

Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz

## **Ergebnisse 2009**

Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse

## **Résultats 2009**



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**

# Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz Ergebnisse 2009

<b>Editorial</b>	<b>2</b>
<b>Die Abteilung Strahlenschutz im Direktionsbereich Verbraucherschutz</b>	<b>3</b>
Direktionsbereich Verbraucherschutz	3
Schutz der Bevölkerung und Umwelt vor Strahlung	4
Mission der Abteilung Strahlenschutz	4
<b>Besondere Ereignisse 2009</b>	<b>5</b>
Kontaminierter Edelstahl aus Indien	5
Radioaktive Altlasten in stillgelegter Uhrenmanufaktur	6
Deponie mit radioaktiv kontaminierter Schlacke aus der Phosphatdüngerproduktion	7
Zwischenfall am Kantonsspital Winterthur	7
Abgabe am Universitätsspital Genf	8
<b>Bewilligungen und Aufsicht</b>	<b>9</b>
Aufgaben	9
Bewilligungsverfahren	10
Aufsichtstätigkeiten	10
Medizin	11
Ausbildung	19
Forschungsanlagen	20
Radioaktive Abfälle und Altlasten	22
Beurteilung	23
<b>Radon</b>	<b>24</b>
Einführung	24
Messung und Kartierung	25
Bauliche Vorschriften	26
Sanierungsprogramme	27
Ausbildung	27
Kommunikation	28
Schlussfolgerungen	29
<b>Umweltüberwachung</b>	<b>30</b>
Aufgaben	30
Tätigkeiten und Ergebnisse	32
Beurteilung	37
<b>Strahlendosen</b>	<b>38</b>
Aufgaben	38
Tätigkeiten und Ergebnisse	39
Beurteilung	41
<b>Nichtionisierende Strahlung und Schall</b>	<b>42</b>
Definition	42
Aufgaben	42
Tätigkeiten und Ergebnisse	44
Beurteilung	46
<b>Internationales</b>	<b>47</b>
Internationale Vernetzung	47
Internationale Strahlenschutzkommission ICRP	47
Bilaterale Zusammenarbeit mit Deutschland und Frankreich	47
Beteiligung an Projekten der WHO	48
Zusammenarbeit mit der NEA/OECD	48
Europäische Projekte	48
Expertentätigkeit	48
Aufgaben für die Vereinten Nationen	48
<a href="#">pour le texte en français, voir page</a>	<b>49</b>
<b>Impressum</b>	

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) ist Bewilligungsbehörde für den Strahlenschutz in den Bereichen Medizin, Forschung und Industrie. Mit diesem Bericht informieren wir jährlich über die Aktivitäten der Abteilung Strahlenschutz. Wir erfüllen damit unseren gesetzlich verankerten Auftrag, die Ergebnisse der Personendosimetrie, die Resultate der Überwachung der Umweltradioaktivität sowie die Ergebnisse des Radon-Programms und die Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung zu veröffentlichen.

Seit Jahrzehnten zieht die Abteilung Strahlenschutz über die Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung Bilanz. Die durchschnittliche jährliche Strahlendosis der Bevölkerung betrug nach bisherigem Kenntnisstand beinahe unverändert rund 4 Millisievert. Etwa ein Drittel stammte aus Quellen, die nicht beeinflusst werden können (terrestrische und kosmische Strahlung, Radionuklide im Körper). Ein gutes Drittel der jährlichen Strahlendosis war durch erhöhte Radonkonzentrationen in Wohn- und Arbeitsräumen bedingt. Ebenfalls etwa ein Drittel der Strahlenbelastung war der Anwendung von ionisierenden Strahlen in der medizinischen Diagnostik zuzurechnen.

Dieses Jahr hat sich die Situation beim Radon drastisch verändert. Die Weltgesundheitsorganisation WHO und die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP haben neue wissenschaftliche Studien über Radon in ihre Beurteilung miteinbezogen und kommen zum Schluss, dass das Risiko infolge Radonexposition

in Innenräumen etwa zweimal höher ist als bisher angenommen. Damit verdoppelt sich auch der entsprechende Dosisbeitrag für die Schweizer Bevölkerung. Beide Organisationen empfehlen Referenzwerte, die einen Faktor zwei unterhalb der bisherigen liegen. Es steht somit auch eine Neubeurteilung des Schweizerischen Radonprogramms an.

Sorge bereitet auch die steigende Tendenz der Dosen infolge der medizinischen Diagnostik, insbesondere wegen der zunehmenden Verbreitung von Computertomographen. Gezielte Audits und die Anwendung von diagnostischen Referenzwerten sollen helfen, die Untersuchungen zu optimieren. Es bleibt zu hoffen, dass mit der zunehmenden Anzahl von CT-Aufnahmen auch ein entsprechender diagnostischer Nutzen einhergeht.

Generell steht eine Totalrevision der Strahlenschutzverordnung und der Ausführungsbestimmungen bevor. Die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP hat Ende 2007 neue Grundsatzempfehlungen zum Strahlenschutz publiziert. Darauf abgestützt werden gegenwärtig die Strahlenschutz-Grundnormen der UN-Organisationen und die entsprechende Europäische Strahlenschutz-Grundnormenrichtlinie revidiert. In der Schweiz soll die Strahlenschutzgesetzgebung weitgehend an diejenige der EU angepasst werden.

Werner Zeller  
Leiter Abteilung Strahlenschutz

## Die Abteilung Strahlenschutz im Direktionsbereich Verbraucherschutz



### Direktionsbereich Verbraucherschutz

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

## Besondere Ereignisse 2009

### 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.

### Mission der Abteilung Strahlenschutz

Die Abteilung Strahlenschutz sorgt als unabhängige Aufsichtsbehörde für den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor Strahlung.

- Entsprechend unserem gesetzlichen Auftrag sorgen wir für einen umfassenden, nachhaltigen und hoch stehenden Strahlenschutz in der Schweiz.

- Wir sind ein Kompetenzzentrum für alle Gesundheitsfragen im Zusammenhang mit Strahlung. Gemeinsam mit unseren Partnern im In- und Ausland erkennen und bewerten wir Risiken und leisten einen Beitrag zu Prävention und Gesundheitsschutz.
- Mit erster Priorität wollen wir schwere Störfälle vermeiden und die höchsten Dosen der Bevölkerung, der Patientinnen und Patienten sowie der beruflich strahlenexponierten Personen weiter reduzieren.
- Wir wollen durch Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt mit eigener Fach- und Messkompetenz Veränderungen empfindlich und rasch feststellen und mit unserem Handeln für einen nachhaltigen Strahlenschutz sorgen.
- Durch eine kompetente und offene Kommunikation fördern wir die Sachkenntnis und Eigenverantwortung im Umgang mit ionisierender sowie nichtionisierender Strahlung und Schall.



### Kontaminierter Edelstahl aus Indien

Zu Beginn des Jahres erschienen zahlreiche Meldungen in der in- und ausländischen Presse, dass in Europa Edelstahl aus Indien aufgefunden wurde, der mit radioaktivem Kobalt 60 verunreinigt war. Auch die Schweiz war betroffen, da radioaktiv kontaminierte Liftknöpfe aus Edelstahl importiert worden waren. Diese wurden sofort nach Bekanntwerden wieder demontiert und ins Ursprungsland zur Entsorgung zurückgeschoben. Darüber hinaus gab es keine positiven Funde, die Verunsicherung bei metallverarbeitenden Betrieben war aber gross. Suva und BAG haben daraufhin in einigen Betrieben Messungen der Edelstahl-Lagerbestände durchgeführt, es konnten aber keine kontaminierten Waren gefunden werden. Das BAG hat zusammen mit der Suva ein Informationsblatt herausgegeben, das betroffene Firmen über Hintergründe und mögliche Massnahmen informiert. Die Tatsache, dass keine weiteren Mel-

dungen aus Europa eingetroffen sind, lässt darauf schliessen, dass die kontaminierten Stahlchargen inzwischen grösstenteils sichergestellt wurden. Durch dieses Ereignis haben wir die Erkenntnis gewonnen, dass jederzeit radioaktiv kontaminierte Waren in die Schweiz gelangen können, da bei der Einfuhr in dieser Hinsicht kaum Kontrollen durchgeführt werden. Unter der Federführung des BAG soll nun abgeklärt werden, welche Massnahmen zur Überprüfung des Warenverkehrs auf mögliche Verunreinigungen mit radioaktiven Stoffen möglich und sinnvoll wären.

hörde BAG unbekanntem Manufaktur noch grosse Mengen radium- und tritiumhaltiger Uhrenbestandteile gelagert wurden. In einer mehrtägigen Räumungsaktion unter Beteiligung des BAG, der Suva und einer spezialisierten externen Firma wurden die radioaktiven Teile aussortiert und einer korrekten Entsorgung zugeführt. Insgesamt konnten mit dieser Aktion über 200 lt radioaktive Abfälle sichergestellt und an die Sammelstelle des Bundes am PSI abgeliefert werden. Damit kann gewährleistet werden, dass diese radioaktiven Altlasten nicht mehr unkontrolliert in die Umwelt gelangen können.



### Radioaktive Altlasten in stillgelegter Uhrenmanufaktur

Ende 2008 wurde der Aufsichtsbehörde SUVA ein Fund radioaktiver Stoffe gemeldet. Eine Ladung von 20 m<sup>3</sup> Buntmetallschrott zum Export nach Italien wurde aufgrund zu hoher Strahlungswerte an der Grenze zurückgewiesen. Der betroffene Altmetallhändler konnte danach zurückverfolgen, dass in der Schrottladung Uhrenbestandteile aus einer stillgelegten Uhrenmanufaktur enthalten waren. Nachfolgende Abklärungen der Suva und des BAG haben aufgedeckt, dass in den Produktions- und Lagerräumen der zuvor der Bewilligungsbe-

Figur 1: Aussortierte Uhrenzifferblätter, die Leuchtfarbe mit radioaktivem Ra-226 und Tritium enthalten



### Deponie mit radioaktiv kontaminierter Schlacke aus der Phosphatdüngereproduktion

Aufgrund von Abklärungen zur Sanierung einer Deponie im Kanton Zürich, die aus früherer Phosphatdüngereproduktion stammt, wurde ein erhöhter Gehalt an natürlichem radioaktivem Uran festgestellt. Recherchen der betroffenen Chemiefirma haben ergeben, dass dies auf die Ablagerung von Phosphatschlämmen zurück zu führen ist. Da das betroffene Gelände in der nächsten Zeit überbaut werden soll, wurden umfangreiche Messungen durchgeführt um abzuklären, ob die enthaltenen radioaktiven Altlasten in den Geltungsbereich der Strahlenschutzgesetzgebung fallen und wie diese gegebenenfalls saniert werden müssten.

### Zwischenfall am Kantonsspital Winterthur

Im Juni 2009 wurden durch das Kantonsspital Winterthur aus noch ungeklärten Gründen aus der Abklingtankanlage der Radiojod-Therapiestation ca. 1000 lt Jod-131 belastete Abwässer mit einer Aktivität von 1.25 GBq vorzeitig an die Kanalisation abgegeben. Dabei wurde die bewilligte Abgabeaktivität von 30 MBq/Woche um ein Vielfaches überschritten.

Bei der Auslegung dieser Abwasserkontroll- und Rückhalteinrichtungen werden durch

die Aufsichtsbehörde BAG strenge Auflagen erteilt. Unter anderem muss die Anlage so dimensioniert sein, dass die zulässigen Immissionsgrenzwerte gemäss Art. 102 Abs. 2 der Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) für öffentlich zugängliche Gewässer bereits bei der Einleitung der Abwässer in die Kanalisation gewährleistet werden können.

Unmittelbar nach der Meldung des Störfalls durch das KS Winterthur hat das BAG eine mögliche Gefährdung von Mensch und Umwelt aufgrund der vorliegenden Fakten abgeschätzt und ist zum Schluss gekommen, dass durch die starke Verdünnung des abgegebenen Jod-131 weder das Personal der ARA noch die Bevölkerung und Umwelt durch ionisierende Strahlung gefährdet wurden. Zur Überprüfung der Abschätzung hat das BAG das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL) beauftragt, Proben aus der ARA zu erheben. Diese Proben wurden im BAG analysiert und in Zusammenarbeit mit dem AWEL ausgewertet. Die Auswertungen haben unsere Annahme bestätigt, dass bei der Einleitung der Abwässer in öffentliche Gewässer der

## Bewilligungen und Aufsicht

zulässige Immissionsgrenzwert (25% der zulässigen Aktivitätskonzentration) unterschritten wurde. Weiter hat die gemessene Konzentration von Jod-131 im Klärschlamm unsere Ersteinschätzung bestätigt, dass das Personal der ARA durch die davon ausgehende direkte Strahlung nicht gefährdet wurde und auch die Weiterverarbeitung des Klärschlammes für die Umwelt unproblematisch ist. Die Bundesanwaltschaft klärt im vorliegenden Fall ab, ob gegebenenfalls eine strafbare Handlung vorliegt und entsprechend geahndet werden muss.

### Abgabe am Universitätsspital Genf

Mitte September wurde beim Zyklotron des Universitätsspitals Genf der von den Behörden festgelegte wöchentliche Grenzwert für die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Abluft überschritten. In Übereinstimmung mit den gesetzlichen Bestimmungen wurde das BAG umgehend von der für den Strahlenschutz verantwortlichen Person informiert. Das Universitätsspital Genf (HUG) nahm unverzüglich eine Evaluation der Situation und der potenziellen Risiken für die benachbarte Bevölkerung und die Umwelt vor und ergriff die erforderlichen, vom BAG genehmigten Massnahmen, damit sich ein solches Ereignis nicht wiederholt. Aufgrund der geringen Überschreitung waren die Folgen dieser Abgabe sowohl für die Bevölkerung und die Umwelt als auch für die Mitarbeitenden des Universitätsspitals Genf unbedeutend. Die normalerweise vom Universitätsspital an die Abluft abgegebene Menge radioaktiver Stoffe ist sehr gering und die damit verbundenen Risiken für die Bevölkerung und die Umwelt sind unerheblich.



### 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. Zudem ist sie Aufsichtsbehörde für medizinische Betriebe, Ausbildungsstätten und Grossanlagen wie das Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN) und das Paul Scherrer Institut (PSI) und führt entsprechende Inspektionen durch. Insbesondere überprüft die Abteilung Strahlenschutz auch die Ausbildung Sachkunde und Sachverstand von Personen, die in einem Betrieb Strahlenschutzaufgaben zu erfüllen haben. Jährlich organisiert sie eine Sammelaktion für radioaktive Abfälle, die an der zentralen Sammelstelle des Bundes am Paul Scherrer Institut in eine zwischen- und endlagerfähige Form konditioniert und im Bundeszwischenlager zwischengelagert werden.

## Bewilligungsverfahren

Der Umgang mit ionisierender Strahlung (radioaktiven Strahlenquellen und Röntgenanlagen) unterliegt gemäss der schweizerischen Strahlenschutzgesetzgebung der Bewilligungspflicht. Jeder Anwender ionisierender Strahlung muss vorgängig beim BAG ein Gesuch einreichen. Anhand dieses Bewilligungsgesuchs prüft die zuständige Aufsichtsbehörde, ob beim Anwender ionisierender Strahlung alle Voraussetzungen zum Schutz von Mensch und Umwelt erfüllt sind und eine Bewilligung erteilt werden kann. Für medizinische Betriebe und Ausbildungsstätten ist die Abteilung Strahlenschutz des BAG zuständig, für industrielle und gewerbliche Betriebe die Suva. 2009 wurden 1480 Bewilligungsgesuche für den Umgang mit ionisierender Strahlung beurteilt und teils mit Auflagen verbundene, entsprechende Bewilligungen ausgestellt. 1390 Bewilligungen wurden nach Ablauf der zehnjährigen Gültigkeit neu beurteilt und gegebenenfalls verlängert. Nach der Bewilligungserteilung überprüft die zuständige Aufsichtsbehörde zum Schutze des Betriebspersonals, der Patienten und der Bevölkerung die Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften. Zur Überprüfung der Bewilligungsvoraussetzungen wurden gesamtschweizerisch aufgrund von risiko- und wirkungsorientierten Aufsichtsschwerpunkten und zusätzlichen Stichproben Betriebsaudits durchgeführt.

## Aufsichtstätigkeiten

### Audits in den Betrieben

Neben den administrativen Aufsichtstätigkeiten wurden gesamtschweizerisch stichprobenweise und nach wirkungsorientierten Aufsichtsschwerpunkten rund 333 Betriebsaudits durchgeführt. Diese Aufsichtstätigkeit vor Ort erfolgt in der Form von Coachings der Strahlenschutzsachverständigen und ermöglicht

es, die Umsetzung der Strahlenschutzvorschriften zu überprüfen und allfällige Verbesserungsmassnahmen anzuordnen. In Zusammenarbeit mit den sachverständigen Personen werden vielfach Optimierungspotentiale für zusätzliche Strahlenschutzmassnahmen für Personal und Patienten erkannt und umgesetzt. Werden schwerwiegende Verstösse gegen die Strahlenschutzvorschriften festgestellt (zum Beispiel nicht bewilligter Umgang mit ionisierender Strahlung oder illegale Entsorgung von radioaktiven Abfällen), müssen diese an die für das Verwaltungsstrafrecht zuständige Stelle im BAG oder an die Bundesanwaltschaft zur weiteren Verfolgung gemeldet werden. Die Aufsichtstätigkeit wird im Wesentlichen auf die Gebiete der CT-Untersuchungen, der interventionellen Radiologie, der Radiotherapie sowie der Nuklearmedizin fokussiert, in welchen hohe Dosen akkumuliert werden können und dadurch ein erhöhtes Risikopotential vorhanden ist.

### Grossquelleninventar

Im Grossquelleninventar des BAG sind die in verschiedenen schweizerischen Betrieben vorhandenen gefährlichsten radioaktiven Strahlenquellen erfasst. Seit dem 1.1.2008 gelten Strahlenquellen, die eine Aktivität von mehr als dem 100-tausendfachen Wert der Bewilligungsgrenze (LA) gemäss Strahlenschutzverordnung (StSV) übersteigen oder eine Dosisleistung von 1 mSv/h in einem Meter Abstand überschreiten, als Grossquellen. Gegenwärtig sind mehr als 500 Strahlenquellen im Inventar registriert, und das Inventar wird fortlaufend aktualisiert. Inhaber von Grossquellen sind verpflichtet, jährlich über Zustand und Verbleib der Quellen zu berichten. Diese jährlichen Meldungen werden durch das BAG verwaltet.

