

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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (2019)

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

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Chapitre / Kapitel 1

Surveillance de l'environnement : résumé

Umweltüberwachung : Zusammenfassung

2019

- Tâches et programme de mesure
- Résultats de la surveillance 2019
- Evaluation
- Auftrag und Messprogramm
- Ergebnisse der Umweltüberwachung 2019
- Beurteilung

1.1

Surveillance de l'environnement : Résumé

S. Estier, P. Steinmann

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

Tâches et programme de mesures

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

Conformément à l'Art. 191 de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP), 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 qui en résultent pour la population. 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 (Art. 193 ORaP). 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 (Art. 194 ORaP).

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 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 (figure 1) est mesurée en continu grâce au réseau automatique de mesure URAnet de l'OFSP (volet «aero» pour la surveillance de l'air et volet «aqua» pour la surveillance de l'eau, voir plus bas). En plus des mesures automatiques, des prélèvements d'échantillons d'aérosols, de précipitations et d'eaux de rivière sont effectués en continu afin de procéder à des analyses très sensibles en laboratoire; 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. Les résultats des mesures des réseaux automatiques ainsi que la majorité des résultats des mesures de la radioactivité dans des échantillons environnementaux effectuées en laboratoire sont consultables en ligne sur le site www.radenviro.ch. Par contre les résultats de mesures spéciales (par ex. mesure dans les vertèbres, dents de lait, ^{14}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.

Nouveau réseau automatique de mesure URAnet

Le nouveau réseau automatique de surveillance de la radioactivité dans l'air (URAnet aero) est pleinement opérationnel depuis septembre 2018. Il remplace l'ancien réseau RADAIR, mis en service après l'accident de Tchernobyl et devenu obsolète. Ce nouveau réseau permet d'identifier et de quantifier les radionucléides présents dans l'air et génère une alarme en cas de dépassement des seuils fixés. Il est constitué de 15 sondes de mesure, réparties sur l'ensemble du territoire (voir Figure 1). Les différentes régions géographiques de Suisse sont couvertes, le réseau étant toutefois plus dense dans les régions à la fois fortement peuplées et potentiellement concernées par d'éventuels rejets de radioactivité dans l'air en provenance d'une centrale nucléaire.

Le nouveau réseau est capable de détecter des niveaux de radioactivité largement plus faibles que son prédécesseur (limite de détection de l'ordre de 1 à 2.5 milli-becquerels par mètre cube (mBq/m³) pour le césium-137 sur une mesure de 12 heures). Une telle sensibilité rend possible la détection automatique de très faibles concentrations de radioactivité dans l'air, même si celles-ci ne présentent pas de danger pour la santé, et permet ainsi une meilleure évaluation des doses reçues par la population.

Le volet du réseau dédié à la surveillance des eaux de l'Aar et du Rhin (URAnet aqua), qui comprend cinq sondes aquatiques, est opérationnel depuis 2015. Avec la mise en service du volet dédié à la surveillance de l'air, la Suisse dispose d'un réseau de surveillance automatique de la radioactivité dans l'environnement approprié et performant.

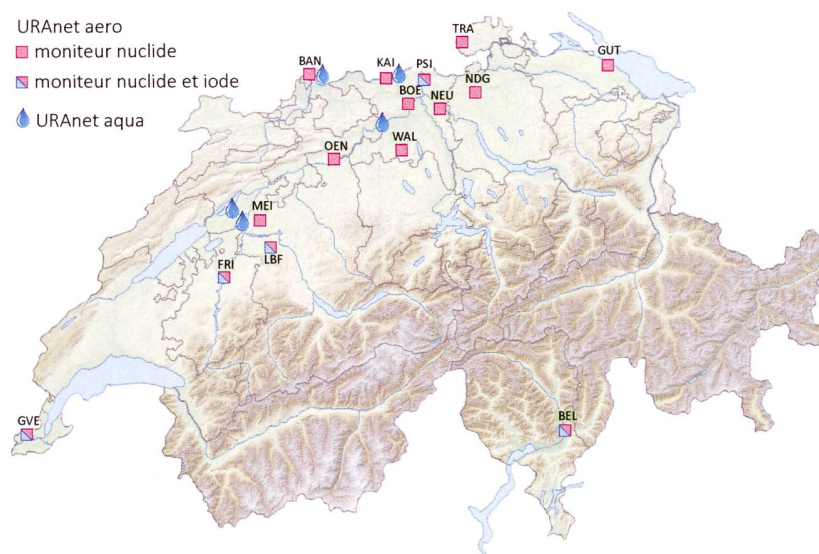


Figure 1:
Réseau automatique de surveillance de la radioactivité dans l'air (URAnet aero) et dans les cours d'eau (URAnet aqua).

Résultats de la surveillance 2019

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 2019 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), ont ainsi montré que la radioactivité de l'air provient pour l'essentiel des radionucléides naturels tels que le ^7Be cosmogénique ou le ^{210}Pb .

Dans les précipitations, la radioactivité est principalement liée au ^7Be 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.

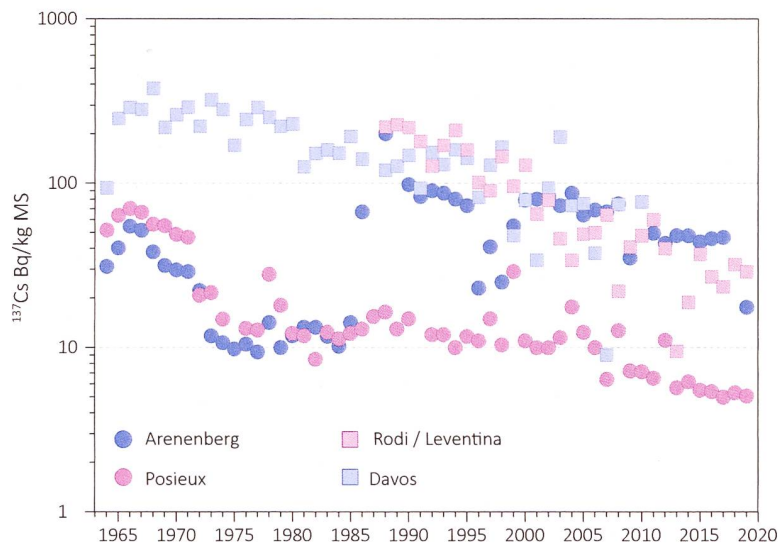


Figure 2:
 ^{137}Cs (en Bq/kg de matière sèche) dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse (1964 - 2019).

Dans le sol, on retrouve essentiellement les isotopes naturels issus des séries de désintégration de l'uranium et du thorium ainsi que le ^{40}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}Cs (voir fig. 2) et le ^{90}Sr sont toujours légèrement supérieures à celles du Plateau. Quant aux émetteurs alpha artificiels, comme le ^{239}Pu et le ^{240}Pu et l' ^{241}Am , il n'en subsiste que d'infimes traces dans le sol.

Dans l'herbe et les denrées alimentaires, c'est aussi le ^{40}K naturel qui domine. Les radionucléides artificiels comme le ^{137}Cs ou le ^{90}Sr (voir figure 4), 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.

Aucune activité de ^{137}Cs supérieure à la limite de détection de 0.4 Bq/kg n'a pu être décelée dans les 19 échantillons de céréales ni dans les 28 échantillons de fruits et légumes prélevés en Suisse en 2019. Dans le lait de vache, la teneur en ^{137}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 quelques échantillons de lait sur les 120 analysés en 2019 ont présenté une activité en ^{137}Cs mesurable: la valeur maximale de 9.1 Bq/l a été enregistrée dans un échantillon prélevé dans les vallées sud des Grisons; de faibles activités, de l'ordre de 1 à quelques Bq/l, ont également été mesurées dans d'autres échantillons de lait provenant de ces régions ainsi que du Tessin. Ces traces de ^{137}Cs proviennent essentiellement des retombées de l'accident de Tchernobyl. Rappelons qu'en Suisse les régions situées au Sud des Alpes, et en particulier au Tessin, ont été les plus touchées par ses retombées radioactives en 1986, ce qui explique que le ^{137}Cs y soit toujours mesurable à des niveaux plus élevés dans certains échantillons, plus de 30 ans après l'accident. Les activités mesurées en 2019 sont toutefois toutes restées nettement inférieures à la valeur maximale de 600 Bq/kg admise pour le ^{137}Cs selon l'Ordonnance Tchernobyl pour les denrées contaminées à la suite de cet accident. Les teneurs en ^{90}Sr mesurées dans 66 échantillons de lait par le canton de BS, l'IRA et le laboratoire de Spiez étaient toutes nettement inférieures à 1 Bq/l (ancienne valeur de tolérance selon l'OSEC pour ce radionucléide), avec une valeur maximale enregistrée de 0.69 Bq/l et une valeur médiane de 0.04 Bq/l. Les activités les plus élevées ont été mesurées dans un échantillon produit par des vaches ayant brouté dans les alpages de l'Oberland bernois. Le ^{90}Sr mesuré en Suisse provient des retombées des essais nucléaires des années 60 et les régions d'altitude, recevant davantage de précipitations, ont été plus touchées que les régions de plaine.

