

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: - (1993)

Rubrik: Industrien und Spitäler

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: 15.02.2026

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

5. INDUSTRIEN UND SPITÄLER

5.1. VERARBEITUNG RADIOAKTIVER STOFFE IN INDUSTRIEBETRIEBEN UND ABGABEN AN DIE UMWELT

R. Grunder und Th. Lauffenburger

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Abteilung Arbeitssicherheit
Sektion Physik, Fluhmattstr. 1, 6002 LUZERN

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

Produktionsbetriebe (Total 4 Betriebe)

Radioaktiven Stoffe werden benötigt für die Produktion von:

- Leuchtfarbe (H-3, C-14, Pm-147)
- Tritiumgaslichtquellen (H-3)
- Ionisationsrauchmelder (Am-241)
- Ueberspannungsableiter (H-3, Pm-147)
- Neutronengeneratoren (H-3)

Leuchtfarbenbetriebe (Total 14 Betriebe)

Die Tritiumleuchtfarbe wird manuell oder maschinell auf Zeigern und Zifferblättern von Uhren oder Instrumenten aufgetragen.

Forschungsbetriebe (Total 59 Betriebe)

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

Medizinisch analytische Laboratorien (Total 57 Betriebe)

Für Hormonbestimmungen werden sogenannte Radioimmunoassay Kits (Ria-Kits) mit I-125 und gelegentlich mit Co-57 Markierungen eingesetzt.

Einkauf radioaktiver Stoffe 1991-1993:

1)					
Jahres	Isotopen	1993	1992	1991	PBq
Produktionsbetriebe	H-3	6.81	17	13	PBq
	C-14	1.54	3.9	0.74	TBq
	Pm-147	57.92	0.13	42	TBq
	Am-241	53.58	22	29	GBq
Leuchtfarbenbetriebe	H-3	0.70	1.3	0.97	PBq
Forschungsbetriebe	H-3	1.33	6.1	10.4	TBq
	C-14	576.58	590	330	GBq
	P-32	85.20	110	110	GBq
	S-35	71.95	62	60	GBq
	Ca-45	1.70	1.8	1.5	GBq
	Cr-51	40.52	32	36	GBq
	I-125	55.01	170	176	GBq
Analytische Laboratorien	H-3	17.43	38		MBq
	Co-57	110.48	140	150	MBq
	I-125	3.67	4.5	5.0	GBq

Im Berichtsjahr 1993 haben alle Betriebe, auch die in der Tabelle 1 aufgeführten Produktionsbetriebe, die Abgabelimiten eingehalten.

Bemerkungen zu den Tabellen und Figuren:

Die Abgaben an die Umwelt der drei Betriebe mit dem grössten Tritium-Umsatz sind auf Tabelle 1 zusammengestellt (Jahreswerte); Detailangaben über das Berichtsjahr 1993 finden sich auf der Tabelle 2, zusammen mit den Tritium-Messungen der SUVA in der Umgebung der Firma Radium-Chemie Teufen/AR. Dieselben Daten sind auf den Fig. 1 bis 4 auch graphisch dargestellt. Die Lage der Probenahmestellen in Teufen sind aus der Fig. 3a zu entnehmen. Die Emissionsmessungen werden durch den Betrieb durchgeführt und durch Kontrollmessungen der SUVA überprüft. Die Messungen in der Umgebung werden von der SUVA gemacht. Auf Fig. 5 ist ein Überblick über die durch die Setzateliers insgesamt jährlich verarbeiteten Tritium-Mengen (wovon 40 Prozent in den Ateliers von La Chaux-de-Fonds) zusammengestellt, ergänzt durch den geschätzten jährlichen Tritium-Abfluss aus der Kläranlage von La Chaux-

1) MBq = Mega-Becquerel = 10^6 Bq
 GBq = Giga-Becquerel = 10^9 Bq
 TBq = Tera-Becquerel = 10^{12} Bq
 PBq = Peta-Becquerel = 10^{15} Bq

de-Fonds (Messung EAWAG) bzw. im Doubs bei St-Ursanne (Messung SUER). Das Tritium im Abwasser der Kläranlage stammt von den Tritium-Abgaben der Betriebe in das Abwassersystem, sowie von den Abwässern der Neutralisationsanlage (STEN) für die Aufbereitung von Lösungsmitteln und von der Kehrlichtverbrennungsanlage (vor allem von der Rauchgaswaschanlage) von La Chaux-de-Fonds. Tritium gelangt aus den Setzateliers aber auch direkt in die Luft, wovon ein Teil mit den Niederschlägen wieder in die Oberflächengewässer ausgewaschen wird. Deshalb sind die Tritium-Abflüsse über den Doubs grösser als jene aus der Kläranlage.

Tabelle 1

Jahresabgaben in GBq/Jahr aus Betrieben

Jahr	MB Microtec AG Niederwangen / BE			Radium-Chemie AG Teufen / AR			Cerberus AG Volketswil / ZH		
	Abwasser Tritium	Abluft Tritium		Abwasser Tritium	Abluft Tritium		Abwasser Tritium	Am-241	Abluft Tritium
		Total	davon HTO		Total	davon HTO			
1979	74	<111'000	< 1'500	19.0	--	--	--		--
1980	31	--	--	13.0	--	--	--		--
1981	15	--	--	10.4	--	--	--		--
1982	11	140'000	10'600	11.3	9'600	7'000	--		--
1983	15	123'000	20'700	11.8	8'700	7'400	--		--
1984	19	207'000	18'700	17.8	11'800	10'300	68.5	<0.6•10 ⁻³	700
1985	9	241'000	30'000	11.8	11'000	9'600	9.0	<0.6•10 ⁻³	1'400
1986	14	166'000	26'500	14.4	10'700	9'400	7.8	<0.9•10 ⁻³	400
1987	8	78'000	32'000	13.0	14'000	12'400	4.3	<0.9•10 ⁻³	500
1988	16	116'000	28'000	15.4	16'200	15'000	9.6	<3.8•10 ⁻³	1'400
1989	12	83'000	26'500	15.6	13'700	11'800	6.2	<5.6•10 ⁻³	1'200
1990	11	103'000	24'100	14.7	14'200	12'300	8.8	<3.9•10 ⁻³	600
1991	11	96'000	21'300	12.4	14'000	12'100	2.4	<4.6•10 ⁻³	300
1992	12	73'000	21'100	14.3	14'300	12'400	16.5	4.0•10 ⁻³	210
1993	5	62'500	16'700	12.2	14'500	11'300	0.97	4.9•10 ⁻³	200
Abgabelimi- ten in GBq pro Woche pro Jahr	0.7 ¹⁾²⁾ (≈ 36)	HT Gas 37'000 ¹⁾ 370'000 ¹⁾	HT Wasserdampf 3'700 ¹⁾ 37'000 ¹⁾	1.9 ¹⁾³⁾ (≈ 100)	HT Gas 3'700 ¹⁾ 37'000 ¹⁾	HTO Wasserdampf 1'850 ¹⁾ 18'500 ¹⁾	3.7 ⁴⁾ (≈ 190)	0.0037 ⁴⁾ (≈ 0.20)	200 ⁴⁾ 3'700 ⁴⁾

