

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:	- (1996)
Rubrik:	Überwachung der Industrie

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>

9. Überwachung der Industrie

9.1. Emissionen der Betriebe

R. Grunder und Th. Lauffenburger

Suva

Abteilung Arbeitssicherheit

Bereich Physik, Fluhmattstr. 1, 6002 LUZERN

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:

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

Leuchtfarbenbetriebe (Total 16 Betriebe)

Die Tritiumleuchtfarbe wird manuell oder maschinell auf Zeigern und Zifferblättern von Uhren oder Instrumenten aufgetragen. Die drei Setzateliers in La Chaux-de-Fonds haben 1996 322 TBq Tritiumleuchtfarbe eingekauft bzw. verarbeitet.

Forschungsbetriebe (Total 66 Betriebe)

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

Medizinisch analytische Laboratorien (Total 51 Betriebe)

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

Einkauf radioaktiver Stoffe 1991-1996:

	Isotopen	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1)
Produktionsbetriebe	H-3	20.1	4.39	11.5	6.81	17	13	PBq
	C-14	0.4	0.3	0.23	1.54	3.9	0.74	TBq
	Pm-147	114.9	44.34	27.4	57.9	0.13	42	TBq
	Am-241	17.6	18.24	29.1	53.6	22	29	GBq
Leuchtfarbenbetriebe	H-3	903	934	760	800	1300	970	TBq
Forschungsbetriebe	H-3	14.2	2.84	8.25	1.33	6.1	10.4	TBq
	C-14	288.9	557.13	309	577	590	330	GBq
	P-32	84.3	72.82	93.0	85.2	110	110	GBq
	S-35	69.3	62.98	76.4	72	62	60	GBq
	Ca-45	0.9	0.64	1.08	1.70	1.8	1.5	GBq
	Cr-51	19.8	30.02	32.6	40.5	32	36	GBq
	I-125	50.5	55.13	44.4	55.0	170	176	GBq
Analytische Laboratorien	H-3	4.2	5.2	71.3	17.4	38		MBq
	Co-57	33.0	63.5	98.1	110	140	150	MBq
	I-125	2.2	2.6	3.41	3.67	4.5	5.0	GBq
	C-14	104						MBq

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

Im Berichtsjahr 1996 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 1996 finden sich auf der Tabelle 2, zusammen mit den Tritium-Messungen der SUVA in der Umgebung der Firma RC TRITEC AG, 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.

Ab 1996 wurde die Leuchtfarbe bei RC-TRITEC in einer Box mit integrierter HTO-Rückgewinnung gelagert. Zusätzlich wurde das Kamin für die Abgabe der Abluft aus dem "Tritium-Haus" erhöht.

Im Kapitel 9.3. wird über ein separates Projekt zur Bilanzierung der Tritium-Emissionen in der Umgebung von mb microtec in Niederwangen berichtet.,

Tabelle 1

Jahresabgaben in GBq/Jahr aus Betrieben

Jahr	mb microtec 3127 Niederwangen / BE			RC Tritec AG 9053 Teufen / AR			Cerberus AG 8604 Volketswil / ZH		
	Abwasser Tritium	Abluft Tritium		Abwasser Tritium	Abluft Tritium		Abwasser Tritium	Abluft Tritium	
		Total	davon HTO		Total	davon HTO		Am-241	
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
1994	10	71'900	18'000	13.1	13'600	10'400	0.94	3.2·10 ⁻³	160
1995	4.7	66'400	23'400	16.8	15'800	12'500	0.80	0.3·10 ⁻³	220
1996	4.6	72'800	21'700	8.0	7'800	6'300	0.28	0.3·10 ⁻³	145
Abgabelimitten in GBq		HT Gas	HTO Wasserdampf		HT Gas	HTO Wasserdampf			
pro Woche	0.7 ^{1) 2)}	37'000 ¹⁾	3'700 ¹⁾	1.9 ^{1) 3)}	3'700 ¹⁾	1'850 ¹⁾	3.7 ⁴⁾	0.0037 ⁴⁾	200 ⁴⁾
pro Jahr	(≈ 36)	370'000 ¹⁾	37'000 ¹⁾	(≈ 100)	37'000 ¹⁾	18'500 ¹⁾	(≈ 190)	(≈ 0.20)	3'700 ⁴⁾