Certains champignons sauvages indigènes, notamment les bolets bais et les pholiotas ridés présentent toujours des valeurs accrues de ^{137}Cs . 74 échantillons de champignons sauvages indigènes provenant des cantons des Grisons et de Glaris ont été analysés par le laboratoire cantonal GR en 2019. Dans quatre échantillons les activités spécifiques de ^{137}Cs étaient supérieures à la valeur maximale de 600 Bq/kg fixée pour ce radionucléide dans l'Ordonnance Tchernobyl. Dans un échantillon (*Cortinarius*) en provenance des vallées sud des Grisons, cette valeur maximale était même dépassée d'un facteur 5 (3'300 Bq/kg). 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 2019, 643 sangliers ont ainsi fait l'objet d'une mesure de tri, réalisée sur place à l'aide d'un instrument dosimétrique. Dans environ 5% des cas, un dépassement de la valeur maximale pour le ^{137}Cs , fixée à 600 Bq/kg selon l'Ordonnance Tchernobyl, 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. Depuis 2017, les échantillons analysés en Suisse en provenance du Japon n'ont que rarement présenté des traces de ^{137}Cs . En 2019, le laboratoire cantonal de Bâle a encore analysé 30 échantillons de denrées alimentaires (thé, épices, sauces, soupes, etc.) en provenance du Japon. Seulement quelques échantillons de thé ont présenté des traces mesurables de ^{137}Cs (env. 1 Bq/kg).

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 (BS, TI, ZH). Ces analyses ont essentiellement porté sur les baies des bois (et produits à base de baies des bois), et les champignons sauvages, qui sont connus pour accumuler davantage le ^{137}Cs . La plupart des 64 échantillons n'ont présenté que de faibles traces de ^{137}Cs , avec sporadiquement quelques valeurs plus élevées notamment dans les champignons (maximum de 59 Bq/kg m.f.) mais toutes les valeurs mesurées sont restées nettement inférieures à la valeur maximale pour le ^{137}Cs fixée dans l'Ordonnance Tchernobyl.

Ainsi, les quelques dépassements de la valeur maximale (Ordonnance Tchernobyl) constatés en 2019 pour le ^{137}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.

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 2019.

La contribution du rayonnement direct est clairement mesurable en certains points de la clôture des centrales de Mühleberg et Leibstadt. Ainsi, l'évaluation des dosimètres disposés à la clôture de ces centrales a montré une élévation de la dose ambiante annuelle pouvant atteindre 1.3 et 1.2 mSv/an (après soustraction du bruit de fond naturel) resp. pour Mühleberg et Leibstadt. Ces valeurs respectent l'Art. 79 de l'ORaP sur la limitation des doses ambiantes en dehors des secteurs contrôlés et surveillés, puisqu'aucune personne ne séjourne de manière durable en ces endroits. Il convient en effet 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 autour des centrales nucléaires ont montré que l'impact de ces dernières sur l'environnement est resté faible en 2019. Les méthodes de mesure, d'une grande sensibilité, ont permis de mettre en évidence les traces des rejets atmosphériques, comme, par exemple, des valeurs accrues de ^{14}C dans les feuillages (augmentation maximale, par rapport à la station de référence, de 91 pour mille aux environs de la centrale de Leibstadt). A titre indicatif, notons qu'une activité

supplémentaire de 100 pour mille de ^{14}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 depuis 2016, aucune trace de ^{54}Mn , ^{58}Co ou de ^{60}Co n'est aujourd'hui décelable dans les échantillons d'eau de l'Aar ou du Rhin, prélevés en aval des centrales nucléaires. 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}Cs présent dans les échantillons d'eau de l'Aar et du Rhin, provient quant à lui essentiellement de la remobilisation des dépôts de l'accident de Tchernobyl et des essais d'armes atomiques des années 60. Autre conséquence de la réduction de ces rejets d'effluents liquides, aucune trace des isotopes du cobalt n'a pu être mise en évidence en 2019 dans les échantillons mensuels de sédiments prélevés dans l'Aar et dans le Rhin. Ainsi le seul radionucléide indicateur des rejets liquides des centrales nucléaires ayant été décelé dans l'environnement en 2019 est le ^{54}Mn , retrouvé sporadiquement dans les sédiments prélevés à Hagneck et Klingnau.

Les résultats des mesures de $^{239+240}\text{Pu}$ et de ^{241}Am effectuées par l'IRA sur différents échantillons de l'environnement aquatique (eaux de l'Aar et du Rhin, plantes aquatiques, sédiments) collectés en aval des centrales nucléaires ont montré que les rapports isotopiques $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ observés sont proches de 0.4, indiquant une contribution très majoritaire des retombées des essais nucléaires des années 60.

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 mai-juin, où, comme chaque année, on constate une légère augmentation (env. 10 Bq/l dans l'Aar à Brugg en avril) en raison de rejets plus importants d'eau contenant du tritium par la centrale nucléaire de Gösgen avant la période de révision.

Les analyses des poissons prélevés dans l'Aar et le Rhin en aval des centrales de Mühleberg, Beznau et Leibstadt en 2019 n'ont révélé la présence d'aucun émetteur gamma d'origine artificielle, autre que le ^{137}Cs mesuré en très faible concentration (1 Bq/kg) dans le poisson pêché dans le Rhin, près de Augst. De faibles traces de $^{239+240}\text{Pu}$, resp. de ^{241}Am , voisines de la limite de détection, ont été retrouvées dans les poissons pêchés dans l'Aar en aval de Mühleberg, resp. Beznau. Même si les rapports isotopiques n'ont pu être évalués pour ces échantillons, puisque dans un cas l'américium et dans l'autre le plutonium présentait une concentration inférieure à la limite de détection, les résultats globaux obtenus pour ces radionucléides dans le milieu aquatique laissent supposer une contribution majoritaire des retombées des essais atomiques des années 60.

Par ailleurs l'examen des eaux des nappes phréatiques n'a mis en évidence aucun radionucléide d'origine artificielle hormis une trace de ^{241}Am à Pratteln. Les résultats des mesures de la radioactivité dans les denrées alimentaires prélevées au voisinage des centrales nucléaires sont semblables à ceux enregistrés ailleurs sur le Plateau Suisse.

En ce qui concerne l'ancienne centrale nucléaire de Lucens, aucune valeur significativement plus élevée de tritium n'a plus été enregistrée dans son système de drainage 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 3, 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}Cs).

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.

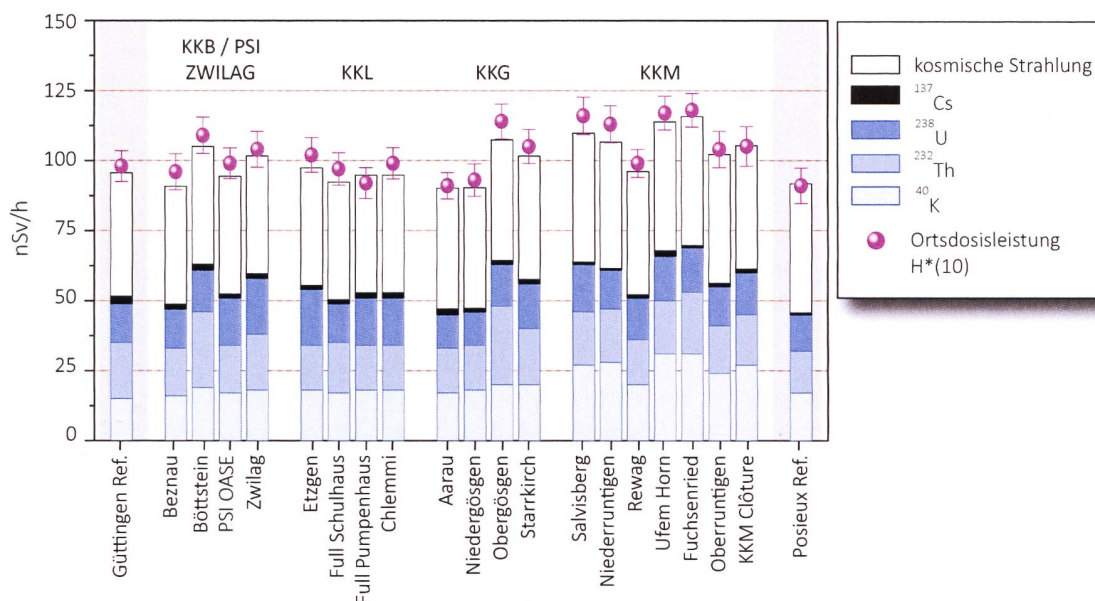


Figure 3:

Contributions individuelles à l'exposition ambiante ($H^*(10)$) attribuables aux différents radionucléides présents sur les sites examinés par l'OFSP en 2019 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.

