

**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:** - (1998)

**Rubrik:** Emissionen der Industriebetriebe und Spitäler

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 26.04.2025

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

## 9. Emissionen der Industriebetriebe und Spitäler

### Zusammenfassung

*(hv) Dieses Kapitel enthält die Messungen der Immissionen aus Industriebetrieben und Spitäler, die radioaktive Stoffe (offene Strahlenquellen) verarbeiten. In der Schweiz sind dies im wesentlichen  $^3\text{H}$  (Tritium) für die Herstellung von Leuchtfarbe für Uhren und Instrumente sowie Tritiumgas-Leuchtquellen ebenfalls für die Anzeigen von Uhren und Instrumenten sowie  $^{131}\text{I}$ , das in der Medizin für Diagnose und Therapie bei Schilddrüsenerkrankungen verwendet wird. Die Überwachung umfasst daher die Emissionen dieser Betriebe an das Abwasser und bei gewissen auch die Abluft. Bei der Umgebungsüberwachung werden die Niederschläge, teilweise die Luftfeuchtigkeit sowie die Abflüsse dieser Nuklide über Kläranlagen (Zürich, Bern, Basel, Lausanne, La Chaux-de-Fonds) und über die Flüsse (Doubs bei St. Ursanne) [Kap. 4.1 und 4.2]. Die Abgaben der Tritium-Betriebe sowie Stichprobenmessungen in der Nahumgebung dieser Betriebe sind im Kapitel 9.1. durch die SUVA zusammengestellt, die  $^{131}\text{I}$ -Abgaben der Spitäler in Kapitel 9.2.*

*Abwässer der Kläranlagen der Städte Zürich, Basel, Bern und Lausanne wiesen vereinzelt geringe Mengen (bis wenige Bq/l) an  $^{131}\text{I}$  aus der Nuklearmedizin auf. Beim Kantonsspital Basel kam es 1998 fünfmal zu Überschreitungen der Abgabelimiten für  $^{131}\text{I}$  über das Abwasser. Das BAG hat entsprechende Untersuchungen und Massnahmen eingeleitet. Diese Abgaben korrelieren zeitlich mit den erhöhten Werten im Abwasser der ARA Basel. Die Konzentration am Ausfluss der Kläranlage betrug bis 5 Bq/l, was gerade noch unter dem Immissionsgrenzwert für Gewässer von 8 Bq/l gemäss StSV liegt. Für die Kalenderwochen 12, 18, 28 und 48/49 wurden aus diesen Messungen Abflussmengen von 1.8, 1.9, 3.6 und 2.6 GBq pro Woche berechnet.*

*Der Tritiumgehalt am Ausfluss von Kläranlagen betrug maximal 30 Bq/l, ausser bei jener von La Chaux-de-Fonds, wo Werte bis 2400 Bq/l auftraten. Dieses Tritium stammt hauptsächlich aus der Rauchgas-Waschanlage der regionalen Kehrrechtverbrennungs-Anlage. Der Tritium-Abfluss über die Kläranlage nahm von 1990 auf 1998 von 42 auf 8 TBq/Jahr ab. 1998 wurden in den Betrieben der Stadt 200 TBq  $^3\text{H}$  verarbeitet [Kap. 4.2 und 9.1].*

*Die kontinuierlichen Messungen in der Umgebung der Betriebe in Teufen/AR, Niederwangen/BE und der Region La Chaux-de-Fonds finden sich in den Kapiteln 4.1 und 4.2 und sind dort kommentiert. Auch im Berichtsjahr haben diese Betriebe die ihnen in der Bewilligung für den Umgang mit radioaktiven Stoffen auferlegten Abgabelimiten eingehalten und keine unzulässigen Immissionen verursacht.*

## 9.1 Emissionen der Betriebe

### R. Grunder und Th. Lauffenburger

Suva  
Abteilung Arbeitssicherheit  
Bereich Physik, Postfach, 4358 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 ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ )
- ◆ Tritiumgaslichtquellen ( $^3\text{H}$ )
- ◆ Ionisationsrauchmelder ( $^{241}\text{Am}$ )
- ◆ Überspannungsableiter ( $^3\text{H}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ )

#### Leuchtfarbenbetriebe

(Total 12 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 **1998 199 TBq** Tritiumleuchtfarbe eingekauft bzw. verarbeitet.

#### Forschungsbetriebe

(Total 52 Betriebe)

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

#### Medizinisch analytische Laboratorien

(Total 46 Betriebe)

Für Hormonbestimmungen werden sogenannte Radioimmunoassay Kits (Ria-Kits) mit  $^{125}\text{I}$  und gelegentlich mit  $^{57}\text{Co}$  Markierungen eingesetzt.

