

Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz

Ergebnisse 2006

Editorial	2
Die Abteilung Strahlenschutz im Direktionsbereich Verbraucherschutz	3
Direktionsbereich Verbraucherschutz	3
Strategieentwicklung Strahlenschutz	3
Schutz der Bevölkerung und Umwelt vor Strahlung	3
Radiologische Zwischenfälle im 2006	5
Zwischenfall mit einer Strahlenquelle in Verbier	5
Vorfall Polonium-210	6
Radioaktive Altlasten, bei Privatpersonen gefundene radioaktive Gegenstände	7
Radio-Therapie	7
Quellenfund im Stahlwerk Gerlafingen	7
Bewilligungen und Aufsicht	8
Aufgaben	8
Tätigkeiten und Ergebnisse	8
Aufsichtstätigkeiten	8
Medizin	9
Radiopharmazeutika	11
Grossanlagen	11
Radioaktive Abfälle und Altlasten	13
Beurteilung	13
Radon: 5000 gesundheitsschädigende Wohnungen in der Schweiz	14
Zusammenfassung	14
Messung und Kartierung	14
Ausbildung	16
Kommunikation	16
Umweltüberwachung	18
Aufgaben	18
Tätigkeiten und Ergebnisse	18
Beurteilung	21
Auswirkungen des Reaktorunfalles in Tschernobyl vom 26. April 1986 auf die Schweiz	21
Strahlendosen	25
Aufgaben	25
Tätigkeiten und Ergebnisse: Strahlendosen der Bevölkerung	25
Tätigkeiten und Ergebnisse: Berufliche Strahlenexposition	27
Beurteilung	27
Nichtionisierende Strahlung und Schall	28
Definition	28
Aufgaben	28
Tätigkeiten und Ergebnisse	29

Editorial

Mit diesem Bericht, der einen gesetzlich verankerten Auftrag erfüllt, informieren wir über die Aktivitäten der Abteilung Strahlenschutz und über die Ergebnisse der Personendosimetrie und der Überwachung der Radioaktivität der Umwelt sowie über die Radonproblematik und die Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung.

Am 26. April 2007 jährte sich zum 20. Mal der Reaktorunfall von Tschernobyl. Spuren des schwersten radioologischen Unfalls aller Zeiten sind auch in der Schweiz heute noch messbar. So ist das langlebige Caesium-137 noch nachweisbar, vor allem im Tessin, obwohl dieses Nuklid seither teilweise abgeklungen und in tiefere Erdschichten eingedrungen ist. Ein nuklearer Unfall kann allen Sicherheitsmassnahmen zum Trotz auch in Zukunft nicht vollständig ausgeschlossen werden. Deshalb dürfen die Lehren, die nach dem schweren Unfall von Tschernobyl gezogen wurden, nicht in Vergessenheit geraten. Eine seriöse Vorbereitung und stete Wachsamkeit sind daher unerlässlich.

Auch kleinere Störfälle beim Umgang mit radioaktiven Stoffen, wie sie leider auch in der Schweiz auftreten, können für Einzelpersonen oder Personengruppen gravierende Folgen haben. Immer wieder kommen vagabundierende herrenlose Strahlenquellen oder radioaktive Altlasten zum Vorschein. Dies gilt es in Zukunft möglichst zu vermeiden, und es dürfen unter keinen Umständen hoch radioaktive Quellen ausser Kontrolle geraten. Die Vergiftung von Alexander Litvinenko durch Polonium-210 in England hat auch in der Schweiz weitere Kreise gezogen. Es wurden 9 Personen, die sich in London an den entsprechenden Orten aufgehalten hatten, einer Urinuntersuchung unterzogen. Alle Proben waren negativ.

Wegen der nochmals schwindenden personellen und finanziellen Ressourcen wird sich die Abteilung Strahlenschutz strategisch neu ausrichten, die Prozesse neu festlegen und auch die erforderlichen strukturellen Anpassungen vornehmen. In Zukunft wird die Abteilung Strahlenschutz weitgehend auf die Aufsicht über den Betrieb von Röntgenanlagen in Zahnarzt- und Arztpraxen verzichten. Gleichzeitig wird sie sich auf die Tätigkeiten mit erhöhtem Gefährdungspotenzial konzentrieren. Das Schutzniveau wird trotz weniger Ressourcen weitgehend eingehalten. Gleichzeitig sollen auch die Bewilligungsprozesse so vereinfacht werden, dass wir einen aktiven Beitrag zum Forschungs- und Wirtschaftsstandort Schweiz leisten können. Dies ist eine Herausforderung, der wir uns stellen wollen.

Der Bundesrat hat einen Bericht zum Gesundheitsschutz vor nichtionisierender Strahlung in der Schweiz verabschiedet. Der Bericht erläutert und analysiert die Situation in der Schweiz und international und empfiehlt Verbesserungsmassnahmen. Wie in vielen anderen Bereichen gibt es auch hier eine Lücke zwischen dem Anzustrebenden und dem Machbaren. Die Empfehlungen werden vorerst durch grösseres internationales Engagement sowie verstärkte Information und Koordination umgesetzt.

Werner Zeller
Leiter Abteilung Strahlenschutz

Die Abteilung Strahlenschutz im Direktionsbereich Verbraucherschutz

Direktionsbereich Verbraucherschutz

Der Direktionsbereich Verbraucherschutz setzt sich für einen hohen Schutz der Gesundheit der Bevölkerung in den Bereichen Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände, Kosmetika, Chemikalien, ionisierende und nichtionisierende Strahlen ein. Der Bereich stellt die Weiterentwicklung der entsprechenden Gesetzgebung sicher. Gesundheitsgefahren werden auf aktueller wissenschaftlicher Basis erkannt und bewertet und gemeinsam mit unseren Partnern nachhaltig wirksame Schutzstrategien erarbeitet. Durch eine gezielte Kommunikation und offene Information wird die Bevölkerung sensibilisiert und ein verantwortungsvolles Verhalten gefördert.

Strategieentwicklung Strahlenschutz

Die strategische Stossrichtung der Abteilung Strahlenschutz richtet sich nach folgenden Leitgedanken:

- Entsprechend unserem gesetzlichen Auftrag sorgen wir für einen umfassenden, nachhaltigen und hoch stehenden Strahlenschutz in der Schweiz.
- Wir sind ein Kompetenzzentrum für alle Gesundheitsfragen in Zusammenhang mit Strahlung. Zusammen mit unseren Partnern im In- und Ausland erkennen und bewerten wir Risiken und leisten einen Beitrag zur Prävention und zum Gesundheitsschutz.
- Mit erster Priorität wollen wir schwere Störfälle vermeiden und die höchsten Dosen der Bevölkerung, der Patientinnen und Patienten sowie der beruflich strahlenexponierten Personen weiter reduzieren.
- Durch unser kompetentes und rasches Handeln schaffen wir gute Rahmenbedingungen für den Forschungs- und Wirtschaftsstandort Schweiz.
- Wir wollen mit eigener Fach- und Messkompetenz Veränderungen in der Umwelt empfindlich und rasch feststellen und mit unserem Handeln für einen nachhaltigen Strahlenschutz sorgen.

- Durch eine kompetente und offene Kommunikation fördern wir die Sachkunde und Eigenverantwortung für den Umgang mit ionisierender, nichtionisierender Strahlung und Schall.

Schutz der Bevölkerung und Umwelt vor Strahlung

In der Schweiz ist der Schutz der Menschen und der Umwelt vor ionisierender Strahlung durch die Strahlenschutzgesetzgebung geregelt. Der Schutz gilt bei allen Tätigkeiten, Einrichtungen, Ereignissen und Zuständen, die eine Gefährdung durch ionisierende Strahlen und eine erhöhte Radioaktivität der Umwelt bewirken können. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) ist – nebst anderen Behörden – mit dem Vollzug der Strahlenschutzgesetzgebung betraut; zuständig dafür ist die Abteilung Strahlenschutz.

Die Bevölkerung wird immer mehr mit nichtionisierender Strahlung wie elektromagnetischen Feldern, optischer Strahlung sowie Schall belastet. Die Abteilung Strahlenschutz befasst sich mit denjenigen Aspekten dieser nichtionisierenden Strahlungen, die zu einer kurz- oder längerfristigen Beeinträchtigung der Gesundheit führen können.

Der Risikominimierung für Bevölkerung und Umwelt wird mit folgenden Aktivitäten und Programmen Rechnung getragen:

Aufsicht und Bewilligungen

Die Abteilung Strahlenschutz ist Bewilligungsbehörde für den Umgang mit ionisierender Strahlung in den Bereichen Medizin, Industrie (Kernanlagen ausgenommen), Forschung und Ausbildung. Zusammen mit der Suva überwacht sie die Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften. Sie informiert und berät Bewilligungsinhaber und Betriebspersonal bei der Umsetzung der Vorschriften.

Risikominimierung für Bevölkerung und Umwelt: Aktivitäten und Programme

Die Aufsicht der Betriebe erfolgt im Sinne eines Coaching der strahlenschutzverantwortlichen Personen, um gemeinsam Vorgehensweisen zur Erreichung und Erhaltung eines hohen Schutzniveaus für Patienten, Betriebspersonal und die Umwelt festzulegen.

Störfälle

Die Abteilung Strahlenschutz unterstützt Betriebe und weitere Betroffene bei der Bewältigung von Störfällen und Strahlenunfällen.

Dosisintensive radiologische Untersuchungen

Röntgendiagnostische und nuklearmedizinische Untersuchungen mittels Computertomographie (CT), mit Durchleuchtungsanlagen und PET-Nukliden können zu relativ hohen Strahlendosen bei Patientinnen und Patienten führen. Zusammen mit der Ärzteschaft erarbeitet und empfiehlt die Abteilung Strahlenschutz Optimierungsmassnahmen, um diese Strahlendosen zu begrenzen.

Radon

Das radioaktive Gas Radon ist überall vorhanden und kann zu hohen Strahlendosen führen. Als Folge davon kann Lungenkrebs entstehen. Die Abteilung Strahlenschutz beurteilt die Radonsituation, erarbeitet und empfiehlt Sanierungsmassnahmen für bestehende Gebäude und vorsorgliche Massnahmen bei Neubauten. Sie koordiniert die Aktivitäten auf nationaler Ebene.

Überwachung der Radioaktivität

Die Ausbreitung natürlicher und künstlicher Radioaktivität in Atmosphäre und Umwelt wird kontinuierlich überwacht, insbesondere in der Umgebung von Kernanlagen, Industriebetrieben, Forschungsinstituten und Spitälern, die radioaktive Stoffe verwenden. Für die Bestimmung des Strahlenrisikos der Bevölkerung werden Strahlendosen aus natürlichen und künstlichen Strahlenquellen ermittelt und die Ergebnisse regelmässig veröffentlicht.

Zentrales Dosisregister

Die Strahlendosen beruflich strahlenexponierter Personen werden im schweizerischen Dosisregister registriert, beurteilt und kontrolliert.

Aus- und Weiterbildung

Die Abteilung Strahlenschutz ist für die Anerkennung von Aus- und Weiterbildungen im Strahlenschutz in Medizin, Lehre und Forschung zuständig.

Radioaktive Abfälle

Die Abgabe von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung an die Sammelstelle des Bundes wird von der Abteilung Strahlenschutz organisiert.

Radiopharmazeutika

Die Abteilung Strahlenschutz beurteilt klinische Studien, bei denen radioaktiv markierte Stoffe zum Einsatz kommen. Sie ist zusammen mit der Swissmedic für die Zulassung von Radiopharmazeutika zuständig.

Nichtionisierende Strahlung

Die Belastung der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern, optischer Strahlung (UV, Laser) sowie Freizeitlärm wird ermittelt. Mögliche gesundheitliche Auswirkungen werden beurteilt und Schutzmassnahmen empfohlen.

Radiologische Zwischenfälle im 2006

Zwischenfall mit einer Strahlenquelle in Verbier

Die Spleissstelle von Seilbahnkabeln wird oft radioaktiv markiert. Die Strahlenquelle wird dabei ins Kabel eingebaut und stellt bei einem normalen Betrieb der Seilbahn keinerlei Gefahr dar. In der Schweiz sind verschiedene Anlagen mit einer solchen radioaktiven Markierung ausgestattet. Die betroffenen Betreiber verfügen über eine entsprechende Bewilligung des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) und es finden regelmässig Inspektionen der Suva statt.

Bei der Demontage eines Kabels der Seilbahn Attelas II des Unternehmens Téléverbier im August 2006 wurde eine Cäsium-137-Strahlenquelle mit einer Aktivität von 280 MBq (am Referenzdatum 01.10.2006) vom Personal des Unternehmens nicht vorschriftsgemäss gehandhabt und beschädigt. Die unsachgemässe Behandlung führte zu einer radioaktiven Kontamination, die erst 3 Monate später entdeckt wurde: Die spezialisierte Firma, die von Téléverbier mit der Beseitigung der Quelle beauftragt worden war, stellte erst im November bei Messungen der Aktivität der in Verbier abgeholten Strahlenquelle fest, dass 97% der Aktivität fehlten. Sie informierte die Suva. Die Firma fand die metallische Kapsel mit dem radioaktiven Material, ein Cäsium-137-Salz, offen vor. Höchstwahrscheinlich war die Kapsel bei der Demontage unbeabsichtigt geöffnet und fast das gesamte Pulver dabei verschüttet worden.

Zum Zeitpunkt, zu dem der Zwischenfall der Suva gemeldet wurde, ging man davon aus, dass 97% der Aktivität der Strahlenquelle, d.h. etwas mehr als 270 MBq Cäsium-137, in die Umwelt gelangt waren. Diese Strahlenquelle erzeugt eine Dosisleistung von etwa 25 $\mu\text{Sv/h}$ auf 1 m Höhe. Wenn sich eine Person im Abstand von 50 cm von dieser Quelle aufhält, wird der für die Öffentlichkeit bei 1 mSv pro Jahr festgelegte Grenzwert nach nur 10 Stunden überschritten. Da die Strahlenquelle vor mehr als 3 Monaten verloren gegangen war, war es

wichtig sicherzustellen, dass sie nicht in die Nähe einer Stelle gefallen war, an der sich regelmässig Personen aufhielten, oder dass sie nicht unabsichtlich oder beabsichtigt zum Beispiel in eine Tasche genommen worden war. Eine weitere noch grössere Gefahr war das Risiko einer Inkorporation. Da die Kapsel beschädigt schien und das Cäsium-137 in Form von Pulver vorlag, bestand die Möglichkeit, dass sich ein Teil der Quelle verteilt hatte und von einer oder mehreren Personen eingeatmet oder eingenommen worden war. Da das Volumen der Quelle gering war (etwa 3 mm Durchmesser bei einer Länge von 6 mm), war das Risiko einer Einnahme umso grösser. Wenn eine Person 1% der Quelle aufgenommen hätte, was der Menge eines kaum von Auge sichtbaren Körnchens entspricht, wäre eine effektive Dosis von mehr als 36 mSv erreicht worden, das heisst eine Dosis, die deutlich über dem Grenzwert für die Öffentlichkeit und sogar über dem Grenzwert von 20 mSv für beruflich strahlenexponierte Personen liegt. Es war deshalb die Pflicht der Behörden, Nachforschungen anzustellen und sich darum zu bemühen, die Strahlenquelle so bald als möglich aufzuspüren.

Die Suva führte unverzüglich Untersuchungen vor Ort durch und konnte die Hälfte der Aktivität, das heisst rund 140 MBq, aufspüren. Die aufgefundene Menge der Quelle wurde sichergestellt. Die Suva führte ausserdem Messungen zur Kontamination mit Cäsium-137 auf der Ladefläche des Pick-ups durch, auf der die Extraktion der Quelle stattfand. Das Fahrzeug wurde von der Suva dekontaminiert. Die andere Hälfte der Aktivität wurde aber bisher nicht gefunden. Die Suva stellte auch Nachforschungen zum Kabel an, in dem sich die Quelle befunden hatte. Dieses Kabel war aber leider in der Zwischenzeit bereits eingeschmolzen worden.

Die Abteilung Strahlenschutz des BAG, die für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt zuständig ist, wurde ebenfalls informiert. Sie veranlasste radiologische Messungen in der unmittelbaren Umgebung der Seilbahnen von Verbier, an der Entnahmestelle sowie

entlang der Strecke, die mit dem Fahrzeug zum Transport des Kabels vom Ort der Demontage bis zum Ort der Lagerung zurückgelegt worden war. Es wurde keine erhöhte Radioaktivität in der Umwelt festgestellt. Im Gegensatz dazu wurden bedeutende Kontaminationen mit Cäsium-137 (bis zu 60-mal über den in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Richtwerten für die Kontamination an Oberflächen) in der Werkstatt gemessen, in der die Quelle gelagert worden war. Diese Werkstatt wird normalerweise vom Personal des Unternehmens benutzt. Das BAG, das Institut de Radiophysique Appliquée (IRA) und die Suva nahmen gemeinsam die vollständige Dekontamination der betroffenen Stellen vor.

Aufgrund der Kontaminationen, die auf der Ladefläche des Fahrzeugs, wo die Demontage stattfand, und in der Werkstatt festgestellt wurden, konnte nicht ausgeschlossen werden, dass der Mitarbeiter von Téléverbier, der die Demontage vorgenommen hatte, bei dieser Arbeit kontaminiert worden war. Aus diesem Grund wurde bei ihm im Universitätsspital Genf eine Ganzkörpermessung vorgenommen. Die gemessenen Werte entsprachen durchgehend den Normalwerten, und es wurden keine Hinweise auf eine innere Kontamination gefunden.