Surveillance des centres de recherche

Les rejets de substances radioactives dans l'environnement par le CERN ont été particulièrement faibles en 2019. En effet, le deuxième long arrêt du CERN (Long Shutdown 2) a débuté en décembre 2018 et s'est poursuivi pendant toute l'année; en conséquence, les activités pouvant avoir un impact radiologique sur l'environnement ont été minimales. Le contrôle par le CERN des émissions de ses installations a indiqué presque uniquement des rejets de tritium dans l'air et dans l'eau. Les niveaux de rayonnement diffusés sont restés le plus souvent nuls. 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 en 2019 n'ont révélé la présence d'aucun radionucléide produit par les accélérateurs du CERN, contrairement aux années précédentes, où des traces de ^{24}Na ou de ^{131}I étaient sporadiquement enregistrées. L'impact radiologique du fonctionnement du CERN sur l'environnement et la population avoisinante a donc été particulièrement faible en 2019.

La dose d'irradiation supplémentaire 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 2019 une dose supplémentaire de 0.010 mSv pour la population avoisinante, soit environ 7% 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 l'OFSP qui effectue 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 2019, toutes les entreprises concernées ont respecté les valeurs limites pour les rejets fixées dans leur autorisation. L'OFSP met en œuvre 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 2019, 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 756 Bq/l en 2019, avec une valeur maximale de 3'220 Bq/l entre fin février et début mars. Cette valeur représente 16% de la nouvelle limite d'immissions fixée dans l'ORaP à 20'000 Bq/l pour le tritium dans les eaux accessibles au public. Ces valeurs sont parmi les plus élevées relevées dans les précipitations au cours des dix dernières années. Des valeurs plus élevées de tritium ont également été mesurées dans les distillats de fruits et légumes (pommes, poires, rhubarbe, légumes divers) récoltés fin août au voisinage de l'entreprise, atteignant 370 Bq/l dans le distillat d'un échantillon de pommes et 330 Bq/l dans celui d'un échantillon de rhubarbe. Dans les distillats des échantillons de lait, les concentrations en tritium étaient plus faibles (valeur maximale de 26 Bq/l).

Même si le risque pour la santé lié à la consommation régulière de tels produits (eaux de pluie, lait et légumes) reste très faible, puisque les doses supplémentaires qui en résulteraient seraient inférieures à 10 μ Sv/an, les valeurs mesurées se situent dans la fourchette haute des 10 dernières années. Consciente de cette problématique, l'entreprise s'est d'ailleurs engagée à réduire ses émissions d'ici 2020, en renovant son système de ventilation. La SUVA et l'OFSP suivent de près l'évolution de ce projet.

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 nettement plus faibles. Avec une valeur maximale de 154 Bq/l et une médiane de 24 Bq/l, les concentrations de tritium mesurées dans les précipitations de Teufen en 2019 sont parmi les plus basses enregistrées depuis le début de la surveillance.

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

Héritages radiologiques

Le plan d'action radium 2015-2022, approuvé par le Conseil fédéral en mai 2015 et prolongé de 3 ans en avril 2019, 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 2019, 668 bâtiments regroupant près de 3'900 appartements (ou objets commerciaux) 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, 113 nécessitent un assainissement lié au ^{226}Ra , ce qui représente 70 appartements (ou objets commerciaux) et 74 jardins. Les assainissements sont déjà terminés (ou en cours) dans 97 biens-fonds. 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 (61) entre 1 et 5 mSv/an. Dans 8 appartements, la dose potentiellement reçue par la personne la plus exposée se situe entre 5 et 10 mSv/an, dans 4 appartements entre 10 et 15 mSv/an et dans un appartement entre 15 et 20 mSv/an. Les valeurs maximales de radium mesurées dans des échantillons de terre prélevés dans les 74 jardins à assainir s'élèvent en moyenne à 26'500 Bq/kg. Dans un cas, elles avoisinent ponctuellement les 668'200 Bq/kg.

Par ailleurs, l'OFSP a déjà identifié une dizaine d'anciens sites industriels figurant au cadastre des sites pollués au sens de l'OSites qui nécessitent un assainissement lié au ^{226}Ra . Début 2019, l'OFSP a mis en place un nouveau groupe de soutien «pollutions mixtes» avec des représentants de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et de la Suva, afin de rechercher des solutions pour traiter ces cas complexes de pollution chimique et radioactive dans le respect des législations sur la radioprotection et sur la protection de l'environnement ainsi que des règles de protection des travailleurs.

La surveillance des anciennes 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. Entre 2018 et 2019, l'OFSP a élaboré une stratégie en collaboration avec l'OFEV permettant de sélectionner les anciennes décharges figurant au cadastre des sites pollués qui pourraient potentiellement contenir des déchets contaminés au ^{226}Ra . Les décharges ainsi sélectionnées sont ensuite classées en trois catégories de risque sur la base de critères prédéfinis. Pour les deux catégories de risque plus élevé, des mesures spécifiques de radioprotection et/ou de surveillance ont été définies et sont à mettre en œuvre, alors que les décharges classées dans la catégorie de risque la plus faible ne nécessitent aucune mesure particulière, même en cas de travaux d'excavation. La stratégie proposée a été présentée aux cantons en 2019, les 3 cantons les plus concernés (Berne, Neuchâtel et Soleure) ayant été plus particulièrement consultés dans le processus d'élaboration du concept.

Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 9.4.

Utilisation de substances radioactives dans les hôpitaux

Les hôpitaux utilisent depuis de nombreuses années de l' ^{131}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}I (voir plus loin).

D'autres radionucléides comme l' ^{90}Y , le ^{177}Lu et depuis 2013 le ^{223}Ra sont également utilisés par des applications diagnostiques et thérapeutiques. Si l'utilisation du premier est en diminution constante depuis 2010, l'activité annuelle totale de ^{177}Lu appliquée en Suisse a plus que triplé entre 2007 et 2018 et dépasse depuis 2015 celle du ^{131}I . Après avoir augmenté entre 2013 (premières applications) et 2017, l'utilisation du ^{223}Ra a diminué d'un facteur 2 en 2019. Elle est par ailleurs très faible par rapport à celle d'autres radionucléides. Le ^{166}Ho , utilisé depuis 2018 pour le traitement des tumeurs du foie, a été inclus pour la première fois dans ce rapport annuel. On notera que si ces radionucléides sont rarement détectés dans les eaux de rivière, on peut en retrouver des traces dans les sédiments. Ainsi des traces de ^{131}I , ^{177}Lu et ^{223}Ra sont régulièrement mises en évidence dans les particules en suspension prélevées dans le Rhin à Weil am Rhein.

Pour davantage d'informations, consulter les chapitres 9.2

Stations d'épuration et eaux de lavage des fumées des usines d'incinération

L'OFSP coordonne également un programme spécifique de prélèvements et de mesures de la radioactivité (émetteurs gamma et ^3H) des eaux des stations d'épuration ainsi que des eaux de lavage des fumées des usines d'incinération des déchets. La surveillance des stations d'épuration permet d'évaluer les rejets de certaines substances radioactives dans l'environnement par les industries et les hôpitaux via les eaux usées. Celle des usines d'incinération vise à s'assurer, autant que possible, qu'aucun déchet radioactif ne soit accidentellement ou intentionnellement éliminé par le circuit des ordures conventionnelles. A noter que de nombreuses usines d'incinération sont équipées de portique de détection (émetteurs gamma) pour prévenir toute incinération de déchets contaminés par des substances radioactives. Avec l'entrée en vigueur de la

nouvelle ORaP en 2018, les usines d'incinération sont désormais tenues de contrôler, selon une procédure adéquate, l'éventuelle présence d'émetteurs gamma dans les déchets avant leur incinération. Si l'installation systématique de ces portiques de détection permet de couvrir ces exigences, elle n'empêchera pas l'incinération accidentelle de ^3H , un émetteur bêta pur qui ne peut être décelé par ces portiques.