## Aus- und Weiterbildung sachkundiger und sachverständiger Personen in den Betrieben

Die Mitarbeiter der Abteilung Strahlenschutz des BAG haben sich an diversen externen Veranstaltungen zur Ausbildung von Fachpersonal beteiligt, insbesondere:

- Aus- und Weiterbildung von Fachleuten für medizinisch-technische Radiologie (MTRA)
- Mitwirkung in Sachverständigenkursen (Ärzte, Chiropraktoren, Isotopenlabors B/C, Transport, Handel und Installation)
- Mitwirkung bei spitalinternen Weiterbildungsveranstaltungen im Bereich interventionelle Radiologie (unter Einbezug des Personals im Operationssaal)
- Beiträge an nationalen und internationalen Kongressen und Strahlenschutztagungen
- Beiträge an Fachveranstaltungen von Berufsverbänden

Aufgrund der positiven Resonanz aus dem In- und Ausland zu den seit 2005 produzierten Mediaprodukten DVD I «Röntgen im OP», DVD II «Strahlenschutz bei interventionellen Untersuchungen» und DVD III «Strahlenschutz in der zahnärztlichen Praxis» wurde das Projekt DVD IV «Strahlenschutz in der Nuklearmedizin» lanciert und fertig gestellt. Die DVDs liegen dreisprachig vor und werden weiterhin den Sachverständigen und anderen interessierten Kreisen abgegeben.

Mit diesen im Anwenderkreis gut aufgenommenen Produkten wird das Ziel einer zeitgemässen und qualitativ hoch stehenden betriebsinternen Ausbildungsmöglichkeit im Strahlenschutz erreicht.

## Medizin

### Diagnostische Referenzwerte in der Medizin

In der Schweiz wurde das Konzept der Diagnostischen Referenzwerte DRW bereits in verschiedenen Bereichen der Radiolo-

gie eingeführt und die entsprechenden Werte in Merkblättern/Weisungen publiziert. In der Nuklearmedizin, der Kardiologie und interventionellen Radiologie sowie der Computertomographie basieren die DRW auf nationalen Erhebungen, welche vom BAG in Zusammenarbeit mit dem Institut de Radiophysique Appliquée (IRA) in Lausanne durchgeführt wurden. Die DRW in der konventionellen Radiographie (Projektionsradiographie) wurden im Berichtsjahr mit dem Ziel einer Anpassung ebenfalls mittels einer nationalen Erhebung neu bestimmt.

### Interventionelle Radiologie und Kardiologie

Die höchsten Patientendosen bei medizinischen Anwendungen erfolgen durch interventionelle Untersuchungen in der Radiologie und Kardiologie. Die effektiven Dosen für Patienten liegen dabei zum Teil weit über den Dosen im Vergleich zu anderen dosisintensiven Anwendungen, wie z. B. CT-Untersuchungen.

Die Anwendung der Grundsätze für die Rechtfertigung und die Optimierung (Art. 8+9 StSG) sollen einen angemessenen Schutz des Patienten gewährleisten. Diagnostische Referenzwerte dienen der Beurteilung spezifischer Strahlenanwendungen hinsichtlich ihres Optimierungspotentials.

Das BAG hat dazu eine Weisung (R-06-05 vom 31.01.2008) erlassen. Die Festlegung Diagnostischer Referenzwerte hat zum Ziel, den verantwortlichen Personen ein einfaches Mittel zur Beurteilung der eigenen Praxis sowie zur Optimierung bei spezifischen Strahlenanwendungen zur Verfügung zu stellen. Der Bewilligungsinhaber ist bei einer wesentlichen Abweichung gegenüber dem DRW verpflichtet, eine Optimierung zu veranlassen, wenn die Abweichung nicht begründet werden kann.

In jedem Röntgeninstitut muss die Situation gemäss Strahlenschutzverordnung bezüglich der DRW periodisch überprüft werden. Zu diesem Zweck muss die Röntgenanlage über eine Anzeige des Dosis-Flächenproduktes DFP verfügen, welche anlässlich der Zustandsprüfung durch die Fachfirma überprüft werden muss. Die sachkundige Person des Betriebes muss die Dosiswerte im Patientendossier vermerken und mit dem dazugehörigen DRW vergleichen.

Falls der Mittelwert des Dosiswertes für eine Untersuchung regelmässig den entsprechenden DRW übersteigt, hat eine vertiefte Analyse durch Überprüfung der Verfahren und der Ausrüstung zu erfolgen mit dem Ziel eines optimierten, dosisreduzierten Untersuchungsablaufs.

Im Rahmen der Umsetzung des DRW-Konzeptes hat das BAG in mehr als 30 Zentren, die solche dosisintensiven Untersuchungen durchführen, Weiterbildungsveranstaltungen durchgeführt. Im Jahre 2009 wurde die Umsetzung der Optimierung vertieft überprüft.

führt und abgeschlossen. Ziel der Studie (Projekt DRWRad) war die Einführung und Etablierung des DRW-Konzeptes im Bereich der Standarduntersuchungen. Die Methodik umfasste die Bestimmung der lokalen Gerätekonstante, die Ermittlung der Ist-Situation anhand der Datenerhebung und den Vergleich mit den derzeit geltenden Diagnostischen Referenzwerten unter Standardsituationen. Nach der vollständigen Analyse der Daten soll mit der Adaptierung der Referenzwerte an die nationale Praxis eine Optimierung der Strahlenexposition im untersuchten Aufnahmespektrum (Thorax, Abdomen, Becken) erreicht werden. Die vorliegenden Daten stammen aus 38 radiologischen Betrieben (Bereich Spital und Privatinstitute, 24 Deutschschweiz, 11 Romandie, 3 Tessin). Die anonymisierte Erhebung umfasste aufnahmetechnische Parameter, welche für die Ermittlung der Eintrittsdosen relevant sind, sowie zusätzliche Angaben wie Alter und Geschlecht. Es zeigte sich für alle drei Organregionen eine sehr gute Übereinstimmung mit den DRW-Vorgaben; diese wurden signifikant unterschritten (Figur 2).

Zusätzlich wurde im Vergleich zwischen den Institutionen sichtbar, dass die digitalen Systeme mit Festkörperdetektoren gegenüber den speicherfolienbasierten Systemen aufgrund ihres besseren

Im Rahmen einer Erhebung in drei Sprachregionen wurde im Berichtsjahr die Situation der Eintrittsdosen an der Patientenoberfläche an drei typischen Untersuchungen am Körperstamm weiterge-

**Erhebung der Oberflächendosen in der Projektionsradiographie**

**Figur 2:** Projekt DRWRad, Zusammenstellung der Resultate

	DRW BAG-Weisung R-06-04	3. Quartile der Verteilung	In Prozenten des DRW
Thorax ap/pa	0.3 mGy	0.16 mGy (n=425)	53.3 %
Becken ap	10 mGy	3.19 mGy (n=399)	31.9 %
Lendenwirbelsäule ap/pa	10 mGy	6.58 mGy (n=378)	65.8 %

Wirkungsgrads (Quanteneffizienz) überlegen sind. Ein gut optimiertes System zeigt aber auch beim Einsatz von Speicherfolien (CR-Systeme) gute bis sehr gute Resultate.

Das BAG-Merkblatt R-06-04 erläutert das DRW-Konzept und ermöglicht mittels einer Näherungsformel die Abschätzung der Oberflächendosis. Ein ergänzendes Excel™-basiertes Tool (DRWCalc) unterstützt den Anwender in der Erhebung der lokalen Situation und ermöglicht gleichzeitig den Vergleich mit den aktuellen Diagnostischen Referenzwerten.

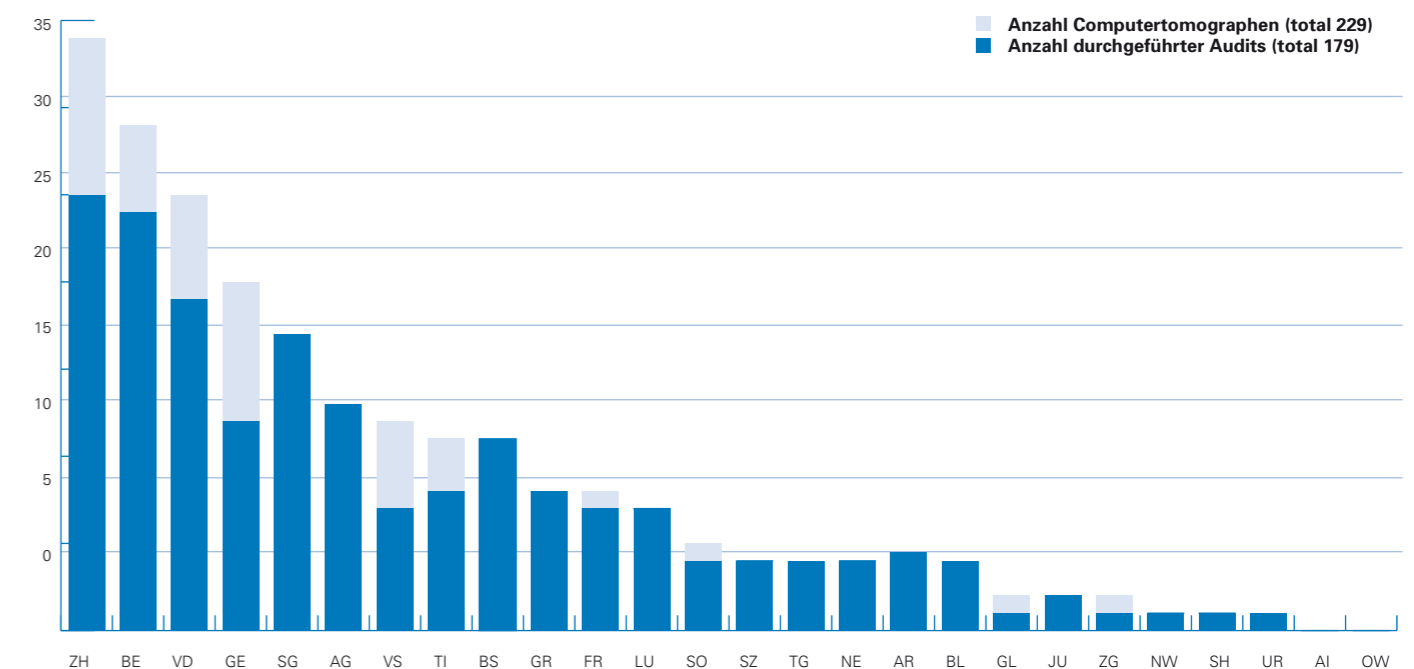
Die starke Zunahme der Strahlenbelastung der Patientinnen und Patienten in der medizinischen Diagnostik ist vor allem auf Hochdosis-Anwendungen wie die Computertomographie zurückzuführen. Aus diesem Grund hat das BAG seine Aufsichtstätigkeit in diesem Bereich in den letzten Jahren verstärkt. Schweizweit wurden Spitäler und private Röntgeninstitute, welche Computertomographen betreiben, einem Audit unterzogen. Neben allgemeinen Fragen zur

lokalen Praxis steht dabei die Erfassung der verwendeten Untersuchungsprotokolle und der applizierten Patientendosen im Vordergrund.

Bis im November 2009 wurden insgesamt 179 von total 229 in der medizinischen Diagnostik betriebenen Computertomographen auditiert (Figur 3). Dies entspricht einem prozentualen Anteil von beinahe 80%. Die Audits haben gezeigt, dass die verwendeten Protokolle und dadurch die Patientendosen der einzelnen Betriebe stark variieren. Mit dem Konzept der diagnostischen Referenzwerte steht den Betrieben ein wirksames Werkzeug zur Verfügung, um ihre lokale Praxis durch geeignete Massnahmen zu optimieren. Basierend auf den erhobenen Patientendosen wurden nationale Referenzwerte abgeleitet, welche in einer neuen BAG-Weisung R-06-06 publiziert werden. Das BAG wird auch in Zukunft Nach-Audits durchführen und die Betriebe kompetent unterstützen, damit diese im Sinne eines effektiven Strahlenschutzes ihre Protokolle selbständig überprüfen und gegebenenfalls optimieren können.

**Audits in der Computertomographie**

**Figur 3:** Stand der CT-Audits pro Kanton Ende 2009





### Audits in Betrieben mit Röntgentherapieanlagen

In der Schweiz gibt es zurzeit 40 bewilligte Röntgentherapieanlagen. Von den insgesamt 31 Oberflächentherapieanlagen befinden sich 18 in dermatologischen Arztpraxen und 13 in Spitälern / Kliniken oder Instituten. Die 9 Tiefentherapieanlagen werden ausschliesslich in Spitälern oder Klinken betrieben.

Im Jahr 2005 hat das BAG eine Weisung über die Qualitätssicherung bei Röntgentherapieanlagen herausgegeben, mit dem Ziel, die zur Sicherstellung von Sicherheit, Funktionalität und Qualität erforderlichen Massnahmen festzulegen. Dabei sind die in den 90er-Jahren gemachten Erfahrungen berücksichtigt worden. Damals sind Qualitätsprüfungen basierend auf Empfehlungen der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik (SGSMP) durch Medizinphysiker (Mentorprinzip) durchgeführt worden. Dieses Prinzip wird mit der jetzt gültigen Weisung weitergeführt, ergänzt durch die Regelung der Zustandsprüfung im Rahmen einer Wartung durch eine Fachfirma.

Mit den im Jahr 2009 durchgeführten Audits in Betrieben mit Röntgentherapieanlagen wollte die Sektion Strahlentherapie und medizinische Diagnostik die Umsetzung der erwähnten Weisung überprüfen, respektive der korrekten Umsetzung entsprechenden Nachdruck verleihen. Bis Ende Dezember 2009 sind 24 Audits durchgeführt worden. Die restlichen Betriebe werden im Jahr 2010 noch auditiert.

Es konnte festgestellt werden, dass bezüglich termingerechter, zeitlich koordinierter sowie vollständiger Durchführung der vorgeschriebenen Prüfungen noch Verbesserungen erreicht werden müssen. Die Qualität der Strahlenfelder war oft ungenügend und, obwohl aus den Prüfungen durch die Medizinphysiker bekannt, dem Betreiber zu wenig bewusst. In einem Fall

musste sogar die Verwendung eines Applikators verboten werden. Diesem Punkt muss bessere Beachtung geschenkt werden, zumal es sich grösstenteils um alte Anlagen handelt. Im Weiteren musste zu oft beanstandet werden, dass die Bestrahlungen durch Personal ohne anerkannte Ausbildung durchgeführt werden. Medizinische Praxisassistentinnen dürfen keine Röntgentherapieanlagen bedienen. Die Betreiber sind darüber aufgeklärt worden. Positiv aufgefallen ist, dass die Dosisverschreibungen durchwegs basierend auf anerkannten Regeln erfolgen.

Die Audits sind im Allgemeinen auf gutes Interesse gestossen und die Betreiber der Röntgentherapieanlagen konnten für ein besseres Qualitätsbewusstsein sensibilisiert werden.

### Qualitätsprüfungen an Mammographie-Einrichtungen

Mammographie-Röntgenanlagen sind einem Qualitätssicherungsprogramm gemäss der Weisung R-08-02 des BAG vom 1. Februar 2007 unterstellt. Da die Röntgenanlagen ständig weiterentwickelt, häufig durch vollständig digitalisierte Systeme ersetzt und zum Teil auch für Screening-Programme eingesetzt werden, ist eine Anpassung dieser Weisung erforderlich.

Gemäss Abschnitt 4 Artikel 7 der Verordnung über die Qualitätssicherung bei Programmen zur Früherkennung von Brustkrebs durch Mammographie vom 23. Juni 1999 müssen die verwendeten Geräte den Leitlinien der Europäischen Union von 1996 (European Guidelines for quality assurance in mammography screening, EPQC, 2. Auflage) entsprechen. Diese Leitlinie wurde kürzlich überarbeitet und liegt nun in der 4. Auflage vor. In dieser Leitlinie werden deutlich höhere Anforderungen als in der Weisung des BAG gestellt und es wird darin eine entsprechende Ausbildung gefordert.

Figur 4:  
Mammographie



Deshalb fanden verschiedene Treffen mit Vertreterinnen und Vertretern des Schweizerischen Verbands der Brustkrebs-Früherkennungsprogramme statt mit dem Ziel, einen Konsens im Bereich der Qualitätssicherung bei Röntgenanlagen zu finden. Es ist nun vorgesehen, dass die Weisung des BAG an die letzten europäischen Leitlinien angepasst wird. Dies bedeutet, dass die qualitätssichernden Kontrollen im Hinblick auf die Mammographie-Screening-Programme häufiger durchgeführt werden müssen.

Diese Massnahmen müssen durch speziell in der Mammographie-Technik ausgebildetes Fachpersonal ausgeführt werden. Angesichts der Komplexität der Materie und der Vielzahl beteiligter Parteien führen nicht alle Kantone systematisch Vorsorgeuntersuchungen durch. Das BAG hat daher entschieden, sich dieser Problematik in einem neuen Projekt anzunehmen. Das Inkrafttreten der angepassten Weisung des BAG ist für das laufende Jahr 2010 vorgesehen.

### Datenbank DAMEX

Die Indikatoren zur Berechnung der Patientendosen und die Daten der verwendeten Anlagen, die bei den Audits in der Computertomographie, der Projektionsradiographie sowie der Röntgentherapie erhoben wurden, werden in einer eigens zu diesem Zweck entwickelten Datenbank mit dem Namen DAMEX (Database of medical radiological examinations) erfasst. Die Datenbank erlaubt die zentrale Verwaltung aller Dosisdaten und bildet die Basis für statistische Analysen zur Ableitung der diagnostischen Referenzwerte. Mit den zukünftig geplanten Audits im Bereich der Radio-Onkologie und Mammographie sowie den weiterhin durchgeführten Nach-Audits wird die Datenbank weiter ausgebaut und dadurch deren Wichtigkeit zunehmen.

### Erhebung medizinischer Strahlendosen

Die Schweiz untersucht seit Ende der 1950er-Jahre regelmässig die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch die Röntgendiagnostik. Die letzte Umfrage auf nationaler Ebene wurde mit Daten für 1998 unter der Federführung des BAG in Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Radiophysik (IRA) und dem Institut für Sozial- und Präventivmedizin (IUMSP) der Universität Lausanne durchgeführt. Durch diese Studie konnten umfangreiche Informationen dazu gesammelt werden, wie häufig in der Schweiz röntgendiagnostische Untersuchungen vorgenommen werden und wie hoch die damit verbundenen Strahlenbelastungen sind. Fünf Jahre später wurde zur Aktualisierung der Daten eine neue Erhebung durchgeführt. Sie erfolgte auf der Grundlage einer kleinen geschichteten Stichprobe und zeigte zum Beispiel eine starke Zunahme von Untersuchungen mit Computertomographen (CT) zwischen 1998 und 2003.

