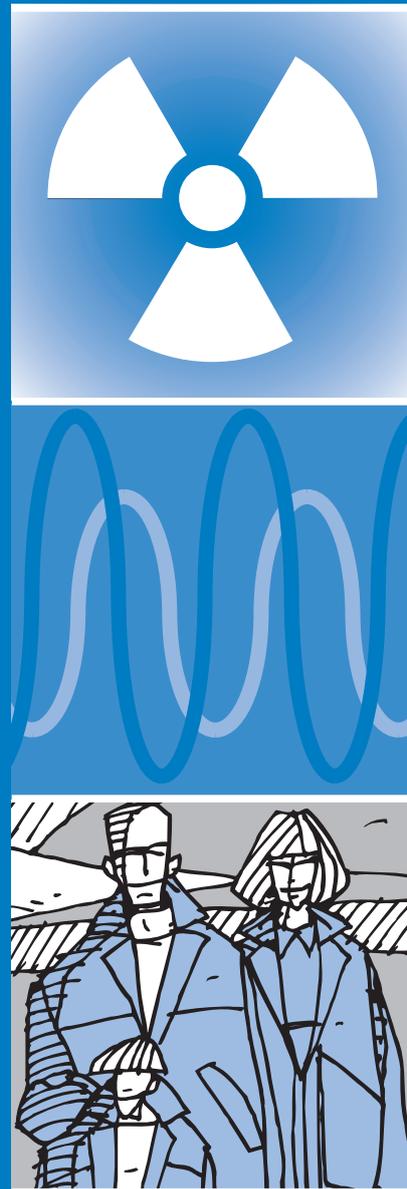


Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz

## Ergebnisse 2005

Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse

## Résultats 2005



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

### **Impressum**

© Bundesamt für Gesundheit (BAG)

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Publikationszeitpunkt: Mai 2006

Weitere Informationen und Bezugsquelle:

BAG, Direktionsbereich Verbraucherschutz,

Abteilung Stahlschutz, 3003 Bern

Telefon +41 (0)31 323 02 54, Telefax +41 (0)31 322 83 83

E-Mail: [str@bag.admin.ch](mailto:str@bag.admin.ch), [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch), [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

BAG-Publikationsnummer: BAG VS 5.06 2000 d-f-kombi 40EXT06002 152439

BAG-Publikationsnummer: BAG VS 6.05 3000 d-f-kombi 40EXT05004

### **Impressum**

© Office fédéral de la santé publique (OFSP)

Editeur: Office fédéral de la santé publique

Date de publication: mai 2006

Informations supplémentaires et diffusion:

OFSP, Unité de direction Protection des consommateurs,

Division Radioprotection, 3003 Berne

Téléphone +41 (0)31 323 02 54, téléfax +41 (0)31 322 83 83

E-Mail: [str@bag.admin.ch](mailto:str@bag.admin.ch), [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch), [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Imprimé sur papier blanchi sans chlore

Numéro de publication OFSP: BAG VS 5.06 2000 d-f-kombi 40EXT06002 152439

Numéro de publication OFSP: BAG VS 6.05 3000 d-f-kombi 40EXT05004

# Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz

## Ergebnisse 2005

<b>Editorial</b>	<b>2</b>
<b>Die Abteilung Strahlenschutz</b>	<b>3</b>
Mission Verbraucherschutz	3
Schutz der Bevölkerung und Umwelt vor Strahlung	3
<b>Radiologische Zwischenfälle im 2005</b>	<b>5</b>
Strahlenquellen im Metallschrott	5
Verpresste UA-1 Überspannungsableiter im Metallschrott	5
Störfallvorsorge der Aufsichtsbehörden	6
<b>Bewilligungen und Aufsicht</b>	<b>7</b>
Aufgaben	7
Tätigkeiten und Ergebnisse	7
Aufsichtstätigkeiten	8
Medizin	10
Grossanlagen	14
Radioaktive Abfälle und Altlasten	15
Beurteilung	16
<b>Radon: jährlich 240 Lungenkrebstote</b>	<b>17</b>
Zusammenfassung	17
Programmleitung	17
Messung und Kartierung	19
Baumassnahmen und -vorschriften	21
Ausbildung	22
Kommunikation	22
<b>Umweltüberwachung</b>	<b>24</b>
Aufgaben	24
Tätigkeiten und Ergebnisse	24
Beurteilung	28
<b>Strahlendosen</b>	<b>29</b>
Aufgaben	29
Tätigkeiten und Ergebnisse: Strahlendosen der Bevölkerung	29
Beurteilung	31
<b>Nichtionisierende Strahlung und Schall</b>	<b>32</b>
Aufgaben	32
Tätigkeiten und Ergebnisse	33
Optische Strahlung	34
Schall	35
Beurteilung	36

# Editorial

Mit der Bildung des Direktionsbereichs Verbraucherschutz im Bundesamt für Gesundheit (BAG) kurz vor Jahresbeginn 2005 wurden die drei Bereiche Chemikalien, Lebensmittelsicherheit und Strahlenschutz zusammengefügt. Dadurch will das Amt signalisieren, dass der Verbraucherschutz ein prioritäres Thema seiner Aktivitäten bildet. Bereits ergeben sich aus diesem Zusammenschluss viele Gemeinsamkeiten und Synergien.

Damit wir auch in Zukunft mit den sinkenden Ressourcen eine optimale Wirkung erzielen können, ist entscheidend, dass wir unsere Partnerschaften pflegen. Besonders erwähnen möchte ich die fruchtbare Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität. Zusammen mit den wissenschaftlichen Instituten der Universitäten, der ETH, dem CERN, dem Paul Scherrer Institut und insbesondere dem Institut de Radiophysique Appliquée in Lausanne versuchen wir, den Strahlenschutz in der Schweiz ständig dem Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen. Für diese ausgezeichnete Zusammenarbeit bedanken wir uns bestens.

Die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP tagte vom 11.–19. September 2005 auf Einladung der Schweiz in Genf und Bern. Dabei boten sich viele Möglichkeiten zum direkten Informationsaustausch und zu Diskussionen mit den Schweizer Strahlenschützern. Die Abteilung Strahlenschutz ist bestrebt, einen möglichst weltweit harmonisierten Strahlenschutz zu betreiben.

Bei dosisintensiven Untersuchungen in der Medizin gibt es mit der Einführung der diagnostischen Referenzwerte viel Optimierungspotenzial. Das mehrjährige Projekt Optimierung des Strahlenschutzes bei dosisintensiven Untersuchungen in der Radiologie (OSUR), welches gemeinsam mit den medizinischen Fachgesellschaften realisiert wird, soll dazu beitragen, die Dosen bei den Durchleuchtungen, bei der interventionellen Radiologie und insbesondere bei den Computertomographien zu reduzieren.

Die Lehrgänge für die Ausbildung im Strahlenschutz müssen im medizinischen Bereich vereinfacht und effizienter gestaltet werden. Erste Vorarbeiten und Konzepte, die mit der Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte (FMH), den medizinischen Fachgesellschaften und mit den Schulen ausgearbeitet wurden, sind Erfolg versprechend und sollen im nächsten Jahr umgesetzt werden. Dies bedingt aber auch eine Revision der entsprechenden Verordnungen.

Nachdem nun weitere erhärtete Zahlen zum Radonrisiko in der Schweiz vorliegen, muss die Umsetzung des Radonprogramms vorangetrieben werden, damit die Ziele bis 2014 erreicht werden können. Die Reduktion des individuellen Risikos steht im Vordergrund, aber gleichzeitig soll das attributive Radonrisiko langfristig um 50% reduziert werden.

Inwieweit elektromagnetische Felder im Niedrigdosisbereich ein gesundheitliches Risiko bilden, ist nach wie vor unklar und es bedarf weiterer Forschungsanstrengungen. Das Nationale Forschungsprogramm Nichtionisierende Strahlung wird uns die Klärung einiger offener Fragen bringen. In der Zwischenzeit ist Vorsorge angesagt. Klar hingegen ist, dass übermässige UV-Strahlenexposition zu gesundheitlichen Schäden führt. Das ausserordentlich hohe Hautkrebsvorkommen in der Schweiz verlangt noch einiges an Aufklärung im Umgang mit Sonne und Solarien.

Mit diesem Bericht informieren wir über die Aktivitäten der Abteilung Strahlenschutz und erfüllen somit unseren gesetzlich verankerten Auftrag, über die Ergebnisse der Personendosimetrie, die Ergebnisse der Überwachung der Radioaktivität der Umwelt sowie über die Radonproblematik und die Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung zu berichten.

Werner Zeller,  
Leiter Abteilung Strahlenschutz

# Die Abteilung Strahlenschutz

## Mission Verbraucherschutz

Seit Ende 2004 ist die Abteilung Strahlenschutz dem Direktionsbereich Verbraucherschutz unterstellt. Die Mission des übergeordneten Direktionsbereichs Verbraucherschutz beschreibt unseren Auftrag.

- Als anerkannte, kompetente und federführende Behörde leisten wir zusammen mit unseren Partnern einen aktiven Beitrag zu einem hohen Schutz der Gesundheit der Bevölkerung in den Bereichen Chemikalien, Strahlenschutz, Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände.
- Wir erkennen und bewerten Risiken im Alltag und bei Krisensituationen auf anerkannter und aktueller wissenschaftlicher Basis und erarbeiten gemeinsam mit unseren Partnern nachhaltig wirksame Schutzstrategien.
- Als Teil nationaler und internationaler Netzwerke beteiligen wir uns aktiv an der Erarbeitung von Rahmenbedingungen und übernehmen eine Koordinationsfunktion in der Schweiz.
- Durch unseren Beitrag zur Rechtsetzung schaffen wir für Konsumenten, Wirtschaft und Vollzug faire, klare und international abgestimmte gesetzliche Grundlagen. In spezifischen Zuständigkeitsbereichen stellen wir die Überwachung, den Vollzug und den Täuschungsschutz sicher.
- Durch gezielte Kommunikation und offene Information leisten wir einen aktiven Beitrag zur Prävention. Wir sensibilisieren die Bevölkerung und Akteure für Gefahren und Risiken und fördern damit ein verantwortungsvolles Verhalten beim Umgang mit Chemikalien, Gebrauchsgegenständen, Kosmetika, Lebensmitteln, ionisierender und nichtionisierender Strahlung.

## 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 und führt Inspektionen durch. Sie informiert und berät Bewilligungsinhaber und Betriebspersonal bei der Umsetzung der Vorschriften.

### **Störfälle**

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

### Dosisintensive Röntgenuntersuchungen

Röntgendiagnostische Untersuchungen mittels Computertomographie (CT) und mit Durchleuchtungsanlagen 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. Es kann hohe Strahlendosen und als Folge davon Lungenkrebs verursachen. 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 – 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 Abteilung Strahlenschutz organisiert die Abgabe von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung an die Sammelstelle des Bundes.

### 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.

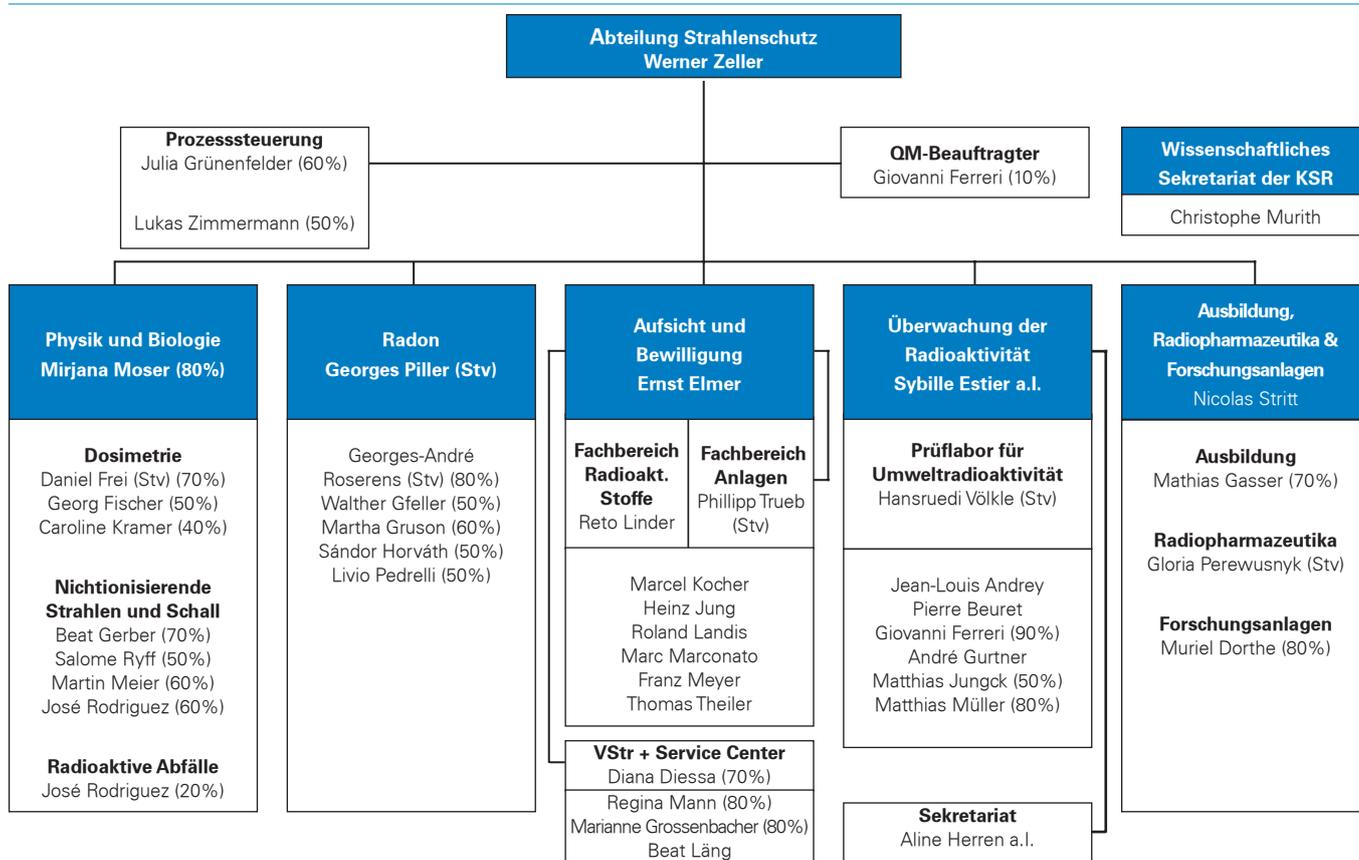


Fig. 1: Organigramm der Abteilung Strahlenschutz

# Radiologische Zwischenfälle im 2005

## Strahlenquellen im Metallschrott

Im Juni hat ein angelieferter Container beim Eingangsmonteur eines Altmetallhändlers im Aargau Alarm ausgelöst. Der Container, welcher aus einer Sammelstelle im Kanton Schwyz angeliefert worden war, enthielt Metallschrott sowie einige Radium enthaltende Elektronenröhren (Fig. 2), die anscheinend Ende der 50er-Jahre



Fig. 2: Elektronenröhren mit Ra-226

hergestellt und unter anderem in elektrischen Schalteinrichtungen verwendet wurden (Fig. 3). Die Strahlenquellen sind durch das Bundesamt für Gesundheit (BAG) und die Suva nach der Avisierung durch den Kantonschemiker des Kantons Schwyz sichergestellt worden, der Container wurde wieder freigegeben. Als Massnahme zur

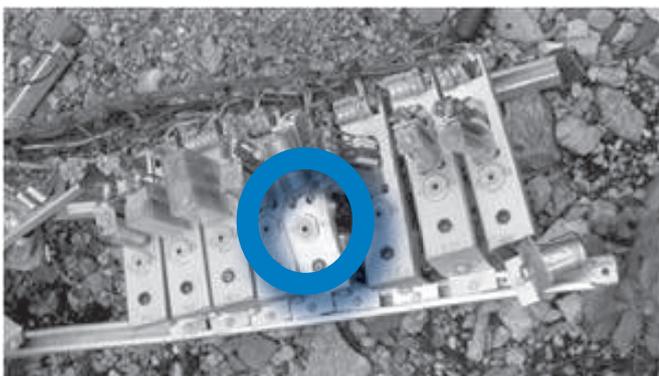


Fig. 3: Schalteinrichtung

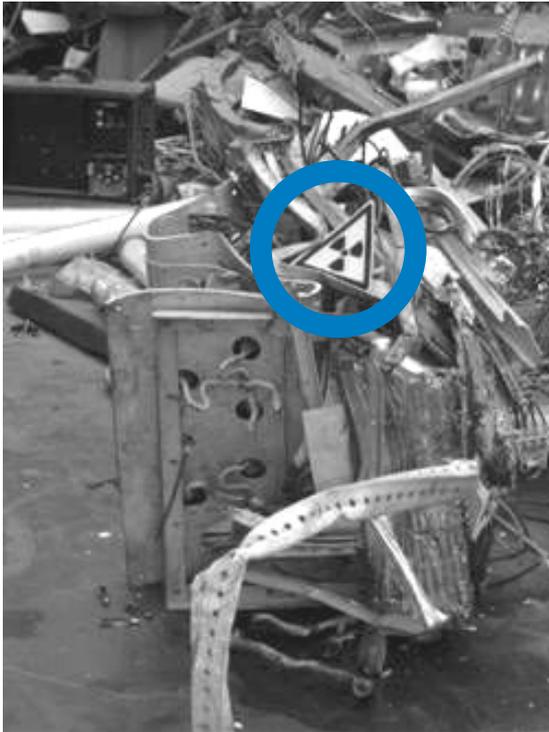
Vermeidung oder Reduktion weiterer solcher Ereignisse sollen die betroffenen Fachkreise für eine frühzeitige Erkennung entsprechender Bauteile sensibilisiert werden.

## Verpresste UA-1 Überspannungsableiter im Metallschrott

Ende September wurde bei einem Metallschrottverwerter aufgrund von Ra-226-Überspannungsableitern (Fig. 4) ein Strahlenalarm ausgelöst. Der Ursprung war zunächst nicht bekannt, da die Strahlenquellen in einem Metallblock eingepresst waren (Fig. 5). Aus ersten Untersuchungen musste geschlossen werden, dass es sich um eine illegale Entsorgung handelte. Daher schaltete das BAG die Bundespolizei ein. Der radioaktive Abfall wurde vor Ort in Zusammenarbeit mit Suva und BAG vom inaktiven Abfall getrennt. In der Zwischenzeit konnte der Ursprung des Abfalls, der aus Armeebeständen stammte, ermittelt werden. Solche Ereignisse zeigen, dass immer noch ältere Einrichtungen, so genannte Altlasten, mit radioaktiven Stoffen im Umlauf sind und bei einer unkorrekten Entsorgung zu einem deutlichen Mehraufwand und somit zu Mehrkosten führen.



