

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: - (2018)

Rubrik: Industrien und Spitäler = Industries et hôpitaux

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.04.2026

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

2018

Chapitre / Kapitel 9

Industrien und Spitäler
Industries et hôpitaux

9.1

Emissionen der Betriebe

Flavia Danini Fischer

Suva, Abteilung Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, Bereich Physik/Strahlenschutz, Luzern

Zusammenfassung

Der Einkauf von radioaktiven Stoffen sowohl in den Produktionsbetrieben wie auch in den Forschungsbetrieben variiert im Allgemeinen stark je nach Auftragslage und Forschungsschwerpunkt. In den letzten Jahren wurde jedoch ein deutlicher Rückgang beim Einsatz von mit ^{14}C markierten Stoffen festgestellt. Sämtliche Abgabelimiten wurden im Berichtsjahr eingehalten.

Überwachte Betriebe

Die Suva betreut als Aufsichtsbehörde folgende Betriebe, die mit offenen radioaktiven Stoffen arbeiten:

Produktionsbetriebe (Total 3 Betriebe)

Radioaktive Stoffe werden benötigt für die Produktion von:

- Radioaktiv markierten Verbindungen für die Forschung (^3H , ^{14}C)
- Kalibrierquellen (^{90}Sr , ^{147}Pm , ^{204}Tl).
- Tritiumgaslichtquellen (^3H)

Die Produktion von tritiumhaltiger Leuchtfarbe wurde im Verlauf von 2008 eingestellt.

Tabelle 1 :

Einkauf radioaktiver Stoffe 2008- 2018.

	Isotope	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	Einheit
Produktionsbetriebe	^3H	12.75	7.31	10.54	5.74	4.07	7.53	15.11	10.03	6.31	7.58	7.62	PBq
	^{14}C	0	0	0.07	0	0.74	0.58	0.19	1.33	0.34	0.35	0	TBq
	^{147}Pm	0	0	0	0	0	13.03	5.76	0.07	1.55	15.26	19.66	TBq
Leuchtfarbenbetriebe	^3H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	TBq
Forschungsbetriebe	^3H	7.6	7.6	3.8	7.6	0.2	11.4	18.8	11.4	15.5	22.8	8.7	TBq
	^{14}C	21.3	17.1	41.3	53.9	158.9	76.0	192.6	200.6	132.5	207.3	171.9	GBq
	^{32}P	0.3	0.9	0.5	0.9	0.9	1.4	1.0	1.4	1.6	2.1	7.9	GBq
	^{35}S	0	1.4	1.4	2.4	2.4	3.7	2.0	0.8	3.8	3.5	5.9	GBq
	^{51}Cr	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0	3.2	3.8	3.5	GBq
	^{125}I	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	14.1	12.1	15.7	16.3	17.5	1.2	GBq
Analytische Laboratorien	^{125}I	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	GBq
	^{14}C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96.8	MBq

Leuchtfarbenbetriebe

Seit 2009 wird keine Tritiumleuchtfarbe auf Zeiger und Zifferblätter von Uhren und Instrumenten mehr aufgetragen.

Forschungsbetriebe (Total 39 Betriebe)

Es sind dies Unternehmungen der chemischen Industrie, die unter anderem Stoffwechseluntersuchungen mit radioaktiv markierten Stoffen durchführen.

Medizinisch-analytische Laboratorien (Total 6 Betriebe)

Für Hormonbestimmungen werden sogenannte Radioimmunoassay Kits (Ria-Kits) mit ^{125}I eingesetzt.

In Tabelle 1 sind bei der Sparte der Produktionsbetriebe auch die für den Handel eingekauften radioaktiven Stoffe aufgeführt (^{147}Pm).

Resultate

Im Berichtsjahr 2018 haben sämtliche Betriebe die Abgabelimite eingehalten. In den Tabellen 2a und 2b sind die Jahresabgabewerte der Basler Chemie an die Abluft und das Abwasser mit den entsprechenden Abgabelimiten zusammengefasst. Der Synthesebetrieb bei Novartis wurde im Verlauf von 2016 eingestellt. Dies führte dazu, dass in diesem Betrieb keine Abgaben an die Abluft mehr gemessen wurden. Die bei Novartis aufgeführten Abgaben an das Abwasser resultierten hauptsächlich aus dem Rückbau der Syntheselabors. Tabelle 3 gibt die Aktivitätsmengen an, die gemäss Art. 116 der Strahlenschutzverordnung in einem bewilligten Ofen verbrannt wurden.

Die Tritium-Abgaben der beiden grossen Produktionsbetriebe, sowie die Tritium-Messungen in der Umgebung der Firma RC Tritec AG sind in den Figuren 1a, 1b und 1c graphisch dargestellt. Der erhöhte Abgabewert von 2010 ans Abwasser bei RC Tritec AG ist zurückzuführen auf die Umbauarbeiten in den Labors, welche in diesem Jahr stattgefunden haben. Die damals bei der Dekontamination angefallenen wässrigen radioaktiven Flüssigkeiten wurden unter Einhaltung der in der Bewilligung festgehaltenen Abgabelimite ins Abwasser abgeleitet.

Die Emissionsmessungen werden durch den Betrieb durchgeführt und durch Kontrollmessungen der Suva überprüft. Die Proben der Umgebungsüberwachung werden von der Suva analysiert. In Tabelle 4 sind die bewilligten Jahresabgabelimite der beiden grossen Produktionsbetriebe zusammengefasst.

Tabelle 2a :

Abgabe radioaktiver Stoffe an die Abluft während des Jahres 2018 (GBq).

	Abgaben an die Abluft (GBq)		Abgabelimite (GBq)	
	^3H	^{14}C	^3H	^{14}C
Hoffmann-La Roche AG	52.32 (org.) 0 (Gas)	2.34	120 (org.) 2'000 (Gas)	80
Novartis Pharma AG	0 (org.) 0 (Gas)	0	500 (org.) 4'000 (Gas)	60

Tabelle 2b :

Abgabe radioaktiver Stoffe an das Abwasser während des Jahres 2018 (GBq).

	Abgaben an das Abwasser (GBq)		Abgabelimite (GBq)	
	^3H	^{14}C	^3H	^{14}C
Hoffmann-La Roche AG	2.93	0.05	80	40
Novartis Pharma AG	1.59	0.0017	300	30

Tabelle 3 :

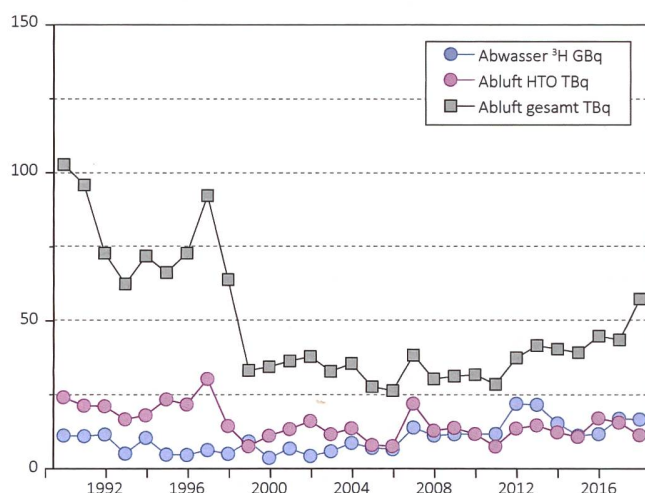
Verbrennung in bewilligtem Ofen (Valorec Services AG, Basel während des Jahres 2018 (GBq).

	^3H (GBq)	^{14}C (GBq)	^{35}S (GBq)
Verbrennungen in Ofen	884.8	39.1	0
Bewilligungslimite	4'000	450	8.0

Tabelle 4 :

Jahresabgabelimite der Produktionsbetriebe.