— = keine Abgabe

1) Gültig seit 1984

3) Wochenlimite für C-14 = 0.4 GBq

2) Wochenlimite für C-14 = 0.15 GBq

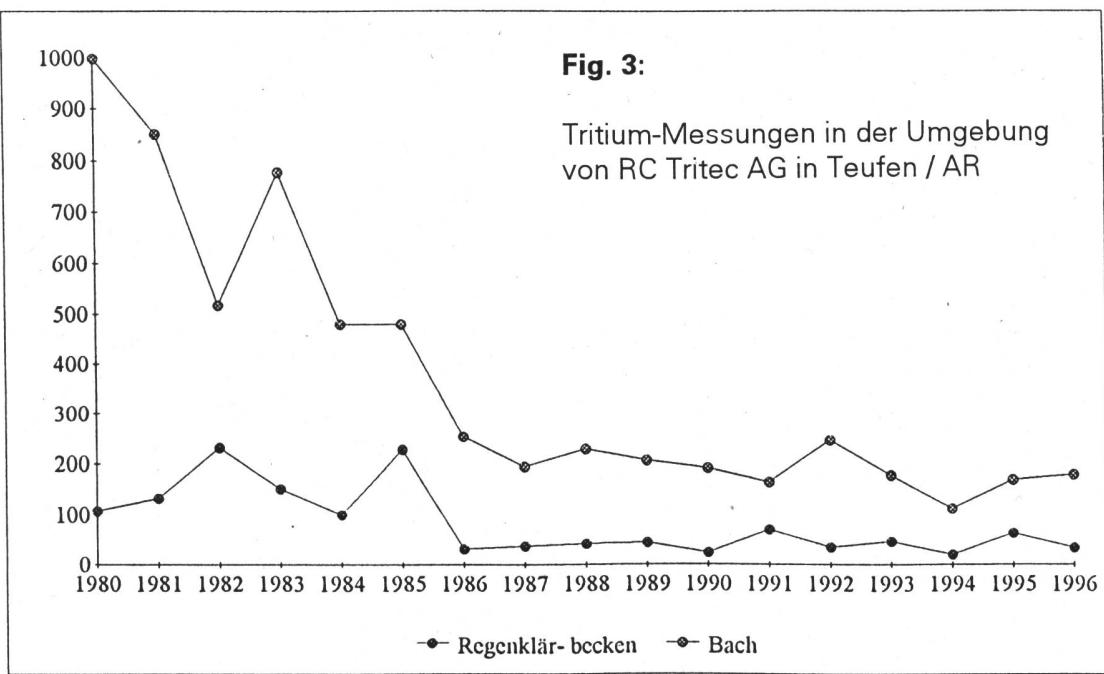
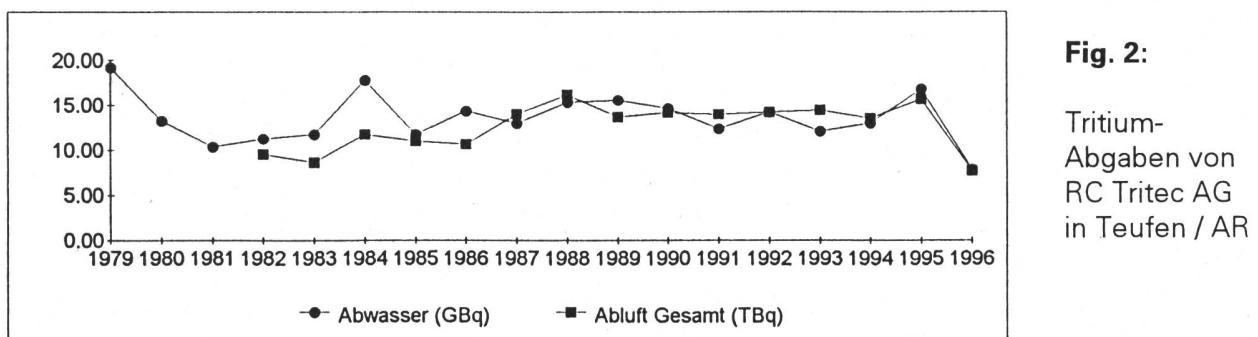
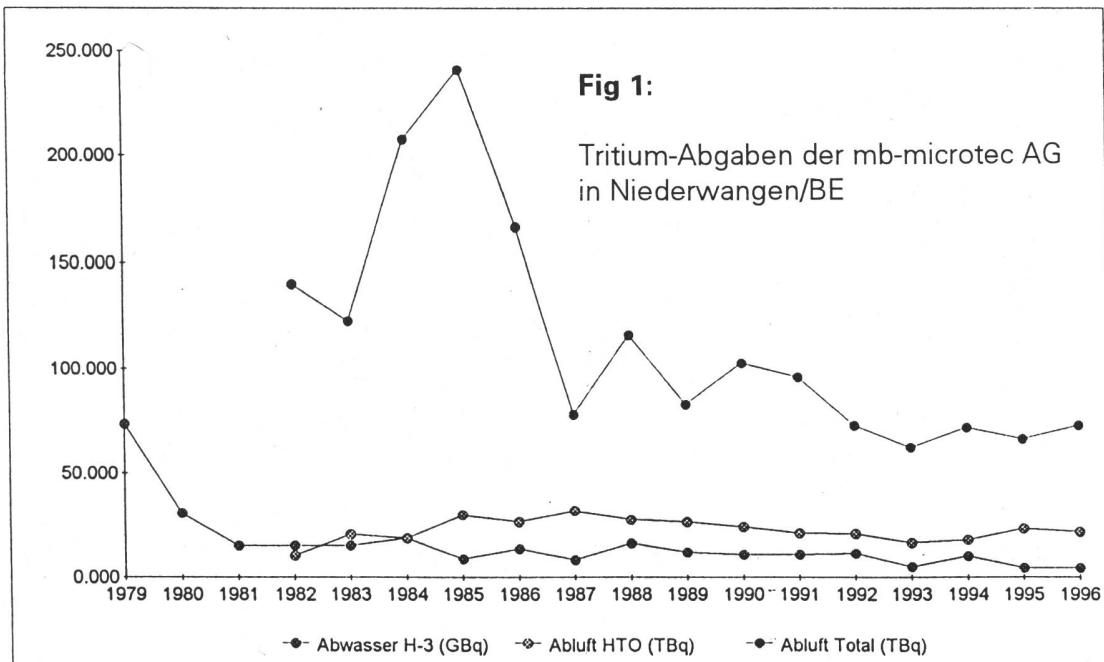
4) Gültig seit 1988

