









# 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 – neben 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.

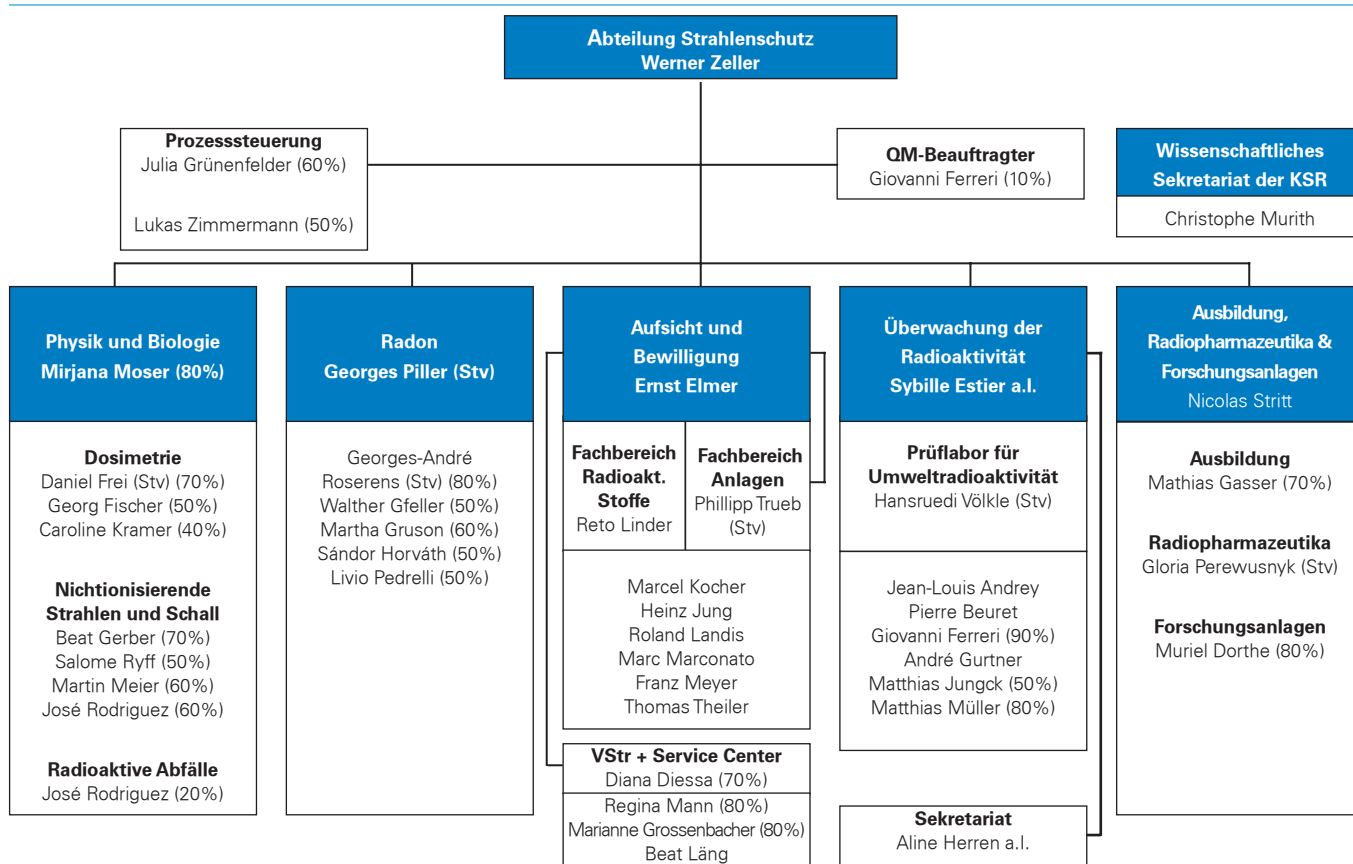


Fig. 1: Organigramm der Abteilung Strahlenschutz

# 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

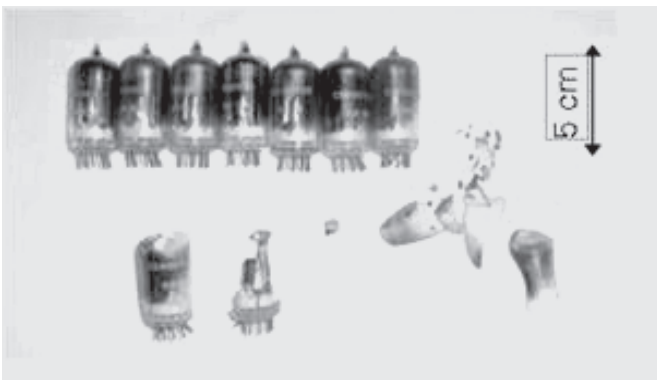


Fig. 2: Elektronenröhren mit Ra-226

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