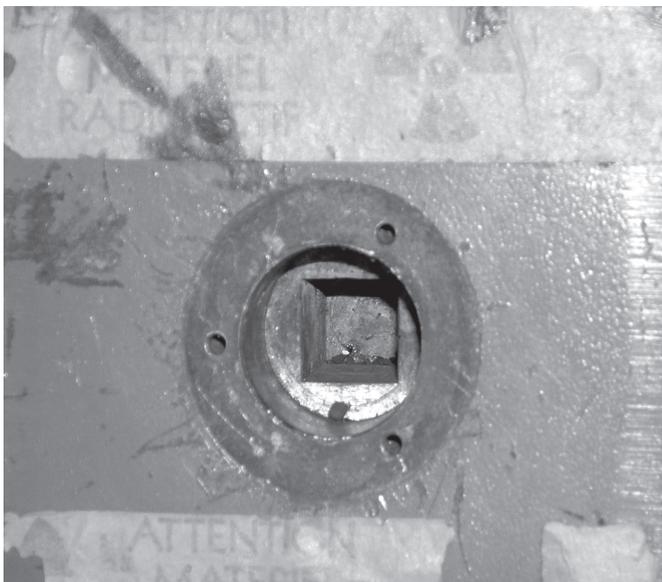


Fig. 1: Zwischenfall mit einer Strahlenquelle in Verbier: Behälter aus Blei und Fragmente der Quelle Caesium-137

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass dieser Zwischenfall ein nicht unwesentliches Risiko für die Gesundheit der Angestellten von Téléverbier darstellte, insbesondere für den Mitarbeiter, der die Demontage der Quelle vornahm. Glücklicherweise traten keine schwerwiegenden Folgen auf. Auch wenn die Hälfte der Strahlenquelle nicht aufgespürt werden konnte, ist schliesslich festzuhalten, dass die vom BAG und der

Suva durchgeführten Messungen bei der Seilbahnstation darauf schliessen lassen, dass keinerlei Gefährdung der Öffentlichkeit bestand. Die verbleibende Aktivität wurde wahrscheinlich in der Natur fein verteilt und verdünnt oder mit dem Kabel entsorgt.

Vorfall Polonium-210

Die Vergiftung von Alexander Litvinenko durch Polonium-210 in England hat immer weitere Kreise gezogen. Auch in der Schweiz mussten sich Leute, die sich in London an den entsprechenden Orten aufgehalten hatten, einer Urinuntersuchung unterziehen.

In der Natur entsteht Polonium-210 durch den radioaktiven Zerfall von Uran-238. Es ist ein radioaktives Metall, das sich in chemischen Reaktionen ähnlich wie Wismut verhält. Polonium-210 hat eine physikalische Halbwertszeit von 138 Tagen. Es emittiert beim radioaktiven Zerfall ein Alphateilchen. Alphateilchen haben eine nur sehr geringe Eindringtiefe in Gewebe (weniger als 0,1 mm). Eine Gesundheitsgefährdung durch das radioaktive Polonium kann daher nur eintreten, wenn das Radionuklid in den Körper aufgenommen wird (Inkorporation). Dies kann geschehen durch Aufnahme mit der Nahrung oder mit Getränken (Ingestion) und durch Einatmen (Inhalation). Eine nennenswerte Aufnahme über die Haut kann nur erfolgen, wenn die Hautoberfläche durch Verletzungen oder Erkrankungen verändert ist. Polonium-210 besitzt eine hohe Radiotoxizität. Wenn Polonium-210 in den Körper gelangt, kann es in Abhängigkeit von der aufgenommenen Menge unterschiedliche Wirkungen hervorrufen. Führt die aufgenommene Menge Polonium zu einer Strahlendosis von mehr als 1 Sv, so können akute Erkrankungen bis zum Tod auftreten. Weil durch Polonium-210 nur Alphastrahlung ausgesendet wird, kann es nicht mit einem Ganzkörperzähler nachgewiesen werden. Für den Nachweis einer Inkorporation ist eine Ausscheidungsanalytik von Stuhl- oder Urinproben notwendig. In Urinproben ist der Nachweis einfacher als in Stuhlproben.

Die englischen Gesundheitsbehörden haben potenziell betroffene Personen sehr konsequent nachverfolgt und dem BAG eine Liste mit 9 Personen aus der Schweiz übergeben. Diese Personen haben sich in den betreffenden Hotels, Restaurants oder Bars in London aufgehalten. Es haben sich auch einige Leute direkt oder indirekt über den Hausarzt beim BAG gemeldet. Das BAG hat mit diesen Personen den Kontakt gesucht und Gespräche geführt. Bei 9 Personen wurden durch das BAG Urinuntersuchungen veranlasst. 5 Personen waren

aufgrund ihrer genaueren Auskünfte nicht betroffen. Alle Proben waren glücklicherweise negativ.

Die Kantonsärztinnen und -ärzte sowie die medizinischen Grundversorger wurden mit einem Mailing über die Situation informiert.

Radioaktive Altlasten, bei Privatpersonen gefundene radioaktive Gegenstände

Im Kanton Tessin wurden bei Privatpersonen zwei radioaktive Gegenstände gefunden. Sie stellten ein beachtliches Risiko für die Gesundheit dar und mussten gemäss den Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung entsorgt werden.

Beim ersten gefundenen Gegenstand handelt es sich um einen Radium-Trinkapparat. In diesem Gerät wurde frisches Wasser mit dem radioaktiven Gas Radon angereichert. Das Radon wurde durch den radioaktiven Zerfall einer in das Gerät eingebauten Radium-226-Quelle produziert. Ärzte verschrieben ihren Patienten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Trinkkuren mit Wasser, das mit Radon angereichert wurde, weil diesem energetische und heilende Eigenschaften zugeschrieben wurden. Die entsprechenden Geräte wurden in ganz Europa verkauft. Es ist daher nicht auszuschliessen, dass weitere Personen in der Schweiz Geräte dieser Art besitzen.

Beim zweiten Objekt handelt es sich um eine mit Mesothorium-Bromid gefüllte Glasampulle, wahrscheinlich aus der Zeit von 1920-1930. Mesothorium oder Radium-228

ist ein radioaktiver Stoff, der zu Beginn des letzten Jahrhunderts für verschiedene Anwendungen in der Uhrenindustrie und Medizin eingesetzt wurde. Zusammen mit der Ampulle wurden mehrere Uhrmacherwerkzeuge gefunden, die ebenfalls radioaktive Spuren aufwiesen. Es ist durchaus denkbar, dass weitere solche radioaktive Altlasten in Estrichen oder Archiven früherer Uhrmacherateliers lagern.

Um die Verstreuung und die unsachgemässe Entsorgung solcher Quellen zu verhindern, organisieren das BAG und die Suva regelmässig Sammelaktionen zur Entsorgung entsprechender Gegenstände.

Radio-Therapie

Aufgrund eines Berechnungsfehlers wurde in der radioonkologischen Klinik des Kantonsspitals Münsterlingen eine Patientin überdosiert bestrahlt. Der Fehler wurde dem BAG durch den zuständigen Medizinphysiker gemeldet. Der Fall wurde intern umfassend abgeklärt und mit allen Instanzen diskutiert. Eine Arbeitsgruppe der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik (SGSMP) analysiert solche Zwischenfälle und «Beinahe-Zwischenfälle», damit die notwendigen Konsequenzen gezogen werden, so dass sich solche Fälle nicht wiederholen können.

Quellenfund im Stahlwerk Gerlafingen

Bei der Anlieferung von Metallschrott einer französischen Firma (Firma Metalifer SA) wurde eine radioaktive Strahlenquelle entdeckt. Es handelte sich um ein Feuchtemessgerät mit einer Am-241/Be-Neutronenquelle mit einer Aktivität von ca. 100 MBq. Solche Messgeräte werden üblicherweise in der Sand bzw. Kies verarbeitenden Industrie eingesetzt. Die zuständige französische Aufsichtsbehörde wurde informiert, um die genaueren Umstände und die Herkunft der Quelle abzuklären.



Fig. 2: Mesothorium Glasampulle

Bewilligungen und Aufsicht

Aufgaben

Die Abteilung Strahlenschutz überwacht gesamtschweizerisch den Vollzug der Strahlenschutzgesetzgebung. Damit wirkt sie präventiv gegen das Auftreten von Strahlenschäden bei Patientinnen und Patienten, Betriebspersonal und bei der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierender Strahlung in medizinischen, technischen und gewerblichen Bereichen. Sie erteilt Bewilligungen für den Umgang mit ionisierender Strahlung in Medizin, Industrie und Forschung wie z.B. bei Röntgenanlagen, radioaktiven Stoffen und Radiopharmazeutika sowie Zulassungen für bestimmte Publikumsprodukte, welche den Anwender von der Bewilligungspflicht befreien. Zudem ist sie Aufsichtsbehörde für medizinische Betriebe, Ausbildungsstätten und Grossanlagen wie das Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN) und das Paul Scherrer Institut (PSI) und führt entsprechende Inspektionen durch. Insbesondere überprüft die Abteilung Strahlenschutz auch die Ausbildung – Sachkunde und Sachverstand – von Personen, die in einem Betrieb Strahlenschutzaufgaben zu erfüllen haben. Jährlich organisiert sie eine Sammelaktion für radioaktive Abfälle, die an der zentralen Sammelstelle des Bundes am Paul Scherrer Institut in eine zwischen- und endlagerfähige Form konditioniert und im Bundeszwischenlager zwischengelagert werden.

Die Abteilung Strahlenschutz wird, historisch bedingt, noch als die Abteilung angeschaut, welche die Kontrollfunktion verschiedener Geräte zu erfüllen hat. Seit über zehn Jahren ist diese Funktion jedoch in den Verantwortungsbereich der Röntgenfirmen eingegangen. Heutzutage erfolgen die Betriebsaudits stichprobenweise im Hinblick auf die Umsetzung der Strahlenschutzvorschriften.

Tätigkeiten und Ergebnisse

Bewilligungsverfahren

Der Umgang mit radioaktiven Strahlenquellen und Röntgenanlagen unterliegt der Bewilligungspflicht gemäss der schweizerischen Strahlenschutzgesetzgebung. Jeder Anwender ionisierender Strahlung muss vorgängig beim BAG ein Gesuch einreichen. Anhand dieses Bewilligungsgesuchs prüft die zuständige Aufsichtsbehörde, ob beim Anwender ionisierender Strahlung alle Voraussetzungen zum Schutz von Mensch und Umwelt erfüllt sind. Für medizinische Betriebe und Ausbildungsstätten ist die Abteilung Strahlenschutz des BAG zuständig, für industrielle und gewerbliche Betriebe die Suva. Nach Erteilung der Bewilligung klärt die Abteilung innerhalb der zehnjährigen Gültigkeitsdauer ab, ob und wie die gesetzlichen Strahlenschutzvorschriften zum Schutz der Patienten, des Betriebspersonals und der Bevölkerung in den bewilligten Betrieben umgesetzt werden. 2006 wurden 1246 Bewilligungsgesuche für den Umgang mit ionisierender Strahlung, hauptsächlich medizinische Röntgenanlagen und radioaktive Stoffe, bearbeitet und 2660 Erst- oder Folgebewilligungen erteilt. Zur Überprüfung der Erfüllung von Voraussetzungen zur Bewilligungserteilung wurden gesamtschweizerisch stichprobenweise Betriebsaudits durchgeführt.

Aufsichtstätigkeiten

Audits in den Betrieben

Neben administrativen Aufsichtstätigkeiten wurden gesamtschweizerisch stichprobenweise rund 620 Betriebsaudits durchgeführt. Diese Aufsichtstätigkeit vor Ort erfolgt im Stile eines Coaching der Strahlenschutzsachverständigen sowie des Betriebspersonals und ermöglicht eine optimale und effiziente Zusammenarbeit mit dem Betrieb im Hinblick zur Erreichung oder Erhaltung eines hohen Schutzniveaus. Bei dieser Zusammenarbeit mit den sachverständigen Personen

wird vielfach Potenzial für zusätzliche Strahlenschutzmassnahmen für Personal und Patienten erkannt und umgesetzt.

Es wurden 22 Verstösse gegen die Strahlenschutzvorschriften festgestellt und an die für das Verwaltungsstrafrecht zuständige Stelle im BAG gemeldet. Dabei handelte es sich hauptsächlich um das Betreiben einer Röntgenanlage ohne gültige Bewilligung und das Nichteinhalten von Bewilligungsaufgaben.

Diese Aufsichtstätigkeiten mussten wegen der Aufgabenverzichtsmassnahmen in der Bundesverwaltung reduziert werden. Eine weitere Reduktion der Aufsichtstätigkeiten wird in den nächsten beiden Jahren erfolgen müssen. Damit auch in Zukunft ein ausreichender Strahlenschutz gewährleistet werden kann, müssen die sachverständigen Personen der Bewilligungsinhaber ihre Verantwortung vermehrt selber wahrnehmen.

Grossquelleninventar

Im Grossquelleninventar des BAG sind die in verschiedenen schweizerischen Betrieben vorhandenen radioaktiven Strahlenquellen aufgelistet, welche eine Aktivitätsschwelle von mehr als dem 20-millionenfachen der Bewilligungsgrenze gemäss Strahlenschutzverordnung übersteigen und demnach ein erhöhtes Gefährdungspotential darstellen. Bis heute sind über 500 Quellen ins Inventar aufgenommen worden. Im Rahmen der Aufsichtstätigkeit werden die Betriebe mit solchen Quellen vom BAG jährlich angeschrieben, um Auskunft über Zustand und Verbleib der Quellen zu erhalten.

Digitale Systeme

Für die bildgebende Diagnostik werden in der medizinischen Radiologie immer mehr digitale Bildempfängersysteme eingesetzt. Im Spitalbereich und in privaten Röntgeninstituten ist die Ablösung der konventionellen Film-Foliensysteme durch digitale Systeme weitgehend abgeschlossen, währenddem im Umfeld der Arztpraxen und im Dentalbereich eine zunehmende Tendenz zu beobachten ist. Die neuen Technologien erfordern vom Anwender vertiefte Kenntnisse im Bereich der Optimierung von Bildqualität versus Dosis. Die Sensibilisierung der Anwender für die Thematik der Dosisoptimierung wurde im Sinne einer wirkungsorientierten Aufsichtstätigkeit im Berichtsjahr weitergeführt und auch auf andere Modalitäten der medizinischen Bildgebung ausgedehnt.

Aus- und Weiterbildung sachkundiger und sachverständiger Personen in den Betrieben

Die Strahlenschutz-Inspektoren des BAG haben sich an diversen externen Veranstaltungen zur Ausbildung von Betriebspersonal beteiligt, insbesondere für

- Aus- und Weiterbildung von Fachleuten für medizinisch-technische Radiologie (MTRA)
- Mitwirkung in Sachverständigenkursen (Ärzte, Isotopenlabors B/C, Transport, Handel + Installation)
- Mitwirkung bei spitalinternen Weiterbildungsveranstaltungen im Bereich interventionelle Radiologie mit dem Personal im Operationssaal
- Beiträge an internationalen Strahlenschutz-Tagungen
- Beiträge an Fachveranstaltungen von Berufsverbänden.

Aufgrund des grossen Erfolgs und der Nachfrage aus dem In- und Ausland zu der im Jahre 2005 herausgegebenen «DVD I Röntgen im OP» wurde in diesem Jahr eine dreisprachige Version DVD II «Strahlenschutz bei interventionellen Untersuchungen» in der Radiologie und der Kardiologie produziert, welche den Strahlenschutz-Sachverständigen und interessierten Kreisen abgegeben werden kann. Mit diesem Produkt wird das Ziel einer zeitgemässen und qualitativ hoch stehenden betriebsinternen Ausbildungsmöglichkeit im Strahlenschutz für Spitalpersonal erreicht.

Verwaltungsstrafrecht

Die Abteilung Strahlenschutz des BAG verfolgt Übertretungen gegen die Strahlenschutzgesetzgebung und führt als zuständige Bewilligungsbehörde die entsprechenden Verwaltungsstrafverfahren durch. Es sind dieses Jahr 9 Strafbescheide im abgekürzten und 7 Strafbescheide im ordentlichen Verfahren erstellt worden.

Medizin

Diagnostische Referenzwerte in der Medizin

Bereits 1996 hat die Internationale Strahlenschutz-Kommission (ICRP) die Benutzung von Diagnostischen Referenzwerten (DRW) vorgeschlagen. Es handelt sich dabei um einen Beurteilungswert, der sich auf eine leicht messbare Grösse bezieht. DRW sind Schwellenwerte, oberhalb derer die Ursache für die Überschreitung begründet und die Technik angepasst werden muss. Bei Anwendung von Good-Practice-Regeln bezüglich diagnostischer und technischer Leistung wird erwartet, dass die DRW bei Standardverfahren nicht überschritten werden, da für Patienten keine Dosisgrenzwerte festgelegt sind.

Wie schon vom BAG berichtet, wurden in der Nuklearmedizin, der interventionellen Radiologie, der Kardiologie sowie der Computertomographie die DRW mittels einer Erhebung der wichtigsten Grössen für die Patientendosen in Zusammenarbeit mit dem Institut de Radiophysique Appliquée (IRA) in Lausanne bei häufigen und

dosisintensiven Untersuchungen bestimmt. In anderen Bereichen der Radiologie wie der Radiographie und der Mammographie werden zur Festlegung der DRW internationale Empfehlungen berücksichtigt.



Fig. 3: Dosisintensive Untersuchung im Herzkatheterlabor

Im Berichtsjahr hat das BAG zur Ermittlung der DRW in der Interventionellen Radiologie (Fig. 3) mit einer Erhebung der in mittleren und kleineren Spitälern üblichen Strahlendosen begonnen. Diese Studie soll die frühere Erhebung an den Universitätsspitalern ergänzen.

Computertomographie

Im Rahmen eines Aufsichtsschwerpunktes betreffend Computertomographie wurde ein neuer Auditbericht mit einer speziellen Erfassungssoftware ausgearbeitet. Unter anderem werden in diesen Audits die Anwendung dosisreduzierender Techniken und die Benutzung der Diagnostischen Referenzwerte (DRW) überprüft. Im Weiteren wird die Umsetzung der CT-Weisung R-08-08 aus dem Jahr 2005 über die Qualitätssicherung kontrolliert. Ziel ist es, mittelfristig alle CT in der Schweiz diesbezüglich zu auditieren.

