muss mit Hilfe von Referenzwerten beurteilt werden. Eine Überschreitung

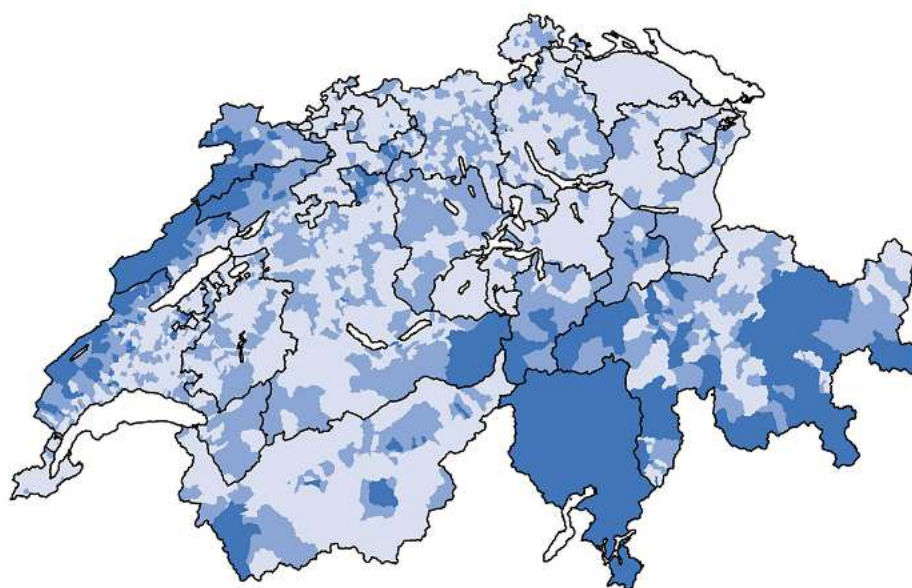


Abb. 9: Radonkarte der Schweiz (Wohn- und Aufenthaltsräume)
Stand: Februar 2011
Quelle: GG25 © Swisstopo

Radonrisiko*:

- Gering
- Mittel
- Hoch

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

der Referenzwerte gilt als «unangemessen» und bedingt weitere Optimierungsmassnahmen. Die Abbildung 10 zeigt die chronologische Entwicklung der Einzeldosen-Verteilung, die sich ergibt, wenn die Schutzmassnahmen bei einer Überschreitung der Referenzwerte optimiert werden. In ihrer Veröffentlichung 115 (2010) legt die ICRP den Referenzwert für Wohn- und Aufenthaltsräume bei 300 Bq/m^3 fest. Der Ersatz des Grenzwertes von 1000 Bq/m^3 in der StSV durch den Referenzwert von 300 Bq/m^3 ist mit dem Übergang von einem individuellen Ansatz (gezielte Sanierung von Gebäuden mit erhöhter Konzentration) zu einem kollektiven Ansatz (Optimierung der Radonkonzentration bei der Gesamtheit der Gebäude) verbunden. So wird der Wert von 300 Bq/m^3 bei beinahe 12 % der bereits gemessenen, über die gesamte Fläche der Schweiz verteilten Gebäude überschritten.

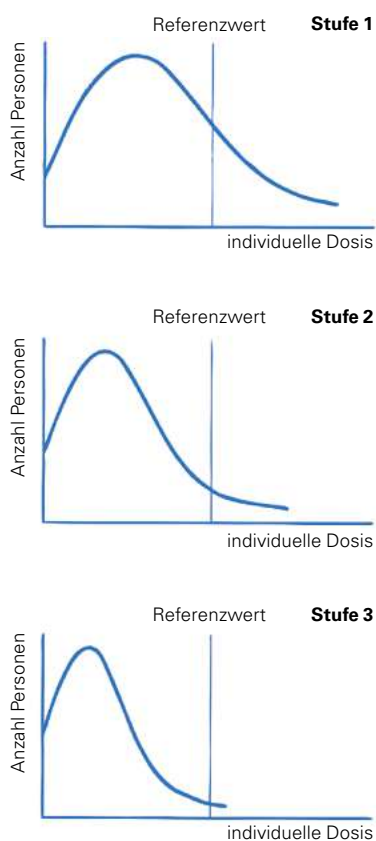


Abb. 10: Verwendung eines Referenzwertes bei einer bestehenden Expositionssituation
Quelle: ICRP-Veröffentlichung 103, 2007

Im Rahmen des Aktionsplans Radon wurden verschiedene Projekte lanciert, um den Übergang zur neuen Strategie vorzubereiten. Das BAG unterstützt zum Beispiel ein Projekt zur geostatistischen Erstellung einer Radonkarte, das vom Institut für angewandte Radiophysik (IRA) in Lausanne durchgeführt wird. Unter Federführung des Eidgenössischen Instituts für Metrologie (METAS) wurde ausserdem eine Arbeitsgruppe mit Messspezialisten und Behördenvertretern geschaffen, mit dem zweifachen Ziel, das vereinbarte Protokoll zur Radonmessung zu verbessern und eine rasche, in einigen Tagen durchführbare Diagnosemethode zu entwickeln.