**Aufsicht  
Nuklearmedizin**

Aufgrund der raschen technologischen Entwicklung im Bereich der medizinischen Radiologie legen die internationalen Empfehlungen alle 10 Jahre eine Neubeurteilung der Situation bezüglich Strahlendosen nahe. Die nationale Erhebung in der Schweiz wird demnach im Zeitraum 2009-2010 auf der Grundlage der Daten von 2008 wiederholt werden. Das BAG orientiert sich für die Planung seiner Wirkungsschwerpunkte stark an den Resultaten der Erhebung.

**Extremitätendosen**

Mit der Festsetzung von Aufsichtsschwerpunkten und spezifischen, betriebsorientierten Strahlenschutzaudits möchte das BAG bei dosisintensivem Umgang mit ionisierender Strahlung Optimierungen erzielen und damit das Risiko der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung für Personal, Patienten und die Umwelt minimieren. Im Bereich der nuklearmedizinischen Diagnostik und Therapie hat das BAG ein erhebliches Optimierungspotential geortet und bereits sichtbare Erfolge erzielen können. So konnte der Trend steigender Extremitätendosen in nuklearmedizinischen Betrieben, welcher auf den erhöhten Gebrauch von Beta-Strahlern zu therapeutischen Anwendungen und PET-Nukliden zur Diagnostik zurück zu führen ist, gebremst werden.

**Inkorporationsüberwachung**

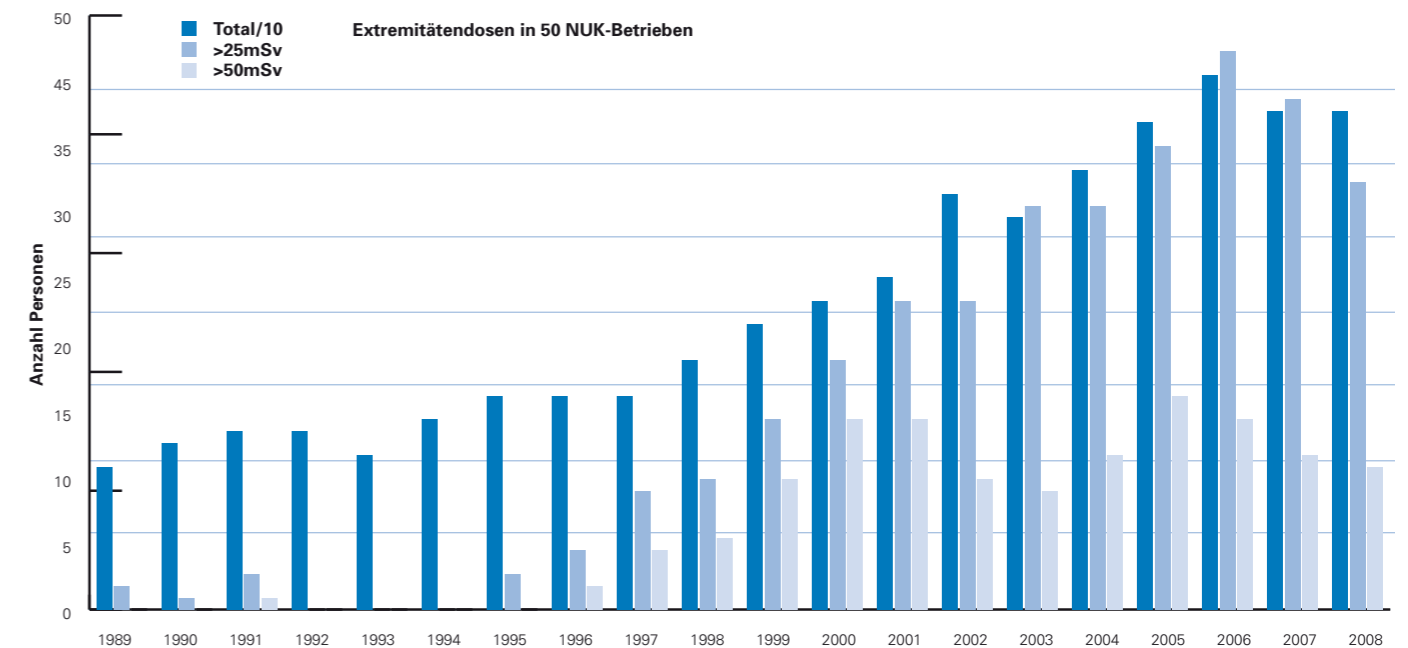
Betriebe, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, sind verpflichtet zu überprüfen, ob das betroffene Personal bei der Arbeit möglicherweise radioaktive Stoffe inkorporiert hat (durch Einatmen kontaminierter Raumluft, durch Einnahme oder Kontamination der Haut). Dabei führt das Personal, das regelmässig mit

offenen radioaktiven Stoffen hantiert, an spezifischen Körperstellen (Schilddrüse, Magen) regelmässig einfache Messungen durch. Das BAG hat in den Betrieben, welche mit radioaktivem Jod umgehen überprüft, ob die Methode und Durchführung zur Erkennung möglicher Inkorporationen geeignet ist. Vergleichsmessungen für die Iod-Triagemessung mit einem Halsphantom haben gezeigt, dass ein Teil der Messgeräte falsch kalibriert war. Dies hätte im Falle von Inkorporationen eine mögliche Falschbeurteilung zur Folge gehabt. In diesen Fällen musste eine Neukalibration der geltenden Messschwellen veranlasst werden. Das BAG wird aus diesem Grund im nächsten Jahr erneut eine Vergleichsmessung durchführen.

**Abklärungen erhöhter Personendosen**

In zwei Fällen hat die Sektion Forschungsanlagen und Nuklearmedizin in ihrem Aufsichtsbereich Abklärungen zu erhöhten Personendosen durchgeführt. Dabei wurde dem BAG Dosisgrenzwertüberschreitungen (40 und 300 mSv) von beruflich strahlenexponiertem Personal gemeldet, welches im Bereich der Nuklearmedizin arbeitet. Aufgrund der Abklärungen mit den betroffenen Personen vor Ort hatte sich herausgestellt, dass es sich in beiden Fällen höchstwahrscheinlich nicht um effektive Personendosen handelt. Im einen Fall konnte die registrierte Dosis (40 mSv) auf eine Exposition des Dosimeters im Bestrahlungsraum zurückgeführt werden, im anderen Fall hatte eine Kontamination des Dosimeters bei der Vorbereitung eines Radiopharmakas zu therapeutischen Zwecken zur hohen Dosis von 300 mSv geführt. In beiden Betrieben wurden Massnahmen verordnet, welche künftig solche Zwischenfälle verhindern sollten.

**Figur 5:  
Anzahl Personen mit  
Extremitätendosen**



**PET-CT-Audit**

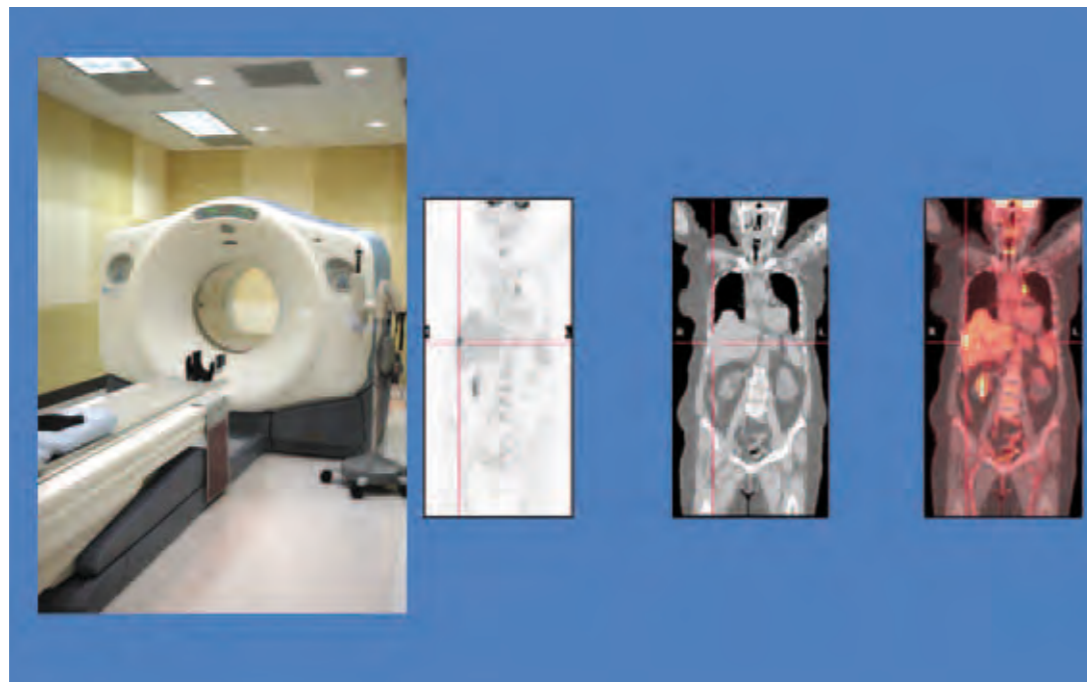
Das BAG hat bei den PET-CT-Anlagen in der Schweiz eine Reihe von Audits durchgeführt. In nuklearmedizinischen Betrieben sind gegenwärtig 18 solche Anlagen in Betrieb und die Ende 2008 lancierte Reihe von Audits dürfte voraussichtlich im Laufe des ersten Quartals 2010 abgeschlossen sein. Das BAG hatte dieses Vorgehen einerseits aufgrund der Komplexität dieser Anlagen gewählt und andererseits, weil die Patienten bei den Untersuchungen und das Personal bei der Herstellung des Radiopharmazeutikums manchmal bedeutenden Dosen ausgesetzt sind.

Die Strahlenbelastung geht bei diesen Anlagen von zwei verschiedenen Quellen aus: einerseits von der Verwendung von Röntgenstrahlen (CT, Scanner) und andererseits von der Anwendung offener radioaktiver Strahlung (Fluor-18 für die Positronen-Emissions-Tomographie). Bei den Audits wurden folgende wichtige Punkte überprüft:

- Ausbildung des Personals, das diese Anlagen bedient
- Qualitätssicherungssystem: auf der Maschine durchgeführte Tests (Abnahmeprüfung, Zustandsprüfung, Konstanzprüfung) und Häufigkeit dieser Tests
- Dosen, denen die Patienten ausgesetzt sind, und Vergleich mit den diagnostischen Referenzwerten
- Dosen, denen das Personal ausgesetzt ist
- Indikationen und für die Untersuchungen verwendete Protokolle

Das BAG wird die Schlussfolgerungen dieser Audit-Reihe sowie die möglichen Massnahmen zur Optimierung im Laufe des Jahres 2010 veröffentlichen.

Figur 6: PET-CT



## Radiopharmazeutika

Im Berichtsjahr wurden in Zusammenarbeit mit der Swissmedic 7 neue klinische Versuche bearbeitet. Dabei wurde in jeder Studie ein anderes Radiopharmazeutikum getestet. Die verwendeten Nuklide waren Fluor-18 und Kohlenstoff-14. Bei etlichen weiteren Studien wurden die Strahlenschutzaspekte beurteilt. Ausserdem wurden 15 Amendments zu bereits laufenden Studien behandelt. Hier wurden fünf verschiedene Nuklide eingesetzt, nämlich Technetium-99m, Jod-123 und die PET-Nuklide Kohlenstoff-11, Sauerstoff-15 und Fluor-18.

Da es sich bei den Radiopharmazeutika um Nischenprodukte handelt, haben viele Präparate keine Swissmedic-Zulassung, obschon sie bereits zur routinemässigen Anwendung zählen. Für diese Radiopharmazeutika müssen sogenannte Sonderbewilligungen für den Einsatz im Einzelfall erteilt werden. Die Bewilligungen sind 2009 wiederum um 11% auf 468 angestiegen. Beantragt wurden 17 verschiedene Produkte und 11 Radionuklide, wobei 87% die PET-Radiopharmazeutika betrafen. Allein für das Fluor-18-Cholin wurde in 52% der Fälle eine Bewilligung

erteilt. Da nun mehrere Firmen planen, das Fluor-18-Cholin zur Zulassung anzumelden, wird hier voraussichtlich bald Abhilfe geschaffen.

Die Sektion Forschungsanlagen und Nuklearmedizin der Abteilung Strahlenschutz hat in Zusammenarbeit mit dem Institut de la Radiophysique Appliquée in Lausanne eine quantitative Vergleichsmessung von Chromatographieplatten mittels Aktivimeter durchgeführt. Das Technetium-99m wurde mit Kobalt-57 simuliert, einem Radionuklid mit ähnlicher Energie, jedoch längerer Halbwertszeit (271 Tage). Es sollte sowohl die Empfindlichkeit als auch die Linearität der Messungen geprüft werden. Bei der Qualitätskontrolle von Radiopharmazeutika sollen Verunreinigungen im Bereich von 5% (oder manchmal auch kleiner) sicher festgestellt werden können. Somit wurden auf 4 Dünnschichtchromatographieplatten 96%, 6%, 4% und 2% von 3 MBq, der Grössenordnung eines typischen Tropfens, der bei der Qualitätskontrolle auf die Platte aufgetragen wird, deponiert. 42 Labors haben an dieser Vergleichsmessung teilgenommen. In 7 Fällen wurden Abweichungen von den

Sollwerten von mehr als 50% festgestellt. Das BAG hat hier Massnahmen ergriffen, damit auch in diesen Labors künftig korrekt gemessen wird.

Zum Thema Personalrisiko bei der Lungenventilationsuntersuchung wurde ein Informationsblatt des BAG erstellt. Es zeigt auf, mit welchen Mitteln sich das Personal bei dieser Untersuchung vor Inkorporation des Radiopharmazeutikums schützen kann, und dass die Strahlendosis für das Personal, verglichen mit anderen Untersuchungen, in einem sehr niedrigen Bereich liegt.

## Ausbildung

Die Abteilung Strahlenschutz ist als Aufsichtsbehörde zuständig für die Anerkennung von Strahlenschutzausbildungen in Medizin, Lehre und Forschung. Wer ionisierende Strahlen zu medizinischen Zwecken am Menschen anwendet oder in einem Betrieb für die Einhaltung von Strahlenschutzvorschriften zuständig ist, muss über eine vom BAG anerkannte Ausbildung verfügen.

Mit dem Bundesgesetz vom 13. Dezember 2002 über die Berufsbildung (Berufsbildungsgesetz, BBG) und dem Bundesgesetz über die universitären Medizinalberufe (Medizinalberufegesetz, MedBG) vom 23. Juni 2006 wurden in den letzten Jahren die rechtlichen Voraussetzungen zur Regelung sämtlicher beruflicher Aus- und Weiterbildungen auf Bundesebene geschaffen. Da die meisten Strahlenschutzausbildungen als integraler Bestandteil einer beruflichen Aus- oder Weiterbildung absolviert werden, hat die Abteilung Strahlenschutz deren Überführung in die neuen gesetzlichen Grundlagen eng begleitet. Durch die Mitarbeit bei der Festlegung der neuen Aus- und Weiterbildungsbestimmungen soll ein möglichst reibungsloser Übergang sichergestellt und die hohe Strahlenschutzkompetenz der Absolventen gewährleistet werden. Nach der Überführung einer

Strahlenschutzausbildung in eine berufliche Aus- oder Weiterbildung nach BBG resp. MedBG übt die Abteilung Strahlenschutz des BAG keine direkte Aufsichtstätigkeit in den Ausbildungsstätten aus. In Absprache mit den zuständigen Organen wird sie aber weiterhin durch Einsitznahme in Qualitäts- und Prüfungskommissionen sicherstellen, dass die Anforderungen an die Strahlenschutzausbildung umgesetzt werden. Im Bereich der Berufsausbildungen nach BBG wurden dieses Jahr durch das zuständige Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT) jeweils unter Einbezug der Abteilung Strahlenschutz der neue Rahmenlehrplan für Dipl. Fachfrauen / -männer Operationstechnik HF verabschiedet. Die bei der Vernehmlassung angeregten Anpassungen, um Fachpersonen Operationstechnik die Wahrnehmung von Strahlenschutzaufgaben zu ermöglichen, wurden leider nicht umgesetzt. Dadurch ist es dieser Berufsgruppe weiterhin nicht gestattet, Funktionen im Bereich des Strahlenschutzes auszuüben.

Auf der Ebene der beruflichen Grundbildung wurden die Vernehmlassungen zu den Verordnungen über die berufliche Grundbildung für Dentalassistentin EFZ / Dentalassistent EFZ und für Medizinische Assistentinnen EFZ / Medizinische Assistenten EFZ unter Beteiligung der Abteilung Strahlenschutz abgeschlossen.

Damit sind die Vernehmlassungen aller für den Strahlenschutz relevanter Berufsgruppen auf Ebene HF und beruflicher Grundbildung abgeschlossen. Die Abteilung Strahlenschutz verfolgt die praktische Umsetzung dieser Ausbildungen aktiv. Insbesondere nimmt sie Einsitz in verschiedenen Prüfungskommissionen.

In der teilrevidierten Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung, welche auf den 1. Januar 2008 in Kraft getreten ist, wurden die Weiterbildungskurse für me-

dizinische Praxisassistentinnen für erweiterte konventionelle Aufnahmetechniken (dosisintensives Röntgen), deren bisherige Anforderungen sich als zu restriktiv erwiesen hatten, angepasst. Die beiden Berufsverbände für medizinische Praxisassistentinnen BSMPA und SVA bieten unter ihrer Trägerschaft entsprechende vom BAG bewilligte Ausbildungen an. Damit existiert in allen Landesteilen eine gute Weiterbildungsmöglichkeit für Praxisassistentinnen, die es Ärzten erlaubt, die Durchführung von dosisintensiven Röntgenaufnahmen (ohne CT und Durchleuchten) an kompetent ausgebildetes Personal zu delegieren.

Die Empfehlungen für die Strahlenausbildung in der Weiterbildung der radiologischen Fachdisziplinen Radiologie, Radioonkologie und Nuklearmedizin, welche auf einer 2008 durchgeführten Erhebung des BAG basieren, wurden zum grössten Teil übernommen. Das BAG nimmt als Experte an den für den Strahlenschutz relevanten Prüfungen teil. Weiter überarbeitet eine Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der Schweizerischen Gesellschaft für Radioonkologie und dem BAG, die Strahlenschutz Ausbildung in der Fachdisziplin Radioonkologie.

Aufgrund einer analogen Erhebung zur Strahlenschutz Ausbildung von Medizinphysikern wurde ebenfalls eine Arbeitsgruppe aus Vertretern des Berufsverbandes für Medizinphysiker, Ausbildungsinstitutionen und dem BAG gegründet. Ziel ist, die Strahlenschutz Ausbildung der Medizinphysiker auf den neuesten Stand der Entwicklung zu bringen und zu vereinheitlichen.

