

# Surveillance de l'environnement : résumé = Umweltüberwachung : Zusammenfassung

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz =  
Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en  
Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in  
Svizzera**

Band (Jahr): - **(2017)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Chapitre / Kapitel 1

**Surveillance  
de l'environnement :  
Résumé**

**Umweltüberwachung :  
Zusammenfassung**

# 1.1

## Surveillance de l'environnement : Résumé

**S. Estier, P. Steinmann**

Section Radioactivité de l'environnement, OFSP/URA, 3003 Berne

### Tâches et programme de mesures

#### Surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité dans l'environnement

Conformément aux art. 104 à 106 de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) du 22 juin 1994 (en vigueur jusqu'au 31.12.2017), l'OFSP est responsable de la surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité dans l'environnement.

Le programme de surveillance mis en œuvre comporte plusieurs volets. Il a d'une part pour objectif la détection rapide de tout apport supplémentaire de radioactivité d'origine artificielle, pouvant avoir des conséquences graves sur la santé de la population (accident radiologique). Le programme de surveillance vise, d'autre part, à déterminer les niveaux de référence de la radioactivité dans l'environnement en Suisse ainsi que leurs fluctuations, afin de pouvoir évaluer les doses de rayonnements auxquelles la population suisse est exposée. Fait partie de cette surveillance générale le suivi des anciennes contaminations dues aux essais nucléaires atmosphériques américains et soviétiques des années 50 et 60 ainsi que de l'accident de Tchernobyl.

Par ailleurs, la surveillance mise en place doit permettre de déterminer l'impact effectif des centrales nucléaires ainsi que des centres de recherche ou des entreprises utilisant des substances radioactives sur l'environnement et sur la population avoisinante. Cette surveillance spécifique, focalisée autour des installations disposant d'une autorisation stricte de rejet de substances radioactives dans l'environnement, s'effectue en collaboration avec les autorités de surveillance respectives, l'Inspection Fédérale de la Sécurité Nucléaire (IFSN) pour les centrales nucléaires, la SUVA pour les industries. Elle commence par le contrôle des émissions (rejets de substances radioactives) de ces entreprises, afin de s'assurer que les limites sont respectées, et se poursuit par la surveillance de leurs immissions, à savoir des concentrations effectivement mesurées dans l'environnement.

Afin de répondre à l'ensemble de ces objectifs, l'OFSP élabore chaque année un programme de prélèvements d'échantillons et de mesures en collaboration avec l'IFSN, la SUVA et les cantons. Il coordonne ce programme de surveillance, auquel participent également d'autres laboratoires de la Confédération et divers instituts universitaires. La liste complète des laboratoires participant au programme de surveillance figure dans les annexes 1 et 2. L'OFSP collecte et interprète l'ensemble des données, et publie annuellement les résultats de la surveillance de la radioactivité ainsi que les doses de rayonnement qui en résultent pour la population.

#### Programme de mesures (voir annexes 3 et 4)

Le programme de surveillance couvre de nombreux compartiments environnementaux, qui vont de l'air aux denrées alimentaires, en passant par les précipitations, le sol, l'herbe, les eaux superficielles et souterraines, les eaux potables et les sédiments. Des mesures sur site (spectrométrie gamma in situ) complètent ces analyses en permettant de mesurer directement la radioactivité déposée sur le sol. Le contrôle en fin de chaîne de contamination est réalisé par des analyses de la radioactivité assimilée dans le corps humain.

A ce programme général s'ajoute l'analyse d'échantillons en phase de rejet provenant des centrales nucléaires, des eaux de stations d'épuration et de décharges ou encore des eaux de lavage des fumées d'usines d'incinération.

Des réseaux automatiques de mesure (figure 1) enregistrent le débit de dose ambiant gamma dans tout le pays (réseau automatique NADAM de mesure et d'alarme pour l'irradiation ambiante) et en particulier au voisinage des centrales nucléaires (réseau automatique de surveillance du débit de dose au voisinage des centrales nucléaires, MADUK). La radioactivité des aérosols et des eaux de rivière est mesurée en continu grâce aux réseaux automatiques de mesure de l'OFSP, RADAIR (Réseau Automatique de Détection dans l'Air d'Immissions Radioactives) et son successeur URAnet (volet «aero» pour la surveillance de l'air et volet «aqua» pour la surveillance de l'eau, voir plus bas). Des prélèvements d'échantillons d'aérosols, de précipitations et d'eaux de rivière sont effectués en continu ; la surveillance des sédiments, du sol, de l'herbe, du lait et des denrées alimentaires (y compris les importations) s'effectue dans le cadre de contrôles par sondage. Les données sont enregistrées dans une banque de données nationale administrée par l'OFSP. Depuis 2015, les résultats des mesures des réseaux automatiques ainsi que la majorité des résultats des mesures de la radioactivité dans des échantillons environnementaux effectués en laboratoire sont consultables en ligne sur le site [www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch). Par contre les résultats de mesures spéciales (par ex. mesure dans les vertèbres, dents de lait,  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages, etc.) ne sont, pour l'heure, disponibles que dans le rapport publié annuellement. Les programmes de surveillance sont comparables à ceux en vigueur dans les pays voisins. Les techniques d'échantillonnage et les programmes de mesure correspondent à l'état actuel des connaissances et de la technique. Le contrôle de la qualité s'effectue par la participation régulière des laboratoires à des intercomparaisons nationales et internationales.

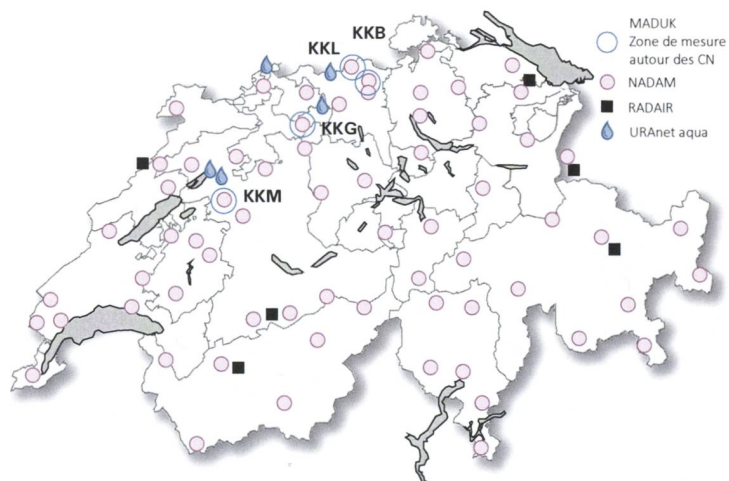


Figure 1: Réseaux de mesure automatique pour la surveillance de l'air en Suisse (débit de dose et aérosols) et réseau URAnet aqua pour la surveillance des cours d'eau.

Les techniques d'échantillonnage et les programmes de mesure correspondent à l'état actuel des connaissances et de la technique. Le contrôle de la qualité s'effectue par la participation régulière des laboratoires à des intercomparaisons nationales et internationales.

### Nouveau réseau automatique de mesure URAnet

Le réseau automatique de surveillance de la radioactivité dans l'air de l'OFSP est en cours de rénovation. Le remplacement des anciens moniteurs RADAIR par les nouvelles sondes de mesure du réseau URAnet (URAnet aero) a démarré en 2016 et s'est achevé en 2017, avec l'installation et la mise en service des 7 dernières stations parmi les 15 que compte le réseau (Figure 2). L'amélioration de la surveillance est substantielle puisque les nouveaux moniteurs permettent l'identification des radionucléides (émetteurs gamma) présents dans les aérosols et leur quantification individuelle, alors que les moniteurs RADAIR mesuraient uniquement les activités  $\alpha$  et  $\beta$  totales. Par ailleurs, le système permet de détecter des concentrations en  $^{137}\text{Cs}$  de l'ordre de 1 et 2.5 mBq/m<sup>3</sup> pour une mesure de 12 heures. Si toutes les sondes dédiées à la surveillance de l'air sont en service, le réseau n'est pas encore pleinement opérationnel: les premières données devraient être consultables en ligne dans le courant de l'été 2018. Le volet aquatique du réseau URAnet (URAnet aqua) est quant à lui en fonction depuis novembre 2015.

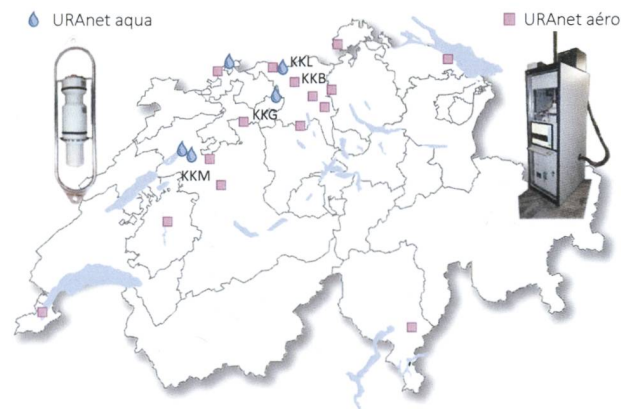


Figure 2: Nouveau réseau automatique de surveillance de la radioactivité dans l'air (URAnet aéro) et dans les cours d'eau (URAnet aqua)

## Résultats de la surveillance 2017

### Surveillance générale : air, précipitations, eaux, sols, herbes, lait et autres denrées alimentaires

Les résultats de la surveillance de la radioactivité dans l'air, les précipitations, l'herbe et le sol enregistrés en 2017 sont généralement restés comparables à ceux des années précédentes et montrent que la radioactivité naturelle est prédominante dans ces compartiments environnementaux. Les résultats des mesures des filtres aérosols à haut débit, disponibles sur Internet ([www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch)), ont ainsi montré que la radioactivité de l'air provient pour l'essentiel des radionucléides naturels tels que le  $^7\text{Be}$  cosmogénique..

On relèvera toutefois la détection inhabituelle de Ruthénium-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ) dans l'air au Tessin fin septembre - début octobre 2017 (voir chapitre 4.3). Le  $^{106}\text{Ru}$  est un élément radioactif d'une demi-vie de 373.6 jours. N'étant pas détecté dans l'air en temps normal, sa présence ne peut être liée qu'à un rejet non maîtrisé. L'absence de tout autre radionucléide artificiel a permis d'écarter l'hypothèse d'un rejet issu d'un réacteur nucléaire. La concentration maximale de  $^{106}\text{Ru}$  enregistrée en Suisse a atteint 1'900 micro-Bq/m<sup>3</sup> entre les 2 et 3 octobre 2017, soit une valeur 350 fois inférieure à la limite d'immissions dans l'air fixée pour ce radionucléide dans l'ORaP et n'a donc représenté aucun risque pour la santé de la population. L'origine de cette contamination, qui a été mesurée dans de nombreux autres pays européens, reste toujours inconnue, mais les calculs de trajectoires inverses réalisés par différents instituts de radioprotection européens indiquent qu'elle provient très probablement du Sud de l'Oural.

D'infimes traces de Curium-244 ( $^{244}\text{Cu}$ ) ont par ailleurs pu être mises en évidence dans les échantillons annuels de filtres à haut débit collectés dans certaines stations du Nord des Alpes (Liebfeld, Posieux, Güttingen) analysés par l'IRA (voir chapitre 7.2). Ce radioélément est issu de la fission nucléaire et est présent dans les barres de combustible irradié. Il est associé chimiquement à l'américium. Toutefois les activités mesurées sont négligeables (< 0.1 nBq/m<sup>3</sup>) et la mise en évidence de ce radioélément au-dessus de la limite de détection a nécessité de pomper plus de 3.5 millions de m<sup>3</sup> d'air. Il est intéressant de noter qu'aucune trace de  $^{244}\text{Cu}$  n'a été décelée dans les filtres aérosols de Cadenazzo/TI indiquant que l'origine de ce radioélément dans l'air est sans relation avec la contamination en  $^{106}\text{Ru}$  mentionnée précédemment.