-- = keine Abgabe

1) Gültig seit 1984

2) Wochenlimite für C-14 = 0.15 GBq

3) Wochenlimite für C-14 = 0.4 GBq

4) Gültig seit 1988

Tabelle 2

Aktivitätsabgaben an die Umwelt, 1993

	mb-microtec AG 3127 Niederwangen			Radium-Chemie AG 9053 Teufen			Cerberus AG 8604 Volketswil		
	Abwasser H-3 GBq	Abluft HTO TBq	Abluft Total TBq	Abwasser H-3 GBq	Abluft Total TBq	Abluft Gesamt TBq	Abwasser H-3 GBq	Abwasser Am-241 MBq	Abluft HTO GBq
Januar	0.53	2.3	9.3	0.88	0.78	1.0	0.06	0.46	15.7
Februar	0.44	1.4	4.0	1.23	0.83	1.1	0.07	0.35	11.4
März	0.43	2.0	6.5	0.33	1.02	1.3	0.04	0.40	8.7
April	0.31	1.1	4.5	1.40	1.34	1.7	0.16	0.40	32.3
Mai	0.28	1.7	4.8	0.39	1.44	1.9	0.04	0.61	14.9
Juni	0.54	1.7	6.6	1.89	1.02	1.3	0.08	0.50	17.0
Juli	0.72	1.3	5.2	1.54	0.92	1.2	0.07	0.49	16.0
August	0.33	0.8	2.8	0.75	0.97	1.2	0.04	0.29	18.8
September	0.47	1.2	5.3	1.76	0.93	1.2	0.13	0.29	10.0
Oktober	0.48	0.8	3.9	0.70	0.83	1.1	0.16	0.63	19.2
November	0.28	1.1	4.4	0.92	0.50	0.6	0.06	0.28	13.3
Dezember	0.21	1.6	5.2	0.37	0.73	0.9	0.05	0.18	21.1
Total	5.02	16.7	62.5	12.20	11.30	14.5	0.97	4.90	198.4

Tritiumkonzentration im Wasserproben, Bq/l, 1993

Umgebung Radium Chemie AG 9053 Teufen						
Datum	Schacht	Einlauf Feuerweiher	Meteor alt	Meteor neu	Regenklärbecken	Bach
06.01.93	17000	--	1300	1500	23	160
31.03.93	330	1800	1400	2100	110	250
29.06.93	780	1800	700	440	14	120
30.09.93	2700	2100	780	560	37	190
Mittelwert	5100	1900	1000	1200	46	180