In Zusammenhang mit der Revision der grundlegenden europäischen Richtlinie 96/29/Euratom bestehen auf europäischer Ebene zurzeit grosse Bestrebungen zur Harmonisierung und gegenseitigen Anerkennung von Strahlenschutz Ausbildungen,

die die Abteilung Strahlenschutz durch Teilnahme an Konferenzen und Beteiligung an Arbeitsplattformen mitverfolgt. Wegen der niedrigen Sprachbarriere gegenüber dem benachbarten Ausland und dem attraktiven Arbeitsmarkt stellen ausländische Arbeitskräfte im medizinischen Bereich einen massgeblichen Anteil der Mitarbeiter. In diesem Sinne wären eine Harmonisierung der Anforderungen an die Strahlenschutz Ausbildung und die Festlegung von Kriterien zur gegenseitigen Anerkennung auf europäischer Ebene zu begrüssen.

### Forschungsanlagen

#### Strahlenschutz am CERN

Das CERN ([www.cern.ch](http://www.cern.ch)) ist eine europäische Organisation für Kernforschung. Diese Organisation, die mehrere bedeutende Beschleuniger betreibt, befindet sich bei Genf auf schweizerischem und französischem Gebiet. Das BAG auf schweizerischer und die Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN) auf französischer Seite sind für die Überwachung der Anlagen des CERN und der damit verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt zuständig.

Die französischen und schweizerischen Behörden haben sich verschiedentlich mit den Strahlenschutzsachverständigen des CERN getroffen. In Zukunft sollen die bisherigen bilateralen Vereinbarungen über den Strahlenschutz und die Sicherheit von radiologischen Anlagen zwischen dem CERN und den betroffenen Ländern, das heisst mit Frankreich und der Schweiz, durch «tripartite» Abkommen ersetzt werden. In diesen Abkommen sollen auch die Entsorgung der radioaktiven Abfälle des CERN und verschiedene weitere Fragen zum Strahlenschutz und zur Sicherheit, die sich durch den besonderen Status des CERN als internationales Institut stellen, klarer geregelt werden. Dank dem Enga-

gement und der ausgezeichneten Zusammenarbeit aller beteiligten Parteien steht die Ausarbeitung des tripartiten Vertrages vor dem Abschluss. Der Vertrag dürfte von den Regierungen der beiden Gastgeberländer im Laufe des kommenden Jahres unterzeichnet werden.

Im Jahr 2009 organisierte das BAG in direkter Zusammenarbeit mit den französischen Behörden eine Reihe von Kontrollbesuchen beim CERN. Diese betrafen verschiedene Aspekte des Strahlenschutzes, unter anderem die Entsorgung der radioaktiven Abfälle, das Vorgehen bei Unfällen und interne Notfallpläne. Die beiden Behörden haben Empfehlungen abgegeben und das CERN eingeladen, verschiedene Änderungen und Anpassungen der Abläufe vorzunehmen, um den Strahlenschutz vor Ort zu optimieren.

Nach der Reparatur des LHC-Beschleunigers (Large Hadron Collider) infolge des Zwischenfalls im Jahr 2008, der Materialschäden am Strahlrohr verursacht und die Auswechslung mehrerer Magnete erfordern musste, konnte der LHC im November 2009 wieder in Betrieb genommen werden. Das BAG und die ASN überwachen ständig die von den Anlagen des CERN abgegebene ionisierende Strahlung und stellen sicher, dass die zum Schutz von Bevölkerung und Umwelt festgelegten Grenzwerte nie überschritten werden.

#### Strahlenschutz am PSI

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

Im Rahmen seiner Aufsichtspflicht führte das BAG mehrere Audits zum Strahlenschutz am PSI durch.

Dabei wurde insbesondere das System zur Regelung des Zugangs zu den verschiedenen Experimentierbereichen des Beschleunigers geprüft und es wurden einige geringfügige Korrekturmassnahmen angeordnet. Die vor zwei Jahren begonnenen Sanierungsarbeiten bei einigen Laboratorien wurden abgeschlossen und das BAG konnte die Bewilligung zur Handhabung offener radioaktiver Strahlenquellen in diesen Laboratorien erteilen.

Das BAG führte auch mehrere Audits zu den neuen Einrichtungen durch, die gegenwärtig entwickelt werden. Der Bau der neuen Halle für den Elektronenbeschleuniger (Swiss FEL) wurde abgeschlossen und Ende Jahr konnte mit dem Strahlrohr begonnen werden. Das PSI konnte auch zu den ersten Tests mit Protonenstrahlen auf der Quelle für ultrakalte Neutronen (UCN) übergehen. Die neue Anlage zur Behandlung von Augentumoren (OPTIS2) wurde fertiggestellt und steht nun für den Empfang der ersten Patienten bereit, nachdem das PSI alle gesetzlichen Anforderungen erfüllt hat, die für die Bewilligung zur Anwendung ionisierender Strahlen am Menschen erforderlich sind.

Am PSI kam es im Jahr 2009 zu zwei kleineren Zwischenfällen. Der erste Zwischenfall ereignete sich in einem Experimentierbereich der SINQ-Anlage. Dabei war der Neutronenstrahl versehentlich eingeschaltet worden, während sich drei Personen noch im Experimentierbereich aufhielten. Es handelte sich dabei jedoch um eine kurze Exposition in einem Bereich mit relativ geringen Dosisleistungen der Gamma- und Neutronenstrahlung, weshalb die drei Personen keiner bedeutenden Belastung ausgesetzt waren. Der zweite Zwischenfall betraf die Materialfreigabe aus einer kontrollierten Zone.

Das aus einem Experimentierbereich stammende radioaktive Material konnte vom Sicherheitsdienst beim Ausgang des PSI-Geländes sichergestellt werden. Das Verfahren für die Freigabe von Material, das aus den Experimentierbereichen stammt, war von einem externen Experimentator nicht eingehalten worden. Der Sicherheitsdienst und die Strahlenschutzgruppe konnten jedoch rechtzeitig eingreifen. Nach den beiden Zwischenfällen hat das PSI nach Absprache mit dem BAG die notwendigen Massnahmen ergriffen, um solche Ereignisse in Zukunft zu vermeiden.

Die höchsten Dosen bei Mitarbeitern des PSI wurden während des jährlichen Shutdowns der Beschleuniger gemessen. Dieser fand Anfang Januar statt und diente der Ausführung wichtiger Unterhaltsarbeiten, Reparaturen und Umbauten an den Anlagen. Die Kollektivdosis belief sich für die 141 beteiligten Personen auf 24,7 Personen-mSv. Die maximale Dosis für eine Person betrug 1,4 mSv. Das BAG überprüfte die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen im Rahmen des Verfahrens zur Freigabe von Abfällen, die aus kontrollierten Zonen stammten (rund 400 Tonnen Material). Diese Materialien konnten nach den Kontrollen und Messungen der Radioaktivität als konventionelle Abfälle entsorgt werden.

Im Laufe des vergangenen Jahres haben mehrere Kontrollen und Messungen des BAG bestätigt, dass die Mitarbeitenden des PSI, die Bevölkerung und die Umwelt keiner Dosis über den festgelegten Grenzwerten ausgesetzt waren. Kontrolliert wurden die Immissionen, die mit Abluft und Abwasser freigesetzten Emissionen sowie die direkte Strahlung des PSI. Gemäss den Ergebnissen von 2009 wurden alle Grenzwerte eingehalten. Es wurden keine Verstösse gegen die geltenden Gesetze und Verordnungen festgestellt.

## Radioaktive Abfälle und Altlasten

### Sammelaktion

In Zusammenarbeit mit der Sammelstelle des Bundes am Paul Scherrer Institut (PSI) hat das BAG im Berichtsjahr eine Sammelaktion für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung organisiert. Dabei wurden mögliche Abfalllieferanten – in der Regel sind dies Inhaber einer Bewilligung für den Umgang mit radioaktiven Stoffen – angeschrieben und aufgefordert, sich gegebenenfalls für die Abgabe radioaktiver Abfälle anzumelden. Nach einer Überprüfung der Gebinde durch Fachpersonal des PSI und dem gesetzeskonformen Transport durch ein autorisiertes Unternehmen werden die Abfälle im PSI fachgerecht zur Lagerung im Bundeszwischenlager konditioniert und verpackt. An der diesjährigen Sammelaktion nahmen Abfalllieferanten im üblichen Umfang teil. Insgesamt lieferten 26 Betriebe ein Volumen von 15.2 m<sup>3</sup> mit einer Gesamtmasse von ca. 13.7 t an radioaktiven Abfällen ab. Dies entspricht einer leichten Zunahme des Abfallvolumens gegenüber dem Vorjahr. Der Rückbau einer Anlage sowie einige grössere Anlieferungen aus der Uhrenindustrie führten zu diesen relativ grossen Volumina.

Insgesamt wurden 17.5 TBq (Tera-Becquerel) Abfall entgegengenommen, im Vorjahr war die abgelieferte Gesamtaktivität ca. 100-mal höher (1.24 PBq). Die Tritium-Abfälle (H-3) machen ca. 99% der ans PSI gelieferten Aktivität aus. Lediglich 7.7 GBq entfielen auf Alpha-Strahler. Gegen Ende des Jahres wurden noch geringe Abfallmengen ans PSI geliefert. Diese Lieferungen konnten nicht in die Bilanz einbezogen werden.

Die im letzten Jahr eingeführten Abläufe haben sich bewährt, und die Abwicklung der Sammelaktion 2009 verlief im Allgemeinen reibungslos.

### Einsammlung von Kleinmengen

Das BAG sammelt Kleinmengen radioaktiver Abfälle (bis 1 Liter Volumen und begrenzter Aktivitätsmenge) auch direkt bei Privatpersonen und im Rahmen der Aufsichtstätigkeit auch in Firmen und öffentlichen Institutionen ein. Für diese unkomplizierte Entsorgungsmöglichkeit wird den Abfalllieferanten lediglich eine bescheidene Entsorgungsgebühr in Rechnung gestellt. Damit kann gewährleistet werden, dass auch diese Kleinmengen fachgerecht entsorgt und nicht in den Hauskeim gelangen. Im Berichtsjahr konnten ca. 150 Strahlenquellen eingesammelt und entsorgt werden. Bei den Strahlenquellen handelt es sich unter anderem um Flugzeug-Bordinstrumente, Radiumtrinkkuren, Blitzableiter, Mineralien und Brandmelder.

### Einsammlung von Unterrichtsquellen in der Stadt Genf

In Zusammenarbeit mit der kantonalen Bildungsdirektion konnten bei fünf Mittelschulen der Stadt Genf insgesamt 35 radioaktive Quellen, die im Unterricht nicht mehr verwendet werden, eingesammelt werden. Die eingesammelten Quellen werden im Rahmen der nächsten Sammelaktion 2010 vom BAG an die Sammelstelle des Bundes geliefert.

### Beurteilung

Das BAG stellt fest, dass dem Strahlenschutz in den Betrieben mit Anwendung ionisierender Strahlung gegenwärtig die nötige Aufmerksamkeit zukommt. Diese wird unterstützt durch Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten anlässlich von Betriebsaudits der Aufsichtsbehörde, aber auch durch wirkungsorientierte Projekte,

welche im jeweiligen Anwendungsgebiet Massnahmen zur Dosisoptimierung aufzeigen und die Wahrnehmung der Selbstverantwortung bezüglich Strahlenschutz fördern sollen.

Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich Strahlenexposition von Patienten und Personal bestehen nach wie vor im Bereich der dosisintensiven Untersuchungen mit Computertomographen und bei Durchleuchtungen in der interventionellen Radiologie wie z. B. der Kardiologie. In der Nuklearmedizin muss ein besonderes Augenmerk auf Anwendungen gerichtet werden, deren Frequenzen gegenwärtig stark zunehmen, wie dies bei PET-CT Untersuchungen der Fall ist.

# Radon

## Einführung

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat neue Richtlinien im Zusammenhang mit der Radonbelastung in Wohnräumen publiziert (WHO Handbook on Indoor Radon, 2009). Es wird ein Referenzwert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  empfohlen, was einem Zehntel des in der Schweiz geltenden Grenzwerts entspricht. Damit soll das Risiko, dass durch die Radonbelastung in Wohn- und Aufenthaltsräumen Lungenkrebs ausgelöst wird, auf ein Minimum beschränkt werden. Wenn dieser Referenzwert nicht erreicht werden kann, sollte die Belastung zumindest  $300 \text{ Bq/m}^3$  nicht überschreiten, was gemäss neuem Bericht der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) etwa  $10 \text{ mSv}$  pro Jahr entspricht (ICRP-Bericht 2009: [www.icrp.org/icrp\\_radon.asp](http://www.icrp.org/icrp_radon.asp)). Die ICRP bestätigt somit eine Risikozunahme um rund einen Faktor 2. Zudem sind dosimetrische Berechnungen im Gange, um die interne Exposition, die auf die Radoninhalation zurückzuführen ist, nach derselben Methodologie wie die anderen Radionuklide zu präzisieren. Wenn man eine Verdoppelung des Risikos annimmt, verändert sich die jährliche durchschnittliche Exposition der Schweizer Bevölkerung von  $1.6 \text{ mSv}$  auf  $3.2 \text{ mSv}$ .

Der Referenzwert von  $300 \text{ Bq/m}^3$  ist ausserdem im Endprojekt der Basic Safety Standards (BSS) von der Europäischen Union enthalten.

In jüngerer Zeit wurden zahlreiche Studien zur Schätzung des Lungenkrebsrisikos bei einer langfristigen Radonbelastung in Wohnräumen durchgeführt. Die Referenzstudie (Darby et al., 2006) fasst die Ergebnisse von 13 europäischen Untersuchungen zusammen. Daraus geht hervor, dass das Risiko der Radonbelastung in Wohnräumen grösser ist, als es die Hochrechnungen der Risiken von Bergarbei-



tern in Uranminen vermuten liessen. Die Mehrzahl der mit Radon in Verbindung gebrachten Lungenkrebsfälle trat in Regionen mit geringem oder mittlerem Risiko auf, die viel dichter besiedelt sind als Regionen mit hohem Risiko. Damit ist die Radonproblematik in der Schweiz nicht mehr wie bisher nur auf Regionen mit hohem Risiko beschränkt, sondern ist ein Gesundheitsproblem, das die ganze Schweiz betrifft.

## Messungen und Kartierung

Das BAG wird auf der Grundlage der neuen internationalen Richtlinien einen Aktionsplan zur Strategie für die kommenden zehn Jahre ausarbeiten und diesen dem Bundesrat im Jahr 2010 vorlegen. Die Einführung der neuen Referenzwerte der WHO ( $100$  und  $300 \text{ Bq/m}^3$ ) in der Schweiz ist insbesondere im Hinblick auf die europäische und internationale Harmonisierung eines der zentralen Themen, die diskutiert werden müssen. Die gegenwärtig geltenden, in der Strahlenschutzverordnung (StSV) festgelegten Grenz- und Richtwerte betragen für Radongaskonzentrationen in Wohn- und Aufenthaltsräumen  $1000 \text{ Bq/m}^3$  bzw.  $400 \text{ Bq/m}^3$  bei Neu- und Umbauten sowie Sanierungen.

Um die Radonbelastung in Wohn- und Aufenthaltsräumen sowie in Arbeitsbereichen zu kennen, müssen die Kantone eine genügende Anzahl von Messungen der Radonkonzentration in ihrem Gebiet durchführen (Art. 115 StSV). Diese Messungen dienen dazu, ein Kataster zu erstellen, dessen Daten zugänglich gemacht und aktualisiert werden sollen.

Die Karte zum Radonrisiko in der Schweiz wurde im September 2004 fertig gestellt. Die Beteiligung der Gemeinden und Kantone war bei der Klassifizierung entscheidend. Das mit den Kantonen abgesprochene Vorgehen bestand in der Messung von mindestens 20 Häusern pro Gemeinde nach bestimmten Auswahlkriterien (eher ältere Einfamilienhäuser mit Naturkeller).

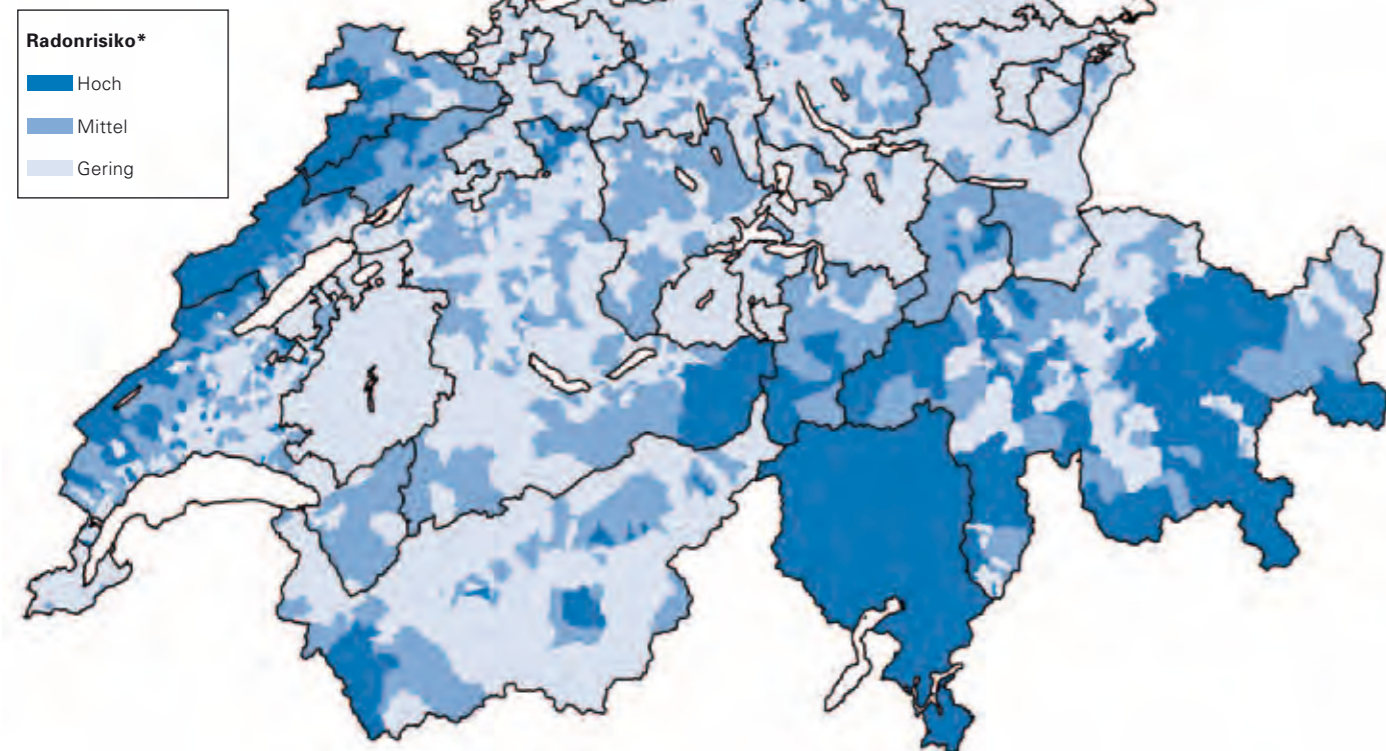
Die Karte ist nach den Mittelwerten ( $\mu$ ) der Radonkonzentrationen, die auf Gemeindeebene gemessen wurden, in drei Zonen eingeteilt:

- Regionen mit hohem Risiko:  $\mu > 200 \text{ Bq/m}^3$
- Regionen mit mittlerem Risiko:  $100 \text{ Bq/m}^3 < \mu < 200 \text{ Bq/m}^3$
- Regionen mit geringem Risiko:  $\mu < 100 \text{ Bq/m}^3$

In einem zweiten Schritt werden gründliche Messkampagnen mit einer Abdeckrate, die dem ermittelten Radonrisiko entspricht, organisiert. Dabei sollten sich die Messungen auf potenziell besonders betroffene Arten von Bauten konzentrieren, damit möglichst viele Grenzwertüberschreitungen gefunden und schnell geeignete Massnahmen zum Schutz der Gesundheit der Personen, die diese Gebäude bewohnen, getroffen werden können.