Les résultats de ces mesures ont montré que même si des traces d' ^{131}I utilisé par les hôpitaux sont parfois détectées dans les eaux des stations d'épuration, les valeurs se situent nettement en dessous des valeurs limites d'immissions définies dans l'ordonnance sur la radioprotection. Une valeur plus élevée de ^{131}I (670 Bq/l) a été mesurée en 2019 dans les eaux de lavage de l'usine d'incinération de Zürich, indiquant que des déchets contenant du ^{131}I y a été incinéré. Une concentration inhabituellement élevée de tritium, atteignant 833 kBq/l, a été mesurée en janvier 2019 dans l'échantillon hebdomadaire d'eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération (UVTD) de Bâle par le laboratoire cantonal. Sur la base de ces résultats, l'activité totale incinérée est estimée à env. 700 GBq, soit plus du double de l'activité hebdomadaire de ^3H qui pourrait être incinérée avec l'accord préalable des autorités (i.e 300 GBq/semaine selon Art. 116 ORaP), ce qui n'était par ailleurs pas le cas. Ceci représente donc une violation de l'ordonnance sur la radioprotection. Les résultats des mesures du tritium dans les échantillons dans l'environnement réalisées par le laboratoire cantonal de Bâle-Ville et l'OFSP ont montré que les concentrations du tritium sont restées très faibles dans les précipitations et les eaux du Rhin. Il n'y a donc pas eu de risque pour la santé de la population. Des pics de concentrations journalières du ^3H avaient déjà été décelés à plusieurs reprises à l'UVTD de Bâle par le passé, mais jamais de telles valeurs n'avaient été mesurées. Une enquête approfondie est actuellement en cours pour tenter de déterminer si l'élimination de ces déchets radioactifs dans les ordures conventionnelles a eu lieu par négligence ou de manière intentionnelle.

Pour informations détaillées, se référer au chapitre 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}Sr dans les dents de lait et les vertèbres humaines. Sur la base des résultats des mesures au corps entier réalisées aux hôpitaux universitaires genevois pendant près de 40 ans, il est possible de déterminer les activités du ^{40}K présent naturellement dans le corps humain: celles-ci s'élèvent en moyenne à environ 56 Bq/kg chez les femmes et à 71 Bq/kg chez les hommes. La teneur en ^{90}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 4). Le strontium est assimilé 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}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.

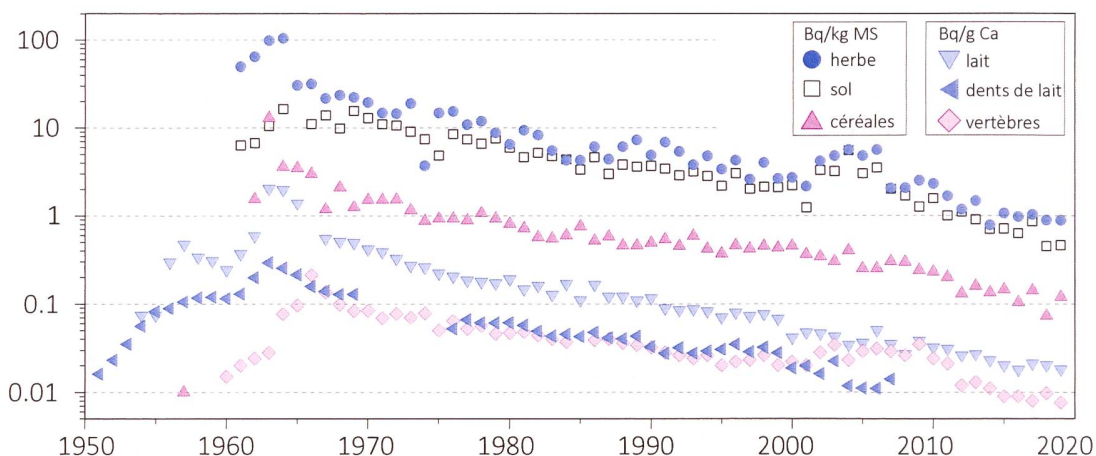


Figure 4:
 ^{90}Sr dans divers échantillons prélevés entre 1950 et 2019.

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 4) 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

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 2019, comme les années précédentes, nettement inférieures aux limites légales; le risque sanitaire correspondant peut donc être considéré comme très faible.

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}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 des dépassements de la valeur maximale pour le ^{137}Cs fixée dans l'Ordonnance Tchernobyl sont toujours observés en 2019 dans certaines denrées sensibles comme les champignons ou la viande de certains sangliers du Tessin.

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}C dans les feuillages ou le ^{54}Mn dans les sédiments au voisinage des centrales nucléaires), les rejets qui en sont à l'origine sont nettement inférieurs aux limites autorisées et n'ont conduit à 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 16% de la valeur limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public. Si des valeurs plus élevées de ^3H ont également été mesurées dans les échantillons de denrées alimentaires prélevées dans cette localité, elles 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.

La surveillance spécifique des eaux des stations d'épuration et des eaux de lavage des fumées des usines d'incinération a révélé que des quantités de ^3H deux fois supérieures à l'équivalent de 1'000 fois la limite d'autorisation (la quantité maximale incinérable avec l'accord de l'autorité) avaient été incinérées en une semaine à la station d'incinération (UVTD) de Bâle, en violation de la législation sur la radioprotection. Bien que les concentrations de ^3H soient restées très faibles dans l'environnement et donc sans conséquence pour la santé de la population, une enquête approfondie est en cours pour déterminer si l'élimination de ces déchets radioactifs dans les ordures conventionnelles a eu lieu par négligence ou de manière intentionnelle.

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, Bern

Auftrag und Messprogramm

Überwachung der Umweltradioaktivität

Die Strahlenschutzverordnung (StSV) überträgt in Artikel 191 dem 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 könnte (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 Betriebe, 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 Überprüfung der Einhaltung der Abgabelimiten bei den Emissionen (Freisetzung von radioaktiven Stoffen) und setzt sich mit der Überwachung der Immissionen, d.h. der effektiv in der Umwelt gemessenen Konzentrationen, fort.

Um allen diesen Zielen nachzukommen, erstellt das BAG jährlich ein Probenahme- und Messprogramm in Zusammenarbeit mit dem ENSI, der Suva und den Kantonen (Art. 193 StSV). 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 (Art. 194 StSV).

Messprogramm (siehe 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. Messungen vor Ort (In-situ-Gammaspektrometrie), welche die auf dem Boden abgelagerte Radioaktivität direkt erfassen, 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.

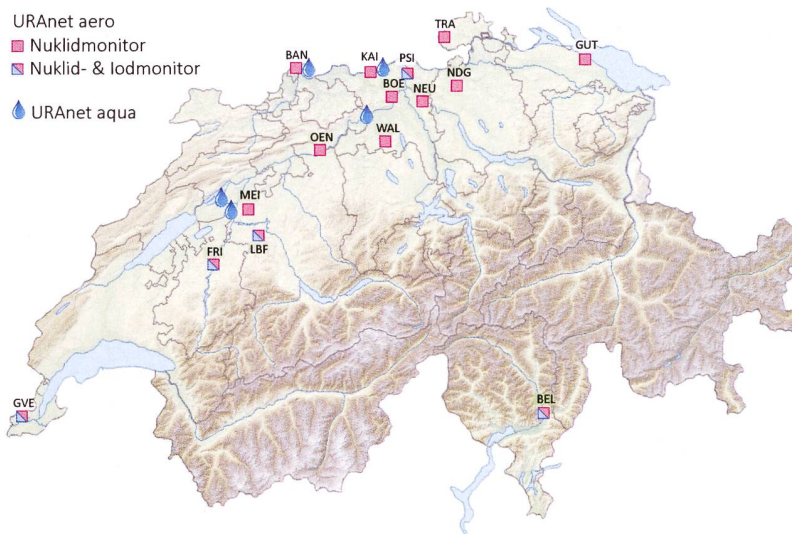
Automatische Messnetze (Figur 1) erfassen die Gamma-Dosisleistung über das ganze Land (NADAM = Alarm- und Messnetz zur Bestimmung der Dosisleistung) sowie speziell in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK = Messnetz in der Umgebung der Kernanlagen zur Bestimmung der Dosisleistung). Die kontinuierliche Überwachung der Radioaktivität der Aerosole und des Flusswassers wird durch die automatischen Messnetz URAnet des BAG sichergestellt: URAnet «aero» für die Überwachung der Luft und URAnet «aqua» für die Überwachung des Flusswassers. Zusätzlich zu den automatischen Messungen werden von Aerosolen, Niederschlägen und Flusswasser kontinuierlich Proben für empfindliche Messungen im Labor entnommen. Die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Die Messresultate der automatischen Messnetze sowie ein Grossteil der Ergebnisse der Labormessungen sind auf www.radenviro.ch abrufbar. Hingegen werden die Ergebnisse von speziellen Messprogrammen (z.B. Messungen von Wirbelknöchen oder Milchzähnen; ^{14}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 Messprogramme entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die Qualitätskontrolle erfolgt durch eine regelmässige Teilnahme der Laboratorien an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen.

Das neue automatische Messnetz URAnet

Das neue automatische Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aero) ist seit September 2018 vollständig in Betrieb. Es ersetzt das veraltete RADAIR Messnetz, das nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl aufgebaut wurde. Das neue Messnetz ermöglicht die Identifikation und Quantifizierung der einzelnen im Aerosol vorhandenen Radionuklide (Gammaemitter) und alarmiert, wenn vordefinierte Warnschwellen überschritten sind. Es umfasst, über das ganze Land verteilt, 15 Messsonden (siehe Figur 1). Das Messnetz deckt alle geographischen Regionen ab, ist aber im Einflussbereich der Kernkraftwerke und dort insbesondere in stark besiedeltem Gebiet verdichtet.