Fig. 1: Tritium-Abgaben der mb-microtec AG in Niederwangen/BE

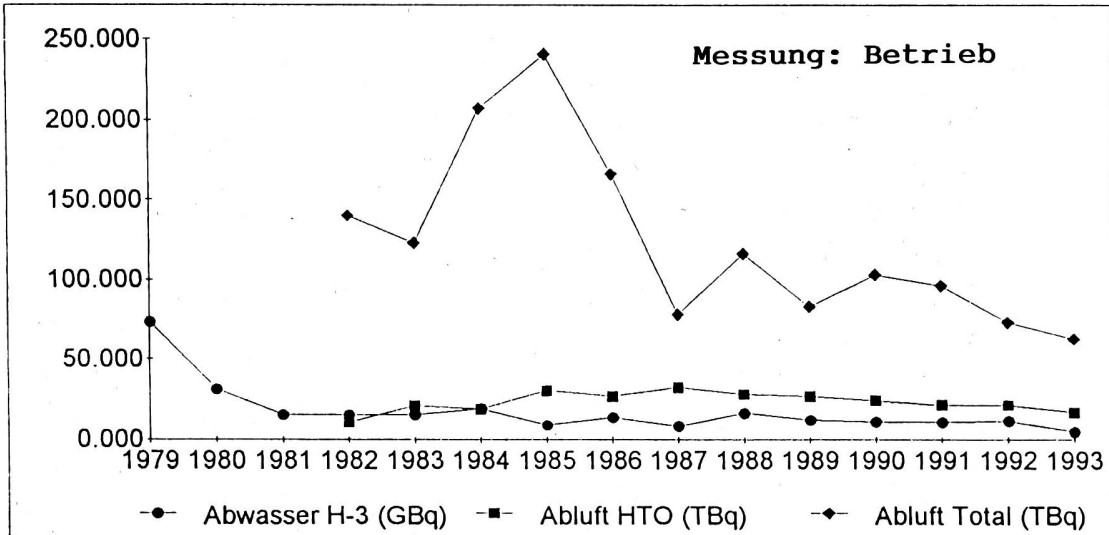


Fig. 2: Tritium-Abgaben von Radium-Chemie. AG in Teufen/AR

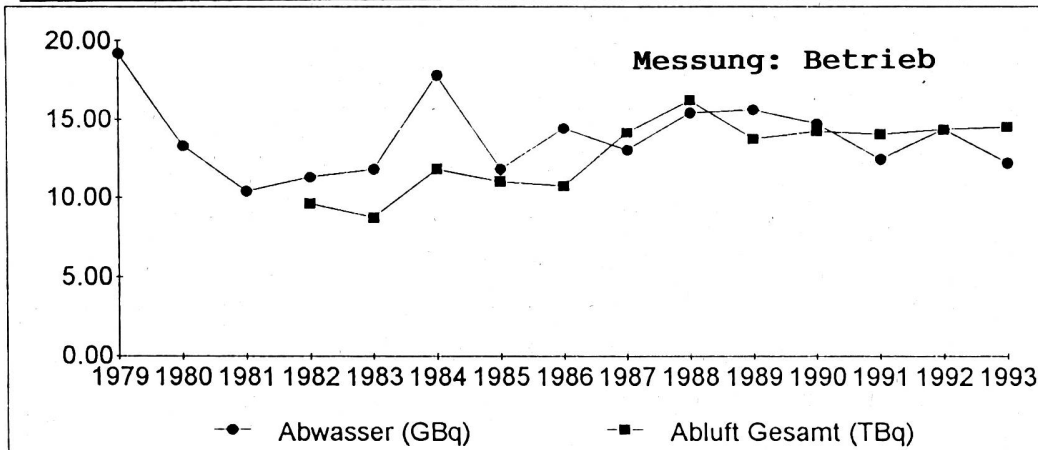


Fig. 3: Tritium-Messungen in der Umgebung von Radium-Chemie AG

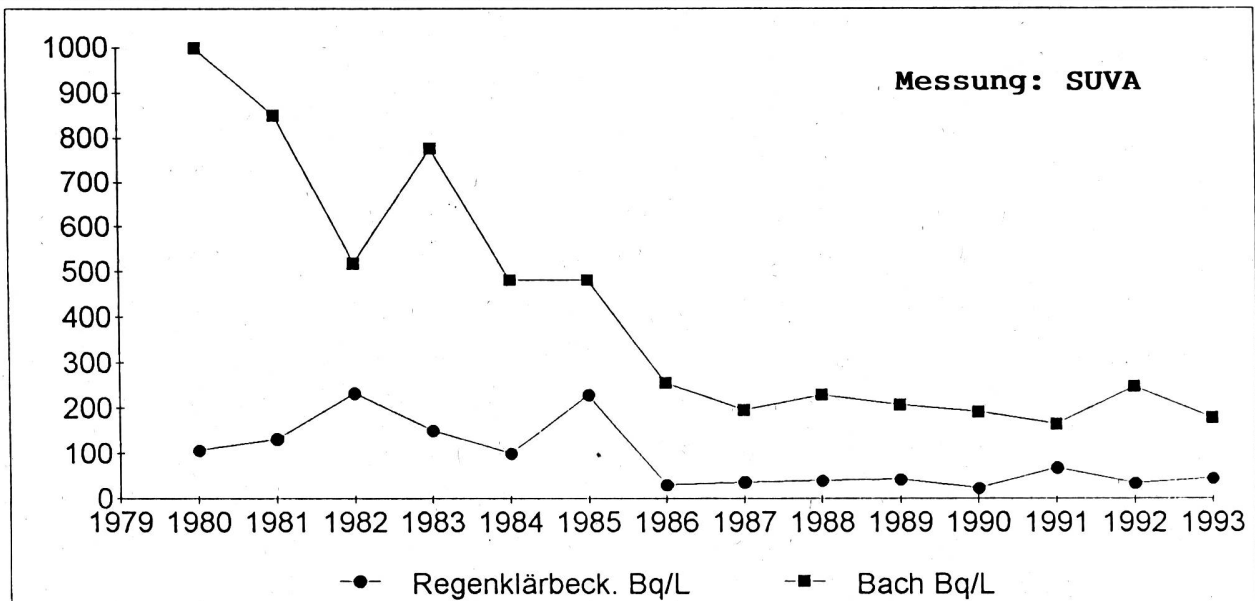


Fig. 3a: Probenahmestelle Umgebung Radium-Chemie AG

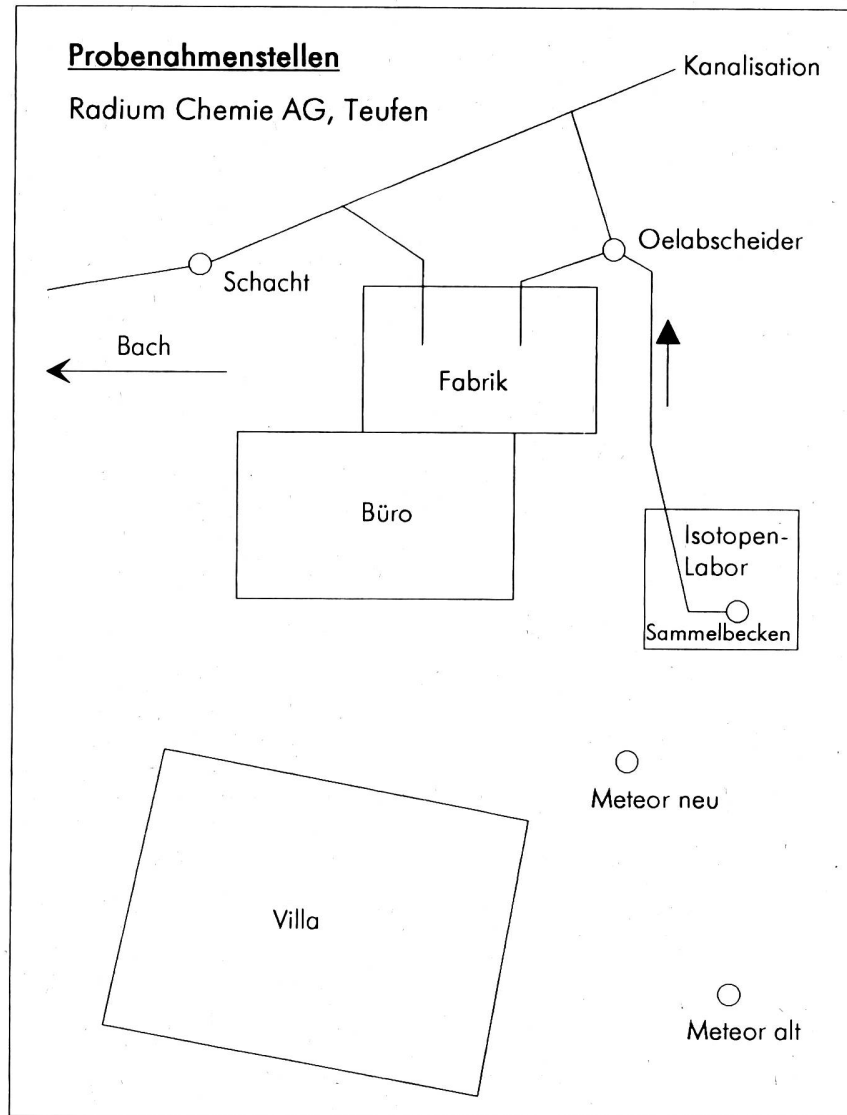
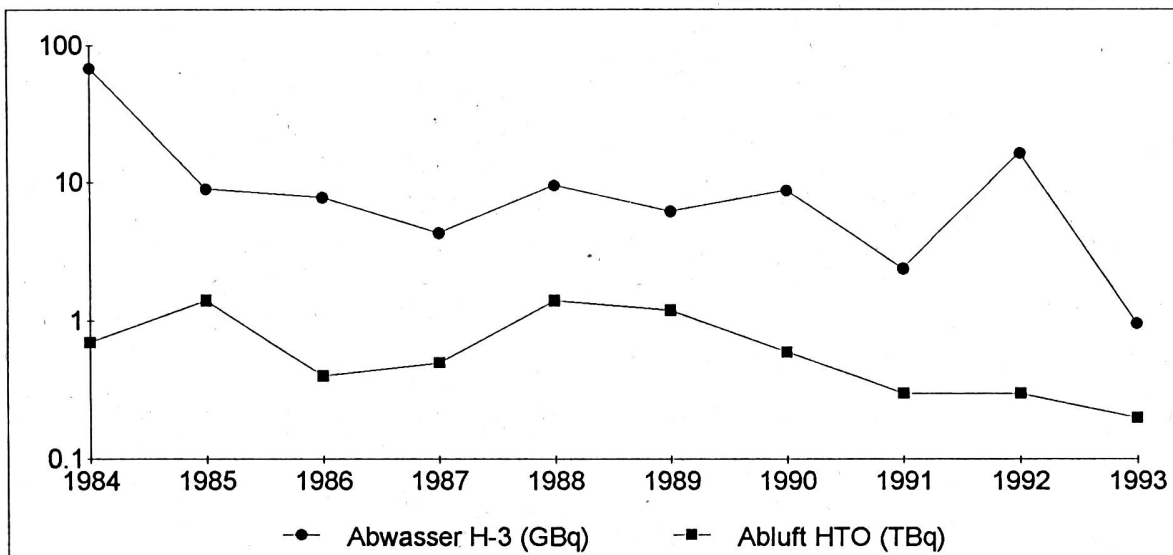
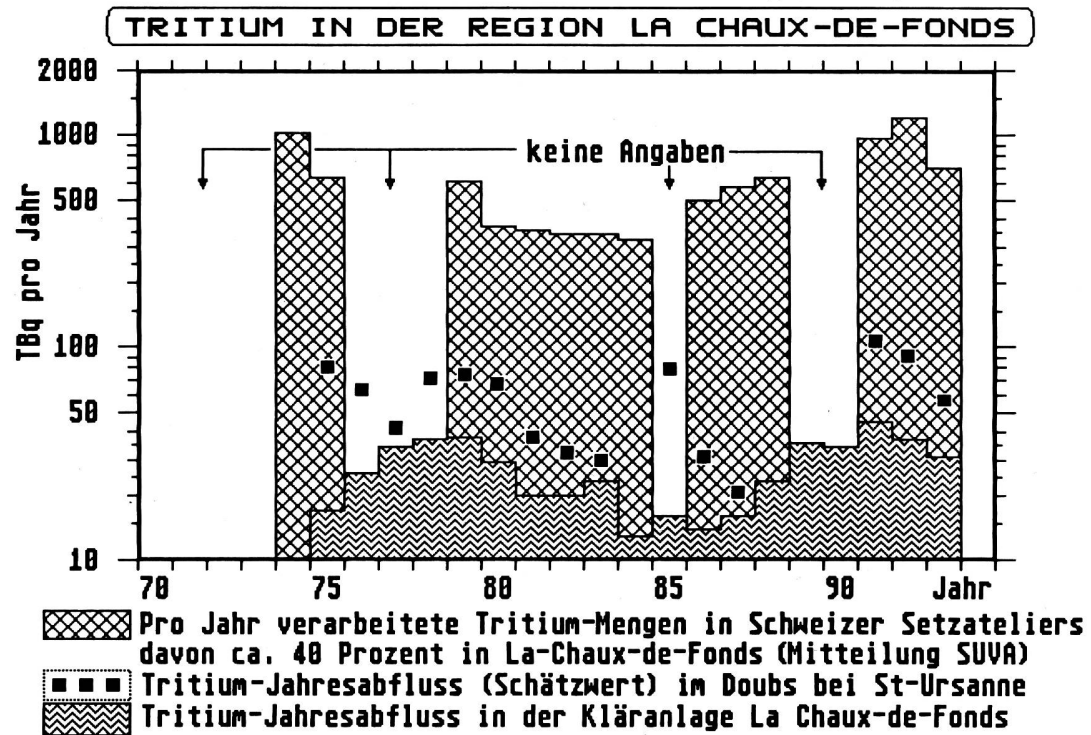