Im Winter 2009/2010 wurden insbesondere in den Kantonen Aargau, Basel-Stadt, Bern, Glarus, Neuenburg, Nidwalden, Schwyz, Tessin und Wallis Radon-Messkampagnen durchgeführt. Figur 7 gibt die aktuelle Radonkarte wieder. Sie beruht auf fast  $110'000$  gemessenen Gebäuden, von denen  $2500$  eine Überschreitung des Grenzwerts von  $1000 \text{ Bq/m}^3$  aufzeigten. In der Karte sind die am stärksten von der Radonproblematik betroffenen Regionen ersichtlich (Tessin, Graubünden und Jura-gebiet). Aufgrund der Strategie, in erster Linie Fälle mit Grenzwertüberschreitungen zu finden, um die Risiken für die einzelnen betroffenen Personen zu beschränken, ist die Verteilung der Messungen über die Schweiz ziemlich inhomogen. Es liegen für bestimmte Regionen noch zu wenig Daten vor, um das Radonrisiko sicher zuweisen zu können. Das BAG ermuntert die Kantone jedes Jahr, die als ungenügend erachteten Kataster zu vervollständigen, damit diese Lücken geschlossen werden können.

Figur 7:  
Radonkarte der Schweiz  
(Wohn- und Aufenthaltsräume), Stand: Februar 2010,  
Quelle: GG25 © Swisstopo



\* Bemerkung: In einigen Gemeinden wird das Radonrisiko aufgrund ungenügender Messungen geschätzt, siehe in der «Suchmaschine nach Gemeinde» auf [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch).

Die Qualität der Messungen wird durch das BAG sichergestellt. Dieses ist zuständig für die Anerkennung und Überwachung der Messstellen gemäss den technischen Anforderungen und den Verfahren für die Qualitätssicherung, die vom Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartement festgelegt werden (Art. 112 StSV). In der zentralen Radondatenbank (Art. 118a StSV) können Gebäude, bei denen Messungen vorgenommen wurden, sowie Sanierungsdaten erfasst werden. Dieses Werkzeug ist für die Ausrichtung der Mess- und Sanierungsstrategien sowie zur Evaluation der Wirksamkeit laufender Programme unerlässlich.

### Bauliche Vorschriften

Die Kantone haben dabei die Pflicht, Neu- und Umbauten stichprobenweise zu kontrollieren (Art. 114 StSV). Diese Massnahmen bezwecken einerseits, dass keine neuen Fälle von Grenzwertüberschreitungen entstehen, und andererseits, dass durch die baulichen Vorschriften der Kantone die Radongaskonzentration auch den Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschreitet.

### Sanierungsprogramme

In der Praxis wird der Radonproblematik in den kantonalen Bauvorschriften oder in den Bewilligungsverfahren für Baugesuche noch keineswegs konsequent Rechnung getragen. Die Zahl der von den Kantonen seit 1994 bei Neubauten stichprobenartig durchgeführten Kontrollen ist immer noch klein. Bei fast 7000 gemessenen neuen Gebäuden wurden mehr als 80 Fälle von Überschreitungen des Grenzwerts von 1000 Bq/m<sup>3</sup> festgestellt, namentlich in den Kantonen Tessin, Graubünden und Wallis.

Bei Bauten nach dem Baustandard MINERGIE-ECO®, für die ein Grenzwert von 100 Bq/m<sup>3</sup> gilt, nimmt das BAG systematisch Kontrollen vor. Die ersten Messungen bei fast 80 Gebäuden bestätigten, dass dieser Baustandard den oben erwähnten Anforderungen entspricht. Die Verbreitung des Standards im privaten Bereich sollte aufmerksam verfolgt werden. Im Übrigen werden gegenwärtig Anstrengungen unternommen, um der Radonproblematik in den Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) verstärkt Rechnung zu tragen.

Ziel des Sanierungsprogramms ist es, alle Wohn- und Aufenthaltsräume zu finden, bei denen der Grenzwert überschritten wird, und diese bis 2014 zu sanieren, wobei einfach durchzuführende und kostengünstige Lösungen zur Senkung der Radongaskonzentration unter den Richtwert entwickelt werden sollen. Die Kantone legen die Prioritäten der Sanierungen je nach Dringlichkeit der Fälle und nach wirtschaftlichen Aspekten fest (Art. 116 StSV). Im Falle von vermieteten Räumen sind die von Betroffenen geforderten Sanierungsarbeiten innerhalb einer Frist von 3 Jahren zu Lasten des Eigentümers durchzuführen (Art. 113 StSV).

Seit 1987 wurden fast 300 Pilotsanierungsprojekte zur Entwicklung und zum Testen von Methoden zur Senkung der Radonkonzentration in bestehenden Gebäuden und zur längerfristigen Evaluation der Sanierungen durchgeführt. Mithilfe dieser Studien konnten Erfahrungen zur Wirksamkeit verschiedener Methoden im Verhältnis zu den von ihnen verursachten Kosten gesammelt werden. Die Methoden bestehen hauptsächlich darin, die Eintrittspunkte des Radons abzudichten und die Druckunterschiede der Wohnraumluft gegenüber dem Gelände umzukehren, indem mit verschiedenen Techniken im Boden ein Unterdruck erzeugt wird. Oft werden durch die Kombination mehrerer Methoden die besten Ergebnisse erzielt. Die für die Umsetzung der Sanierung erforderlichen Investitionen werden auf einige Tausend Franken geschätzt.

Ausserdem verwaltet das BAG eine weltweite Erhebung der Sanierungsmethoden im Internet, welche mithilfe von Fallstudien in verschiedenen Ländern die Methoden zur Senkung der Radonkonzentration umfassend illustriert ([www.worldradonsolutions.info](http://www.worldradonsolutions.info)). Im Rahmen der Sanierungsprogramme wurden bis heute fast 2500 Überschreitungen des Grenzwerts in die schweizerische Radondatenbank aufgenommen.

### Ausbildung

Im Tätigkeitsbereich «Ausbildung» sollen die technischen Grundlagen für eine strukturierte Integration der Radonproblematik in die Ausbildungszyklen der Bauberufe bereitgestellt werden. Gegenwärtig werden die Kontakte mit den Ausbildungszentren (EIF, ETHL, ETHZ, SUPSI und USI) und dem SIA vertieft.

Das BAG hat im Januar 2000 das Radonhandbuch Schweiz veröffentlicht. Es handelt sich dabei um einen technischen Ordner, der sich in erster Linie an Architekten und Baufachleute richtet und verschiedene Methoden zur Reduktion der Radonkonzentration vorstellt. Auf der Grundlage dieses Instruments wurden in den drei Sprachregionen Weiterbildungskurse organisiert:

- Westschweiz: Fachhochschulen in Saint-Imier (2007) und Neuenburg (2008); ETHL (2009)
- Deutschschweiz: HTW Chur (2006 und 2008); Hochschule Luzern (2009)
- Tessin: SUPSI (2006 und 2007)

Auf diese Weise konnten in jeder der drei Sprachregionen fast 170 Radonsachverständige ausgebildet werden. Die Listen mit diesen Fachpersonen stehen auf den Webseiten des BAG, der Kantone und der betreffenden Ausbildungszentren zur Verfügung.

## Kommunikation

Der mit der Gesetzgebung angestrebte Anreiz bildet die Grundlage für ein Informations- und Kommunikationskonzept des BAG zur Sensibilisierung der Bevölkerung und der verschiedenen betroffenen Akteure.

Auf der Webseite [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) sind regelmässig aktualisierte allgemeine Informationen verfügbar. Mit der «Suchmaschine», die zu den meistbesuchten Seiten gehört, lässt sich das Radonrisiko jeder Gemeinde in der Schweiz ermitteln.

Folgende Broschüren, die im Internet zur Verfügung stehen, wurden an interessierte Kreise weitergegeben:

- Radon: Informationen zu einem strahlenden Thema
- Rechtliche Informationen für Immobilien- und Baufachleute
- Informationen für Bauherren zu radonsicherem Bauen und Sanieren

Der jährliche Informationstag über Radon ist eine wichtige Plattform für den Austausch zwischen den Kantonen, dem BAG und entsprechenden ausländischen Stellen über neue strategische Ausrichtungen, das Fortschreiten des Programms und angetroffene Schwierigkeiten oder für die Präsentation schweizerischer und internationaler Projekte. Um die gegenseitige Information über technische Aspekte der Messung und Sanierung zu fördern, initiierte das BAG ein jährliches Treffen (DACH) mit mehreren europäischen Ländern (Deutschland, Österreich, Frankreich, Belgien, Italien und Luxemburg).

In zwei Erhebungen wurde 1995 und 2008 der Kenntnisstand der breiten Öffentlichkeit über Radon ermittelt. Die neuere Untersuchung hat gezeigt, dass 40% der Gesamtbevölkerung schon einmal etwas von Radon gehört haben, während dieser Anteil in Regionen mit hohem Risiko fast 70% beträgt. Daraus lässt sich die Wirksamkeit der Informationskampagnen ersehen, die in diesen Regionen durchgeführt wurden. Die genauen Ergebnisse dieser Studie wurden in der ersten Nummer 2010 der Zeitschrift «Société française de radioprotection (SFRP)» publiziert.

## Schlussfolgerungen

Epidemiologische Studien stützen die wissenschaftliche Hypothese, dass ein linearer Zusammenhang zwischen Radonexposition und Lungenkrebsrisiko besteht. Dies bedeutet, dass jede auch noch so geringe Radonbelastung mit einem erhöhten Risiko für eine Erkrankung an Lungenkrebs einhergeht, wobei das Risiko pro 100 Bq/m<sup>3</sup> um etwa 10% zunimmt. Lungenkrebs ist bei Männern die häufigste Krebserkrankung mit tödlichem Ausgang und auch bei Frauen für eine steigende Zahl von Todesfällen verantwortlich. In der Schweiz sind jedes Jahr 3600 Personen betroffen. Fast 40 Prozent der Bronchialkarzinome werden bei Personen unter 65 Jahren diagnostiziert. Trotz der grossen medizinischen Fortschritte ist die Behandlung dieser Tumore noch immer schwierig. Insgesamt liegt die Überlebensrate bei diesem Krebs nach fünf Jahren bei nur knapp über 10%. Bei den Ursachen für Lungenkrebs steht Radon zwar hinter dem Rauchen; diese Gefahrenquelle betrifft jedoch die ganze Bevölkerung, und das Risiko wird bei Rauchern durch Radon zusätzlich erhöht. In der Schweiz fordert Radon jährlich fast ebenso viele Todesfälle wie der Strassenverkehr (zwischen 200 und 300 Opfer).

Dieses Risiko kann erheblich gesenkt werden. Wichtige Schritte in diese Richtung sind insbesondere die Wahrnehmung des Risikos in der Bevölkerung und die Berücksichtigung der Problematik in den Ausbildungen der Bauberufe. Die neuen WHO-Empfehlungen bedeuten für die Schweiz, dass von einem Ansatz, der in erster Linie vom individuellen Risiko ausgeht, zu einer Strategie übergegangen wird, die eher das kollektive Risiko ins Zentrum stellt. Es geht im Wesentlichen darum, die in Regionen mit hohem Risiko entwickelten Massnahmen auf die gesamtschweizerische Ebene zu übertragen, um im gesamten Gebiet eine Sensibilisierung gegenüber der Problematik zu erreichen und, wo erforderlich, eine Strategie umzusetzen, mit der das mit Radon verbundene Risiko schrittweise und effizient vermindert werden kann. Das gesamte Vorgehen und die zu treffenden Massnahmen werden in einem Aktionsplan festgehalten, der dem Bundesrat 2010 vorgelegt werden soll.



# Umweltüberwachung

## Aufgaben

### Überwachung der Umweltradioaktivität

Die Strahlenschutzverordnung (StSV) überträgt in Artikel 104 bis 106 dem BAG die Verantwortung für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität in der Umwelt.

Das umgesetzte Überwachungsprogramm besteht aus mehreren Teilen. Ziel ist einerseits der schnelle Nachweis jeder zusätzlichen radioaktiven Belastung künstlichen Ursprungs, die schwerwiegende Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung haben kann (Strahlenunfall). Mit dem Überwachungsprogramm sollen andererseits auch die Referenzwerte für die Umweltradioaktivität in der Schweiz und deren Abweichungen bestimmt werden, damit die Strahlendosen, denen die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist, ermittelt werden können. Dieser so genannte allgemeine Teil umfasst zudem die Messung der Kontaminationen infolge der oberirdischen Kernwaffenversuche der USA und der Sowjetunion in den 50er- und 60er-Jahren sowie des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

Mit der Überwachung müssen sich ausserdem die effektiven Auswirkungen von Kernanlagen, Forschungszentren und Unternehmen, die radioaktive Substanzen einsetzen, auf die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung feststellen lassen. Diese spezifische Überwachung, die sich auf Anlagen bezieht, die über eine streng beschränkte Bewilligung zur Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt verfügen, erfolgt in Zusammenarbeit mit den betreffenden Aufsichtsbehörden, das heisst mit dem eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) für die Kernkraftwerke und der Suva für die Industriebetriebe. Sie beginnt mit der Überwachung der Emissionen (effektive Freisetzung von radioaktiven Stoffen) dieser Unternehmen und setzt sich danach mit der Kontrolle der Immissionen (effektiv gemessene Konzentrationen) in der Umwelt fort.



Um allen diesen Zielen nachzukommen, erstellt das BAG jährlich ein Probenahme- und Messprogramm in Zusammenarbeit mit dem ENSI, der Suva und den Kantonen. Es koordiniert dieses Überwachungsprogramm, an dem auch andere Laboratorien des Bundes und verschiedene Hochschulen beteiligt sind. Das BAG sammelt und wertet die Daten aus und veröffentlicht jährlich die Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung zusammen mit den für die Bevölkerung daraus resultierenden Strahlendosen.

## Messprogramm

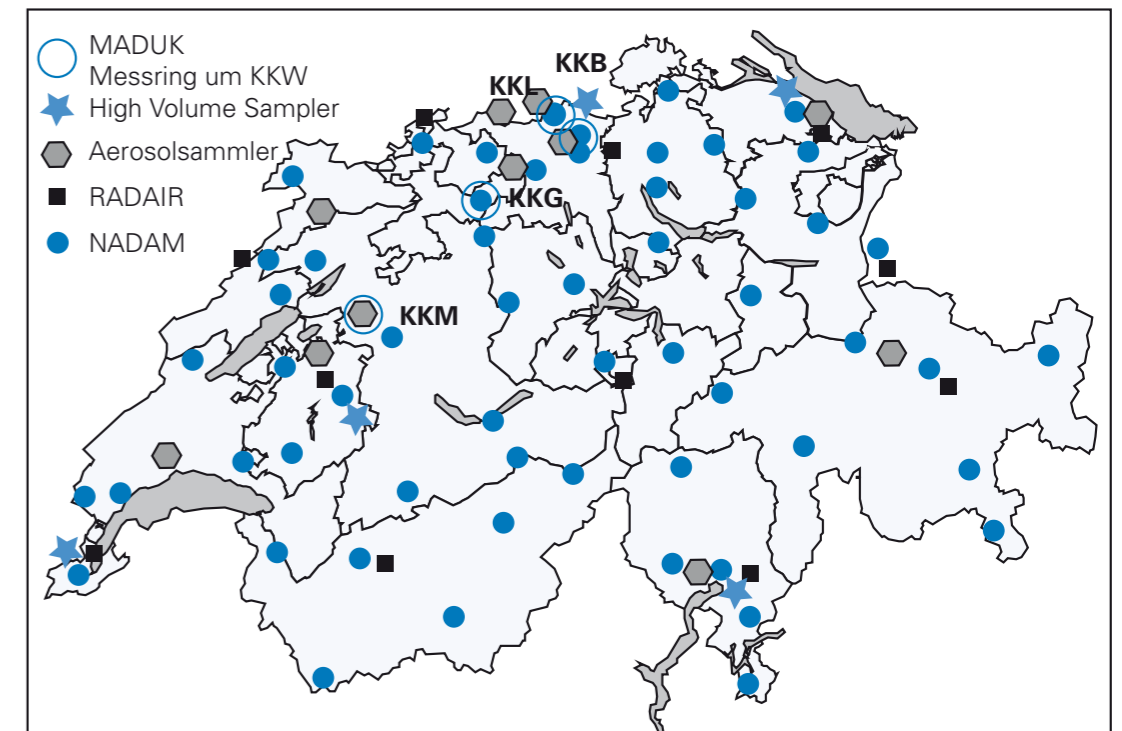
Das Überwachungsprogramm umfasst zahlreiche Umweltbereiche von der Luft über Niederschläge, Boden, Gras, Grundwasser und Oberflächengewässer, Trinkwasser und Sedimente bis zu Nahrungsmitteln. Messungen vor Ort (In-situ-Gammaspektrometrie), mit denen sich die auf dem Boden abgelagerte Radioaktivität direkt erfassen lässt, vervollständigen diese Analysen. Mit Untersuchungen der Radioaktivität im menschlichen Körper werden auch Kontrollen am Ende der Kontaminationskette durchgeführt.

Ergänzt wird dieses allgemeine Programm durch Analysen von Stichproben in den Kernanlagen während kontrollierten Abgaben sowie in Abwässern aus Kläranlagen, Deponien und Kehrlichtverbrennungsanlagen.