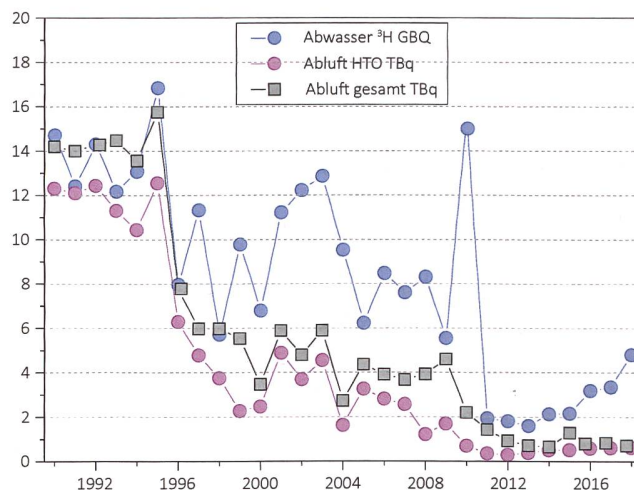
	Abwasser	Abluft	
	^3H	^3H (HT)	^3H (HTO)
MB-Microtec AG, Niederwangen / BE	40 GBq	370 TBq	37 TBq
RC-Tritec AG, Teufen / AR	20 GBq	15 TBq	20 TBq



Figur 1a :

mb-microtec ag, Niederwangen/BE: Jahreswerte der Emissionen.

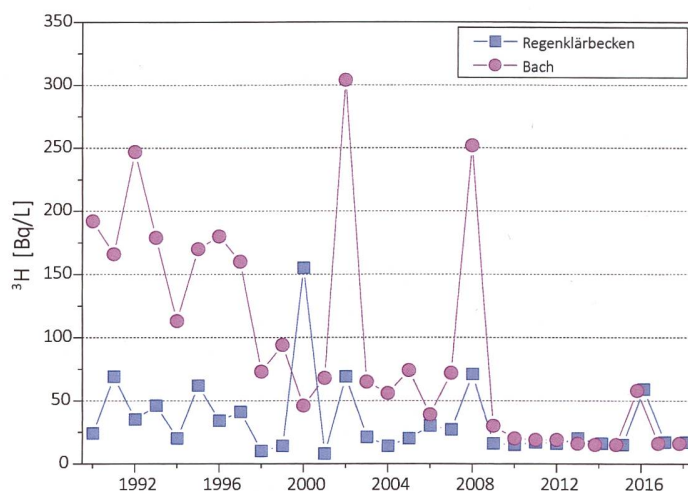
Die Emissionsmessungen werden durch den Betrieb durchgeführt und durch Kontrollmessungen der Suva überprüft.



Figur 1b :

RC Tritec AG, Teufen/AR: Jahreswerte der Emissionen.

Die Emissionsmessungen werden durch den Betrieb durchgeführt und durch Kontrollmessungen der Suva überprüft.



Figur 1c :

RC-Tritec AG, Teufen/AR: Umgebungsüberwachung von Tritium.

Die Proben der Umgebungsüberwachung werden von der Suva analysiert.

9.2

Emissionen der Spitäler

R. Linder, N. Stritt, Th. Flury

Sektion Forschungsanlagen und Nuklearmedizin, BAG, Bern

Zusammenfassung

Der Umsatz der zur Therapie verwendeten Radionuklide in den nuklearmedizinischen Instituten ist gegenüber dem vorhergehenden Jahr einzig bei Luthetium-177 (^{177}Lu) ansteigend. Bei allen anderen therapeutisch genutzten Radionukliden ist der Verbrauch rückläufig. Dies insbesondere auch für den Alpha-Strahler Radium-223 (^{223}Ra) zur Behandlung von Patienten mit Prostatakarzinom, wo der Umsatz im vorhergehenden Jahr noch ansteigend war. Die Abgabe von Radionukliden ans Abwasser aus stationären Behandlungen ist erneut gegenüber dem Vorjahr um rund 25 % gesunken. Dies kann mit dem geringeren Umsatz an ^{131}I sowie der Erhöhung der Aktivität bei der Entlassung von Patienten aufgrund der revidierten Strahlenschutzgesetzgebung begründet werden. Die Abgabe der zu diagnostischen Zwecken verwendeter Radionuklide wie Technetium-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) oder Fluor-18 (^{18}F) ans Abwasser unterliegt keiner systematischen Kontrolle, da die Immissionsgrenzwerte für diese kurzlebigen Radionuklide unter den gegebenen Umständen nicht überschritten werden können.

Ausgangslage

Spitäler und Institute, die offene radioaktive Quellen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken am Menschen applizieren sind verpflichtet, den Umsatz, den Zweck der Applikation, sowie die Abgabemenge kontaminierter Abwässer an die Umwelt der Aufsichtsbehörde BAG jährlich zu melden. Die gemeldeten Daten werden durch das BAG ausgewertet und dienen später zur Festlegung von Aufsichtsschwerpunkten.

Therapeutische Anwendung von Radionukliden

^{131}I , das zur Schilddrsentherapie verwendet wird, kann den Patienten bis zu einer Aktivität von 200 MBq ambulant verabreicht werden (mit Sonderbewilligung im Einzelfall bis 400 MBq). Bei höheren Aktivitäten werden die Patienten mindestens für die ersten 48 Stunden in speziellen Therapiezimmern isoliert und dürfen erst entlassen werden, wenn eine Dosisleistung von $10\text{ }\mu\text{Sv/h}$ in einem Abstand von 1 m unterschritten wird. Diese Entlassungsdosisleistung wurde mit der Inkraftsetzung der revidierten Strahlenschutzverordnung per 1. 1. 2018 von 5 auf $10\text{ }\mu\text{Sv/h}$ erhöht. Durch die verkürzte Stationierung der Patienten verringern sich auch die Abgaben von ^{131}I aus den Therapiestationen ans Abwasser. Die Ausscheidungen der hospitalisierten Therapiepatienten werden in speziell dafür vorgesehenen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach dem Abklingen unterhalb der bewilligten Abgabelimite an die Umwelt (Abwasser) abgegeben.

Andere Radionuklide wie zum Beispiel ^{90}Y , ^{177}Lu oder ^{223}Ra werden bei Patienten mit einer Tumorerkrankung zur Schmerzlinderung und Therapie verwendet sowie bei rheumatischen Erkrankungen zur Entzündungshemmung und Schmerzlinderung in Gelenke appliziert. Die Applikation erfolgt ambulant oder stationär je nach medizinischer Indikation und applizierter Aktivität.

Tabelle 1:
Applikationen radioaktiver Stoffe zu therapeutischen Zwecken 2018 in MBq.

	Spital	^{131}I amb.	^{131}I stat.	^{186}Re	^{169}Er	^{90}Y	^{177}Lu	^{223}Ra
AG-40.2	Kantonsspital Aarau AG	400			30	1'110		408
AG-579.2	Kantonsspital Baden AG		134'990			12'370	25'900	
BE-32.2	Klinik Linde AG	1'400						
BE-138.2	Klinik Engeried							223
BE-284.12	Inselspital		272'501	148	111	3'145	460'600	329
BL-158.2	Kantonsspital Baselland	380				555		3
BL-315.2	Kantonsspital Liestal	385						177
BS-30.2	St. Claraspital	1'739				4'270		60
BS-350.1	Universitätsspital Basel		182'373	925	37	28'850	2'492'600	138
FR-103.2	HFR Hôpital fribourgeois		56'000			380		131
GE-200.3	HUG		127'383			77'954		28
GE-752.3	Hôpital de la Tour							101
GE-1633.1	GRGB Santé SA	400						109
GR-54.2	Kantonsspital Graubünden	1'535	62'465	55		3'145		108
LU-1.2	Hirslanden-Klinik St. Anna	199	57'001	74		40'929		
LU-527.11	Luzerner Kantonsspital LUKS					54'666		463
NE-169.6	Hôpital Neuchâtelois	1'746						64
SG-195.3	Kantonsspital St. Gallen		143'797			2'405	302'002	
SO-29.6	Bürgerspital Solothurn	400	32'330			370		72
SO-143.4	Kantonsspital Olten							17
TG-46.2	Spital Thurgau AG		45'452		37	777		126
TG-53.2	Spital Thurgau AG					740		
TI-453.6	Ospedale Regionale Bellinzona e Valli	1'200	127'340			7'000	14'800	288
TI-482.4	Ospedale Civico	1'800			111	1'110		
VD-129.2	Clinique de la Source	2'687						111
VD-206.2	Hôpital de la Riviera							185
VD-784.4	Genolier Swiss Medical Network							74
VD-832.14	CHUV		270'844			96'676	348'700	100
VS-125.1	RSV Hôpital du Valais		42'180					
VS-532.1	Affidea CIV					185		
ZH-57.4	Stadtspital Waid	3'276			53			
ZH-117.2	Klinik Hirslanden			422	37	86'990		169
ZH-348.7	Universitätsspital Zürich		334'258	333	259	43'921	270'983	123
ZH-352.3	Kantonsspital Winterthur	1'168	112'838	111		79'740		328
ZH-1171.13	Stadtspital Triemli		254'281	100		32'826		400
	Gesamte Schweiz 2018	18'715	2'256'032	2'168	675	580'114	3'915'585	4'334