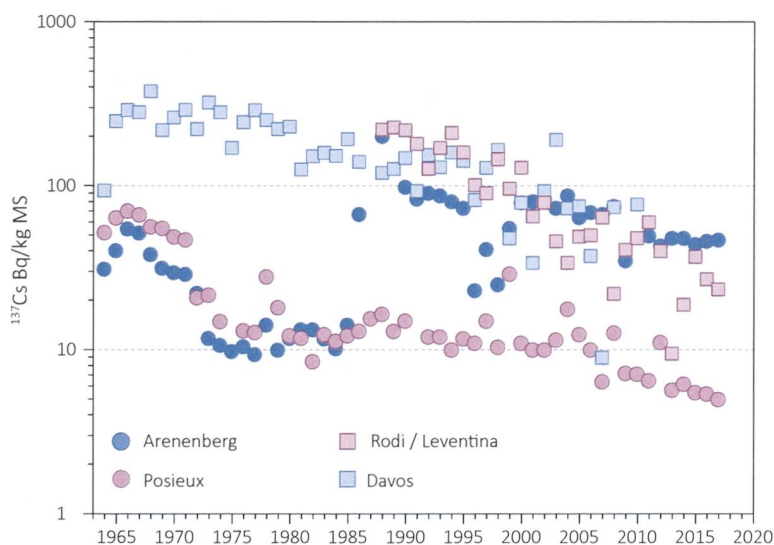


Figure 3:  
 $^{137}\text{Cs}$  (en Bq/kg de matière sèche) dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse (1964 - 2017).

Dans les précipitations, la radioactivité est principalement liée au  $^7\text{Be}$  ainsi qu'au tritium, tous deux produits par le rayonnement cosmique. Pour le tritium, un apport artificiel par les rejets des centrales nucléaires et de certaines industries est également mesurable en différents endroits (voir chapitres consacrés à la surveillance de ces entreprises). Dans les rivières, la teneur en tritium est généralement de quelques Bq/l.

Dans le sol, on retrouve essentiellement les isotopes naturels issus des séries de désintégration de l'uranium et du thorium ainsi que le  $^{40}\text{K}$ . Les isotopes artificiels proviennent des dépôts atmosphériques et montrent des différences régionales, liées aux particularités des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Dans les Alpes et le sud des Alpes, les valeurs relevées

pour le  $^{137}\text{Cs}$  (voir fig. 3) et le  $^{90}\text{Sr}$  sont toujours légèrement supérieures à celles du Plateau. Quant aux émetteurs alpha artificiels, comme le  $^{239}\text{Pu}$  et le  $^{240}\text{Pu}$  et l' $^{241}\text{Am}$ , il n'en subsiste que d'infimes traces dans le sol.

Dans l'herbe et les denrées alimentaires, c'est aussi le  $^{40}\text{K}$  naturel qui domine. Les radionucléides artificiels comme le  $^{137}\text{Cs}$  ou le  $^{90}\text{Sr}$  (voir figure 5), qui sont absorbés par les plantes à travers leurs racines, ne sont décelables dans l'herbe que sous forme de traces. Leur répartition régionale est similaire à celle enregistrée pour le sol. Les échantillons de céréales ainsi que de fruits et légumes prélevés en Suisse n'ont pas présenté

d'activité artificielle significative. Dans le lait de vache, la teneur en  $^{137}\text{Cs}$  est généralement restée inférieure à la limite de détection qui se situe entre 0.02 et 1 Bq/l selon les laboratoires de mesure. Seuls trois échantillons de lait sur plus de 130 analysés en 2017 ont présenté une activité en  $^{137}\text{Cs}$  mesurable: la valeur maximale de 8.7 Bq/l a été enregistrée dans un échantillon prélevé au Tessin; dans les deux autres échantillons, l'un en provenance du Tessin, l'autre des Grisons, le  $^{137}\text{Cs}$  n'était présent que sous forme de traces (< 1 Bq/l). Aucun dépassement de la valeur de tolérance, fixée à 10 Bq/l dans l'OSEC pour ce radionucléide dans le lait, n'a donc été constaté. Rappelons que le Tessin a été la région la plus touchée de Suisse par les retombées radioactives consécutives à l'accident de Tchernobyl, ce qui explique que le  $^{137}\text{Cs}$  y soit toujours mesurable à des niveaux plus élevés dans certains échantillons, 30 ans après l'accident. Avec une valeur maximale de 1.4 Bq/l, un échantillon de lait en provenance du Tessin a présenté une activité en  $^{90}\text{Sr}$  supérieure à la valeur de tolérance fixée à 1 Bq/l pour ce radionucléide dans l'OSEC. Les teneurs en  $^{90}\text{Sr}$  enregistrées dans les 67 autres échantillons de lait analysés en 2017 sont toutes restées très faibles (valeur médiane de l'activité de  $^{90}\text{Sr}$  dans les laits analysés = 0.04 Bq/l).

Certains champignons sauvages indigènes, notamment les bolets bais et les pholiotés ridés présentent toujours des valeurs accrues de  $^{137}\text{Cs}$ . 69 échantillons de champignons sauvages indigènes ont été analysés par les laboratoires cantonaux en 2017. La valeur la plus élevée a été mesurée dans un bolet récolté au Tessin, qui avec une activité spécifique de 1'000 Bq par kg de matière fraîche (m.f.), dépasse les 600 Bq/kg correspondant aussi bien à l'ancienne valeur de tolérance pour le  $^{137}\text{Cs}$  dans les champignons selon l'OSEC, qu'à la nouvelle valeur limite pour ce radionucléide selon l'Ordonnance Tchernobyl en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> mai 2017. Cette année encore, le canton du Tessin a poursuivi le contrôle systématique des sangliers chassés sur son territoire mis en place en 2013 en collaboration avec l'OFSP. En 2017, 547 sangliers ont ainsi fait l'objet d'une mesure de tri, réalisée sur place à l'aide d'un instrument dosimétrique. Dans 2% des cas, un dépassement de la valeur limite pour le  $^{137}\text{Cs}$ , fixée à 1'250 Bq/kg selon l'OSEC, a été constatée et les sangliers concernés ont été confisqués par le vétérinaire cantonal.

Suite à l'accident de Fukushima-Daichi, la Suisse comme l'Union Européenne, a initié un programme de contrôle des denrées alimentaires en provenance du Japon. En 2017 toutefois, le nombre d'analyses effectuées dans le cadre de ce programme a significativement diminué puisque seuls une dizaine d'échantillons en provenance du Japon ont été mesurés par les laboratoires cantonaux, contre plus de 80 en 2016. Ceci s'explique par le fait que, hormis des traces dans le thé, le  $^{137}\text{Cs}$  (et le  $^{134}\text{Cs}$ ) n'étaient déjà pratiquement plus mesurables dans les échantillons de denrées alimentaires en provenance du Japon analysés en 2016. Les résultats 2017 confirment ce constat puisqu'aucune trace de  $^{137}\text{Cs}$  n'a été décelée dans les échantillons analysés par les laboratoires cantonaux dans le cadre du programme de contrôle des denrées alimentaires en provenance du Japon.

Des analyses de denrées alimentaires importées provenant d'autres pays, notamment d'Europe de l'Est, ont également été effectuées comme chaque année par les laboratoires cantonaux. Ces analyses ont essentiellement porté sur les baies des bois (et produits à base de baies des bois), la viande de gibier et les champignons sauvages, qui sont connus pour accumuler davantage le  $^{137}\text{Cs}$ . La plupart des échantillons n'ont présenté que de faibles traces de  $^{137}\text{Cs}$ , avec sporadiquement quelques valeurs plus élevées notamment dans les baies des bois (activité maximale de 173 Bq/kg m.f.) et les champignons (maximum de 180 Bq/kg m.f.) mais toutes les valeurs mesurées sont restées inférieures à la valeur limite pour le  $^{137}\text{Cs}$  selon la nouvelle Ordonnance Tchernobyl.

Ainsi, les quelques dépassements des valeurs de tolérance (OSEC) / valeur limite (Ordonnance Tchernobyl) constatés en 2017 pour le  $^{137}\text{Cs}$  dans les denrées alimentaires indigènes (sangliers, champignons) sont toujours dus, plus de 30 ans après, aux retombées radioactives consécutives à l'accident de Tchernobyl. Le dépassement de la valeur de tolérance pour le  $^{90}\text{Sr}$  dans un échantillon de lait a également pour origine d'anciennes contaminations (contribution principale provenant des essais nucléaires atmosphériques des années 60, avec une contribution supplémentaire suite à l'accident de Tchernobyl).

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 4, 5 et 7.2.*

## Surveillance du voisinage des centrales nucléaires

Les valeurs limites pour les émissions des centrales nucléaires sont fixées par l'autorité compétente de telle sorte qu'aucune personne résidant à proximité ne puisse recevoir une dose efficace supérieure à 0.3 mSv/an (rayonnement direct compris). L'exploitant doit mesurer ses émissions et en communiquer le bilan à l'IFSN. Des analyses effectuées en parallèle par l'exploitant, l'IFSN et l'OFSP sur des filtres à aérosols et à iode ainsi que sur des échantillons d'eau en phase de rejet permettent de vérifier régulièrement les valeurs déclarées aux autorités. Les divers contrôles ont confirmé le respect des limites réglementaires par les exploitants en 2017.

La contribution du rayonnement direct est clairement mesurable en certains points de la clôture des centrales de Leibstadt et de Mühleberg. A Leibstadt par exemple, l'évaluation des dosimètres disposés à la clôture de la centrale a montré une élévation de la dose ambiante annuelle pouvant atteindre 0.7 mSv (après soustraction du bruit de fond naturel qui s'élève à 0.6 mSv/an). La valeur limite d'immission pour le rayonnement direct a toutefois été respectée par toutes les installations en 2017. Il convient de relever qu'il s'agit ici de dose ambiante et non de dose à la personne. Ces valeurs ne sont donc pas à mettre en relation avec la valeur directrice de dose liée à la source de 0.3 mSv/an puisqu'aucun membre du public ne réside pour de longue période en ces endroits.

Les résultats du programme de surveillance des immissions, coordonné par l'OFSP autour des centrales nucléaires, ont montré que l'impact de ces dernières sur l'environnement est resté faible en 2017 (voir Chapitre 8.5 du présent rapport). Les méthodes de mesure, d'une grande sensibilité, ont permis de mettre en évidence les traces des rejets atmosphériques, comme des valeurs accrues de  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages (augmentation maximale, par rapport à la station de référence, de 145 pour mille aux environs de la centrale de Leibstadt). A titre indicatif, notons qu'une activité supplémentaire de 100 pour mille de  $^{14}\text{C}$  dans les denrées alimentaires induit une dose annuelle supplémentaire de l'ordre de 1 micro-Sv. Les concentrations de tritium dans les précipitations sont généralement restées faibles.