Entwicklung des technischen Stands

Abbildung 11 zeigt die mittleren Radonkonzentrationen von beinahe 100'000 Gebäuden, die chronologisch nach Baujahr aufgeführt sind. Es lässt sich eine tiefere mittlere Konzentration der Gebäude mit Baujahr ab 1970 feststellen, was auf den technischen Stand mit dem Ersatz des Streifenfundaments durch eine durchgehende Bodenplatte zurückzuführen ist. Seit den 2000er-Jahren ist wieder eine Zunahme auszumachen, die mit der verstärkten Isolation der Gebäude zusammenhängen dürfte.

Radon bei Baubewilligungen

Bei beinahe 8 % der bisher gemessenen *Neubauten* (gebaut nach 1994) wird der Wert von 300 Bq/m^3 überschritten. Es ist deshalb wichtig, die Anforderungen zum Radonschutz bei Baubewilligungen für Neubauten zu berücksichtigen, insbesondere weil es wirksame und kostengünstige Lösungen gibt. Der Stand der Technik ist in den Empfehlungen des BAG festgelegt, die unter www.ch-radon.ch zur Verfügung stehen. Ziel ist ein *dauerhaft dichtes Fundament* in allen Gebäuden, unabhängig vom Radonrisiko in der betreffenden Gemeinde. Sowohl das Eindringen von Radon als auch das von Feuchtigkeit sollen so verhindert werden. Bei Gebäuden mit geringem Energiekonsum, mit Wohn- oder Aufenthaltsräumen mit direktem Bodenkontakt, oder mit Naturkellern werden zusätzliche Schutzmassnahmen vorgeschlagen. Das BAG hat sich in diesem Sinne zum neuen Entwurf für die Norm SIA 180 «*Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden*» geäussert, der vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) 2012 für eine Vernehmlassung vorgelegt wurde.

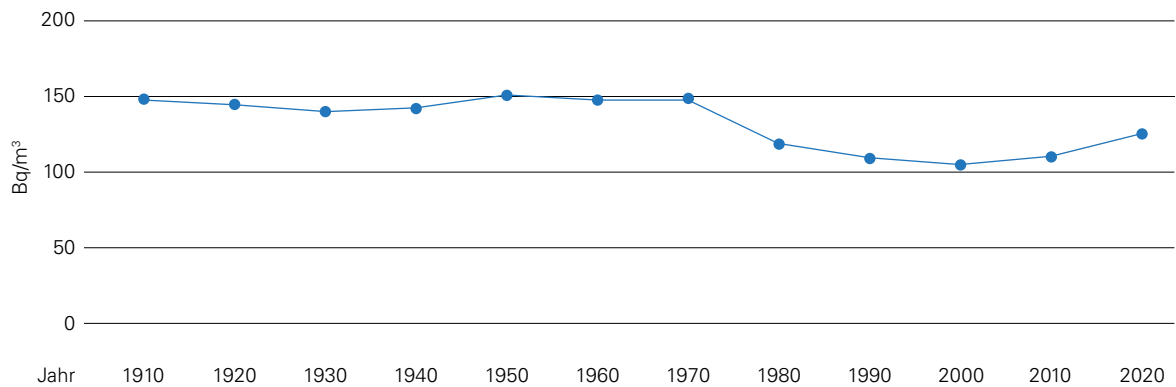


Abb. 11: Baujahr und gemessene mittlere Radonkonzentration

Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass die *energetischen Sanierungen*, die im Rahmen des «Gebäudeprogramms» nach dem CO₂-Gesetz subventioniert werden, keine Erhöhung der Radonkonzentration zur Folge haben. Die Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) hat mit Unterstützung des BAG eine Studie lanciert, bei der die Radonkonzentrationen von 160 Gebäuden vor und nach der energetischen Sanierung verglichen und Massnahmen identifiziert werden sollten, die eine Erhöhung der Radonkonzentration bewirken. Trotz bedeutender Unterschiede lässt sich eine durchschnittliche Zunahme der Radonkonzentration um fast 30 % nach der energetischen Sanierung feststellen. Das Ersetzen der Fenster scheint die problematischste Massnahme zu sein, auch wenn die Stichprobe von 70 Gebäuden für eine allgemeingültige Aussage zu klein ist. Das BAG plant, diese Stichprobe im Rahmen weiterer Studien zu erweitern.

Es ist unbestritten am effizientesten, die *Radonsanierung* von Gebäuden, bei denen eine erhöhte Radonkonzentration festgestellt wurde, spätestens beim nächsten bewilligungspflichtigen Umbau vorzunehmen.