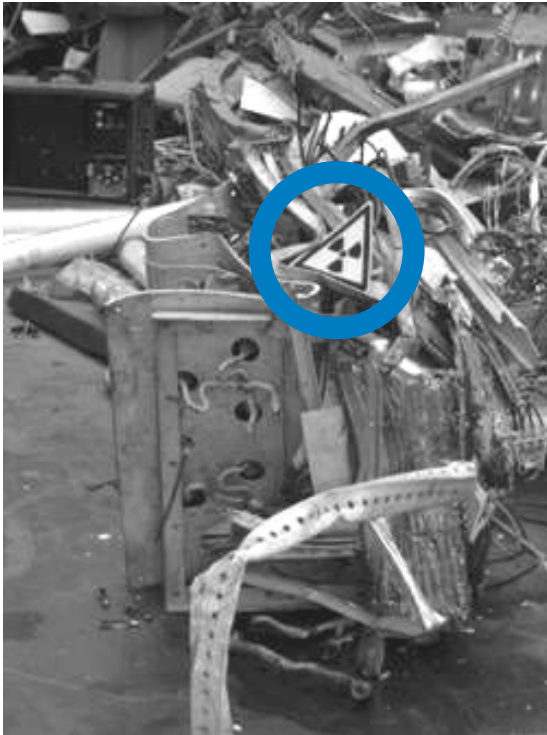
Vermeidung oder Reduktion weiterer solcher Ereignisse sollen die betroffenen Fachkreise für eine frühzeitige Erkennung entsprechender Bauteile sensibilisiert werden.

## 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

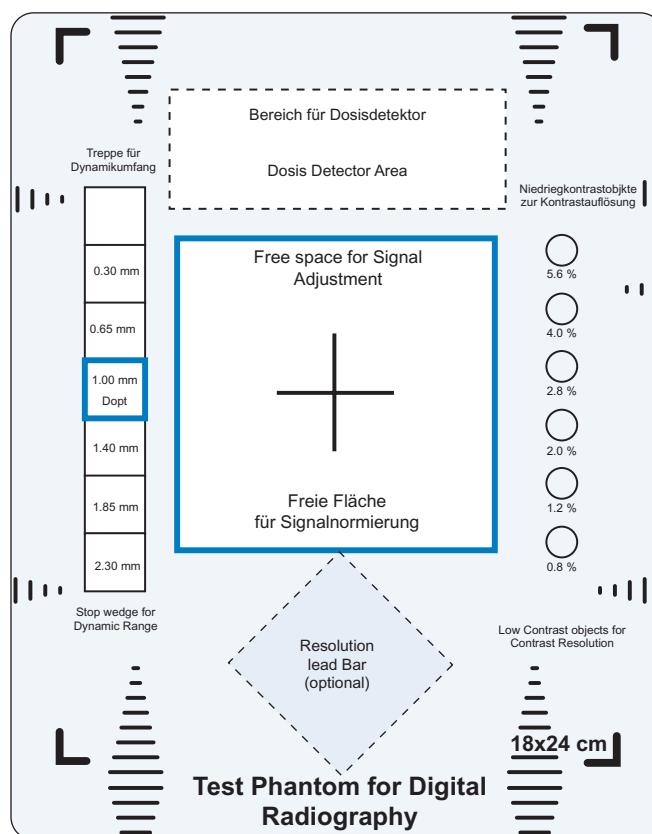


Fig. 6: Prüfkörper

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.