Fig. 4: Überspannungsableiter



**Fig. 5: Metallblock**

---

### Störfallvorsorge der Aufsichtsbehörden

Durch die in den letzten Jahren häufiger aufgetretenen Störfälle, bei welchen vor allem bei der Beseitigung und Rezyklierung von konventionellen Abfällen radioaktive Stoffe entdeckt und aussortiert werden mussten, haben sich die Aufsichtsbehörden besser auf solche Zwischenfälle vorbereitet. Diese Verbesserungen konnten durch gemeinsame Einsatzübungen, der Bereitstellung der notwendigen Einsatzmittel und durch ein koordiniertes Vorgehen der verschiedenen Einsatzequipen erzielt werden.

# 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. Für industrielle und gewerbliche Betriebe ist die Suva die zuständige Aufsichtsbehörde. Bei Verstössen gegen die Strahlenschutzgesetzgebung führt die Abteilung Strahlenschutz entsprechende Untersuchungen und Strafverfahren im Rahmen des Verwaltungsstrafrechts durch. 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. Später werden sie in ein geologisches Tiefenlager gebracht. Sie gibt Firmen und Betrieben Ratschläge im Aufsichtsbereich bezüglich Umsetzung der Strahlenschutzvorschriften. Das Ziel ist ein optimaler Strahlenschutz für alle betroffenen Personen. Um dies zu erreichen, werden entsprechende Ausführungsbestimmungen in Form von Weisungen und Merkblättern erlassen. Bei Zwischenfällen in den Betrieben oder beim Auffinden und Beheben von Altlasten, z.B. herrenlose radioaktive Strahlenquellen,

führt die Abteilung Strahlenschutz als neutrale Stelle Abklärungen und Untersuchungen durch und sorgt für die Behebung eventueller Gesundheitsrisiken für Mensch und Umwelt.

## 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 Bundesamt für Gesundheit (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. 2005 wurden 1274 Bewilligungsgesuche für den Umgang mit ionisierender Strahlung, hauptsächlich medizinische Röntgenanlagen und radioaktive Stoffe, bearbeitet und 2701 Erst- oder Folgebewilligungen erteilt. Stichprobenweise wurden gesamtschweizerisch 628 Betriebsinspektionen durchgeführt.

### Erneuerung von Bewilligungen

Gemäss Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 sind alle Bewilligungen ab Ausstellungsdatum auf eine Gültigkeitsfrist von höchstens zehn Jahren begrenzt. Im Jahr 2005 galt es deshalb, die routinemässige Erneuerung der ablaufenden Bewilligungen einzuführen. Voraussetzung für eine Bewilligungserneuerung

bei einem medizinischen Röntgengerät ist u.a. die erfolgreich durchgeführte Wartung mit Zustandsprüfung und noch nicht abgelaufene Wartungsfrist. Ausserdem muss eine vom BAG anerkannte sachverständige Person im Betrieb arbeiten. Bewilligungsinhaber, die diese Voraussetzungen nicht mehr erfüllen, haben nach erfolgloser Mahnung keinen Anspruch mehr auf eine Bewilligung. Diese kann dann nicht erneuert bzw. muss widerrufen werden.

### Optimierungsmassnahmen im Bewilligungswesen

Um das Bewilligungswesen in der Sektion Aufsicht und Bewilligungen effizienter zu verwalten, sind einige Schnittstellen bei der Bearbeitung von eingehenden Bewilligungsgesuchen reduziert worden. Neu erfasst, bearbeitet und bewilligt deshalb ausschliesslich das Service Center Bewilligungsgesuche für zahnärztliche Röntgenkleinanlagen. Auch bei Mutationen von sachkundigen und sachverständigen Personen in bestehenden Bewilligungen sind die Abläufe optimiert worden. Zurzeit wird geprüft, ob bei einer Praxisübernahme sowie beim Ersatz eines Röntgengerätes auf ein neues Bewilligungsverfahren verzichtet und die bestehende Bewilligung übernommen werden kann. Durch diese Vereinfachungen könnten die Ressourcen für den Hochdosisbereich eingesetzt werden.

## Aufsichtstätigkeiten

### Inspektionen und Audits in den Betrieben

Neben administrativen Aufsichtstätigkeiten wie Einforderung und Prüfung von Daten der Röntgen- und Handelsfirmen über installierte oder gewartete Röntgenanlagen sowie verkaufte radioaktive Stoffe wurden gesamtschweizerisch stichprobenweise rund 628 Betriebsinspektionen und Audits durchgeführt. Diese Aufsichtstätigkeit vor Ort ermöglicht, die Umsetzung der Strahlenschutzvorschriften zu überprüfen. In Zusammenarbeit mit den sachverständigen Personen werden zudem Potentiale für zusätzliche Strahlenschutzmassnahmen für Personal und Patienten erkannt und umgesetzt. Durch diese Aufsichtstätigkeit wurden 8 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.

### Grossquelleninventar

Im Grossquelleninventar des BAG sind die in verschiedenen schweizerischen Betrieben vorhandenen radioaktiven Strahlenquellen aufgelistet, welche eine Aktivi-

tätsschwelle von mehr als dem 20millionenfachen 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. Zur Ermittlung der Bildqualität in der digitalen Radiographie werden spezielle Prüfkörper verwendet (Fig. 6). Ziel des Projekts Digirad war, die im Bereich digitaler Systeme applizierten Bildempfängerdosen unter Einbezug automatischer Belichtungssteuerungen zu erheben und die Messergebnisse bezüglich eines möglichen Dosis-Optimierungspotentials zu beurteilen. Im Dialog mit den sachverständigen

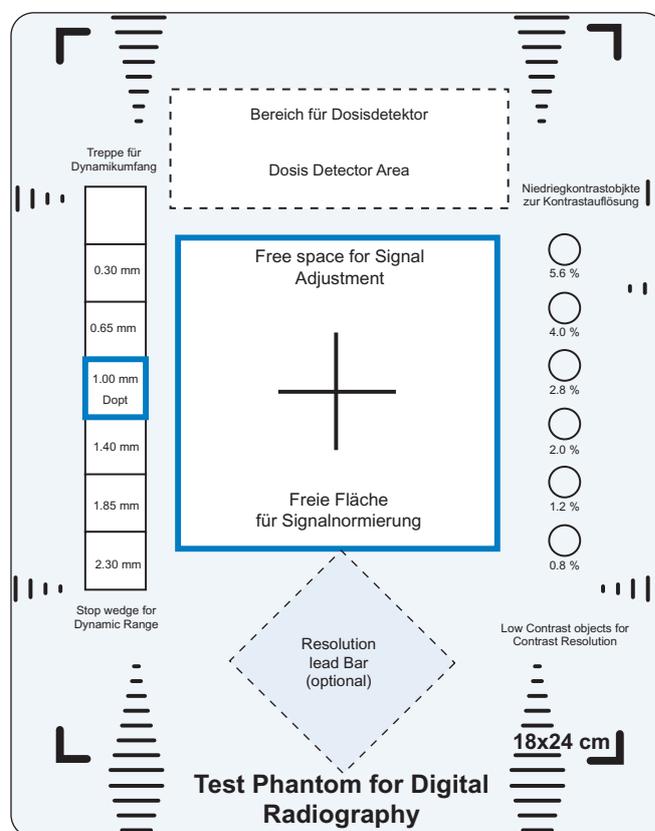


Fig. 6: Prüfkörper

Fachpersonen in den Betrieben soll eine Senkung der Patientendosen im Bereich der digitalen Bildgebung erreicht werden. Die Ergebnisse dokumentieren bezüglich Bildempfängerdosis ein messtechnisch erhobenes Optimierungspotential von 50% der beurteilten Röntgenanlagen, welche mit CR-Systemen (Speicherfolien) arbeiten. Protokolle erfolgter Optimierungen zeigen Resultate von bis zu 40–50% Dosisreduktionspotential bei vom Anwender als gut befundener diagnostischer Bildqualität. Die Sensibilisierung der Anwender für die Thematik der Dosisoptimierung soll im Sinne einer wirkungsorientierten Aufsichtstätigkeit im neuen Jahr weitergeführt und auch auf andere Modalitäten der medizinischen Bildgebung ausgedehnt werden.

### Aktion zum Auffinden von medizinischen Therapiequellen

Als Massnahme zur Vermeidung eines Zwischenfalls, wie er im vergangenen Jahr bei einer illegalen Entsorgung medizinischer radioaktiver Strahlenquellen im Altmetall geschehen ist, hat das BAG alle Spitäler überprüft, welche in der Vergangenheit oder noch aktuell mit derartigen Therapiequellen Umgang haben, um eventuelle unbekannte Altlasten aufzuspüren. Dabei wurden Nachforschungen angestellt, ob und in welchen Abteilungen der Spitäler Therapiequellen gehandhabt, gelagert (Fig. 7) und später entsorgt wurden. Bei unklaren Verhältnissen hat das BAG vor Ort Messungen zum Aufspüren solcher Strahlenquellen angeboten und durchgeführt.

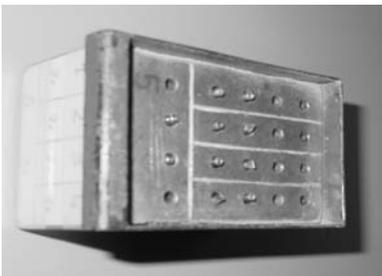


Fig. 7: Lagerbehälter für Therapiequellen

### Überprüfung der Handelsbetriebe von radiopharmazeutischen Produkten

Der Handel mit radioaktiven Stoffen ist gemäss Strahlenschutzverordnung eine bewilligungspflichtige Tätigkeit. Betriebe, welche mit diesen Stoffen Handel betreiben, müssen sicherstellen, dass die Empfänger über eine entsprechende Bewilligung verfügen. Weiter ist der Handelsbetrieb auch für die Organisation eines sicheren Transports der radioaktiven Stoffe und gegebenenfalls für die korrekte Entsorgung oder Rezyklierung der Retourengebinde verantwortlich.

In erster Linie wurden in diesem Jahr Handelsfirmen von radiopharmazeutischen Produkten überprüft. Der Handel mit diesen Produkten, welche im Wesentlichen an Spitäler geliefert werden, bildet einen hohen Anteil der in der Schweiz gehandelten und transportierten radioaktiven Stoffe. Dabei kann festgestellt werden, dass die Hauptlieferanten von Radiopharmaka ihre Verantwortung gut wahrnehmen und dazu beitragen, dass ein sicherer Umgang mit diesen Stoffen gewährleistet ist.

### 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 und Installation)
- Mitwirkung bei Spital internen Weiterbildungsveranstaltungen im Bereich interventionelle Radiologie mit dem Personal im Operationssaal
- Beiträge an internationalen Strahlenschutz-Tagungen, u.a. mit dem Fachverband für Strahlenschutz
- Beiträge an Fachveranstaltungen von Berufsverbänden

Die im Auftrag der Abteilung Strahlenschutz produzierte DVD I «Röntgen im OP» wurde im Jahr 2005 anlässlich von Audits und Weiterbildungsveranstaltungen im Strahlenschutz den Sachverständigen in Spitälern und interessierten Kreisen abgegeben. Zielgruppe ist das recht zahlreiche im Strahlenschutz kaum oder nicht ausgebildete Assistenzpersonal im Operationssaal. Die DVD zeigt neben allgemeinen Grundlagen bildlich die Strahlenintensitäten beim Umgang mit Röntgenanlagen in den typischen Aufenthaltsbereichen des Anwenders und des Assistenzpersonals (Fig. 8). Die DVD war ein Erfolg, wie ein Beispiel von vielen positiven Rückmeldungen zeigt: «Mit dieser DVD dürften sie beim OP-Personal und den

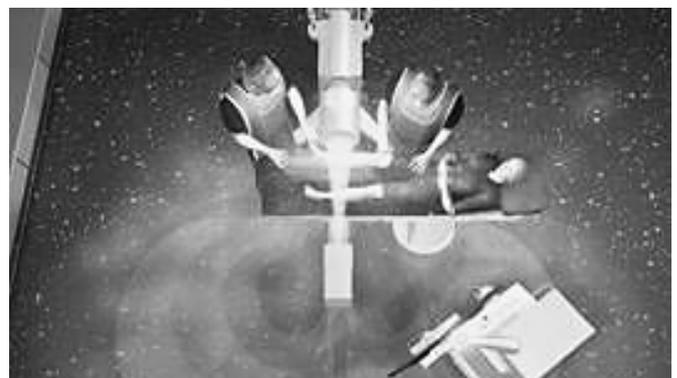


Fig. 8: DVD I: Röntgen im OP

chirurgisch tätigen Ärzten vielleicht erstmals Interesse am Strahlenschutz geweckt haben». Aufgrund des grossen Erfolgs und der Nachfrage aus dem In- und Ausland wurde in diesem Jahr ein weiteres Projekt DVD II «Strahlenschutz bei interventionellen Untersuchungen» in der Radiologie und der Kardiologie gestartet (Fig. 9). Geplant ist, den Sachverständigen und interessierten Kreisen im ersten Quartal 2006 eine dreisprachige Version abzugeben. Mit diesen Produkten 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 7 Strafbescheide im abgekürzten und 7 Strafbescheide im ordentlichen Verfahren erstellt worden. Bei den gemeldeten Widerhandlungen handelte es sich um:

- Einrichtung und Betrieb von medizinischen Röntgenanlagen ohne Bewilligungen der Betreiber
- Weiterbetrieb einer medizinischen Röntgenanlage durch deren Betreiber trotz eines Bewilligungsentzugs
- Einrichtung und Übergabe einer medizinischen Röntgenanlage durch eine Röntgenfirma ohne erfolgreiche Abnahmeprüfung am Gerät
- Nichteinhalten von Bewilligungsaufgaben
- Nichtunterziehen einer angeordneten Dosimetrie
- Nichteinhalten der regelmässigen Durchführung der Wartung mit Zustandsprüfung an medizinischen Röntgenanlagen durch deren Betreiber
- Durchführen der Wartung mit Zustandsprüfung an medizinischen Röntgenanlagen durch nicht autorisierte Röntgenfirmen
- Ausführen von Durchstrahlungsprüfungen ohne Bewilligung

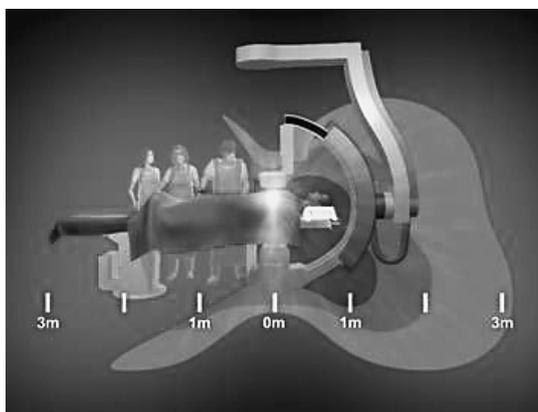


Fig. 9: DVD II: Strahlenschutz bei interventionellen Untersuchungen

## 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.

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.

Das BAG will erreichen, dass das betroffene Personal das Konzept der Diagnostischen Referenzwerte DRW akzeptiert und ein umfassendes Management der Patientendosis anwendet (Fig. 10). Zudem plant es, das Prinzip der DRW in der Strahlenschutzverordnung gesetzlich zu verankern. Durch regelmässige Erhebungen des BAG in den betroffenen Betrieben soll eine kontinuierliche Optimierung der Patientendosis erreicht werden.

Eine der grossen Herausforderungen des Projekts ist, mit den verschiedenen Ansprechpartnern wie Medizi-



Fig. 10: Dosisintensive Untersuchung im Herzkatheterlabor

nern, medizinisch-technischem Personal, Herstellern der Geräte usw. – mit zum Teil unterschiedlichen Sichtweisen – ein gemeinsames Verständnis des Konzepts der DRW zu entwickeln. Zu diesem Zweck organisierte das BAG einen zweitägigen Workshop mit allen involvierten Beteiligten, der mit Empfehlungen an das BAG schloss.

### Dosisintensive medizinische Untersuchungen

Speziell bei dosisintensiven Untersuchungen, d.h. Untersuchungen mit Computertomographie (Fig. 11) oder Fluoroskopie, können Vergleiche der Patientendosen mit den Diagnostischen Referenzwerten ein erhebliches Optimierungspotenzial aufzeigen.

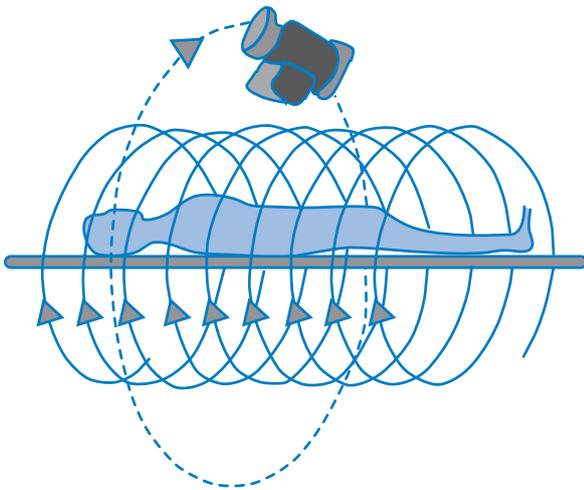


Fig. 11: Aufnahme eines Ganzkörper-CT-Scans

Bei einer Untersuchung durch das IRA in Lausanne hat sich gezeigt, dass insbesondere die mittlere kollektive Dosis der Schweizer Bevölkerung durch die Anwendung von Computertomographen (CT) markant gestiegen ist: Im Zeitraum von 1998 bis 2003 hat sich die Exposition der Schweizer Bevölkerung durch CT-Untersuchungen verdoppelt.