Ausbildung von Baufachleuten

In der Schweiz gibt es gegenwärtig fast 150 «Radonfachpersonen», die eine vom BAG anerkannte Weiterbildung absolviert haben. Im Jahr 2012 fand eine solche Weiterbildung an der Università delle Svizzera Italiana (USI) statt. Ausserdem lancierte das BAG eine Internetplattform, mit deren Hilfe sich deutschsprachige Baufachleute autodidaktisch bauliche Massnahmen zum Radonschutz aneignen können. 2013 können interessierte Personen diese theoretische Ausbildung durch einen praktischen Kurs ergänzen und sich nach der abschliessenden Prüfung auf der vom BAG publizierten Liste der Radonfachpersonen aufführen lassen. In den nächsten Jahren sollen Module in französischer, italienischer und englischer Sprache bereitgestellt werden. Die Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (EIA-FR) bietet in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (ETHL) die breiter gefasste CAS-Weiterbildung «Qualité de l'air intérieur» an.

Um die Radonfachpersonen zu unterstützen und die Problematik in den Ausbildungen der Baubranche zu verankern, hat das BAG drei regionale Kompetenzzentren an Fachhochschulen geschaffen: in der Westschweiz an der HTA-FR, in der italienischsprachigen Schweiz an der SUPSI und in Muttenz in der Deutschschweiz an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW). Diese Zentren sind verpflichtet, den Stand der Technik im Bereich des Radonschutzes zu verfolgen sowie die Ausbildung in ihrer Sprachregion und den Austausch zwischen den beteiligten Akteuren zu fördern.

Überwachung der Umwelt

Die Ergebnisse der Umweltüberwachung 2012 zeigen, dass die Radioaktivitätswerte in der Umwelt und in den Nahrungsmitteln – wie in den Vorjahren – unter den gesetzlichen Grenzwerten liegen. Insgesamt zeugen die geringen nachgewiesenen Werte künstlicher Radioaktivität davon, dass die Überwachungsmethoden wirksam sind. Das entsprechende Strahlenrisiko kann daher als klein eingestuft werden. Einziger Wermutstropfen waren die erhöhten Tritiumkonzentrationen im Entwässerungssystem der ehemaligen Reaktoranlage Lucens. Die bei mehr als 200 zusätzlichen Proben durchgeführten Analysen zeigten jedoch, dass es sich dabei nur um ein punktuell Problem handelte, sodass das Bundesamt für Gesundheit (BAG) Ende Sommer wieder zum normalen Überwachungsrhythmus zurückkehren konnte.

Was wird gemessen?

Die Überwachung soll gewährleisten, dass einerseits jede deutliche Radioaktivitätszunahme in der Umwelt sofort festgestellt wird (frühzeitige Erkennung von Strahlenunfällen), und andererseits die durchschnittliche Jahresdosis der Schweizer Bevölkerung bestimmt werden kann. Das Ziel ist der Schutz der Bevölkerung vor jeder unzulässigen Strahlenbelastung natürlicher oder künstlicher Herkunft. Zu diesem Zweck erfassen automatische Messnetze die Gamma-Ortsdosen im ganzen Land. Folgende automatische Netzwerke sind beteiligt:

- NADAM: Netz für die automatische Dosisleistungsalarmierung und -messung
- MADUK: Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke
- RADAIR: Messnetz zur Bestimmung der Radioaktivität in der Luft.

Es werden kontinuierlich Proben von Aerosolen, Niederschlägen und Flusswasser entnommen und im Labor ausgewertet. Die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Mit Untersuchungen der Radioaktivität im menschlichen Körper werden auch Kontrollen am Ende der Kontaminationskette durchgeführt.

Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz

Seit 1986 gehört die Überwachung der ionisierenden Strahlung sowie der Radioaktivität in der Umwelt zu den ständigen Aufgaben des BAG. Die gesetzlichen Grundlagen dazu finden sich in den Artikeln 104 bis 106 der Strahlenschutzverordnung (StSV). Das BAG erstellt jährlich ein Probenahme- und Messprogramm in Zusammenarbeit mit Laboratorien des Bundes und verschiedenen Hochschulen. Die vollständigen Ergebnisse der Überwachung werden im Bericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» veröffentlicht, der auf der Website des BAG zur Verfügung steht (www.bag.admin.ch).

Wichtigste Ergebnisse der Überwachung 2012

Die Ergebnisse der 2012 durchgeführten Messungen in den verschiedenen Umweltbereichen zeigen, dass die Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Schweiz eine vorherrschende Rolle spielt, allerdings mit regionalen Abweichungen, die auf geografische Merkmale zurückzuführen sind. Eine uneinheitliche Verteilung über das schweizerische Gebiet zeigt sich auch bei der Radioaktivität künstlichen Ursprungs,

die auf die oberirdischen Kernwaffenversuche und den Tschernobyl-Reaktorunfall zurückzuführen ist: 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 sehr geringen Spuren auf. Obwohl die Cäsium-137-Konzentrationen, die hauptsächlich auf den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen sind, seit 1986 stetig abnehmen, werden in bestimmten Nahrungsmitteln – wie einheimische oder eingeführte wilde Pilze, Honig oder Heidelbeeren – noch immer Überschreitungen der Toleranzwerte und der Grenzwerte für dieses Radionuklid festgestellt.