Tabelle 2**Aktivitätsabgaben an die Umwelt, 1996**

	mb-microtec AG 3127 Niederwangen / BE			RC Tritec AG 9053 Teufen / AR			Cerberus AG 8604 Volketswil / ZH		
	Abwasser H-3 GBq	Abluft HTO TBq	Abluft Total TBq	Abwasser H-3 GBq	Abluft HTO TBq	Abluft Total TBq	Abwasser H-3 GBq	Abwasser Am-241 MBq	Abluft HTO GBq
Januar	0.955	4.309	8.617	1.208	0.458	0.567	0.022	0.023	7.607
Februar	0.458	1.808	4.844	0.263	0.458	0.567	0.041	0.045	14.528
März	0.252	3.422	7.666	0.845	0.515	0.638	0.032	0.032	14.459
April	0.440	2.505	10.349	0.031	0.592	0.733	0.032	0.019	12.390
Mai	0.266	2.020	7.726	1.145	0.870	1.077	0.044	0.030	16.828
Juni	0.722	1.501	6.786	0.164	0.726	0.899	0.014	0.026	17.068
Juli	0.209	1.089	4.261	0.392	0.597	0.739	0.014	0.024	6.751
August	0.223	1.279	7.879	0.451	0.457	0.566	0.009	0.016	8.984
September	0.239	0.837	3.910	1.513	0.438	0.542	0.015	0.031	13.953
Oktober	0.275	0.833	3.892	0.337	0.422	0.522	0.019	0.018	16.262
November	0.173	1.223	4.303	0.114	0.458	0.567	0.030	0.021	8.765
Dezember	0.345	0.856	2.572	1.501	0.301	0.373	0.008	0.019	7.235
Total	4.557	21.682	72.805	7.964	6.292	7.790	0.280	0.304	144.830

Tritiumkonzentration im Wasserproben, Bq/l, 1996

Umgebung RC Tritec AG 9053 Teufen / AR					
Datum	Schacht	Einlauf Feuerweiher	Meteor alt	Regenklärbecken	Bach
03.01.96	925	1517	2664	36	133
01.04.96	249	1600	3800	107	175
01.07.96	270	2000	1500	30	140
10.10.96	1800	1700	4500	51	320
Mittelwert	481	1706	2655	58	149