Das neue Messnetz ist auch bezüglich Empfindlichkeit deutlich besser als sein Vorgänger: Für eine 12-Stunden Messung erreicht es eine Nachweisgrenze von 1 bis 2.5 mBq/m³ für ^{137}Cs . Diese hohe Empfindlichkeit erlaubt es sehr geringe Konzentrationen von Radioaktivität in der Luft rasch zu erkennen, auch wenn diese noch keine Gefahr für die Gesundheit darstellen, und ermöglicht so, die Abschätzung der Strahlendosis für die Bevölkerung zu verbessern.

Der Teil «Flusswasser» von URAnet (URAnet aqua) ist mit fünf Sonden in der Aare und im Rhein seit November 2015 in Betrieb. Mit der vollständigen Inbetriebnahme des Teiles «Luft» verfügt die Schweiz über ein zweckmässiges und leistungsfähiges automatisches Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt.

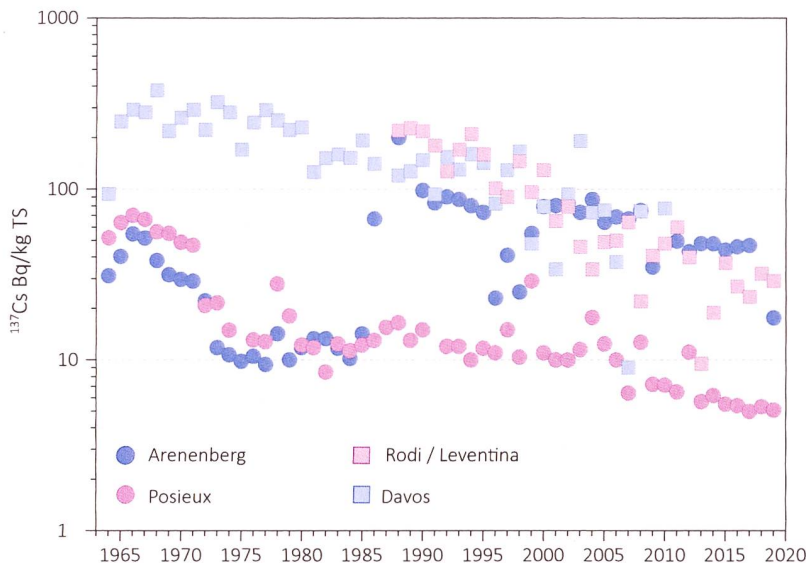


Figur 1:
Automatische Messnetze zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aero) und im Flusswasser (URAnet aqua).

Ergebnisse der Umweltüberwachung 2019

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

Die Resultate 2019 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) zeigen im Wesentlichen natürliche Radionuklide wie das kosmogene ^7Be oder ^{210}Pb .



Figur 2:
 ^{137}Cs (in Bq/kg Trockenmasse) in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964 - 2019).

Bei den Niederschlägen ist die Radioaktivität vorwiegend auf ^7Be und Tritium, beides Produkte der kosmischen Strahlung, zurückzuführen. Für das Tritium stellen auch 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.

Im Erdboden dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen sowie das ^{40}K . Künstliche Radioisotope im Boden stammen aus den Ablagerungen aus der Luft und 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}Cs (siehe Figur

2) und ^{90}Sr immer noch etwas höher als im Mittelland. Künstliche Alphastrahler wie ^{239}Pu und ^{240}Pu sowie ^{241}Am treten im Erdboden nur in sehr geringen Spuren auf.

In Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche ^{40}K . Künstliche Radionuklide wie ^{137}Cs oder ^{90}Sr (siehe Figur 4), 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.

Weder in den 19 Getreideproben noch in den 28 Obst- und Gemüseproben, die 2019 in der Schweiz entnommen wurden, konnte eine Aktivität von ^{137}Cs oberhalb der Nachweisgrenze von 0.4 Bq/kg nachgewiesen werden. In Kuhmilch blieb der ^{137}Cs -Gehalt meist unter der Nachweisgrenze von 0.02 bis 1 Bq/l, je nach Messlabor. Nur wenige der 120 Milchproben, die im Berichtsjahr analysiert wurden, wiesen eine messbare ^{137}Cs -Aktivität auf: Der Maximalwert von 9.1 Bq/l wurde in einer Probe aus den Bündner Südtälern festgestellt; andere Milchproben aus diesen Tälern sowie aus dem Tessin zeigten ebenfalls geringe Aktivitäten im Bereich von 1 bis wenigen Bq/l. Diese Spuren von ^{137}Cs sind hauptsächlich auf den Fallout aus dem Tschernobyl-Unfall zurückzuführen. Es ist zu bedenken, dass in der Schweiz die Regionen südlich der Alpen, insbesondere das Tessin, 1986 am stärksten vom radioaktiven Fallout betroffen waren, was erklärt, warum ^{137}Cs auch mehr als 30 Jahre nach dem Unfall in einigen Proben immer noch in höheren Konzentrationen gemessen werden kann. Die im Jahr 2019 gemessenen Aktivitäten blieben jedoch alle deutlich unter dem Höchstwert der Tschernobyl-Verordnung von 600 Bq/kg für ^{137}Cs in durch diesen Unfall kontaminierten Lebensmitteln. Die vom Kantonalen Laboratorium BS, dem IRA in Lausanne und dem Labor Spiez gemessenen ^{90}Sr -Konzentrationen in 66 Milchproben waren alle deutlich unterhalb von 1 Bq/l (ehemaliger FIV-Toleranzwert), mit einem maximal gemessenen Wert von 0.69 Bq/l und einem Medianwert von 0.04 Bq/l. Die höchsten Aktivitäten wurden in einer Milchprobe von Kühen gemessen, die auf Alpweiden im Berner Oberland grast. Das in der Schweiz gemessene ^{90}Sr wurden durch den Fallout aus den Atomtests in den 1960er Jahren verursacht, wobei die höher gelegenen Regionen, die mehr Niederschläge erhalten, stärker betroffen waren als die Tieflandregionen.

Gewisse einheimische Wildpilze, zum Beispiel Steinpilz oder Zigeuner (Reifpilz), können immer noch erhöhte Gehalte von ^{137}Cs aufweisen. 2019 wurden 74 Proben von einheimischen Wildpilzen aus den Kantonen Graubünden und Glarus vom Kantonalen Labor GR analysiert. In vier Proben lag die spezifische Aktivität von ^{137}Cs über dem Höchstwert der Tschernobyl-Verordnung von 600 Bq/kg. In einer Probe (*Cortinarius*) aus den Bündner Südtälern wurde dieser Maximalwert sogar um den Faktor 5 (3'300 Bq/kg) überschritten. Der Kanton Tessin setzte die systematische Überwachung der auf seinem Territorium bejagten Wildschweine fort, die 2013 in Zusammenarbeit mit dem BAG eingeführt wurde. Im Jahr 2019 wurden 643 Wildschweine vor Ort mit einem Dosisleistungsmessgerät ausgemessen. In rund 5% der Fälle wurde der gemäss Tschernobyl-Verordnung auf 600 Bq/kg festgelegte Höchstwert für ^{137}Cs überschritten und die betroffenen Wildschweine wurden vom Kantonstierarzt beschlagnahmt.

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi hat die Schweiz gleich wie die Europäische Union ein Programm für die Kontrolle von Lebensmittelimporten aus Japan aufgestellt. Seit 2017 haben in der Schweiz analysierte Proben aus Japan nur noch selten Spuren von ^{137}Cs gezeigt. Im Jahr 2019 analysierte das kantonale Laboratorium in Basel 30 Lebensmittelproben (Tee, Gewürze, Saucen, Suppen usw.) aus Japan. Nur wenige Teeproben zeigten messbare Spuren von ^{137}Cs -Aktivität (ca. 1 Bq/kg).

Lebensmittelimporte aus anderen Ländern und speziell aus Osteuropa wurden, wie jedes Jahr, von den Kantonalen Laboratorien (BS, TI, ZH) ebenfalls analysiert. Meist handelte es sich dabei um Proben von Wildbeeren (und Produkte aus Wildbeeren), Wildfleisch und Wildpilze – alles Lebensmittel, die bekannt dafür sind ^{137}Cs anzureichern. Die meisten der 64 Proben zeigten nur geringe Spuren von ^{137}Cs . Sporadisch tauchten etwas höhere Werte auf, vor allem in Wildpilzen (Maximum 59 Bq/kg Frischmasse), aber sämtliche Werte blieben deutlich unterhalb des Höchstwertes für ^{137}Cs aus der Tschernobyl-Verordnung.