Neben dieser allgemeinen Überwachung leitet das BAG ausserdem spezifische Überwachungsprogramme zu den radioaktiven Immissionen in der Umgebung der Kernkraftwerke, Forschungszentren (PSI, CERN) und der Betriebe, die radioaktive Stoffe einsetzen. Die höchste 2012 gemessene Konzentration in den Proben aus der Umgebung eines Unternehmens, das Tritium verwendet, betrug zum Beispiel etwa 1860 Bq/l. Das entspricht 15,5 % des Immissionsgrenzwertes der StSV für Tritium in öffentlich zugänglichen Gewässern. Zum Vergleich: Die durchschnittliche Konzentration von Tritium in Proben aus der ganzen Schweiz beträgt etwa 2 bis 3 Bq/l.

Im Rahmen der Strahlenüberwachung der ehemaligen Reaktoranlage Lucens wurden im Entwässerungssystem zwischen Ende 2011 und Anfang 2012 erhöhte Tritium-Konzentrationen festgestellt. Obwohl die höchste gemessene Tritium-Konzentration (230 Bq/l) deutlich unter dem Immissionsgrenzwert lag und damit keine Gefahr für die Gesundheit bestand, haben die Messergebnisse darauf aufmerksam gemacht, dass eine Abweichung von der gewöhnlichen Situation vorlag (15-mal höhere Konzentration) und die Entwicklung sorgfältig beobachtet werden musste. Aus diesem Grund hat das BAG beschlossen, die Überwachung der Anlage durch tägliche Wasserproben an verschiedenen Punkten des Entwässerungssystems zu verstärken und durch Messkampagnen mit Probenentnahmen von Wasser, Sedimenten und Wasserpflanzen aus der Broye zu ergänzen.

Versuchsreaktor Lucens

1962 wurde mit dem Bau des Versuchsreaktors Lucens begonnen. Beim Start des Reaktors 1969 führte ein Problem mit der Kühlung zu einer partiellen Kernschmelze. Weder das Personal noch die Bevölkerung waren einer Bestrahlung ausgesetzt, der unterirdische Stollen, in dem sich der Reaktor befand, wurde jedoch stark kontaminiert. In den folgenden Jahren wurde der Reaktor abgebaut und der Stollen dekontaminiert. 1992 wurden die betroffenen Bereiche teilweise zubetoniert. Drei Jahre später wurde die Anlage aus dem Zuständigkeitsbereich der Kernenergiegesetzgebung ausgegliedert. Seither ist das BAG für die Überwachung der Umweltradioaktivität in Lucens zuständig.

Zwischen März und Juni 2012 wurden mehr als 200 Stichproben entnommen und analysiert. Im Entwässerungssystem zeigte sich kein erhöhter Wert, was bestätigte, dass es sich lediglich um ein punktuell Phänomen gehandelt hatte. Aufgrund der Messergebnisse der Proben aus der Broye konnte ausserdem eine Kontamination der Umwelt durch Radionuklide aus der ehemaligen Kernanlage ausgeschlossen werden. Das BAG entschied sich deshalb, ab Juli zum ursprünglichen Überwachungsrythmus mit monatlichen Messungen zurückzukehren. Die enge Beobachtung der Situation in Lucens war Gegenstand von separaten Publikationen, die auf der Website des BAG zur Verfügung stehen.

Mit Ausnahme der Anlage bei Lucens waren die Ergebnisse der Messungen, die 2012 im Rahmen der Überwachung von Kernanlagen und Forschungszentren durchgeführt wurden, vergleichbar mit den Werten der vorangehenden Jahre. Zwar lassen sich Spuren von Radionukliden, die von diesen Betrieben abgegeben werden, in der Umwelt nachweisen (Kohlenstoff-14 oder Cobalt-Isotope in der Umgebung der Kernkraftwerke, Natrium-24 oder Iod-131 in der Nähe des CERN), die Werte liegen jedoch weit unter den Immissionsgrenzwerten. Die im Jahr 2012 durch die Kernkraftwerke und die Forschungszentren verursachte Strahlenbelastung von Bevölkerung und Umwelt ist somit als sehr gering zu bezeichnen.

Strahlenbelastung der Bevölkerung 2012

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.

Die drei wichtigsten Ursachen für die Strahlenbelastung der Bevölkerung sind Radon in Wohnungen, die medizinische Diagnostik sowie die natürliche Strahlung (Abb. 12). Für alle künstlichen Strahlenexpositionen (ohne Medizin) gilt für die 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 Jah-

ren 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 der 1.6 mSv, die mit den alten Dosisfaktoren aus der Publikation ICRP 65 geschätzt wurden. Die Radonbelastung der Bevölkerung ist nicht einheitlich. Der angegebene Mittelwert leitet sich aus der durchschnittlichen Radonkonzentration von 75 Bq/m³ ab.