Probenahmenstellen

Radium Chemie AG, Teufen

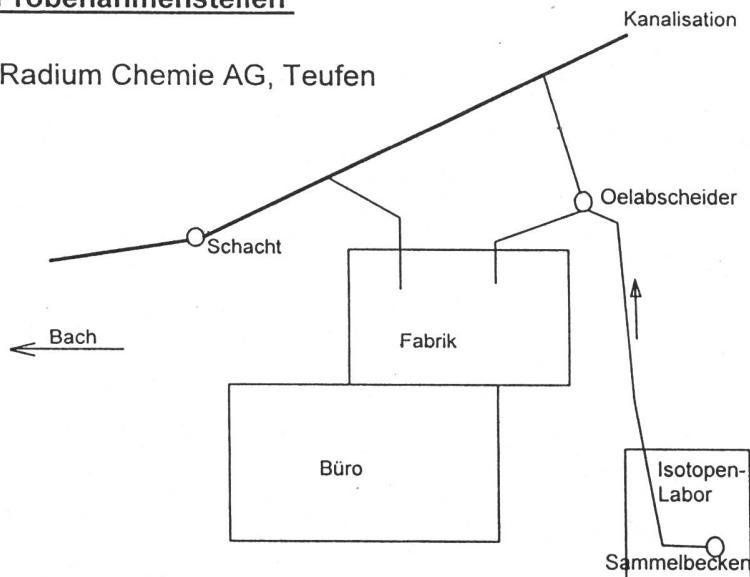


Fig. 3a:

**Probenahmestellen
Umgebung
RC Tritec AG in
Teufen/AR**

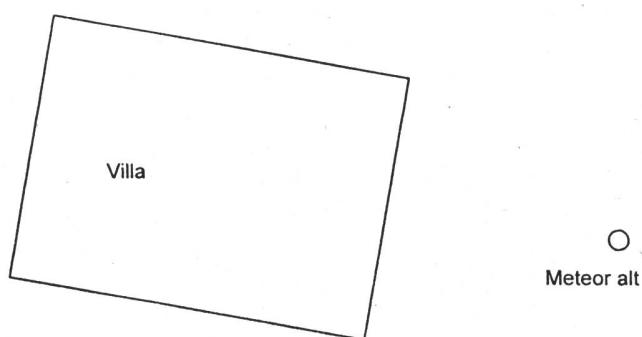
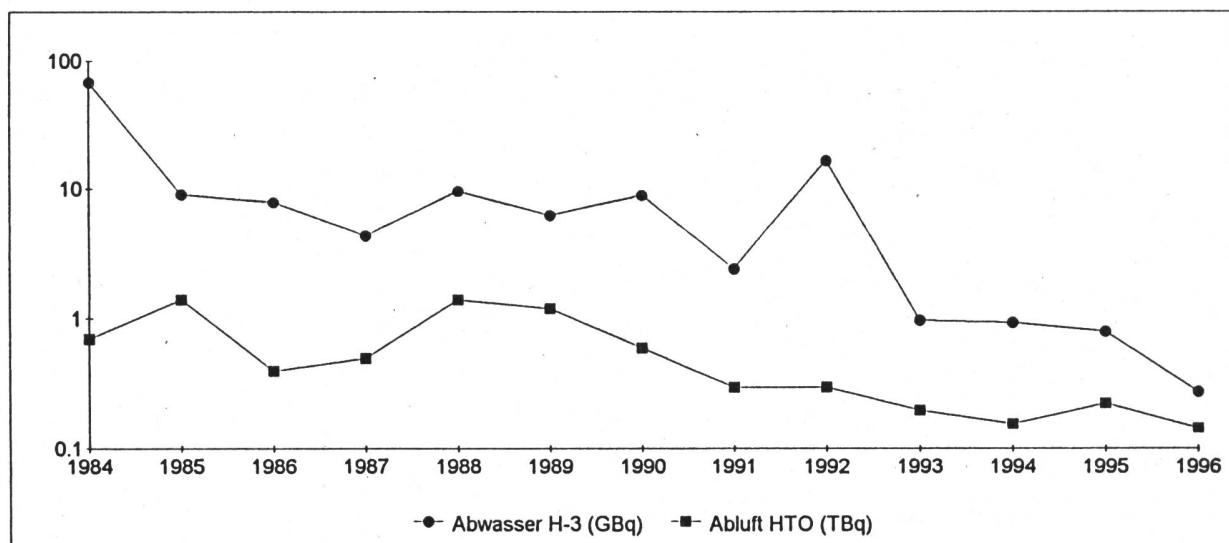


Fig. 4: Radioaktivitätsabgaben von Cerberus/AG in Volketswil/ZH



9.2. Tritiumüberwachung in Niederwangen (BE)

M. Holenstein und H. Völkle

Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER),
Bundesamt für Gesundheit, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