Anwendung	Veränderung in der Zeitspanne von 1998 bis 2003		
	Frequenz	Dosis / Untersuchung	Kollektivdosis
Radiographie	± 0%	- 18%	- 18%
Fluoroskopie	- 39%	+ 66%	+ 1%
CT	+ 66%	+ 20%	+ 99%

Fig. 12: Veränderung der medizinischen Strahlenexposition in der Diagnostik

In der obigen Tabelle (Fig.12) wird ersichtlich, dass die Dosis pro CT-Untersuchung zugenommen hat, was vor allem auf die gestiegene Erwartung an die Bildqualität und auf vermehrte Durchführung von mehrphasigen Untersuchungen zurückzuführen ist. Zudem hat die Anzahl CT-Untersuchungen stark zugenommen. In der Fluoroskopie hat sich die mittlere kollektive Dosis trotz Zunahme der Dosis pro Untersuchung kaum verändert, da die Zahl der Untersuchungen deutlich zurückging, weil einige davon heute mittels Computertomographie durchgeführt werden. Bei der klassischen Aufnahmetechnik (Radiographie) zeigt sich der günstige Einfluss durch die vermehrte Verwendung von empfindlicheren Film-Folien-Kombinationen auf die Patientendosis.

### Weisungen/Merkblätter

Als Hilfsmittel für die Anwender ionisierender Strahlen und im Speziellen für die sachverständigen Personen in den Betrieben, welche Verantwortung für den Strahlenschutz gegenüber ihren Mitarbeitern und Patienten wahrnehmen müssen, wurden zur praktischen Umsetzung der Strahlenschutzvorschriften im Berichtsjahr 6 Weisungen und 3 Merkblätter revidiert oder neu erarbeitet. Diese sind auf der Strahlenschutz-Homepage [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch) einsehbar. Sie erläutern die Qualitätssicherung bei der Anwendung ionisierender Strahlung am Menschen sowie organisatorische und bauliche Strahlenschutzmassnahmen.

### CT-Weisung

Computertomographen sind sehr intensiv genutzte Röntgenanlagen. In der BAG-Weisung R-08-08 wird dem Rechnung getragen, indem die minimal geforderten Wartungsintervalle gegenüber konventionellen Röntgenanlagen verkürzt wurden. Diese Weisung regelt den Umfang der Qualitätssicherung und wurde in Zusammenarbeit mit dem IRA Lausanne, der Abteilung Radiologische Physik des Universitätsspitals Basel sowie Vertretern der Röntgenindustrie erarbeitet resp. bereinigt und konnte Ende Jahr in Kraft gesetzt werden.

Obwohl bei CT relativ viele herstellereinspezifische Tests zur Anwendung kommen, wurde versucht, mittels dieser Weisung eine möglichst weitgehende Vereinheitlichung der Qualitätssicherung zu erreichen. Dieses Anliegen wurde unterstützt durch den unterdessen fortgeschrittenen Stand der international harmonisierten Normen, insbesondere derjenigen der IEC.

### Weisung Röntgentherapieanlagen

Die BAG-Weisung R-08-09 legt den Umfang sowie die Zuständigkeiten für die Qualitätssicherung bei Röntgentherapieanlagen fest. Sie ist in Zusammenarbeit mit der Abteilung Radiologische Physik des Universitätsspi-

tals Basel erarbeitet worden und konnte anfangs Jahr in Kraft gesetzt werden. Die Anzahl der in der Schweiz noch betriebenen Röntgentherapieanlagen ist mit 46 zwar nicht sehr gross, deren Überprüfung jedoch nicht weniger wichtig, weil damit eben therapeutische, also relativ hohe Dosen an Patienten appliziert werden.

Speziell bei dieser Kategorie von Röntgenanlagen ist die in der Strahlenschutzverordnung geforderte Überprüfung der sicherheitsrelevanten und dosisbestimmenden Elemente durch einen Medizinphysiker erforderlich. Dies bedeutet eine Aufteilung der Arbeiten zwischen der Röntgenfachfirma, welche die Wartung der Anlage sowie einen Teil der Zustandsprüfung durchführt, und dem Medizinphysiker, der für den dosisrelevanten Teil der Zustandsprüfung zuständig ist. Es ist deshalb eine gute Koordination zwischen den beteiligten Stellen notwendig.

### Nuklearmedizin

Nach der Ausarbeitung und Einführung der BAG-Weisung L-09-04, welche die Qualitätssicherung bei nuklearmedizinischen Untersuchungsgeräten regelt, werden nun auch die Prüfparameter für PET-Scanner (Fig. 13) innerhalb einer Arbeitsgruppe des BAG, bestehend aus Fachpersonen aus Medizin und Industrie, erarbeitet. Dies ist umso wichtiger, als in diesem Bereich zurzeit viele neue Anlagen installiert und in Betrieb genommen werden. Das BAG hat zur Umsetzung der diagnostischen Referenzwerte in der Nuklearmedizin, welche anlässlich einer schweizweiten Erhebung ermittelt und festgelegt wurden, die Weisung L-08-01 in Kraft gesetzt. Diese hat zum Ziel, den verantwortlichen Personen ein einfaches Mittel zur Beurteilung der eigenen Praxis sowie zur Optimierung bei spezifischen Strahlenanwendungen zur Verfügung zu stellen.



Fig. 13: PET-Scanner

### Ausbildung

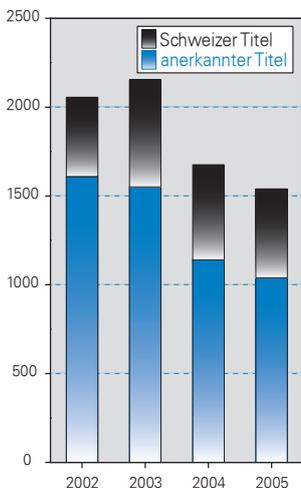
Alle Personen, die ionisierende Strahlen anwenden, zum Beispiel indem sie Röntgenaufnahmen machen, müssen eine Ausbildung im Strahlenschutz absolvieren. In den Bereichen Medizin, Lehre und Forschung ist das BAG zuständig für die Aufsicht und die Überprüfung der Qualität einer Ausbildung. Für die Umsetzung der Anforderungen arbeitet das BAG eng mit den betroffenen Fachgesellschaften wie der Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte (FMH), der Schweizerischen Zahnärzte-Gesellschaft (SSO) usw., Berufsverbänden, Schulen und Aufsichtsorganen wie dem Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT) oder dem Schweizerischen Roten Kreuz (SRK) zusammen. Strahlenschutzausbildungen sind mittlerweile weitgehend in die Aus- oder Weiterbildungsprogramme der jeweiligen Berufsgruppen integriert, so dass in der Regel mit einem in der Schweiz erworbenen Diplom oder Weiterbildungstitel auch ausreichende Kenntnisse im Strahlenschutz gewährleistet sind.

Kontrovers beurteilt wird in diesem Zusammenhang die Ausbildung von medizinischen Praxisassistentinnen im dosisintensiven Röntgen, bei der eine ausreichende praktische Ausbildung im Rahmen der Berufsausbildung nicht gewährleistet und daher eine Zusatzausbildung erforderlich ist. Während es bisher nur zwei Weiterbildungsstätten mit einer Anerkennung für eine Ausbildung in dosisintensivem Röntgen gab, konnten in kurzer Zeit die Kapazitäten für eine Weiterbildung stark ausgebaut werden: In diesem Jahr wurden bereits drei Schulen neu anerkannt, ein Anerkennungsgesuch ist hängig, zwei weitere wurden angekündigt. Dentalhygienikerinnen möchten eine eigene Röntgenanlage betreiben und unter eigener Verantwortung Röntgenaufnahmen durchführen, was ihnen bei der gegenwärtigen Gesetzgebung nur unter der Verantwortung einer Zahnärztin oder eines Zahnarztes erlaubt ist. Diese Regelung ist aus Sicht des BAG notwendig, da Dentalhygienikerinnen keine Kompetenzen für gewisse medizinische Aspekte einer Röntgenuntersuchung haben, welche die Indikationsstellung und Befundung umfassen. Dementsprechend wurde in diesem Jahr eine Anfrage des Berufsverbands für Dentalhygienikerinnen abgelehnt, eine Strahlenschutzausbildung auszuarbeiten, welche ihnen den eigenständigen Betrieb einer Röntgenanlage erlaubt hätte. Diese Sichtweise ist auch in der Antwort des Bundesrats vom 23. November 2005 auf eine entsprechende parlamentarische Anfrage festgehalten.

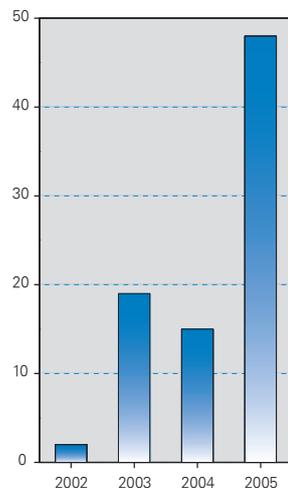
Seitdem die Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung 1998 in Kraft gesetzt wurde, haben sich die Rahmenbedingungen teilweise stark verändert. Das neue Berufsbildungsgesetz von 2002 bedingt bis Ende 2007 eine

Anpassung sämtlicher durch dieses geregelten Berufsausbildungen. Darunter fallen mehrere, die auch eine Röntgentätigkeit umfassen oder die Voraussetzung bieten, eine Weiterbildung für die Anwendung ionisierender Strahlen zu machen. Wichtige Punkte im neuen Berufsbildungsgesetz sind die Förderung der Durchlässigkeit zwischen einzelnen Berufen. Ausserdem sollen Kenntnisse, die ausserhalb eines üblichen Bildungsgangs erworben wurden, stärker berücksichtigt werden. Diese Änderungen müssen auch in der Strahlenschutz Ausbildung berücksichtigt werden und erfordern entsprechende Anpassungen. In Zusammenarbeit mit dem BBT und den Berufsorganisationen haben in diesem Jahr für die Berufsausbildung von tier- und humanmedizinischen Praxisassistentinnen Abklärungen stattgefunden, um die Strahlenschutz Ausbildung angemessen umzusetzen.

Seit den bilateralen Abkommen von 2002 zwischen der Schweiz und den EU-Mitgliedsländern über den freien Personenverkehr ist eine starke Zunahme von Gesuchen für die Anerkennung einer im Ausland absolvierten Ausbildung festzustellen (Fig. 14). Insgesamt wurden bis Ende November 2005 im Ausland absolvierte Strahlenschutz Ausbildungen von 86 Ärzten (Fig. 15) und von 107 Zahnärzten anerkannt.



**Fig. 14: Anzahl durch das BAG anerkannter Weiterbildungstitel**



**Fig. 15: Anerkennung Strahlenschutz Ausbildungen von ausländischen Ärzten**

Strahlenschutz Ausbildungen sind international nicht harmonisiert und die Anerkennung von Abschlüssen ist nicht über Staatsverträge geregelt, so dass für die Abklärung der Gleichwertigkeit jedes Gesuch individuell in Bezug auf Umfang und Inhalt der Ausbildung beurteilt werden muss. Dies erfordert einen grossen Zeitaufwand für die Evaluation und stellt hohe Anforderungen in Bezug auf die Kenntnisse der spezifischen nationalen Konzepte der EU-Mitgliedsländer für eine Strahlenschutz Ausbildung. Um ein Netzwerk von internationalen Kontakten aufzu-

bauen und Lösungsansätze für gemeinsame Probleme zu finden, haben wir uns aktiv an der International Conference on Education and Training in Radiological Protection (ETRAP) 2005 in Brüssel beteiligt.

### Radiopharmazeutika

Die heute zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten auf dem Gebiet der Radiopharmazie haben zur Entwicklung einer neuen Generation von Radiopharmazeutika geführt. Da jedoch die Zulassungsverfahren für diese sehr vielfältigen Nischenprodukte nicht adäquat sind, werden jedes Jahr mehr Radiopharmazeutika mit Sonderbewilligung oder im Rahmen von klinischen Studien angewendet. So hat sich die Anzahl von 153 der im Berichtsjahr eingegangener Gesuche für Sonderbewilligungen von nicht zugelassenen Radiopharmazeutika gegenüber dem Vorjahr nahezu verdoppelt. Dies ist eine Zunahme um mehr als 400% innerhalb der letzten vier Jahre. Es wurden 22 verschiedene Präparate mit zehn verschiedenen Radionukliden beantragt. Die 99mTechnetium-Kits betrafen nur noch 10% der Fälle. In 70% der Gesuche ging es um eine Sonderbewilligung für PET-Produkte und 12% der Gesuche bezogen sich auf  $\beta$ -Strahler.

Zur Einreichung von Gesuchen für klinische Studien mit radioaktiv markierten Stoffen oder mit Radiopharmazeutika wurde ein Gesuchsformular erstellt, das seit August 2005 auf der Homepage zur Verfügung steht. Verglichen mit dem Vorjahr wurden fast 20% mehr Gesuche für klinische Studien bearbeitet und bewilligt, nämlich 32. Die Diversität der verwendeten Nuklide und Präparate war gross. Auf die 32 Studien verteilten sich 24 verschiedene Radiopharmazeutika, wovon drei Viertel nicht zugelassen waren. Auch hier kamen die PET-Produkte mit 55% am häufigsten zum Einsatz. Die 99mTechnetium-Kits wurden lediglich in 14% der Fälle verwendet. Die effektive Dosis innerhalb der Studien hat eine steigende Tendenz und liegt bei den diagnostischen und physiologischen Untersuchungen meist im dosisintensiven Bereich, so dass für die gesunden Probanden häufig eine Dosiserhöhung auf 5 mSv bewilligt werden musste. In einem Viertel der Studien wurden therapeutische Präparate erprobt.

Wie jedes Jahr wurde im Rahmen der Marktüberwachung die Qualität von drei Radiopharmazeutika überprüft. Ein besonderes Augenmerk wurde diesmal auf die 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 zwölf Registrierungsgesuche, wovon die Hälfte therapeutische

Präparate betraf. In fünf Dossiers wurden PET-Substanzen beurteilt.

### Grossanlagen

#### Strahlenschutz am CERN

Das Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN) 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 gegenwärtig im Bau ist und 2007 in Betrieb gehen soll, wird zum leistungsstärksten Teilchenbeschleuniger der Welt, aber auch zur Anlage mit den intensivsten Strahlen.

Vier Grosseexperimente, ATLAS (Fig. 16), CMS, ALICE und LHCb, werden die Strahlenkollisionen des LHC untersuchen. 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.

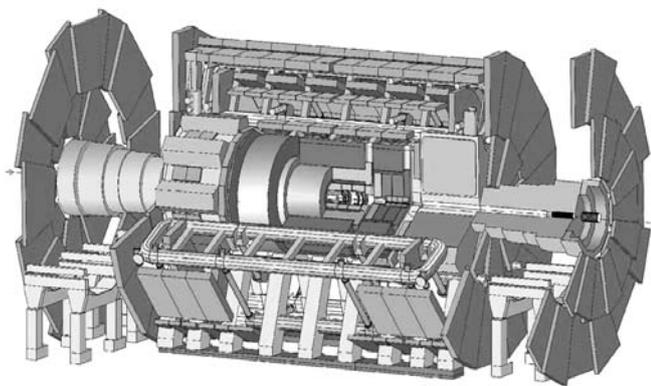


Fig. 16: ATLAS Detektor

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 Programm 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 bestimmen 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» – die ersten Messungen wurden im Herbst 2005 vorgenommen – fliessen 2006 in einen ersten Zwischenbericht ein.

#### Strahlenschutz am PSI

Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen (AG) ist eines der grossen Forschungszentren für die Naturwissenschaften und das Ingenieurwesen in der Schweiz. Alle Installationen, die ionisierende Strahlung erzeugen, sowie alle Laboratorien des PSI, in denen mit Radioaktivität gearbeitet wird, stehen – mit Ausnahme der Kernanlagen – unter der Aufsicht des BAG.

Mehrere Projekte werden vom BAG begleitet, darunter insbesondere das Projekt PROSCAN (Betriebsbewilligung 2004) mit einem neuen Protonenbeschleuniger für medizinische Zwecke zur Tumorthherapie. Im April 2005 wurde der erste Protonenstrahl erzeugt und zugleich ging der Bau von Strahllinien und Experimentierarealen weiter. Das Projekt MEGAPIE (Betriebsbewilligung 2004), bei dem man zur Gewinnung von Neutronen ein neues Flüssigmetall-Target mit einem Protonenstrahl aus der SINQ-Anlage beschiesst, wurde ebenfalls weiter entwickelt (Fig. 17). Während des Berichtsjahres konnten der Zusammenbau des neuen Targets, die inaktive Inbetriebnahme und Vorläufertests realisiert werden. Für das Projekt Ultra Cold Neutrons (UCN), einer neuen Installation zur Herstellung von ultrakalten Neutronen mittels eines Protonenstrahlstroms, hat das BAG eine Evaluation des Sicherheitsberichts erstellt. Die Bauarbeiten für die Abschirmvorrichtungen und für weitere Elemente haben im Berichtsjahr begonnen. Zwischen den drei Projektteams und dem BAG fanden mehrere Diskussionen statt. Das BAG prüfte den Fortgang der Arbeiten mit einigen Inspektionen und Audits, wobei jene Bauetappen und Inbetriebnahmen besondere Berücksichtigung fanden, die für den Strahlenschutz relevant sind.