Bestrahlung durch medizinische Diagnostik

Die Dosis aufgrund medizinischer Anwendungen (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

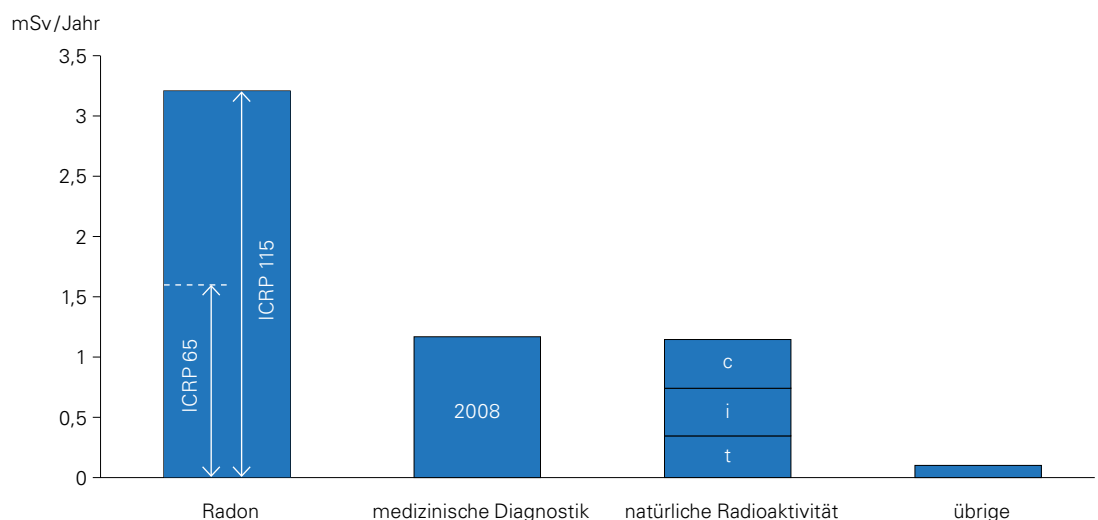


Abb. 12: Durchschnittliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung in [mSv pro Jahr pro Person]. Die Belastung durch Radon muss nach der neuen Beurteilung durch die ICRP (ICRP 115, 2010) deutlich höher eingeschätzt werden als zuvor (ICRP 65). Der Wert für die medizinische Diagnostik beruht auf der Erhebung 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.

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 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.

Die kosmische Strahlung feierte im Berichtsjahr Jubiläum! Mit Ballonfahrten stellten Forscher wie Albert Gockel und Victor Hess zu Beginn des letzten Jahrhunderts eine unerwartet starke ionisierende Strahlung in grosser Höhe fest (Abb. 13). Es war Hess, der aus diesen Beobachtungen 1912 auf die Existenz der kosmischen Strahlung schloss.

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 jährlich 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.



Abb. 13: Victor Hess bei der Arbeit

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 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. 82'500 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 2013 auf der BAG-Website publiziert wird.

Schutz vor nichtionisierender Strahlung und Schall

Die gesundheitlichen Risiken nichtionisierender Strahlung wie Laser, kosmetische Anwendungen oder Schall werden oft unterschätzt. Um den Gesundheitsschutz besser zu gewährleisten, erarbeitet das Bundesamt für Gesundheit (BAG) zurzeit eine Gesetzesvorlage.

Der Bundesrat hat das Eidgenössische Departement des Innern EDI beauftragt, einen Gesetzesentwurf für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NIS) und Schall auszuarbeiten. Ziel ist es, diejenigen gesundheitsgefährdenden Produkte und Anwendungen zu regeln, die in den bestehenden Regulierungen bisher nicht oder nur teilweise erfasst sind. Beispiele dafür sind starke Laserpointer, Solarien oder kosmetische NIS- und Schall-Anwendungen. Klare Rahmenbedingungen sollen es zudem ermöglichen, mögliche Gesundheitsrisiken neuer Technologien rechtzeitig zu erkennen, die Bevölkerung entsprechend zu informieren und allenfalls Massnahmen zu treffen.