Nuklearmedizin

Mit Blick auf mögliche Dosisoptimierungen wurden schwerpunktmässig nuklearmedizinische Betriebe auditiert. In diesen Betrieben kann seit mehreren Jahren eine kontinuierliche Erhöhung der Dosen des Personals festgestellt werden. Dies ist vor allem auf neue Anwendungen wie PET-Diagnostik und therapeutische Anwendungen mit Beta-Strahlern zurückzuführen, welche bei der Vorbereitung und Applikation am Patienten eine erhöhte Strahlenexposition des Personals mit sich bringen. Das Ziel der Audits bestand darin, Möglichkeiten zur Dosisreduktion bei Patienten und Personal zu erkennen und Massnahmen zur Umsetzung festzulegen. Vor allem bei der Qualitätssicherung, welche ein optimiertes

Resultat einer diagnostischen oder therapeutischen Anwendung von radioaktiven Stoffen am Menschen gewährleistet soll, konnte ein erhebliches Verbesserungspotential erkannt und Massnahmen zur Verbesserung eingeleitet werden.

Ausbildung

Die Abteilung Strahlenschutz ist für die Anerkennung von Aus- und Weiterbildungen im Strahlenschutz in Medizin, Lehre und Forschung zuständig. Im medizinischen Bereich müssen sich alle Personen, die diagnostische oder therapeutische Anwendungen ionisierender Strahlen am Menschen durchführen, über eine vom BAG anerkannte Ausbildung ausweisen.

Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, von denen entsprechende Daten verfügbar sind, werden in der Schweiz bezogen auf die Anzahl Einwohner weitaus mehr Röntgenanlagen betrieben (Fig. 4). Dieser Effekt lässt sich nicht durch eine insgesamt höhere Ärztedichte erklären. Er widerspiegelt eine ausgeprägte Dezentralisierung des Gesundheitswesens und insbesondere den hohen Stellenwert, welchen die Röntgendiagnostik in der Grundversorgung einnimmt, während in den Vergleichsländern Röntgenuntersuchungen fast ausschliesslich von Radiologen durchgeführt werden. Daher müssen in der Schweiz viel mehr Ärzte eine Strahlenschutzausbildung absolvieren. Um eine möglichst bedarfsgerechte und qualitativ hochwertige Strahlenschutzausbildung der radiologisch tätigen Fachärzte in der Schweiz sicherzustellen, wurde in diesem Jahr in enger Zusammenarbeit mit der FMH und den anerkannten Ausbildungsstätten ein neues Konzept für die Strahlenschutzausbildung von Ärztinnen und Ärzten ausgearbeitet, welches Anfang 2007 zur Anwendung kommen wird. Die theoretische und die praktische Strahlenschutzausbildung werden neu in separaten Ausbildungsmodulen von je 2 Tagen

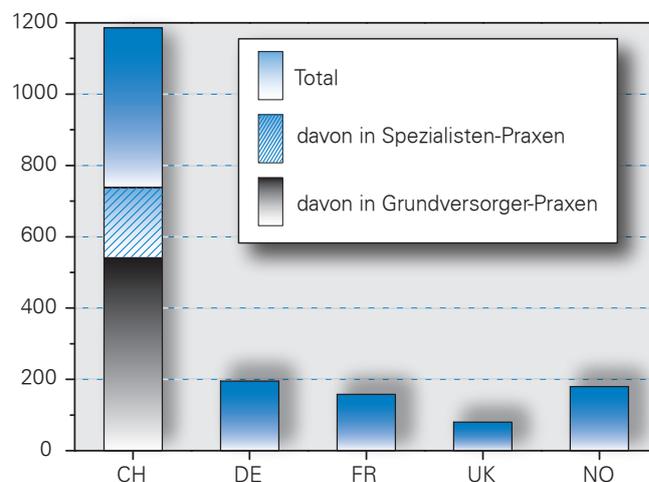


Fig. 4: Anzahl Röntgenanlagen / pro Million Einwohner in der Schweiz und einigen europäischen Staaten

angeboten. Für die Theorie wurde zudem ein neues E-Learning-Lehrmittel ausgearbeitet, welches den Kursteilnehmern erlaubt, die entsprechenden Ausbildungsinhalte im Selbststudium zu erlernen. Es besteht weiterhin die freie Wahl, die Theorie in klassischem Unterricht an einer anerkannten Ausbildungsstätte zu absolvieren. Mit der Anerkennung des E-Learnings als Bestandteil der Strahlenschutzausbildung von Ärzten befindet sich das BAG in einer Vorreiterrolle.

Den zahlenmässig grössten Anteil von Absolventen einer Strahlenschutzausbildung stellen Personen, welche diese als festen Bestandteil ihrer Berufsausbildung absolvieren. In diesem Fall übt das BAG keine direkte Aufsicht über einzelne Ausbildungsstätten aus. Es stellt in Absprache mit den zuständigen Aufsichtsorganen sicher, dass die gesetzlichen Anforderungen an die Strahlenschutzausbildung der jeweiligen Berufsausbildung eingehalten werden. Das neue Berufsbildungsgesetz von 2002 verlangt, bis 2009 sämtliche durch dieses Gesetz geregelten Berufsausbildungen in das neue Recht zu überführen. Darunter sind mehrere Ausbildungen, die eine Röntgentätigkeit umfassen oder die Voraussetzung bieten, eine Weiterbildung für die Anwendung ionisierender Strahlen zu absolvieren. Das BAG arbeitet eng mit dem zuständigen Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT), den Kantonen und den Organisationen der Arbeit zusammen und nimmt Einsitz in entsprechenden Arbeitsgruppen, um eine möglichst reibungslose Überführung der Anforderungen an die Strahlenschutzausbildung in die neuen Berufs bildungsverordnungen sicherzustellen.

Radiopharmazeutika

Die Bearbeitung der Gesuche für klinische Studien mit radioaktiv markierten Stoffen oder mit Radiopharmazeutika wurde durch die Verwendung unseres neuen Gesuchsformulars erleichtert. Im Berichtsjahr wurden 39 Gesuche für klinische Studien bearbeitet und etwa ebenso viele Bewilligungen ausgestellt. Die Diversität der verwendeten Nuklide und Präparate war gross. Auf die 39 Studien verteilten sich 26 verschiedene Radiopharmazeutika, wovon zwei Drittel nicht zugelassen waren. Die Studien wurden mit 12 verschiedenen Nukliden durchgeführt. Mit 38% der Fälle wurde eine grosse Zunahme bei der Erprobung neuer Therapeutika verzeichnet, wobei gar eine Studie mit einem α -Strahler beantragt wurde. Ebenfalls 38% der Gesuche betrafen Studien mit Positronemissionsstrahlern (PET). Die γ -Strahler wurden lediglich in einem Viertel der Fälle verwendet.

Die aktuell immer noch grösstenteils fehlende Möglichkeit einer adäquaten Zulassung von Radiopharmazeutika hat erneut zu einer grossen Zunahme der Anfragen für Sonderbewilligungen von nicht zugelassenen Radiopharmazeutika geführt. Mit 235 Gesuchen waren es wiederum 54% mehr als im Vorjahr. Es wurden Anträge für die Verwendung von 14 verschiedenen Präparaten mit 8 Radionukliden gestellt. Die ^{99m}Tc -Kits betrafen nur noch 7% der Fälle. In 78% der Gesuche ging es um eine Sonderbewilligung für PET-Produkte.

Wie jedes Jahr wurde im Rahmen der Marktüberwachung die Qualität von mehreren Radiopharmazeutika überprüft. Ein besonderes Augenmerk wurde diesmal auf die Entwicklung von Messmethoden zur Bestimmung der Partikelgrösse der Radiopharmazeutika gerichtet, da dies ein sehr wichtiger Qualitätsparameter bei einer Vielzahl dieser Produkte ist. Die paritätische Fachkommission für Radiopharmazeutika (pFKR) des BAG und der Swissmedic behandelte insgesamt 7 Registrierungs gesuche, wovon sich 5 auf therapeutische Präparate bezogen.

Grossanlagen

Strahlenschutz am CERN

Das Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN) www.cern.ch ist ein internationales Labor mit einer grossen Anzahl von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern aus vielen verschiedenen Ländern. Der grosse Hadronenbeschleuniger, Large Hadron Collider (LHC), der 2007 in Betrieb gehen soll, wird zum leistungsstärksten Teilchenbeschleuniger der Welt, aber auch zur Anlage mit den intensivsten Strahlen.

ATLAS, CMS, ALICE und LHCb Experimente werden die Strahlenkollisionen des LHC untersuchen <http://public.web.cern.ch/public/Content/Chapters/AboutCERN/CERNFuture/WhatLHC/WhatLHC-fr.html>. Die Komplexität der Anlage in Bezug auf Personal und Installationen erfordert eine besondere Wachsamkeit in den Bereichen Arbeitssicherheit und Strahlenschutz. Die Strahlenschutzvorschriften des CERN basieren auf den EU-Richtlinien und auf den in den beiden Gastländern Schweiz und Frankreich geltenden Bestimmungen.

Im Rahmen der Untersuchung der zukünftigen Auswirkungen des LHC haben die französische Überwachungsbehörde, die Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR), und das BAG das Programm zur Erhebung der Messresultate der Arbeitsgruppe «Point zéro du LHC» genehmigt. Mit diesem Pro-

gramm soll die Ausgangssituation der Umweltradioaktivität in der Umgebung des CERN als Referenzgrösse, eben als «point zéro», bestimmt werden, bevor der LHC in Betrieb geht, um in der Folge die Auswirkungen des Betriebes des LHC feststellen zu können. Die von den Überwachungsbehörden beauftragten Labors, das Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), die Sektion Überwachung der Radioaktivität der Abteilung Strahlenschutz und das Institut F.-A. Forel der Universität Genf, haben ihre Kräfte gebündelt, um eine gemeinsame Überwachungsstrategie auf französischem und schweizerischem Gebiet zu formulieren. Die Ergebnisse der Messkampagnen «point zéro» von Herbst 2005 und Frühling 2006 fliessen 2007 in einen Spezialbericht ein.

Strahlenschutz am PSI

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen (AG) ist eines der grossen Forschungszentren für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Alle Einrichtungen, die ionisierende Strahlung produzieren, und alle Laborkomplexe des PSI, die mit radioaktiven Stoffen arbeiten, werden vom BAG überwacht, falls die Einrichtungen nicht als Kernanlagen gelten.

Die Aktivitäten des BAG im Rahmen der Überwachung des PSI lassen sich im Wesentlichen den beiden Grossprojekten MEGAPIE und PROSCAN zuordnen. Mit dem Projekt MEGAPIE, bei dem Neutronen durch den Beschuss eines Flüssigmetall-Targets mit einem Protonenstrahl erzeugt werden sollen, wurde das BAG vor eine grosse Herausforderung gestellt. Es waren zahlreiche Inspektionen und Meetings mit dem Projektteam erforderlich, um die Sicherheit der Anlage im Hinblick auf den Strahlenschutz sicherzustellen. Die Zustimmung für die Inbetriebnahme wurde im vergangenen August gegeben. Die Einrichtung wurde erfolgreich genutzt. Einige geringfügige Probleme mit der Dichtheit während der Anfangsphase des Betriebs konnten behoben werden und hatten keine negativen Auswirkungen, weder auf Personen noch auf die Umwelt.

Das Projekt PROSCAN wurde mit dem Bau von Strahlleitungen zwischen dem neuen Protonenbeschleuniger COMET (Fig. 5) und der Bestrahlungseinrichtung Gantry fortgeführt. Es fanden verschiedene vom BAG organisierte Audits statt, und die Anwendung für die Behandlung von Patienten ist für Anfang 2007 vorgesehen. Das Projekt UCN schliesslich, mit dem eine Quelle für ultrakalte Neutronen gebaut werden soll, erhielt die Bewilligung für die Inbetriebnahme im April. Die Arbeiten an der Abschirmung und an weiteren Elementen der an das Target angrenzenden Räumlichkeiten werden weitergeführt.

Die höchsten bei den Mitarbeitern des PSI gemessenen Dosen wurden während des Shutdowns festgestellt, der von Anfang Januar bis Ende April 2006 stattfand. In diesem Zeitraum wurden die meisten Anlagen stillgelegt, um Unterhaltsarbeiten, Reparaturen und Weiterentwicklungen vorzunehmen. Das PSI analysiert jeweils vorgängig die Situation und arbeitet einen Plan zum Strahlenschutz aus, um die Arbeiten optimal zu organisieren und die Strahlenexposition des Personals möglichst gering zu halten. Im Rahmen des letzten Shutdowns wurde für die gesamten Arbeiten eine Kollektivdosis von 83.1 Personen-mSv gemessen, und die maximale Dosis für eine Person betrug 4.4 mSv.

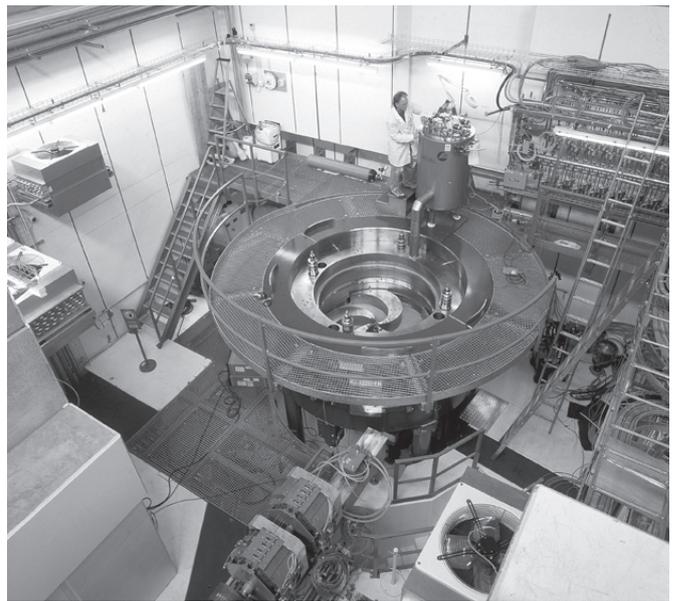


Fig. 5: Neuer Beschleuniger für die Protonentherapieanlage am PSI

Im Monat November kam es zu einem Zwischenfall, der auf mehrere Funktionsstörungen des Sicherheitssystems für den Zugang zu einer der Räumlichkeiten für die Experimente zurückzuführen war. Eine Person konnte den Raum betreten, obwohl dort ein Protonenstrahl in Betrieb war. Die Überprüfung des Dosimeters dieser Person ergab aber keine deutlich erhöhte Dosis (< 1 mSv). Nach diesem Zwischenfall traf das PSI ergänzende Massnahmen hinsichtlich der Abläufe für den Zugang zu diesem Raum, um die Sicherheit der an diesen Experimenten beteiligten Forschenden sicherzustellen.

Es wurden mehrere Inspektionen und Kontrollen hinsichtlich der Zweckentfremdung kontrollierter Zonen und der Entsorgung nicht-radioaktiver Abfälle aus den kontrollierten Zonen durchgeführt. Etwa 100 Tonnen Material – hauptsächlich Beton, Metall, PVC und Holz – wurden kontrolliert und auf konventionellem Weg entsorgt.

Im Rahmen der jährlichen Notfallübung des PSI (OCCIDENS) nahm das BAG gemeinsam mit der HSK an der Überwachung und Auswertung der Übung teil. Das BAG arbeitete mit der HSK auch im Zusammenhang mit dem Audit zum Sicherheitssystem für die Organisation des Transports von radioaktivem Material am PSI zusammen. Die Organisation in Notfällen und bei Transporten ist im Allgemeinen ausreichend, einige Punkte sind aber verbesserungswürdig.

Das PSI und das BAG in seiner Funktion als Aufsichtsbehörde führen regelmässig Kontrollen und Messungen durch um sicherzustellen, dass keine Grenzwerte für Emissionen, Immissionen oder direkte Strahlung überschritten werden. Während des laufenden Jahres zeigten alle Messungen, dass die Grenzwerte vom PSI eingehalten wurden, und das BAG stellte bei seinen Inspektionen keine Abweichungen von den geltenden Gesetzen und Verordnungen fest. Das BAG wurde darüber informiert, dass die dosimetrische Überwachung der am PSI arbeitenden Personen bei mehreren Fällen für 2006 eine Dosis von über 2 mSv innerhalb von 3 Monaten ergab. Diese Fälle konnten mit der beruflichen Tätigkeit der betroffenen Personen ausreichend erklärt werden und der Grenzwert von 20 mSv pro Jahr wurde von niemandem erreicht.

Radioaktive Abfälle und Altlasten

Sammelaktion

In diesem Jahr wurde auf die Durchführung einer Sammelaktion verzichtet, da vorerst die neuen Gegebenheiten der sich in Revision befindenden Verordnung über die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle und der Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz abge-

wartet werden sollten. Die revidierten Verordnungen treten auf den 1.1.2007 in Kraft. Im wesentlichen wurden die Gebühren für radioaktive Abfälle angepasst. Für geschlossene Strahlenquellen werden neu die Gebühren aufgrund ihrer Aktivität erhoben. Zudem werden neu auch die Bundesbehörden für die Konditionierung und Zwischenlagerung ihrer radioaktiven Abfälle gebührenpflichtig, womit das Verursacherprinzip konsequent umgesetzt wird.



Fig. 6: Radium-Trinkkur

Radioaktive Gegenstände bei Privatpersonen

Aufgrund einer Mitteilung im BAG Bulletin 17/06 über radioaktive Gegenstände, welche in Privathaushalten gefunden werden können, und darauf folgenden Artikeln in der Presse haben sich einige besorgte Bürger beim BAG gemeldet. Mehrere Gebrauchsgegenstände mit radioaktiven Stoffen wie beispielsweise Radium-Trinkkuren (Fig. 6) konnten durch das BAG sichergestellt und zur korrekten Entsorgung eingesammelt werden. Weiter hat das BAG zusammen mit den kantonalen Behörden aus Basel-Stadt und Basel-Land in mehreren Haushalten Messungen an Keramikfliesen durchgeführt. Die in den 70er Jahren verkauften Badezimmer- und Küchenkeramikplatten (Fig. 7) weisen in ihrer Glasur einen erhöhten Urangehalt auf. Bei der Sanierung müssen Vorsichtsmassnahmen getroffen werden, um eine Inkorporation von uranhaltigem Staub zu vermeiden. Zudem müssen die Fliesen als radioaktiver Abfall entsorgt werden.

Beurteilung

Das BAG stellt fest, dass in den Anwenderbetrieben ionisierender Strahlung dem Strahlenschutz gegenwärtig die nötige Aufmerksamkeit zukommt. Diese wird unterstützt durch Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten der Aufsichtsbehörden anlässlich von Betriebsaudits, welche künftig aber stark reduziert werden müssen.

Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich Strahlenexposition der Patienten bestehen noch im Bereich der dosisintensiven Untersuchungen mit Computertomographen und bei Durchleuchtungen in der interventionellen Radiologie wie z.B. der Kardiologie. Mit dem mehrjährigen Optimierungsprojekt OSUR hat man sich zum Ziel gesetzt, die Strahlendosen in diesem Bereich noch mehr zu reduzieren.

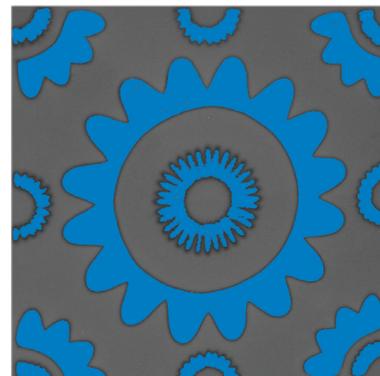


Fig. 7: Keramikfliesen

Radon: 5000 gesundheitsschädigende Wohnungen in der Schweiz

Zusammenfassung

Rund 15'000 Personen leben in Wohnungen, in denen die Radonkonzentration den jährlichen Grenzwert von 1000 Bq/m³ überschreitet. Die entsprechenden Gebäude müssen sobald als möglich identifiziert und saniert werden. Die kantonalen Behörden und die zuständigen Bundesbehörden sind aufgefordert, Verantwortung zu übernehmen. Die Sanierungsprogramme müssen bis 2014 durchgeführt sein. Die Kantone legen die Fristen, bis zu denen die Arbeiten auszuführen sind, je nach Dringlichkeit und nach wirtschaftlichen Aspekten fest.

In der Schweiz werden jährlich 35'000 neue Gebäude erstellt. Es ist besonders wichtig, dass keine neuen problematischen Fälle mit erhöhten Radonkonzentrationen entstehen.

In Regionen mit erhöhten Radonkonzentrationen müssen die Bestimmungen auf Gemeinde- und Kantons-ebene entsprechend angepasst werden, um neue Problemfälle zu vermeiden. Vorbeugen ist günstiger als heilen: Präventionsmassnahmen kosten CHF 500.- bis 2500.-, Sanierungsmassnahmen zwischen 1000.- und einigen 10'000 Franken.

Die Aufgaben des Bundes werden vom Bundesamt für Gesundheit wahrgenommen und umfassen:

- Öffentlichkeit über die Radonproblematik informieren
- Kantone, Hauseigentümer und weitere Interessierte beraten
- Messempfehlungen erarbeiten und zusammen mit den Kantonen Messkampagnen durchführen
- Untersuchungen über die Herkunft und Wirkung von Radon durchführen
- Auswirkungen von Massnahmen evaluieren
- Ausbildungskurse durchführen
- Messstellen anerkennen

Zu den Aufgaben der Kantone gehören:

- Genügend Radonmessungen durchführen
- Radongebiete bestimmen und anpassen
- Einsicht in die Pläne der Radongebiete ermöglichen
- Bauvorschriften erlassen und vollziehen
- In Neubauten stichprobenweise Radon messen
- Genügend Messungen in öffentlichen Gebäuden in Radongebieten durchführen
- Erforderliche Massnahmen zum Schutz Betroffener anordnen
- Messungen auf Gesuch von Betroffenen anordnen
- Durchführen von Sanierungsprogrammen

Messung und Kartierung

Die Erstellung des Radonkatasters wurde Ende September 2004 termingerecht abgeschlossen. In den meisten Gemeinden wurden Messungen durchgeführt, einige Gemeinden wurden ohne Messungen vom jeweiligen Kanton eingestuft.

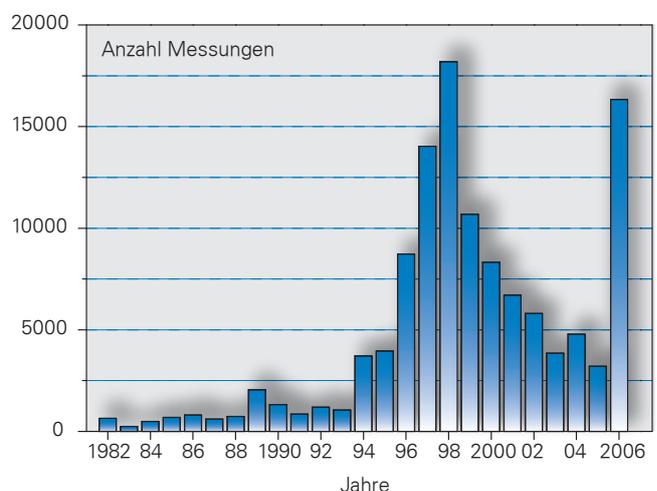


Fig. 8: Anzahl Messungen pro Jahr

Im Rahmen des Sanierungsprogramms besteht die erste Phase darin, die Gebäude zu identifizieren, welche den Grenzwert in Regionen mit hohen Radonkonzentrationen überschreiten. Das BAG hat sich zum Ziel gesetzt, bis Ende des Jahres 2010 rund 80'000 Messungen in Gemeinden mit hohem und mittlerem Radonrisiko durchzuführen.

Im Winter 2005–2006 wurden mehr als 15'000 Gebäude in der Schweiz gemessen. Die Mehrzahl der Messungen wurde im Kanton Tessin, insbesondere in der Region Lugano, durchgeführt. Dort wurden 180 Grenzwert- und 400 Richtwertüberschreitungen festgestellt. Im Kanton Jura wurde allen Gebäudebesitzern der Gemeinden mit hohem Radonrisiko ein Dosimeter abgegeben. Rund 200 Gebäude überschritten dort den Grenz- und 400 den Richtwert. In den Kantonen Bern, Graubünden und Neuenburg wurden Dosimeter bei der Gemeindeverwaltung zur Verfügung gestellt. Im Kanton Bern haben 70 Gebäude den Grenzwert überschritten, im Kanton Graubünden 20 und im Kanton Neuenburg 100. Auch in anderen weniger betroffenen Kantonen wurden Messungen durchgeführt. Figur 8 zeigt die jährliche Anzahl der Radonmessungen seit 1982. Die schweizerische Radondatenbank enthält zurzeit Daten aus rund 72'000 Häusern.

Für das Winterhalbjahr 2006–2007 sind bereits etwa 15'000 neue Messungen geplant. Die meisten werden erneut im Kanton Tessin durchgeführt, wobei der Schwerpunkt auf die Region Bellinzona gelegt ist. Der Kanton Bern schlägt Messungen vor für die Bewohner der Bezirke Moutier und La Neuveville, der Kanton Neuenburg empfiehlt in allen Gemeinden mit erhöhtem Radonrisiko zu messen und der Kanton Graubünden will in verschiedenen Gemeinden Messungen durchführen.

Verteilungen

Die Messungen im Wohnbereich vermitteln ein gutes Bild der Radonexposition. Da die Kriterien für die Wahl der Häuser eher auf hohe Konzentrationen zielen, ist die Verteilung der Messwerte für die Bevölkerung aber nicht repräsentativ. Eine solche Verteilung erhält man nach Stockwerkkorrektur und regionaler Bevölkerungsgewichtung (Fig. 9). Das gewichtete arithmetische Mittel der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen beträgt 78 Bq/m^3 . Aus der repräsentativen Summenhäufigkeitsverteilung lässt sich abschätzen, dass ca. 1–2% der Bevölkerung, also 70'000 bis 140'000 Personen, in Konzentrationen über 400 Bq/m^3 leben; etwa 0.2%, also ca. 15'000 Personen, in Konzentrationen über 1000 Bq/m^3 . In einigen Tausend Häusern der Schweiz ist der Grenzwert für die Radongaskonzentration überschritten.

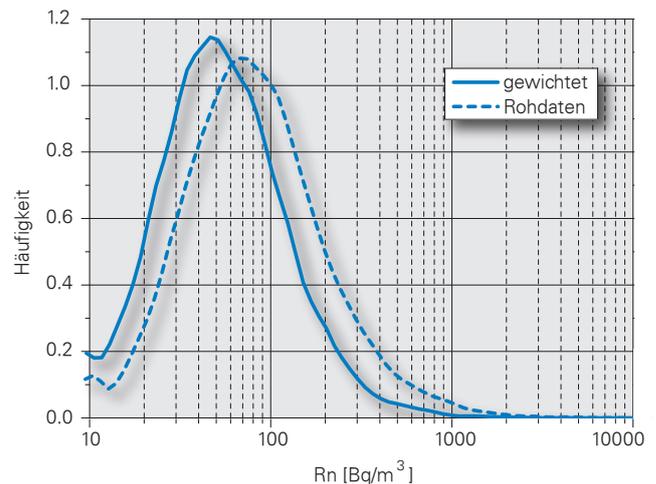


Fig. 9: Verteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen

Radonkarte

Die Radonkarte basiert auf einer Einstufung, die von den Kantonen vorgenommen wird.

Eine Gemeinde mit einem hohen Radonrisiko entspricht einer Zone mit erhöhten Radonkonzentrationen im Sinne der Strahlenschutzverordnung.

Die 2773 Gemeinden der Schweiz sind alle klassiert. Die Radonkarte (Fig. 10) zeigt grössere Gebiete mit erhöhter Radongaskonzentration vorwiegend in den Alpen- und Jura-Regionen. Es gibt aber auch im Mittelland vereinzelt erhöhte Konzentrationen.

Bis heute sind rund 3600 Richtwert- und 1200 Grenzwertüberschreitungen bekannt. 570 neue Überschreitungen des Grenzwertes wurden letzten Winter festgestellt.

Schweizerischer Radonatlas

Mit der oben beschriebenen Radonkarte, die auf der Basis von Mittelwerten von Messungen im Wohnbereich auf Gemeindeebene und der Einstufung durch die Kantone erstellt wird, lassen sich lokal erhöhte Radonwerte innerhalb einer Gemeinde oder grenzüberschreitend nicht darstellen. Geostatistische Methoden erlauben, räumliche Abhängigkeiten der Messpunkte zu untersuchen und darzustellen.

Das Pilotprojekt für einen schweizerischen Radonatlas, das zurzeit vom Institut für Geomatik und Risikoanalyse der Universität Lausanne durchgeführt wird, hat mit einer Analyse des Kantons Bern begonnen. Die gewählte kartographische Methode soll nach Korrektur der Koordinaten für gewisse Gebäude für die ganze Schweiz angewendet werden.

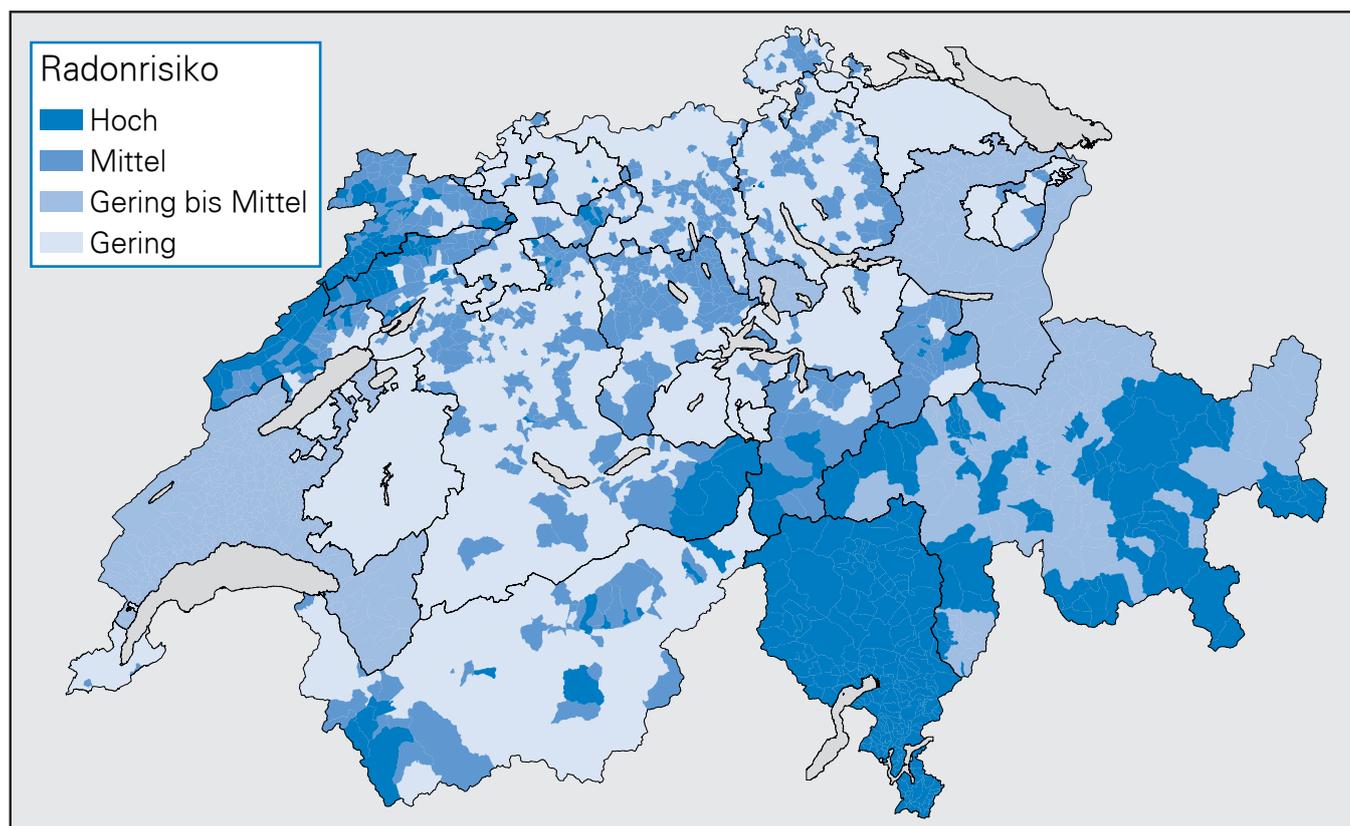


Fig. 10: Radonkarte der Schweiz. Stand: Januar 2007; L+T, Geostat

Ausbildung

Kurse für Baufachleute während und nach der Ausbildung

Das Ausbildungskonzept Radon sieht zwei verschiedene Wege zum Erwerb eines Zertifikates vor: Den Kompetenznachweis und den Weg über Ausbildungskurse. In den letzten Jahren wurde das Augenmerk vorwiegend auf den Kompetenznachweis für Personen mit grosser Erfahrung im Radonbereich gelegt. So konnten 17 Personen das Zertifikat «Radonsachverständiger» erwerben. In diesem Jahr wurde mit Kursen begonnen. Durch die grossen Radonprobleme im Kanton Tessin boten sich hier die Voraussetzungen für erste Radonkurse. Die Kurse wurden im Frühjahr 2006 von der Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI) in Zusammenarbeit mit dem Kantonalen Laboratorium Tessin in Bellinzona und dem BAG in Lugano durchgeführt. Ein erster Kurs in der deutschen Schweiz hat am 25. November 2006 in Chur begonnen. Organisiert wird dieser von der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW). Auch dieser Kurs mit 30 Teilnehmenden lebt von einer guten Zusammenarbeit der Fachhochschule mit dem Kanton Graubünden und dem BAG. Im nächsten Jahr soll in der französischen Schweiz ein ähnlicher Kurs stattfinden. Weitere Informationen werden zeitgerecht kommuniziert.

Kommunikation

Um die Bevölkerung über die Gefahr von Radon zu informieren, hat das BAG eine neue Broschüre mit Informationen für Bauherren zu radonsicherem Bauen und Sanieren herausgegeben. Auch wurde eine Broschüre mit rechtlichen Informationen für Immobilien- und Baufachleute erstellt.

Informationen für Bauherren zu radonsicherem Bauen und Sanieren (Artikelnummer: 311.349):

Diese Broschüre richtet sich insbesondere an Bauherren, also all jene, die ein Haus bauen oder umbauen wollen. Aber auch Hauseigentümer finden darin nützliche Informationen. In einfachen Worten wird auf rund acht Seiten erklärt, was Radon ist, wie es gemessen werden und was man dagegen tun kann. Die Broschüre ist praxisorientiert und zeigt Schritt für Schritt, welche Präventionsmassnahmen bei Neubauten ergriffen werden können. In Bezug auf bestehende Bauten befasst sich die Broschüre mit Messmethoden und Sanierungsmöglichkeiten. Auch rechtliche Aspekte werden angeschnitten.

**Rechtliche Informationen für Immobilien
und Baufachleute (Artikelnummer: 311.350):**

Diese Broschüre richtet sich an Spezialisten der Bau- und Immobilienbranche und befasst sich insbesondere mit rechtlichen Fragen, welche sich aus der Strahlenschutzgesetzgebung, dem Grundstückskaufvertragsrecht, dem Werkvertragsrecht und dem Mietrecht ergeben. Die Broschüre enthält auch die wichtigsten Auszüge aus der Strahlenschutzgesetzgebung und verweist auf alle anderen relevanten Normen und Rechtsquellen. Sie ersetzt die vergriffene Broschüre «Radon – ein Thema beim Liegenschaftshandel» und enthält zahlreiche Neuerungen und Konkretisierungen.

Beide Broschüren sind kostenlos und können beim Bundesamt für Bauten und Logistik unter Angabe von Titel, Bestellnummer und Sprache (Deutsch, Französisch und Italienisch) im Internet, per E-Mail oder telefonisch bestellt werden.

Internet: www.bbl.admin.ch
E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch
Tel.: 031 325 50 50

Die Broschüren können auch vom Internet heruntergeladen werden: www.ch-radon.ch

Umweltüberwachung

Aufgaben

Überwachung der Umweltradioaktivität

Die Strahlenschutzverordnung überträgt in Artikel 104 bis 106 dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) die Verantwortung für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität in der Umwelt. Die Kontrolle der Kernanlagen erfolgt in Zusammenarbeit mit der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), diejenige von Industrien gemeinsam mit der Suva. Zusammen mit weiteren Stellen des Bundes, der Kantone (Kantonale Laboratorien) und der Hochschulen erstellt das BAG ein Probenahme- und Messprogramm, sammelt und wertet die Daten aus und veröffentlicht die Ergebnisse jährlich zusammen mit den für die Bevölkerung daraus resultierenden Strahlendosen.