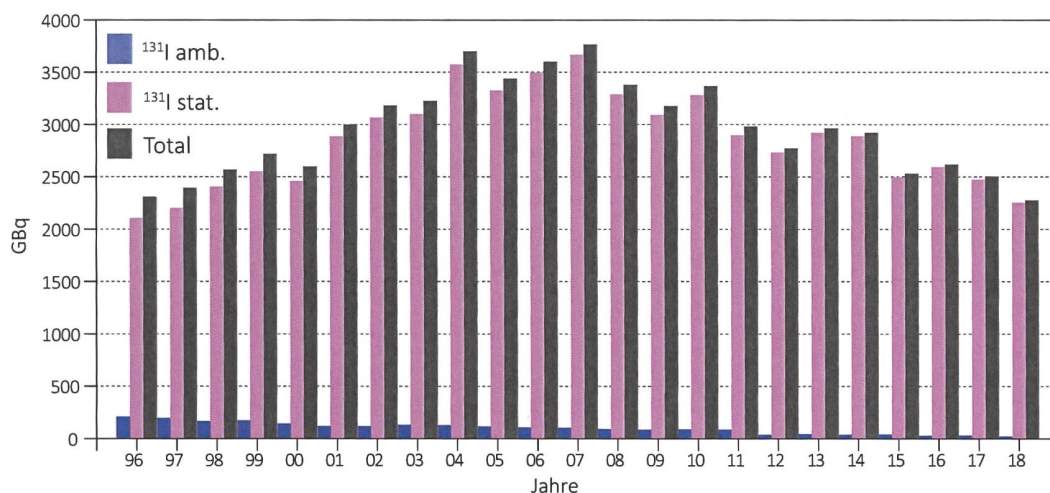
Abgabe radioaktiver Stoffe ans Abwasser

Die für einen Betrieb bewilligte Abgabeaktivität radioaktiver Stoffe ans Abwasser richtet sich nach Art. 24 Abs. 2 der Strahlenschutzverordnung. Danach darf die Aktivitätskonzentrationen in öffentlich zugänglichen Gewässern im Wochenmittel die in Anhang 7 StSV festgelegten Immissionsgrenzwerte für Gewässer (IG_{GW}) nicht überschreiten. Die in der Praxis durch das BAG bewilligte Abgabelimite für ^{131}I beruht auf den Angaben bezüglich der gesamten Abwassermenge des jeweiligen Betriebs und der zusätzlichen Verdünnung in der Abwasserkläranlage. Die Einhaltung der oben erwähnten Abgabelimiten gewährleistet, dass die geltenden Immissionsgrenzwerte in öffentlichen Gewässern zu keiner Zeit überschritten werden. Werden andere Nuklide als Jod-131 (^{131}I) über die Abwasserkontrollanlage an die Umwelt abgegeben (^{90}Y , ^{177}Lu) wird dieser Anteil in ^{131}I Äquivalente umgerechnet und in die Abgabeaktivität mit einbezogen. Die Spitäler sind verpflichtet, die Abgaben radioaktiver Abwässer so gering wie möglich zu halten und dazu laufend organisatorische und technische Optimierungsmassnahmen vorzunehmen.

Tabelle 2:

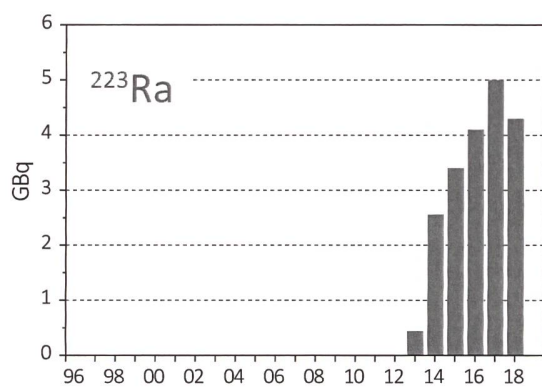
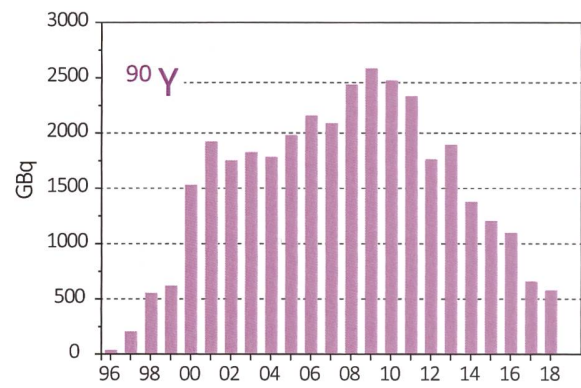
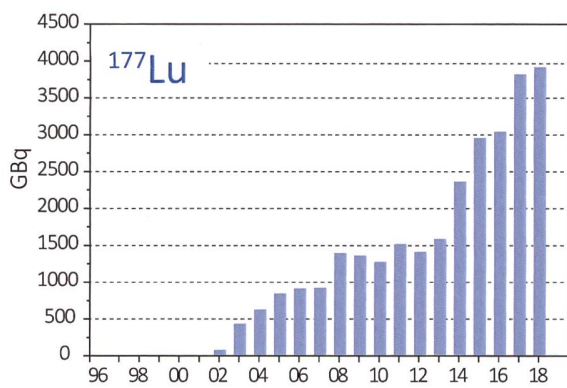
Abgabe von ^{131}I aus Abwasserkontrollanlagen ans Abwasser 2018 in MBq.

Abgabe MBq/Monat Nuklearmedizin	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Total 2018
KS Chur	4.5	17.9	8.8	5.7	1.0	1.0	3.8	4.7		2.8	2.4		52.5
BS Solothurn		1.2				7.5		1.7					10.5
OR Bellinzona	1.4		4.7										6.1
KS St. Gallen	1.6	3.6	5.1	4.7	0.5	0.3		0.1	0.5	0.3	3.5		20.1
Triemli Zürich		0.8	1.0	1.7	0.9	2.3	2.2	1.1	3.8	1.1	2.3		17.2
HFR Fribourg	4.0				1.0						1.0		6.0
HU Genève		32.4				0.8			7.9				41.1
RSV Sion		3.8	2.3	3.8		0.3	1.6	1.2		0.1	1.3		14.4
KS Baden	0.4	3.2	13.1	14.3	34.6	15.1	6.7	28.9	23.8	23.4	13.8		177.2
CHUV Lausanne	36.4	58.4	32.0					0.7		0.2			127.7
US Basel	311.1	232.4	271.8	269.6	422.5	220.4	373.1	310.0	244.8	243.4	297.2	90.4	3'286.7
KS Winterthur										9.0			9.0
US Zürich													
St. Anna Luzern	2.8					0.7	7.6	0.7		1.4			13.1
Insel Bern	1.0	5.8	20.1	73.6	24.2	50.1	46.8	17.3	5.8	8.1	3.2	64.6	320.6
Spital Münsterlingen		1.2		4.5			9.0						14.7
Gesamte Schweiz 2018 MBq													4'116.8