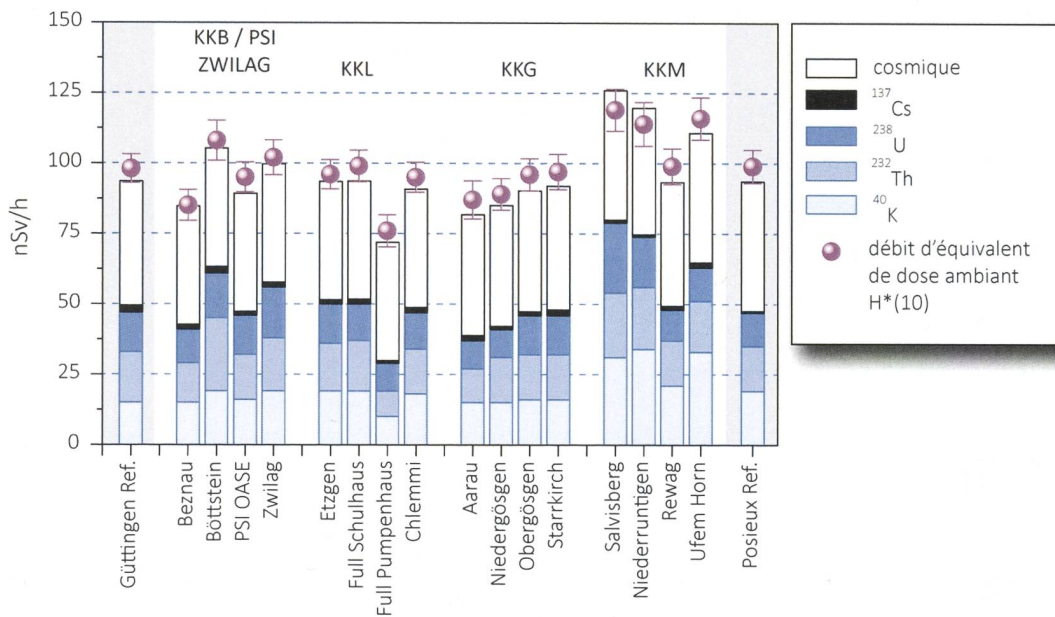
Suite à la réduction substantielle des rejets d'effluents radioactifs liquides par la centrale nucléaire de Mühleberg, aucune trace de  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$  ou de  $^{60}\text{Co}$  n'a pu être mise en évidence dans les échantillons d'eau de l'Aar ou du Rhin, prélevés en aval des centrales nucléaires en 2017. Par le passé, de faibles traces de ces radionucléides, étaient régulièrement détectées, notamment dans l'Aar à Hagneck, en aval de la centrale de Mühleberg. Le  $^{137}\text{Cs}$  présent dans les échantillons d'eau de l'Aar et du Rhin, provient quant à lui essentiellement de la remobilisation des dépôts de Tchernobyl et des essais d'armes atomiques des années 60. Les traces des rejets liquides des centrales nucléaires, et en particulier le  $^{54}\text{Mn}$  et le  $^{60}\text{Co}$ , ont par contre encore été sporadiquement décelées dans les échantillons mensuels de sédiments prélevés dans l'Aar et le Rhin.

Les concentrations mensuelles du tritium dans l'Aar et le Rhin sont généralement restées inférieures à la limite de détection de 2 Bq/l à l'exception de la période avril-juin, où, comme chaque année, on constate une légère augmentation (env. 15 Bq/l dans l'Aar à Brugg en mai) en raison de rejets plus importants d'eau contenant du tritium par la centrale nucléaire de Gösgen.

Les analyses des poissons prélevés dans l'Aar et le Rhin en aval de KKM, KKB et KKL en 2017 n'ont pas révélé la présence d'émetteurs gamma d'origine artificielle. Le constat est le même pour l'examen des eaux des nappes phréatiques. Les résultats des mesures de la radioactivité dans les denrées alimentaires prélevées au voisinage des centrales sont semblables à ceux enregistrés ailleurs sur le Plateau Suisse.

Par ailleurs, aucune valeur élevée de tritium n'a plus été enregistrée dans le système de drainage de l'ancienne centrale nucléaire de Lucens, depuis la mise en place par l'OFSP du programme de surveillance rapprochée au printemps 2012.

Hormis les quelques exemples précités et comme le montre la figure 4, les résultats des mesures environnementales effectuées au voisinage des installations nucléaires ne se distinguent pas de ceux enregistrés dans les endroits situés hors de leur influence. Ils montrent que la radioactivité d'origine naturelle prédomine et que les contaminations détectables proviennent principalement des essais nucléaires des années 60 et de l'accident de Tchernobyl ( $^{137}\text{Cs}$ ).



**Figure 4:** Contributions individuelles à l'exposition ambiante ( $H^*(10)$ ) attribuables aux différents radionucléides présents sur les sites examinés par l'OFSP en 2017 au voisinage des centrales nucléaires suisses ainsi qu'aux sites de référence de Güttingen et Posieux (grisé). Ces contributions ont été calculées à partir des mesures de spectrométrie gamma in situ; le résultat de la mesure directe de l'exposition globale à l'aide d'une chambre d'ionisation est également représenté afin d'apprécier la fiabilité de la méthode.

Cependant, même si l'exposition de la population attribuable aux rejets des centrales nucléaires conduit à des doses très faibles par rapport à celles d'origine naturelle ou médicale, le principe d'optimisation demande de poursuivre les contrôles et les études avec le plus de précision possible, afin de répondre aux différents objectifs à la fois d'ordre scientifique, réglementaire et d'information du public.

Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 3.1, 4.4, 7.1, 7.2 et 8.1 à 8.5.

### Surveillance des centres de recherche

Le contrôle des émissions des installations du CERN a indiqué des rejets effectifs nettement inférieurs aux limites réglementaires en 2017. Ce constat est confirmé par le programme de surveillance indépendant mis en œuvre par l'OFSP autour du centre de recherche. Les résultats des mesures effectuées ont révélé la présence de traces sporadiques de certains radioisotopes produits par les accélérateurs du CERN, notamment le <sup>24</sup>Na, l'<sup>41</sup>Ar et l'<sup>131</sup>I dans l'air ou le <sup>22</sup>Na dans l'eau. L'impact radiologique du fonctionnement du CERN sur l'environnement et la population avoisinante est toutefois resté très faible puisque les activités maximales des radioéléments attribuables au centre de recherche relevées dans l'environnement n'ont représenté que d'infimes fractions des valeurs limites fixées par la législation suisse sur la radioprotection.

La dose d'irradiation reçue par la population vivant au voisinage du PSI/ZWILAG ne doit pas excéder, au total 0.15 mSv/an pour les deux installations. Selon l'évaluation de l'IFSN, les rejets effectifs du PSI/ZWILAG ont entraîné en 2017 une dose supplémentaire de 0.007 mSv pour la population avoisinante, soit environ 5% de cette valeur. La quasi-totalité de cette dose provient des rejets de gaz rares de courte période produits dans les accélérateurs de particules de la zone West de l'institut. La surveillance de l'environnement est assurée par le PSI ainsi que par les autorités qui effectuent des mesures supplémentaires de manière indépendante. Hormis quelques valeurs sporadiquement plus élevées de tritium dans les précipitations, les résultats de la surveillance au voisinage du PSI n'ont pas mis en évidence de marquage de l'environnement dû au fonctionnement des installations du centre de recherche.

Pour les informations détaillées, se référer au chapitre 8.



## Tritium dans l'industrie

Certaines entreprises industrielles utilisent également des substances radioactives. Le tritium est le radionucléide le plus utilisé dans ce domaine en Suisse, par exemple pour la fabrication de sources lumineuses au gaz de tritium ou pour la production de marqueurs radioactifs au tritium pour la recherche. Ces entreprises sont tenues de communiquer à l'autorité de surveillance le bilan de leurs émissions. En 2017, toutes les entreprises concernées ont respecté les valeurs limites pour les rejets fixées dans leur autorisation. L'OFSP met en oeuvre un programme de surveillance spécifique pour contrôler les immissions autour de ces entreprises. Le tritium est ainsi analysé dans les précipitations, l'humidité de l'air, les eaux superficielles et dans certains cas, les denrées alimentaires.

En 2017, comme au cours des années précédentes, les résultats de cette surveillance ont montré un marquage significatif de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par le tritium, à proximité immédiate de ces entreprises, notamment à Niederwangen. Les concentrations de tritium enregistrées dans les précipitations à la station Firma, située au voisinage de l'entreprise mb Microtec, se sont ainsi élevées en moyenne à 470 Bq/l en 2017, avec une valeur maximale de 1'315 Bq/l en mars. Cette valeur représente 11% de la limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public. Des valeurs plus élevées de tritium ont également été mesurées dans les distillats de fruits et légumes (pommes, rhubarbes et laitues) récoltés fin août au voisinage de l'entreprise, atteignant 664 Bq/l dans le distillat d'un échantillon de rhubarbe et 465 Bq/l dans celui d'un échantillon de pomme. Dans les distillats des échantillons de lait, les concentrations en tritium étaient plus faibles (valeur maximale de 32 Bq/l). Ces valeurs sont toutes restées inférieures à la valeur de tolérance pour le tritium dans les denrées alimentaires, fixée à 1'000 Bq/kg dans l'OSEC. Par conséquent ces denrées ne représentent pas de risque pour la santé du consommateur. Toutefois, ces valeurs sont les plus élevées mesurées depuis 10 ans et s'expliquent probablement par les rejets plus importants, mais inférieurs aux limites légales, de tritium vers l'atmosphère fin juin et fin juillet 2017 en raison de problèmes techniques, comme l'a communiqué l'entreprise à la SUVA. Consciente de cette problématique, l'entreprise a toutefois pris des mesures afin de réduire les rejets sur le long terme, en rénovant son système de ventilation.

Les concentrations de tritium mesurées dans les échantillons hebdomadaires de précipitations de Teufen/AR, au voisinage de l'entreprise RC Tritec, sont quant à elles plus faibles. Si la valeur maximale enregistrée en 2017, à savoir 369 Bq/l est plus élevée que celle enregistrée en 2016 et 2015, la valeur médiane (25 Bq/l) des concentrations de tritium mesurées dans ces échantillons est encore en diminution par rapport aux années précédentes.

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 5, 9.1 et 9.3.*

## Héritages radiologiques

Le plan d'action radium 2015-2019, approuvé par le Conseil fédéral en mai 2015, vise à régler le problème des héritages radiologiques liés à l'application de peinture luminescente au radium dans l'industrie horlogère jusque dans les années 1960.

Depuis 2014 et jusqu'à fin 2017, près de 400 biens-fonds (bâtiments et jardins) ont fait l'objet d'un diagnostic du radium principalement dans les cantons de Neuchâtel, Berne et Soleure, mais aussi dans d'autres cantons tels que Bâle-Campagne, Genève, Jura, Tessin, Vaud et Zurich. En présence de traces de radium dans des locaux intérieurs, l'OFSP évalue la dose annuelle supplémentaire pouvant être reçue par les occupants sur la base des résultats de mesure et de scénarios d'exposition. Ces scénarios ont pour objectif d'exclure, pour tout occupant actuel ou futur, une exposition supérieure à la limite de dose de 1 mSv/an tolérée pour la population suisse. Si le résultat de cette estimation montre que cette valeur peut être dépassée pour l'occupant potentiellement le plus exposé à la présence de radium, alors la décision est prise d'assainir les locaux. Pour les jardins, un assainissement est requis en cas de dépassement de la valeur seuil de 1'000 becquerels par kilogramme (Bq/kg) pour la concentration en radium dans la terre sèche.