Messprogramm

Das Überwachungsprogramm umfasst neben den Ablagerungen auf dem Erdboden vor allem Luft, Niederschläge, Erdboden, Gras, Milch, Trinkwasser und weitere Lebensmittel, Gewässer, Fische und Sedimente sowie die Abwässer aus Kernanlagen, Betrieben, Kläranlagen und Deponien. Zur Endkontrolle werden Untersuchungen der Radioaktivität im menschlichen Körper durchgeführt.

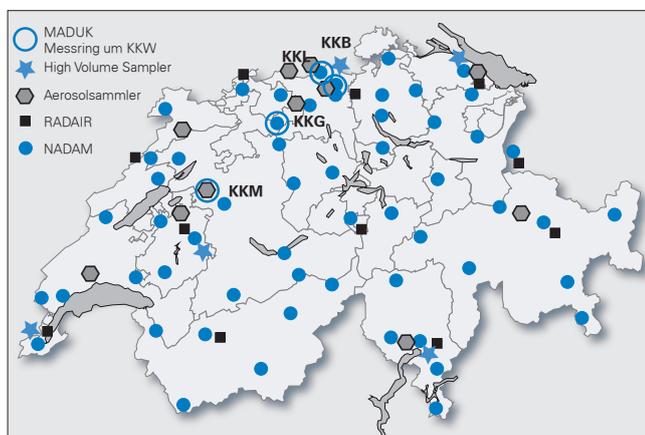


Fig. 11: Messnetze in der Schweiz

Automatische Messnetze (Fig. 11) erfassen die Dosen im ganzen Land (NADAM), in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK) sowie die Radioaktivität der Aerosole (RADAIR). Aerosole, Niederschläge und Flusswasser werden kontinuierlich gesammelt, die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Eine Auswahl der Ergebnisse ist auf dem Internet verfügbar: www.str-rad.ch. Die Messprogramme entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und sind vergleichbar mit denjenigen unserer Nachbarländer. Die Qualitätskontrolle erfolgt durch eine regelmässige Teilnahme der Laboratorien an Ringversuchen und Vergleichsmessungen.

Tätigkeiten und Ergebnisse

Überwachung in der Umgebung von Kernanlagen

Bei den Kernkraftwerken werden die Emissionen radioaktiver Stoffe durch die Bewilligungsbehörde so limitiert, dass niemand, der in der Umgebung wohnt, mehr als 0.3 mSv pro Jahr erhalten kann. Der Betreiber muss seine Emissionen erfassen und zuhanden der Behörde bilanzieren. Diese führt eigene Kontrollmessungen durch und berechnet die Dosen für die Bevölkerung in der Umgebung. Die Umgebung wird durch ein gemeinsames Messprogramm von BAG und HSK überwacht. Die tatsächlichen Emissionen der Schweizer Kernkraftwerke (KKW) betragen für die meisten Radionuklide weniger als 1% der in der Bewilligung festgelegten Abgabelimiten, für Tritium bis 20% der Grenzwerte.

Überwachung des PSI

Für das Paul Scherrer Institut (PSI) erfolgen die Freisetzungen aus insgesamt zehn Emissionsquellen. Die Abgaben dürfen bei der Bevölkerung in der Umgebung gesamthaft nicht mehr als eine Dosis von 0.15 mSv pro Jahr verursachen. Die tatsächlichen Emissionen führen zu Dosen unter 3% dieses Wertes. Die Umgebungs-

überwachung erfolgt durch das PSI sowie – unabhängig davon – durch zusätzliche Messungen der Behörden und von diesen beauftragte Laboratorien.

Strahlenschutz am CERN

Die Ergebnisse zeigen, dass in der Umgebung des CERN die quellenbezogene Jahreslimite von 0.3 mSv im Jahr 2006 eingehalten wurde und dass die Beiträge des CERN nach wie vor nur einen Bruchteil dieser Limite ausmachen. Unter den Spuren künstlicher Herkunft sind speziell die von Caesium-137 aus dem Bombenfallout und der Tschernobylablagerungen zu erwähnen sowie sporadische Nachweise vom Betrieb des CERN. Es handelt sich dabei um vereinzelte Spuren von Argon-41 und Natrium-24 in der Luft, von Zink-65 und Natrium-22 im Nant d'Avril sowie von Beiträgen der Streustrahlung. Die zugehörige Strahlenexposition lag im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenbelastung.

Tritium aus der Uhrenindustrie

In der Uhrenindustrie wird Tritium vor allem bei der Herstellung von Leuchtfarben sowie für Tritiumgas-Leuchtquellen verwendet. Da immer mehr Uhrenhersteller auf die Verwendung von Tritiumleuchtfarbe verzichten, hat der Verbrauch von Tritium in der Schweizer Uhrenindustrie in den letzten zehn Jahren um etwa einen Faktor 100 abgenommen. Auch die Emissionen dieser Betriebe werden zuhause der Aufsichtsbehörde bilanziert (Fig. 12). In den letzten Jahren betragen diese Abgaben bis etwa 30% der Grenzwerte. In der Umgebung der Betriebe werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit und Gewässer auf Tritium untersucht, bei den Leuchtfarbensetzateliers von La Chaux-de-Fonds auch die Abwässer der Kehrlichtverbrennung und der Kläranlage. Abfalldeponien werden gezielt durch Messung von Sickerwässern überwacht.

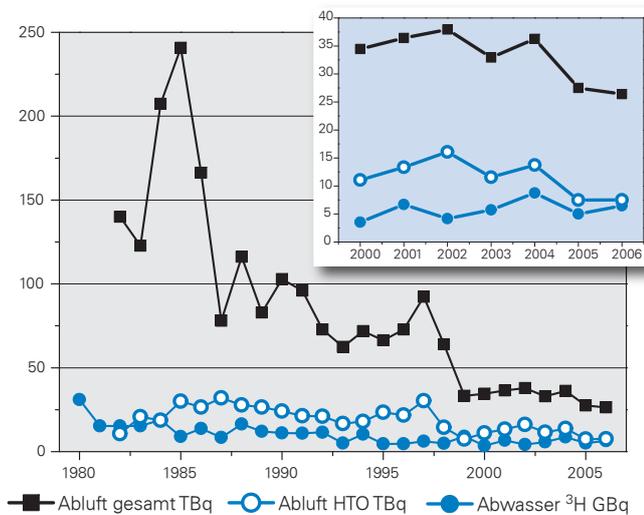


Fig. 12: Tritium-Emissionen der Firma mb-microtec AG (Niederwangen/BE) über Abluft und Abwasser

Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Therapie von Schilddrüsenerkrankungen Jod-131 eingesetzt, in geringeren Mengen auch andere Radionuklide. Bei der Jod-Therapie dürfen Patienten, die mit weniger als 200 MBq (1 Mega-Bq = 10⁶ Bq) ambulant behandelt werden, nach der Therapie das Spital verlassen. Bei über 200 MBq müssen die Patienten mindestens während der ersten 48 Stunden in speziellen Therapiezimmern isoliert werden. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziellen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach Abklingen unterhalb der bewilligten Abgaberraten an die Umwelt abgegeben. Nach Art. 102 der Strahlenschutzverordnung darf die Konzentration der Abgabe von Jod-131 in öffentlich zugänglichen Gewässern 10 Bq pro Liter nicht übersteigen. Im Rahmen der Umgebungsüberwachung werden wöchentliche Sammelproben von Abwasser aus den Kläranlagen der grösseren Agglomerationen auf Jod-131 untersucht.

Luft, Niederschläge und Gewässer

Das automatische Überwachungsnetz für die Radioaktivität der Luft (RADAIR) hat die Aufgabe, bei einer Zunahme der Radioaktivität der Atmosphäre rasch zu alarmieren. Dank einer guten Wartung funktionierte das Netz auch 2006 ohne grössere Ausfälle. Die Radioaktivität der Luft besteht hauptsächlich aus den natürlichen Radionukliden Beryllium-7, Blei-210 sowie weiteren Folgeprodukten der natürlichen Uran-Radium-Zerfallsreihe. Bei den Niederschlägen herrscht das von der kosmischen Strahlung erzeugte natürliche Tritium vor. In den Flüssen beträgt der Tritiumgehalt in der Regel heute nur noch wenige Bq pro Liter.

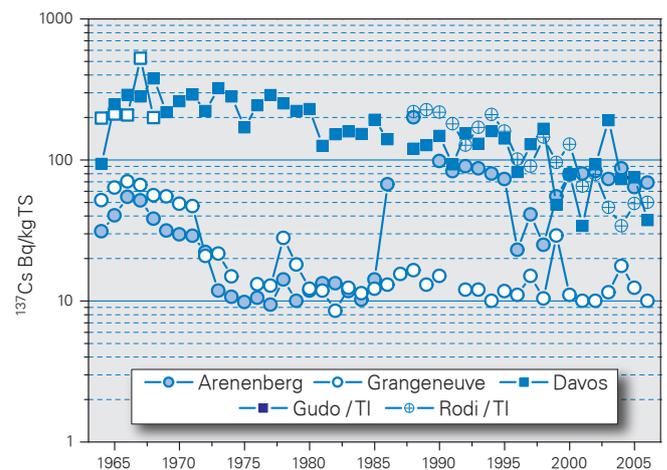


Fig. 13: Caesium-137 in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz für die Jahre 1964 bis 2006

Erde, Gras, Milch, andere Lebensmittel

Auch beim Erdboden, einem guten Integrator für sämtliche Ablagerungen aus der Luft, dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen und das Kalium-40. Spuren künstlicher Radionuklide (Caesium-137: Fig. 13 und Strontium-90: Fig. 14) von den oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Reaktorunfall Tschernobyl sind noch in den Alpen und Südalpen nachweisbar. Künstliche Alphastrahler wie Plutonium-239 und -240 sowie Americium-241 treten im Erdboden nur in sehr geringen Spuren auf. Auch in Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche Kalium-40. Künstliche Radionuklide wie Caesium-137 oder Strontium-90, die von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden, sind auch im Gras nur noch in Spuren vorhanden. Deren regionale Verteilung ist ähnlich wie jene im Erdboden. Bei der Kuhmilch lag der Caesium-137-Gehalt meist unter der Nachweisgrenze; an einer Stelle im Tessin noch bei 7 Bq pro Liter. Auch Getreideproben zeigten keine nennenswerten Aktivitäten. In gewissen einheimischen Pilzen wie Röhrlinge und Zigeunerpilze ist beim Caesium-137 eine weitere Abnahme festzustellen. Der Toleranzwert von 600 Bq pro kg wurde nicht mehr überschritten. In weiteren Lebensmitteln konnten keine künstliche Aktivitäten nachgewiesen werden. Kohlenstoff-14 wird während der Wachstumsphase von Pflanzen bei der Assimilation von Kohlensäure aus der Luft aufgenommen. Gegenüber dem natürlichen, von der kosmischen Strahlung erzeugten Kohlenstoff-14 führten die Kernwaffenversuche in den 1960er-Jahren zu einer Verdoppelung. Seither nahm der Kohlenstoff-14-Gehalt wieder ab und liegt heute nur noch wenige Prozent über dem natürlichen Wert.

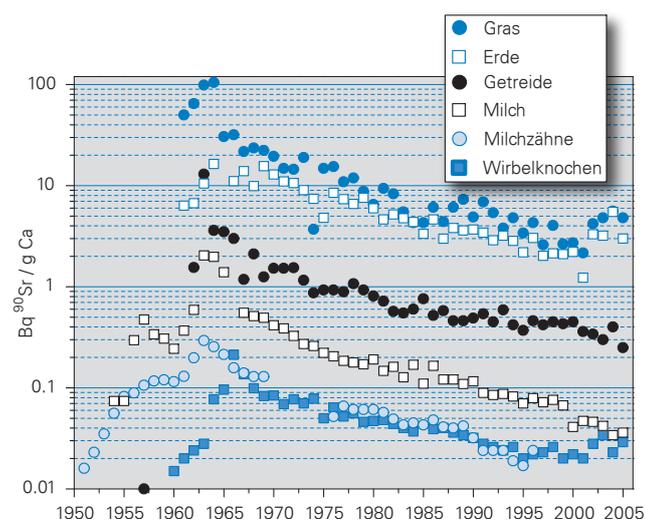


Fig. 14: Strontium-90 in verschiedenen Proben aus den Jahren 1950-2006

Importierte Lebensmittel

Bei Stichproben von importierten Lebensmitteln wurden zwar keine Überschreitungen der Grenzwerte mehr gemeldet, hingegen wurden in einigen Fällen die Toleranzwerte für Caesium-137 noch überschritten: Bei aus Polen bzw. aus der Ukraine importierten Heidelbeeren wurde der Toleranzwert von 10 Bq/kg um einen Faktor 2–4 bzw. 10–35 überschritten. Heidelbeeren aus der Ukraine dürfen daher nicht mehr importiert werden. Importierte (getrocknete bzw. gefrorene) Steinpilze ergaben bis maximal 380 Bq Caesium-137 pro kg Frischgewicht, Proben von importiertem Wildschwein maximal 43 Bq Caesium-137 pro kg (Toleranzwert 600 Bq/kg). Beim übrigen Wild sowie Wildgeflügel wurden keine erhöhten Radioaktivitätswerte festgestellt. Weitere Proben (Fische, Kastanien, Haselnüsse, Tintenfische, Tee) lagen alle unter dem Toleranzwert.

Immissionen in der Umgebung von Kernanlagen, Betrieben und Spitälern

In der Luft in der Nahumgebung des CERN wurden vereinzelt Spuren von Natrium-24 und Jod-131 festgestellt, die von dessen Beschleunigern stammen, aber radiologisch unbedeutend sind. Das Edelgas Krypton-85 aus europäischen Wiederaufbereitungsanlagen für Kernbrennstoff ergab 1–2 Bq pro m³ mit leicht steigender Tendenz. In der Nahumgebung von Betrieben, die Tritium verarbeiten, wurden Erhöhungen dieses Nuklides im Bereich von bis 10% des Immissionsgrenzwertes der Strahlenschutzverordnung nachgewiesen. Niederschläge zeigten wenige Bq pro Liter an Tritium, im Einflussbereich von Industriebetrieben und Kernanlagen bis etwa 10 Bq pro Liter, in unmittelbarer Nähe von Tritium verarbeitenden Betrieben oder Kehrlichtverbrennungsanlagen bis 1000 Bq pro Liter, das sind 10 Prozent des Immissionsgrenzwerts der Strahlenschutzverordnung für öffentliche Gewässer. Leicht erhöhte Tritium-Werte bis 10 Bq pro Liter ergaben sich sporadisch in den Flüssen Aare und Rhein. In den Flusssedimenten unterhalb der Kernkraftwerke wurden Spuren von Kobalt-58 und -60, Zink-65 und Caesium-137 aus diesen Anlagen festgestellt. Die Tritiumimmissionen aus der Uhrenindustrie im Jura sind infolge starker Abnahme der Tritium-Verarbeitung deutlich zurückgegangen. Abwässer der Kläranlagen der grösseren Agglomerationen weisen vereinzelt Spuren von Jod-131 aus der Nuklearmedizin auf. Alle diese Messwerte lagen deutlich unterhalb der Immissionsgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung.

Bei den Radioaktivitätsmessungen im Erdboden und in Lebensmitteln wurde kein Einfluss der Emissionen von Kernanlagen oder Forschungsinstituten festgestellt. Kohlenstoff-14-Messungen an Laub in der Umgebung der Kernkraftwerke ergaben gegenüber dem weltweiten

Pegel von heute wenigen Prozenten maximale zusätzliche Erhöhungen bis gegen 100 Promille, in der Region Basel (chemische Industrie) bis gegen 400 Promille. Eine zusätzliche Kohlenstoff-14-Aktivität in den Lebensmitteln von 100 Promille würde zu einer jährlichen Dosis von einem Tausendstel Mikrosievert führen, wäre also gesundheitlich völlig irrelevant.

Aeroradiometrie: Messungen mit Flugzeugen

Jedes Jahr werden ausgewählte Regionen mit einem NaI-Gamma-Spektrometer an Bord eines Armee-Helikopters aus der Luft radiologisch vermessen (Aeroradiometrie). Die zu untersuchenden Gebiete werden in einem Raster aus parallelen Fluglinien in einer Höhe von rund 100 m abgeflogen. Das Auswertungsprogramm erstellt danach aus den Messwerten eine Strahlenkarte des überflogenen Gebietes. Mit diesem Messgerät, dessen Einsatz von der NAZ koordiniert wird, kann nach einem Unfall rasch ein kontaminiertes Gebiet kartiert werden; es kann aber auch bei der Suche nach verlorenen Strahlenquellen eingesetzt werden. Im Rahmen dieses Programmes wird jedes Jahr die Umgebung zweier Kernkraftwerke überflogen. Die Resultate zeigten bisher lediglich den Einfluss der nach oben nicht abgeschirmten Stickstoff-16-Strahlung aus dem Maschinenhaus der Siedewasserreaktoren, die jedoch zu keinen nennenswerten Strahlendosen führt.

Beurteilung

Radioaktivitätswerte und Strahlendosen unter den gesetzlichen Grenzwerten

In der Schweiz lagen die Radioaktivitätswerte in der Umwelt sowie die Strahlendosen der Bevölkerung aus künstlichen Strahlenquellen bisher immer unter den gesetzlichen Grenzwerten, und das entsprechende Strahlenrisiko ist daher klein. Die Dosen durch die Emissionen aus Kernanlagen sowie von Betrieben und Spitälern, die radioaktive Stoffe erzeugen oder verarbeiten, sind auch unter konservativen Annahmen kleiner als ein Hundertstel mSv pro Jahr. Die Auswirkungen vom Reaktorunfall von Tschernobyl werden im nächsten Kapitel beschrieben.