Die höchsten Dosen wurden für die Mitarbeitenden des PSI während des jährlichen Shutdowns registriert, der von Anfang Januar bis Ende März 2005 erfolgte. Während dieses Zeitraums werden die meisten Installationen still gelegt, um Unterhalts-, Reparatur- und Verbesserungsarbeiten vorzunehmen. Das PSI analysiert vorgängig die Situation und bereitet einen Strahlenschutzplan vor, um den Ablauf der Arbeiten zu optimieren und die resultierenden Strahlendosen für das Personal möglichst klein zu halten. Beim Shutdown des vergangenen Jahres wurde eine Kollektivdosis von 75.3 Personen-mSv für

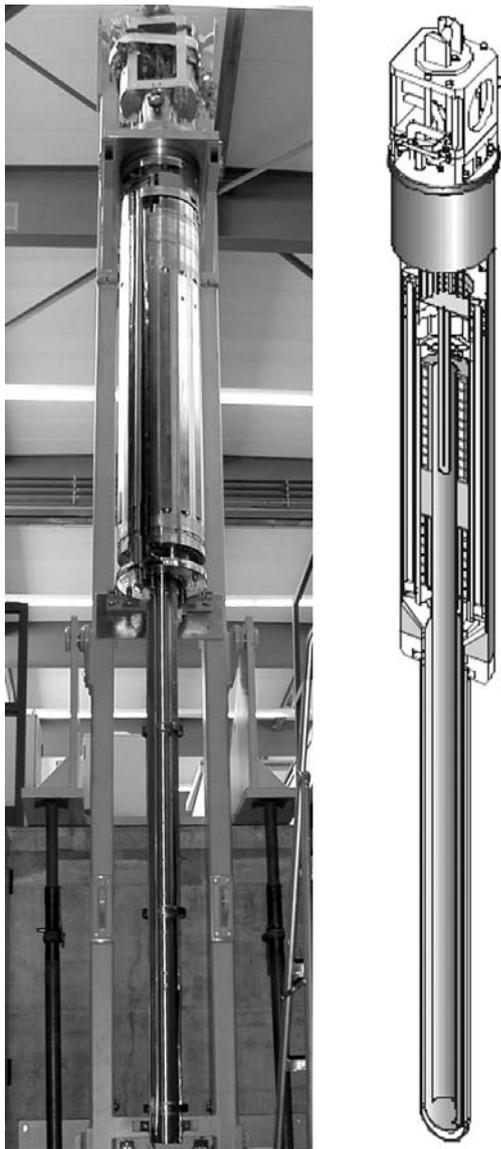


Fig. 17: MEGAPIE Target

die Gesamtheit der Arbeiten gemessen

Bei der Stilllegung von kontrollierten Zonen und der Entsorgung von inaktiven Abfällen aus einer kontrollierten Zone wurden verschiedene Inspektionen und Kontrollen durchgeführt; das BAG erteilte in diesem Zusammenhang mehr als fünfzehn Bewilligungen. Rund 200 Tonnen Material, in der Hauptsache Beton, Metall, PVC und Holz, wurden kontrolliert und auf konventionelle Weise entsorgt.

Das PSI und das BAG als Aufsichtsbehörde führen regelmässig Messungen durch um zu gewährleisten, dass Emissions- und Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden und auch die entsprechenden Grenzwerte für die direkte Strahlung eingehalten sind. Es gibt zudem Schwellenwerte, bei deren Überschreiten das PSI der Aufsichtsbehörde Mitteilung erstatten muss. Die jährliche Höchstdosis von 20 mSv wurde in keinem Fall

erreicht. Im Berichtsjahr zeigen alle Messungen, dass die Grenzwerte am PSI eingehalten werden; das BAG hat bei seinen Inspektionen keine Verstösse gegen die gültigen Gesetze und Verordnungen festgestellt.

## Radioaktive Abfälle und Altlasten

### Sammelaktion

Wiederum wurde in diesem Jahr in Zusammenarbeit mit der Sammelstelle des Bundes eine Sammelaktion für radioaktive Abfälle durchgeführt. Im Gegensatz zu den Vorjahren fand diese erst im Herbst 2005 statt. Insgesamt haben 28 Betriebe ein Volumen von 2 m<sup>3</sup> abgegeben. Davon wurden etwa 0.8 m<sup>3</sup> vorkonditioniert abgeliefert. Im Vergleich zu den Vorjahren ist die Abfallmenge etwa halb so gross, da ein Betrieb mit jeweils bedeutenden Abfallmengen dieses Jahr nichts ablieferte.

Die abgegebene  $\beta/\gamma$ -Aktivität betrug 949'000 GBq, wobei es sich vorwiegend um Tritium handelte. Diese Aktivität ist gleich wie in den Vorjahren und stammte aus der Herstellung von Tritiumleuchtquellen in der Leuchtfarbenindustrie.

### Unterstützung der Betriebe bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle

Um eine korrekte Verpackung und Anmeldung der radioaktiven Abfälle zu gewährleisten, wurden einige Betriebe bei der Bewältigung von grösseren Entsorgungsaktionen durch Spezialisten des BAG unterstützt. Damit bei der Entsorgung von Kleinmengen radioaktiver Abfälle (unter 1 l Volumen) der Aufwand der Betriebe nicht unverhältnismässig hoch wird, nehmen die Inspektoren anlässlich ihrer Betriebsbesuche solche Strahlenquellen entgegen und melden diese zur Sammelaktion an. Durch dieses pragmatische Vorgehen wird vermieden, dass nicht mehr verwendete Strahlenquellen weiter zwischengelagert oder sogar auf illegale Weise entsorgt werden.

### Entsorgung einer uran- und thoriumhaltigen Gesteinsammlung

Ein Universitätsinstitut besass seit mehreren Jahren eine beträchtliche Sammlung uran- und thoriumhaltiger Gesteinsproben (Fig. 18). Anlässlich der fälligen Bewilligungserneuerung für die Lagerung der Sammlung hatte die Institutsleitung beschlossen, diese zu liquidieren. Das BAG stellte aufgrund einer Abklärung fest, dass die Radioaktivität des natürlichen Materials unterhalb des Geltungsbereichs der Strahlenschutzverordnung lag (<40 kBq/kg) und somit wie inaktives Material entsorgt werden konnte. Im Sinne des Strahlenschutzes muss bei einer konventionellen Entsorgung jedoch gewähr-



**Fig. 18: Gesteinsproben**

leistet sein, dass niemand durch ionisierende Strahlung gefährdet wird. In Absprache mit der kantonalen Behörde konnte ein geeigneter Entsorgungsstandort evaluiert und das Gesteinsmaterial unter Aufsicht des BAG sicher deponiert werden.

### **Mirage-Liquidation**

Im Rahmen der Liquidation der Mirage-Flugzeuge (Fig. 19), bei welchen aufgrund spezieller materialtechnischer Anforderungen thoriumhaltige, leicht radioaktive Metalllegierungen verwendet worden waren, konnte die arma suisse sämtliche Flugzeuge einer Weiterverwendung zuführen. Einige Flugzeuge wurden zu Ausstellungszwecken an Museen im In- und Ausland abgegeben, womit



**Fig. 19: Mirage-Flugzeuge**

sie der Nachwelt erhalten bleiben. Der restliche Bestand wurde mitsamt Ersatztriebwerken zur Wiederverwendung an den Hersteller in Frankreich retourniert. Somit entfällt die noch im Jahre 2004 vorgesehene Zwischenlagerung der thoriumhaltigen Metallbestandteile und eine Entsorgung als radioaktiver Abfall in der Schweiz.

## **Beurteilung**

Das BAG stellt fest, dass in den Anwenderbetrieben ionisierender Strahlung dem Strahlenschutz die nötige Aufmerksamkeit zukommt. Diese wird unterstützt durch Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten der Aufsichtsbehörden. Seit der Einführung obligatorischer Wartungen mit Zustandsprüfungen bei medizinischen Röntgenanlagen im Jahr 1995 konnte der technische Zustand der Anlagen auf ein hohes Niveau gesetzt und gehalten werden. Nicht zuletzt als Folge der vom BAG vor Ort stichprobenweise durchgeführten Inspektionen und Audits kann der Strahlenschutz in medizinischen Betrieben als gut beurteilt werden, insbesondere im Hinblick auf den Schutz der Patientinnen und Patienten. Verbesserungsmöglichkeiten 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.

# Radon: jährlich 240 Lungenkrebstote

## Zusammenfassung

Das radioaktive Edelgas Radon verursacht in der Schweiz jährlich 240 Lungenkrebstote. Dies belegt eine Studie der Hochschule Hannover, die die Sektion Radon des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) in Auftrag gegeben hat. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat Radon schon vor über zehn Jahren als erwiesenermassen krebserregend eingestuft. Es ist das wichtigste Kanzerogen im Wohnbereich. Radon ist national und international als Gesundheitsproblem anerkannt. So ist Radon z.B. im Nationalen Krebsprogramm für die Schweiz 2005–2010 unter dem Ziel «Weniger Menschen erkranken durch Umweltschadstoffe an Krebs» aufgeführt, und die WHO hat ein «International Radon Project» gestartet.

Das BAG hat sich zum Ziel gesetzt, die Spitzenbelastungen bis zum Jahr 2014 zu eliminieren und die Zahl der Todesfälle, die auf Radon zurückzuführen sind, langfristig zu halbieren. Zu diesem Zweck werden in Radongebieten flächendeckende Messkampagnen durchgeführt. Ausserdem will das BAG die Sensibilität der Betroffenen erhöhen, insbesondere im Zusammenhang mit Neu- und Umbauten. Dabei stehen die Ausbildung von Baufachleuten, die Information der Bevölkerung und die Zusammenarbeit mit den Kantonen im Vordergrund.

1994 wurde in der Schweiz das Strahlenschutzgesetz (StSG) und die Strahlenschutzverordnung (StSV) in Kraft gesetzt. Diese Erlasse stützen sich auf Erkenntnisse der International Commission on Radiological Protection (ICRP) und setzen deren Empfehlung ICRP-60 um. Die StSV gibt Bund und Kantonen Aufgaben im Bereich Radon.

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

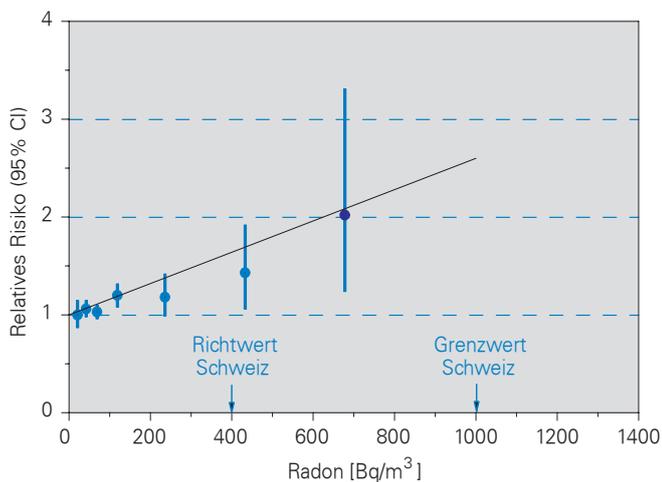
Zu den Aufgaben der Kantone gehören:

- Genügend Radon-Messungen 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

## Programmleitung

### Attributives Risiko

Radon und Radonfolgeprodukte stellen im Vergleich zu chemischen Krebserregern das mit Abstand grösste umweltbedingte Lungenkrebsrisiko dar. Hierfür liegt mittlerweile eine Vielzahl wissenschaftlicher Belege aus Studien bei Bergarbeitern und aus Untersuchungen in der Allgemeinbevölkerung vor. Aktuelle Forschungsergebnisse aus zwei grossen gemeinsamen Untersuchungen in Europa und den USA legen nahe, dass ein linearer Zusammenhang zwischen der kumulativen Exposition



**Fig. 20: Zunahme des relativen Risikos für Lungenkrebs durch Radon**

mit Radon (Fig. 20) und dem Lungenkrebsrisiko besteht. Besonders bemerkenswert ist ein Schwerpunkt bei kleinzelligen Tumoren.

Das BAG hat das Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung, WHO-Collaborating Centre, an der Tierärztlichen Hochschule Hannover beauftragt, die bevölkerungsattributablen Zahlen für die Schweiz zu ermitteln. Diese Studie beruht auf Forschungsergebnissen zum Radonrisiko in Innenräumen sowie auf Daten über die Radon-Exposition, die Sterblichkeit und das Rauchverhalten in der Schweiz. Die aktuellen Daten zur Radonsituation und zum Rauchverhalten in der Schweiz wurden durch das BAG, die Daten zur Sterblichkeit in der Schweiz vom Bundesamt für Statistik zur Verfügung gestellt. Basierend auf diesen Daten wurden damit unter der Nutzung des generellen WHO-Konzepts des «Global Burden of Disease» Modellrechnungen durchgeführt. Insgesamt erkranken in der Schweiz jedes Jahr ca. 2800 Männer und Frauen an Lungenkrebs. Bei einer mittleren häuslichen Radonbelastung von  $78 \text{ Bq/m}^3$  (arithmetischer Mittelwert der nach Stockwerk und Bevölkerungsstruktur gewichteten Radonexposition) lassen sich ungefähr 8.5% der Lungenkrebsfälle auf die Belastung mit Radon in Innenräumen zurückführen. Das entspricht jährlich rund 240 Lungenkrebsfällen. Die sehr unterschiedlichen durchschnittlichen Belastungen in den Kantonen führen in der regionalen Betrachtung auch zu einem stark unterschiedlichen bevölkerungsattributablen Risiko zwischen den Kantonen. Die insgesamt auf Radon zurückführbare Anzahl von Lungenkrebstodesfällen ist aber auch von der Bevölkerungszahl eines Kantons abhängig. Diese Berechnungen wurden durch Modifikation von (Modell-) Annahmen und durch Vergleich mit den Berechnungen in anderen Ländern validiert. Dadurch konnte abgeschätzt werden, dass die vorgelegten Analysen eher den unteren Bereich des durch Radon in Innenräumen verursachten

Lungenkrebsgeschehens in der Schweiz widerspiegeln. Die Berechnungen bestätigen insgesamt, dass Radon in Wohnungen den wichtigsten umweltbezogenen Risikofaktor für die Entstehung von Lungenkrebs in der Bevölkerung der Schweiz darstellt. Die Zahl der auf Radon zurückführbaren Todesfälle kann durch eine Senkung der mittleren Radonbelastung in den Häusern reduziert werden.

### Umsetzungskonzept 2005–2014

Nachdem im Jahr 2004 das bisherige Radon-Programm (1994–2004) evaluiert worden war, stand im Berichtsjahr das Motto «aus der Vergangenheit für die Zukunft lernen» im Vordergrund. Die Evaluation aus dem Vorjahr hatte neben zahlreichen positiven Aspekten auch sieben Punkte aufgezeigt, in denen Verbesserungen notwendig sind, um die für das Jahr 2014 gesetzten und verordneten Ziele auch tatsächlich zu erreichen. Auf der Grundlage dieser Verbesserungsvorschläge wurde ein neues Umsetzungskonzept (2005–2014) erarbeitet. Dieses legt die zu erreichenden Ober- und Hauptziele fest und formuliert für jedes Handlungsfeld geeignete Teilziele, Leistungsziele und Massnahmenpakete. Die neuen Handlungsfelder ergeben sich aus der Logik des Prozessvorgangs und heissen:

- Messung und Kartierung
- Bauvorschriften
- Baumassnahmen
- Ausbildung
- Kommunikation
- Programmleitung

Im Rahmen der beiden Oberziele soll das individuelle Radonrisiko in der Schweiz bis zum Jahr 2014 auf  $10^{-3}$  pro Jahr, das kollektive attributive Radonrisiko langfristig um 50% gesenkt werden. Das bedingt die Sanierung aller Gebäude mit Grenzwertüberschreitung sowie die Einhaltung einer Radonkonzentration von  $100 \text{ Bq/m}^3$  bei Neubauten.

Die Erreichung dieser Hauptziele hängt wiederum von der Erreichung der Teil- und Leistungsziele in den verschiedenen Handlungsfeldern ab. So müssen beispielsweise im Handlungsfeld Messung und Kartierung alle 80'000 Gebäude in den Radongebieten gemessen werden. Ohne diese Messungen lassen sich die Gebäude mit Grenzwertüberschreitungen gar nicht eruieren. Das Handlungsfeld Baumassnahmen ist dafür besorgt, dass alle Gebäude mit Grenzwertüberschreitungen bis 2014 korrekt saniert werden. Schätzungsweise 5000 Gebäude sind sanierungsbedürftig. Der Bereich Ausbildung muss dafür sorgen, dass in den einzelnen Regionen genügend qualifizierte Fachpersonen zur Verfügung stehen,

um Radonsanierungen durchzuführen und Präventionsmassnahmen zu ergreifen. Hauptmassnahme im Bereich Ausbildung ist deswegen die Konzipierung und Durchführungen von Aus- und Weiterbildung für Bau fachpersonen. Im Handlungsfeld Bauvorschriften sollen schliesslich regulative Normen geschaffen und eingeführt werden – insbesondere im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens. Denn nur so kann sichergestellt werden, dass die Radonproblematik bei Neubauten genügend berücksichtigt wird. Das Handlungsfeld Kommunikation unterstützt schliesslich alle anderen Handlungsfelder bei der Erreichung ihrer Ziele mit kommunikativen Begleitmassnahmen und sorgt dafür, dass die betroffene Bevölkerung die Radonproblematik ernst zu nehmen beginnt und danach handelt. Die Programmleitung koordiniert alle anderen Handlungsfelder und sorgt für die Planung, Führung und strategische Weiterentwicklung des Programms.

### Rechtsgutachten und Konsequenzen

Aufgrund unterschiedlicher Interpretationen der Artikel 110 bis 118 der Strahlenschutzverordnung (StSV) hat die Sektion Radon Hansjörg Seiler, Professor für öffentliches Recht an der Universität Luzern, mit der Begutachtung der relevanten Artikel der Strahlenschutzverordnung beauftragt.

Der Gutachter stellt zweifelsfrei fest, dass die Kantone in den Radongebieten verpflichtet sind, Messungen und Sanierungen zu verfügen und, falls notwendig, zu vollstrecken. Die Verordnung sieht bei Grenzwert- und Richtwertüberschreitungen keinen Ermessensspielraum vor. Auch die vermutete Ungleichbehandlung von Grenzwertüberschreitungen in Radon- und anderen Gebieten wurde bestätigt. Denn ausserhalb von Radongebieten besteht im Prinzip – trotz Grenzwertüberschreitung – keine Sanierungspflicht für selbstbewohnte Eigenheime. Diese Ungleichbehandlung soll in Zukunft behoben werden.

### 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.

Beim Sanierungsprogramm besteht die erste Phase in der Suche nach Gebäuden mit einer Überschreitung des Grenzwerts in Regionen mit erhöhten Radonkonzentrationen. Im Winter 2004/05 konzentrierten sich diese

Messungen hauptsächlich auf die Kantone Tessin und Bern, und im Winter 2005/06 haben grosse Messkampagnen in den Kantonen Tessin, Bern, Neuenburg, Jura und Graubünden begonnen. Der Kanton Tessin misst in der Agglomeration von Lugano rund 10'000 Gebäude, wobei die Abgabe von Dosimetern durch den Zivilschutz erfolgt. Dieser Kampagne sollen weitere Kampagnen folgen, damit alle Gemeinden des Kantons abgedeckt werden. Die Messkampagnen in den Kantonen Neuenburg und Bern erfolgen auf freiwilliger Basis; die Einwohnerinnen und Einwohner können sich auf der Gemeindebehörde ein Dosimeter besorgen.