Fig. 4: Radioaktivitätsabgaben von Cerberus/AG in Volketswil/ZH



Figur 5



5.2. ABGABE VON RADIONUKLIDEN AUS SPITÄLERN AN DAS ABWASSER

E. Elmer ¹⁾, P. Haag ¹⁾, R. Linder ¹⁾ und H. Völkle ²⁾, Abteilung Strahlenschutz, BAG

¹⁾ Sektion Betriebskontrollen, 3001 BERN

²⁾ Sektion Überwachung der Radioaktivität, Chemin du Musée 3, 1700 FRIBOURG

Zusammenfassung

In diesem Kapitel sind die Radioaktivitätsabgaben (Jod-131) aus Spitälern über das Abwasser zusammengestellt. Damit lassen sich die Messungen am Ausfluss von Kläranlagen interpretieren. Für Bern beispielsweise, wo häufig Jod am Ausfluss der Kläranlage festgestellt wird, ergab sich, dass nur ein kleiner Teil davon direkt aus den kontrollierten Abgaben des Inselspitals stammt, während der grössere Anteil von den ambulant behandelten Patienten stammt. Radiologisch sind diese Aktivitäten allerdings unbedeutend.

5.2.1. Anwendung von Radionukliden am Menschen

In der Nuklearmedizin werden für Diagnostik und Therapie radioaktive Stoffe in offener Form am Menschen appliziert, die zum Teil im Körper zerfallen, zum Teil über Urin und Stuhl wieder ausgeschieden werden. In der Regel handelt es sich um Radionuklide mit sehr kurzen Halbwertszeiten im Bereich von Minuten bis einigen Tagen, wie z.B. Technetium-99m (HWZ = 6 Std), Yttrium-90 (64 Std), Thallium-201 (74 Std), Jod-125 (60 Tage) etc. Aus der Sicht des Strahlenschutzes das dominierende ist jedoch Jod-131 mit einer physikalischen Halbwertszeit von 8 Tagen. In den Schweizer Spitälern wurden 1993 insgesamt rund 1600 GBq (≈ 43 Ci) Jod-131 an Patienten appliziert (hiervon 21 Prozent in Züricher Spitälern und 26 Prozent im Berner Inselspital), davon etwa 150 GBq (≈ 4.1 Ci) an ambulanten Patienten.

Bei Spitälern, in denen insbesondere Jod-131 zur stationären Behandlung von Patienten mit Schilddrüsenerkrankungen verwendet wird, verlangt die Aufsichtsbehörde eine kontrollierte Abgabe der Abwässer aus den Therapie-Patientenzimmern über eine Abwasser-Abklinganlage. Das Jod-131 wird in der Regel oral verabreicht und zum grössten Teil wieder ausgeschieden. Während bei niedrigen Aktivitäten die Behandlung meist ambulant erfolgt, ist der Patient bei Aktivitätsmengen über 0.19 GBq (≈ 5 mCi) während mindestens 48 Stunden in speziellen Patientenzimmern zu stationieren. Die Exkrete der Patienten gelangen über separat eingerichtete Toiletten in die Abklinganlage und werden dort solange zurückgehalten, bis deren Aktivität weitgehend abgeklungen ist. Die Aufsichtsbehörde hat für jedes Spital individuell im Bewilligungsverfahren eine maximale wöchentliche Abgaberate festgelegt. Die Entnahme von Abwasserproben vor einer Entleerung in die öffentliche Kanalisation ermöglichen die Erstellung einer Abwasser-Abgabebilanz. Kliniken, die über keine solche Abwasserkontrollanlage verfügen, dürfen somit höchstens 0.19 GBq Jod-131 an (ambulanten bzw. stationären) Patienten applizieren.

Jod-131-Abgaben aus den Spitälern mit Abwasserkontrollanlagen (1993) in GBq

(Angaben: Sektion Betriebskontrollen, BAG)

Ort	Baden	Basel	Bellin- zona	Bern	Chur	Genf	Lau- sanne	Münster- lingen	Schaff- hausen	Sitten	Solo- thurn	St. Gallen	Winter- thur	Zürich	Zürich
Spital	Kantons spital	Kantons spital	Hosp. S. Giovanni	Insel- spital	Kantons spital	Hopital Cant.	CHUV 1)	Kantons spital	Kantons spital	Hopital Cant.	Kantons spital	Kantons spital	Kantons spital	USZ 2)	Triemli- spital
Jan.	0.000	0.19	0.000	0.566	≤ 0.060	0.000	0.022	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	≤ 0.06	0.000	1.177
Feb.	0.003	0.30	0.000	0.340	≤ 0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	≤ 0.06	0.046	1.258
März	0.000	0.85	0.000	0.907	≤ 0.060	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	≤ 0.06	0.014	0.300
April	0.006	0.28	0.000	0.000	≤ 0.074	0.010	0.004	0.000	0.000	0.003	0.000	0.015	≤ 0.06	0.035	0.226
Mai	0.014	1.55	0.000	0.244	≤ 0.060	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	≤ 0.06	0.004	0.255
Juni	0.001	0.39	0.000	0.037	≤ 0.074	0.060	0.011	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	≤ 0.06	0.030	0.514
Juli	0.015	0.28	0.000	0.000	≤ 0.074	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	≤ 0.06	0.056	0.244
Aug.	0.000	1.12	0.000	0.000	≤ 0.060	0.079	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	≤ 0.06	0.013	0.241
Sept.	0.007	0.82	0.000	0.111	≤ 0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	≤ 0.06	0.017	0.259
Okt.	0.003	1.52	0.001	0.074	≤ 0.060	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	≤ 0.06	0.000	0.474
Nov.	0.000	0.75	0.000	0.074	≤ 0.060	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	≤ 0.06	1.817	0.241
Dez.	0.000	0.68	0.000	0.000	≤ 0.074	0.024	0.003	0.000	0.000	0.016	0.000	0.160	≤ 0.06	0.190	0.241
Total	0.050	8.73	0.001	2.353	≤ 0.770	0.220	0.061	0.000	0.000	0.043	0.008	0.190	≤ 2.9	2.220	5.430

Von den Spitälern 1993 gesamthaft an Patienten applizierte Jod-131-Mengen in GBq ³⁾

(Angaben: Sektion Betriebskontrollen, BAG)

am- bulant	3.250	0.037	1.110	40.225	14.319	9.361	0.000	14.840	0.233	0.000	1.480	4.064	1.591	0.68	13.793
stationär	102.100	285.548	48.285	379.770	37.407	180.190	92.470	31.813	0.562	15.403	22.680	149.111	65.046	122.8	193.828
Total	105.350	285.585	49.395	419.995	51.726	189.551	92.470	46.653	0.795	15.403	24.160	153.175	66.637	123.52	207.621

1) Centre Hospitalier Universitaire Vaudois

2) Universitätsspital Zürich

3) 13 weitere Spitäler, Kliniken und Arztpraxen verfügen über keine Abwasserkontrollanlagen; sie dürfen daher nur ambulante oder stationäre Patienten mit höchstens je 0.19 GBq behandeln. 1993 wurden folgende Jod-131-Mengen verwendet: Ambulante Patienten: 46.206 GBq, stationäre Patienten: 3.772 GBq; Total: 49.978 GBq.