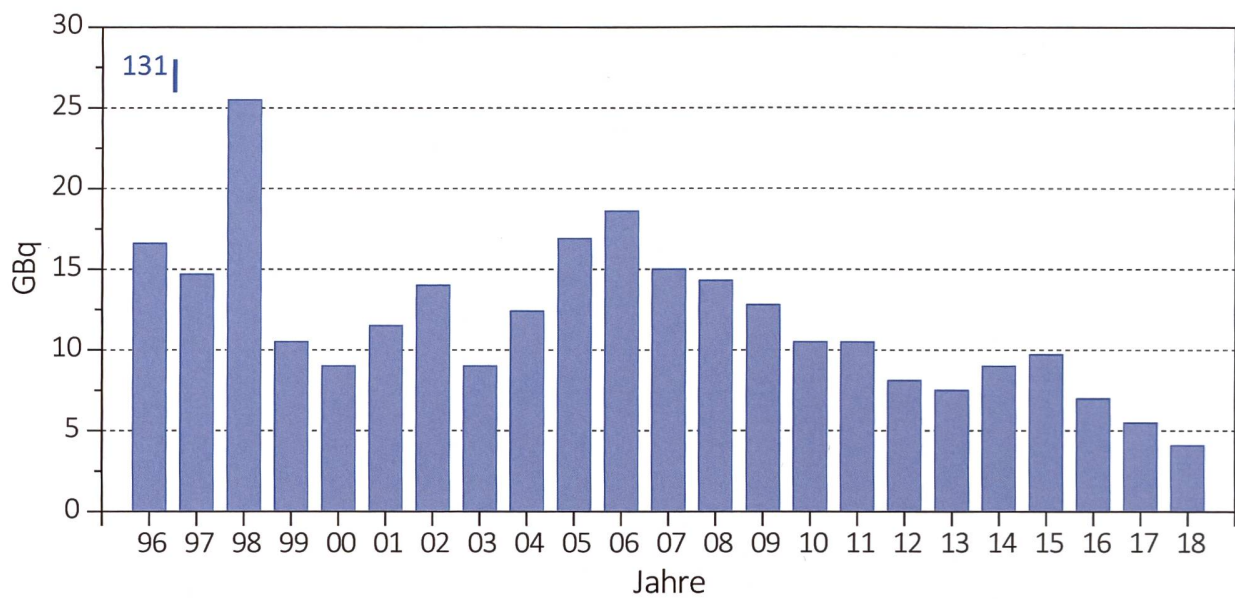


Figur 1:

Umsatz an ^{131}I zu therapeutischen Zwecken in GBq



Figur 2:
Umsatz weiterer Therapie-Nuklide in GBq



Figur 3:
Abgabe von ^{131}I ins Abwasser in der Schweiz in GBq

9.3

Surveillance de la radioactivité au voisinage des industries, stations d'épuration et usines d'incinération des déchets

S. Estier, P. Beuret, G. Ferreri, A. Gurtner, D. Lienhard, M. Müller, P. Steinmann

Section Radioactivité de l'environnement URA / OFSP Berne

M. Zehringer

Kantonales Labor Basel-Stadt, Basel

M. Brennwald, P. Rünzi

Eawag, Dübendorf

Résumé

Les résultats de la surveillance effectuée en 2018 au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium ont montré un marquage significatif de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par ce radionucléide, à proximité immédiate de ces entreprises, en particulier à Niederwangen. En effet, les concentrations enregistrées dans les précipitations prélevées au mois d'août au voisinage de l'entreprise mb microtec ont atteint 1'534 Bq/l, soit environ 7.7% de la nouvelle limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public. Des valeurs plus élevées de tritium ont également été mesurées dans les denrées alimentaires prélevées au voisinage de l'entreprise. Les doses supplémentaires occasionnées pour la population avoisinante sont toutefois restées très faibles.

Les résultats des mesures des eaux des stations d'épuration et des eaux de lavage des fumées des usines d'incinération n'ont révélé aucune valeur anormale. Des concentrations plus élevées de tritium ont été enregistrées à quelques reprises dans les échantillons hebdomadaires d'eau de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Bâle-Ville, mais n'ont pas entraîné d'augmentation mesurable de la concentration de tritium dans les eaux du Rhin.

Introduction

Tout comme les installations nucléaires, les entreprises qui utilisent des substances radioactives et qui disposent d'une autorisation réglementant leurs rejets dans l'environnement font l'objet d'une surveillance particulière, mise en place par la SUVA (autorité de surveillance pour les industries) et l'OFSP. Ces programmes spécifiques commencent au terme source, par la surveillance des rejets: les exploitants sont en effet tenus de mesurer le bilan de leurs émissions et de le communiquer chaque mois aux autorités. La SUVA vérifie ces déclarations par le biais de mesures de contrôle.

Tableau 1 :

Tritium dans les précipitations au voisinage des entreprises utilisatrices de ^3H en 2018.

Lieu	Valeur min/max (Bq/l)	Mediane/moyenne (Bq/l)
Teufen/AR 65 m E Firma RCT	10 - 198	25 / 41
Niederwangen/BE*		
Bauernhaus 300 m SE de l'entreprise	13 - 200	59 / 75
Garage 200 m SW de l'entreprise	9 - 151	47 / 58
Gemeinde Köniz 180 m NNW de l'entreprise	31 - 1'353	100 / 174
Firma Schär 320 m NE de l'entreprise	179 - 1'534	562 / 652

* A Niederwangen, 22 échantillons ont été mesurés pour chaque station en 2018. En effet, en raison du manque de précipitation, il n'y a pas eu d'échantillons pour les périodes du 11 au 25 juin, du 01 au 16 octobre, ainsi que du 11.11 au 06.12.2018.

Dans le cadre de la surveillance de l'environnement dans leur voisinage, l'OFSP collecte des échantillons de précipitations à Teufen/AR ainsi qu'en 4 endroits distincts à Niederwangen/BE. La concentration en tritium des échantillons de Teufen et celle des précipitations de Niederwangen sont analysées tous les 15 jours. Les résultats 2018 sont résumés dans le tableau 1. A titre de comparaison, notons que les concentrations mensuelles de tritium mesurées dans les précipitations à la station de référence de Posieux sont restées, en 2018, très proches ou inférieures à la limite de détection de 2 Bq/l.

Les résultats de la surveillance mise en œuvre au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium montrent ainsi un marquage significatif de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par ce radionucléide, à proximité immédiate de ces entreprises, en particulier au voisinage de mb-microtec à Niederwangen. La figure 1 présente les concentrations de tritium enregistrées en 2018 dans les précipitations des stations de collecte «Bauernhaus» (située à 300 m au sud est de l'entreprise) et «Firma Schär» (située à 320 m au nord est de l'entreprise). Avec une concentration de 1'534 Bq/l au mois de mai, c'est dans cette station qu'a été enregistrée la plus forte teneur en tritium dans un échantillon de précipitations au cours de l'année. Cette valeur représente environ 7.7% de la valeur limite d'immissions fixée à 20'000 Bq/l¹ pour ce radionucléide dans la nouvelle ordonnance sur la radioprotection (ORaP du 26 avril 2017) pour les eaux accessibles au public. Après la baisse des valeurs constatées en 2015 et 2016, les valeurs 2018 se situent à nouveau dans la fourchette haute des concentrations mesurées aux stations de Firma et Köniz au cours des 10 dernières années (voir figure 2). A titre

1 La valeur limite d'immission pour le tritium est passé de 12'000 Bq/l à 20'000 Bq/l dans la nouvelle ORaP; cette valeur est dérivée sur la base d'une valeur cible de dose de 0.3 mSv et une consommation annuelle d'eau présentant une activité égale à la valeur limite d'immissions.

La surveillance se poursuit par la mesure des immissions de ces entreprises, à savoir des concentrations radioactives effectivement présentes dans l'environnement dans leur voisinage.

L'OFSP coordonne également un programme spécifique de prélèvements et de mesures 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. 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.

Voisinage des entreprises utilisatrices de Tritium ^3H

Certaines industries ont recours au tritium pour la fabrication de sources lumineuses au gaz de tritium ou pour la production de marqueurs radioactifs au tritium pour la recherche. C'est le cas des entreprises mb microtec à Niederwangen/BE et de RC Tritec à Teufen/AR. Les émissions de ces entreprises sont détaillées au chapitre 9.1.