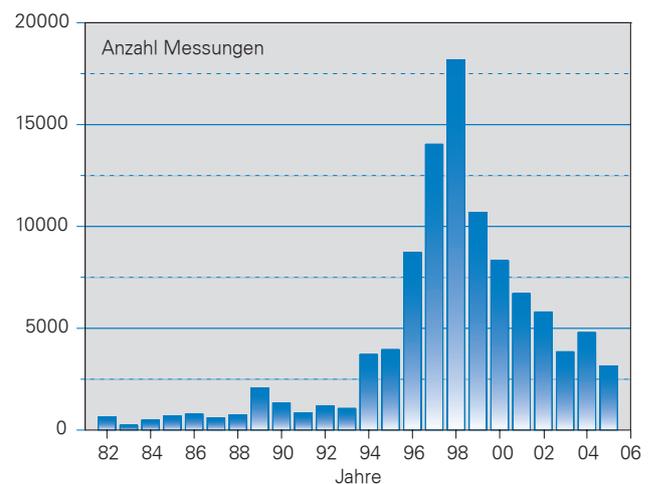
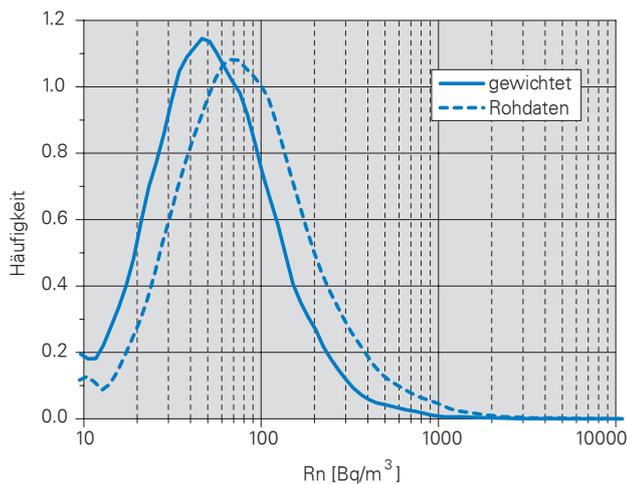


Fig. 21: Anzahl Messungen pro Jahr

Figur 21 zeigt die jährliche Anzahl der Radon-Messungen seit 1982. Die schweizerische Radon-Datenbank enthält zurzeit Daten aus rund 57'700 Häusern und mehr als 105'500 Messwerte, wovon rund 62'700 aus Messungen in bewohnten Räumen stammen. Eine neue zentrale Datenbank wird gegenwärtig erstellt: Sie entspricht den aktuellen Bedürfnissen und ist für autorisierte Personen mittels Benutzerzertifikat direkt via Internet zugänglich. Während der Übergangszeit steht den Kantonen eine korrigierte und verbesserte Version der alten Datenbank zur Verfügung.

### 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. 22). Das gewichtete arithmetische Mittel der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen beträgt  $78 \text{ Bq/m}^3$ . Aus der repräsentativen Summenhäufigkeitsverteilung (Fig. 23) lässt sich abschätzen, dass ca. 1-2% der Bevölkerung, also 70'000 bis 140'000 Personen, in Konzentrationen über  $400 \text{ Bq/m}^3$  leben; etwa 0.2%,



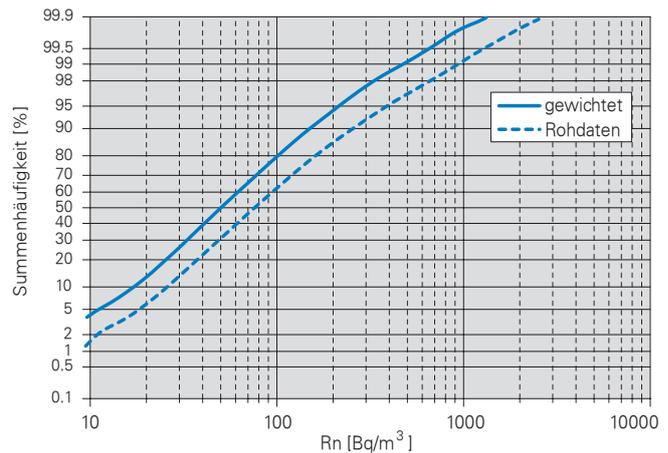
**Fig. 22: Verteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen**

also ca. 14'000 Personen, in Konzentrationen über 1000 Bq/m<sup>3</sup>. Denn in einigen tausend Häusern der Schweiz ist der Grenzwert für die Radongaskonzentration überschritten.

**Radonkarte**

Die Radonkarte basiert auf einer Einstufung, die von den Kantonen vorgenommen wird. Diese benutzen zu diesem Zweck eine Kartographie mit zwei oder drei Zonen:

- 2 Zonen: geringes bis mittleres und hohes Risiko
- 3 Zonen: geringes, mittleres und hohes Risiko

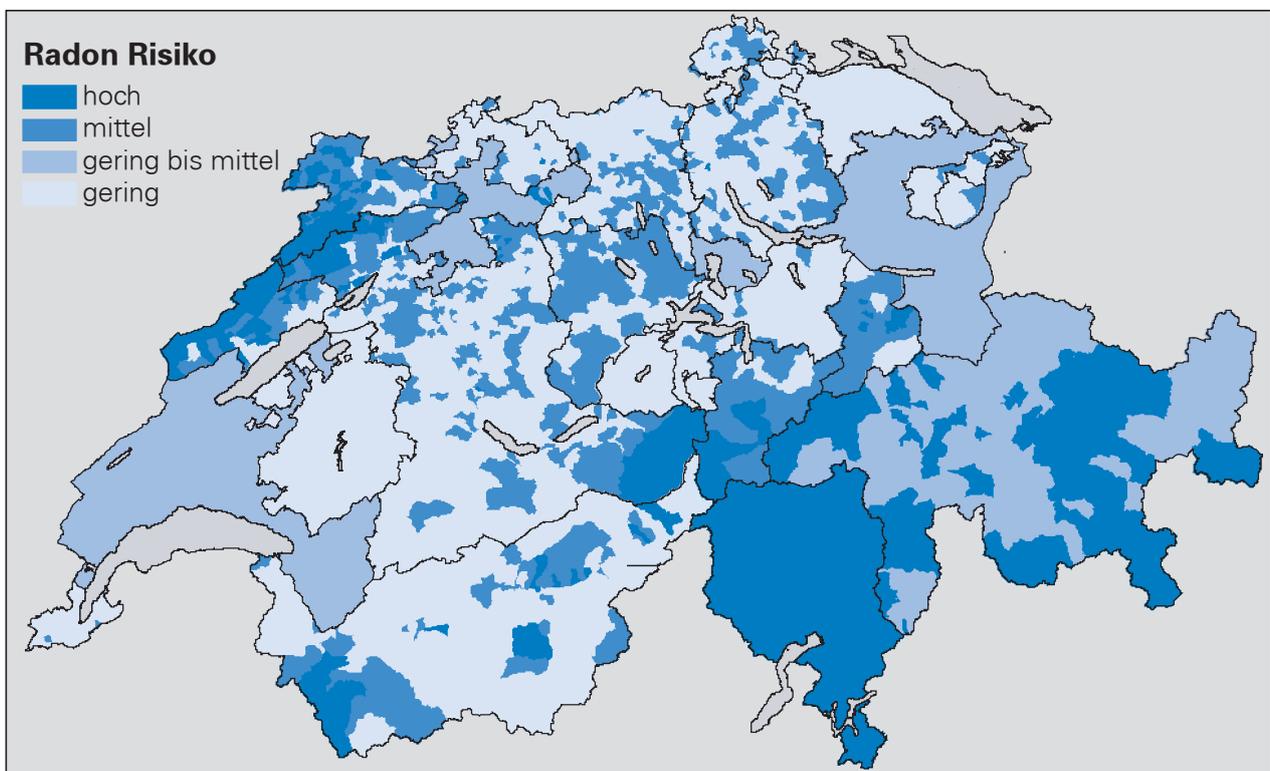


**Fig. 23: Summenhäufigkeitsverteilung der Radonkonzentrationen in bewohnten Räumen**

Eine Gemeinde mit einem hohen Radonrisiko entspricht einer Zone mit erhöhten Radonkonzentrationen im Sinne der Strahlenschutzverordnung. Die meisten Kantone verwenden das Kartographiesystem mit drei Zonen.

Die 2763 Gemeinden in der Schweiz sind alle klassiert. Die Radonkarte (Fig. 24) zeigt grössere Gebiete mit erhöhter Radongaskonzentration vorwiegend in den Alpen- und Juraregionen. Es gibt aber auch im Mittelland vereinzelt erhöhte Konzentrationen.

Bis heute sind rund 2400 Richtwert- und 760 Grenz-



**Fig. 24: Radonkarte der Schweiz. Stand Januar 2006; L+T, Geostat**

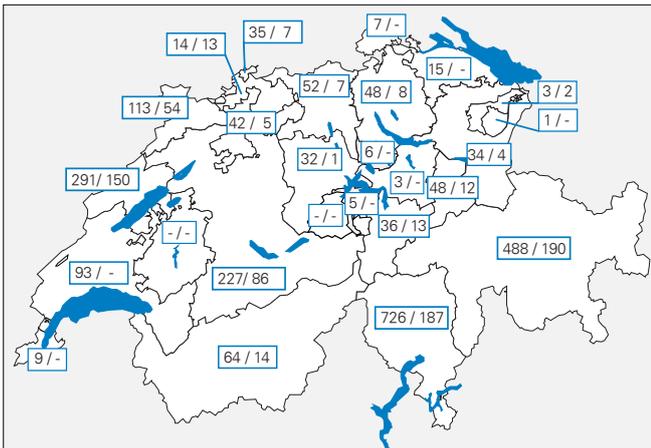


Fig. 25: Anzahl Richt- und Grenzwertüberschreitungen nach Kanton. Stand: Januar 2006; L+T, Geostat

wertüberschreitungen bekannt. In Fig. 25 ist die Anzahl bekannter Richtwert- und Grenzwertüberschreitungen nach Kanton angegeben.

### 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 auf die ganze Schweiz angewendet werden.

### Baumassnahmen und -vorschriften

#### Verbesserung einer Sanierung

Sanierungen lassen sich in zwei Hauptkategorien einteilen: Sie erfolgen mit passiven oder mit aktiven Systemen. Im folgenden Beispiel geht es um ein Lokal, das auf einem Hohlraum errichtet wurde. Die vom Architekten gewählte Methode zur Senkung der Radonkonzentration (passive Methode) bestand in der Anbringung von fünf Öffnungen in den Mauern des Hohlraums. Damit werden eine natürliche Lüfterneuerung und gleichzeitig eine Senkung der Radonkonzentration erreicht. Als Baumaterial zwischen Hohlraum und dem Lokal wurden vorfabrizierte Platten verwendet, sogenannte Hourdis-Tonhohlplatten mit Metallprofilen. Diese Bauweise zeichnet sich durch eine hohe Luftdurchlässigkeit aus.

Kontrollmessungen der Radonkonzentration während dreier Monate nach der ersten Sanierung: Hohlraum  $4430 \text{ Bq/m}^3$ , Lokal im Erdgeschoss  $630 \text{ Bq/m}^3$ . Da das Ergebnis über dem Richtwert von  $400 \text{ Bq/m}^3$  lag, wurde zur Systemverbesserung ein Test mit einem Aktivsystem durchgeführt. Ein Ventilator stellt im Hohlraum einen Unterdruck her, die vier anderen Öffnungen wurden abgedichtet.

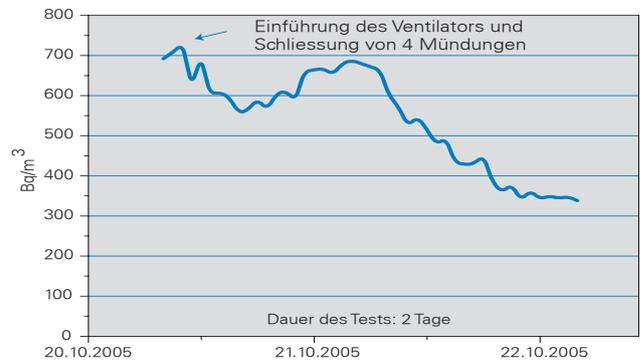


Fig. 26: Reduktion der Radonkonzentration mittels Ventilator

Ergebnis nach zwei Tagen (Fig. 26): Die Radonkonzentration in den Räumlichkeiten sank um die Hälfte. Das System wurde definitiv installiert und zur Zeit läuft eine dreimonatige Radonmessung. Die Kosten der ersten Sanierung (passive Sanierung) betrugen CHF 4500.–. Die Kosten der leistungsfähigeren Aktivsanierung lagen bei CHF 1000.–. Die Stromkosten für den installierten Ventilator belaufen sich auf rund 10 Rappen pro Tag.

### Radoninfiltration

Zur Untersuchung der Auswirkungen und Schäden von Überdruck in Gebäuden (Fig. 27) wurde der Hochschule für Technik und Architektur (HTA) Horw ein Auftrag erteilt. Der detaillierte Bericht ist auf der Radon-Website [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) publiziert. Hier einige Elemente daraus:

Alle Bauelemente, die in Kontakt mit dem Fussboden stehen, können eine gewisse Menge Luft mit entsprechenden Bestandteilen wie Feuchtigkeit, Radon usw. durchdringen lassen. Die Menge der infiltrierten Luft

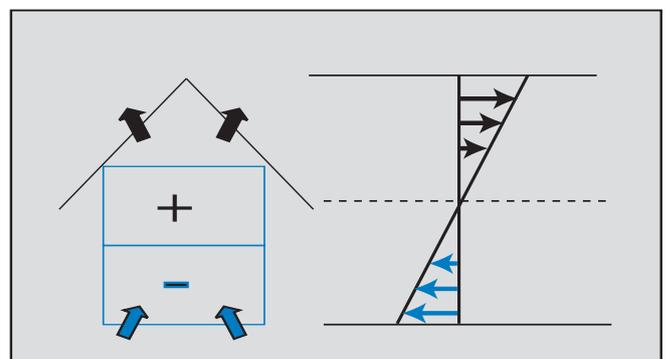


Fig. 27: Druckverteilung im Gebäude

hängt vom Druckunterschied zwischen Gebäudeinnern und Untergrund ab. Dieser Unterschied ist eine natürliche Folge des Kamineffekts; hinzu kommen weitere Faktoren wie mechanische Lüftung und Heizsysteme mit Brennstoffen.

Mit einer Verminderung des Unterdrucks im Gebäudeinnern lassen sich die Radoninfiltrationen erheblich senken. Dies geschieht mittels Ausgleichselementen zur Senkung des Unterdrucks. Die Elemente können in Wänden und Fenstern angebracht werden, oder eine mechanische Belüftung sorgt für eine Senkung des Unterdrucks durch Zufuhr von Aussenluft (mit einem System zum Vorheizen der Luft im Winter). Ebenso sollten Heizungen und Cheminées mit Frischluftzuleitungen ausgerüstet werden. Jeder Baumeister sollte diese Art von Installation für jedes neue Gebäude und bei jedem wichtigen Umbau fordern.

### Hochbelastetes Gebäude im Tessin saniert

In einem Gebäude der Tessiner Gemeinde Cadro wurden sehr hohe Radonkonzentrationen ermittelt. Spitzenwerte im Keller erreichten  $54'000 \text{ Bq/m}^3$ , im Mittel lagen sie bei  $38'000 \text{ Bq/m}^3$  (Fig. 28). Im 1. Stock wurden im Mittel  $1200 \text{ Bq/m}^3$  gemessen; im 3. Stock  $300 \text{ Bq/m}^3$ .

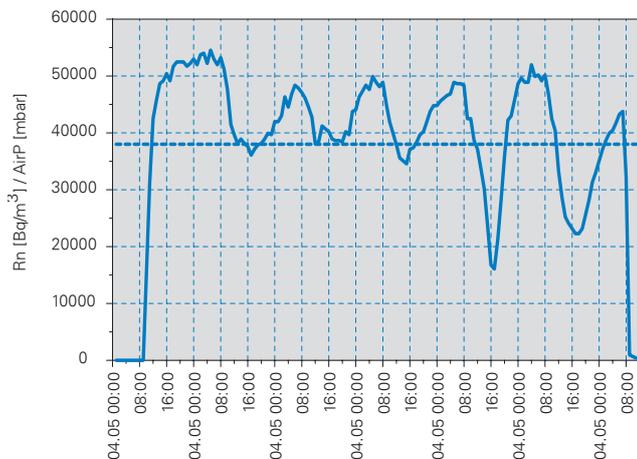


Fig. 28: Radon-Konzentration vor der Sanierung

Zur Reduktion der RadonGehalte wurde ein Radon-Brunnen installiert. Die radonhaltige Luft wird mit einem 60-W-Ventilator abgesaugt und durch eine Rohrleitung oberhalb des Hauses weggeblasen. Die Kontrollmessungen ergaben  $200 \text{ Bq/m}^3$  im 1. und  $160 \text{ Bq/m}^3$  im 3. Stock. Fazit – eine erfolgreiche Sanierung.

## Ausbildung

Gemäss Umsetzungskonzept 2005–2014 soll das Handlungsfeld Ausbildung erreichen, dass die Thematik Radon bei der Ausbildung von Fachleuten angemessen berücksichtigt wird. Dabei werden Kursangebote in allen drei Sprachregionen gefördert. Es sollen genügend Fachleute mit Radonkenntnissen zur Verfügung stehen, um Gebäude fachgerecht zu sanieren.

### Bildungsverordnungen

Mit dem Inkrafttreten des neuen Berufsbildungsgesetzes (Januar 2004) müssen alle Bildungsverordnungen angepasst werden. Bei allen Berufen, die mit dem Bauen zu tun haben, soll Radon Bestandteil der Ausbildung werden. Dazu wurde ein Musterverordnungstext erarbeitet, der in die entsprechenden Verordnungen aufgenommen werden soll. Bei diesem Anliegen wird das BAG vom Bundesamt für Bildung und Technologie (BBT) unterstützt.