5.2.2. Überwachung der Kläranlagen auf Jod-131

Die Jod-131-Abgaben der mit einer Abkling- und Kontrollanlage ausgerüsteten Spitäler sind auf der Tabelle (Seite B.5.2.2) zusammengestellt. Damit kann ein Vergleich mit den wöchentlichen Jod-131-Messungen am Ausfluss der betreffenden Kläranlagen gemacht werden. Die Kläranlagen von Zürich, Bern, Basel und Lausanne werden seit Jahren anhand von wöchentlichen Abwassersammelproben auf Jod-131 überwacht. Mit Ausnahme von Bern, das im folgenden Abschnitt behandelt wird, ergeben die Messungen meist Werte unter der Nachweisgrenze: Zürich: ≤ 0.8 Bq/L, Basel: 0.1 bis 1.4 Bq/L und Lausanne ≤ 0.5 Bq/L. Daraus lässt sich unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit schliessen, dass die von den betreffenden Spitälern gemeldeten Jod-131-Abgabebilanzen korrekt sind und die bewilligten Abgaberraten nicht überschritten wurden.

5.2.3. Kläranlage Bern und Jod-131-Abgaben des Berner Inselspitals

Im Abwasser der Kläranlage von Bern wurden 1992 in den wöchentlichen Sammelproben typische Jod-131-Konzentrationen zwischen 1 und 2 Bq/L gemessen. Der höchste im Jahr 1993 registrierte Wert war 4.3 Bq/L. Spitzenwerte, wie sie sporadisch in den früheren Jahren auftraten wurden nicht mehr festgestellt. Aus diesen Überwachungsmessungen von 1993 lässt sich ein Jahresabfluss von Jod-131 über die Kanalisation von Bern von rund 40 GBq berechnen. Radiologisch sind diese Aktivitäten allerdings unbedeutend, da die Abwässer der Kläranlage in die Aare eingeleitet und dort um rund einen Faktor 100 verdünnt werden. Die Strahlendosis einer Person, die täglich 2.2 Liter (unaufbereitetes) Aarewasser trinken würde, beträgt 0.0002 mSv pro Jahr.

Das Inselspital hat 1993 über die Abwasserkontrollanlage 2.4 GBq Jod-131 in die Kanalisation abgegeben ⁴⁾. Diese Jod-Aktivität stammt von den stationären Patienten des Inselspitals, an denen 1993 rund 380 GBq Jod-131 appliziert wurde. An ambulant behandelten Patienten des Inselspitals wurde 1993 total 40 GBq Jod-131 appliziert. Da diese Patienten nach der Behandlung nach Hause entlassen werden, kann deren Jod nicht in der Abklinganlage zurückbehalten werden und gelangt direkt in die Kanalisation. Der Jod-Abfluss in der Kläranlage Bern stammt somit zum grössten Teil von den ambulanten Jod-Patienten, während die kontrollierten Abgaben über die Abwasserkontrollanlage nur wenige Prozent davon ausmachen. Die im 1992er-Bericht erwähnte Diskrepanz ist somit geklärt und zusätzliche Überwachungsmaßnahmen erübrigen sich. Falls inskünftig wieder erhöhte Wochenwerte auftreten sollten, werden diese unverzüglich dem Inselspital gemeldet, sodass dort Abklärungen über deren Ursache durchgeführt werden können.

4) Zur Überprüfung der Messtechnik bei der Abwasserüberwachung im Inselspital wurden 1993 während 14 Wochen Parallelmessungen an Abwasserproben zwischen dem Labor des Inselspitals und der SUER (BAG) durchgeführt. Sie ergaben innerhalb der Messgenauigkeit eine genügende Übereinstimmung.

5.3. UMGEBUNG VON INDUSTRIEBETRIEBEN UND KLÄRANLAGEN

H.Surbeck und G.Ferreri Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUeR)
Bundesamt für Gesundheitswesen, ch. du Musée 3,
1700 Fribourg

5.3.1 Zusammenfassung

1993 wurden wie in früheren Jahren erhebliche Mengen Tritium durch die mb-microtec in Niederwangen in die Luft abgelassen. Dies zeigt sich deutlich sowohl in den Niederschlägen als auch in der Luftfeuchte in der Umgebung des Betriebes.

Im geklärten Abwasser der ARA Bern konnte wie schon in vorhergehenden Jahren ^{131}I häufig nachgewiesen werden. Die Limite für öffentliche Gewässer gemäss Art. 107 der SSVÖ wurde 1993 aber nicht überschritten.

Als guter, allerdings nur qualitativer Indikator für erhöhte Aktivität im Abwasser hat sich Klärschlamm erwiesen. ^{131}I konnte in mehreren Proben aus der ganzen Schweiz wie in früheren Jahren problemlos gemessen werden.

5.3.2. Messprogramm und Methodik

Da sich sowohl am Messprogramm als auch bei der Methodik keine wesentlichen Änderungen ergeben haben, wird dafür auf den Jahresbericht 1992 verwiesen.

5.3.3 Resultate

Umgebung von Industriebetrieben

a) Niederwangen/BE: Tritium im Regen

Figur 1 zeigt die Tritium-Konzentrationen im Regen an den 4 Stationen um die mb-microtec und die Niederschlagsmenge bei der Station 320m NE mb-microtec. Gemäss Strahlenschutzverordnung Art. 107 beträgt der Richtwert für Tritium in öffentlich zugänglichen Gewässern 12'000 Bq/Liter ($C_w/300$).

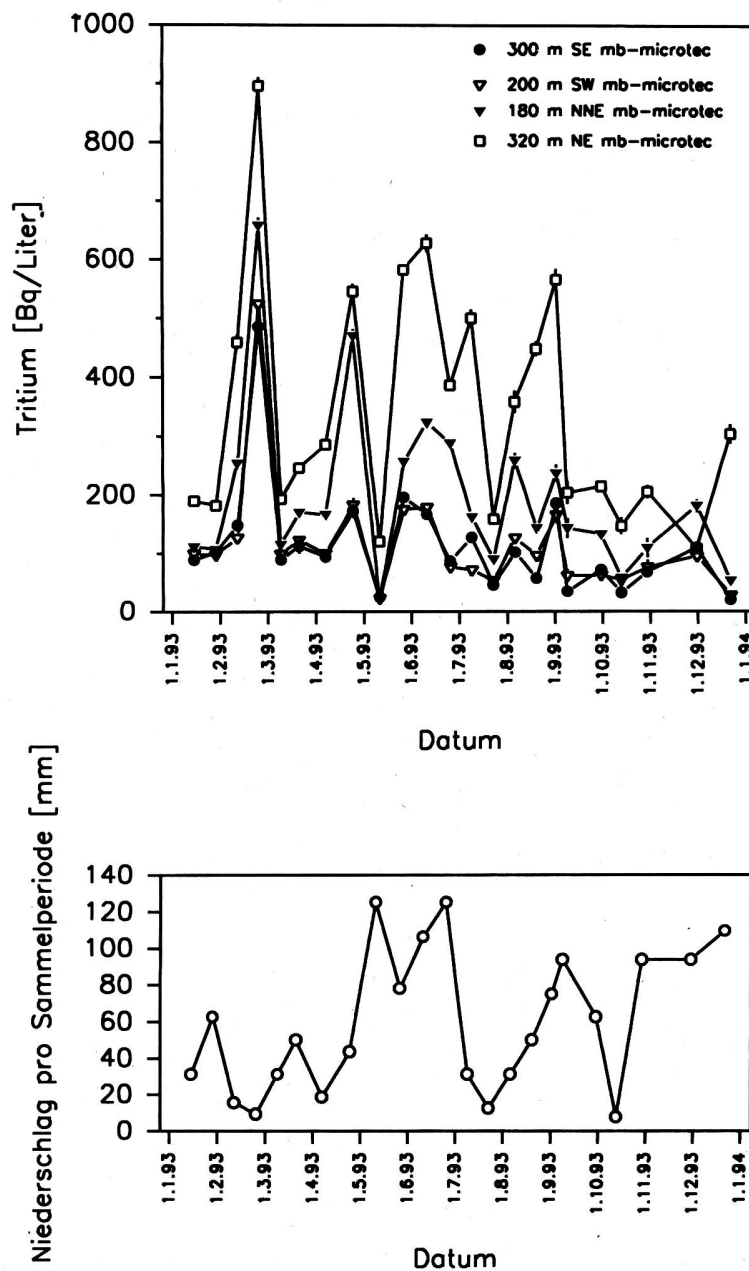


Fig. 1 : Tritium im Regen in der Umgebung der mb-microtec in Niederwangen/BE.

b) Niederwangen/BE: Tritium in der Luftfeuchtigkeit

Am Probenahmeort 320 m NE der mb-microtec wird zusätzlich die Tritiumkonzentrationen in der Luftfeuchtigkeit gemessen (zweiwöchige Sammelprobe). Der zeitliche Verlauf ist in Fig.2 zu sehen ($C_a/300$: Richtwert nach Strahlenschutzverordnung für die Tritiumkonzentration in der Luft für öffentlich zugängliche Orte).