Automatische Messnetze (Figur 8) erfassen die Dosisleistung im ganzen Land (NADAM = Messnetz zur Bestimmung der

Dosisleistung), in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK = Messnetz in der Umgebung der Kernanlagen zur Bestimmung der Dosisleistung) sowie die Radioaktivität der Aerosole (RADAIR = Messnetz zur Bestimmung der Radioaktivität in der Luft). Von Aerosolen, Niederschlägen und Flusswasser werden kontinuierlich Proben entnommen, die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Eine Auswahl der Ergebnisse ist auf dem Internet verfügbar unter [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch). Die Messprogramme sind vergleichbar mit denjenigen unserer Nachbarländer. Die Methoden für die Probenentnahme und die Messprogramme entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die Qualitätskontrolle erfolgt durch eine regelmässige Teilnahme der Laboratorien an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen.

Figur 8:  
Messnetze zur  
Überwachung der Luft  
(Dosisleistung und  
Aerosole) in der Schweiz



**Tätigkeiten und Ergebnisse**

**Überwachung in der Umgebung von Kernanlagen**

Bei den Kernkraftwerken werden die Grenzwerte für die Emissionen radioaktiver Stoffe durch die Bewilligungsbehörde so festgelegt, dass niemand, der in der Umgebung wohnt, eine Dosis von mehr als 0.3 mSv pro Jahr erhalten kann (einschliesslich direkte Strahlung). Der Betreiber muss seine Emissionen erfassen und dem ENSI mitteilen. Die den Behörden gemeldeten Abgaben werden regelmässig durch parallele Messungen von Betreibern, ENSI und BAG an Aerosol- und Iodfiltern sowie Abwasserproben überprüft. Die verschiedenen Kontrollen haben bestätigt, dass die schweizerischen Kernkraftwerke die Jahres- und Kurzzeitabgabegrenzwerte 2009 eingehalten haben.

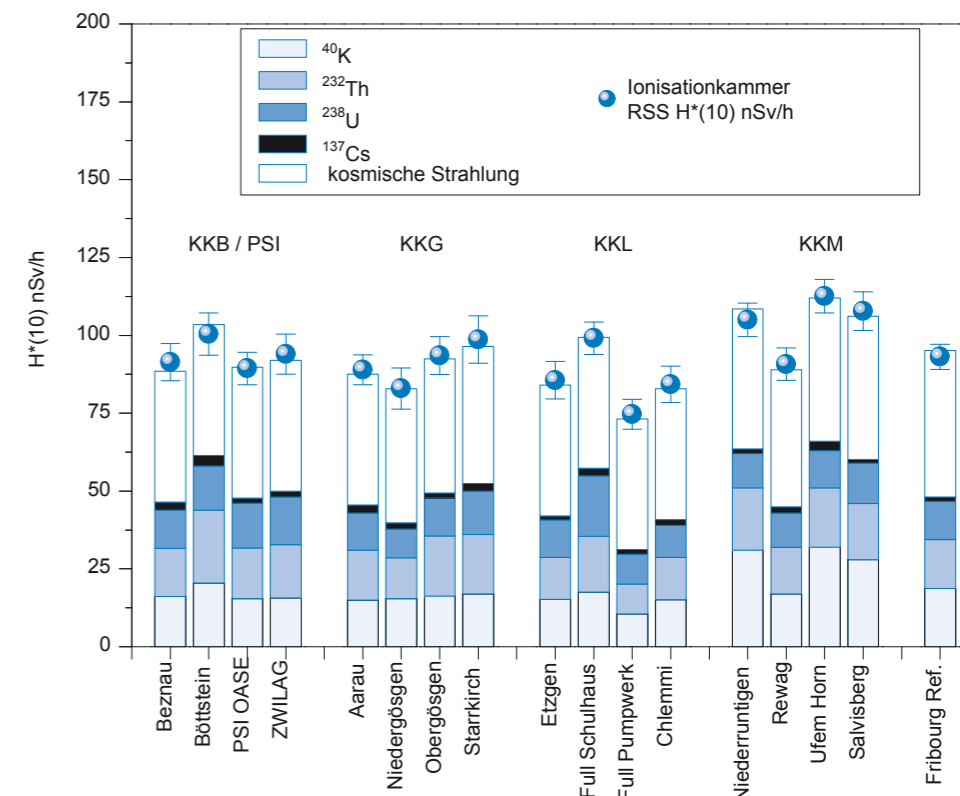
Die Ergebnisse des Überwachungsprogramms der Immissionen, das vom BAG in der Umgebung der Kernkraftwerke organisiert wird, zeigen für 2009 nur einen geringen Einfluss auf die Umwelt. Mit hochempfindlichen Messmethoden konnten Spuren der Abgaben an die Atmosphäre festgestellt werden, etwa erhöhte Werte für Kohlenstoff-14 im Laub (maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation von rund 110 Promille in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt). Zur Orientierung: Eine zusätzliche Kohlenstoff-14-Aktivität von 100 Promille in den Lebensmitteln würde zu einer zusätzlichen jährlichen Dosis von einem Mikrosievert führen. In den Flüssen sind die Auswirkungen der flüssigen Abgaben der Kernkraftwerke namentlich im Fall der Kobalt-Isotope sowie beim Mangan-54 in Wasser und Sedimenten messbar. Leicht erhöhte Tritium-Werte im Bereich von 5 bis 8 Bq pro Liter ergaben sich sporadisch

in der Aare und im Rhein. Spuren von Kobalt-60 wurden in einer Grasprobe, die in der Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg entnommen wurde, nachgewiesen (Aktivität von  $0,7 \pm 0,2$  Bq pro Kilo Frischmasse). Wie in Figur 9 ersichtlich, wurde dieses Isotop jedoch weder bei Laboranalysen von Bodenproben noch bei In-situ Gammasspektrometrie-Messungen in der Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg gefunden. Die zusätzlich bei einem Dutzend weiteren Grasproben desselben Sektors durchgeführten Analysen haben bestätigt, dass es sich um eine minimale und räumlich begrenzte Ablagerung handelt, die von früheren Kontaminationen stammt. Die Messungen zur Radioaktivität in den Lebensmitteln zeigten keinen Einfluss der Kernkraftwerke.

Gemäss Figur 9 ergaben die Umweltmessungen mit Ausnahme der erwähnten Beispiele keine Unterschiede gegenüber Orten ausserhalb des Einflussbereichs der Kernkraftwerke. Die natürliche Radioaktivität dominiert demnach, und die messbaren Kontaminationen sind vorwiegend eine Folge der Kernwaffenversuche in den 60er-Jahren und des Reaktorunfalls in Tschernobyl (Cäsium-137).

Im Vergleich zur Belastung durch natürliche Quellen oder medizinische Anwendungen führen die Emissionen der Kernkraftwerke für die Bevölkerung nur zu sehr geringen Strahlendosen. Trotzdem gebietet der Grundsatz der Optimierung, dass die Kontrollen und die Studien sorgfältig weitergeführt werden, um den verschiedenen wissenschaftlichen und gesetzlichen Zielsetzungen Rechnung zu tragen und die Öffentlichkeit optimal informieren zu können.

**Figur 9:** Beiträge zur Ortsdosis ( $H^*(10)$ ) durch die verschiedenen Radionuklide, die vom BAG 2009 an verschiedenen Stellen in der Umgebung der Schweizer Kernkraftwerke sowie in Freiburg gemessen wurden. Diese Beiträge wurden ausgehend von Messungen durch In-situ-Gammasspektrometrie berechnet. Ausserdem ist das Ergebnis der direkten Messung der Gesamtortsdosis mit Hilfe einer Ionisationskammer dargestellt. Damit lässt sich die Zuverlässigkeit der Methode abschätzen.



**Überwachung der Forschungszentren**

Was das CERN betrifft, hat die interne Emissionskontrolle der Anlagen durch die Sicherheitskommission des CERN gezeigt, dass die tatsächlichen Abgaben 2009 ebenfalls deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten lagen. Dies bestätigt auch das unabhängige Überwachungsprogramm des BAG, das in der Umgebung des Forschungszentrums durchgeführt wurde. Die Messergebnisse zeigten vereinzelt Spuren der Radionuklide Natrium-24 und Iod-131 in der Luft, die in den Beschleunigern des CERN erzeugt werden. Die Strahlenbelastung durch das CERN ist für die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung nach wie vor gering, da die maximalen Aktivitäten der Radionuklide, die auf die Tätigkeit des CERN zurückzuführen sind, weniger als 1 Prozent des in der Schweiz geltenden Immissionsgrenzwerts erreichen.

Die Ergebnisse der Überwachung am Paul Scherrer Institut durch das BAG wurden bereits im Abschnitt «Grossanlagen» auf Seite 21 des vorliegenden Berichts aufgeführt.

**Tritium aus der Industrie**

Auch Industriebetriebe setzen radioaktive Stoffe ein. Tritium ist in der Schweiz das am häufigsten industriell verwendete Radionuklid. In gewissen Unternehmen wird zum Beispiel Tritium zur Herstellung von Tritiumgas-Leuchtquellen oder von radioaktiven Markern für die Forschung verwendet. Die Produktion von Tritium-Leuchtfarbe für die Uhrenindustrie wurde 2008 dagegen eingestellt. Gelegentlich kommen weitere Radionuklide zum Einsatz, aber nur in sehr geringen Mengen. Diese Unternehmen sind ebenfalls verpflichtet, ihre Emissionen der Aufsichtsbehörde zu melden. In den letzten Jahren erreichten diese Abgaben 10 bis 30% der Grenzwerte. Das BAG führt ein spezifisches Überwachungsprogramm zur Kontrolle der Immissionen in der Umgebung dieser Betriebe durch. Auf Tritium untersucht werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit und Gewässer.

In der Nahumgebung von Betrieben, die Tritium verarbeiten, wurde 2009 für dieses

Radionuklid eine maximale Konzentration von 3000 Bq pro Liter in den Niederschlagsproben aus der Nähe der Firma mb-microtec in Niederwangen/BE registriert (zweiwöchentliche Probe, Jahresmittelwert von 760 Bq pro Liter). Dieser Wert entspricht ca. 25% des Immissionsgrenzwertes der Strahlenschutzverordnung für öffentlich zugängliche Gewässer. Die Werte nehmen mit zunehmender Distanz deutlich ab, weshalb die Niederschläge in der weiteren Umgebung lediglich noch einige Bq Tritium pro Liter aufweisen. In der Umgebung der Firma mb-microtec wurden auch Proben von Milch sowie von verschiedenen Früchten und Gemüsen untersucht. Die Analysen ergaben, dass der Toleranzwert für Tritium von 1000 Bq pro Liter nicht überschritten wurde. Konkret lagen die Tritiumkonzentrationen in den Destillaten der geprüften Produkte in einer Bandbreite von 13 bis 30 Bq pro Liter für Milch (5 Stichproben) und zwischen 13 und 80 Bq pro Liter für Früchte und Gemüse (6 Stichproben).

Seit rund zehn Jahren nahm die Zahl der Tritiumleuchtfarbensetzateliers in der Region von La Chaux-de-Fonds ständig ab und 2008 wurde schliesslich der Betrieb der letzten Setzateliers eingestellt. Die Überwachung der Abwässer der betreffenden Kehrlichtverbrennungs- und Kläranlagen auf Tritium wurde dennoch auch 2009 beibehalten. Die Messergebnisse bestätigten den allgemeinen Trend einer ständigen Abnahme.

#### Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen Iod-131 verwendet, in geringeren Mengen kommen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken auch andere Radionuklide zum Einsatz. Bei der Iod-Therapie dürfen Patienten, die mit weniger als 200 MBq (1 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 Zimmern isoliert werden. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziellen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach Abklingen unter die bewilligten Immissionsgrenzwerte an die Umwelt abgegeben. Nach Art. 102 der Strahlenschutzverordnung darf die Konzentration von Iod-131 bei der Abgabe in öffentlich zugängliche Gewässer 10 Bq pro Liter nicht übersteigen. Im Rahmen der Umgebungsüberwachung werden wöchentliche Sammelproben von Abwasser aus den Kläranlagen der grösseren Agglomerationen auf Iod-131 untersucht. Die Messungen haben gezeigt, dass in den Abwasserproben manchmal Spuren von Iod-131 nachweisbar sind, diese jedoch deutlich unter den Immissionsgrenzwerten gemäss Strahlenschutzverordnung liegen.

#### Allgemeine Überwachung: Luft, Niederschläge, Gewässer, Boden, Gras sowie Milch und andere Lebensmittel

Das automatische Überwachungsnetz für die Radioaktivität der Luft (RADAIR) hat die Aufgabe, bei einer Zunahme der Radioaktivität in der Atmosphäre rasch zu alarmieren. Dank einer guten Wartung funktionierte das Netz 2009 ohne Unterbruch. Parallel zum Warnsystem RADAIR betreibt das BAG ein Netz von Hoch-Volumen-Aerosolsammlern zur Bestimmung der effektiven Radioaktivitätswerte in der Luft. Die Ergebnisse dieser Messungen sind auf dem Internet verfügbar ([www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)) und zeigen, dass die Radioaktivität der Luft vorwiegend auf natürliche Radionuklide zurückgeht, namentlich auf Beryllium-7, Blei-210 sowie weitere Folgeprodukte der natürlichen Uran-Zerfallsreihe (Radon-Zerfallprodukte). Bei den Niederschlägen ist die Radioaktivität hauptsächlich auf Beryllium-7 und Tritium – beides Produkte der kosmischen Strahlung – zurückzuführen. In den Flüssen beträgt der natürlich bedingte Tritiumgehalt in der Regel wenige Bq pro Liter.

Auch beim Erdboden, einem guten Integrator für sämtliche Ablagerungen aus der Luft, dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen und das Kalium-40. Die künstlichen Isotope zeigen regionale Unterschiede, die mit der unterschiedlichen Ablagerung aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Tschernobyl-Reaktorunfall zusammenhängen. In den Alpen und Südalpen sind die Werte von Cäsium-137 (siehe Figur 10) und Strontium-90 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.

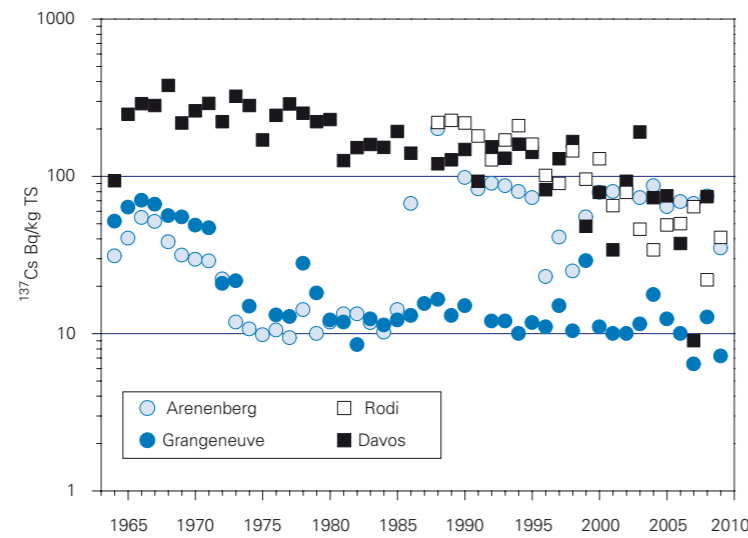
Auch in Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche Kalium-40. Künstliche Radionuklide wie Cäsium-137 oder Strontium-90 (siehe Fig. 11), die von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden, sind im Gras nur noch in Spuren vorhanden. Die regionale Verteilung ist dabei ähnlich wie im Boden. Die Getreideproben zeigten keine nennenswerten Aktivitäten. Bei der Kuhmilch lag der Cäsium-137-Gehalt meist unter der Nachweisgrenze; eine Überschreitung des bei 10 Bq pro Liter festgelegten Toleranzwerts dieses Radionuklids für Milch wurde aber dennoch festgestellt. Die entsprechende Probe wurde in den Tessiner Alpen erhoben, das heisst in dem Gebiet

der Schweiz, das vom radioaktiven Niederschlag nach dem Tschernobyl-Unfall am stärksten betroffen war.

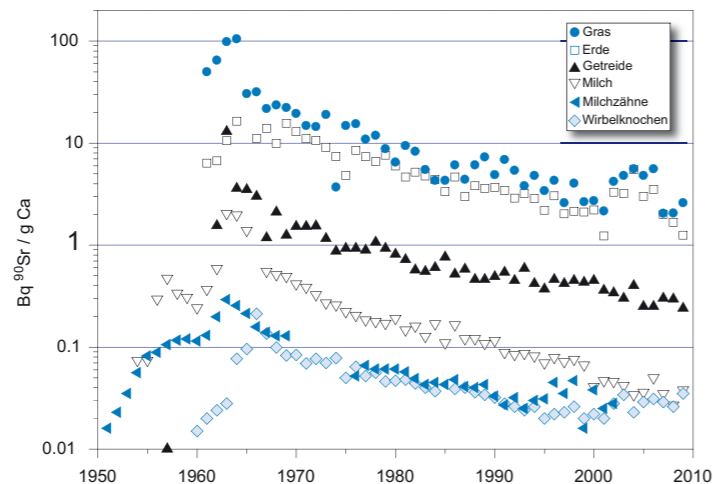
Cäsium-137-Konzentrationen, die wenig über 10 Bq/kg lagen, wurden auch in einigen Honigproben aus dem Tessin (Maximum 16 Bq/kg) und aus Österreich (Import; Maximum 50 Bq/kg) gemessen. Bei einheimischen und importierten Wildbeeren (Heidelbeeren und andere) wurde der neue Toleranzwert von 100 Bq/kg nicht überschritten. Hingegen zeigten die meisten Wildbeerenproben aus Osteuropa eine Strontium-90-Konzentration sehr nahe am Toleranzwert von 1 Bq/kg oder darüber. Gewisse einheimische Pilze wie Röhrlinge und Zigeunerpilze wiesen noch einen erhöhten Cäsium-137-Gehalt auf. Eine einheimische Maronenröhrlingsprobe lag mit einer Aktivität von 1300 Bq/kg gar über dem Grenzwert von 1250 Bq pro kg. Alle gemessenen importierten Pilze lagen unterhalb des Toleranzwertes.

Die erwähnten Überschreitungen von Toleranz- und Grenzwerten sind alle eine Folge der bekannten Umweltbelastungen durch die oberirdischen Atombombentests und den Tschernobyl-Unfall. Wenn 2009 mehr Fälle bekannt wurden als in früheren Jahren, liegt dies vor allem an häufigeren Kontrollen und nicht an einer Erhöhung der radioaktiven Belastung von Lebensmitteln.