Für 43 Berufe der Baubranche erachtet das BAG Radon als wichtiges Unterrichtsthema. Dazu gehören z.B. Bauzeichner, Lüftungsanlagebauer, Hochbauzeichner, Bauisoleure, Elektrozeichner und Haustechnikplaner.

## Kommunikation

### Konzept und erste Massnahmen

Um eine zielorientierte und strategisch fundierte Kommunikationsarbeit sicherzustellen, hat eine aus internen und externen Fachpersonen bestehende Steuerungsgruppe ein Kommunikationskonzept entwickelt. Aufgrund der beschränkten Ressourcen müssen die Kräfte konzentriert und hauptsächlich zur Unterstützung der Aktivitäten in den anderen Handlungsfeldern eingesetzt werden. Des Weiteren wurden zielgruppenspezifische Massnahmen formuliert. So sollen – vorerst im Rahmen eines regional beschränkten Pilotprojekts – alle Bauherrschaften während des Baubewilligungsverfahrens genau auf sie abgestimmte Informationen zum Thema Radon erhalten. Denn nur wenn möglichst viele Bauherrschaften Präventionsmassnahmen ergreifen, kann auch das kollektive attributive Radonrisiko langfristig gesenkt werden. Des Weiteren gilt es, bei Verbänden Mitstreiter zu gewinnen und sie als Multiplikatoren einzusetzen.

### Artecasa: Grosses Interesse an Radon

Die Gewerbeausstellung Artecasa in Lugano fand Mitte Oktober statt und markierte den Beginn der flächendeckenden Messkampagnen im Kanton Tessin. Die flankierende Medienarbeit (Fig. 29) des Tessiner Kantonsla-

**435** Visitato allo stand n°

## Attenzione il radon causa il cancro ai polmoni!

**Il radon causa il cancro ai polmoni**  
Dopo il fumo, il radon è la seconda causa scatenante del cancro ai polmoni.

**Il radon s'infiltra negli edifici dal sottosuolo**

**Ogni edificio è diverso dall'altro**  
Persino abitazioni vicine e costruite in maniera analoga possono presentare una diversa concentrazione di radon.

**Il Ticino è un'area ad elevata concentrazione di radon**  
Tutto il territorio del Cantone Ticino, unitamente ad altre regioni della Svizzera, è stato classificato area ad elevata concentrazione di radon.

**Il radon può essere misurato**  
Una misurazione del radon permette di conoscere con sicurezza la concentrazione di radon presente nella vostra casa. Nei prossimi anni in Ticino saranno effettuate campagne di misurazione di ampia portata.

**Provvedimenti di tipo edilizio risolvono il problema del radon**

**Azione Artecasa, misurazioni radon a metà prezzo: 30.- Fr. Approfittatene!**

Repubblica del Cantone Ticino  
Dipartimento della sanità e della sicurezza  
Divisione della sanità pubblica  
Laboratorio radon

Via Miravalle 22, 6000 Bellinzona  
Tel. 091 914 61 11 - Fax 091 914 61 19  
E-mail: info.radon@ti.ch

Ufficio federale della sanità pubblica  
CH-3003 Berna  
Tel. 021 264 80 80 - Fax 021 312 83 83  
E-mail: radon@swissradon.ch  
Internet: www.ch-radon.ch

Fig. 29: Anzeige in der Broschüre von Artecasa

boratoriums rückte das Thema Radon für einige Woche ins Zentrum des Medieninteresses. Entsprechend gross war auch die Zahl der Ratsuchenden am gemeinsamen Stand der Sektion Radon und des Kantonslaboratoriums.

### Mediengespräch: Grosses Echo

Das Mediengespräch vom 21. November 2005 zum attributiven Radonrisiko fand ein grosses Echo. In den darauf folgenden Tagen berichteten die elektronischen Medien insgesamt 47 Mal über Radon; in den Printmedien wurde das Radonproblem über 300 Mal thematisiert. Die Sektion Radon erhielt während Wochen hunderte von E-Mail-Anfragen und Telefonaten. Auch viele Kantone verzeichneten eine Zunahme der Anfragen. Die Nachfrage nach Dosimetern nahm derart zu, dass es zu kurzfristigen Lieferengpässen kam.

### Internet: Häufig beanspruchter Dienst

Die Anzahl Besuche auf der Website [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) steht in direktem Zusammenhang mit der Berichterstattung zum Thema Radon in den Medien (Figur 30). Die Spitze im Januar geht auf einen Artikel im «Beobachter» zurück. Nach dem Mediengespräch vom 21. November 2005 besuchten nahezu 18'000 Personen die Radon-Website. Die Suchfunktion nach Gemeinden ist eine der am häufigsten aufgerufenen Seiten.

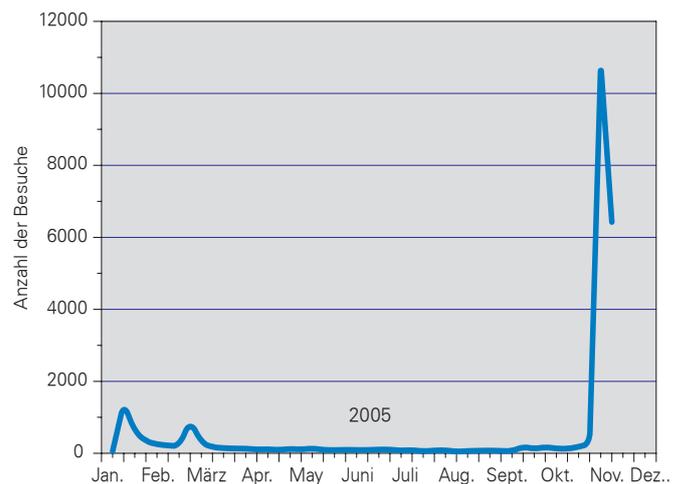


Fig. 30: Anzahl der Besuche der Internet-Adresse pro Woche

### Informationsabende für die Bevölkerung

Im Rahmen der Radonmesskampagnen werden zahlreiche Informationsabende für die Bevölkerung organisiert. So fanden beispielsweise zwei Abende in den Gemeinden Môtiers und La Brévine statt. An diesen Veranstaltungen wird die Radonproblematik präsentiert und Fragen aus dem Publikum können im Detail beantwortet werden.

# Umweltüberwachung

## Aufgaben

### Verantwortlich für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität

Wie durch Art. 104 bis 106 der Strahlenschutzverordnung geregelt, ist das Bundesamt für Gesundheit (BAG) für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität in der Umwelt verantwortlich. Die Kontrolle der Kernanlagen erfolgt in Zusammenarbeit mit der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). In Zusammenarbeit mit weiteren Amtsstellen des Bundes, der Kantone und der Hochschulen erstellt das BAG ein Probenahme- und Messprogramm, sammelt und wertet die Daten aus und veröffentlicht die Ergebnisse jährlich zusammen mit den daraus resultierenden Strahlendosen.

### Toleranz- und Grenzwert

Gesetzliche Basis für die Überwachung der Umwelt sind Art. 102 der Schweizer Strahlenschutzverordnung (StSV), in der die Immissionsgrenzwerte für Luft und Wasser festgelegt sind, sowie die Verordnung für Fremd- und Inhaltsstoffe, wo die Toleranz- und Grenzwerte für Radionuklide in Lebensmitteln bestimmt sind.

### Probenahme- und Messverfahren

Das Überwachungsprogramm umfasst nebst 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. Der Endkontrolle dienen Untersuchungen der Radioaktivität im menschlichen Körper. Automatische Messnetze erfassen die Dosen im ganzen Land (NADAM), in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK) sowie die Radioaktivität der Aerosole (RADAIR) (Fig. 31). Dabei werden Aerosole, Niederschläge und Flusswasser kontinuierlich gesammelt, die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und

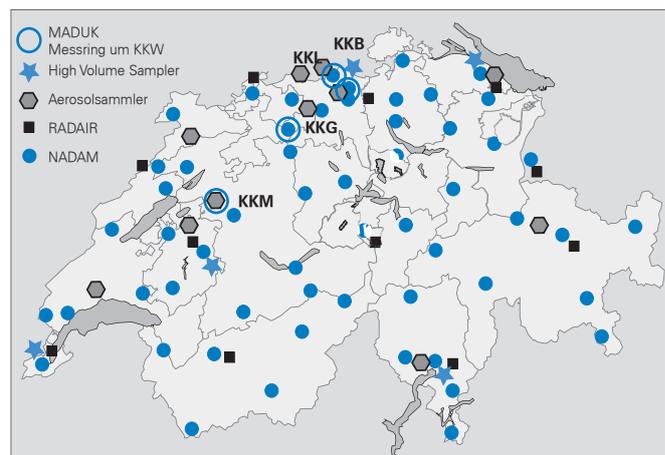


Fig. 31: Messnetze der Schweiz

Lebensmitteln erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank erfasst. Eine Auswahl davon ist auf dem Internet verfügbar: [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch). Die Messprogramme sind vergleichbar mit denjenigen unserer Nachbarländer und entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die Laboratorien nehmen regelmässig an Ringversuchen und Vergleichsmessungen teil.

## Tätigkeiten und Ergebnisse

### Überwachung in der Umgebung von Kernanlagen

Bei den Kernkraftwerken sind die Emissionen radioaktiver Stoffe durch die Bewilligungsbehörde so limitiert, dass niemand, der in der Umgebung wohnt, mehr als 0.3 mSv pro Jahr aufnehmen 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 weniger als 1% der Abgabegrenzen. Lediglich beim Tritium kann die Jahresabgabe

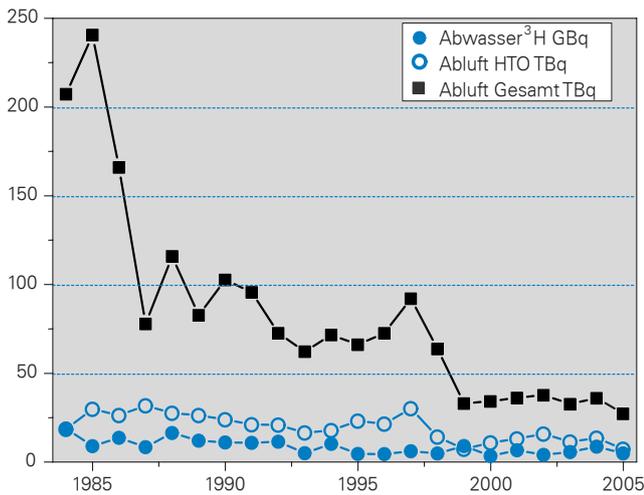


Fig. 32: Tritium-Emissionen der Firma mb-microtec AG (Niederwangen/BE) über Abluft und Abwasser

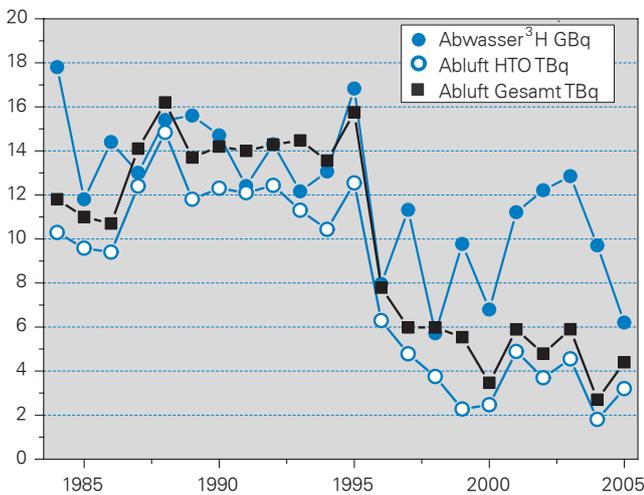


Fig. 33: Tritium-Emissionen der Firma RC Tritec AG (Teufen/AR) über Abluft und Abwasser

über das Abwasser bei den Druckwasserreaktoren etwa 10–20% der Grenzwerte ausmachen.

### Überwachung des PSI

Das Paul Scherrer Institut (PSI) verfügt über 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 führten zu Dosen unter 3% dieses Wertes. Die Umgebungsüberwachung erfolgt durch das PSI sowie – unabhängig davon – durch zusätzliche Messungen der Behörden und von diesen beauftragten Laboratorien.

### Überwachung des CERN

Beim Centre Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) in Genf erfolgt die Aufsicht durch die Behörden Frankreichs und der Schweiz. Dies sind die Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR) und das BAG. Die Laboratorien des CERN

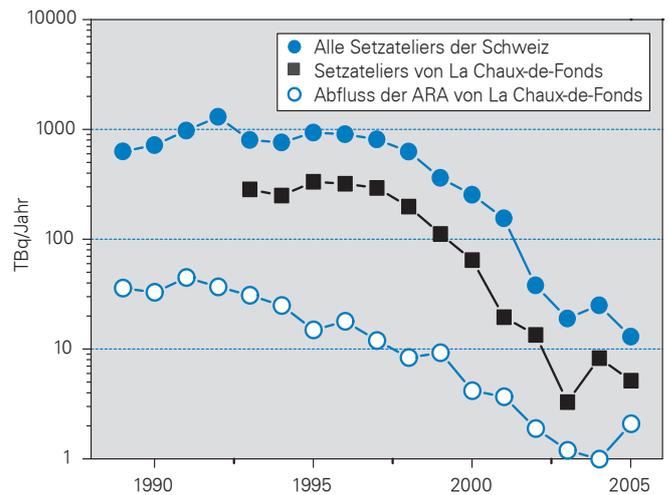


Fig. 34: Tritium-Verwendung in der Uhrenindustrie in der gesamten Schweiz.

bilanzieren unter der Aufsicht der «Commission de Sécurité» des CERN die Emissionen an die Umwelt. Alle Emissionen zusammen dürfen in der Umgebung nicht mehr als 0,3 mSv pro Jahr verursachen. Die tatsächlichen Emissionen führen zu Dosen unter einem Zehntel dieses Wertes. Die Umgebungsüberwachung erfolgt einerseits durch das CERN selbst und andererseits durch die Behörden des jeweiligen Landes sowie durch von diesen beauftragte Laboratorien.

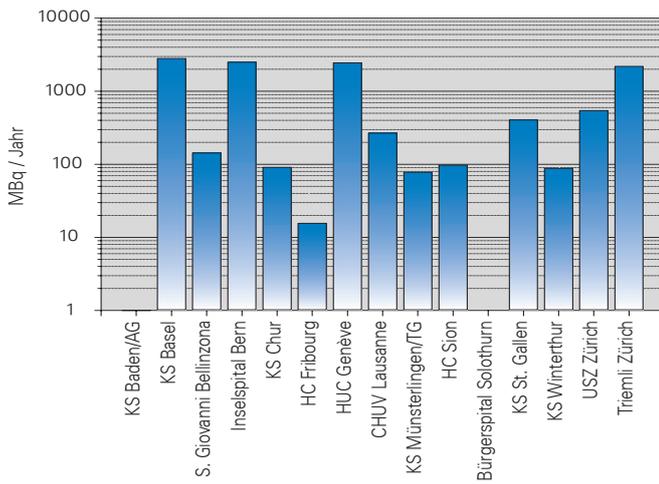
### Der Verbrauch von Tritium in der Uhrenindustrie hat stark abgenommen

Radioaktive Stoffe werden auch in Industriebetrieben verwendet: Tritium bei der Herstellung von Leuchtfarben für die Uhrenindustrie und für Tritiumgas-Leuchtquellen. In geringeren Mengen sind noch weitere Radionuklide in Anwendung.

Auch diese Betriebe müssen ihre Emissionen zuhanden der Aufsichtsbehörde bilanzieren. In den letzten Jahren betragen die Abgaben etwa 10–30% 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 (Fig. 32 und 33). Abfalldeponien werden gezielt durch Messung von Sickerwässern überwacht. Wie Fig. 34 zeigt, hat der Verbrauch von Tritium in der Uhrenindustrie in den letzten zehn Jahren um etwa einen Faktor 100 abgenommen, da bereits mehrere Uhrenhersteller auf die Verwendung von Tritiumleuchtfarbe verzichtet haben.

### Kontrollierte Jod-Entsorgung in den Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Therapie von Schilddrüsenerkrankungen Jod-131 eingesetzt, in geringeren Mengen auch andere Radionuklide. Bei der Jod-



**Fig. 35: Jod-131-Abgaben der Schweizer Spitäler im Jahre 2004; die Emissionen der Spitäler von Baden und Solothurn betragen weniger als 1 MBq pro Jahr**

Therapie dürfen Patienten, die mit weniger als 200 MBq (Mega-Bq =  $10^6$  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 Therapieziimmern isoliert werden. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziellen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach Abklingen unterhalb der bewilligten Abgaberraten an die Umwelt abgegeben (Fig. 35). Nach Art. 102 der Strahlenschutzverordnung darf die Konzentration der Abgabe in öffentlich zugänglichen Gewässern des Betriebs 10 Bq pro Liter (für Jod-131) nicht übersteigen. Im Rahmen der Umgebungsüberwachung werden wöchentliche Sammelproben von Abwasser aus den Kläranlagen der grösseren Agglomerationen auf Jod untersucht.

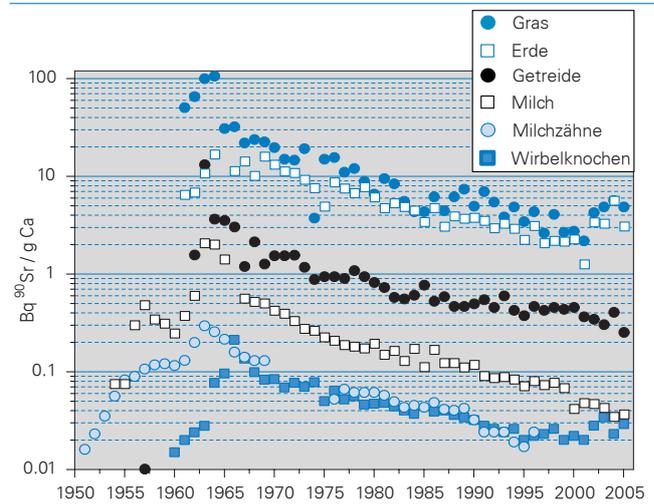
**Überwachung der Radioaktivität der Luft**

In der Luft und im Regen ist die Konzentration künstlicher Radionuklide sehr tief und meist nicht mehr nachweisbar. Das automatische Überwachungsnetz für die Radioaktivität der Luft (RADAIR) hat die Aufgabe, bei einer Zunahme der Radioaktivität der Atmosphäre rasch zu alarmieren; das Netz funktionierte auch 2005 ohne grössere Ausfälle. Die Radioaktivität der Luft besteht hauptsächlich aus den natürlichen Radionukliden: Beryllium-7, Blei-210 sowie Radon und seine Folgeprodukte. Bei den Niederschlägen herrscht das von der kosmischen Strahlung erzeugte natürliche Tritium vor. In den Flüssen beträgt der Tritiumgehalt in der Regel ebenfalls wenige Bq pro Liter.