Auswirkungen des Reaktorunfalles in Tschernobyl vom 26. April 1986 auf die Schweiz

Das Ereignis

Vor 20 Jahren, am 26. April 1986, um 01:24 Uhr Lokalzeit, explodierte der Block Nr. 4 des russischen Kernkraftwerks Tschernobyl. Dabei geriet der Reaktor ausser Kontrolle, wurde vollständig zerstört und brannte während zehn Tagen. Es wurden grosse Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt. Dieser schwerste, je in einer zivilen Kernanlage aufgetretene Unfall war eine Folge menschlichen Fehlverhaltens, ist aber auch der Fehlkonzeption dieses Reaktortyps zuzuschreiben. Die hohe freigesetzte Radioaktivität wurde hauptsächlich in den heutigen Staaten

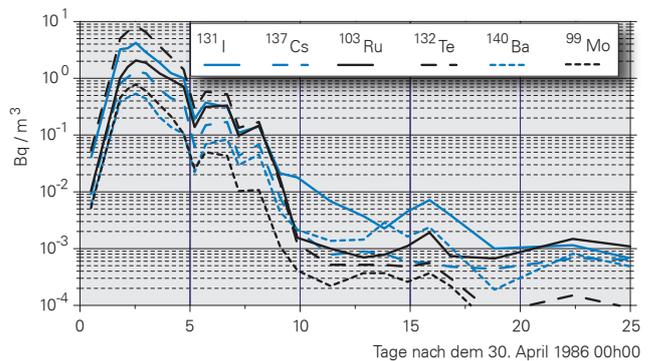


Fig. 15: Radioaktivität der Luftfilter von anfangs Mai 1986 von Fribourg in Bq pro m³

Ukraine, Weissrussland und Russische Föderation abgelagert, ein Teil gelangte jedoch nach Westen, so dass ab dem 30. April auch die Schweiz betroffen war. Die Wolke erreichte um 2 Uhr morgens die Messstation auf dem Weissfluhjoch bei Davos und um 15 Uhr desselben Tages jene in Fribourg in der Westschweiz. Sie wanderte also mit einer mittleren Geschwindigkeit von 15 km pro Stunde von Osten nach Westen. Fig. 15 zeigt die Aktivitäten der wichtigsten Radionuklide in der Luft anfangs Mai 1986, gemessen an den Luftfiltern von Fribourg.

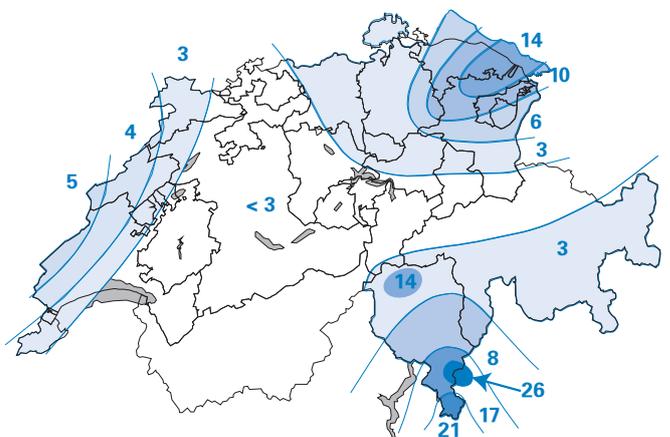


Fig. 16: Ablagerung von Caesium-137 in kBq pro m² nach dem Reaktorunfall Tschernobyl

Der Maximalwert für die Caesium-137-Konzentration der Luft nach dem Unfall von Tschernobyl betrug in der Schweiz 12 Bq/m³.

Fig. 16 zeigt die geographische Verteilung der Caesium-Ablagerungen in der Schweiz nach dem Unfall von Tschernobyl. Da beim Durchzug der radioaktiven Wolke im Tessin heftiger Regen fiel, wurde in dieser Region am meisten Radioaktivität auf Boden und Pflanzen abgelagert, nämlich bis etwa 50'000 Bq Caesium-137 pro m². Etwas weniger betroffen waren der Bodenseeraum mit bis 10'000 Bq pro m² und einzelne Gebiete des Juras;

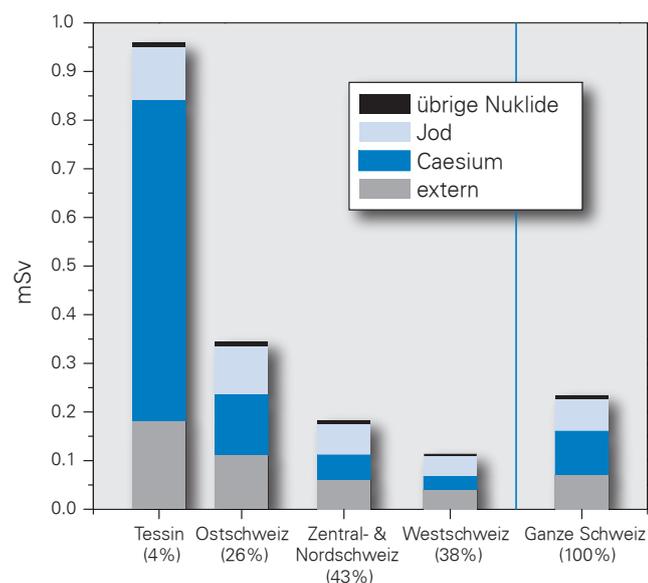


Fig. 17: Durchschnittliche Dosen in mSv im ersten Jahr nach Tschernobyl, berechnet für die verschiedenen Regionen der Schweiz (in Klammern Bevölkerungsanteil)

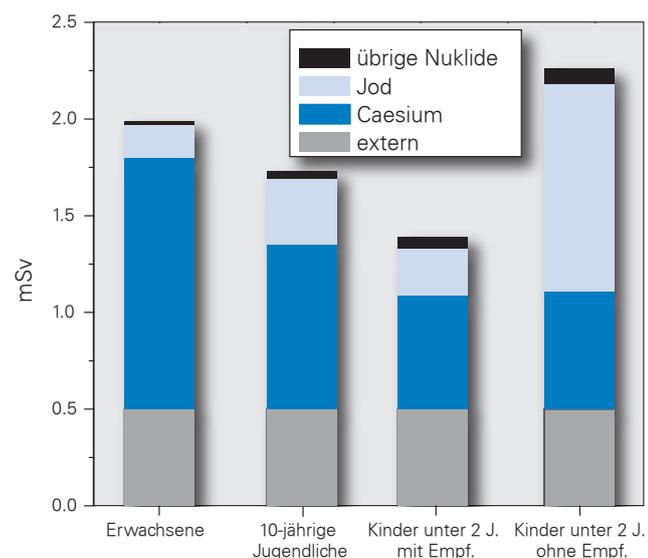


Fig. 18: Dosen in mSv der meistbetroffenen Bevölkerung im ersten Jahr nach Tschernobyl, berechnet für verschiedene Altersgruppen. Die Einhaltung der Empfehlungen führte vor allem bei Kleinkindern zu einer Reduktion der Dosis um etwa 0.8 mSv.

in der übrigen Schweiz waren die Ablagerungen mit bis einige 1'000 Bq pro m² geringer als diejenigen der oberirdischen Kernwaffenversuche der 50er- und 60er-Jahre.

Die Strahlendosen

Zur Strahlendosis haben drei Radionuklide am meisten beigetragen: Das kurzlebige Jod-131 mit einer Halbwertszeit von acht Tagen sowie die beiden Caesium-Nuklide Caesium-134 und Caesium-137 mit Halbwertszeiten von 2 beziehungsweise 30 Jahren. Im ersten Jahr nach dem Unfall (Fig. 17) lag die durchschnittliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung durch diesen Unfall bei 0.2 mSv (Millisievert, mSv, ist die Einheit für die Strahlendosis).

Der Hauptbeitrag wurde durch den Konsum von mit Caesium-Nukliden und Jod-131 kontaminierten Lebensmitteln verursacht. In den am meisten betroffenen Regionen – und dort insbesondere bei Selbstversorgern – waren die Strahlendosen bis etwa zehnmal so hoch wie in den übrigen Gebieten der Schweiz (Fig. 18); diese Werte wären höher ausgefallen, wenn die Personen die Empfehlungen der Behörden nicht befolgt hätten.

In den folgenden Jahren nahmen die Dosen kontinuierlich ab (Fig. 19 und 20) und liegen heute generell unter dem de-minimis-Wert der Strahlenschutzverordnung von 0.01 mSv pro Jahr, unterhalb dem keine Schutzmassnahmen erforderlich sind. Summiert man die Dosen der Schweizer Bevölkerung durch Tschernobyl über alle Folgejahre bis heute, erhält man für das Landesmittel einen Wert von 0.5 mSv und etwa das zehnfache für die Meistbetroffenen. Im Vergleich dazu beträgt die gesamte jährliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung im Mittel 4 mSv, wovon der grösste Anteil, nämlich 1.6 mSv pro Jahr, vom Radon und seinen Folgeprodukten im Hausinnern stammt.

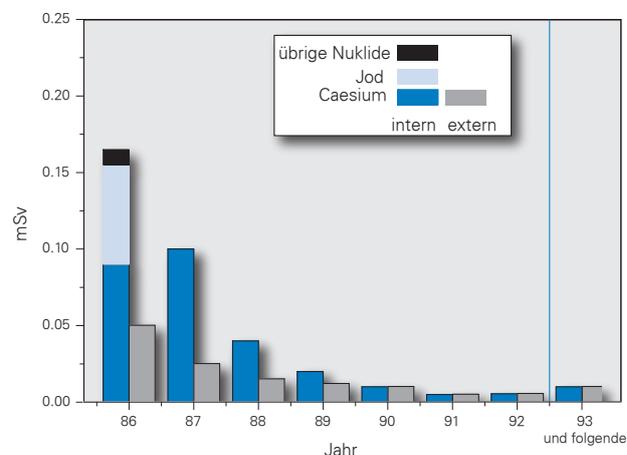


Fig. 19: Durchschnittliche Dosen in mSv der Schweizer Bevölkerung durch Tschernobyl für die Jahre 1986 bis 1993

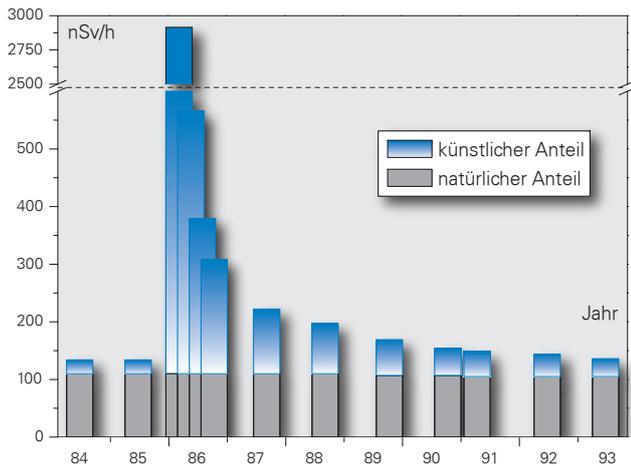


Fig. 20: Zeitlicher Verlauf der Ortsdosisleistung im Freien in nSv (nano-Sievert = 10^{-9} Sv) pro Stunde in Caslano/TI berechnet aus den In-situ-Messungen. (Angegeben sind die natürlichen und künstlichen Beiträge, letztere beinhalten sowohl den Kernwaffen-fallout als auch die Auswirkungen des Tschernobyl-Unfalles.)

Die Einsatzorganisation

Bereits am 29. April 1986 trat nach dem Unfall von Tschernobyl die für solche Fälle vorbereitete Alarmorganisation mit der damaligen Sektion Überwachungszentrale (heute die Nationale Alarmzentrale NAZ) in Zürich in Funktion und wurde durch militärisches Personal verstärkt. Sie wertete laufend alle Informationen und Messergebnisse aus und erstellte Dosisprognosen. Ein Netz von Laboratorien des Bundes, der Kantone und der Hochschulen im ganzen Land analysierte bis im Frühjahr 1987 rund 20'000 Proben aller Art auf Radioaktivität wie Luft, Niederschläge, Boden, Gras, Pflanzen, Lebensmittel, Importwaren usw. Auf der Basis dieser Messungen, ergänzt durch Feldmessungen im Gelände, konnten Kontaminationskarten erstellt und Schutzmassnahmen oder Empfehlungen erlassen werden. Als Basis diente das Schweizerische Dosis-Massnahmen-Konzept von 1982.

Getroffene Schutzmassnahmen

Nach dem Unfall von Tschernobyl gaben die Behörden in der Schweiz diverse Empfehlungen ab. Diese beinhalteten den Verzicht auf den Verzehr von Frischmilch und Frischgemüse für schwangere Frauen, stillende Mütter und Kleinkinder bis Mitte Mai (Fig. 21 zeigt die Kontamination der Milch aus dem Kanton Tessin in Bq Caesium-137 pro Liter für die Jahre 1986 bis 1994). Für die gleiche Zeitperiode wurde empfohlen, auf den Gebrauch von Zisternenwasser zu verzichten sowie bis im August 1986 auf den Konsum von Schafmilch und Schafkäse aus dem Tessin und den Bündner Südtälern. Schliesslich wurde für dieselben Gegenden empfohlen, mit dem Schlachten von Schafen und Ziegen bis Ende August zuzuwarten, damit das Caesium von den Tieren wieder weitgehend ausgeschieden wird. In Übereinstimmung mit der

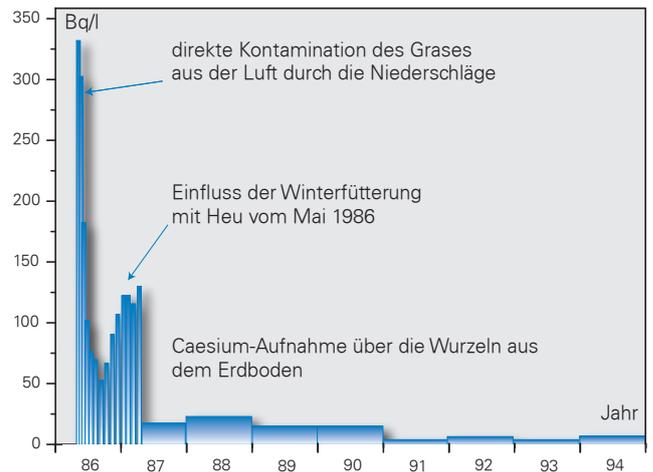


Fig. 21: Kontamination der Milch aus dem Kanton Tessin in Bq Caesium-137 pro Liter (Mittelwerte je Intervall)

Europäischen Gemeinschaft wurde für Milch, Rahm, Milchprodukte und Kindernährmittel eine Limite von 370 Bq pro kg für die Summe der beiden Caesium-Nuklide angewendet, für die übrigen Nahrungsmittel ein Wert von 600 Bq pro kg. Für Importe von Pilzen aus Osteuropa wird wie in der EU ein Radioaktivitätszertifikat verlangt. Die Einhaltung der damals herausgegebenen Empfehlungen führte denn auch vor allem bei Kleinkindern zu einer Reduktion der Dosis durch Jod-131. Nebst den Empfehlungen sprachen die Schweizer Behörden ein einziges Verbot aus: Vom 3.9.1986 bis 9.7.1988 war die Fischerei im Luganersee untersagt (Fig. 22).

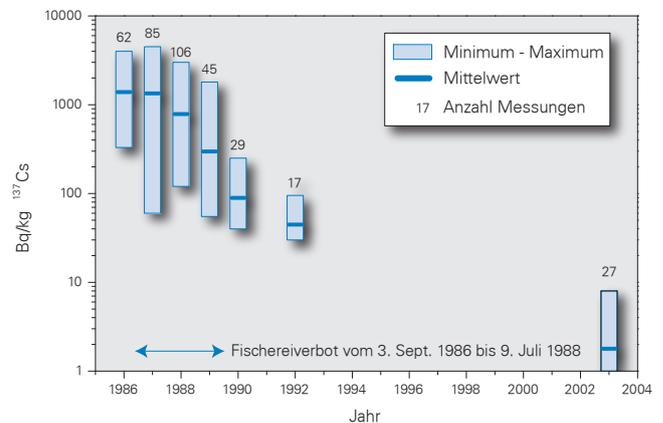


Fig. 22: Caesium-137 in Fischen aus dem Luganersee in Bq pro kg für die Jahre 1986 bis 2003 (Minimum, Maximum, Mittelwert sowie die Anzahl Messungen je Intervall)

Die Situation heute

Auch heute, 20 Jahre danach, ist das langlebige Caesium-137 noch nachweisbar, vor allem im Tessin, obwohl dieses Nuklid seither abgeklungen und in tiefere Erdschichten eingedrungen ist. Folgende Maximalwerte wurden noch 2005 im Tessin gemessen: 660 Bq pro kg im Boden, bis zu 97 Bq pro kg Trockenmasse Gras und 9 Bq pro Liter in der Milch. Erwähnenswert sind einige Spezialfälle, die

bis 2002 noch deutlich erhöhte Caesium-Werte zeigen: Dies sind Wildfleisch – insbesondere Wildschweine – sowie einheimische Wildpilze und Importpilze. Während importiertes Reh- und Hirschfleisch heute unter 30 Bq pro kg liegt, ergab Wildschweinfleisch aus dem Tessin im Winter 2001–02 noch vereinzelt bis einige Tausend Bq pro kg. Bei den meisten in diesem Winter geschossenen Tieren lag der Caesium-Gehalt jedoch deutlich tiefer. Bei den einheimischen Wildpilzen zeigten Röhrlinge und Zigeunerpilze – allerdings mit abnehmender Tendenz – noch bis 2004 Caesium-Werte bis knapp über 160 Bq pro kg Frischgewicht. Abgesehen von diesen Ausnahmen hat der Gehalt an künstlicher Radioaktivität in den Grundnahrungsmitteln bereits ab 1987 deutlich abgenommen und liegt heute meist um die Werte, die vor Tschernobyl gemessen wurden.