**Figur 10:**  
Cäsium-137 (in Bq/kg Trockenmasse) in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964-2009)



**Figur 11:**  
Strontium-90 in verschiedenen, zwischen 1950 und 2009 entnommenen Proben



**Messungen am menschlichen Körper**

Die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung lässt sich durch Ganzkörpermessungen und die Analyse des Strontium-90-Gehalts in Milchzähnen und Wirbelknochen von Menschen bestimmen. Die jährlich durchgeführten Ganzkörpermessungen an Schülerinnen und Schülern in Genf ergaben Cäsium-137-Werte, die unter der Nachweisgrenze von 10 Bq lagen. Für das natürliche Kalium-40 hingegen wurden Werte von rund 3200 Bq bei den Frauen und 4500 Bq bei den Männern gemessen. Die Strontium-90-Konzentration in den Wirbelknochen und Milchzähnen lag bei einigen Hundertstel Bq/g Kalzium (Fig. 11). Strontium wird vom menschlichen Körper ebenso wie Kalzium

in Knochen und Zähnen eingelagert. Die Wirbelknochen werden als Indikator für die Kontamination des Skeletts herangezogen, weil diese Knochen eine besonders ausgeprägte Schwammstruktur aufweisen und rasch Kalzium über das Blutplasma austauschen. An Wirbelknochen von im laufenden Jahr verstorbenen Personen lässt sich das Ausmass der Kontamination der Nahrungskette mit Strontium-90 eruieren. Die Milchzähne wiederum bilden sich in den Monaten vor der Geburt und während der Stillphase. Der Strontiumgehalt wird gemessen, wenn der Milchzahn von selbst ausfällt. Er gibt im Nachhinein einen Anhaltspunkt darüber, wie stark die Nahrungskette der Mutter zum

**Beurteilung**

Zeitpunkt der Geburt des Kindes kontaminiert war. Die in den Milchzähnen gemessenen Strontiumwerte (Fig. 11) sind deshalb nach Geburtsjahr der Kinder aufgeführt. Dies erklärt, weshalb die Kurven zu den Milchzähnen und zur Milch beinahe parallel verlaufen.

**Strahlenrisiko durch künstliche Radioaktivität in der Umwelt klein geblieben**

In der Schweiz lagen 2009 die Radioaktivitätswerte in der Umwelt sowie die Strahlendosen der Bevölkerung aufgrund künstlicher Strahlenquellen wie in den Vorjahren unter den gesetzlichen Grenzwerten. Das entsprechende Strahlenrisiko kann daher als klein eingestuft werden.

Bei der natürlichen und der künstlichen Umweltradioaktivität bestehen regionale Unterschiede. Die natürliche Radioaktivität wird im Wesentlichen durch die Geologie beeinflusst, aber auch der Anteil der künstlichen Radioaktivität als Folge der Atomwaffenversuche und des Reaktorunfalls von Tschernobyl war inhomogen über das Land verteilt. Radioaktives Cäsium-137 aus Tschernobyl wurde beispielsweise vornehmlich im Tessin abgelagert und ist dort heute noch immer in vielen Proben messbar. Zu erhöhten Ablagerungen kam es

auch in höheren Lagen des Jurabogens und in Teilen der Nordostschweiz. Die gemessenen Konzentrationen nehmen aber seit 1986 kontinuierlich ab. Dennoch zeigte eine Wildpilzprobe (Maronenröhrling) aus dem Jura – mehr als 20 Jahre nach dem Unfall – eine Cäsium-137-Konzentration über dem Grenzwert.

Bei der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken sowie von Industriebetrieben und Forschungsanstalten, die mit radioaktiven Stoffen arbeiten, konnten 2009 unter anderem Spuren von Iod-131 (CERN) sowie erhöhte Konzentrationen von Kohlenstoff-14 (Kernkraftwerke) und Tritium (Tritium verarbeitende Industrie) in der Umwelt nachgewiesen werden. Die Abgaben, die zu diesen erhöhten Werten führten, lagen aber klar unterhalb der erlaubten Grenzen und haben keine Überschreitung von Immissionsgrenzwerten verursacht. Damit ist auch die zusätzliche Strahlenbelastung der örtlichen Bevölkerung aufgrund dieser Einrichtungen sehr gering geblieben. Die niedrigen nachgewiesenen Werte künstlicher Radioaktivität können als Bestätigung für die Wirksamkeit der Überwachungsprogramme gedeutet werden.

# Strahlendosen

## Aufgaben

### Grenzwerte für die Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen

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

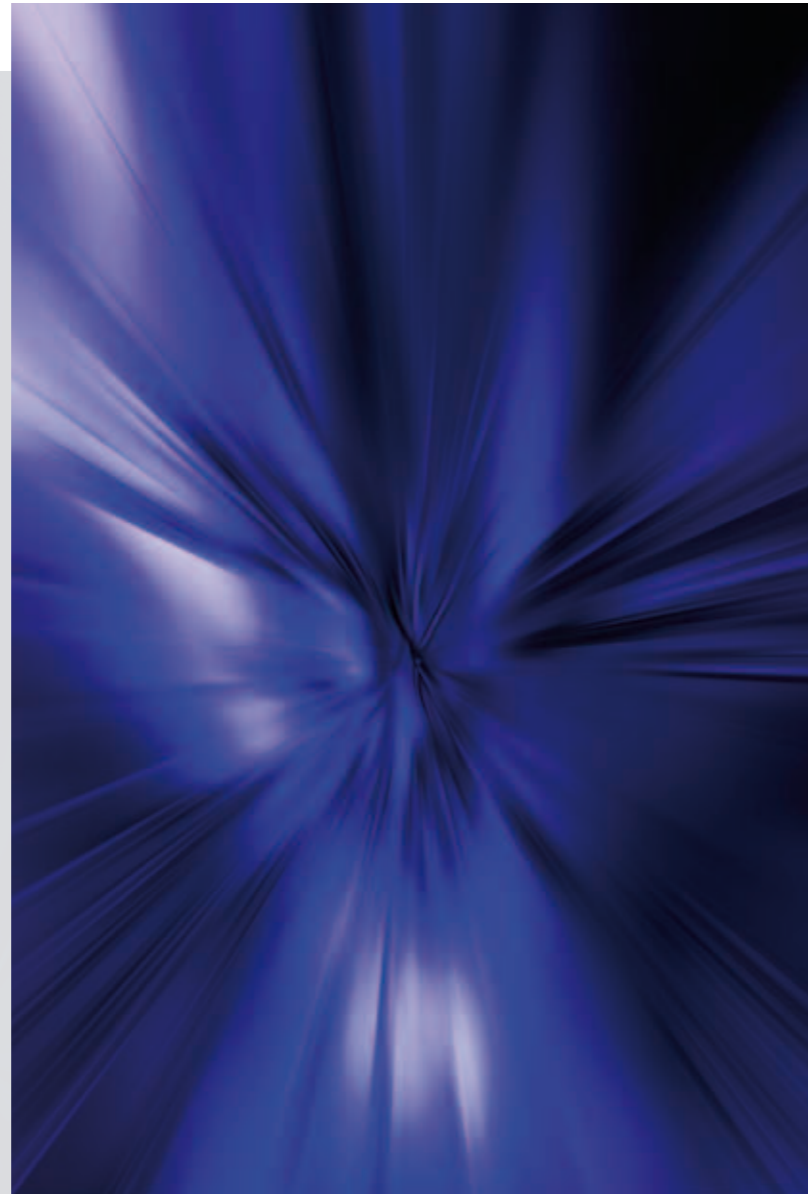


Tabelle 1:  
Dosisgrenzwerte in  
mSv pro Jahr

Dosis	Grenzwert [mSv/Jahr]
Allgemeine Bevölkerung (ohne medizinische Anwendungen und die natürliche Strahlenexposition)	1
Beruflich strahlenexponierte Personen von 16 bis 18 Jahren	5
Beruflich strahlenexponierte Personen über 18 Jahre	20
Beruflich strahlenexponierte Personen: Äquivalentdosis an der Abdomenoberfläche bei schwangeren Frauen	2
Beruflich strahlenexponierte Personen: Organdosis – Augenlinse	150
Beruflich strahlenexponierte Personen: Organdosis – Haut, Hände, Füsse	500

## Tätigkeiten und Ergebnisse

In der Schweiz tragen alle beruflich strahlenexponierten Personen bei ihrer Arbeit ein persönliches Dosimeter. Die akkumulierte Dosis wird einmal pro Monat durch eine anerkannte Dosimetriestelle ermittelt und vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) in das Zentrale Dosisregister aufgenommen. Die Ergebnisse der Dosisüberwachung bei strahlenexponierten Personen werden jährlich in einem separaten Bericht veröffentlicht. Der Bericht sowie andere Informationen zur Dosimetrie und beruflichen Strahlenexposition sind auf den Webseiten des BAG (Strahlenschutz, [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)) zu finden.

### Strahlendosen der Bevölkerung

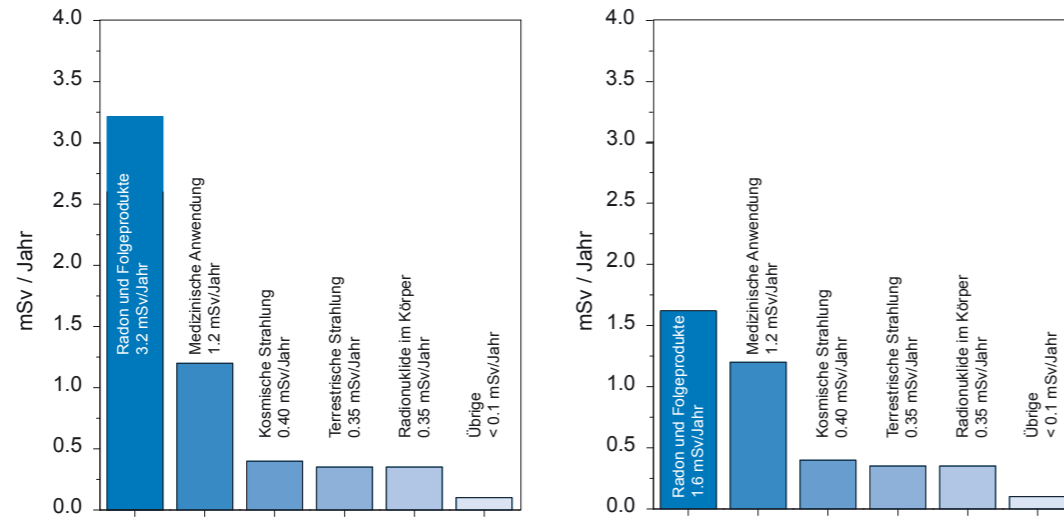
Aufgrund der geänderten Dosisfaktoren für Radon muss die durchschnittliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung neu mit 5.5 mSv pro Jahr eingeschätzt werden. Die einzelnen Dosisbeiträge sind in Figur 12 dargestellt und werden im Folgenden kurz diskutiert. In der Figur 12 ist die aktuelle Einschätzung der Dosisbeiträge im Diagramm links dargestellt. Als Vergleich sind im Diagramm rechts die in den früheren Jahresberichten publizierten Werte dargestellt.

### Strahlenbelastung durch Radon

Bei der internen Strahlenexposition liefern Radon-222 und seine Folgeprodukte in Wohn- und Arbeitsräumen den grössten Dosisbeitrag. Diese Nuklide gelangen über die Atemluft in den Körper. Die internationale Strahlenkommission ICRP hat im November 2009 einen Entwurf für eine Publikation vor-

gestellt, worin das Lungenkrebsrisiko aufgrund von Radon in Wohn- und Arbeitsräumen wesentlich höher eingeschätzt wird als bisher. Diese Neueinschätzung stützt sich auf neue umfassende Studien (epidemiologische Untersuchungen an Bergarbeitern sowie gepoolte Fall-Kontroll-Studien zu Radon im häuslichen Bereich). Die Kommission wird demnächst revidierte Dosisfaktoren für alle Radionuklide publizieren und hat schon jetzt angekündigt, dass sich der Dosisfaktor für Radon in etwa verdoppeln wird. Dementsprechend senkt die ICRP auch den Referenzwert für Radon in Wohnungen von bisher 600 Bq/m<sup>3</sup> auf 300 Bq/m<sup>3</sup>. Dieser Wert entspricht einer Jahresdosis von 10 mSv. Die geänderten ICRP Empfehlungen stimmen gut mit den ebenfalls neu überarbeiteten Empfehlungen von anderen Stellen (UNSCEAR, WHO) überein. In der Schweiz zeigen die bisher durchgeführten Erhebungen in rund 110'000 Wohn- bzw. Arbeitsbereichen ein gewichtetes arithmetisches Mittel von 75 Bq Radon-222 pro m<sup>3</sup>. Wenn man eine Verdoppelung des Risikos annimmt, steigt die durchschnittliche «Radondosis» für die Schweizer Bevölkerung von 1.6 mSv auf etwa 3.2 mSv pro Jahr. Im Einzelfall, bei besonders stark radonbelasteten Häusern, kann die Dosis aber bis zu 200 mSv oder mehr pro Jahr betragen. Es laufen im Moment systematische Radonmesskampagnen in den Gemeinden mit hohem und mittlerem Radonrisiko. Eine ausführlichere Darstellung der Radonthe-matik findet sich im Kapitel Radon dieses Jahresberichtes.

Figur 12:  
Durchschnittliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung in [mSv pro Jahr pro Person] (links: neue durchschnittliche «Radondosis», rechts: bisherige Abschätzung der «Radondosis»)



### Bestrahlung durch medizinische Diagnostik

Die Dosis aufgrund von medizinischen Anwendungen (Röntgendiagnostik) beträgt auf die gesamte Bevölkerung gerechnet 1.2 mSv pro Jahr pro Person (Erhebung 2003). Aufgrund der zunehmenden Häufigkeit von Computertomographieuntersuchungen ist zu erwarten, dass sich dieser Wert in der Zwischenzeit erhöht hat (die Erhebung 2008 ist in Vorbereitung). Wie beim Radon ist die Belastung durch die medizinische Diagnostik ungleichmässig verteilt. Nur ungefähr ein Viertel der Bevölkerung ist von Untersuchungen, die zu einer erhöhten Dosis führen, betroffen.

### Terrestrische und kosmische Strahlung

Bei der Strahlenexposition durch externe Quellen ergeben die natürlichen Radionuklide im Boden und die kosmische Strahlung die grössten Beiträge. Die terrestrische Komponente macht im Mittel 0.35 mSv jährlich aus und hängt von der Zusammensetzung des Bodens ab. 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 etwa 0.4 mSv. In 10 km Höhe liegt die Dosis durch kosmische Strahlung zwischen 20 und 50 mSv pro Jahr. Aus diesem Grund ergibt ein Flug Schweiz-USA eine Dosis von rund 0.04 mSv. Das Flugpersonal und Personen, die viel fliegen, erhalten so eine zusätzliche Dosis bis einige mSv pro Jahr.

### Radionuklide in der Nahrung

Radionuklide gelangen auch über die Nahrung in den menschlichen Körper und führen im Durchschnitt zu Dosen von rund 0.35 mSv. Das Kalium-40 liefert mit rund 0.2 mSv den grössten Beitrag. Kalium ist überall in der Nahrung und im menschlichen Körper vorhanden. Da es vor allem im Muskelgewebe eingelagert wird, ist der Kaliumgehalt bei Männern etwas höher als bei Frauen. Neben Kalium enthält die Nahrung auch Nuklide der natürlichen Zerfallsreihen von Uran und Thorium sowie durch die kosmische Strahlung in der Atmosphäre laufend erzeugte Radionuklide (Tritium, Kohlenstoff-14, Beryllium-7 und weitere). Auch künstliche Radionuklide kommen in der Nahrung vor; heute hauptsächlich noch die Nuklide Cäsium-137 und Strontium-90. Diese stammen von den Kernwaffenversuchen der 1960er-Jahre und vom Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986. Die jährlich durchgeführten Ganzkörpermessungen an Schulklassen ergaben Dosen durch aufgenommenes Cäsium-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.

### Übrige (künstliche) Strahlenquellen

Zu den bisher erwähnten Strahlendosen kommt ein geringer Beitrag von  $\leq 0.1$  mSv aus der Strahlenexposition durch Kernkraftwerke, Industrien, Forschung und Medizin, Konsumgüter, Gegenstände des täglichen Lebens sowie künstliche Radioisotope in der Umwelt. Bei der künstlichen Radioaktivität in der Umwelt macht der radioaktive Ausfall nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986 und von den oberirdischen Kernwaffenversuchen (1960er-Jahre) heute nur noch wenige Hundertstel mSv aus. Bei dauerndem Aufenthalt im Freien betragen die resultierenden Dosen zwischen 0.01 bis 0.5 mSv pro Jahr. Der letzte Wert gilt für das Tessin. Der grosse Streubereich ist eine Folge der regionalen Unterschiede bei der Ablagerung von Cäsium-137 insbesondere nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. An einigen Stellen entlang der Umzäunung der Kernkraftwerke Mühleberg und Leibstadt, die über einen Siedewasserreaktor verfügen, weist die Direktstrahlung durch das kurzlebige Stickstoff-16 bis einige 100 nSv/h auf. Da sich Personen jedoch nicht über längere Zeit an diesen Stellen aufhalten, sind die daraus resultierenden Personendosen unbedeutend. Die 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.

### Dosen aus beruflicher Strahlenexposition

Im Berichtsjahr waren in der Schweiz ca. 76'000 Personen beruflich strahlenexponiert. Dies ist ein leichter Anstieg gegenüber dem Vorjahr, welcher vor allem dem medizinischen Bereich zuzuordnen ist. Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit untersucht das BAG in den Bereichen Medizin und Forschung alle Ganzkörpersdosen über 2 mSv im Monat, sowie alle Extremitätendosen über 10 mSv. 2009 wurden 102 solcher Fälle gemeldet, wobei sich 17 Fälle als nicht echte Personendosen herausstellten

(z. B. Dosimeter im Bestrahlungsraum liegen gelassen). Die meisten erhöhten Dosen gab es an Extremitäten (Handdosen) in den dosisintensiven Bereichen Nuklearmedizin und interventionelle Radiologie.

Das BAG untersuchte im Berichtsjahr vier Grenzwertüberschreitungen bei Ganzkörpersdosen. Bei allen vier Ereignissen konnte jedoch eine erhöhte Personendosis ausgeschlossen werden. In einem Fall wurde das Dosimeter direkt mit einem Spritzer Yttrium-90 kontaminiert, was aber zu keiner nennenswerten Ganzkörpersdosis geführt hat. Bei den anderen drei Überschreitungen wurde nur das Dosimeter bestrahlt, nicht aber die Personen.

### Beurteilung

Die Abschätzung der Strahlendosis für die Bevölkerung muss aufgrund der Neubeurteilung des Radons nach oben korrigiert werden. Für das Jahr 2009 beträgt die durchschnittliche jährliche Strahlendosis rund 5.5 mSv. Die neu verdoppelte Dosis durch Radon in Wohn- und Arbeitsräumen macht beinahe zwei Drittel der Gesamtdosis aus. Der Beitrag aus Quellen, die nicht beeinflusst werden können (terrestrische und kosmische Strahlung, Radionuklide im Körper) ist unverändert bei etwa 1.1 mSv geblieben. Ähnlich gross ist die Belastung durch die Anwendung von ionisierenden Strahlen in der medizinischen Diagnostik. Hier ist allerdings die Tendenz wegen der zunehmenden Verbreitung von CT-Geräten steigend. Die Emissionen aus Kernkraftwerken machen weniger als 1% der Gesamtdosis aus.