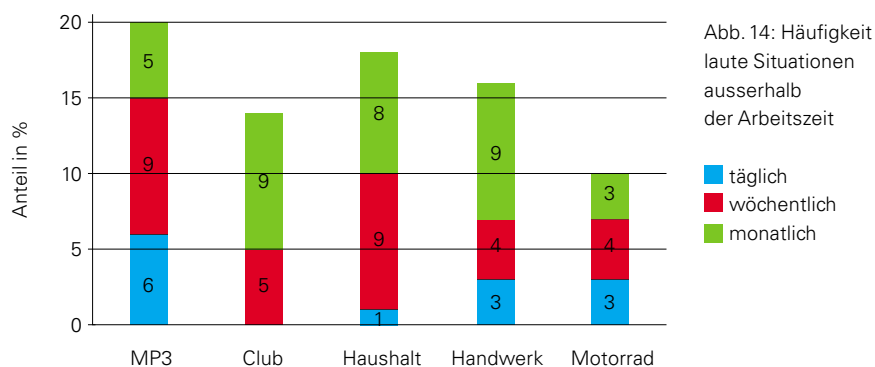
Befragung zu Schallexpositionen und Gehör

Die grosse Mehrheit – etwa 90 Prozent – der Schweizer Bevölkerung hat ein gutes oder sehr gutes Gehör. Dreizehn Prozent leiden jedoch unter einem chronischen Tinnitus und 36 Prozent hatten in den letzten fünf Jahren ein vorübergehendes Hörproblem wie ein dumpfes Gefühl in den Ohren oder einen vorübergehenden

Tinnitus. Während vom chronischen Tinnitus vor allem ältere Männer betroffen sind, treten die vorübergehenden Fälle vor allem bei jüngeren Personen auf.

Dies sind Erkenntnisse aus einer repräsentativen Befragung zu Gehör und Expositionen gegenüber hohen Schallpegeln in der Freizeit, die das Forschungsinstitut gfs.bern im Auftrag der Abteilung Strahlenschutz durchgeführt hat (vgl. Abb. 14).

Hörprobleme können durch hohe Schallpegel verursacht werden. Ein grosser Anteil der befragten Personen führt ihr vorübergehendes Hörproblem auf laute Musik zurück. Auch statistisch lässt sich zeigen, dass mehrheitlich Personen ein dumpfes Gefühl in den Ohren hatten, die im Allgemeinen laute Musik hören oder sich im Speziellen besonders lange in Clubs mit lauter Musik aufhalten. Der akute Tinnitus tritt vermehrt bei Personen auf, die sich häufig über längere Zeit exponieren.



Die Musik in Clubs oder Discotheken wird von der Mehrheit der befragten Besucherinnen und Besucher (61 %) als zu laut empfunden. Die Lautstärke an Konzerten wird eher als angemessen empfunden, nur 44 % finden es zu laut. Dafür wird an Konzerten eher ein Gehörschutz getragen. Dieser Gehörschutz, der gemäss Schall- und Laserverordnung gratis abgegeben werden muss, scheint aber an Konzerten auch besser verfügbar zu sein als in Clubs.

Clubs und Konzerte sind nicht die einzigen Situationen, wo sich die Schweizer Bevölkerung hohen Schallpegeln ausserhalb der Arbeit aussetzt. Viele der Befragten hören häufig und zum Teil auch lange Musik über Kopfhörer oder spielen laute Computergames. Auch lärmende Haushaltarbeiten oder handwerkliche Arbeiten zählen zu den verbreiteten lauten Tätigkeiten. 91 Prozent der Schweizer Bevölkerung haben sich in den letzten fünf Jahren lauten Situationen ausgesetzt. Dabei sind Feuerwerk und Knallkörper die Schallquellen, denen der grösste Anteil der Befragten (63%) ausgesetzt war – dies jedoch nur selten und auch nur über kurze Zeit.

Den ganzen Bericht und weitere Informationen finden Sie unter: <http://www.bag.admin.ch/schall>

Sonnenstrahlung und Vitamin D – ein Gesundheitsrisiko?

Vitamin D wird je länger je mehr zum Gesprächsthema in der gesundheitsbewussten Gesellschaft. Seit langem ist bekannt, dass eine Vitamin-D-Unterversorgung zu Rachitis bei Kindern und Knochenerweichung bei Erwachsenen führt. Die Forschung der letzten Jahre liefert zudem Hinweise, dass eine genügende Vitamin-D-Versorgung den Verlauf chronischer und schwerer Krankheiten wie altersbedingte Skeletterkrankungen, Herzkreislauferkrankungen, Tumore oder Infektionskrankheiten günstig beeinflussen könnte.

In der Schweiz nehmen die Menschen Vitamin D nur zu einem kleinen Teil über die Nahrung oder Vitamin-D-Supplemente auf. Die wichtigste Quelle bildet das Ultraviolett der Sonnenstrahlung, mit dem die Haut vier Fünftel des benötigten Vitamin D produziert. Für die Gesundheitsbehörden ist dies eine grosse Herausforderung, denn zu viel UV-Strahlung kann Hautkrebs

verursachen. Dies zeigt sich an den entsprechenden Erkrankungsraten: Der Hautkrebs ist mittlerweile mit 1'900 Melanomen und zirka 12'000 Fällen an weissem Hautkrebs die häufigste Krebsart in der Schweiz. Das BAG propagiert deshalb seit langem einen vorsichtigen Umgang mit der Sonnen- und UV-Strahlung.