Parmi les biens-fonds contrôlés, 80 nécessitent un assainissement lié au  $^{226}\text{Ra}$ . En ce qui concerne les locaux intérieurs, les doses estimées pour l'occupant actuel ou futur potentiellement le plus exposé se situent dans la majorité des cas entre 1 et 10 mSv/an. Dans cinq bâtiments, la dose potentiellement reçue par la personne la plus exposée se situe toutefois entre 10 et 17 mSv/an. Les valeurs maximales de radium mesurées dans des

échantillons de terre prélevés dans les jardins à assainir s'élevaient en moyenne à 16'500 Bq/kg. Dans un cas, elles avoisinaient ponctuellement les 210'000 Bq/kg.

Par ailleurs, l'OFSP a déjà identifié cinq anciens sites industriels figurant au cadastre des sites pollués qui nécessitent un assainissement lié au  $^{226}\text{Ra}$ . Une approche commune doit être développée entre l'OFSP et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), afin de gérer ces situations de pollutions mixtes.

La surveillance des décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium constitue un second volet du plan d'action, mené en étroite collaboration avec l'OFEV ainsi que les communes et cantons concernés. L'exemple de l'ancienne décharge du Lischenweg à Bienne a montré qu'il est possible encore aujourd'hui de découvrir des déchets contaminés au radium avec des niveaux de radioactivité parfois élevés dans les anciennes décharges même s'il s'agit de contaminations très localisées. En cas de travaux d'excavation, il est nécessaire d'assurer la protection des travailleurs et de mettre en place des mesures pour éviter la dispersion de la radioactivité dans l'environnement. Plus de 8'000 anciennes décharges en activité avant 1970 sont répertoriées dans le cadastre des sites pollués dans les cantons potentiellement concernés par des héritages radiologiques. Les procédures à suivre avant et pendant l'ouverture d'une ancienne décharge pouvant potentiellement contenir des déchets contaminés au radium ont été définies et transmises aux cantons. Relevons que tant qu'une ancienne décharge reste fermée et que les déchets potentiellement contaminés sont inaccessibles, le risque sanitaire lié à la présence de radium est très faible.

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 5, 9.1 et 9.3.*

### Emissions de radionucléides provenant des hôpitaux

Les hôpitaux utilisent depuis de nombreuses années de l' $^{131}\text{I}$  pour le diagnostic et le traitement de maladies de la thyroïde. Les patients suivant une thérapie à l'iode et ayant reçu moins de 200 MBq (1 méga Bq =  $10^6$  Bq) en ambulatoire peuvent quitter l'hôpital après la thérapie. Les patients ayant reçu plus de 200 MBq doivent être isolés dans des chambres spéciales pendant les premières 48 heures au moins suivant le traitement. Les excréments de ces patients sont collectés dans des cuves de décroissance dédiées au contrôle des eaux usées et ne sont rejetées dans l'environnement qu'après diminution de leur activité en dessous des valeurs limites d'immissions. Dans le cadre de la surveillance de l'environnement, des échantillons d'eaux usées sont prélevés chaque semaine dans les stations d'épuration des grandes agglomérations et analysés afin de déterminer leur concentration en  $^{131}\text{I}$ . Les résultats des mesures ont montré que même si des traces d' $^{131}\text{I}$  sont parfois détectées, les valeurs se situent nettement en dessous des valeurs limites d'immissions définies dans l'ordonnance sur la radioprotection.

D'autres radionucléides comme l' $^{90}\text{Y}$ , le  $^{177}\text{Lu}$  et depuis 2013 le  $^{223}\text{Ra}$  sont également utilisés par des applications diagnostiques et thérapeutiques. Si l'utilisation du premier est en diminution, l'activité annuelle totale de  $^{177}\text{Lu}$  appliquée en Suisse a plus que triplé entre 2007 et 2017 et dépasse depuis 2015 celle du  $^{131}\text{I}$ . La tendance se poursuit puisque l'activité de  $^{177}\text{Lu}$  appliquée en 2017 a encore augmenté de 25% par rapport à 2016. L'utilisation du  $^{223}\text{Ra}$ , bien qu'encore faible est aussi en augmentation. En 2014, l'OFSP avait réalisé un programme spécifique de mesure du  $^{223}\text{Ra}$  afin de suivre la dispersion de ce radionucléide depuis son émission et de s'assurer que la majeure partie de l'activité émise se retrouvait bien dans les boues d'épuration et non dans les rivières, puis dans l'environnement (voir rapport «Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse 2014» de l'OFSP).

*Pour davantage d'informations, consulter les chapitres 9.2 et 9.3*

### Radioactivité assimilée par le corps humain

L'assimilation de radionucléides par l'intermédiaire de la nourriture peut être recensée par des mesures au corps entier (pour les émetteurs gamma) ainsi que par des analyses de la teneur en  $^{90}\text{Sr}$  dans les dents de lait et les vertèbres humaines. Les mesures au corps entier réalisées aux hôpitaux universitaires genevois depuis près de 40 ans ont pu être poursuivies en 2017. Les résultats de ces mesures ont montré des valeurs de  $^{137}\text{Cs}$  inférieures à la limite de détection de 1 Bq/kg. Le  $^{40}\text{K}$  naturel s'élève en moyenne à environ 56 Bq/kg chez les femmes et à 71 Bq/kg chez les hommes. La teneur en  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres et les dents de lait n'est plus aujourd'hui que de l'ordre de la dizaine de mBq/g de calcium (figure 5). Le strontium est assimilé

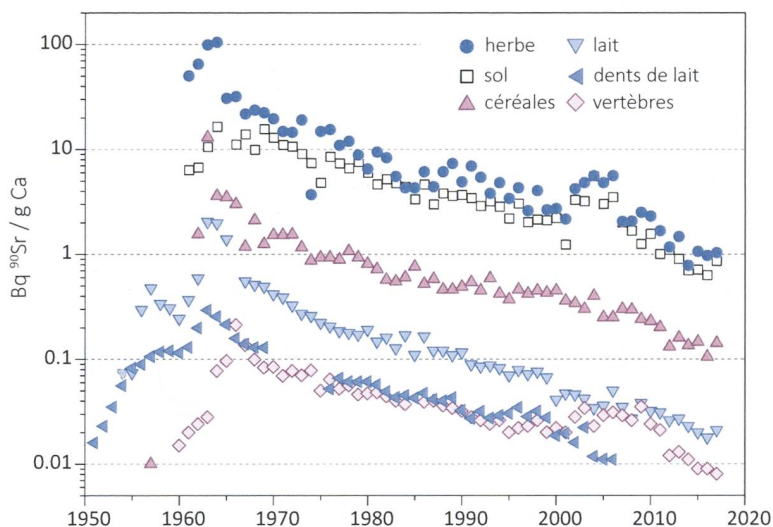


Figure 5:  
 $^{90}\text{Sr}$  dans divers échantillons prélevés entre 1950 et 2017.

par le corps humain comme le calcium dans les os et les dents. Les vertèbres sont choisies comme indicateur de la contamination du squelette car ce sont des os particulièrement spongieux, échangeant rapidement le calcium avec le plasma sanguin. Le prélèvement de vertèbres sur des personnes décédées dans l'année en cours permet de déterminer le niveau de contamination de la chaîne alimentaire en  $^{90}\text{Sr}$ . Quant à la formation des dents de lait, elle débute, dans les mois précédant la naissance et se poursuit durant la période d'allaitement. La mesure du strontium s'effectue lorsque la dent de lait tombe d'elle-même. Elle donne une indication rétroactive de la contamination de la chaîne alimentaire de la mère à l'époque de la naissance de l'enfant. Les valeurs de strontium mesurées dans les dents de lait (figure 5) sont donc répertoriées en fonction de l'année de naissance de l'enfant. Ceci explique que les courbes relatives aux dents de lait et au lait montrent une évolution pratiquement parallèle.

Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 6.1 et 6.2

### Uranium dans l'urine

Un médecin de la région du lac de Zürich a informé l'OFSP au printemps 2017 qu'il avait mesuré des concentrations plus élevées d'Uranium dans les urines de ses patients au cours du premier trimestre et surtout pendant les mois de mars à mai, en demandant si une augmentation des concentrations d'uranium présent dans l'environnement pouvait en être à l'origine. Les résultats des mesures de surveillance de la radioactivité dans l'environnement ainsi que ceux obtenus dans les eaux potables n'ont toutefois indiqué aucune concentration plus élevée d'uranium pendant la période concernée. Dans l'air (filtres aérosols à grand volume, HVS, voir chapitre 4.1) les concentrations de  $^{234}\text{Th}$ , qui constituent une mesure indirecte de celles de l'uranium, étaient normales. Les résultats des mesures (directes) hebdomadaires de l'uranium dans les poussières récoltées dans l'air ainsi que des eaux de pluies réalisées par le service météorologique allemand (DWD) confirment ce constat. Aucun radionucléide d'origine artificielle n'a par ailleurs été détecté dans l'air, pouvant indiquer un rejet inhabituel de radioactivité au cours de cette période. Les mesures de l'eau de tous les captages d'eau potable du lac de Zürich effectuées en juin 2017 par le laboratoire cantonal de Zürich ont indiqué que les concentrations d'uranium étaient, comme d'habitude, très faibles. Une augmentation des concentrations d'uranium dans l'environnement (air et eaux potables) pendant le premier semestre de l'année 2017 peut ainsi être exclue. Les concentrations d'uranium mesurées dans les échantillons d'urine des patients se situent par ailleurs dans le domaine de variation des concentrations d'uranium mesurées dans les urines de personnes en bonne santé dans le cadre d'une vaste étude réalisée entre janvier 2010 et avril 2012 par l'office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV). Une comparaison - et une explication des concentrations mesurées chez ces patients - est toutefois difficile, car le procédé utilisé par le médecin pour la récolte des échantillons (provocation des urines après injection de chélates) est celui développé pour le traitement de graves intoxications par des métaux lourds.

## Evaluation

En Suisse, les concentrations de radionucléides dans l'environnement et les doses d'irradiation de la population dues aux sources de rayonnements artificielles sont restées en 2017, comme les années précédentes, nettement inférieures aux limites légales; le risque sanitaire correspondant peut donc être considéré comme très faible. La contamination en  $^{106}\text{Ru}$  mesurée dans l'air au Tessin fin septembre – début octobre, d'origine toujours inconnue, mais très probablement en provenance de régions situées au Sud de l'Oural, n'a pas eu de conséquences sanitaires pour la population suisse.

Il existe des différences régionales de répartition de la radioactivité naturelle et artificielle dans l'environnement. Si la radioactivité naturelle est essentiellement influencée par la géologie, la part de radioactivité artificielle, comme conséquence des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, est, elle aussi, distribuée de manière inhomogène sur le territoire suisse. Le  $^{137}\text{Cs}$  radioactif de Tchernobyl a par exemple principalement été déposé au Tessin où il est encore présent dans de nombreux échantillons, ainsi que, dans une moindre mesure, sur les reliefs jurassiens et dans certaines parties du nord-est de la Suisse. Les concentrations mesurées diminuent régulièrement depuis 1986, mais il est encore responsable des dépassements des valeurs limites observés dans certaines denrées sensibles, comme les champignons ou la viande de certains sangliers chassés au Tessin en 2017.