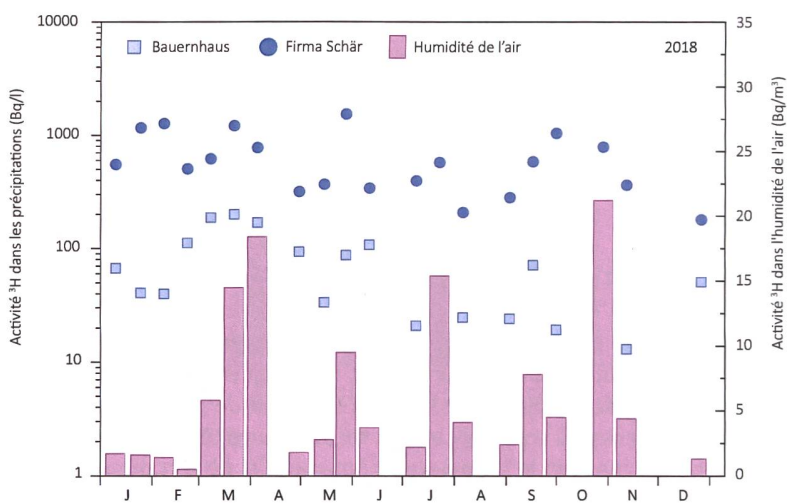


Figure 1 :

Activité du tritium dans les précipitations (Bq/l) et dans l'humidité de l'air (Bq/m³ d'air) enregistrées en 2018 à Niederwangen/BE.

indicatif, notons que la consommation régulière pendant un mois (soit 54 l) d'une eau ayant une concentration de 1'534 Bq/l conduirait à une dose supplémentaire de l'ordre de 1.5 µSv.

A Niederwangen, l'activité du ^3H dans l'humidité de l'air est également mesurée deux fois par mois (Fig. 1). Les valeurs obtenues en 2018 se sont échelonnées entre 0.5 et 21 Bq/m³ avec une valeur moyenne de 6.25 Bq/m³. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées fin mars-début avril ainsi qu'en octobre. Ces valeurs ne présentent pas de corrélation directes avec les résultats des mesures dans les précipitations.

Des valeurs plus élevées de tritium ont également été mesurées dans les denrées alimentaires prélevées par le canton de Berne au voisinage de l'entreprise fin août, atteignant 331 Bq/l dans le distillat d'un échantillon de pruneaux et 234 Bq/l dans celui d'un échantillon de pomme. Dans les distillats des 10 autres échantillons de fruits et légumes récoltés (pommes, poires, pruneaux, rhubarbe, légumes du jardin et courges), les concentrations se sont échelonnées entre 44 et 114 Bq/l. Dans les distillats des échantillons de lait, les concentrations en tritium étaient plus faibles, situées entre 16 et 23 Bq/l (3 échantillons). Bien que ces valeurs maximales soient en diminution par rapport à celles mesurées en 2017, au cours de laquelle une valeur maximale de 667 Bq/l avait été mesurée dans le distillat d'un échantillon de rhubarbe, elles restent supérieures aux niveaux habituellement enregistrés au cours de la période 2008-2015.

Suite aux valeurs élevées enregistrées dans les denrées alimentaires prélevées fin août 2017, la SUVA avait alors pris contact avec l'entreprise, qui l'avait informé que des quantités plus importantes de tritium (mais inférieures aux limites légales) avait été rejetées vers l'atmosphère fin juin et fin juillet 2017 en raison de problèmes techniques qui avaient pu rapidement être résolus. Consciente de cette problématique, l'entreprise avait alors pris des mesures en initiant un projet visant à réduire les émissions de tritium en rénovant son système de ventilation. Le projet est encore en cours. La réduction des rejets devrait être effective vers fin 2019 - début 2020.

Notons finalement que bien que ces valeurs soient significativement plus élevées que la normale, la consommation régulière (50 kg /an) de produits avec une concentration de tritium égale à la valeur maximale enregistrée en 2018 conduirait à une dose supplémentaire de l'ordre de 1 à 2 micro-Sv en fonction de l'âge du consommateur et de la forme chimique du tritium. Ces denrées ne représentent donc pas de risque pour la santé du consommateur.

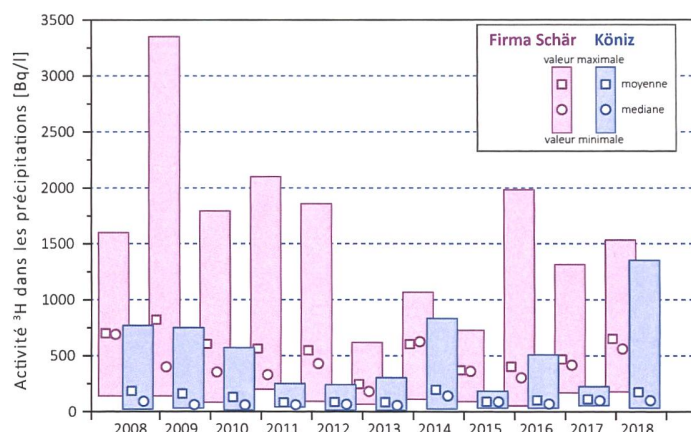


Figure 2 : Valeurs moyennes et médianes annuelles des concentrations de tritium mesurées dans les précipitations aux stations de Firma et Köniz à Niederwangen entre 2008 et 2018.

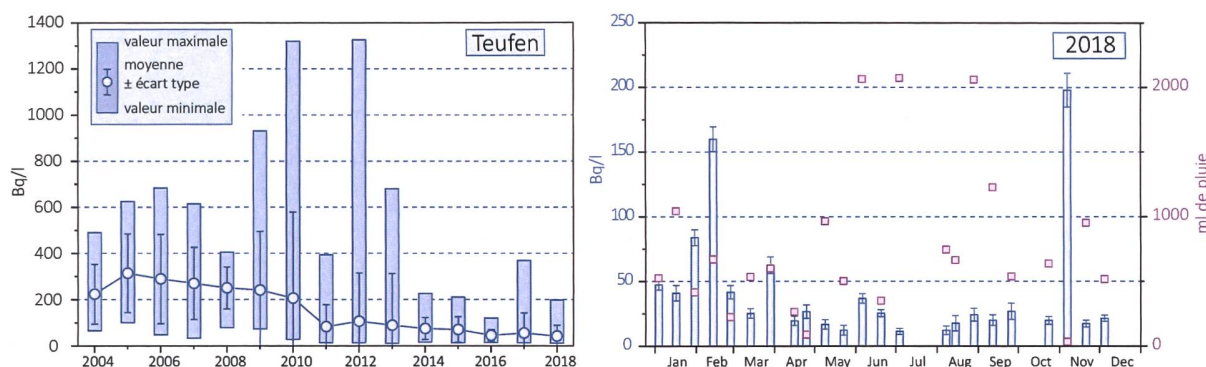


Figure 3 : Concentration du tritium mesurée dans les précipitations de Teufen / AR entre 2004 et 2018.

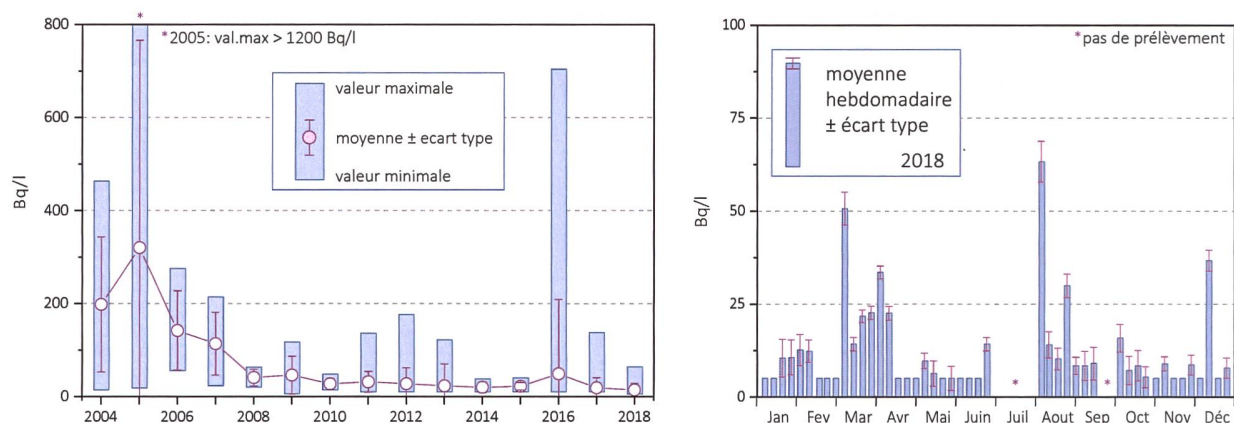


Figure 4 :
Concentrations du tritium mesurées dans les eaux de la station d'épuration de La Chaux-de-Fonds entre 2004 et 2018.