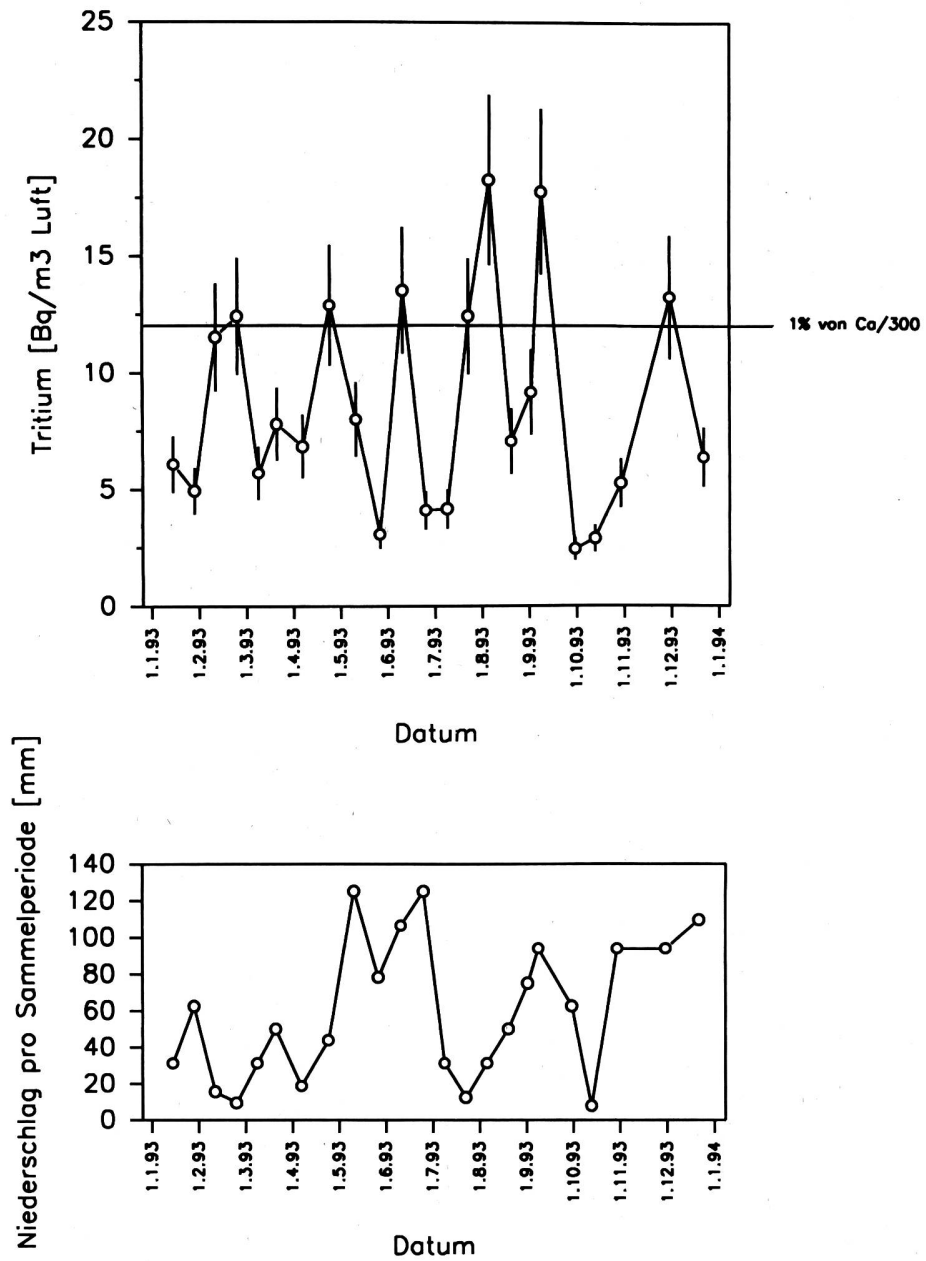


Fig. 2 : Tritium in der Luftfeuchtigkeit 320 m NE mb-microtec, Niederwangen/BE.

Kläranlagen

a) Klärschlamm

Alle Werte in Bq/kg frisch, bezogen auf das Probenahmedatum (vgl. auch Kap. 3.5.).

Ort	Probenahmedatum	^{40}K	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
Bern-Neubrück	08.03.93	8 ± 3	1.8 ± 0.2	< 0.2	< 0.5
Morges	04.03.93	22 ± 2	1.0 ± 0.2	< 0.2	0.5
Münsterlingen	08.03.93	13 ± 3	0.5 ± 0.2	0.2 ± 0.2	2.1 ± 1.2
Lugano / Muzzano	08.03.93	24 ± 2	4.3 ± 0.3	< 0.2	4.9 ± 6

b) Abwasser der Kläranlagen

Mit der Überwachung der Kläranlagen-Abwässer ist mindestens zum Teil eine Überwachung der Abgaben der Spitäler möglich. ^{131}I kann aber ausser direkt aus den Abklingtanks der Spitäler auch über den Urin der ambulant behandelten Patienten ins Abwasser gelangen.

Im Abwasser der ARA Bern ist häufig ^{131}I nachweisbar (Fig.3). Typische Werte sind 1 bis 2 Bq/Liter in den Wochensammelproben, entsprechend ca. 10^9 Bq (~30 mCi) pro Woche. Der höchste 1993 gemessene Wert betrug (4.3 ± 0.4) Bq ^{131}I /Liter. Der Richtwert von 7.4 Bq/Liter nach Strahlenschutzverordnung Art. 107 für öffentlich zugängliche Gewässer wurde damit im Gegensatz zum Vorjahr nicht erreicht.

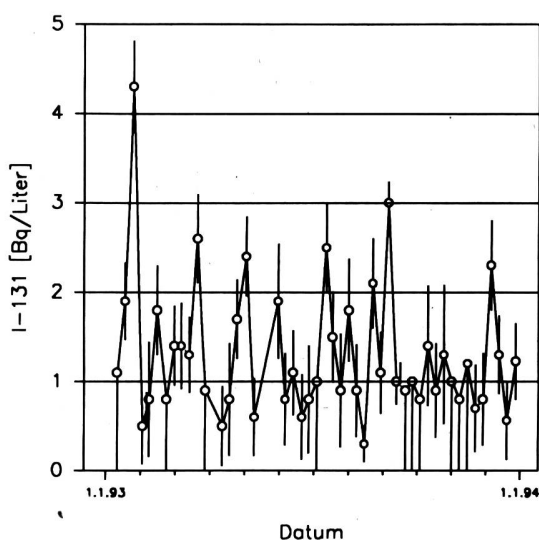


Fig. 3:

^{131}I Aktivitätskonzentration im geklärten Abwasser der Kläranlage Bern-Neubrück.

Im Abwasser der 1993 ebenfalls von uns überwachten ARA Fribourg konnte nie ^{131}I nachgewiesen werden (< 1 Bq/Liter).