Insgesamt sind also die wenigen 2018 in der Schweiz festgestellten Überschreitungen des Höchstwertes der Tschernobyl-Verordnung in einheimischen Lebensmitteln (Wildschwein, Pilze) noch immer eine Folge des Reaktorunfalles in Tschernobyl – auch mehr als 30 Jahre danach.

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 Direktstrahlung). 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 Abgabengrenzwerte 2019 eingehalten haben.

An einigen Stellen der Arealzäune der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg ist die Direktstrahlung aus dem Werk gut messbar. Bei diesen Kraftwerken zeigt die Auswertung der am Zaun angebrachten Dosimeter eine Erhöhung der Ortsdosis, die nach Abzug des natürlichen Untergrundes 1.3 (Mühleberg) bzw. 1.2 mSv/Jahr (Leibstadt) erreichen kann. Diese Werte erfüllen die Anforderungen von Art. 79 der StSV zur Begrenzung der Ortsdosis ausserhalb von Kontroll- und Überwachungsbereichen. 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 von 0.3 mSv/Jahr für die Bevölkerung verglichen werden, da sich keine Person aus der Bevölkerung für lange Zeit am Zaun aufhält.

Die Ergebnisse des Immissionsüberwachungsprogramms rund um die Kernkraftwerke zeigten, dass die Auswirkungen der Kernkraftwerke auf die Umwelt auch 2019 gering blieben. Mit hochempfindlichen Messmethoden konnten Spuren der Abgaben an die Atmosphäre festgestellt werden, etwa erhöhte Werte für ^{14}C im Laub (maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation von 91 Promille in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt). Zur Orientierung: Eine zusätzliche ^{14}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.

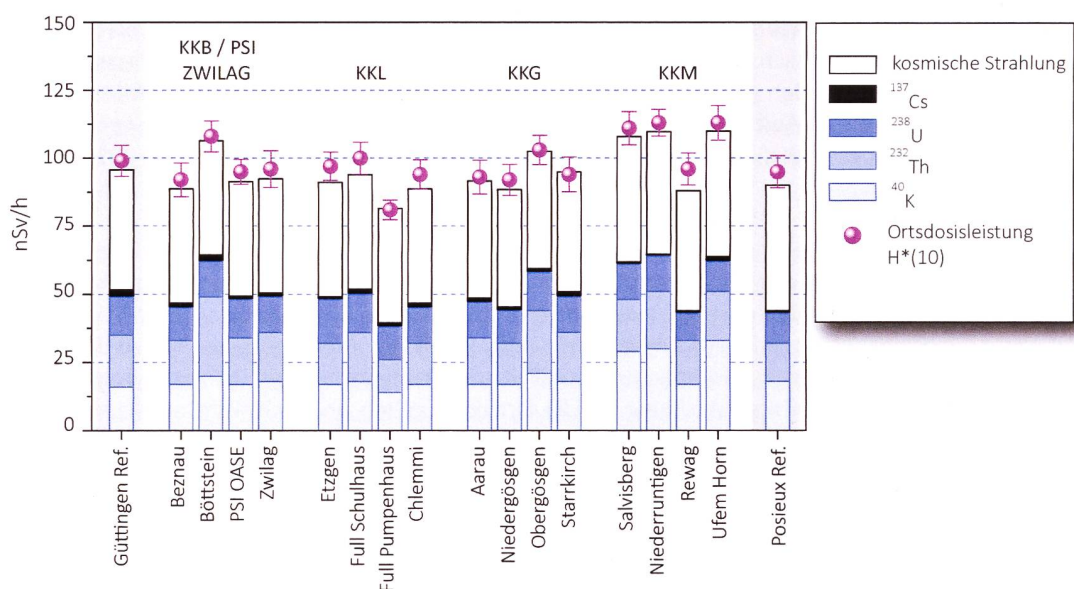
Bedingt durch den deutlichen Rückgang der Abgabe flüssiger radioaktiver Stoffe durch das Kernkraftwerk Mühleberg seit 2016 enthielten die Wasserproben aus Aare und Rhein flussabwärts der Kernkraftwerke 2019 keine messbaren Spuren von ^{54}Mn , ^{58}Co oder ^{60}Co . In früheren Jahren konnten Spuren dieser Radionuklide regelmässig detektiert werden, besonders unterhalb des Kernkraftwerks Mühleberg. Das ^{137}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).

Als weitere Folge der Reduktion der Abgabe flüssiger radioaktiver Stoffe konnten 2019 in den monatlich entnommenen Sedimentproben aus Aare und Rhein keine Spuren von Kobaltisotopen nachgewiesen werden. So war das einzige Radionuklid, das auf flüssige Abgaben aus Kernkraftwerken hinweist und 2019 in der Umwelt nachgewiesen wurde, ^{54}Mn , das sporadisch in bei Hagneck und Klingnau gesammelten Sedimenten gefunden wurde.

Die vom IRA durchgeführten Messungen von $^{239+240}\text{Pu}$ und ^{241}Am an verschiedenen Proben der aquatischen Umwelt (Wasser aus Aare und Rhein, Wasserpflanzen, Sedimente), die stromabwärts der Kernkraftwerke gesammelt wurden, zeigten Isotopenverhältnisse $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ nahe bei 0.4, was auf einen sehr grossen Beitrag des Fallout aus den Atomtests der 1960er Jahre hinweist.

Die Monatsmittelwerte für Tritium in der Aare und im Rhein blieben meist unter der Nachweisgrenze von 2 Bq/l mit Ausnahme der Monate Mai bis Juni, wo wie jedes Jahr in der Aare bei Brugg eine leichte Erhöhung der Werte festgestellt wurde (10 Bq/l im April). Die Ursache ist die Abgabe von Tritium-haltigem Abwasser durch das KKW Gösgen vor der Revision.

Analysen von Fischen aus der Aare und dem Rhein flussabwärts von KKM, KKB und KKL im Jahr 2019 ergaben keine anderen künstlichen Gammastrahler als ^{137}Cs , das in sehr niedriger Konzentration (1 Bq/kg) in im Rhein bei Augst gefangenen Fischen gemessen wurden. Kleine Spuren von $^{239+240}\text{Pu}$, bzw. ^{241}Am , nahe der Nachweisgrenze, wurden in Fischen gefunden, die in der Aare stromabwärts des KKM, bzw. KKB gefangen wurden. Obwohl die Isotopenverhältnisse hier nicht bewertet werden konnten, da entweder Americium oder Plutonium unterhalb der Nachweisgrenze vorhanden war, deuten die Resultate für diese Radionuklide in aquatischer Umgebung in ihrer Gesamtheit darauf hin, dass im Wesentlichen das Fallout aus den Atomtests der 1960er Jahre dafür verantwortlich ist.



Figur 3:

Beiträge zur Ortsdosis ($H^*(10)$) durch die verschiedenen Radionuklide, die vom BAG 2019 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 Untersuchung des Grundwassers ergab keine Radionuklide künstlichen Ursprungs mit Ausnahme einer Spur von ^{241}Am in Pratteln. Die Resultate der Radioaktivitätsmessungen in Lebensmitteln aus der Umgebung der Kernkraftwerke sind 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 3 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}Cs).

Doch selbst wenn die Exposition der Bevölkerung durch die Emissionen der Kernkraftwerke im Vergleich zu natürlichen oder medizinischen Quellen zu sehr niedrigen Dosen führt, gebietet der Grundsatz der Optimierung, dass die Kontrollen und Studien sorgfältig weitergeführt werden, um die verschiedenen wissenschaftlichen und gesetzlichen Zielsetzungen zu erfüllen und die Öffentlichkeit detailliert 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

Die Abgaben radioaktiver Stoffe vom CERN an die Umwelt waren 2019 besonders gering. Tatsächlich begann die zweite lange Abschaltung des CERN (Long Shutdown 2) im Dezember 2018 und dauerte das ganze Jahr über an; daher waren die Aktivitäten, die radiologische Auswirkungen auf die Umwelt haben könnten, minimal. Die interne Emissionskontrolle der Anlagen ergab fast ausschließlich Tritiumfreisetzungen in Luft und Wasser. Die Streustrahlungswerte blieben grösstenteils Null. Dies wird durch das vom BAG rund um das Forschungszentrum durchgeführte unabhängige Überwachungsprogramm bestätigt. Die Ergebnisse der 2019 durchgeführten Messungen ergaben keine von den CERN-Beschleunigern produzierten Radionuklide; dies im Unterschied zu den Vorjahren, wo sporadisch Spuren von ^{24}Na oder ^{131}I aufgezeichnet wurden. Die radiologischen Auswirkungen des CERN-Betriebs auf die Umwelt und die umliegende Bevölkerung waren daher 2019 besonders gering.

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 2019 zu einer Dosis von 0.010 mSv führen, d.h. 7% 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 des PSI keinen Einfluss der Forschungseinrichtungen auf die Umwelt.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 8.