Der UV-Schutz soll sich aber nicht ins Gegenteil verkehren und zu einem Vitamin-D-Mangel führen. Das BAG hat deshalb berechnet, wie lange sich Menschen an der Sonne aufhalten müssen, um die letztthin von der Schweizerischen Ernährungscommission empfohlenen täglichen Vitamin-D-Mengen zu erreichen. Verschiedene Szenarien wurden dabei berücksichtigt: Aufenthalt an der Sonne am Morgen, Mittag oder Nachmittag, der Einfluss der verschiedenen Jahreszeiten und der Einfluss der Hautempfindlichkeit. Die Resultate zeigen, dass es ohne Weiteres möglich ist, von Mitte März bis Mitte Oktober über die ungeschützte Haut des Gesichtes, der Arme und der Hände genügend Vitamin D zu bilden. An der Mittagssonne ist das benötigte Vitamin D in weniger als zehn Minuten produziert. Empfehlenswerter allerdings ist die Sonnenbestrahlung am Vor- oder Nachmittag. Am Morgen oder am späteren Nachmittag sind im Sommer bis zu einer halben Stunde und im Frühling und Herbst bis zu einer Stunde Sonnenschein nötig, um ausreichend Vitamin D zu bilden. All diese Zeiten liegen deutlich unter dem Wert, ab dem auch bei empfindlicher heller Haut gefährliche Hautrötungen oder gar Sonnenbrände entstehen.

Im Spätherbst, Winter und bei Frühlingsanfang ist die Sonne allerdings zu schwach, damit die Haut ausreichend Vitamin D produzieren kann. Neueste Studien zeigen denn auch, dass während dieser Zeit der Vitamin-D-Pegel in der Schweizer Bevölkerung unter den empfohlenen Wert abfallen kann. Ob dies grundsätzlich problematisch ist, lässt sich im Moment nicht beurteilen, da die entsprechenden Langzeitstudien noch nicht abgeschlossen sind. In dieser sonnenarmen Zeit kann die Aufnahme von Vitamin D über Lebensmittel oder Supplemente den Mangel entschärfen.

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 überhaupt nötig, gerechtfertigt sind und so niedrig wie möglich gehalten werden. Erste Priorität haben Massnahmen, die schwere Störfälle vermeiden und hohe Dosen von Bevölkerung, Patientinnen und Patienten sowie beruflich strahlenbelasteten Personen reduzieren.

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. Diese umfassende Rechtsgrundlage soll 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 nicht-ionisierenden Strahlung legen wir das Schwergewicht unserer Tätigkeiten auf die Information der Bevölkerung. So möchten wir erreichen, dass Personen einen vernünftigen Umgang mit nichtionisierender Strahlung praktizieren und sich keinen Gesundheitsrisiken aussetzen.