Les résultats des mesures effectuées dans le cadre de la surveillance des centrales nucléaires et des centres de recherche sont semblables à ceux enregistrés au cours des années précédentes. Même si des traces de radionucléides émis par ces installations sont décelables dans l'environnement, (par exemple le  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages ou les isotopes du cobalt dans les sédiments au voisinage des centrales nucléaires ou encore le  $^{24}\text{Na}$  ou l' $^{131}\text{I}$  dans l'air au voisinage des centres de recherche), les rejets qui en sont à l'origine sont nettement inférieurs aux limites autorisées et aucun dépassement des valeurs limites d'immissions. La surveillance mise en œuvre au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium a montré un marquage nettement mesurable de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par ce radionucléide à proximité immédiate de ces entreprises. A Niederwangen, les concentrations enregistrées dans les précipitations ont ainsi atteint au maximum 11% de la valeur limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public. Si des valeurs plus élevées de  $^3\text{H}$  ont également été mesurées dans les échantillons de denrées alimentaires prélevées dans cette localité, elles sont restées inférieures à la valeur de tolérance fixée à 1'000 Bq/l pour le tritium et n'ont pas présenté de risque pour la santé des consommateurs. Quant aux rejets d'effluents radioactifs liquides par les hôpitaux, ils ne sont décelables que sporadiquement dans les eaux des stations d'épuration des grandes villes.

En conclusion, les conséquences radiologiques liées au fonctionnement des centrales nucléaires, centres de recherche et industries sont restées très faibles pour les populations avoisinantes. Les traces de radioactivité artificielle décelées reflètent un fonctionnement normal de ces installations et témoignent de l'efficacité des programmes de surveillance mis en œuvre.

# 1.2

## Umweltüberwachung: Zusammenfassung

**S. Estier, P. Steinmann**

Sektion Umweltradioaktivität (URA), BAG, 3003 Bern

### Auftrag und Messprogramm

#### Überwachung der Umweltradioaktivität

Gemäss den Artikeln 104 bis 106 der noch bis Ende Berichtsjahr gültigen Version vom 22. Juni 1994 der Strahlenschutzverordnung (StSV) übernimmt das BAG die Verantwortung für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität in der Umwelt.

Das 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 Schwankungen bestimmt werden, damit die Strahlendosen für die Schweizer Bevölkerung ermittelt werden können. Diese allgemeine Überwachung umfasst zudem die Messung der Kontaminationen als Folge der oberirdischen Kernwaffenversuche der USA und der Sowjetunion in den 50er und 60er Jahren sowie des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

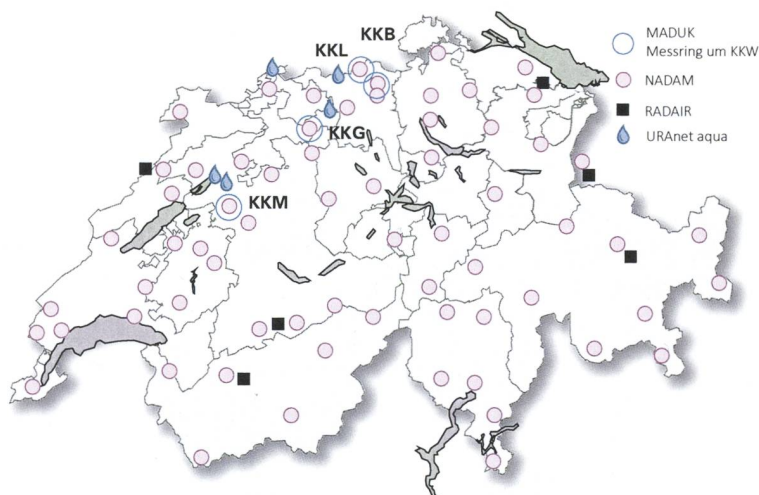
Mit der Überwachung müssen sich ausserdem die effektiven Auswirkungen von Kernanlagen, Forschungszentren und Unternehmen, die radioaktive Substanzen einsetzen, auf die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung feststellen lassen. Diese spezifische Überwachung der Anlagen, welche über eine streng beschränkte 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 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 Hochschulinstitute beteiligt sind. Die Liste der am Überwachungsprogramm beteiligten Laboratorien findet sich in den Anhängen 1 und 2. 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 (siehe auch Anhänge 3 und 4)

Das Überwachungsprogramm umfasst zahlreiche Umweltbereiche von der Luft über Niederschläge, Boden, Gras, Grundwasser und Oberflächengewässer, Trinkwasser und Sedimente bis zu Nahrungsmitteln. Seit 2010 werden auch Milchzentralen und Grossverteiler von Milch in der ganzen Schweiz beprobt. 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.

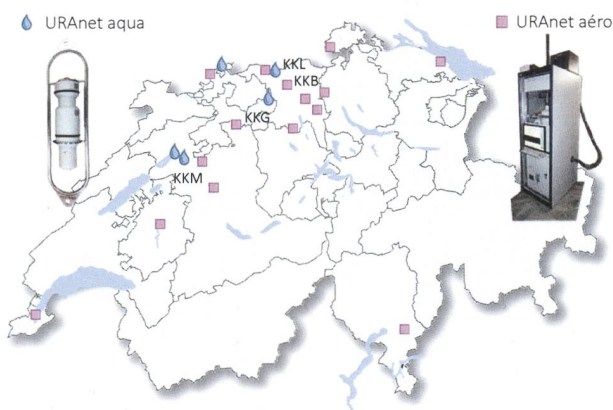
Automatische Messnetze (Figur 1) erfassen die Dosisleistung im ganzen Land (NADAM = Alarm- und Messnetz zur Bestimmung der Dosisleistung), in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK = Messnetz in der Umgebung der Kernanlagen zur Bestimmung der Dosisleistung). Die kontinuierliche Überwachung der Radioaktivität der Aerosole und des Flusswassers wird durch die automatischen Messnetze des BAG sichergestellt: RADAIR (bisheriges Aerosol-Messnetz mit Alpha/Beta-Monitoren) sowie sein Nachfolger URAnet mit Aerosol-Monitoren (URAnet aero) und Flusswassersonden (URAnet aqua). Zusätzlich werden von Aerosolen, Niederschlägen und Flusswasser kontinuierlich Proben für empfindliche Messungen entnommen. Die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Seit 2015 sind Messresultate der automatischen Messnetze sowie ein Grossteil der Ergebnisse der Labormessungen auf [www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch) abrufbar. Diese neugeschaffene Internetplattform zeigt die Resultate der Messungen von Umweltproben (Luft-, Boden-, Gras-, Milch- oder Wasserproben). Hingegen werden die Ergebnisse von speziellen Messprogrammen (z.B. Messungen von Wirbelknochen oder Milchzähnen;  $^{14}\text{C}$ -Messungen in Baumblättern) zurzeit noch ausschliesslich im hier vorliegenden Jahresbericht publiziert. Die Messprogramme sind vergleichbar mit denjenigen unserer Nachbarländer. Die Methoden für die Probenentnahme und die Überwachungsprogramme entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die Qualitätskontrolle erfolgt durch eine regelmässige Teilnahme der Laboratorien an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen.



Figur 1: Messnetze zur Überwachung der Luft in der Schweiz (Dosisleistung und Aerosole) und URAnet aqua für die Messung der Fliessgewässer.

### Die erneuerte automatische Messnetz URAnet

Das vom BAG betriebene automatische Messnetz für die Überwachung der Luft wird grundlegend erneuert. Das Ersetzen der alten RADAIR-Monitore durch die neuen Messsonden des Messnetzes URAnet aero begann 2016 und ist 2017 mit der Installation der letzten 7 von 15 Stationen abgeschlossen worden (siehe Figur 2). Das neue Messnetz bringt substantielle Verbesserungen mit sich, da es die Identifikation und Quantifizierung der einzelnen im Aerosol vorhandenen Radionuklide (Gammaemitter) ermöglicht, während das frühere RADAIR auf die Messung von Gesamt-Alpha und Gesamt-Beta beschränkt war. Für eine 12-Stunden Messung erreicht das neue System beispielsweise eine Nachweisgrenze von 1 bis 2.5 mBq/m<sup>3</sup> für  $^{137}\text{Cs}$ . Die vollständige Inbetriebnahme aller neuen Monitore inklusive der Publikation der Messwerte im Internet wird im Sommer 2018 erfolgen. Der Teil «Flusswasser» von URAnet (URAnet aqua) ist mit fünf Sonden in der Aare und im Rhein seit November 2015 in Betrieb.



Figur 2: Neues automatisches Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aéro) und im Flusswasser (URAnet aqua)

## Ergebnisse der Umweltüberwachung 2017

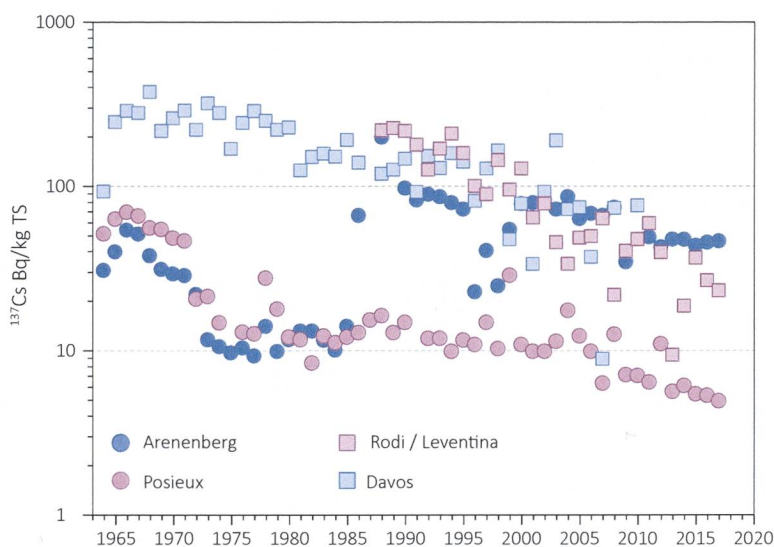
### Allgemeine Überwachung von Luft, Niederschlag, Gewässer, Boden, Gras sowie Milch und anderen Lebensmittel

Die Resultate 2017 der Überwachung der Radioaktivität in Luft, Niederschlag, Gras und Boden sind vergleichbar mit jenen aus den Vorjahren und bestätigen, dass in diesen Umweltkompartimenten der überwiegende Teil der Radioaktivität natürlichen Ursprungs ist. Die Luftmessungen mit Hochvolumen-Aerosolfiltern (für online-Resultate siehe [www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch)) zeigen hauptsächlich kosmogenes  $^7\text{Be}$  sowie  $^{210}\text{Pb}$ .

Umso überraschender war deshalb das Auftreten des künstlichen Radionuklids Ruthenium-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ) in Aerosolfiltern aus dem Tessin Ende September/Anfangs Oktober 2017. Das Isotop  $^{106}\text{Ru}$  hat eine Halbwertszeit von 373.6 Tagen und ist unter normalen Verhältnissen nicht nachweisbar. Sein plötzliches Auftreten ist nur durch eine unkontrollierte Abgabe erklärbar. Da das  $^{106}\text{Ru}$  von keinen weiteren künstlichen Radionukliden begleitet war, lässt sich ein Zwischenfall in einem Kernkraftwerk ausschliessen. Die höchste Konzentration im Tessin wurde zwischen dem 2. und 3. Oktober mit  $1'900 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  registriert. Das ist ein Faktor 350 unterhalb des Immissionsgrenzwertes der StSV. Für die Bevölkerung bestand also kein gesundheitliches Risiko. Die Ursache dieser Kontamination, die auch in zahlreichen anderen europäischen Ländern festgestellt wurde, bleibt unbekannt. Die von einigen europäischen Institutionen durchgeführten Berechnungen von Rückwärts-trajektorien deuten mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen Ursprung im südlichen Ural hin. Für ausführlichere Angaben siehe Kapitel 4.3.