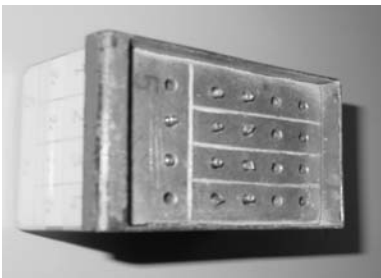


Fig. 7: Lagerbehälter für Therapiequellen

### 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

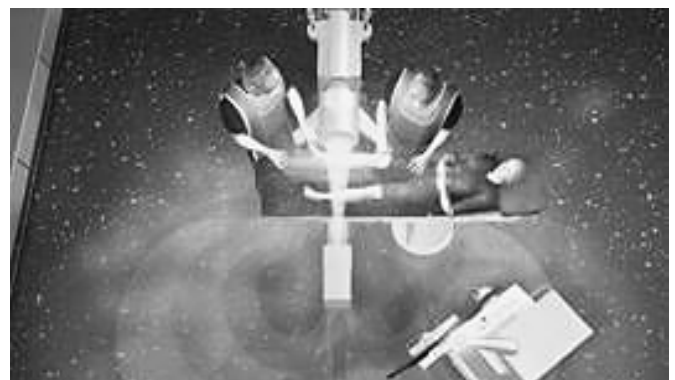


Fig. 8: DVD I: Röntgen im OP

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

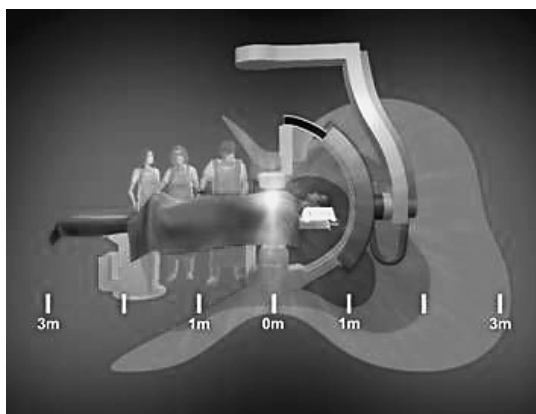


Fig. 9: DVD II: Strahlenschutz bei interventionellen Untersuchungen

## 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.

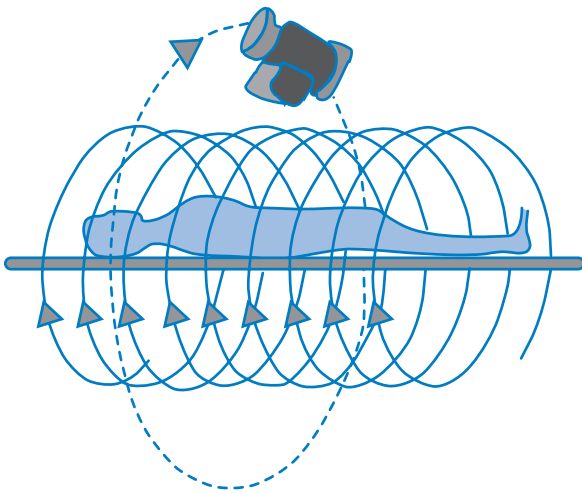


Fig. 11: Aufnahme eines Ganzkörper-CT-Scans

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 herstellerspezifische 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

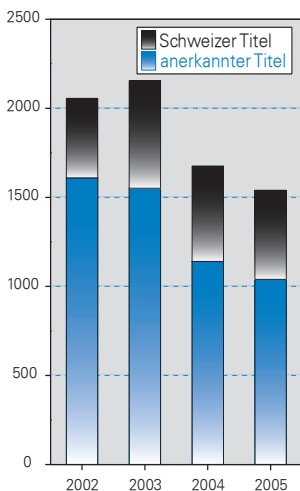
Alle Personen, die ionisierende Strahlen anwenden, zum Beispiel indem sie Röntgenaufnahmen machen, müssen eine Ausbildung im Strahlenschutz absolvieren. In den Bereichen Medizin, Lehre und Forschung ist das BAG zuständig für die Aufsicht und die Überprüfung der Qualität einer Ausbildung. Für die Umsetzung 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.

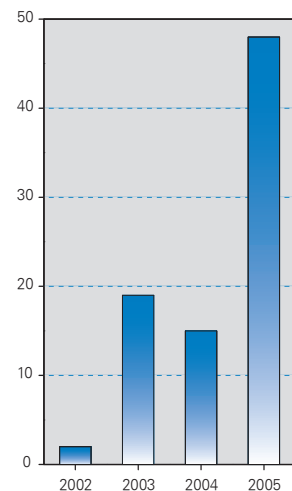
Seitdem die Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung 1998 in Kraft gesetzt wurde, haben sich die Rahmenbedingungen teilweise stark verändert. Das neue Berufsbildungsgesetz von 2002 bedingt bis Ende 2007 eine

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 Grosseperimente, 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.