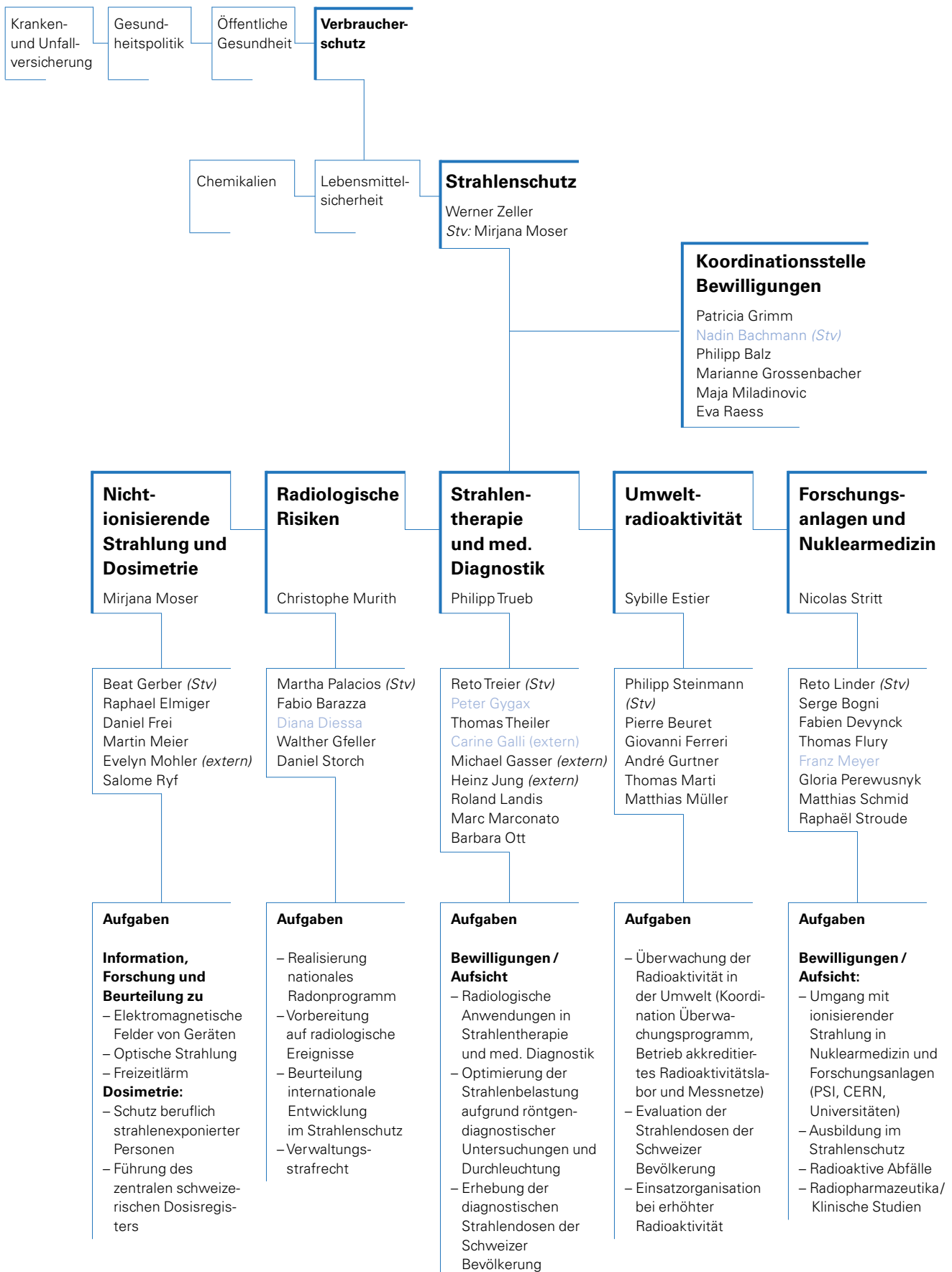
Ein umfassender und nachhaltiger Strahlenschutz funktioniert nicht ohne Unterstützung von aussen. Die Strahlenschutzgesetzgebung vollziehen wir deshalb zusammen mit verschiedenen Partnern. Im nichtionisierenden Bereich nehmen wir an nationalen und internationalen Forschungs- und Präventionsprogrammen

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 2012 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.

International Radiation Protection Association (IRPA)

Die Konferenz IRPA – World 2012 fand vom 14. bis 18. Mai 2012 in Glasgow statt. Zusammenfassungen zu diesem Kongress stehen auf folgenden Websites zur Verfügung:

www.irpa13glasgow.com/ (Congress Conclusions)
www.arrad.ch/ (Gazette Nr. 12)

Unter den Strahlenschutz-Themen gewinnen insbesondere die Strahlenbiologie (www.melodi2012.org/) und die Kommunikation (www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR-Communication_web.pdf) zunehmend an Bedeutung. Beim Reaktorunfall von Fukushima wurde deutlich, dass sich die lückenhaften Informationen der für die Krisenbewältigung verantwortlichen Personen (z. B. über die Evakuationskriterien) sehr negativ auf das Vertrauen der Bevölkerung auswirkten. Der Strahlenschutz muss sich vermehrt um eine Information der Bevölkerung bemühen, die über Erklärungen zu physikalischen und medizinischen Phänomenen und die Angabe von mSv-Werten hinausgeht. Konkret muss die Bevölkerung in die Notfallvorbereitung sowie in die Entscheidungsprozesse einbezogen

werden, um die Rückkehr zum Alltag in einem Gebiet, das von einem Strahlenunfall betroffen ist, zu erleichtern.

Der nächste IRPA-Kongress findet vom 23.–27. Juni 2014 in Genf statt (<http://irpa-2014europe.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, andere Länder bei Bedarf zum Strahlenschutzsystem, zu internationalen Sicherheitsstandards und zur Inspektion von radiotherapeutischen und Gammagraphie-Einrichtungen zu beraten, sie auf 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 vertreten. Grundsätzliches Ziel ist die Harmonisierung des Strahlenschutzes in Europa. Ausdruck dafür sind z.B. gemeinsam entwickelte Stellungnahmen zu relevanten Strahlenschutzthemen. HERCA ist damit die wichtigste Plattform für Erfahrungsaustausch und Meinungsbildung unter den europäischen Strahlenschutzbehörden und zielt konkret auf eine

Verbesserung der Strahlenschutzpraxis in den Mitgliedsländern ab.

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.

COST-Aktion *Emerging EMF Technologies and Health Risk Management*:

Das BAG stellt die Vizepräsidentin für diese EU-Aktion, die nationale Forschungsaktivitäten zu den Risiken elektromagnetischer Felder von neuen Technologien europaweit koordiniert.

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 www.bag.admin.ch/str/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 www.bag.admin.ch/themen/strahlung/03828/index.html?lang=de