Als weiteres ungewöhnliches Radioisotop identifizierte das IRA in Hochvolumen-Aerosolfiltern einiger Stationen nördlich der Alpen (Liebefeld, Posieux, Güttingen) geringste Spuren von Curium-244 ( $^{244}\text{Cm}$ ). Dieses Radionuklid kann bei der Kernspaltung entstehen und findet sich in kleinen Mengen in Brennstäben. Chemisch ist es mit dem Americium verwandt. Das  $^{244}\text{Cm}$  trat in um Grössenordnungen tieferen Konzentrationen ( $<0.1 \text{ nBq}/\text{m}^3$ ) auf, als das oben erwähnte Ruthenium und konnte nur nachgewiesen werden, indem die Filter eines ganzen Jahres zu einer einzigen Probe vereint wurden. Dies entspricht einem Luftvolumen von mehr als 3.5 Millionen Kubikmeter. Interessanterweise war in den Filtern aus dem Tessin kein  $^{244}\text{Cm}$  vorhanden, was darauf hinweist, dass zwischen den beiden Kontaminationen kein Zusammenhang besteht.

In den Niederschlägen ist die Radioaktivität vorwiegend auf  $^7\text{Be}$  und Tritium – beides Produkte der kosmischen Strahlung – zurückzuführen. Für das Tritium stellen aber Abgaben aus Kernkraftwerken und gewissen Industriebetrieben weitere Quellen dar (siehe entsprechende Abschnitte zu diesen Betrieben). In den Flüssen beträgt der natürlich bedingte Tritiumgehalt in der Regel nur wenige Bq/l.



Figur 3:  
 $^{137}\text{Cs}$  (in Bq/kg Trockenmasse) in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964 - 2017).

Im Erdboden dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen sowie das  $^{40}\text{K}$ . Die künstlichen Isotope aus den Ablagerungen aus der Luft zeigen regionale Unterschiede, die mit dem unterschiedlichen «Fallout» von Radioaktivität aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Tschernobyl-Reaktorunfall zusammenhängen. In den Alpen und Südalpen sind die Werte von  $^{137}\text{Cs}$  (siehe Figur 3) und  $^{90}\text{Sr}$  immer noch etwas höher als im Mittelland. Künstliche Alphastrahler wie  $^{239}\text{Pu}$  und  $^{240}\text{Pu}$  sowie  $^{241}\text{Am}$  treten im Erdboden nur in sehr geringen Spuren auf.

In Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche  $^{40}\text{K}$ . Künstliche Radionuklide wie  $^{137}\text{Cs}$  oder  $^{90}\text{Sr}$  (siehe Figur 5), die von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden, sind im Gras nur noch in Spuren vorhanden.

Die regionale Verteilung ist dabei ähnlich wie für den Boden. Getreide-, Gemüse- und Früchteproben aus der Schweiz zeigten keine nennenswerten Aktivitäten von künstlichen Radioisotopen. Bei der Kuhmilch lag der  $^{137}\text{Cs}$  Gehalt meist unter der Nachweisgrenze von ca. 0.02 bis 1 Bq/l, je nach verwendeter Messmethode. Lediglich 3 von über 130 im Berichtsjahr gemessenen Milchproben zeigten messbare Konzentrationen von  $^{137}\text{Cs}$ . Die Probe mit dem höchsten Wert stammt aus dem Tessin (8.7 Bq/l). Die beiden anderen Proben (eine aus dem Tessin und eine aus Graubünden) zeigten nur Spuren (<1 Bq/l) von  $^{137}\text{Cs}$ . Der Toleranzwert aus der FIV von 10 Bq/l Milch wurde nicht überschritten. Die Südschweiz war ja die vom Tschernobyl-Unfall am stärksten betroffene Gegend der Schweiz, was erklärt, warum das  $^{137}\text{Cs}$  auch mehr als 30 Jahre nach dem Unfall noch messbar ist. Mit einem Wert von 1.4 Bq/l  $^{90}\text{Sr}$  lag eine Milchprobe aus dem Tessin über dem FIV-Toleranzwerte von 1 Bq/l. Alle andern 67 auf Radiostrontium untersuchten Milchproben zeigten sehr kleine  $^{90}\text{Sr}$  Konzentrationen (Medianwert: 0.04 Bq/l).

Gewisse einheimische Wildpilze, zum Beispiel Zigeuner (Reifpilz) oder Maronenröhrling, können immer noch erhöhte Gehalte von  $^{137}\text{Cs}$  aufweisen. 2017 analysierten die Kantonalen Laboratorien 69 Proben einheimischer Pilze. Die höchste gemessene spezifische Aktivität von 1'000 Bq/kg Frischgewicht erreichte ein Steinpilz aus dem Tessin, der damit den Wert von 600 Bq/kg überschritt, welcher sowohl dem alten FIV-Toleranzwert als auch dem neuen Grenzwert der seit 1. Mai 2017 gültigen Tschernobylverordnung entspricht. Auch 2016 hat der Kanton Tessin die systematischen Kontrollen von auf der Jagd erlegten Wildschweinen weitergeführt. Die dabei angewandten Triagemessungen mit einem Dosisleistungsmessgerät wurden im Jahr 2013 durch den Kanton in Zusammenarbeit mit dem BAG eingeführt. Die Messungen 2017 zeigten bei 2% der erlegten 547 Tiere eine Überschreitung des FIV-Grenzwertes für  $^{137}\text{Cs}$  in Wild von 1'250 Bq/kg. Das Fleisch dieser Tiere wurde durch den Kantonstierarzt konfisziert.

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi hat die Schweiz gleich wie die Europäische Union ein Programm für die Kontrolle von Lebensmittelimporten aus Japan aufgestellt. 2017 ist die Zahl der Proben jedoch stark zurückgegangen: nur knapp 10 Proben aus Japan wurden von den Kantonalen Laboratorien gemessen, gegenüber von mehr als 80 Proben im Jahr 2016. Der Rückgang erklärt sich aus der Tatsache, dass in den im 2016 untersuchten japanischen Lebensmittelproben abgesehen von Spuren in Teeproben keine künstliche Radioaktivität mehr nachgewiesen werden konnte ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  oder  $^{131}\text{I}$ ). Die Messungen von 2017 bestätigen diesen Befund, da in keiner Probe radioaktive Verunreinigungen festgestellt wurden.

Lebensmittelimporte aus anderen Ländern und speziell aus Osteuropa wurden, wie jedes Jahr, ebenfalls von den Kantonalen Laboratorien analysiert. Meist handelte es sich dabei um Proben von Wildbeeren (und Produkte aus Wildbeeren), Wildfleisch und Wildpilzen – alles Lebensmittel die bekannt dafür sind  $^{137}\text{Cs}$  anzureichern. Die meisten Proben zeigten nur geringe Spuren von  $^{137}\text{Cs}$ . Sporadisch tauchten etwas höhere Werte auf, vor allem in Wildbeeren (Maximum 173 Bq/kg Frischmasse) und Wildpilzen (Maximum 180 Bq/kg Frischmasse), aber sämtliche Werte blieben unterhalb des Grenzwertes für  $^{137}\text{Cs}$  der neuen Tschernobylverordnung.

Insgesamt sind also die wenigen 2017 in der Schweiz festgestellten Überschreitungen von Toleranzwerten (FIV) und Grenzwerten (Tschernobylverordnung) in einheimischen Lebensmitteln – auch nach mehr als 30 Jahren – noch immer eine Folge des Reaktorunfalles in Tschernobyl. Auch für das  $^{90}\text{Sr}$ , mit einer Toleranzwertüberschreitung in einer Milchprobe, sind alte Kontaminationen die Ursache: In erster Linie die oberirdischen Atombombenversuche der frühen 60er Jahre, mit einem zusätzlichen Beitrag durch den Reaktorunfall von Tschernobyl.

*Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 4, 5 und 7.2.*

### 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 Kurzzeitabgabengrenzwerte 2017 eingehalten haben.

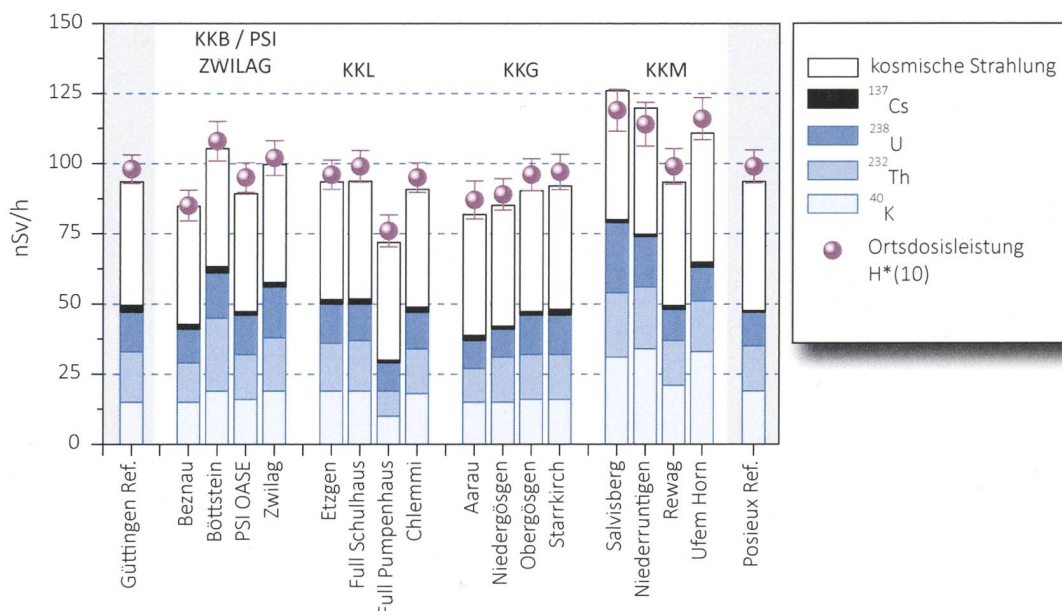


An einigen Stellen der Arealzäune der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg ist Direktstrahlung aus dem Werk messbar. In Leibstadt etwa zeigt die Auswertung der am Zaun angebrachten Dosimeter für die jährliche Umgebungsdosis Werte von bis zu 0.7 mSv (nach Abzug des natürlichen Untergrundes von 0.6 mSv/ Jahr). Der Immissionsgrenzwert für Direktstrahlung ist gleichwohl bei allen Kernkraftwerken 2017 eingehalten. Hier ist zu beachten, dass die Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung für die Ortsdosis gelten und sich nicht auf Personendosen beziehen. Diese Werte können daher nicht mit dem quellenbezogenen Dosisrichtwert für die Bevölkerung verglichen werden, da sich keine Person aus der Bevölkerung dauerhaft am Zaun aufhält.