Die gesundheitlichen Auswirkungen

Eine häufig gestellte Frage betrifft die gesundheitlichen Auswirkungen dieses schweren Unfalls auf die Schweizer Bevölkerung. Dazu können die oben genannten 0.5 mSv mit der mittleren jährlichen Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung von 4 mSv verglichen werden. Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat aus den Statistiken der Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki Strahlenrisiko-Faktoren hergeleitet. Diese besagen, dass in einer Gruppe von 100 Personen, die einer einmaligen Strahlendosis von 1000 mSv ausgesetzt sind, im Mittel fünf bis eventuell zehn zusätzliche Krebstodesfälle zu erwarten sind. Unter Benutzung der obgenannten Risikofaktoren der ICRP kommt man für die Schweiz auf eine Zahl von 200 zusätzlich zu erwartenden Krebstodesfällen als Folge der Auswirkungen von Tschernobyl. Unsicherheiten bestehen bezüglich einer allfälligen Zunahme von Schilddrüsenenerkrankungen, da vielerorts Krebsregister und somit Vergleichsdaten fehlen.

Welche Konsequenzen wurden gezogen?

Auf internationaler Ebene wurden Abkommen abgeschlossen über die rasche gegenseitige Benachrichtigung und Hilfeleistung bei Unfällen. Auch die Harmonisierung von Massnahmen bei Unfällen ist nun gewährleistet. Die dramatische Lage der Bevölkerung in der Umgebung von Tschernobyl, die langfristig in einem stark verstrahlten Gebiet weiterleben muss, erforderte internationale Hilfe. Gegenwärtig laufen rund 40 internationale Hilfsprojekte in den drei meistbetroffenen Ländern, von denen 10 durch Organisationen aus der Schweiz durchgeführt und finanziert werden. Weitere Informationen zu diesen Projekten finden sich auf der Internetplattform www.chernobyl.info der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA).

In der Schweiz wurden die Radioaktivitätsüberwachung und die Einsatzorganisation neu strukturiert, die Nationale Alarmzentrale verstärkt, die Messkapazität verbessert und durch automatische Überwachungs- und Warnnetze ergänzt. Das Bundesamt für Gesundheit wertet die Radioaktivitätsdaten laufend aus und informiert die Öffentlichkeit regelmässig über das Ergebnis der Überwachung und die Strahlendosen.

Der Unfall Tschernobyl hat auch gezeigt, wie wichtig nebst einer guten Vorbereitung die Überwachung der Luft bei einer unfallmässigen Freisetzung von Radioaktivität ist. Dabei sind zwei Kriterien zu berücksichtigen: Einerseits die Empfindlichkeit der Messung, d.h. die kleinste noch nachweisbare Aktivität in der Luft, und andererseits wie schnell die Resultate verfügbar sind. Der höchste in der Schweiz nach dem Tschernobyl-Unfall in der Luft gemessene Caesium-137-Wert betrug 12 Bq/m³. Nach dem Zwischenfall mit einer Caesium-Quelle in einem spanischen Stahlwerk im Mai 1998 wurde im Tessin mit diesem Netz eine Aktivität in der Luft registriert, die mehr als 10'000-mal tiefer war.

Des Weiteren wurden bis zu einem Radius von 20 km um die Schweizer Kernkraftwerke Kaliumiodid-Tabletten an die Bevölkerung verteilt. Diese bewirken bei der Einnahme, dass die Schilddrüse mit inaktivem Jod gesättigt wird und verhindern so, dass das radioaktive Jod aus der Nahrung und über die Atmung in die Schilddrüse gelangt. Auch auf dem Gebiet der Gesetzgebung wurden Verbesserungen vorgenommen.

Einen nuklearen Unfall kann man allen Sicherheitsmassnahmen zum Trotz auch in Zukunft nicht vollständig ausschliessen. Deshalb dürfen die Lehren, die man nach dem schweren Unfall von Tschernobyl gezogen hat, nicht in Vergessenheit geraten. Eine seriöse Vorbereitung und stete Wachsamkeit sind unerlässlich.

Strahlendosen

Aufgaben

Grenzwerte für die Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen

Die Strahlenschutzverordnung limitiert in Art. 33 bis 37 die maximal zulässigen jährlichen Strahlendosen für die Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen. Für die Bevölkerung darf die effektive Dosis den Grenzwert von 1 Millisievert (mSv) pro Jahr nicht übersteigen, wobei medizinische Anwendungen und die natürliche Strahlenexposition nicht inbegriffen sind. Dosisgrenzwerte für Personen, die in ihrer beruflichen Tätigkeit mit Strahlen umgehen, sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Die angegebenen Limiten gelten nicht für Strahlenanwendung an Patienten, für aussergewöhnliche Situationen (z.B.: Katastropheneinsätze) sowie für die natürliche Strahlenexposition. Das Personal der zivilen Luftfahrt gehört in der Schweiz nicht zu den beruflich strahlenexponierten Personen. Der Betriebsinhaber muss jedoch das Personal über die bei der Berufsausübung auftretende Strahlenexposition aufklären. Schwangere Frauen können verlangen, vom Flugdienst befreit zu werden.

Tabelle 1: Dosisgrenzwerte für berufliche Strahlenexposition in mSv pro Jahr

Dosis	Grenzwert [mSv]
Effektive Dosis Personen über 18 Jahre	20
Effektive Dosis Personen im Alter von 16 bis 18 Jahren	5
Organdosis – Augenlinse	150
Organdosis – Haut, Hände, Füsse	500
Äquivalentdosis an der Abdomenoberfläche bei schwangeren Frauen	2

Dosisüberwachung bei beruflich strahlenexponierten Personen: Das Schweizerische Zentrale Dosisregister

In der Schweiz tragen alle beruflich strahlenexponierten Personen bei ihrer Arbeit ein persönliches Dosimeter. Die akkumulierte Dosis wird einmal pro Monat durch eine anerkannte Dosimetriestelle ermittelt und ausgewertet. Diese melden ihre Daten regelmässig dem Bundesamt für Gesundheit (BAG), das ein zentrales Register der Dosen aller beruflich exponierten Personen der Schweiz führt. Damit haben die Aufsichtsbehörden jederzeit eine Kontrolle über die akkumulierten Dosen dieser Personen, statistische Auswertungen und Langzeit-Beobachtungen werden ermöglicht und die Archivierung der Daten ist sichergestellt.

Die Ergebnisse der Dosisüberwachung bei strahlenexponierten Personen werden jährlich in einem separaten Bericht veröffentlicht. Der Bericht sowie andere Informationen zur Dosimetrie und beruflichen Strahlenexposition sind auf den Web-Seiten des BAG (Strahlenschutz, www.str-rad.ch) zu finden und werden laufend aktualisiert. So können zum Beispiel die Informationsbroschüre, das temporäre Dosisdokument oder eine Liste der anerkannten Personendosimetriestellen direkt heruntergeladen werden.

Tätigkeiten und Ergebnisse: Strahlendosen der Bevölkerung

Dosen aus natürlichen Strahlenquellen

Die durchschnittliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung aus natürlichen Quellen beträgt insgesamt rund 3 mSv pro Jahr. Die einzelnen Beiträge sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Dosen durch natürliche Strahlenquellen in mSv pro Jahr

Dosen durch natürliche Strahlenquellen in mSv pro Jahr		
Quelle	Mittel [mSv]	Maximum [mSv]
terrestrische Radionuklide	0.45	1.0
kosmische Strahlung	0.35	0.6
Radionuklide im Körper	0.35	0.5
Radon im Wohnbereich	1.6	100

Externe Bestrahlung

Bei der Strahlenexposition durch externe Quellen ergeben die natürlichen Radionuklide im Boden und die kosmische Strahlung die grössten Beiträge, gesamthaft pro Jahr rund 0.8 mSv mit einem Wertebereich von 0.5 bis 1.6 mSv. Die terrestrische Komponente macht im Mittel 0.45 mSv aus und hängt von der Zusammensetzung des Bodens ab. In bewohnten Gebieten variiert diese Komponente im Freien zwischen 0.35 und etwa 1 mSv pro Jahr. Die kosmische Strahlung nimmt mit der Höhe über Meer zu, da sie von der Lufthülle der Erde abgeschwächt wird. Im schweizerischen Mittel beträgt deren Dosis jährlich 0.35 mSv, in Zürich beispielsweise 0.4 mSv und in St. Moritz 0.75 mSv; in 10 km Höhe liegt sie zwischen 20 und 50 mSv pro Jahr. Ein Flug Schweiz-USA ergibt rund 0.04 mSv. Das Flugpersonal und Personen, die viel fliegen, erhalten so eine zusätzliche Dosis bis einige mSv pro Jahr. Im Hausinnern wird die kosmische Strahlung durch die Gebäudehülle etwas abgeschwächt, die terrestrische Komponente dagegen durch die in den Hauswänden enthaltenen Radionuklide etwas verstärkt. Gesamthaft ist die Dosis in den Häusern etwa 10% höher als im Freien.

Interne Bestrahlung

Bei der internen Strahlenexposition liefert Radon-222 und seine Folgeprodukte in Wohn- und Arbeitsräumen den grössten Dosisbeitrag. Die in der Schweiz bis 2006 durchgeführten Erhebungen in rund 72'000 Häusern ergeben ein gewichtetes arithmetisches Mittel von 78 Bq Radon-222 pro m³. Geht man von einer Aufenthaltsdauer im Wohnbereich bzw. am Arbeitsplatz von 7000 bzw. 2000 Stunden pro Jahr aus, so erhält man für die Schweizer Bevölkerung eine durchschnittliche Radondosis von rund 1.6 mSv pro Jahr.

Natürliche Radionuklide gelangen auch über die Nahrung in den menschlichen Körper und führen durchschnittlich zu Dosen von rund 0.35 mSv, wobei das Kalium-40 mit rund 0.2 mSv den grössten Beitrag liefert. Es ist überall in der Nahrung und im menschlichen Körper vorhanden

und macht rund 0.118 Promille des natürlichen Kaliums aus. Da es vor allem im Muskelgewebe eingelagert wird, ist der Kaliumgehalt bei Männern etwas höher als bei Frauen. Der Rest dieser Dosiskomponente stammt von den Nukliden der natürlichen Zerfallsreihen von Uran und Thorium, von deren Folgeprodukten und von den durch die kosmische Strahlung in der Atmosphäre laufend erzeugten Radionukliden wie Tritium, Kohlenstoff-14, Beryllium-7 und weiteren.

Dosen aus künstlichen Strahlenquellen

Auch hier unterscheidet man eine externe und eine interne Komponente. Erstere stammt von Strahlenquellen ausserhalb des Körpers, letztere von Radionukliden, die über Atemluft, Trinkwasser und Lebensmittel in den Körper gelangen. Bei der externen Komponente stammt der grösste Teil von medizinischen Anwendungen in der Röntgendiagnostik, nämlich im Mittel 1.2 mSv pro Jahr. Geringere Beiträge zur durchschnittlichen Dosis von 0.2 mSv kommen von der beruflichen Strahlenexposition in Kernkraftwerken, Industrien, Forschung und Medizin, im Handel und öffentlichen Dienst sowie von Konsumgütern und Gegenständen des täglichen Lebens, die Radionuklide enthalten, wie beispielsweise Uhren mit radioaktiven Leuchtziffern. Bei der künstlichen Radioaktivität in der Umwelt macht der radioaktive Ausfall nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986 und von den oberirdischen Kernwaffenversuchen der 1960er- und 1970er-Jahre heute nur noch höchstens wenige Hundertstel mSv aus. Bei dauerndem Aufenthalt im Freien beträgt sie zwischen 0.01 bis 0.5 mSv pro Jahr, letzterer Wert gilt für den Tessin. Der grosse Streubereich ist eine Folge der regionalen Unterschiede bei der Ablagerung von Caesium-137, insbesondere nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. An einigen Stellen entlang der Umzäunung der Kernkraftwerke Mühleberg und Leibstadt, die über einen Siedewasserreaktor verfügen, weist die Direktstrahlung durch das kurzlebige Stickstoff-16 bis einige 100 nSv/h auf. Da sich Personen jedoch nicht über längere Zeit an diesen Stellen aufhalten, sind die daraus resultierenden Personendosen unbedeutend.

Die Dosen durch interne Strahlenexposition werden durch künstliche Radionuklide in der Nahrung verursacht, heute hauptsächlich noch durch die Nuklide Caesium-137 und Strontium-90. Diese stammen von den Kernwaffenversuchen der 1960er- und 1970er-Jahre und, mit Ausnahme des Strontiums, vom Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986. Die jährlich durchgeführten Ganzkörpermessungen an Schulklassen ergaben Dosen durch aufgenommenes Caesium-137 von weniger als einem Tausendstel mSv pro Jahr. Aus den Untersuchungen von menschlichen Wirbelknochen lassen sich Dosen durch Strontium-90 von derselben Grös-

ordnung herleiten. 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 (Fig. 23).

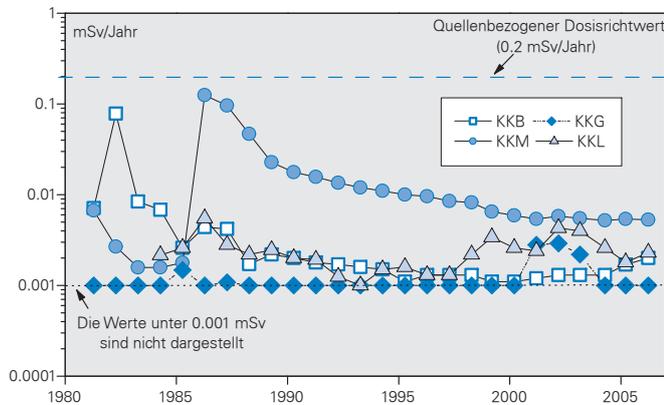


Fig. 23: Strahlendosen der Bevölkerung in der Umgebung der Kernkraftwerke

Gesamthaft liegt die Strahlendosis durch künstliche Radioaktivität oder Gebrauchsgegenstände, die radioaktive Stoffe enthalten, für die Mehrheit der Schweizer Bevölkerung zwischen 0.01 und 0.05 mSv, in Einzelfällen kann sie bis 0.1 mSv pro Jahr ausmachen. Anwendungen in der Medizin sind in diesen Werten nicht inbegriffen.

Durchschnittliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung

Die durchschnittlichen Strahlendosen aus natürlichen und künstlichen Strahlenquellen sind in Figur 24 dargestellt.

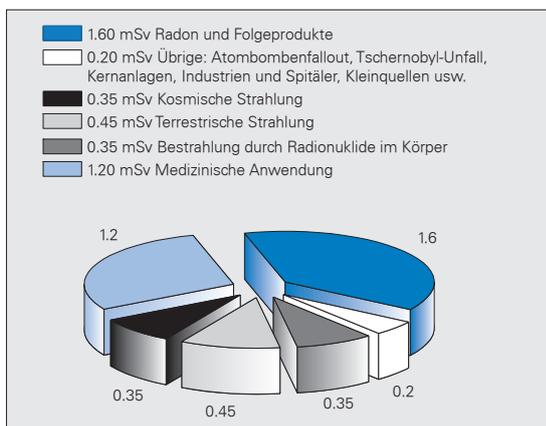


Fig. 24: Durchschnittliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung

Tätigkeiten und Ergebnisse: Berufliche Strahlenexposition

Dosen aus beruflichen Strahlenexpositionen

Die Anzahl der beruflich strahlenexponierten Personen ist mit 70'238 im Berichtsjahr im Vergleich zu 67'623 im Jahr 2005 wieder angestiegen. Die Kollektivdosis,

d.h. die Summe der individuellen effektiven Dosen aller beruflich strahlenexponierten Personen, lag im Jahre 2006 in der Schweiz bei 5,03 Personen-Sv (gegenüber 6,07 Personen-Sv im Vorjahr). Die Anteile der einzelnen Tätigkeitsbereiche an der Kollektivdosis sind in der Figur 25 ersichtlich. Im Aufsichtsbereich des BAG in den Bereichen Medizin und Forschung werden alle Monatsdosen über 2 mSv und alle Extremitätendosen über 10 mSv individuell untersucht. Bei einigen dieser dosisintensiveren Anwendungen ist es möglich, durch Optimierungsmassnahmen die Dosis zu reduzieren und eine potenzielle Grenzwertüberschreitung zu verhindern. 2006 wurden 117 solcher Fälle untersucht und 82 als echte erhöhte Personendosen eingestuft. Die meisten davon betrafen Dosen an Extremitäten und stammen aus den Bereichen Nuklearmedizin bzw. Radiologie. Grenzwertüberschreitungen wurden keine festgestellt.

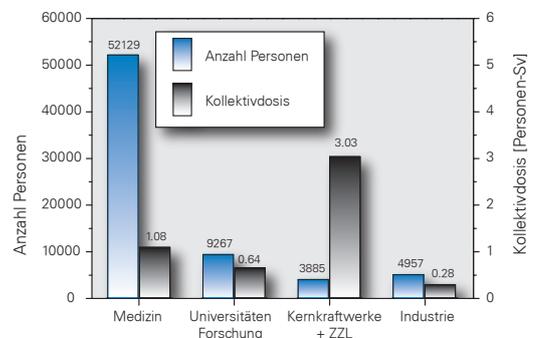


Fig. 25: Anzahl Personen und Kollektivdosis in verschiedenen Bereichen

Beurteilung

Grenzwertüberschreitungen beim Radon

Die durchschnittliche jährliche Strahlendosis der Bevölkerung betrug auch 2006 unverändert rund 4 mSv. Sie stammt weitgehend aus natürlichen Quellen. Der Hauptanteil von 1.6 mSv ist auf Radon zurückzuführen. Die externen natürlichen Strahlenquellen ergaben 0.8 mSv, die Radionuklide im Körper 0.35 mSv. Die medizinische Röntgendiagnostik trägt 1.2 mSv bei und alle übrigen künstlichen Quellen zusammen etwa 0.2 mSv. Die Emissionen aus Kernkraftwerken machen weniger als 1% aus. Auch im Berichtsjahr war die Schweizer Bevölkerung keiner unzulässigen Bestrahlung von künstlichen Strahlenquellen ausgesetzt. Nach wie vor sind jedoch die Bewohner in etwa 1–2% der bisher in der Schweiz untersuchten Häuser einer zu hohen natürlichen Strahlendosis durch das natürliche Radon ausgesetzt. Die beruflich strahlenexponierten Personen akkumulierten gesamthaft 2006 eine Kollektivdosis von 6 Personen-Sievert; die durchschnittliche Dosis pro Person lag unter einem Zehntel mSv pro Jahr.