Ausführliche Informationen zu den beruflichen Dosen sind dem Jahresbericht «Dosimetrie der beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz» zu entnehmen. Der Bericht erscheint jeweils Mitte Jahr.

# Nichtionisierende Strahlung und Schall

## Definition

Nichtionisierende Strahlung (NIS) besteht aus Schwingungen von elektrischen und magnetischen Feldern, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Die Bezeichnung «nichtionisierend» bezieht sich auf den Umstand, dass die Energie dieser Strahlung nicht genug stark ist, um Atome und Moleküle in biologischer Materie elektrisch zu laden und zu ionisieren. Zur nichtionisierenden Strahlung gehören die elektromagnetischen Felder (EMF) und die optische Strahlung.

Als Schall gelten alle Geräusche, Klänge und Töne, die Menschen und Tiere wahrnehmen können. Damit sich der Schall ausbreiten kann, muss ein Übertragungsmedium wie z. B. Gas, Flüssigkeit oder ein Festkörper vorhanden sein.

## Aufgaben

### Elektromagnetische Felder: Information und Forschung über gesundheitliche Auswirkungen

Elektrische Anlagen und Geräte, die am Stromnetz angeschlossen sind, erzeugen elektromagnetische Felder. Die Geräte benötigen diese Felder entweder für ihre Funktion (z. B. Strahlung eines Handys) oder geben sie als Nebenprodukt ab (z. B. Magnetfeld eines Transformators). Das BAG klärt mit anderen Bundesämtern ab, ob diese EMF ein Gesundheitsrisiko darstellen. Das BAG verfolgt und fördert deshalb die Forschung über gesundheitliche Wirkungen von EMF, erarbeitet allfällige Schutz- und Vorsorgemassnahmen und informiert die Öffentlichkeit.



Das BAG befasst sich mit mobilen oder in Gebäuden verwendeten Anlagen und Geräten: Im Vordergrund des Interesses stehen die elektrischen Anwendungen im Haushalt, neue Telekommunikationstechnologien, Identifizierung per Funk sowie elektronische Diebstahlsicherungen. Das Bundesamt für Umwelt befasst sich mit den stationären Anlagen in der Umwelt wie z. B. Mobilfunkantennen oder Hochspannungsleitungen, die in den Geltungsbereich der «Verordnung zum Schutz vor NIS» (NISV) fallen.

## UV-Strahlung: Hautkrebsprävention

Die Schweiz hat nicht nur in Europa, sondern auch weltweit eine der höchsten Hautkrebsraten – mit steigender Tendenz. Hautkrebs ist mit über 15'000 Neuerkrankungen und 400 Todesfällen pro Jahr die häufigste Krebsart in der Schweiz. Der Grund dafür liegt im exzessiven Sonnenbaden. Insbesondere die während der Kindheit erlittenen Sonnenbrände erhöhen das Hautkrebsrisiko massiv. Vor diesem Hintergrund ist eine wirkungsvolle Präventionsarbeit notwendig. Diese wird mit der Krebsliga Schweiz koordiniert. Das Schwergewicht der BAG-Tätigkeit liegt auf der UV-Prävention in den Schulen sowie auf der Sensibilisierung für die Risiken von Solariumbesuchen speziell im Kindes- und Jugendalter. Ausserdem ist auch der UV-Index (Mass für die Stärke der UV-Strahlung) ein zentrales Thema. Wegen der langen Entstehungsdauer der Tumore (15 bis 20 Jahre) ist es noch zu früh, um

betreffend der Wirksamkeit der vor ungefähr 10 Jahren begonnenen Präventionsarbeit Bilanz zu ziehen.

## Schall- und Laserverordnung

Die Schall- und Laserverordnung soll das Publikum vor schädlichen Schalleinwirkungen und Laserstrahlen bei Veranstaltungen schützen. Für Veranstaltungen mit Laser ab Klasse 1M und Veranstaltungen mit Schallpegel über 93 dB(A) im Stundenmittel besteht eine Meldepflicht. Der Vollzug der Verordnung liegt bei den kantonalen Behörden, das BAG unterstützt diese dabei. Neben der Meldepflicht besteht für die Veranstalter auch die Pflicht, das Publikum auf die Gefahren hoher Schallpegel hinzuweisen. Das BAG bietet gratis entsprechendes Informationsmaterial für das Publikum an (Poster und Leporello). Das Material kann bei [schall@bag.admin.ch](mailto:schall@bag.admin.ch) bestellt werden.

Figur 13:  
Bild-Poster und Minifolder



## Tätigkeiten und Ergebnisse

### Schulunterlagen zu UV-Strahlung und Schall

#### Schall

Um Jugendliche für die Thematik Schall und Gehör zu sensibilisieren, hat das BAG in Zusammenarbeit mit einem pädagogischen Verlag Arbeitsunterlagen für verschiedene Schulstufen erarbeitet. Es stehen Unterlagen «Ohrwürmer» (5./6. Klasse), «Sounds» (7. – 9. Klasse) und «RisikoOhr» (Gymnasium, Berufsschule) zur Verfügung. Es können auch gratis Experimentierkästen zum Thema Schall ausgeliehen werden (vgl. auch untenstehende Tabelle zu den Informationsmaterialien).

#### UV-Strahlung

Die verschiedenen Arbeitsmappen für Schulen zum Thema «UV-Strahlung und Gesundheit» sind überarbeitet und erweitert. Es stehen die Unterlagen «Endlich

Ferien» (Kindergarten bis 3. Klasse), «Sonne» (Kindergarten, Basisstufe), «Sommer» (1. – 3. Klasse), «Sinne, Haut und Sonne» (ab 3./4. Klasse), «Reisen mit der Sonne» (ab 4./5. Klasse) und «Lifestyle» (Oberstufe) zur Verfügung. Die Rückmeldungen aus der Praxis zeigen, dass die Lehrmittel mit ihrer Themenvielfalt, Attraktivität und Flexibilität sowohl bei den Lernenden als auch bei den Lehrpersonen auf allen Schulstufen Anklang finden (vgl. auch untenstehende Tabelle zu den Informationsmaterialien).

### Informationen zu NIS und Schall

Auf den Webseiten zum Thema NIS und Schall ist umfangreiches Informationsmaterial zu Strahlung, Gesundheitsrisiken sowie Vorsorge- und Präventionsmassnahmen zu finden:

Thema / Webseite	Art der Publikation	Publikation
<b>UV</b> <a href="http://www.bag.admin.ch/uv-strahlen">www.bag.admin.ch/uv-strahlen</a>	Schulunterlagen	Endlich Ferien (Kindergarten – 3. Klasse) Sonne (Kindergarten) Sommer (1. – 3. Klasse) Sinne, Haut und Sonne (ab 3./4. Klasse) Reisen mit der Sonne (ab 4./5. Klasse) Lifestyle (Oberstufe)
	Broschüren und Flyer	Solarium: Broschüre, Faltblatt Sonnenschutz für Säuglinge und Kinder UV-Index: Winterflyer, Broschüre UV-Werkstatt
	UV-Index	<a href="http://www.uv-index.ch">www.uv-index.ch</a>
<b>Schall</b> <a href="http://www.bag.admin.ch/sound">www.bag.admin.ch/sound</a>	Schulunterlagen	Ohrwürmer (5./6. Klasse) Sound (7. – 9. Klasse) RisikoOhr (Gymnasium, Berufsschule)
	Schall- und Laserverordnung	Informationen für Veranstalter Flyer und Poster Bestellung bei <a href="mailto:sounds@bag.admin.ch">sounds@bag.admin.ch</a>
<b>Laser</b> <a href="http://www.bag.admin.ch/laser">www.bag.admin.ch/laser</a>	Faktenblätter	Schnurlostelefon Babyfon WLAN Bluetooth Mikrowellenofen Induktionskochherd Auto, Hybridauto Mobiltelefon Magnete Elektrische Bodenheizung Wasserbett Elektrischer Warmwasserboiler Zentralspeicherheizung Einzelspeicherheizung Elektrischer Radiator
	<b>Elektromagnetische Felder</b> <a href="http://www.bag.admin.ch/emf">www.bag.admin.ch/emf</a>	Berichte



### Laufende Forschungsprojekte des BAG zur elektromagnetischen Strahlung

Bei den elektromagnetischen Feldern besteht weiterhin ein grosser Forschungsbedarf zu Gesundheitsrisiken. Bis jetzt hat sich die Forschung auf die hoch- und niederfrequenten EMF konzentriert, die von den weit verbreiteten Telekommunikations- und Starkstromanwendungen erzeugt und verwendet werden. Seit einiger Zeit setzen sich vermehrt Technologien durch, die mit mittelfrequenten elektromagnetischen Feldern arbeiten. Diese Felder haben die Eigenschaft, im Körper von exponierten Personen einen Stromfluss zu erzeugen. Zwei BAG-Projekte widmen sich aktuellen Geräten: Das Projekt «Induzierte Felder und Ströme im Körper von kochenden Personen» untersucht mit Computermodellen den Stromfluss im Körper von Personen, welche zu Hause oder in gastronomischen Küchen mit Induktionskochherden kochen. Das Projekt «Expositionen durch elektromagnetische Felder von Energiesparlampen und LED-Leuchtmittel» misst die elektromagnetischen Felder von Energiespar- und LED-Lampen und schätzt die im Körper hervorgerufenen Ströme ab.

Ein weiteres Projekt widmet sich den Magnetfeld-Therapiematten. Der erste Teil dieses Projektes bestimmt die Magnetfelder dieser elektrisch betriebenen Matten und untersucht mögliche Einflüsse auf Herzschrittmacher. Der zweite Teil des Projektes begutachtet die Literatur zu möglichen Wirkungen dieser Matten und bewertet die im ersten Teil des Projektes gemessenen Felder.

### Laufende Forschungsprojekte des BAG zur optischen Strahlung

Die sichtbare Strahlung von Energiesparlampen wie auch von konventionellen Glühlampen enthält neben anderen Farben auch blaues Licht. Das vorliegende Projekt widmet sich diesem blauen Spektralanteil

und untersucht, ob Glühlampen und Energiesparlampen physiologische Prozesse von Menschen beeinflussen. Im Zentrum des Projektes steht der neu entdeckte, im blauen Spektralbereich absorbierende Photorezeptor Melanopsin, der in der Netzhaut des Auges vorkommt. Melanopsin erzeugt physiologische Signale, welche die «innere Uhr» des Menschen justieren, Schlafen und Wachen steuern sowie die Körpertemperatur, gewisse Hormone, die Müdigkeit und die kognitive Leistungsfähigkeit beeinflussen.

### Nationales Forschungsprogramm NFP 57 «Nichtionisierende Strahlung – Umwelt und Gesundheit»

Der Bundesrat hat das NFP 57 im Jahr 2004 bewilligt und den Schweizerischen Nationalfonds (SNF) mit dessen Durchführung beauftragt. Elf ausgewählte Forschungsprojekte haben zum Ziel, allfällige gesundheitsschädigende Wirkungen von EMF zu untersuchen, um mögliche Risiken abschätzen zu können. Dafür steht ein Betrag von 5 Millionen Franken zur Verfügung. Das BAG ist als Beobachter des Bundes im Leitungsteam vertreten. Mehr Informationen über das Programm sind auf der Webseite [www.nfp57.ch/d\\_index.cfm](http://www.nfp57.ch/d_index.cfm) zu finden.

### Beurteilung

Der Schwerpunkt der Tätigkeiten im Bereich NIS und Schall lag auch 2009 in der Information, Prävention und Vorsorge. Wichtigstes Informationsmedium im Bereich EMF ist das Internet. Zugriffsstatistiken und Rückmeldungen zeigen, dass die in vier Sprachen angebotenen Faktenblätter zu EMF national und international rege gelesen werden.

## Internationales



### Internationale Vernetzung

Im Bestreben, in der Schweiz einen international abgestützten Strahlenschutz anzuwenden, wirkt die Abteilung in verschiedenen internationalen Kommissionen und Expertengruppen mit und beteiligt sich aktiv an internationalen Projekten. Wichtige Partner sind die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP), die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die internationale Atomenergieagentur (IAEA) und die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Ent-

wicklung (OECD). Von besonderer Bedeutung ist die enge und fruchtbare Zusammenarbeit mit unseren Nachbarstaaten und mit der Europäischen Union. Die Aufsichtsbehörden von 25 europäischen Staaten haben sich wiederum zu einem Informations- und Erfahrungsaustausch getroffen.

### Internationale Strahlenschutzkommission ICRP

Basierend auf wissenschaftlichen Berichten erarbeitet die internationale Strahlenschutzkommission ICRP Empfehlungen zur Regelung des Strahlenschutzes. Mit ihren Publikationen hat die ICRP ganz wesentlich zur internationalen Harmonisierung des Strahlenschutzes beigetragen. Die Empfehlungen werden in den meisten Staaten und insbesondere auch in der Schweiz in nationales Recht umgesetzt. Die Schweiz ist in der Hauptkommission der ICRP durch den ehemaligen Leiter der Strahlenschutzgruppe des CERN und neuerdings im Komitee 4 der ICRP (Anwendung) durch den Leiter der Abteilung Strahlenschutz vertreten.

### Bilaterale Zusammenarbeit mit Deutschland und Frankreich

Auf der Basis bilateraler Verträge mit Deutschland und Frankreich besteht im Rahmen der «Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen» bzw. der «Commission mixte franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection» ein regelmässiger Erfahrungsaustausch über Betrieb, Sicherheit, Überwachung und Umweltauswirkungen der Kernanlagen sowie über weitere Aspekte des Strahlenschutzes. In beiden Kommissionen ist auch das BAG vertreten.

Die französische Aufsichtsbehörde für nukleare Sicherheit und für den Strahlenschutz trifft sich regelmässig mit dem BAG, um die Aufsicht und die Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung des CERN zu koordinieren.

## Beteiligung an Projekten der WHO

**WHO-Globale Initiative:** Mitwirkung des BAG zur Verbesserung des Strahlenschutzes in der Medizin.

**WHO-EMF:** Die Abteilung ist im Steuerungsausschuss und in verschiedenen Arbeitsgruppen im Rahmen des WHO-EMF-Projekts tätig. 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.

**WHO-Radon-Projekt:** Die Schweiz ist aktiv am internationalen Radon-Projekt der WHO beteiligt. Das Projekt hat zum Ziel, den Radon bedingten Lungenkrebs weltweit zu reduzieren. Informationen zum Projekt sind unter [http://www.who.int/ionizing\\_radiation/env/radon/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en/) zu finden.

**WHO-Intersun:** 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.

## Zusammenarbeit mit der NEA/OECD

Das BAG ist Mitglied verschiedener Experten- und Arbeitsgruppen der Kernenergieagentur NEA der OECD.

## Europäische Projekte

**HERCA: Vereinigung der Strahlenschutzbehörden in Europa:** Mitwirkung der Schweiz im Hinblick auf eine Harmonisierung des Strahlenschutzes.

**COST BM704 Aktion:** COST ist ein europäischer Rahmen für die Koordination von national durchgeführten Forschungsaktivitäten in allen Bereichen der Wissenschaft und Technologie. 2008 wurde eine neue COST Aktion (BM0704) unter dem Titel «Emerging EMF Technologies and Health Risk Management» gestartet. Die Aktion bietet eine wissenschaftliche Koordinationsplattform zum Thema elektromagnetische

Felder und Gesundheit. Die Abteilung ist in der Aktion stark engagiert (Vizepräsidentin).

**EUROSKIN:** Die European Society of Skin Cancer Prevention (EUROSKIN) verfolgt das Ziel, die zum Teil sehr hohen Hautkrebsinzidenzen und -mortalitäten in Europa zu senken. Sie fördert und koordiniert die Zusammenarbeit zwischen europäischen Spezialisten auf dem Gebiet der Hautkrebsforschung und -prävention. Die EUROSKIN publiziert ihre Informationen im Internet unter [www.euroskin.org](http://www.euroskin.org).

**Europäisches ALARA Network:** ALARA Network ist ein europäischer Rahmen für Erfahrungsaustausch und Koordination von Optimierungs-Projekten im Strahlenschutz im Bereich ionisierender Strahlung. Ziel ist es, die Dosen der Bevölkerung «As Low As Reasonable Achievable» zu reduzieren. Informationen zum ALARA-Network sind im Internet unter <http://www.eu-alara.net/> zu finden. Die Abteilung ist im Network vertreten.

## Expertentätigkeit

Mitarbeiter der Abteilung sind in verschiedenen internationalen und ausländischen Expertengruppen und -gremien aktiv beteiligt.

## Aufgaben für die Vereinten Nationen

Beratungsfunktion für das Strahlenschutzsystem im Hinblick auf die Konformität mit den internationalen Sicherheitsstandards und entsprechende Inspektion von radiotherapeutischen Einrichtungen und Gammagraphie-Betrieben in Ländern, die eine solche Unterstützung wünschen; Vorbereitung und Intervention in nuklearen und radiologischen Notfällen mit Organisation praktischer Übungen; Ausbildung von Fachpersonen zum Einsatz von Messmethoden, mit denen sich Situationen prüfen lassen, die ein Risiko für Umwelt und Gesundheit darstellen, namentlich die In-situ-Spektrometrie.

## **Impressum**

© Bundesamt für Gesundheit (BAG)  
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit  
Publikationszeitpunkt: Mai 2009

Weitere Informationen und Bezugsquelle:  
BAG, Direktionsbereich Verbraucherschutz  
Abteilung Strahlenschutz, 3003 Bern  
Telefon +41 (0)31 323 02 54, Telefax +41 (0)31 323 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)

Autor: Fachgruppe  
Layout: Silversign, visuelle Kommunikation, Bern  
Illustration: Silversign, visuelle Kommunikation, Bern  
Fotos: Fotolia

BAG-Publikationsnummer: VS 5.10 1000 d-f-kombi 40EXT1008

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

## **Impressum**

© Office fédéral de la santé publique (OFSP)  
Editeur: Office fédéral de la santé publique  
Date de publication: mai 2009

Informations supplémentaires et diffusion:  
OFSP, Unité de direction Protection des consommateurs,  
Division Radioprotection, 3003 Berne  
Téléphone +41 (0)31 323 02 54, télécopie +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)

Layout: Silversign, visuelle Kommunikation, Berne  
Illustration: Silversign, visuelle Kommunikation, Berne  
Photos: Fotolia

Numéro de publication OFSP: VS 5.10 1000 d-f-kombi 40EXT10084

Imprimé sur papier blanchi sans chlore