Die Situation

In Niederwangen, rund 5 km südwestlich von Bern, produziert die Firma mb-microtec ag Tritiumgas-Leuchtquellen (TGLQ). Aufgrund ihrer Bewilligung darf sie maximal 3.7 TBq HTO pro Woche (37 TBq HTO pro Jahr) und 37 TBq HT pro Woche (370 TBq HT pro Jahr) via Kamine abgeben. Für die Abgabe als Abwasser gelten 0.7 GBq H-3 pro Woche als Limite. Diese Werte müssen vom Betrieb kontinuierlich gemessen und protokolliert werden. Die SUVA kontrolliert die Angaben mit Vergleichsmessungen. Es kam bisher noch nie zu einer Überschreitung der Limiten. Die Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER) des Bundesamt für Gesundheit (BAG) kontrolliert in der Umgebung des Betriebs Regen, Luftfeuchtigkeit und in Zusammenarbeit mit weiteren Stellen Lebensmittel auf Tritium-Aktivitäten. Damit soll die Immissionssituation und die resultierende Dosis für die Bevölkerung überwacht werden. Die Grenzwerte liegen gemäss StSV für die Luft bei 1'700 Bq/m³ und bei 12'000 Bq/l für Wasser und wurden bisher nirgends überschritten, was auch die unten stehenden Werte belegen. Innerhalb eines Praktikums sollte überprüft werden, ob das bisherige Messprogramm bezüglich räumlicher und zeitlicher Auflösung genügt, um verlässliche Aussagen zur zusätzlichen Dosis machen zu können. Im folgenden sollen die wichtigsten Resultate präsentiert werden, ohne auf methodische Fragen einzugehen. Für Details sei auf den ausführlichen Bericht verwiesen.

Die atmosphärische Verteilung des Tritiums im Wangental

Niederwangen liegt im Wangental, welches SW – NE orientiert, einige 100 m breit und von Hügelketten begrenzt ist. Die Wetterdaten zeigen, dass Winde aus SW – kanalisiert durch die Tallage – vorherrschen. Es gibt jedoch auch Winde aus der Gegenrichtung und Hangwinde. Während rund 30 % der Zeit muss mit Temperaturinversionen und schwachen Windverhältnissen gerechnet werden. Diese Lage führt zu einer atmosphärischen Verteilung des emittierten Tritiums, welche primär in alle Richtungen mit der Distanz logarithmisch abnimmt. In Hauptwindrichtung ergeben sich im Mittel aber klar erhöhte Aktivitäten (Stationen: Nahdistanz Microtec, Firma Schär, Sportplatz Schule), wie aus der Figur 1 "H-3 im Regen als Funktion der Distanz" zu sehen ist. Die zusätzlichen Messungen von Regen- und Schneeproben konnten diese Aussagen der bisherigen Sammler bestätigen. Es zeigt sich, dass drei Belastungszonen unterschieden werden können: Im Nahbereich (Zone 1) um die Firma bis rund 300 Metern – im Industriearal von Niederwangen – ergeben sich Aktivitäten von bis zu 1'000 Bq/l in Wasser und Schnee. In einer weiteren Zone bis 1'000 Metern (Zone 2) ergeben sich Aktivitäten bis 100 Bq/l und in der Zone 3 (bis 2'000 Metern) liegen die Werte noch bei wenigen Dutzend Bq/l. Der Einfluss des Windes nimmt mit zunehmender Distanz ab und es werden andere Faktoren wie Topologie, Bebauung und lokale Messeinflüsse wichtig. Die Figur 2 "H-3 im Regen in Niederwangen" verdeutlicht die Messtandorte und die räumliche Ausbreitung, während die Figur 3 "H-3 in verschiedenen

Proben als Funktion der Distanz" nochmals die Distanzabhängigkeit der Aktivitäten verdeutlicht. Die Fehler der Einzelmessungen liegen dabei unter 1 %. Es zeigt sich, dass ausserhalb der Zone 2, also ab rund 2 km Entfernung nur noch eine leicht erhöhte Grundbelastung mit Tritium feststellbar ist. Da sich Tritium als HTO am natürlichen Wasserkreislauf beteiligt, können auch Milch-, Gemüse- und Oberflächenwasserproben zur Bestimmung der Verteilung verwendet werden.