Nichtionisierende Strahlung und Schall

Definition

Nichtionisierende Strahlung (NIS) bildet einen Teil des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung oder Wellen. Im Gegensatz zu ionisierender Strahlung reicht die Quantenenergie von NIS nicht aus, um Atome und Moleküle in einen elektrisch geladenen Zustand zu versetzen und somit zu ionisieren. Der Bereich der nichtionisierenden Strahlung wird weiter unterteilt in elektromagnetische Felder (EMF) und in die optische Strahlung (Fig. 26). In der Schweiz wird der Begriff NIS oft nur für den Bereich EMF verwendet.

Als Schall werden alle Geräusche, Klänge und Töne, wie sie von Menschen und auch von Tieren wahrgenommen werden, bezeichnet.

Physikalisch gesehen beruhen die NIS und die ionisierende Strahlung auf dem gleichen Phänomen: Schwingungen von elektrischen und magnetischen Feldern, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Der Schall dagegen stellt eine Ausbreitung von kleinsten Druck- und Dichtestörungen in einem elastischen Medium (z.B. Gase, Flüssigkeiten, Festkörper) dar.

Aufgaben

Elektromagnetische Felder: Information und Forschung über gesundheitliche Auswirkungen

Der Bereich EMF ist durch die explosionsartige Entwicklung und Anwendung neuer Technologien, insbesondere im Bereich der Telekommunikation, gekennzeichnet. Die Erforschung der Gesundheitsrisiken hinkt dagegen hinterher. Deshalb sind die Hauptaufgaben des BAG in diesem Bereich das Verfolgen der Forschung hinsichtlich gesundheitlicher Auswirkungen und die Bewertung möglicher Risiken. Ebenfalls dazu gehören die Erarbeitung entsprechender Schutz- und Vorsorgemassnahmen sowie die Information der Bevölkerung. Das Schwergewicht der BAG-Tätigkeit liegt auf der Einschätzung und Beurteilung von Risiken, die von Geräten wie Handys, elektrischen Haushaltsgeräten usw. ausgehen. Im Gegensatz dazu befasst sich das Bundesamt für Umwelt mit den stationären Anlagen, die in den Geltungsbereich der «Verordnung zum Schutz vor NIS» (NISV) fallen (z.B. Mobilfunkantennen, Hochspannungsleitungen).

Das elektromagnetische Spektrum						
						
statische EMF	niederfrequente EMF	hochfrequente EMF	Infrarot	Licht	UV	Ionisierende Strahlung
Elektromagnetische Felder EMF			Optische Strahlung			
Nichtionisierende Strahlung (NIS)						

Fig. 26: Das elektromagnetische Spektrum

UV-Strahlung: Hautkrebsprävention

Die Schweiz hat nicht nur in Europa, sondern auch weltweit eine der höchsten Hautkrebsraten – mit steigender Tendenz. Hautkrebs ist mit über 13'000 Neuerkrankungen und 400 Todesfällen pro Jahr eine viel zu häufig auftretende Krebsart in der Schweiz, umso mehr, als man mit einem Verzicht auf exzessives Sonnenbaden das Risiko stark vermindern könnte. Insbesondere die während der Kindheit erlittenen Sonnenbrände erhöhen das Hautkrebsrisiko massiv. Vor diesem Hintergrund ist eine wirkungsvolle Präventionsarbeit notwendig. Diese wird mit der Schweizerischen Krebsliga koordiniert. Das Schwergewicht der BAG-Tätigkeit liegt auf der UV-Prävention in den Schulen sowie auf der Sensibilisierung für die Risiken von Solariumsbesuchen speziell im Kindes- und Jugendalter. Ausserdem ist auch der UV-Index (= Stärke der UV-Strahlung) ein zentrales Thema. Wegen der langen Entstehungsdauer der Tumore (15 bis 20 Jahre) ist es noch zu früh, um betreffend der Wirksamkeit der vor ungefähr 10 Jahren begonnenen Präventionsarbeit Bilanz zu ziehen.

Schall: Schall- und Laserverordnung (SLV), Gehörschadenprävention bei Jugendlichen

Verschiedene Studien haben aufgezeigt, dass hohe Schallpegel Gehörschäden verursachen können. Solche Schallpegel kommen in Konzerten und Diskotheken vor, so dass eine Begrenzung dieser Schallpegel angezeigt ist. Seit 1996 gilt in der Schweiz die Schall- und Laserverordnung (SLV). Die Verordnung soll das Publikum vor gesundheitsschädigenden Schallpegeln und Laserstrahlungen bei Veranstaltungen schützen. 2006 lag das Schwergewicht der Tätigkeit auf der Revision der SLV. Die revidierte Verordnung soll im Frühjahr 2007 in Kraft gesetzt werden. Ein hoher Gesundheitsschutz im Freizeitbereich lässt sich aber nicht nur auf gesetzlicher Basis durchsetzen, sondern muss auch durch mehr Eigenverantwortung der Betroffenen gefördert werden. Dafür sind insbesondere für Jugendliche Präventionsmassnahmen vorzunehmen.

Tätigkeiten und Ergebnisse

Forschung über gesundheitliche Risiken von EMF Einfluss von UMTS Radiofrequenz-Feldern auf das Wohlbefinden

Am 6. Juni 2006 wurde eine Schweizer Studie zu Auswirkungen von UMTS-Strahlung in der wissenschaftlichen Fachzeitschrift «Environmental Health Perspectives» veröffentlicht. Gleichzeitig fand eine Pressekongress statt. In der Studie konnte kein negativer Einfluss der UMTS-Strahlung auf das Wohlbefinden und

die kognitiven Fähigkeiten nachgewiesen werden. Die Forschenden können damit die Befunde einer holländischen Studie aus dem Jahr 2003 («TNO-Studie») nicht bestätigen: Damals waren gesundheitliche Folgen der Mobilfunkstrahlung festgestellt worden. Die Kosten der Studie von insgesamt 723'000 Franken wurden zu 60% von der öffentlichen Hand (BAG, BAKOM, BAFU, dem holländischen Wirtschaftsministerium als Auftraggeber der TNO-Originalstudie) und zu 40% von der Industrie (Swisscom Mobile, Orange und Sunrise) getragen.

Neue Studie über gesundheitliche Auswirkungen von niederfrequenten Magnetfeldern

In einer am 4. September vorgestellten Studie der Universität Bern wurde bei 20'000 SBB-Angestellten der Zusammenhang zwischen der beruflichen Magnetfeldbelastung und verschiedenen Todesursachen wie Krebs und neurodegenerative Erkrankungen untersucht (Fig. 27). Die Angestellten gehörten vier verschiedenen Berufsgruppen mit unterschiedlicher Magnetfeldbelastung an: Lokomotiv- und Rangierlokomotivführer, Zugbegleitpersonal und – als Vergleichsgruppe mit tiefer Magnetfeldbelastung – das Stationspersonal. Ein in einer früheren Studie beobachteter Zusammenhang zwischen der Magnetfeldbelastung und Leukämie bei Lokomotivführern wurde in der 2006 abgeschlossenen Studie nicht mehr so deutlich beobachtet. Hingegen wurde bei Lokomotivführern, die starken Magnetfeldern ausgesetzt waren, ein Hinweis auf ein erhöhtes Alzheimer-Krankheitsrisiko gefunden. Bei allen andern Todesursachen der vier Berufsgruppen konnte kein Zusammenhang mit der Magnetfeldexposition festgestellt werden. Die Studie wurde im Auftrag des BAG und mit Unterstützung des Bundesamtes für Verkehr (BAV) durchgeführt.

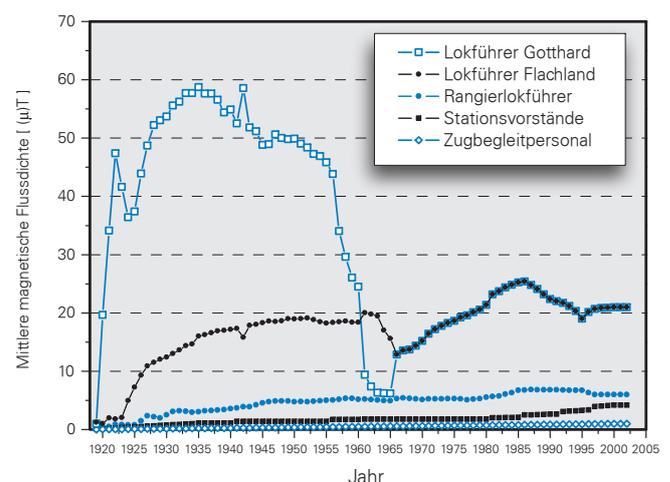


Fig. 27: Mittlere Magnetfeldbelastung von SBB-Angestellten zwischen 1919–2002. Bis 1950 waren die Lokführer am Gotthard stärker belastet als diejenigen im Flachland, da die am Gotthard eingesetzten Krokodillokomotiven auf Grund ihrer Bauart starke Expositionen in den Führerständen aufwiesen (Quelle: M. Rösli, Universität Bern).

Prävention in den Bereichen UV-Strahlung und Schall. Präventionsprogramme in den Schulen

Die verschiedenen Arbeitsmappen zum Thema «UV-Strahlung und Gesundheit» finden nach wie vor auf allen Schulstufen von Kindergarten bis Oberstufe Anklang. Die Materialien werden wegen ihrer Themenvielfalt, Attraktivität und Flexibilität sowohl von Lernenden als auch von Lehrpersonen gerne eingesetzt – so die Rückmeldungen aus der Praxis.

Auch im Bereich Schall bildet die Prävention bei Schülern eine wichtige Grundlage dafür, dass die Eigenverantwortung wahrgenommen wird. Neben den seit 2005 vertriebenen Unterrichtsunterlagen «Ohrwürmer», die sich an die Mittelstufe (5./6. Klasse) richten, wurde das Produkt «Sound» auf den Markt gebracht (Fig. 28). Diese Schulunterlagen richten sich an Schülerinnen und Schüler der 7.–9. Klasse. Kinder und Jugendliche in diesem Alter hören viel Musik, weshalb das Hauptgewicht auf Musikhören, Instrumente und Gruppenzugehörigkeit gelegt wurde. Neben den Arbeitsmaterialien wie Informationen für Lehrpersonen und verschiedenen Lernzugängen für Schüler (inkl. AudioCD und LernCD), stehen den Schülern Lernkisten mit Experimenten zur Verfügung, die ihnen die Thematik näher bringen sollen. Zurzeit existieren fünf Lernkisten, die beim Verlag ausgeliehen werden können (*Bernet-Verlag GmbH, Waldkirch SG*).

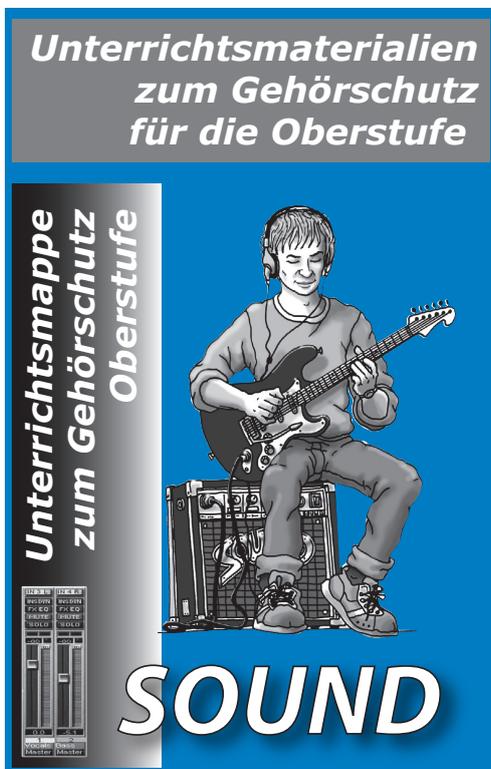


Fig. 28: Flyer zu Unterrichtsmaterialien «Sound»

Hautkrebsswoche 15.–19. Mai

Im Rahmen der europaweiten Initiative «Euro Melanoma» wurde 2006 in der Schweiz erstmals eine Hautkrebsswoche durchgeführt. Lanciert wurde diese Aktion von der Krebsliga Schweiz (KLS), der Schweizerischen Gesellschaft für Dermatologie und Venerologie (SGDV) und dem BAG.

Im Zentrum der Hautkrebsswoche standen die Früherkennung von Melanomen und anderen Hautkrebssformen sowie die Sensibilisierung der Bevölkerung für einen konsequenten Sonnenschutz. Im ganzen Land boten Dermatologen und Dermatologinnen kostenlose Erstuntersuchungen an. 150 Dermatologen untersuchten ca. 10'000 Einwohner und entdeckten insgesamt knapp 1'000 hautkrebssverdächtige Läsionen, darunter zahlreiche Melanome und Nicht-Melanome. Zudem konnte anhand eines Fragebogens das persönliche Hautkrebsrisiko ermittelt werden.

Solarium

Nachdem die Weltgesundheitsorganisation (WHO) zu einem Solariumverbot für Kinder und Jugendliche aufgerufen hatte, ist diese Forderung im vergangenen Jahr vermehrt auch in parlamentarischen Vorstössen und von Fachorganisationen geäußert worden.

Die Relevanz der Thematik wurde in den letzten Jahren in verschiedenen Studien aufgezeigt. Die aktuellste Publikation vom Dezember 2006 stammt von der International Agency for Research on Cancer (IARC) und zeigt ein 75% erhöhtes Hautkrebsrisiko durch Solariumbenutzung im jungen Alter auf. Das BAG informiert in einem Faltblatt zum Thema, zu beziehen unter www.bbl.admin.ch/bundespublikationen.

UV-Index – Die Stärke der UV-Strahlung

Nach wie vor wird von Februar bis Oktober die UV-Index-Prognose für alle Regionen in der Schweiz per Internet und SMS angeboten, eine SMS-Anfrage kostet CHF 0.60. Zusätzlich erfolgen Hinweise über geeignete Schutzmassnahmen.

Zudem informieren in einigen Apotheken, Drogerien, Arztpraxen und Tourismusbüros Thekensteller über den UV-Index und die aktuelle Prognose. Begleitend zum UV-Index erfolgen Hinweise zu geeigneten Schutztipps. Einem Fünftel der Schweizer Bevölkerung ist die richtige Bedeutung des UV-Indexes bekannt, aber nur etwa fünf Prozent orientieren sich daran.

Tag gegen Lärm

Am 25. April 2006 fand der elfte internationale Tag gegen Lärm statt. Die Schweiz beteiligte sich zum zweiten Mal an diesem Aktionstag. Lärm ist ein vielschichtiges und bedeutendes Umwelt- und Gesundheitsproblem. Lärmquellen mit gesundheitlichen Auswirkungen sind im Umwelt- wie auch im Freizeitbereich häufig und lassen sich auf hohe Musikschallpegel oder laute Hobbys zurückführen.

Informationen zu NIS und Schall

Internetrelaunch

Der Internetrelaunch vom April 2006 wurde als Chance gesehen, dem Internetauftritt der Fach- und Informationsstelle nichtionisierende Strahlung eine neue Struktur zu verleihen und die Inhalte zu aktualisieren. Die Seite befindet sich immer noch im Aufbau und es werden laufend neue Faktenblätter zu Geräten hinzugefügt. Die Internetseiten über Schall und optische Strahlung sind schon vollständig im neuen Format vorhanden.

- **Elektromagnetische Felder EMF:** www.bag.admin.ch/emf. Auf Faktenblättern zu verschiedenen Geräten (z.B. Schnurlostelefon, Babyfon, Handy usw.) wird über deren Funktionsweise, Strahlungspotenzial und mögliche Vorsorgemassnahmen informiert. Eine Übersichtsseite weist auf alle laufenden und abgeschlossenen Forschungsprojekte hin, die vom BAG im Bereich EMF unterstützt werden.
- **Optische Strahlung:** www.bag.admin.ch/uv-strahlen, www.bag.admin.ch/solarium, www.bag.admin.ch/laser, www.uv-index.ch. Es werden hier Informationen zu den Gefahren der UV-Strahlung und zu Risiken von Solarien und Laser angeboten. Zudem wird auf die Prognose des UV-Indexes hingewiesen. Zu einigen Themen liegen Broschüren und umfangreiche Materialien für den Schulunterricht vor.
- **Schall:** www.bag.admin.ch/sound. Neben allgemeinen Informationen zu Schall und zum Gehör wird auch Unterrichtsmaterial für Schulen zum Thema Gehör und Vermeidung von Hörschäden angeboten.

Internationale Kontakte

WHO-EMF, COST

Die Schweiz beteiligt sich am Projekt über gesundheitliche Wirkungen elektromagnetischer Felder, das von der Weltgesundheitsorganisation WHO durchgeführt wird (WHO-EMF-Projekt). Mehr über das EMF-Projekt und Merkblätter zu verschiedenen EMF-Themen sind im Internet unter www.who.int/peh-emf zu finden. Das BAG wirkt auch am europäischen COST-281 Forschungsprogramm «Potential Health Effects from Emerging Wireless Communication Systems» mit. Weitere Informationen zum COST-Projekt sind im Internet publiziert: www.cost281.org.

WHO-Intersun und EUROSkin

Das BAG ist aktiv an den internationalen Projekten Intersun und EUROSkin beteiligt. Intersun ist ein Projekt der WHO mit dem Ziel, weltweit die gesundheitlichen Schädigungen durch UV-Strahlung zu reduzieren. Informationen darüber finden sich im Internet: www.who.int/peh-uv. Regelmässige internationale Workshops tragen wesentlich zum Erfolg von Intersun bei und fördern die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Nationen. Die European Society of Skin Cancer Prevention (EUROSkin) verfolgt das Ziel, die zum Teil sehr hohen Hautkrebsinzidenzen und -mortalitäten in Europa zu senken. Sie fördert und koordiniert die Zusammenarbeit zwischen europäischen Spezialisten auf dem Gebiet der Hautkrebsforschung und -prävention. Die EUROSkin publiziert ihre Informationen im Internet unter www.euroskin.org.

Schall- und Laserverordnung (SLV):

In Frankreich vorgestellt

Im Oktober 2006 fand in Frankreich eine nationale Tagung zu Risiken von Gehörschäden durch Musik statt. Ausser Belgien war auch die Schweiz dazu eingeladen. Das vorgestellte Konzept der revidierten SLV stiess auf grosse Anerkennung.