Tritium aus der Industrie

Auch gewisse Industriebetriebe setzen radioaktive Stoffe ein. Tritium ist das in der Schweiz am häufigsten industriell verwendete Radionuklid und wird zum Beispiel zur Herstellung von Tritiumgas-Leuchtquellen oder von radioaktiven Markern für die Forschung verwendet. Die Betriebe führen Buch über ihre Emissionen von radioaktiven Stoffen und melden diese der Aufsichtsbehörde. Im Jahr 2019 haben alle betroffenen Betriebe die in ihren jeweiligen Bewilligungen festgehaltenen Abgabelimiten respektiert. Zur Kontrolle der Immissionen in der Umgebung dieser Betriebe führt das BAG ein spezifisches Überwachungsprogramm durch. Auf Tritium untersucht werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit, Gewässer und in einigen Fällen auch Lebensmittel.

Wie in den vorangegangenen Jahren zeigten die Resultate der Überwachung 2019 einen signifikanten Einfluss der Tritium-Emissionen auf Umweltproben (Niederschlag und Nahrungsmittel) aus der unmittelbaren Umgebung dieser Industriebetriebe, besonders bei Niederwangen. Dort betrug die Tritiumkonzentration im Niederschlag bei der Station «Firma» (in der Nachbarschaft der Firma mb-microtec) im Mittel 756 Bq/l mit einem Maximum von 3'220 Bq/l zwischen Ende Februar und Anfangs März. Dieser Wert entspricht 7.7% des

in der neuen Strahlenschutzverordnung festgelegten Immissionsgrenzwertes von 20'000 Bq/l für öffentlich zugängliche Gewässer. Diese im Niederschlag gemessenen Werte gehören zu den höchsten der letzten zehn Jahre. Erhöhte Tritiumwerte wurden auch in den Destillaten von Ende August in der Umgebung des Betriebes geernteten Früchten und Gemüse (Äpfel, Birnen, Rhabarber, verschiedene Gemüse) gefunden, mit einem Höchstwert von 370 Bq/l im Destillat einer Apfelprobe und 330 Bq/l im Destillat einer Rhabarberprobe. In Milchproben waren die Tritiumkonzentrationen tiefer, mit einem Maximum von 26 Bq/l.

Obwohl das mit dem regelmässigen Konsum (50 kg /Jahr) solcher Produkte (Regenwasser, Milch und Gemüse) verbundene Gesundheitsrisiko sehr gering bleibt, da die daraus resultierenden zusätzlichen Dosen weniger als 10 Sv/Jahr betragen würden, ist festzuhalten, dass die gemessenen Werte im oberen Bereich der letzten 10 Jahre liegen. Das Unternehmen ist sich dieses Problems bewusst und hat daher ein Projekt in Angriff genommen, um seine Emissionen bis 2020 durch die Renovierung seines Belüftungssystems zu reduzieren. Die SUVA und das BAG verfolgen die Fortschritte dieses Projekts genau.

Die Tritiumkonzentrationen in den wöchentlichen Regenproben von Teufen/AR in der Umgebung der Firma RC Tritec sind deutlich tiefer. Mit einem Maximum von 154 Bq/l und einem Medianwert von 24 Bq/l gehören die dort im Jahr 2019 gemessenen Tritiumkonzentrationen zu den tiefsten seit Beginn der Überwachung.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 5, 9.1 und 9.3.

Radium-Altlasten

Der vom Bundesrat im Mai 2015 verabschiedete und im April 2019 um 3 Jahre verlängerte Aktionsplan Radium 2015-2022 hat das Ziel, die durch die Verwendung von radiumhaltiger Leuchtfarbe bis in die 1960er Jahre entstandenen Altlasten zu bewältigen.

Seit 2014 bis Ende 2019 wurden in 668 Gebäuden mit rund 3'900 Wohnungen (oder Gewerbelokalitäten) eine Radiumdiagnose durchgeführt, im Wesentlichen in den Kantonen Neuenburg, Bern und Solothurn, aber auch in einigen weiteren Kantonen wie Basel-Land, Genf, Jura, Tessin, Waadt und Zürich. Werden in Innenräumen Spuren von Radium festgestellt, so evaluiert das BAG anhand der Messergebnisse und mit Expositionsszenarien die zusätzliche Jahresdosis, der sich die Gebäudenutzenden aussetzen könnten. Diese Szenarien sollen ausschliessen, dass jemand, der diese Räumlichkeiten derzeit oder künftig nutzt, einer Strahlung oberhalb des Grenzwertes von 1 Millisievert (mSv) pro ausgesetzt wird. Zeigt die Abschätzung, dass der Grenzwert für die dem Radium potenziell am meisten ausgesetzte Person überschritten werden kann, so wird entschieden, die Räumlichkeiten zu sanieren. Gärten sind sanierungsbedürftig, wenn die Radiumkonzentration in der Erde den Grenzwert von 1'000 Becquerel pro Kilogramm Trockengewicht (Bq/kg) übersteigt.

Bei 113 der kontrollierten Liegenschaften wurde ein Sanierungsbedarf bezüglich ^{226}Ra festgestellt, wobei 70 Wohnungen (oder Gewerbelokale) und 74 Gärten betroffen sind. Bei 97 Liegenschaften ist die Sanierung bereits abgeschlossen. In den zu sanierenden Wohnungen lag die Dosisabschätzung für den meistbetroffenen Bewohner in der Mehrheit der Fälle (61) zwischen 1 und 5 mSv/Jahr. In 8 Wohnungen lag sie in einem höheren Bereich von 5-10 mSv/Jahr, in 4 Wohnungen im Bereich 10-15 mSv/Jahr und in einer Wohnung zwischen 15 und 20 mSv/Jahr. In den Bodenproben der 74 zu sanierenden Gärten betrug der Durchschnitt der gemessenen maximalen Radiumkonzentrationen 26'500 Bq/kg. In einem Fall wurde lokal eine Konzentration von 668'200 Bq/kg gemessen.

Darüber hinaus hat das BAG bereits rund zehn ehemalige Industriestandorte im Kataster der belasteten Standorte gemäss Altlastenverordnung identifiziert, die im Zusammenhang mit ^{226}Ra sanierungsbedürftig sind. Anfang 2019 richtete das BAG eine neue Unterstützungsgruppe «pollutions mixtes» mit Vertretern des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und der Suva ein, um Lösungen für die Behandlung dieser komplexen Fälle von chemischer und radioaktiver Verschmutzung unter Einhaltung der Strahlenschutz- und Umweltschutzgesetzgebung sowie der Arbeitnehmerschutzvorschriften zu suchen.

Die Überwachung von ehemaligen 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.

Zwischen 2018 und 2019 hat das BAG in Zusammenarbeit mit dem BAFU eine Strategie entwickelt, um die im Altlastenkataster aufgeführten ehemaligen Deponien zu finden, die potenziell ^{226}Ra kontaminierte Abfälle enthalten könnten. Die betroffenen Deponien wurden dann auf der Grundlage vordefinierter Kriterien in drei Risikokategorien eingeteilt. Für die beiden höheren Risikokategorien wurden spezifische Strahlenschutz- und/oder Überwachungsmaßnahmen festgelegt, die bei Aushubarbeiten auf der Deponie umgesetzt werden müssen. Für die niedrigste Risikokategorie sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Der Strategievorschlag wurde den Kantonen im Jahr 2019 vorgelegt, wobei insbesondere die drei am stärksten betroffenen Kantone (Bern, Neuenburg und Solothurn) bei der Erarbeitung des Konzepts konsultiert wurden.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.4.

Verwendung von radioaktiven Stoffen Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen ^{131}I verwendet. Iodtherapie-Patienten, die mit weniger als 200 MBq (1 MegaBq = 10^6 Bq) 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 Abwasserkontrollanlagen 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}I untersucht (siehe unten).

Zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken kommen auch andere Radionuklide wie ^{90}Y , ^{177}Lu und ^{223}Ra zum Einsatz. Während ersteres seit 2010 immer weniger verwendet wird, hat sich die Gesamtaktivität des eingesetzten ^{177}Lu über die letzten 10 Jahre mehr als verdreifacht und übertrifft seit 2015 diejenige von ^{131}I . Nach einem Anstieg zwischen 2013 (erste Anwendung) und 2017 ging die Verwendung von ^{223}Ra im Jahr 2019 um die Hälfte zurück und ist im Vergleich zu anderen Radionukliden gering. Neu in diesem Jahresbericht aufgenommen ist das seit 2018 zur Behandlung von Lebertumoren verwendete ^{166}Ho . Es ist anzumerken, dass diese Radionuklide zwar selten in Flusswasser nachgewiesen werden, Spuren davon jedoch in Sedimenten zu finden sind. So werden beispielsweise in Schwebeteilchen des Rheins (bei Weil am Rhein gesammelt) regelmässig Spuren von ^{131}I , ^{177}Lu und ^{223}Ra nachgewiesen.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.2.