Die Ergebnisse des Überwachungsprogramms der Immissionen, das vom BAG in der Umgebung der Kernkraftwerke organisiert wird, zeigen für 2017 nur einen geringen Einfluss auf die Umwelt (siehe Kapitel 8.5 des vorliegenden Berichtes). Mit hochempfindlichen Messmethoden konnten Spuren der Abgaben an die Atmosphäre festgestellt werden, etwa erhöhte Werte für  $^{14}\text{C}$  im Laub (maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation von 145 Promille in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt). Zur Orientierung: Eine zusätzliche  $^{14}\text{C}$ -Aktivität von 100 Promille in den Lebensmitteln würde zu einer zusätzlichen jährlichen Dosis von einem Mikrosievert führen. Die Tritiumkonzentrationen im Niederschlag in der Umgebung der Kernkraftwerke sind tief geblieben.

Bedingt durch den deutlichen Rückgang der Abgabe flüssiger radioaktiver Stoffe durch das Kernkraftwerk Mühleberg enthielten die Wasserproben aus Aare und Rhein flussabwärts der Kernkraftwerke 2017 keine messbaren Spuren von  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$  oder  $^{60}\text{Co}$ . Dies war in anderen Jahren typischerweise für die August/Septemberproben bei Hagneck der Fall, während der jährlichen Revision des KKW Mühlebergs. Das  $^{137}\text{Cs}$ , welches in Wasserproben aus Aare und Rhein vorhanden ist, stammt im Wesentlichen aus der Remobilisierung von alten Ablagerungen (Tschernobyl und Atombombenversuche der 60er Jahre). Sichtbar sind die Abgaben der Kernkraftwerke über das Abwasser dagegen in den monatlichen Sedimentproben aus Aare und Rhein, wo sporadisch  $^{54}\text{Mn}$  und  $^{60}\text{Co}$  nachgewiesen werden.

Die Monatsmittelwerte für Tritium in der Aare und im Rhein blieben meist unter der Nachweisgrenze von 2 Bq/l mit Ausnahme der Monate April bis Juni, wo wie jedes Jahr in der Aare bei Brugg eine leichte Erhöhung der Werte gemessen wurde (15 Bq/l in der Aare bei Brugg im Mai). Die Ursache ist die Abgabe von Tritiumhaltigem Abwasser durch das KKW Gösgen vor der Revision.



Figur 4: Beiträge zur Ortsdosis ( $H^*(10)$ ) durch die verschiedenen Radionuklide, die vom BAG 2017 an verschiedenen Stellen in der Umgebung der Schweizer Kernkraftwerke sowie an den Referenzstandorten Güttingen und Posieux (grau unterlegt) gemessen wurden. Diese Beiträge wurden ausgehend von Messungen durch In-situ-Gammaspektrometrie berechnet. Ausserdem ist das Ergebnis der direkten Messung der Gesamtdosis mit Hilfe einer Ionisationskammer dargestellt. Damit lässt sich die Zuverlässigkeit der Methode abschätzen (siehe auch Kapitel 3.1).

Die Radioaktivitätsmessungen an Fischen aus der Aare und dem Rhein unterhalb KKM, KKB und KKL haben 2017 keine künstlichen Gammaemitter gezeigt. Gleiches gilt für die gemessenen Grundwasserproben. Die Resultate der Radioaktivitätsmessungen in Lebensmitteln aus der Umgebung der Kernkraftwerke waren ähnlich wie jene von Proben aus entfernten Gebieten im Mittelland.

Im Drainagewasser des Standortes des ehemaligen Kernreaktors in Lucens wurden seit den verdichteten Kontrollmessungen im Frühling 2012 keine erhöhten Tritiumwerte mehr festgestellt.

Wie die Figur 4 zeigt ergaben die Umweltmessungen in der Umgebung der Kernkraftwerke 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 ( $^{137}\text{Cs}$ ).

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

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 3.1, 4.4, 7.1, 7.2 und 8.1 bis 8.5.

### Überwachung der Forschungszentren

Beim CERN hat die interne Emissionskontrolle der Anlagen gezeigt, dass die tatsächlichen Abgaben 2016 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, die in den Beschleunigern des CERN erzeugt werden, namentlich  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{41}\text{Ar}$  und  $^{131}\text{I}$  in der Luft sowie  $^{22}\text{Na}$  und  $^{54}\text{Mn}$  im Wasser. Die Strahlenbelastung durch das CERN für die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung bleibt sehr 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 zusätzliche Dosis für die Bevölkerung in der Umgebung von PSI/ZWILAG darf für beide Anlagen zusammen maximal 0.15 mSv/Jahr betragen. Die Auswertungen des ENSI zeigen, dass die tatsächlichen Abgaben des PSI/ZWILAG zu einer Dosis von 0.007 mSv/Jahr führen, d.h. 5% des Grenzwertes. Die Abgabe von kurzlebigen Edelgasen aus den Teilchenbeschleuniger am PSI-West ist für praktisch die ganze Dosis verantwortlich. Die Umweltüberwachung wird vom PSI selber sowie mit unabhängigen Messungen durch die Behörden durchgeführt. Ausser einigen sporadisch auftretenden erhöhten Tritiumkonzentrationen im Regenwasser zeigten die Überwachungsmessungen in der Umgebung keinen Einfluss der Forschungseinrichtungen des PSI auf die Umwelt.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 8.

### Tritium aus der Industrie

Auch Industriebetriebe setzen radioaktive Stoffe ein. Tritium ist in der Schweiz das am häufigsten industriell verwendete Radionuklid und wird zum Beispiel zur Herstellung von Tritiumgas-Leuchtquellen oder von radioaktiven Markern für die Forschung verwendet. Im Jahr 2017 haben alle betroffenen Betriebe die Vorgaben für die Abgabe von radioaktiven Stoffen eingehalten. Das BAG führt ein spezifisches Überwachungsprogramm zur Kontrolle der Immissionen in der Umgebung dieser Betriebe durch. Auf Tritium untersucht werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit und Gewässer.

Wie in den vorangegangenen Jahren zeigten die Resultate der Überwachung 2017 einen deutlichen Einfluss der Abgaben auf die Tritiumwerte in Umweltproben (Niederschlag und Nahrungsmittel) aus der unmittelbaren Umgebung dieser Industriebetriebe, besonders in Niederwangen. Dort betrug die Tritiumkonzentration im Niederschlag bei der Station «Firma» im Mittel 470 Bq/l mit einem Maximum von 1'315 Bq/l im März. Dieser Wert entspricht 11% des in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Immissionsgrenzwertes für öffentlich zugängliche Gewässer. Erhöhte Tritiumwerte wurden auch in den Destillaten von Ende August in der Umgebung des Betriebes geernteten Früchten und Gemüse (Äpfel, Rhabarber und grüner Salat) gefunden.

den, mit einem Höchstwert von 664 Bq/l im Destillat einer Rhabarberprobe und 465 Bq/l im Destillat einer Apfelprobe. In Milchproben waren die Tritiumkonzentrationen tiefer, mit einem Maximum von 32 Bq/l. Alle gemessenen Werte blieben unterhalb des FIV-Toleranzwertes für Tritium in Lebensmitteln von 1'000 Bq/kg. Ein gesundheitliches Risiko ist beim Konsum dieser Lebensmittel also nicht gegeben. Dennoch fällt auf, dass 2017 die höchsten Werte der letzten 10 Jahre gemessen wurden. Dies erklärt sich wahrscheinlich aus den vom Betrieb an die Suva gemeldeten Abgaben von Ende Juni und Ende Juli 2017, die höher als üblich waren, aber immer noch im Rahmen der Bewilligung lagen. Um in Zukunft die Abgaben tiefer zu halten, hat der Betrieb sein Abluftsystem renoviert.

Die Tritiumkonzentrationen in den wöchentlichen Regenproben von Teufen/AR, in der Umgebung der Firma RC Tritec, sind im Vergleich tiefer. Auch wenn 2017 das ermittelte Maximum von 369 Bq/l höher ist jene der Jahre 2016 und 2015, ist doch der Medianwert (25 Bq/l) noch einmal tiefer als in den Vorjahren.

*Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 5, 9.1 und 9.3.*

### **Radium-Altlasten**

Der vom Bundesrat im Mai 2015 verabschiedete Aktionsplan Radium 2015-2016 hat das Ziel, die durch die Verwendung von radiumhaltiger Leuchtfarbe bis in die 1960er Jahre entstandenen Altlasten zu bewältigen.

Seit 2014 bis Ende 2017 wurden in nahezu 400 Liegenschaften (Gebäuden und Gärten) eine Radiumdiagnose durchgeführt, im Wesentlichen in den Kantonen Neuenburg, Bern und Solothurn, aber auch in einigen weiteren Kantonen wie Basel-Stadt, Genf, Jura, Tessin, Waadt und Zürich. Wenn in Innenräumen Spuren von Radium festgestellt werden, evaluiert das BAG anhand von Messergebnissen und Expositionsszenarien die zusätzliche Jahresdosis, der sich die Gebäude-Nutzenden aussetzen könnten. Diese Szenarien sollen ausschliessen, dass jemand, der diese Räumlichkeiten derzeit oder künftig nutzt, einer Strahlung oberhalb des Grenzwertes von 1 mSv pro Jahr für die Schweizer Bevölkerung, ausgesetzt ist. Zeigt die Abschätzung, dass der Grenzwert von 1 mSv pro Jahr für die dem Radium potenziell am meisten ausgesetzte Person überschritten werden kann, wird entschieden, die Räumlichkeiten zu sanieren. Gärten sind sanierungsbedürftig, wenn die Radiumkonzentration in der Erde den Grenzwert von 1'000 Becquerel pro Kilogramm Trockengewicht übersteigt.

Bei 80 der kontrollierten Liegenschaften wurde ein Sanierungsbedarf bezüglich <sup>226</sup>Ra festgestellt. In den zu sanierenden Wohnungen lag die Dosisabschätzung für den stärksten betroffenen Bewohner in den allermeisten Fällen zwischen 1 und 10 mSv/Jahr. In 5 Wohnungen lag sie höher, im Bereich von 10 - 17 mSv/Jahr. In den Bodenproben der zu sanierenden Gärten betrug der Durchschnitt der gemessenen Radiumhöchstwerte 16'500 Bq/kg. In einem Fall wurde lokal eine Konzentration von bis zu 210'000 Bq/kg gemessen.

Unter den bezüglich <sup>226</sup>Ra sanierungsbedürftigen Liegenschaften finden sich auch fünf ehemalige Industriestandorte die gleichzeitig im Altlastenverzeichnis aufgenommen sind. Hier muss ein gemeinsames Vorgehen von BAG und BAFU entwickelt werden, um mit dieser doppelten Kontaminationsproblematik umzugehen.

Die Überwachung von Deponien mit Verdacht auf radiumhaltige Abfälle bildet einen zweiten Schwerpunkt des Aktionsplans. Hier arbeitet das BAG eng mit dem BAFU sowie den betroffenen Gemeinden und Kantonen zusammen. Das Beispiel der ehemaligen Deponie Lischenweg in Biel hat gezeigt, dass es auch heute noch möglich ist, auf Deponien stark mit Radium kontaminierte Abfälle zu finden, wenn auch lokal eng begrenzt. Werden solche Deponien geöffnet, so ist es notwendig, den Schutz der Arbeiter zu gewährleisten und die Abgabe des Radiums an die Umwelt zu verhindern. Die Altlastenkataster der Kantone welche potentiell von der Radonproblematik betroffen sind, umfassen mehr als 8'000 Deponien, welche vor 1970 in Betrieb waren. Die Vorgehensweisen bezüglich <sup>226</sup>Ra beim allfälligen Öffnen einer betroffenen Altlast wurden festgelegt und an die Kantone weitergeleitet. Ist bei in einer Altlast keine Sanierung notwendig und sind potentiell radiumhaltige Abfälle unzugänglich, so ist das davon ausgehende Gesundheitsrisiko sehr klein.