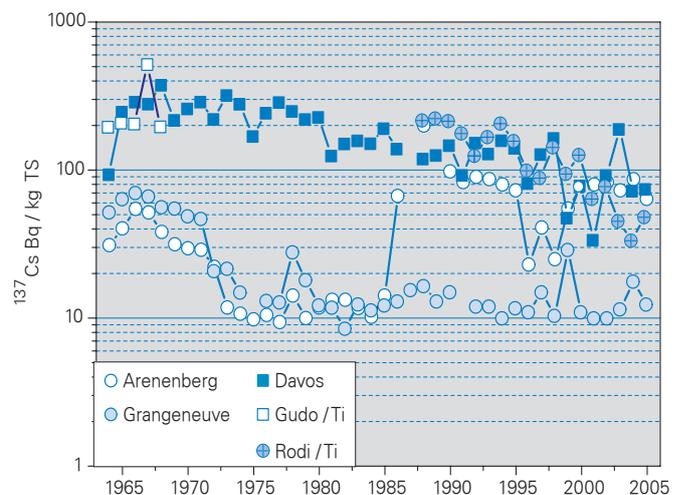
**Keine erhöhten Werte im Erdboden**

Der Erdboden ist ein guter Integrator für sämtliche Ablagerungen aus der Luft (Fig. 36 und 37). Auch hier dominieren die natürlichen Radionuklide. Die künstlichen

Isotope zeigen regionale Unterschiede, die mit der unterschiedlichen Ablagerung aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Reaktorunfall Tschernobyl zusammenhängen. In den Alpen und Südalpen sind die Werte von Caesium-137 und Strontium-90 (Fig. 36 und 37) immer noch etwas höher als im Mittelland. 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 vom Reaktorunfall Tschernobyl und von den Kernwaffen-Versuchen, die von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden, sind 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. Auch Getreideproben zeigten keine nennenswerten Aktivitäten. Bei den einheimischen Pilzen weisen Röhrlinge und Zigeunerpilze noch



**Fig. 36: Strontium-90 aus verschiedenen Proben aus den Jahren 1950-2005**



**Fig. 37: Caesium-137 in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz für die Jahre 1964 bis 2005.**

geringfügig erhöhte Caesium-137-Werte auf, allerdings mit abnehmender Tendenz. Der Toleranzwert von 600 Bq pro kg wurde auch bei importierten Pilzen nicht mehr überschritten. Beim Wild haben die Caesium-137-Werte ebenfalls abgenommen. 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 noch bei 60–70 % über dem natürlichen Wert.

### Ganzkörpermessungen

Anhand von Ganzkörpermessungen an Schulkindern und Strontium-90-Bestimmungen an menschlichen Milchzähnen und Wirbelknochen lässt sich die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung erfassen. Messungen an Schülern aus Genf ergaben für das Caesium-137 weniger als 10 Bq (Fig. 39). Das natürliche Kalium-40 beträgt dagegen bei den Frauen rund 3200 Bq und bei den Männern rund 4500 Bq. Der Strontium-90-Gehalt in Wirbelknochen und Milchzähnen lag bei wenigen Hundertstel eines Bq pro Gramm Kalzium (Fig. 36). Strontium wird wie das Kalzium im menschlichen Körper in Knochen und Zähnen eingebaut. Milchzähne werden wenige Monate vor bis wenige Monate nach der Geburt gebildet und fixieren so den Strontium-Gehalt der Nahrung zu diesem Zeitpunkt, deshalb verlaufen die Kurven der Milchzähne annähernd parallel zu denjenigen der Milch. Die Messwerte der Milchzähne sind in Fig. 36 daher in Funktion des Geburtsjahrs eingetragen, diejenigen der Wirbel in Funktion des Todesjahres.

### Überwachung der Immissionen in der Umgebung von Kernanlagen, Betrieben und Spitälern

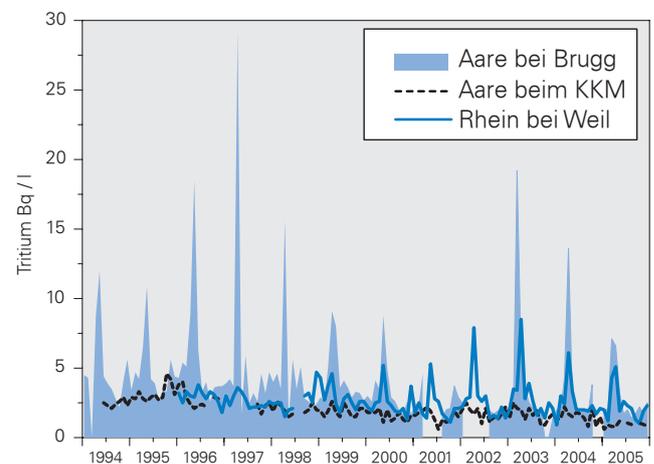
In der Luft in der Nahumgebung des CERN wurden vereinzelt Spuren von Natrium-24 und Jod-131 festgestellt, die von dessen Beschleunigern stammen, aber radiologisch unbedeutend sind. Das Edelgas Krypton-85 aus europäischen Wiederaufbereitungsanlagen für Kernbrennstoff ergab rund 1–2 Bq pro m<sup>3</sup> mit leicht steigender Tendenz. In der Nahumgebung von Betrieben, die Tritium verarbeiten, wurden Erhöhungen dieses Nuklides im Bereich von 1% 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% des Immissionsgrenzwerts der Strahlenschutzverordnung für öffent-

liche Gewässer. Leicht erhöhte Tritium-Werte bis 10 Bq pro Liter ergaben sich sporadisch in den Flüssen Aare und Rhein (Fig. 38). 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.

Bei den Radioaktivitätsmessungen im Erdboden und in Lebensmitteln wurde kein Einfluss der Emissionen von Kernanlagen oder Forschungsinstituten festgestellt.

Kohlenstoff-14-Messungen an Laub ergaben, gegenüber dem weltweiten Pegel von heute 60–70 %, in der Umgebung der Kernkraftwerke maximale zusätzliche Erhöhungen bis 200 %, in der Region Basel bis 100 %. Eine zusätzliche Kohlenstoff-14-Aktivität in den Lebensmitteln von 100% würde zu einer zusätzlichen jährlichen Dosis im Mikrosievert-Bereich führen.

Bei den über 439 Personen, die am Paul Scherrer Institut im Rahmen der Personenüberwachung einer Ganzkörpermessung auf Caesium-137 unterzogen wurden, lag der Maximalwert bei 300 Bq, wobei jedoch 98 % der Messwerte unter der Erkennungsgrenze von 60 Bq lagen.



**Fig. 38: Tritium (<sup>3</sup>H) in Wasserproben aus der Aare bei Brugg und aus dem Rhein unterhalb Basel für die Jahre 1993 bis 2005. Die jeweils im Frühjahr auftretenden Spitzen sind auf Tritium-Abgaben des KKW Gösgen zurückzuführen. Diese lagen allerdings im Bereich der bewilligten Abgabengrenzen.**

### Radiologische Messungen aus der Luft

Mit einem NaI-Gamma-Spektrometer an Bord eines Armee-Helikopters werden jedes Jahr ausgewählte Regionen 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 Auswerteprogramm 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. Jedes Jahr wird 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.

### Auswirkungen von Tschernobyl

Drei Radionuklide haben vor allem zur Dosis im Zusammenhang mit dem Unfall von Tschernobyl beigetragen: Jod 131, Caesium 134 und Caesium 137. Letzteres bleibt in der ganzen Schweiz auch teilweise nachweisbar als Folge des radioaktiven Niederschlags nach den Kernwaffenversuchen in den 1960er-Jahren. Jedoch werden die höchsten Caesium-Werte, bis zu einigen Zehntausendstel Bq/m<sup>2</sup> Caesium 137, im Tessin gemessen, die Region der Schweiz, die am stärksten vom Unfall in Tschernobyl betroffen war. Die durchschnittliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung betrug im ersten Folgejahr 0.22 mSv. Die beiden Caesium-Nuklide haben rund 40% und Jod etwa 30% dazu beigetragen. Für die am stärksten exponierten Personen, vor allem die Selbstversorger, waren die Dosen 10x höher als im Durchschnitt. In den Folgejahren nahmen diese Dosen ab und liegen heute generell unter einem Hundertstel mSv pro Jahr. Summiert über alle Jahre von 1986 bis heute beträgt die Durchschnittsdosis 0.5 mSv. Diese Dosis stammt vorwiegend von der inneren Exposition durch die Einnahme von kontaminierten Lebensmitteln. Seit 1987 nimmt die Radioaktivität in den Grundnahrungsmitteln zunehmend ab und ist heute praktisch nicht mehr nachweisbar, wenn man von den sporadischen Spu-

ren von Caesium absieht, die im Tessin noch messbar sind. Auch beim Wildfleisch und bei den Wildpilzen, vor allem bei Röhrlingen und Zigeunerpilzen, ist ein Rückgang der Aktivität zu erkennen. Um zu vermeiden, dass kontaminierte Ware in die Schweiz gelangt, verlangt die Schweiz für importierte Pilze seit 1999 ein Radioaktivitätszertifikat. Berücksichtigt man die geringen Verzehrsmengen von Wildpilzen und Wildfleisch im Vergleich zu den Grundnahrungsmitteln, dann sind die daraus resultierenden Strahlendosen unbedenklich.

### 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. Der Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986 hat zu deutlich messbaren Aktivitäten in der Umwelt geführt (insgesamt 0.5 mSv).

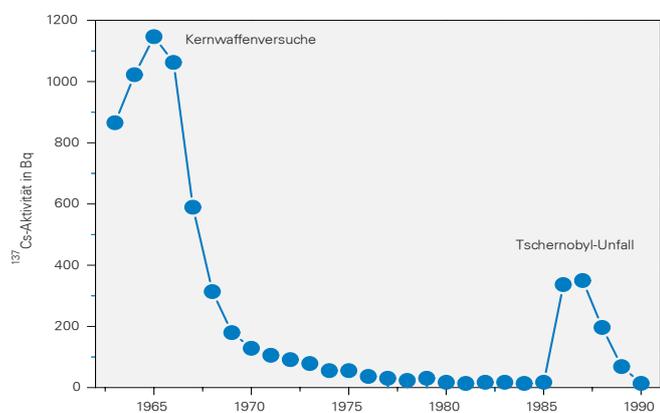


Fig. 39: Caesium-Messungen mit einem Anthropospektrometer an Schulkindern aus Genf

# 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. Diese Grenzwerte basieren auf den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP), Publikation Nr. 60 von 1990. Für die Bevölkerung darf die effektive Dosis den Grenzwert von 1 milli-Sievert (mSv) pro Jahr nicht übersteigen, wobei medizinische Anwendungen und die natürliche Strahlenexposition nicht inbegriffen sind. Für Personen über 18 Jahre, die in ihrer beruflichen Tätigkeit mit Strahlen umgehen, darf die effektive Dosis den Grenzwert von 20 mSv pro Jahr nicht übersteigen. Für beruflich strahlenexponierte Personen im Alter von 16 bis 18 Jahren gilt eine Limite von 5 mSv pro Jahr. Für die Augenlinsen darf bei beruflich strahlenexponierten Personen die Organdosis 150 mSv pro Jahr nicht übersteigen, für die Haut, die Hände und Füße 500 mSv. Ab Kenntnis einer Schwangerschaft bis zu ihrem Ende darf für beruflich strahlenexponierte Frauen die Äquivalentsdosis an der Abdomenoberfläche 2 mSv und die effektive Dosis als Folge einer Aufnahme über Atemluft oder Nahrung (Inkorporation) 1 mSv nicht übersteigen. All diese 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. Bei beruflich strahlenexponierten Personen ist die Strahlenexposition durch anerkannte Dosimetriestellen zu ermitteln. 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 der akkumulierten Dosen dieser Personen, statistische Auswertungen werden ermöglicht und die Archivierung der Daten ist sichergestellt.

## 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 der folgenden Tabelle aufgelistet (Fig. 40).

#### 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

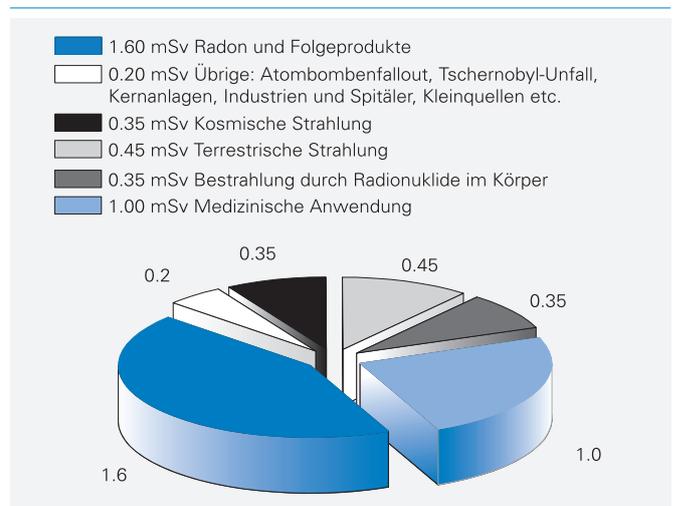


Fig. 40: Durchschnittliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung

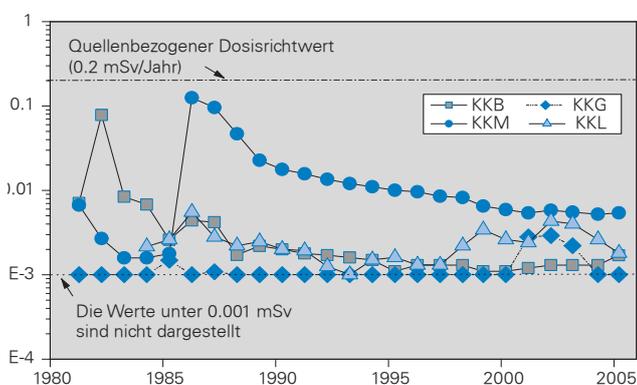
## Externe Bestrahlung

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.

Die Ortsdosen im Freien werden an 58 Stationen im ganzen Land mit einem automatischen Netz aus Geiger-Müller-Zählrohren (NADAM) überwacht. In der nahen Umgebung der Kernkraftwerke bestehen weitere, dichtere automatische Überwachungsnetze für die Ortsdosen (MADUK). Diese beiden Systeme dienen der Frühwarnung. Die Daten beider Netze sind auf dem Internet verfügbar ([www.naz.ch](http://www.naz.ch) und [www.hsk.ch](http://www.hsk.ch)).

## Interne Bestrahlung

Bei der internen Strahlenexposition liefert Radon-222 und seine Folgeprodukte in Wohn- und Arbeitsräumen den grössten Dosisbeitrag. Die in der Schweiz bis 2005 durchgeführten Erhebungen in rund 60'000 Häusern ergeben ein gewichtetes arithmetisches Mittel von 75



**Fig. 41: Strahlendosen der Bevölkerung in der Umgebung der Kernkraftwerk**

Bq Radon-222 pro m<sup>3</sup>. 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. Bei 1-2% der Bevölkerung liegt die Dosis über 10 mSv pro Jahr, bei 2% gar über 25 mSv pro Jahr. Gemäss konservativen Schätzungen dürfte Radon bis 8.5% der Lungenkrebstodesfälle in der Schweiz verursachen.

Natürliche Radionuklide gelangen auch über die Nahrung in den menschlichen Körper und führen durchschnittlich zu Ablagerungen 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 0.0118% des natürlich 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 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 etwa 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 nur kurze

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 Cesium-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 Cesium-137 von weniger als einem Tausendstel mSv pro Jahr. Aus den Untersuchungen von menschlichen Wirbelknochen lassen sich Dosen durch Strontium-90 von derselben Grössenordnung 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. 41).

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.

### **Internationale Kohortenstudie über Krebsmortalität bei Arbeitern in der Nuklearindustrie**

Niedrige, andauernde Exposition durch ionisierende Strahlung, wie sie bei Arbeitern in der Nuklearindustrie vorkommt, führt zu einer kleinen Erhöhung des Krebsrisikos. Das zeigt die weltweit grösste strahlenepidemiologische Studie, die je durchgeführt wurde. Die Studie, publiziert im British Medical Journal, Ausgabe 29. Juni 2005, liefert den bislang besten Beitrag zum Kenntnisstand über Auswirkungen schwacher, chronischer Expositionen durch ionisierende Strahlung. Diese Kenntnisse basierten bisher vor allem auf Studien an Überlebenden der Atombomben von Hiroshima und Nagasaki mit sehr starken, kurzzeitigen Expositionen.

An der internationalen Kohortenstudie haben sich 15 Länder, darunter auch die Schweiz, beteiligt. Geleitet und koordiniert wurde sie von der International Agency for Research on Cancer (IARC). Insgesamt umfasste die Studie 407'000 Arbeiter in der Nuklearindustrie.

Gemäss der Studie führt eine akkumulierte Strahlendosis von 100 mSv zu 10% Erhöhung der Krebsmortalität für alle Krebsarten ausser Leukämie und eine Erhöhung von 19% für Leukämie, ausgenommen Chronische Lymphatische Leukämie. Das abgeschätzte Krebsmor-

talitätsrisiko in dieser Studie ist höher, aber statistisch kompatibel mit Schätzungen von Studien an Atombombenüberlebenden. Ob diese Resultate zu einer Änderung der internationalen Empfehlungen führen werden, ist offen.

## **Beurteilung**

### **Grenzwertüberschreitungen beim Radon**

Die durchschnittliche jährliche Strahlendosis der Bevölkerung betrug 2005 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 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.

### **Hoher Qualitätsstand beim Strahlenschutz**

Bei der beruflichen Strahlenexposition kann trotz einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes festgestellt werden, dass der Strahlenschutz generell einen hohen Qualitätsstand erreicht hat. Dies äussert sich primär dadurch, dass die akkumulierten Kollektivdosen abnehmen. Der mit der neuen Strahlenschutzverordnung von 1994 eingeführte tiefere Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr kann problemlos eingehalten werden.