La figure 3 montre le suivi des concentrations de ^3H enregistrées dans les précipitations collectées à 65 m à l'est de la cheminée de la firme RC Tritec à Teufen et mesurées par l'OFSP au cours des 12 dernières années. Elle montre la nette diminution des concentrations de tritium mesurées dans l'environnement au voisinage de cette entreprise depuis 2014. Après la légère augmentation mesurée en 2017, les valeurs 2018 sont à nouveau similaires à celles de 2016, c'est-à-dire parmi les plus faibles mesurées depuis le début de la surveillance.

Ces résultats sont à mettre en relation avec la diminution régulière des rejets dans l'air (voir figure 1b, Chap 9.1) par l'entreprise.

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

Plusieurs laboratoires analysent les eaux des stations d'épuration des agglomérations de Zürich, Bâle, Berne, Lausanne et La Chaux-de-Fonds ainsi que les eaux de lavage des fumées des usines d'incinération de Bâle-Ville et de Bienne afin de déceler d'éventuelles éliminations de ^3H ou de ^{131}I dans l'environnement. Les résultats de ces mesures sont résumés dans le tableau 2 pour l'année 2018.

Depuis 2016, le laboratoire cantonal de Bâle a renoncé aux mesures journalières du tritium dans les eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Bâle. Un mélange des échantillons journaliers est maintenant

Tableau 2 :
Tritium (^3H) et ^{131}I dans les eaux de rejet des usines d'incinération et des stations d'épuration (STEP) en 2018.

Ville	Laboratoire	Isotope	Nombre	Valeur min/max (Bq/l)	Médiane (Bq/l)	Moyenne (Bq/l)
STEP Bâle	KL-BS	^{131}I	57	< 0.1 - 0.7	-	-
		^3H	57	< 2.0 - 12.0	-	-
Incinération Bâle		^{131}I	54	0.1 - 2.0	0.3	0.4
		^3H	54	35 - 14'000	171	646
STEP Berne	Labor Spiez	^{131}I	52	< 0.1 - 0.16	-	-
	URA/OFSP	^3H	12	< 5.0 - 33.5	8.1	-
STEP Bienne	URA/OFSP	^3H	52	< 5.0 - 88.0	5.0	-
STEP La Chaux-de-Fonds	URA/OFSP	^3H	46	< 5.0 - 63.2	8.4	-
STEP Lausanne	IRA	^{131}I	46	< 0.5	-	-
		^3H	9	< 2.0 - 2.0	-	-
STEP Zürich	EAWAG	^{131}I	52	< 0.1 - 1.6	-	-
	URA/OFSP	^3H	13	< 5.0	-	-

mesuré chaque semaine. Des pics de concentration journalière de ^3H dépassant les 100'000 Bq/l durant un à deux jours avaient été régulièrement observés par le passé, notamment en 2003-2005 ainsi qu'en 2014-2015. Malgré les recherches menées la SUVA en collaboration avec l'OFSP et le laboratoire cantonal de Bâle-Ville, son origine n'avait malheureusement toujours pas pu être éclaircie. La combustion de montres ou d'autres objets contenant du tritium (peinture luminescente), qui auraient été jetées dans les ordures ménagères, consti-

tue toutefois une explication possible. Si aujourd'hui les concentrations journalières ne sont plus mesurées, de telles augmentations se reflètent au niveau des concentrations moyennes hebdomadaires. En 2018 toutefois, ce phénomène n'a pratiquement plus été observé puisqu'une seule augmentation significative de la concentration hebdomadaire moyenne du tritium, dépassant les 10'000 Bq/l, a été enregistrée dans les eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Bâle.

Le tableau 2 montre que les concentrations de ^3H dans les échantillons hebdomadaires d'eau de la STEP de Bâle sont généralement restées proches ou inférieures à la limite de détection de 2 Bq/l, avec une valeur maximale de 12 Bq/l. Les mesures mensuelles du ^3H dans les eaux du Rhin près de Weil/D, en aval de Bâle, n'ont par ailleurs montré aucune augmentation des teneurs en ^3H dans le Rhin en relation avec les pics de concentration observés dans l'eau de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Bâle.

La SUVA mesure quant à elle le tritium dans les échantillons hebdomadaires d'eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Berne. En 2018, les valeurs se sont échelonnées entre 100 et 26'800 Bq/l et n'ont pas présenté de corrélation avec l'activité présente dans les déchets contenant du tritium déclarés par les entreprises autorisées.

Les concentrations de tritium observées à la STEP de la région de La Chaux-de-Fonds sont à nouveau restées faibles en 2018, après l'augmentation enregistrée en 2016. La figure 4 montre qu'après la nette diminution observée jusqu'en 2008, en corrélation avec la très forte baisse de l'utilisation du ^3H dans les ateliers de posage de la région et l'arrêt complet de cette activité en 2008, les concentrations de tritium dans les eaux de la STEP de la Chaux-de-Fonds se sont stabilisées à des niveaux généralement faibles. A la STEP de Bienne, les concentrations de tritium pour l'année 2018 sont restées inférieures ou voisines de la limite de détection de 10 Bq/l, à l'exception d'une valeur atteignant 88 Bq/l à la mi-octobre. A la STEP de Werdhölzli à Zürich, aucun émetteur gamma d'origine artificielle n'a pu être décelé dans les échantillons hebdomadaires d'eaux prélevés et mesurés par l'EA Wag, à l'exception du ^{131}I décelés dans 9 échantillons (valeurs comprises entre 0.1 Bq/l et 1.6 Bq/l).

La figure 5 montre les concentrations de ^{131}I mesurées entre 2008 et 2018 dans les échantillons d'eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Hagenholz à Zürich par l'EA Wag. Les échantillons sont prélevés chaque mois par sondage. A noter qu'il a été constaté fin 2017 qu'un raison d'un manque de coordination ces échantillons avaient été prélevés pendant plusieurs années après le passage d'une cartouche filtrante dans l'installation de traitement de l'usine d'incinération. Ce filtre élimine le charbon actif utilisé dans le traitement des eaux usées et par conséquent probablement les radionucléides présents dans l'eau de lavage, ce qui rend les échantillons correspondants moins pertinents. En 2018, un échantillon a été prélevé avant

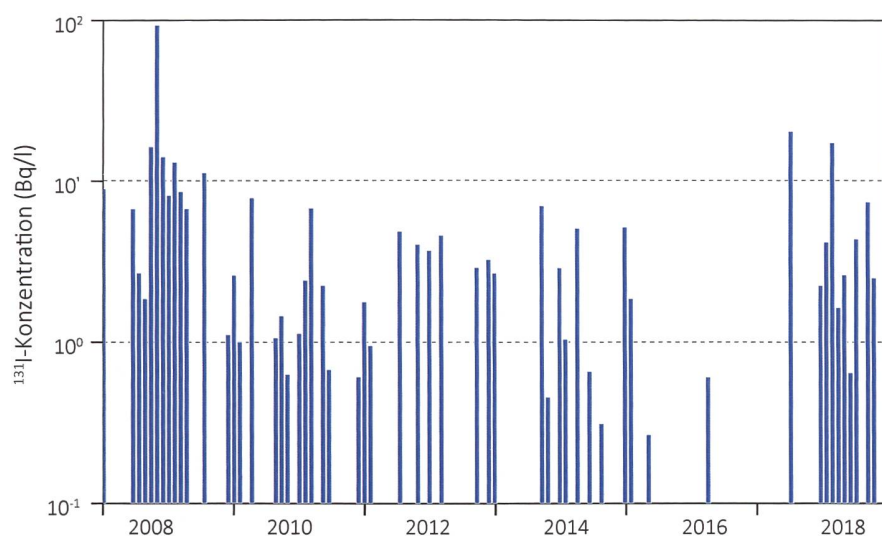


Figure 5 :
Concentrations de ^{131}I (Bq/l) enregistrées dans les eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Hagenholz de 2008 à 2018 (prélèvement et analyse effectués par l'EA Wag).

et après le filtre pendant 6 mois pour vérifier cette hypothèse. Il s'est avéré que le ^{131}I n'était effectivement présent que dans les échantillons prélevés avant la filtration (données non présentées). Par conséquent, le personnel d'exploitation de l'usine d'incinération a reçu l'instruction de toujours prélever l'échantillon avant le filtre (c'est-à-dire avec du charbon actif en suspension). Ainsi à l'exception de deux échantillons (qui ont été prélevés par erreur après le filtre), le ^{131}I a été mesuré dans tous les échantillons prélevés en 2018 (0.6-16 Bq/l), contrairement aux années précédentes.