Im weiteren wurde untersucht, ob die bisherige Probenahme der SUER alle zwei Wochen genügt. Die Figur 4 "H-3 im Regen bei verbesserter zeitlicher Auflösung in Niederwangen" zeigt die Resultate der Probenahme bei jedem Niederschlagsereignis. Der Vergleich mit den Zweiwochenwerten der Vorjahre zeigt, dass keine besonderen Spitzen oder Muster verloren gehen, wenn die Regensammler nur alle zwei Wochen gewechselt werden: Mittelwerte und Varianz der Tageswerte entsprechen denjenigen der Zweiwochenwerte. Allerdings bleibt das grundlegende Problem der Regensammler in diesem Zusammenhang bestehen: Sie erfassen nur Emissionssituationen, bei welchen zeitgleich auch Niederschläge stattfanden. Betrachtet man grössere Zeiträume (z. B. ein Jahr), ergeben sich gute lineare Zusammenhänge zwischen Emissionsmenge und mittleren Aktivitäten der Proben. Weiter zeigte die zeitlich verbesserte Auflösung auch, dass alle Regensammler untereinander meist die gleiche Reihenfolge bezüglich der Aktivitäten haben. D.h. dass der Sammler in Hauptwindrichtung (Schär) meist die höchsten Messwerte aufweist und somit als guter Indikator für die Gesamtsituation verwendet werden kann. Es gibt allerdings Einzelereignisse (13./14.11.1996), wo aufgrund der Windverhältnisse ein anderer Sammler die höchste Aktivität aufweist.

Der Einfluss auf die Bevölkerung

Zur Beurteilung möglicher Belastungen der Bevölkerung ist die aus den abgelagerten Aktivitäten entstehende Dosis relevant. Tritium wird zum einen via Nahrungsmittel und Wasser aufgenommen (Ingestion) und mit einer relativ geringen biologischen Halbwertszeit von rund 10 Tagen wieder ausgeschieden. Zum andern wird es als Luftfeuchtigkeit (HTO) eingeatmet (Inhalation). Deshalb sammelt die SUER zusätzlich am meist exponierten Sammlerstandort (Firma Schär) die Luftfeuchtigkeit kontinuierlich. Es zeigt sich, dass diese Messmethode die besten Aussagen zulässt, denn sie erfasst sowohl die gesamte Zeitperiode (also nicht nur die Niederschläge) und gibt auch ein direktes Mass für die Aktivität der Atemluft (rund 10 Bq/m³ +/- 2 Bq/m³). Diese wiederum verursacht den grössten Teil der zusätzlichen Dosis für das emittierte Tritium. Die Abschätzung der Ingestionsbelastung im konkreten Fall ist recht schwierig, da die spärlich vorhandenen Daten für Gemüse vom Juni 1996 kaum verlässliche Aussagen ermöglichen. Die meisten Werte liegen bei 100 Bq/l +/- 20 Bq/l, ein einzelner bei 680 +/- 3 Bq/l. Allerdings wird nirgends Gemüse zur landwirtschaftlichen Produktion angebaut. Es handelt sich also höchstens um Selbstversorger, welche sicher nicht ihren gesamten Bedarf über diese maximal belasteten Proben decken. Die Aktivitäten der Milch bewegen sich um 30 Bq/l +/- 10 Bq/l, zwei Werte liegen zwischen 200 und 300 Bq/l. Die räumliche Zuordnung dieser Werte ist allerdings kaum möglich, da dafür Weideverhalten etc. bekannt sein müssten. Eigene Trinkwasserfassungen existieren in Niederwangen nicht. Die Abschätzung des Trinkwassers muss über Oberflächen- und Abwässer erfolgen. Der Toleranzwert für Lebensmittel (H-3) beträgt 1'000 Bq/l, der Grenzwert liegt 10fach höher.

Eine konservative Abschätzung der durchschnittlichen zusätzlichen Dosis der Bevölkerung durch das emittierte Tritium zeigt die Tabelle 1. Sie ist mit den oben erwähnten Einschränkungen zu lesen und die gerundeten Werte sind auf maximal einen Faktor 2-3

genau. Der Fall "Abwärtswohnung in Zone 1" existiert zur Zeit gar nicht, da niemand im Industriegebiet wohnt. Die detaillierten Annahmen sind im Bericht nachzulesen.

Tabelle 1: Zusätzliche Dosis durch Tritiumemissionen in Niederwangen in mSv/a
(Abschätzungen)

Fall	Inhalationsdosis	Ingestionsdosis	Gesamte zusätzliche Dosis
Abwärtswohnung in der Zone 1	0.03	0.0003	0.03
ArbeiterIn in einem Nebenbetrieb in der Zone 1	0.01	0.0001	0.01
BewohnerIn in der Zone 2	0.01	0.0003	0.01
BewohnerIn in der Zone 3	0.002	0.0002	0.002