# Nichtionisierende Strahlung und Schall

## Aufgaben

Nichtionisierende Strahlung (NIS) sind Schwingungen von elektrischen und magnetischen Feldern, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. 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. Je nach ihrer Frequenz weist NIS unterschiedliche Eigenschaften auf, wird deshalb unterschiedlich angewendet und kann sich auch in unterschiedlichen biologischen Auswirkungen äussern. So wird der Bereich der nichtionisierenden Strahlung in Abhängigkeit von der Frequenz in die elektromagnetischen Felder (EMF) – statische, niederfrequente und hochfrequente EMF – und in die optische Strahlung – infrarote Strahlung, sichtbares Licht und UV-Strahlung – aufgeteilt (Fig. 42). Alle Geräusche, die Klänge und Töne, wie sie von Menschen und auch von Tieren vernommen werden, werden als Schall bezeichnet. Physikalisch stellt der Schall eine Ausbreitung von kleinsten Druck- und Dichtestörungen in einem elastischen Medium wie Gase, Flüssigkeiten, Festkörper dar.

Die Abteilung Strahlenschutz befasst sich mit denjenigen Aspekten der nichtionisierenden Strahlung und des Schalls, die zu einer kurz- oder längerfristigen Beeinträchtigung der Gesundheit führen können. Sie nimmt dabei folgende Aufgaben wahr:

- Wissensbeschaffung und Früherkennung möglicher gesundheitlicher Gefahren und Risiken durch NIS und Schall
- Bewertung der Risiken und Erarbeitung entsprechender Schutzstrategien
- Ergreifen von Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitsschädigenden Auswirkungen von NIS und Schall
- Information der Bevölkerung
- Zusammenarbeit mit Partnern im In- und Ausland

### Information und Forschung über EMF, UV-Strahlung, Laser und Schall

Während bei den EMF der Schwerpunkt der Tätigkeiten in den Bereichen Information und Wissensbeschaffung liegt, engagiert sich das Bundesamt für Gesundheit (BAG) im optischen Bereich hauptsächlich für den

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

Fig. 42: Das elektromagnetische Spektrum

Technologie		Sendeleistung [Milliwatt]	SAR [Watt/kg] Abstand 0 cm	SAR [Watt/kg] ICNIRP	E-Feld [Volt/m] Abstand 20 cm	E-Feld [Volt/m] Abstand 100 cm	E-Feld [Volt/m] ICNIRP
DECT-Schnurlostelefone	Basisstation bei Gespräch	250	-	-	1.5 - 2.2	0.34 - 0.56	60
	Basisstation ohne Gespräch	250	-	-	0.7 - 1.1	0.16 - 0.27	60
	Mobilteil bei Gespräch	250	0.01 - 0.06	2	-	-	-
Wireless-LAN Computervernetzung	Basisstation	30	0.06	2	3.7	1.03	61
		40	0.81 (0.15 in 2 cm Abstand)	2	3.9	1.09	61
Bluetooth	Computer- vernetzung	100 (KL. 1)	-	-	3.1	0.39	61
	Computer- vernetzung	2.5 (KL 2)	-	-	0.4	0.11	61
	Freisprech- vorrichtung	1 (KL.3)	0.001-0.003	2	-	-	-
Babyphon		500	0.077	2	8.5	3.2	29
		100	-	-	3.2	-	40
		10	0.01	2	1.4	0.43	28
Funkmaus			<0.005	2	<1.5	<1.5	28
Funktastatur			<0.005	2	<1.5	<1.5	28

**Fig. 43: Expositionen von Funktechnologien im Haushalt und Büro als Funktion des Abstandes zwischen Gerät und Person (0 cm, 20 cm, 100 cm). Zum Vergleich sind bei jedem Gerät die entsprechenden Grenzwertempfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) angegeben**

Schutz vor ultravioletter Strahlung und Laserstrahlung. Dabei steht die Information und Aufforderung zur Selbstverantwortung im Zentrum der Aktivitäten. Im Bereich Schall hat der Vollzug der seit 1996 geltenden Schall- und Laserverordnung verschiedene Mängel aufgedeckt, die durch eine Revision behoben werden. Ein hoher Gesundheitsschutz im Freizeitbereich lässt sich jedoch nicht nur auf einer gesetzlichen Basis abstützen. Der Schutz muss auch durch eine stärkere Selbstverantwortung der Betroffenen, insbesondere der Jugendlichen, gefördert werden.

## Tätigkeiten und Ergebnisse

### Expositionen von Funktechnologien in Haushalt und Büro

Neue Funktechnologien in Haushalten und Büros führen zu einem zunehmenden Informationsbedarf der Bevölkerung über mögliche gesundheitliche Risiken. Im Auftrag des BAG wurden deshalb die Expositionen einiger entsprechender Geräte untersucht. Bei Geräten,

die nahe am Körper betrieben werden, wurde als Maß für die Energieaufnahme in den Körper die spezifische Absorptionsrate (SAR) bestimmt. Bei Geräten, welche üblicherweise nicht auf der Körperoberfläche positioniert sind, wurde das elektromagnetische Feld (E-Feld) bestimmt (Fig. 43).

Bei allen untersuchten Geräten liegen die gemessenen Expositionen unterhalb der entsprechenden Grenzwertempfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP). Die Messungen zeigen, dass bereits bei kleinen Abständen zwischen Gerät und Person die Strahlung stark reduziert ist. In einem Abstand von einem Meter stellen die meisten untersuchten Technologien keine nennenswerten Strahlungsquellen mehr dar. Hält man diesen Abstand ein, ist eine gute Massnahme getroffen gegen mögliche Wirkungen elektromagnetischer Strahlung. Im Weiteren ist auch der Einfluss der Sendeleistung auf die Expositionen ersichtlich: Kleinere Sendeleistungen produzieren schwächere Expositionen.

Die SAR-Werte von Geräten, die nahe am Körper betrieben werden wie DECT-Mobilteile, Bluetooth-Freisprechvorrichtungen, liegen teilweise stark unter den entsprechenden Grenzwertempfehlungen. Bluetooth-Freisprechvorrichtungen der Leistungsklasse drei sind demzufolge gut geeignet, die Exposition durch Handys stark zu verringern.

### Befragung der Allgemeinmediziner über EMF

Ärztinnen und Ärzte spielen in der Diskussion um mögliche gesundheitliche Wirkungen von EMF eine wichtige Rolle. Das BAG hat deshalb bei der Ärzteschaft eine telefonische Befragung über Kenntnisstand, Einschätzung des Gesundheitsrisikos, Rolle der Behörden, Erfahrungen und Bedürfnisse im Zusammenhang mit EMF durchgeführt, bei der 1500 Ärztinnen und Ärzte kontaktiert wurden. 28% der angefragten Personen haben an der Studie teilgenommen, die Befragung gibt demzufolge keine repräsentative Übersicht über die Einstellung der allgemein praktizierenden Ärzteschaft zu EMF wieder.

61% der Befragten finden es plausibel, dass EMF gesundheitliche Beschwerden verursachen können. 69% haben während ihrer Tätigkeit mindestens einen Fall in ihrer Praxis behandelt, bei dem EMF zur Sprache kam. Häufigste Symptome waren Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Erschöpfung, die verantwortlich gemachten Strahlungsquellen waren Mobilfunkantennen, Hochspannungsleitungen und Handys. Generell besteht bei der Ärzteschaft eine Unsicherheit zum Thema EMF. Für 75% der Befragten besteht ein Informationsbedarf, wichtige Themen sind gesundheitliche Wirkungen von EMF, Wirkungsmuster sowie Elektrosensibilität.

### Einfluss von UMTS-Radiofrequenz-Feldern auf das Wohlbefinden

Eine Forschergruppe unter der Leitung von Dr. P. Achermann von der Universität Zürich, Institut für Pharmakologie und Toxikologie, untersucht den Einfluss von UMTS-Strahlung auf das Wohlbefinden und die kognitiven Funktionen von Menschen. Die Studie untersucht unter anderem, ob sich die positiven Resultate einer holländischen Studie (TNO-Studie) wiederholen lassen. Die Kosten der Studie von insgesamt 723'000 Franken werden zu 60% von der öffentlichen Hand (BAG, BAKOM, BUWAL, das holländische Wirtschaftsministerium – Auftraggeber der TNO-Originalstudie) und zu 40% durch die Industrie (Swisscom Mobile, Orange und Sunrise) getragen. Eine genaue Beschreibung der Studie ist im Internet unter <http://www.mobile-research.ethz.ch> zu finden. Die Resultate der Schweizer Replikationsstudie werden Anfang 2006 erwartet.

### Internationale Kontakte

Die Schweiz beteiligt sich am Projekt über gesundheitliche Wirkungen elektromagnetischer Felder, das von der Weltgesundheitsorganisation WHO durchgeführt wird (WHO-EMF-Projekt). Zurzeit wird intensiv an einer umfassenden Risikobeurteilung statischer und niederfrequenter elektromagnetischer Felder gearbeitet. Mehr über das EMF-Projekt und Merkblätter zu verschiedenen EMF-Themen sind im Internet unter [www.who.int/peh-emf](http://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](http://www.cost281.org).

## Optische Strahlung

### Information über den UV-Index

Im Rahmen des Partnerprogramms von BAG, Meteo Schweiz und Krebsliga Schweiz zur Bekanntmachung des UV-Index wurden im vergangenen Jahr die Thekensteller-Aktion sowie die Plakatkampagne in Bergbahnen weitergeführt. Den Apotheken, Drogerien und Optikern sowie der Ärzteschaft wurde gratis ein Thekensteller offeriert, der sowohl die Informationsbroschüre «Der UV-Index» anbietet als auch die aktuelle UV-Index-Prognose der Standortregion anzeigt (Fig. 44). Die Betreiber dieser Thekensteller erhielten zudem gratis ein E-Mail-Abonnement für die UV-Index-Prognose. Mit der ganzjährigen Plakatkampagne in 130 Bergbahnen wird die Bevölkerung beim Winter- und Sommersport wie auch generell bei Ausflügen an Orte mit erhöhter UV-Strahlung auf den UV-Index aufmerksam gemacht.

Nach wie vor wird von Februar bis Oktober die UV-Index-Prognose für alle Regionen in der Schweiz per Internet



Fig. 44: Thekensteller zum UV-Index

und SMS angeboten, eine SMS-Anfrage kostet Fr. 0.60. Begleitend zum UV-Index erfolgen Hinweise über geeignete Schutzmassnahmen.

### Prävention in der Schule

In der Unterrichtsmaterialienreihe «UV-Strahlung und Gesundheit» wurde mit der Fallstudie «Lifestyle» für die 7.–9. Klasse, Berufs- und Mittelschule das letzte Modul herausgegeben. In diesem Modul lernen die Schülerinnen und Schüler Informationen, Angebote und Werbung kritisch zu hinterfragen und üben sich in der eigenen Meinungsbildung sowie der Diskussion in der Gruppe. Das gesamte Präventionsprogramm für die Schule wird im nächsten Jahr einer externen Evaluation unterzogen und in der Folge dem Ergebnis entsprechend ausgebaut.

### Solarium

Die Informationsschriften «Solarium – Strahlung und Gesundheit» und das kostenlose Faltblatt (Fig. 45) sind nach wie vor sehr gefragt, so dass bereits die dritte Auflage ansteht.

### Internationale Kontakte

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](http://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 EUOSKIN publiziert ihre Informationen im Internet unter [www.euroskin.org](http://www.euroskin.org).

## Schall

### Revision der Schall- und Laserverordnung

Die Revision der Schall- und Laserverordnung (SLV) wurde in diesem Jahr weiter vorangetrieben. Von September bis Mitte Oktober wurde der überarbeitete Entwurf bei Vollzugsbehörden, Veranstaltervertretern und interessierten Kreisen einer informellen Konsultation unterbreitet. Aufgrund der mehrheitlich positiven Rückmeldungen können die nächsten Schritte unternommen werden, damit die revidierte Verordnung im Verlauf des nächsten Jahres in Kraft treten kann.

### Prävention in Schulen

Die Prävention bei Schülern bildet eine wichtige Grundlage dafür, dass die Eigenverantwortung wahrgenommen wird. Die 2004 erarbeiteten Unterrichtsunterlagen «Ohrwürmer», die sich an die Mittelstufe, 5./6. Klasse, richten, werden seit Frühjahr 2005 durch einen externen Verlag vertrieben. Das Hauptgewicht der «Ohrwürmer» liegt darin, dass die Kinder die Funktionsweise der Sinnesorgane und insbesondere die Gefahren für das Gehör erkennen können. Neben den Arbeitsmaterialien, wie Informationen für Lehrpersonen, 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 (Fig. 46).

In diesem Jahr wurde die Entwicklung der Schulunterlagen für die Oberstufe, 7.–9. Klasse, begonnen. Kinder und Jugendliche in diesem Alter hören viel Musik, weshalb das Hauptgewicht auf Musikhören, Instrumente und Gruppenzugehörigkeit gelegt wurde.

### Studien

Das BAG hatte im März 2002 bei der HNO-Klinik des Universitätsspitals Basel eine Studie zu den Langzeitfolgen nach übermässiger Schallbelastung durch elektroakustisch verstärkte Musik in Auftrag gegeben. Die Resultate wurden im BAG-Bulletin im April 2005 publiziert. Die Studie untersuchte zwei verschiedene Gruppen. Die erste waren Personen, die einmalig sehr hohen Schallpegeln ausgesetzt waren. Die zweite Gruppe bestand aus nicht professionellen Pop-/Rock-Musikern mit einer wiederholten hohen Schallbelastung während mindestens fünf Jahren. Zusammenfassend standen



Fig. 45: Faltblatt «Solarium»



Fig. 46: Unterrichtsmaterialien «Ohrwürmer»

der Tinnitus und die Lärmempfindlichkeit bei der ersten Gruppe und die Hörschwellenerhöhung bei der zweiten Gruppe im Vordergrund, wobei die Höreinbusse insgesamt gering war (BAG-Bulletin 16, 18. April 2005).

### Tag gegen Lärm

Am 20. April 2005 fand der zehnte internationale Tag gegen Lärm statt. Die Schweiz beteiligte sich zum ersten Mal am 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 den Konsum von hohen Musikschallpegeln oder die Pflege von lauten Hobbys zurückführen. Deshalb hat das BAG beschlossen, diesen Aktionstag finanziell zu unterstützen.

### Internationale Kontakte

Die Noise Pollution Health Effects Reduction (NOPHER) ist eine Aktion der europäischen Kommission mit Beteiligung von 51 Partnern aus 16 europäischen Ländern. Sie hat zum Ziel, die gesundheitlichen Effekte des Lärms zu reduzieren. Das Noise Research Network (NRN) will die Zusammenarbeit und Koordination in der Prävention der lärmbedingten Gesundheitsschäden in Europa fördern. Dazu bestehen zwei Internet-Plattformen, die zum Austausch von Informationen über Präventionsaktionen und Gesetzgebung auf dem Gebiet öffentlicher Veranstaltungen mit elektronisch verstärkter Musik dienen: [www.ucl.ac.uk](http://www.ucl.ac.uk) und [noiseandhealth](http://noiseandhealth).

## Beurteilung

### Weiterhin grosse Forschungsanstrengungen bei EMF

Inwieweit elektromagnetische Felder im Niedrigdosisbereich ein gesundheitliches Risiko darstellen, ist nach wie vor unklar. Um diese Frage beantworten zu kön-

nen, bedarf es immer noch grosser Forschungsanstrengungen. Im letzten Jahr sind eine Vielzahl von Studien publiziert worden, die jedoch keine klare Antwort auf die offenen Fragen geben. Die Problematik verschärft sich durch das hohe Tempo, mit der neue Technologien auf den Markt kommen. Offen ist ebenfalls die Frage, ob es spezifische Bevölkerungsgruppen gibt, die speziell empfindlich sind. Bei der Bevölkerung und den Medien besteht ein Bedarf an neutraler und sachlicher Information, insbesondere über bestehende und zukünftige drahtlose Kommunikationstechnologien.

### Hautkrebs: jährlich 13'000 Neuerkrankungen und 400 Todesfälle

Die Schweiz hat nicht nur in Europa, sondern auch weltweit eine der höchsten Hautkrebsraten mit steigender Tendenz. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich im geänderten Freizeitverhalten der Schweizer: Häufigere Aktivitäten im Freien und vermehrte Aufenthalte in sonnenreichen Ländern mit zum Teil exzessivem Sonnenbaden. Dabei spielen Sonnenbrände eine besondere Rolle. Untersuchungen deuten darauf hin, dass insbesondere die während der Kindheit erlittenen Sonnenbrände das Hautkrebsrisiko massiv erhöhen. Hautkrebs ist mit mehr als 13'000 Neuerkrankungen und 400 Todesfällen pro Jahr in der Schweiz mit Abstand die häufigste Krebsart überhaupt. Nebst dem malignen Melanom, an dem jährlich mehr als 1550 Menschen neu erkranken, das sind 43 Fälle pro 100'000 Personen, treten vor allem das Basaliom und das Spinaliom auf. Zusammen gibt es jährlich etwa 11'500 Neuerkrankungen mit dem Basaliom oder dem Spinaliom, das sind 315 Fälle pro 100'000 Personen. Letztere enden in den seltensten Fällen, zwischen 1–2%, tödlich, sind aber im Hinblick auf die psychische Belastung und die verursachten Kosten nicht zu unterschätzen. Von den Melanompatienten stirbt etwa ein Fünftel aufgrund des Tumors. Vor diesem Hintergrund ist eine wirkungsvolle Präventionsarbeit weiterhin notwendig. Wegen der langen Entstehungsdauer der Tumore von 15 bis 20 Jahren ist es noch zu früh, um über die Wirksamkeit der Mitte der Neunzigerjahre begonnenen Präventionsarbeit Bilanz zu ziehen.

### Schall: Förderung der Eigenverantwortung

Ein hoher Gesundheitsschutz im Freizeitbereich lässt sich nicht nur auf einer gesetzlichen Basis abstützen, sondern muss auch durch mehr Eigenverantwortung der Betroffenen gefördert werden. Dafür sind insbesondere für Jugendliche Präventionsmassnahmen vorzunehmen.