Conclusions

Les résultats des mesures effectuées en 2018 à proximité des entreprises utilisatrices de tritium ont montré un marquage significatif de l'environnement par ce radionucléide dans leur voisinage immédiat, en particulier à Niederwangen. Dans les précipitations, les concentrations en ^3H ont atteint au maximum env. 7.7% de la valeur limite d'immissions définie dans l'ORaP pour le tritium dans les eaux accessibles au public et des valeurs plus élevées de ^3H ont également été mesurées dans les échantillons de denrées alimentaires (concentration maximale de 331 Bq/l dans le distillat d'un échantillon de pruneaux). Même si ces valeurs ne représentent pas un risque pour la santé de la population avoisinante, puisque les doses supplémentaires qui résulteraient de la consommation régulière de tels produits (eaux de pluie et légumes) ne devraient pas dépasser 10 $\mu\text{Sv/an}$, elles se situent dans la fourchette haute des 10 dernières années. Consciente de cette problématique, l'entreprise s'est d'ailleurs engagée dans un projet visant à réduire ses émissions d'ici 2019-2020.

Si des concentrations plus élevées de tritium ont encore été enregistrées à quelques reprises dans les échantillons hebdomadaires d'eau de lavage des fumées de l'usine d'incinération de Bâle-Ville, ce phénomène a été nettement moins marqué que les années précédentes.

9.4

Aktionsplan Radium 2015-2019

M. Palacios, Ch. Murith, D. Storch

Radiologische Risiken, Abteilung Strahlenschutz, Bern

Zusammenfassung

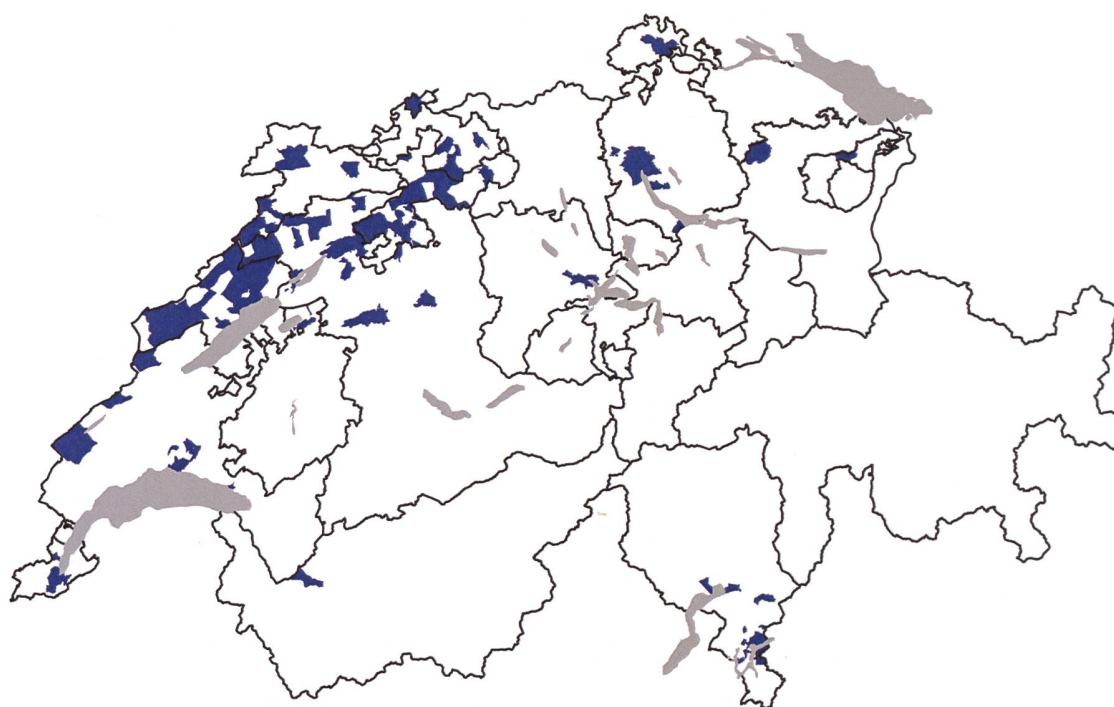
Der Aktionsplan Radium 2015-2019 verfolgt das Ziel, die radiologischen Altlasten zu sanieren, die entstanden sind, weil die Uhrenindustrie bis in die 1960er-Jahre Leuchtfarbe mit Radium-226 (^{226}Ra) verwendet hat. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat 2018 einen Bericht über den Stand der Arbeiten des Aktionsplans erstellt. Die historischen Nachforschungen zeigen, dass landesweit rund 1'000 Liegenschaften potenziell mit ^{226}Ra kontaminiert sind; bei der Ausarbeitung des Aktionsplans wurde diese Zahl noch auf 500 geschätzt. Von den 540 bislang bereits kontrollierten Gebäuden wiesen 100 ein für die Bewohnerinnen und Bewohner inakzeptables Expositionsniveau auf und müssen saniert werden. Bis heute wurden bereits über 70 Gebäude saniert. Eine Verlängerung des Aktionsplans bis 2022 drängt sich auf, damit das Vorhaben zu Ende geführt werden kann. Der Bundesrat wird Anfang 2019 über eine allfällige Redimensionierung der zugeteilten Mittel entscheiden.

Historische Nachforschungen

Das BAG hat das Historische Institut der Universität Bern beauftragt, alle Liegenschaften in der Schweiz zu inventarisieren, in denen bei Tätigkeiten für die Uhrenindustrie mit ^{226}Ra gearbeitet wurde. Die Universität Bern hat durch die systematische Analyse der Archive der am stärksten betroffenen Kantone rund 1'000 potenziell mit ^{226}Ra kontaminierte Liegenschaften (Gebäude und angrenzende Gärten) ermittelt. Diese befinden sich mehrheitlich in den Kantonen mit Uhrmachertradition: Neuenburg, Bern und Solothurn. Auch in anderen Kantonen sind einige Liegenschaften zu kontrollieren, namentlich in Basel-Landschaft, Genf, Jura, Tessin, Waadt und Zürich. Eine Übersicht über die betroffenen 114 Gemeinden mit potenziell kontaminierten Liegenschaften zeigt die Karte in Figur 2. 19. 99% dieser Fälle gehen auf Tätigkeiten in der Uhrenindustrie zurück, vor allem im Rahmen von Heimarbeit. Nach Artikel 151 der am 1. Januar 2018 in Kraft getretenen Strahlenschutzverordnung (StSV) führt das BAG ein Inventar der Liegenschaften, die möglicherweise kontaminiert sind. Das BAG hat den betroffenen Gemeinden und Kantonen Auszüge aus dem Inventar übermittelt. Der Bericht zu den historischen Nachforschungen ist veröffentlicht unter: www.bag.admin.ch/radium-altlasten.



Figur 1 :
Uhrenatelier in der 1950er-Jahren in Mont-Lucelle damals Kanton Bern.
Quelle: Keystone



*Figur 2 :
114 betroffene Gemeinden mit potenziell kontaminierten Liegenschaften (blau)*

Diagnostische Untersuchungen

Eine diagnostische Untersuchung besteht aus der Messung der Dosisleistung auf der gesamten Grundfläche des betroffenen Gebäudes oder der betroffenen Aussenfläche. Gemessen wird auf zwei Ebenen in 10 cm bzw. 1 Meter Höhe ab Boden. Der Abstand der Messpunkte auf diesen Ebenen beträgt 1 Meter. Wenn in Innenräumen Spuren von Radium vorhanden sind, berechnet das BAG anhand der Dosisleistungen und Expositionsszenarien die zusätzliche Jahresdosis, der sich die Gebäude-Nutzenden aussetzen könnten. Zeigen die Berechnungen, dass der für die Schweizer Bevölkerung zulässige Grenzwert von 1 Millisievert (mSv) pro Jahr überschritten ist, werden die Räumlichkeiten saniert. Gärten sind sanierungsbedürftig, wenn die Konzentration von Radium in der Erde den Grenzwert von 1'000 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) übersteigt. Bislang wurden bei 540 Liegenschaften mit insgesamt über 3'000 Wohnungen (oder Gewerbelokalen) diagnostische Messungen durchgeführt. 100 dieser Liegenschaften müssen saniert werden; dies entspricht 70 Wohnungen (oder Gewerbelokalen) und 64 Aussenflächen. Fast 90% der zu sanierenden Gebäude sind Wohngebäude. In den meisten Fällen lag die berechnete Dosis in den Innenräumen zwischen 1 und 10 mSv/Jahr. Bei fünf Gebäuden wurde jedoch eine Dosis zwischen 10 und 17 mSv/Jahr festgestellt. Die maximalen gemessenen ²²⁶Ra-Werte in Bodenproben von zu sanierenden Gärten lagen durchschnittlich bei 29'000 Bq/kg. In einem Fall wurden punktuell Werte von gegen 670'000 Bq/kg gemessen. Der Stand des Aktionsplans am 31. Dezember 2018 ist in Tabelle 1 ersichtlich.