Da Tritium auch am Wasserhaushalt des Menschen teilnimmt, lässt sich die Dosis am zuverlässigsten über die Aktivität des Urins bestimmen. Frühere Messungen der SUER ergaben einen gewichteten Durchschnittswert von 0.003 mSv/a, der mit der Zone 2 verglichen werden muss. Die Abschätzungen sind zumindest für diesen Bereich also um den Faktor 3 zu hoch, liegen somit auf der sicheren Seite. Wichtig ist aber v.a. der Vergleich mit der durchschnittlichen Strahlenbelastung eines Menschen in der Schweiz, welche zur Zeit bei rund 4 mSv/a liegt. Die errechneten resp. abgeschätzten zusätzlichen Dosisbelastungen durch die Emissionen der Firma mb-microtec ag machen weniger als 1 % aus und können somit als unbedenklich eingestuft werden. Auch Abschätzungen von Extremszenarien (Selbstversorger durch stark belastetes Gemüse) ergeben noch keine bedeutende Erhöhung der durchschnittlichen Strahlenbelastungen. Berechnungen zu einem möglichen Störfall sind recht spekulativ, da wenig bekannt ist über das Verhalten von grossen und kurzfristigen Tritiumemissionen. Sicher dürften die Jahresdosen höher ausfallen, doch wäre z.B. bei einer Zerstörung des Betriebs aufgrund der Wiederaufbuarbeiten mit keinen weiteren Emissionen für die Folgemonate zu rechnen.

Schlussfolgerung

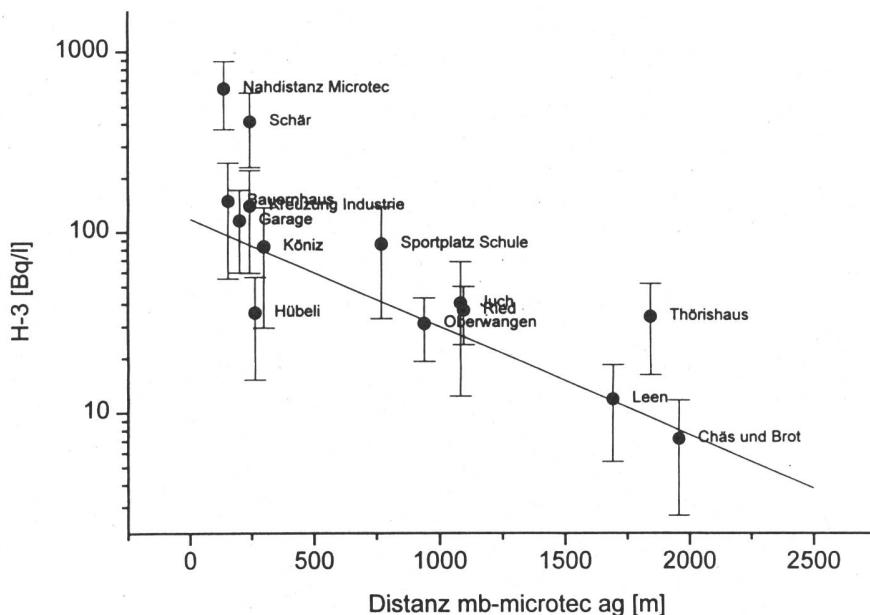
Das verbesserte Messprogramm der Niederschläge zeigte, dass weder in zeitlicher noch in räumlicher Dimension wesentlichen Informationen durch das bisherige Messprogramm verloren gehen. Allerdings sollte der Messung der Luftfeuchtigkeit vermehrt Beachtung geschenkt werden, da die Inhalation den wesentliche Teil der zusätzlichen Dosis ausmacht. Um Einzelereignisse (grossie Emissionen, besondere Windverhältnisse) besser erfassen zu können, wäre hier auch eine tägliche Auflösung und idealerweise ein zweiter Standort sinnvoll. Weitere Messungen im Bereich der Lebensmittel (v.a. Milch) könnten die Datenlage und somit die Aussagekraft der Ingestionabschätzungen verbessern (vergl. Toleranzwert Lebensmittel).

Eine Überschreitung der gültigen Grenzwerte liegt in keinem Bereich vor. Die zusätzliche Dosis durch die Tritiumemissionen der Firma mb-microtec ag für die Bevölkerung kann unter den jetzigen Umständen vernachlässigt werden, da sie weniger als 1 % der durchschnittlichen Strahlenbelastung ausmacht.

Zum Schluss sei allen Beteiligten für die gute Zusammenarbeit gedankt, insbesondere der Firma mb-microtec ag, der Gemeinde Köniz, dem Kantonalen Laboratorium Bern, der SUVA in Luzern und U. Schotterer und H. Bürki vom Physikalischen Institut der Universität Bern sowie dem Praktikumsdozenten der ETH Zürich, Dr. Jürg Beer von der EAWAG in Dübendorf.