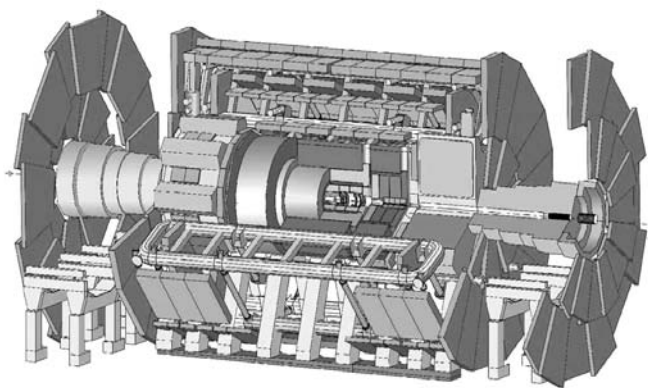


Fig. 16: ATLAS Detektor

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



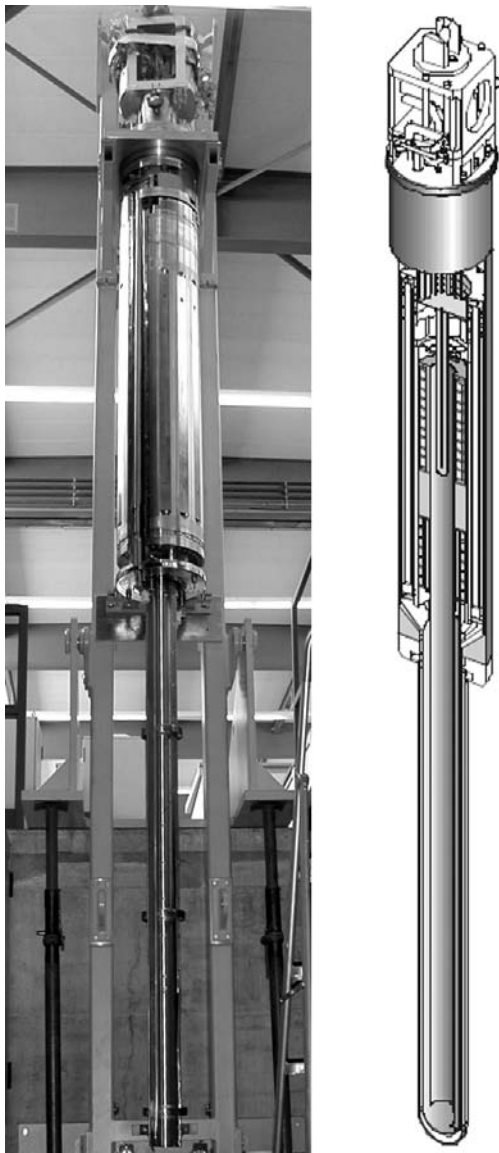


Fig. 17: MEGAPIE Target

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 Gesteinssammlung

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

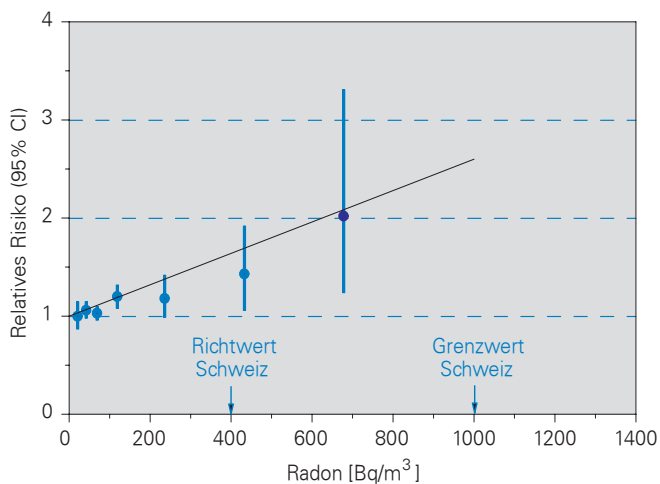
Zu den Aufgaben der Kantone gehören:

- 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.

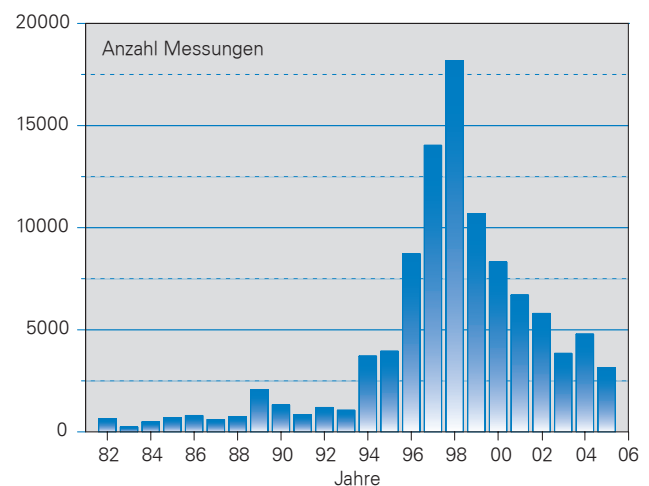


Fig. 21: Anzahl Messungen pro Jahr

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%,







