Kläranlagen und Waschwasser aus der Rauchgasreinigung in Verbrennungsanlagen

Das BAG koordiniert auch ein Programm zur Probenahme und Messung der Radioaktivität (Gammastrahler und Tritium) von Wasser aus Kläranlagen und Waschwasser aus der Rauchgasreinigung von Kehrrichtverwertungsanlagen (KVA). Die Überwachung der Kläranlagen erfasst die Abgaben bestimmter radioaktiver Stoffe durch Industrie und Spitäler ins Abwasser und damit an die Umwelt. Der Zweck der Überwachung von KVAs besteht darin, soweit wie möglich sicherzustellen, dass kein radioaktiver Abfall versehentlich oder absichtlich mit dem Siedlungsabfall entsorgt wird. Viele KVAs sind bereits heute mit Portaldetektoren für Gammastrahler ausgestattet, um jegliche Verbrennung von radioaktiv kontaminierten Abfällen zu verhindern. Mit dem Inkrafttreten der neuen StSV im Jahr 2018 sind die KVAs verpflichtet mit einem geeigneten Verfahren die angelieferten Abfälle auf das Vorhandensein von Gammastrahlern zu prüfen. Die systematische Installation von Portalmonitoren deckt diese Anforderung ab, verhindert jedoch nicht die versehentliche Verbrennung von Tritium, einem reinen Betastrahler, der von diesen Portalen nicht detektiert werden kann.

Die Ergebnisse dieser Messungen haben gezeigt, dass zwar manchmal Spuren von in den Spitälern verwendeten ^{131}I im Wasser von Kläranlagen nachgewiesen werden, die Werte aber deutlich unter den in der StSV festgelegten Immissionsgrenzwerten liegen. Im Jahr 2019 wurde im Waschwasser der KVA Zürich ein erhöhter Wert von ^{131}I (670 Bq/l) gemessen, ein Hinweis darauf, dass ^{131}I -haltiger Abfall verbrannt wurde. Im Januar 2019 hat das Kantonale Laboratorium Basel-Stadt im Abwasser der Rauchgasreinigungsanlage der KVA Basel in einer Wochenmischprobe (Woche 3) eine ausserordentlich hohe Tritiumkonzentration von 833 kBq/L festgestellt. Die daraus abgeschätzte Gesamtaktivität von rund 700 GBq Tritium beträgt mehr als das Doppelte

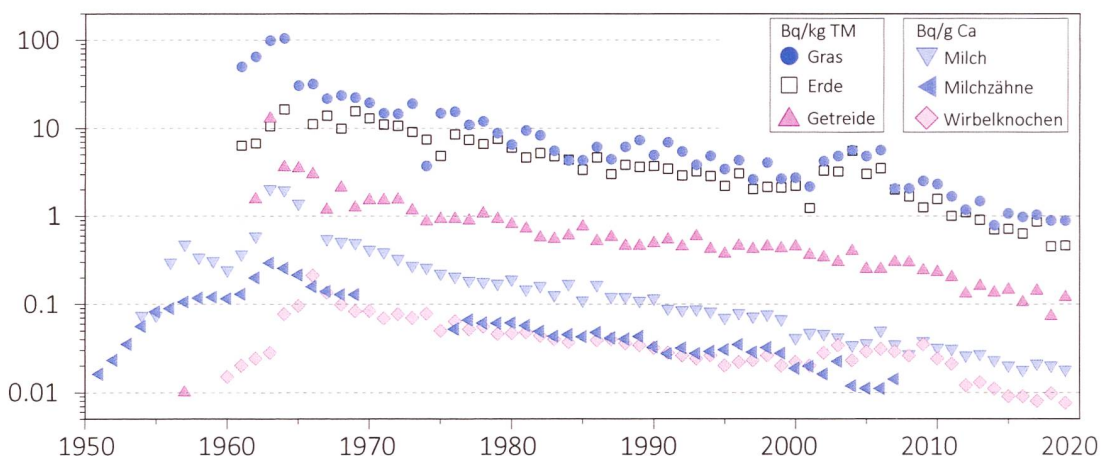
der maximal zustimmungsfähige Wochenabgabe von 300 GBq (StSV Art. 116) und stellt damit einen Verstoss gegen die Strahlenschutzverordnung dar. In Umweltproben haben die vom BAG und vom Kantonalen Laboratorium durchgeführten Messungen keine signifikant erhöhten Tritiumkonzentrationen gezeigt; die Tritiumkonzentrationen im Niederschlag und in den Gewässern des Rheins sind sehr niedrig geblieben. Es bestand also keine Gefahr für die Gesundheit der Bevölkerung. Tritiumspitzen in Waschwasser-Tagesproben waren bei der KVA Basel auch in der Vergangenheit mehrfach festgestellt worden, aber nie wurden so hohe Werte gemessen. Derzeit wird deshalb eine Untersuchung durchgeführt, um festzustellen, ob diese vorschriftswidrige Entsorgung von radioaktivem Abfall in Siedlungsabfällen fahrlässig oder vorsätzlich erfolgte.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.3.

Messungen am menschlichen Körper

Die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung lässt sich durch Ganzkörpermessungen (für Gamma-Emitter) und die Analyse des ^{90}Sr -Gehalts in Milchzähnen und Wirbelknochen von Menschen bestimmen. Anhand der Resultate der seit rund 40 Jahren durchgeführten Ganzkörpermessungen am Universitätsspital in Genf ist es möglich das natürlich im menschlichen Körper vorkommende ^{40}K zu quantifizieren: Es findet sich im Mittel in Konzentrationen von rund 56 Bq/kg bei den Frauen und 71 Bq/kg bei den Männern. Die ^{90}Sr -Konzentration in den Wirbelknochen und Milchzähnen liegt heutzutage nur noch bei einigen Hundertstel mBq/g Kalzium (Figur 4). 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}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 4) sind deshalb nach Geburtsjahr der Kinder aufgeführt. Dies erklärt, weshalb die Kurven zu den Milchzähnen und jene zur Milch beinahe parallel verlaufen.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 6.1 und 6.2.



Figur 4:
 ^{90}Sr in verschiedenen, zwischen 1950 und 2019 entnommenen Proben (logarithmische Skala).

Beurteilung

In der Schweiz blieben 2019 die Konzentrationen von Radionukliden 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.

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}Cs aus Tschernobyl wurde beispielsweise vornehmlich im Tessin abgelagert und ist dort heute noch immer in vielen Proben messbar. In geringerem Ausmass gab es auch erhöhten Ablagerungen 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 2019 in bestimmten Lebensmitteln, wie Wildscheinfleisch aus dem Tessin oder Wildpilze, festgestellten Grenzwertüberschreitungen.

Die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken und Forschungsanstalten sind vergleichbar mit jenen aus früheren Jahren. Auch wenn Spuren von durch diese Betriebe emittierten Radionukliden in der Umwelt nachgewiesen werden können, zum Beispiel ^{14}C in Baumblättern oder ^{54}Mn in Sedimenten in der Nähe von Kernkraftwerken, liegen die dafür verantwortlichen Abgaben deutlich unterhalb der bewilligten Mengen und haben zu keinen Immissionsgrenzwertüberschreitungen geführt. Die Überwachung der Tritium-verarbeitenden Industrien zeigt in derer unmittelbarer Nähe einen deutlich messbaren Einfluss von Tritium auf die Umwelt (Regen und Lebensmittel). In Niederwangen erreichten die im Regen festgestellten Tritiumkonzentrationen maximal 16% des Immissionsgrenzwertes für Tritium in öffentlich zugänglichen Gewässern. In Lebensmittel aus der Nachbarschaft des Betriebes ist Tritium zwar auch etwas erhöht, ohne aber ein gesundheitliches Risiko beim Konsum dieser Lebensmittel darzustellen. Abgaben von Radionukliden mit dem Abwasser aus Spitälern sind nur sporadisch im Wasser in Kläranlagen grösserer Städte nachweisbar.

Die Überwachung des Wassers aus Kläranlagen und des Waschwassers aus Raugaswaschanlagen zeigte, dass in der KVA Basel Abfälle verbrannt wurden, die die maximal zustimmungsfähige Tritium-Wochenabgaben um mehr als das Doppelte überschritten. Obwohl die Tritiumkonzentrationen in der Umwelt gering blieben und damit keine Folgen für die Gesundheit der Bevölkerung hatten, läuft eine Untersuchung, ob die Entsorgung dieser radioaktiven Abfälle im Siedlungsabfall fahrlässig oder vorsätzlich erfolgte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Nachbarschaft von Kernkraftwerken, Forschungseinrichtungen und Industrien sehr gering geblieben sind. 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.