### **Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern**

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen <sup>131</sup>I verwendet. Iodtherapie-Patienten, die mit weniger als 200 MBq (1 MegaBq = 10<sup>6</sup> Bq) ambulant behandelt wurden, dürfen das

Spital nach der Therapie verlassen. Bei über 200 MBq müssen die Patienten mindestens während den ersten 48 Stunden in speziellen Zimmern isoliert werden. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziellen Abwassertanks gesammelt und erst nach Abklingen unter die bewilligten Immissionsgrenzwerte an die Umwelt abgegeben. Im Rahmen der Umgebungsüberwachung werden wöchentliche Sammelproben von Abwasser aus den Kläranlagen der grösseren Agglomerationen auf  $^{131}\text{I}$  untersucht. Die Messungen haben gezeigt, dass in den Abwasserproben manchmal Spuren von  $^{131}\text{I}$  nachweisbar sind, diese jedoch deutlich unter den Immissionsgrenzwerten gemäss Strahlenschutzverordnung liegen.

Zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken kommen auch andere Radionuklide wie  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{177}\text{Lu}$  und seit 2013 auch  $^{223}\text{Ra}$  zum Einsatz. Während ersteres immer weniger verwendet wird, hat sich die Gesamtaktivität des eingesetzten  $^{177}\text{Lu}$  über die letzten 10 Jahre mehr als verdreifacht und übertrifft seit 2015 diejenige von  $^{131}\text{I}$ . Allein im letzten Jahr ist die eingesetzte Aktivität um einen Viertel gestiegen. Auch das  $^{223}\text{Ra}$  wird immer häufiger verwendet. Das BAG hat 2014 ein spezielles Programm für  $^{223}\text{Ra}$  durchgeführt, mit dem Ziel, den Durchgang von  $^{223}\text{Ra}$  via die Kanalisation in die Abwasserreinigungsanlagen besser zu verstehen und zu bestätigen, dass sich ein wesentlicher Teil im Klärschlamm ablagert und zu keiner Kontamination der Flüsse führt (siehe Jahresbericht 2014).

*Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.2 und 9.3.*

### Messungen am menschlichen Körper

Die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung lässt sich durch Ganzkörpermessungen und die Analyse des  $^{90}\text{Sr}$ -Gehalts in Milchzähnen und Wirbelknochen von Menschen bestimmen.

Die seit rund 40 Jahren durchgeführten Ganzkörpermessungen am Universitätsspital in Genf konnten im Jahr 2017 weitergeführt werden. Die Resultate der Messungen ergaben  $^{137}\text{Cs}$ -Werte, die unter der Nachweisgrenze von 1 Bq/kg lagen. Für das natürliche  $^{40}\text{K}$  wurden im Mittel Werte von rund 56 Bq/kg bei den Frauen und 71 Bq/kg bei den Männern gemessen. Die  $^{90}\text{Sr}$ -Konzentration in den Wirbelknochen und Milchzähnen liegt heutzutage bei nur einigen Hundertstel Bq/g Kalzium (Figur 5). 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  $^{90}\text{Sr}$  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 Zeitpunkt der Geburt des Kindes kontaminiert war. Die in den Milchzähnen gemessenen Strontiumwerte (Figur 5) sind deshalb nach Geburtsjahr der Kinder aufgeführt. Dies erklärt, weshalb die Kurven zu den Milchzähnen und zur Milch beinahe parallel verlaufen.

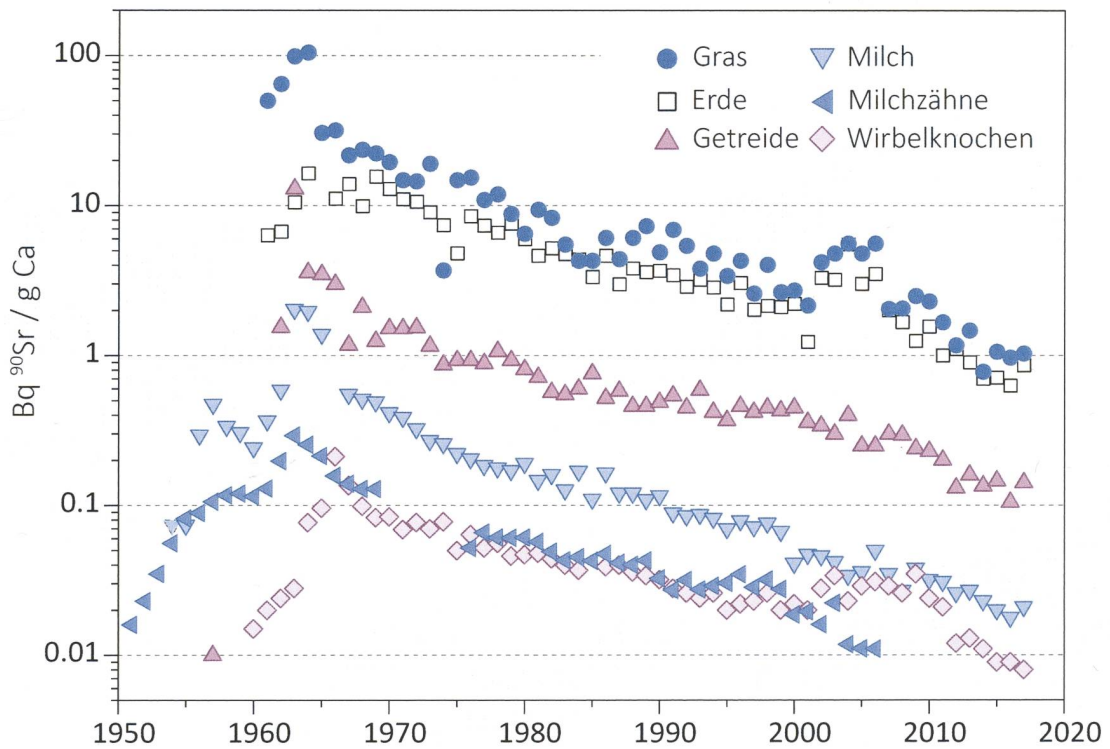
*Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 6.1 und 6.2.*

### Uran in Urin

Ein Arzt aus der Region Zürichsee informierte das BAG über erhöhte Urankonzentration in Urinproben seiner Patienten in der ersten Jahreshälfte 2017, insbesondere in den Monaten März bis Mai. Er fragte, ob dies durch eine höhere Uranbelastung in der Umwelt bedingt sein könnte. Die Messungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität und Messungen an Trinkwasser zeigten im betroffenen Zeitraum aber keine erhöhten Urankonzentrationen. In der Luft (Hochvolumen-Aerosol-Proben, HVS, siehe Kapitel 4.1) fanden sich normale Konzentrationen von Th-234, welches indirekt zur Messung von Uran herangezogen werden kann. Auch sind in dieser Zeit keine unüblichen künstlichen Radioisotope aufgetreten, die auf eine Freisetzung von Radioaktivität hingewiesen hätten. Messungen in allen Trinkwasserfassungen mit Wasser aus dem Zürichsee durch das Kantonale Laboratorium Zürich im Juni 2017 ergaben die üblichen, sehr tiefen Urankonzentrationen. Ebenso unauffällig waren die Befunde des Deutschen Wetterdienstes (DWD), der wöchentlich (direkte) Uranmessungen an Luftstaub und Regenwasser durchführt. Eine Erhöhung der Urankonzentrationen in der Umwelt (Luft und Trinkwasser) in der ersten Jahreshälfte 2017 kann also ausgeschlossen werden.

Die in den Urinproben der Patienten gemessenen Uran-Konzentrationen liegen innerhalb des Schwankungs-

bereiches einer grossen Studie, bei welcher das Bundesamt für Lebensmittel und Veterinärwesen (BLV) zwischen Januar 2010 und April 2012 Urinproben von gesunden Personen untersucht hat. Ein Vergleich und eine Erklärung der gefundenen Konzentrationen ist aber schwierig, da der Arzt ein zur Behandlung von akuten Schwermetallvergiftungen entwickeltes Verfahren anwendet, bei welchem die Ausscheidung von Schwermetallen durch die Einnahme von Chelat-Präparaten provoziert wird.



Figur 5:  
<sup>90</sup>Sr in verschiedenen, zwischen 1950 und 2017 entnommenen Proben (logarithmische Skala).

### Beurteilung

In der Schweiz lagen 2017 die Radioaktivitätswerte in der Umwelt sowie die Strahlendosen der Bevölkerung aufgrund künstlicher Strahlenquellen, wie in den Vorjahren, deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten. Das entsprechende Strahlenrisiko kann daher als sehr klein eingestuft werden. Die Ende September bis Anfangs Oktober im Tessin gemessene Kontamination der Luft mit  $^{106}\text{Ru}$ , deren Ursache immer noch unbekannt ist, deren Ursprungsort aber mit hoher Wahrscheinlichkeit im südlichen Ural liegt, hatte keine gesundheitlichen Folgen für die Bevölkerung in der Schweiz.

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 ist inhomogen über das Land verteilt. Radioaktives  $^{137}\text{Cs}$  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 zwar seit 1986 kontinuierlich ab, das Radiocäsium aus Tschernobyl ist aber dennoch verantwortlich für die 2017 in einigen Wildscheinfleischproben aus dem Tessin und in Wildpilzen festgestellten Grenzwertüberschreitungen.

Die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken und Forschungsanstalten sind vergleichbar mit jenen aus früheren Jahren. Spuren von emittierten Radionukliden können in der Umgebung zwar nachgewiesen werden: zum Beispiel  $^{14}\text{C}$  in Blättern oder Kobaltisotope in Sedimenten in der Umgebung von Kernkraftwerken sowie kurzlebige Radionuklide wie  $^{24}\text{Na}$  und  $^{131}\text{I}$  in der Luft bei Forschungszentren. Die Abgaben, welche diese Spuren in der Umwelt hinterlassen haben sind aber deutlich unterhalb der bewilligten Mengen und sie haben zu keinen Immissionsgrenzwertüberschreitungen geführt.

Die Überwachung der Tritium-verarbeitenden Industrien zeigt in deren unmittelbarer Nähe einen deutlich messbaren Einfluss von Tritium auf die Umwelt (Regen und Lebensmittel). In Niederwangen erreichten die im Regen festgestellten Tritiumkonzentrationen maximal 11% des Immissionsgrenzwertes für Tritium in öffentlich zugänglichen Gewässer. In Lebensmitteln aus der Nachbarschaft des Betriebes ist Tritium zwar auch erhöht aber immer unterhalb des Toleranzwertes von 1'000 Bq/kg geblieben. Ein gesundheitliches Risiko beim Konsum dieser Lebensmittel bestand damit nicht. Abgaben von Radionukliden mit dem Abwasser aus Spitälern sind nur sporadisch im Wasser in Kläranlagen grösserer Städte nachweisbar.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Nachbarschaft von Kernkraftwerken, Forschungseinrichtungen und Industrien sehr gering geblieben ist. Die tiefen Messwerte für künstliche Radionuklide in der Umwelt zeigen ein ordnungsgemässes Funktionieren dieser Betriebe und können als Bestätigung für die Wirksamkeit der Überwachungsprogramme gedeutet werden.