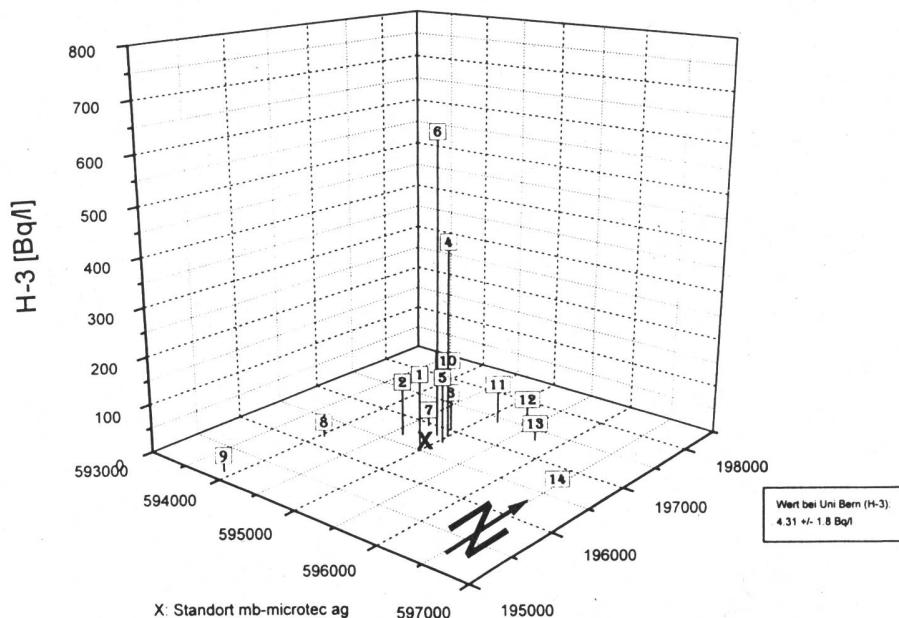
Figur 1:

H-3 im Regen als
Funktion der Distanz
vom 05.12.1996 bis
17.02.1997

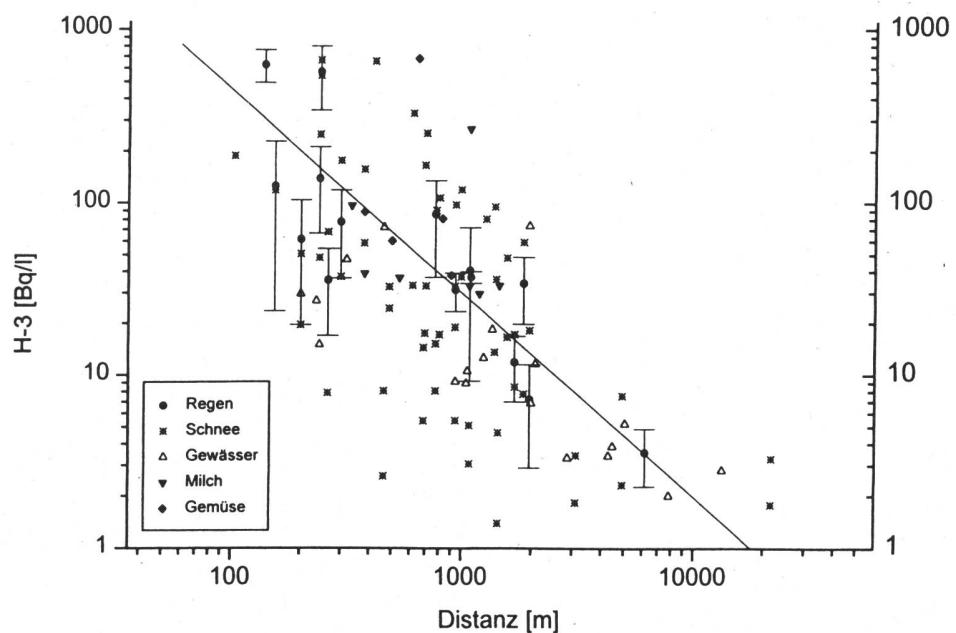


Figur 2:

H-3 im Regen in
Niederwangen,
Mittelwerte
vom 05.12.1996 bis
17.02.1997



Figur 3: H-3 in verschiedenen Proben als Funktion der Distanz (1996/1997)



Figur 4: H-3 im Regen bei verbesserter zeitlicher Auflösung in Niederwangen