5.4. WEITERE MESSUNGEN IN KLÄRANLAGEN UND IN DER UMGEBUNG TRITIUM-VERARBEITENDER BETRIEBE

Cl. Bajo ¹⁾, J. Beer ²⁾, V. Figueiredo ³⁾, J.-J. Geering ⁴⁾, H. Surbeck ⁵⁾, U. Vögeli ⁶⁾, H. Völkle ⁵⁾

- 1) Kantonales Laboratorium Aargau, Kunsthausweg 24, 5000 AARAU
- 2) Abteilung Umweltphysik, EAWAG, Postfach, 8600 Dübendorf
- 3) Kantonales Laboratorium Basel-Stadt, Kannenfeldstr. 2, 4012 BASEL
- 4) Institut de Radiophysique appliquée, Centre Universitaire, 1015 LAUSANNE
- 5) Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER)
Bundesamt für Gesundheitswesen, ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG
- 6) Kantonales Laboratorium Bern, Muesmattstr. 19, 3000 BERN 9

5.4.1. Überwachung der Kläranlagen von Zürich, Basel-Stadt und Lausanne

Die wöchentlichen Sammelproben von Abwasser aus der Kläranlage von **Zürich** werden durch die EAWAG untersucht. Die Messungen ergaben für Tritium durchwegs Werte unter 0.2 Bq/L und für Jod-131 weniger als 0.8 Bq/L. Andere künstliche Radionuklide waren nicht nachweisbar.

Die Wochensammelproben der Kläranlage **Basel-Stadt** werden vom kantonalen Labor Basel-Stadt gemessen (*siehe Fig. 1*). Für 1993 ergaben die Tritium-Messungen, mit Ausnahme von drei Spitzenwerten, immer weniger als 20 Bq/L (im Mittel 10 Bq/L). Spitzenwerte wurden in den Wochen 14, 19 und 36 festgestellt, mit Tritium-Werte von 137, 60 bzw. 36 Bq/L. Für Jod-131 ergaben sich Werte zwischen 0.1 und 1.4 Bq/L mit einem Jahresmittel von 0.4 ± 0.3 Bq/L. Andere künstliche Radionuklide konnten keine nachgewiesen werden, insbesondere lagen die Aktivitätswerte von Caesium-134 und Caesium-137 unter 0.05 Bq/L.

Die Wochensammelproben aus der Kläranlage **Lausanne** werden durch das Institut de Radiophysique Appliquée (IRA) gemessen. Vom 31.8. bis 17.10. konnten, wegen Unterhaltsarbeiten keine Proben zur Messung erhoben werden. In den übrigen Wochen lagen die Messwerte für die Radionuklide Caesium-134, Caesium-137 und Jod-131 unter der Messgrenze von 0.5 Bq/L.

5.4.2. Klärschlämme

Die 1993 auf Radioaktivität untersuchten Klärschlämme zeigten immer noch Spuren von Caesium-134 und -137 vom Reaktorunfall Tschernobyl sowie Jod-131, das aus medizinischen Anwendungen (Diagnose und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen) stammt:

Tabelle 1: Klärschlämme: Aktivitäten in Bq/kg Frischgewicht

Kanton bzw. Stelle	Anzahl	Messung Labor	Cs-134	Cs-137	J-131	Be-7 (natürlich)	K-40 (natürlich)
Kanton Aargau	23	KL-AG	0.2 - 0.5	0.3 - 6.5	0.2 - 7.9	10 - 62	4 - 22
Kanton Zürich	64	KL-ZH	0.2 - 0.9	0.5 - 11.0	0.2 - 7.0	3.5 - 84	4 - 40
Bern (Stadt)	1*)	SUER (BAG)	< 0.2	< 0.5	1.8 ± 0.2	---	8 ± 3
Morges/VD	1*)	SUER (BAG)	< 0.2	0.5 ± 0.2	1.0 ± 0.2	---	22 ± 2
Münsterlingen/TG	1*)	SUER (BAG)	0.2 ± 0.1	2.1 ± 0.3	0.5 ± 0.2	---	13 ± 3
Lugano-Muzzano	1*)	SUER (BAG)	< 0.2	4.9 ± 0.3	4.3 ± 0.3	---	24 ± 2

*) Probenahme durch die Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene FAC in Bern-Liebelfeld.

5.4.3. Tritiummessungen in der Umgebung von mb-Microtec AG in Niederwangen/BE

1993 wurden aus der Umgebung der Firma mb-Microtec in Niederwangen/BE, in Zusammenarbeit mit dem Kantonalen Laboratorium Bern, 20 Wasserproben, 8 Milch- und 10 Gemüseproben auf Tritium untersucht, um den Einfluss der Tritiumabgaben dieses Betriebes auf die Umwelt zu erfassen. Gemäss der gegenwärtig noch gültigen Strahlenschutzverordnung (SSVO vom Juni 1976) darf der Tritiumgehalt in öffentlich zugänglichen Gewässern durch Abgaben aus Betrieben um nicht mehr als 12'000 Bq/L erhöht werden. Dies würde bei täglichem Konsum von 2.2 Liter dieses Wassers zu einer jährlichen Dosis von 0.5 mSv führen. Der gleiche Richtwert wird auch gemäss der neuen Strahlenschutzverordnung (StSV vom 22.6.94) gelten, die demnächst in Kraft gesetzt wird. Zusätzlich wird in der Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe für Tritium in Lebensmitteln ein Toleranzwert von 1000 Bq/kg sowie ein Grenzwert von 10'000 Bq/kg festgelegt werden. Für Säuglingsnahrung wird ein Grenzwert von 3000 Bq/kg gelten.

Proben von **Oberflächengewässern** aus der Umgebung der Firma ergaben 1993 Tritiumwerte bis rund 30 Bq/L: Im Biotop beim Kinderspielplatz in Niederwangen wurde 29 Bq/L gemessen, im Stadtbach in der Nähe der Firma 15 - 25 Bq/L; mehrere kleine Bäche aus der näheren Umgebung bis in ca. 3 km Entfernung ergaben Werte zwischen 3 und 17 Bq/L. 6 Proben von **Brunnen** und **Grundwasserpumpwerken** aus Ober- und Niederwangen und dem angrenzenden Quartier der Gemeinde Bern ergaben Tritiumwerte zwischen 4 und 104 Bq/L. Das Trinkwasser aus dem Stadtzentrum von Bern ergab 6 Bq/L, in Übereinstimmung mit den dort von der Universität Bern regelmässig untersuchten Niederschlägen. Im Klärbecken der ARA Bern wurden 14 und in der Aare im Wohlensee bzw. bei Niederried 3.6 bzw. 3.1 Bq/L gemessen. Die Tritiumabgaben der Firma in Form von HTO-Wasserdampf erfolgen weitgehend über die Abluft und gelangen über die Niederschläge direkt in Oberflächen- und

Grundwasser und können damit von den dort wachsenden Pflanzen aufgenommen werden. Dagegen sind die Abgaben über das Abwasser deutlich kleiner; diese gelangen zudem über die Kanalisation direkt in die Kläranlage.

In **Milchproben** aus der näheren Umgebung (Ober- und Niederwangen) wurden Tritiumwerte zwischen 21 und 35 Bq/L gemessen. Referenzproben (TONI/Intermilch Bern und Molkerei Dürrenroth) ergaben 5.1 und 2.9 Bq/L. **Gemüseproben** (Salat, Krautstiele, Rhabarber, Kohlräbli etc.) aus Niederwangen zeigten im Wasser, das in den Pflanzen enthalten ist, Tritiumwerte zwischen 28 und 150 Bq/L ¹⁾. Eine Referenzprobe von einer weiter entfernten Stelle ergab 3.1 Bq/L.