Sanierungsprogramm

Über 70 Liegenschaften sind bereits saniert worden oder werden derzeit saniert. Das Sanierungskonzept beinhaltet die Planung, die Beseitigung der Kontamination, die Wiederherstellung, die Schlusskontrolle und die Entsorgung der Abfälle. Mit einer Innenraumsanierung soll eine Senkung der effektiven Dosis für die Bewohnerinnen und Bewohner auf 1 mSv/Jahr erreicht werden. Für die Aussenflächen wird eine Konzentration von weniger als 1'000 Bq/kg im Boden angestrebt. Ziel ist es, die Kontaminationen so stark wie möglich zu verringern und an jedem Punkt 10 cm über dem Boden eine Umgebungs- Äquivalentdosisleistung von weniger als 100 nSv/h netto zu erreichen.

Tabelle 1:

Stand des Aktionsplans Radium am 31 dezember 2018.

	Stand der diagnos- tischen Messun- gen	Ergebnisse der diagnostischen Messungen				Stand der Sanierung	
		Fälle ohne Sanierungsbedarf		Sanierungsfälle		Sanierung abgeschlossen (oder laufend)	
		Anzahl Gebäude	Anzahl Gebäude	betroffene Gemeinden	Anzahl Gebäude	betroffene Gemeinden	Anzahl Gebäude
Kanton BE	143	104	Biel / Bienne	39	Biel / Bienne	29	Biel / Bienne
	44	34	Bern, Büren an der Aare, Cortébert, Hasle b., Burgdorf, La Neuveville, Lengnau bei Biel, Loveresse, Lyss, Moutier, Nidau, Orpund, Pieterlen, Reconvilier, Saint-Imier, Sonvilier, Tramelan	10	Kräiligen, Nidau, Meinisberg, Moutier, Orpund, Safnern, Tavannes	9	Kräiligen, Nidau, Meinisberg, Orpund, Safnern, Tavannes
Kanton NE	176	150	La Chaux-de-Fonds	26	La Chaux-de-Fonds	20	La Chaux-de-Fonds
	48	44	Colombier, Corcelles-Cormondrèche, Fleurier, La Brévine, Le Locle, Les Ponts-de-Martel, Neuchâtel, Peseux	4	Fleurier, Neuchâtel	1	Neuchâtel
Kanton SO	78	61	Aedermannsdorf, Biberist, Gerlafingen, Grenchen, Holderbank, Langendorf, Mümliswil, Olten, Recherswil, Solothurn, Trimbach, Welschenrohr, Wolfwil, Zuchwil	17	Bellach, Bettlach, Biberist, Grenchen, Langendorf, Luterbach, Welschenrohr, Wolfwil	14	Bettlach, Bettlach, Biberist, Grenchen, Luterbach, Welschenrohr, Wolfwil
Andere Kantone	51	47	Arogno (TI), Carouge (GE), Bubendorf (BL), Ch [^] ne-Bougerie (GE), Courgenay (JU), Delémont (JU), Genève, Hölstein (BL), Küsnacht (ZH), Lausanne (VD), Le Noirmont (JU), Le Sentier (VD), Les Bois, Les Breuleux (JU), Locarno (TI), Niederdorf (BL), Petit-Lancy (GE), Porrentruy (JU), Saignelégier (JU), Vevey (VD), Waldenburg (BL), Ziefen (BL), Zürich	4	Genève, Tecknau (BL), Waldenburg (BL)	1	Genève
Total	540	440		100		74	

Das BAG hat acht ehemalige Industriestandorte identifiziert, bei denen aufgrund einer ^{226}Ra -Kontamination eine Sanierung erforderlich ist. Diese sind aber bereits im Kataster der belasteten Standorte aufgeführt. Darunter sind auch komplexe Fälle von Mischkontaminationen (chemisch und radiologisch). Diese neue Problematik erfordert spezifische Lösungen, die in Absprache mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und den Kantonen gefunden werden müssen. 2018 wurde ein Pilotprojekt mit dem Labor Spiez und dem Paul Scherrer Institut lanciert, um die Aktivität radiumkontaminierter Proben zu senken, sodass die chemischen Schadstoffe in den Proben, insbesondere Schwermetalle und organische Chlorverbindungen, in konventionellen Laboren analysiert werden können.

Entsorgung

Gemäss Artikel 116 StSV können schwach kontaminierte brennbare Abfälle mit Zustimmung des BAG und nach Mitteilung an den Kanton in einer Verbrennungsanlage entsorgt werden. Die wöchentlich zur Verbrennung zugelassene Aktivität darf jedoch die tausendfache Bewilligungsgrenze gemäss StSV nicht überschreiten, d. h. 2 MBq für ^{226}Ra . Schwach kontaminierte inerte Abfälle können gemäss Artikel 114 StSV mit Zustimmung des BAG, des Kantons und des Deponiebetreibers an eine Deponie zur Ablagerung abgegeben werden, sofern ihre maximale spezifische Aktivität das Tausendfache der Befreiungsgrenze nicht überschreitet. Diese liegt bei 10 Bq/kg für ^{226}Ra ; sie ist im Rahmen der Revision der StSV von vormals 40 Bq/kg um das Vierfache gesenkt worden. Das Ablagerungsverfahren für inerte Abfälle musste in der Folge ebenfalls angepasst werden. Abfälle, deren Kontamination die genannten Werte übersteigt, werden unter Aufsicht des BAG in das Bundeszwischenlager in Würenlingen befördert.



*Figure 3:
Triage der radiumkontaminierten Abfälle bei den Aushubarbeiten in der ehemaligen Deponie Lischenweg.*

Überwachung von Deponien und anderen kontaminierten Standorten

2018 hat das BAG in Zusammenarbeit mit dem BAFU eine Strategie erarbeitet, um aus dem Kataster der belasteten Standorte diejenigen ehemaligen Deponien herauszufiltern, die potenziell mit ^{226}Ra kontaminierte Abfälle enthalten könnten. Die so ausgewählten Deponien werden gemäss dem potenziellen Risiko bei Aushubarbeiten für Arbeiter und Umwelt klassifiziert. Das Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung ist minimal, solange eine solche alte Deponie geschlossen bleibt. Es werden dem Risikograd entsprechende Schutzmassnahmen wie die systematische Sortierung von Aushubmaterial definiert. Die Strategie wird den betroffenen Kantonen im Laufe des Jahres 2019 vorgestellt, darauf wird die Veröffentlichung eines Abschlussberichts folgen. Die radiologische Überwachung von Altdeponien ist langfristig und wird in die Grundaufgaben des BAG mit einbezogen.

Danksagung

Christophe Murith, Leiter des Radium-Aktionsplans 2015-2019, ging im November 2018 in den Ruhestand. Er war der Initiator des Aktionsplans, der 2014, nach der Veröffentlichung von Adressen ehemaliger Setzateliers für Radiumleuchtfarben in den Medien, ins Leben gerufen wurde. Wir danken ihm für sein Engagement, das es ermöglicht hat, die Ziele des Aktionsplans zu erreichen und sogar zu übertreffen, und wünschen ihm für die Zukunft alles Gute. Martha Palacios, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Strahlenschutz, hat die Rolle der für den Aktionsplan verantwortlichen Person übernommen.