Die 1993 in der Umgebung dieser Firma durchgeführten Tritium-Messungen von Niederschlägen (kontinuierliche Sammlung; Messung alle zwei Wochen), sowie von Stichproben bei Oberflächen- und Grundwässern und von Milch- und Gemüseproben, ergänzt durch die Ergebnisse der 1990 durchgeführten Urinmessungen bei Anwohnern der Firma, sind auf Fig. 2 graphisch dargestellt. Die Messwerte sind in Funktion des Abstandes zur Firma, unabhängig von der Richtung, aufgetragen. Sie zeigen, innerhalb eines relativ grossen Streubereiches, eine mit der Entfernung abnehmenden Tendenz. Da es sich um eine kontinuierliche Freisetzung von Tritium handelt, stellt sich in der Umgebung ein Gleichgewicht ein, d.h. man findet in Niederschlägen, Oberflächen- und Grundwasser, sowie in den Pflanzen (Gemüse, Gras → Milch) vergleichbare Tritiumaktivitäten. Auch der Tritium-Gehalt im Urin von in der Nähe wohnenden Personen zeigt ähnliche Werte.

Wer aus der Figur ersichtlich, führen die Tritiumabgaben der Firma über die Abluft somit in der Nahumgebung (bis in wenige km Entfernung) zu messbaren Erhöhungen der Tritiumkonzentration in Oberflächen- und Grundwasser, in Gemüse und Milch bis zu 150 Bq/L. Die Werte liegen jedoch deutlich unter den gültigen Richtwerten und führen bei der Bevölkerung in der Umgebung, wie frühere Untersuchungen zeigten, nur zu unbedeutenden Strahlendosen: 1990 wurden Urinproben von in der Nähe der Firma wohnenden Personen untersucht, um die Tritiumbelastung der Bevölkerung zu bestimmen. Es ergaben sich Werte bis 2000 Bq/L (entsprechend einer Jahresdosis von 0.04 mSv) wobei 70% der Werte zwischen 20 und 100 Bq/L lagen (entsprechend Jahresdosen zwischen 0.0004 bis 0.002 mSv). Die Tritiumwerte im Urin der Anwohner entsprechen somit der Grössenordnung nach den in der Umwelt festgestellten Konzentrationen.

¹⁾ Gemäss D.M. Hamby & L.R. Bauer: "The Vegetation-to-Air Concentration Ratio in a specific Activity Atmospheric Tritium Model" (Health Physics 66/3 (1994) p. 339-342) kann mit einem durchschnittlichen Tritium-Aktivitätsverhältnis im Pflanzenwasser (Bq/l) zur Luftfeuchte (Bq/l) an derselben Stelle von rund 0.5 gerechnet werden. Die in Pflanzen gemessenen Tritium-Werte von 30 bis 150 Bq/l würden somit einem Tritium-Gehalt in der Luftfeuchte von einigen Bq/m³ entsprechen, was mit den an einer Stelle kontinuierlich gemessenen Werten der Grössenordnung nach übereinstimmt.

Fig. 1a: J-131 im Abwasser der ARA Basel 1993 (± 0.2 Bq/l)

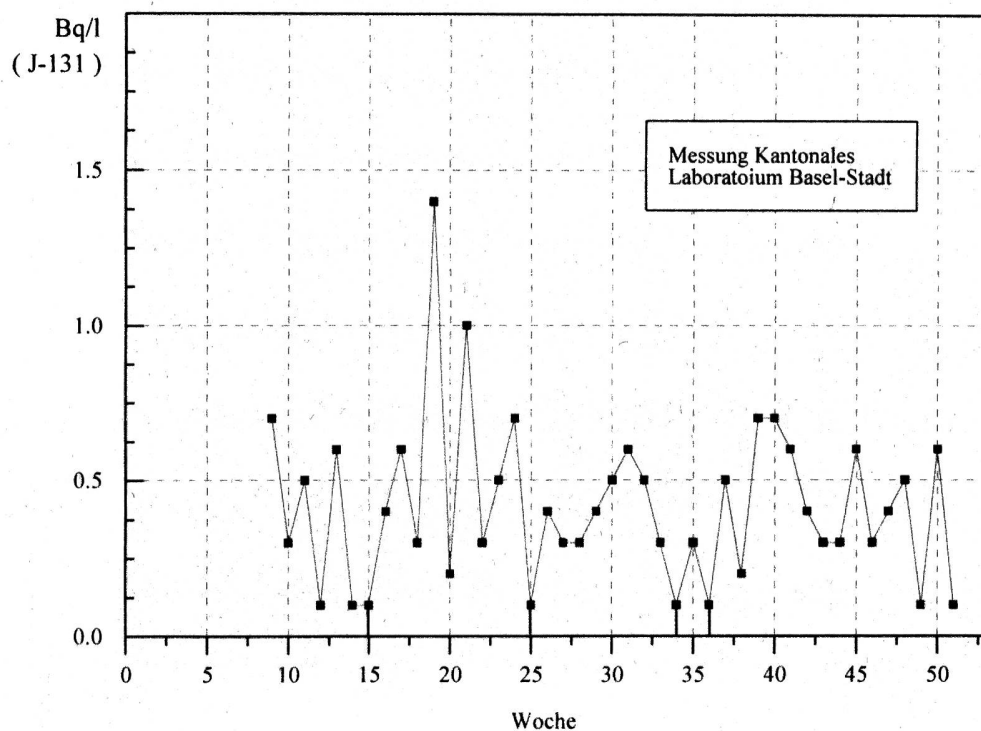
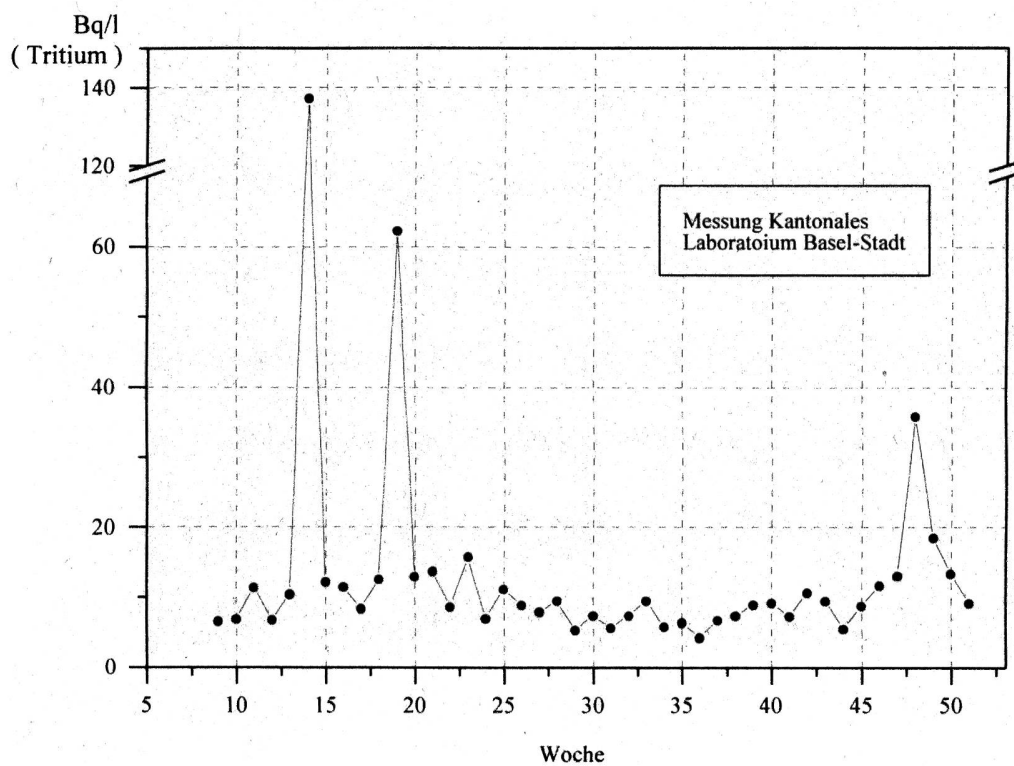


Fig. 1b: Tritium im Abwasser der ARA Basel 1993 (± 1 Bq/l)



Figur 2

Tritium in Proben aus der Umgebung eines Tritium-verarbeitenden Betriebes