### Einkauf radioaktiver Stoffe 1991 - 1998

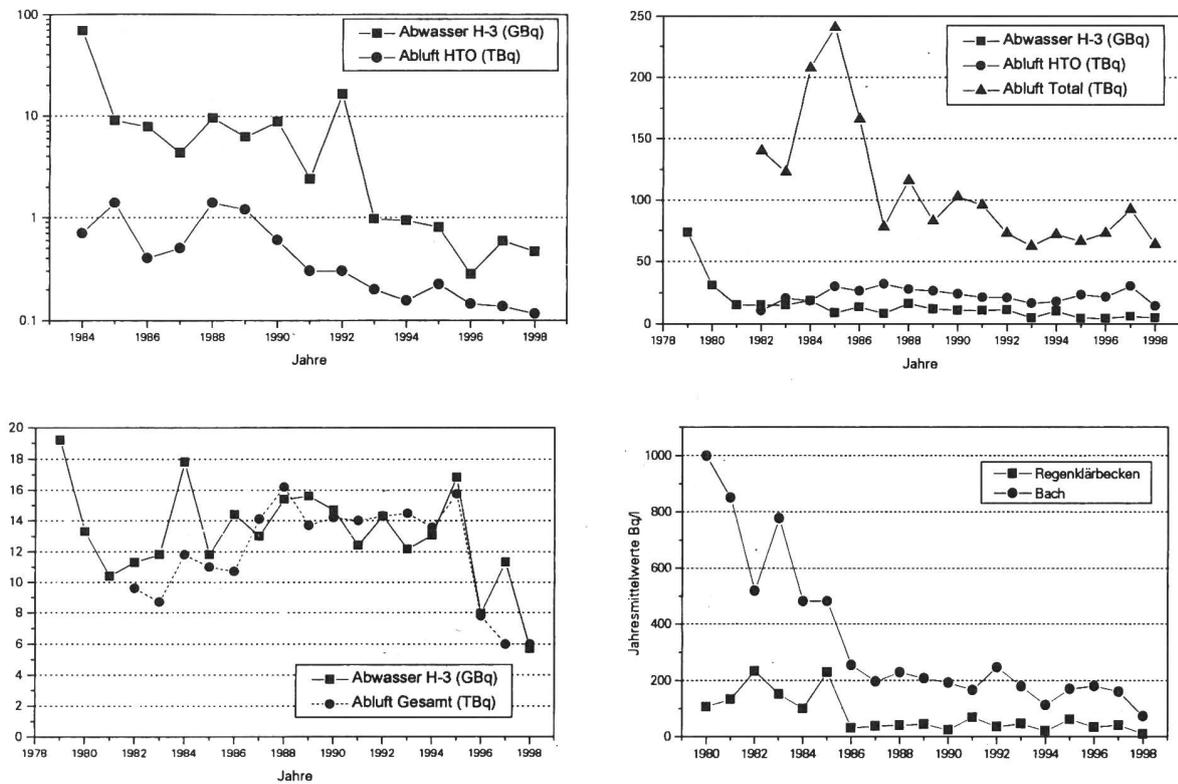
|                                 | Isotope           | 1998   | 1997   | 1996   | 1995   | 1994 | 1993   | 1992 | 1991 | Einheit |
|---------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|------|--------|------|------|---------|
| <b>Produktionsbetriebe</b>      | $^3\text{H}$      | 8.09   | 6.46   | 20.07  | 4.39   | 11.4 | 6.81   | 17   | 13   | PBq     |
|                                 | $^{14}\text{C}$   | 0.3    | 0.1    | 0.37   | 0.3    | 0.23 | 1.54   | 3.9  | 0.74 | TBq     |
|                                 | $^{147}\text{Pm}$ | 25.14  |        | 114.89 | 44.34  | 27.4 | 57.92  | 0.13 | 42   | TBq     |
|                                 | $^{241}\text{Am}$ | 12     | 31.35  | 17.55  | 18.24  | 29.1 | 53.58  | 22   | 29   | GBq     |
| <b>Leuchfarbenbetriebe</b>      | $^3\text{H}$      | 628    | 812    | 903    | 934    | 760  | 800    | 1300 | 970  | TBq     |
| <b>Forschungsbetriebe</b>       | $^3\text{H}$      | 11.66  | 6.75   | 14.18  | 2.84   | 8.25 | 1.33   | 6.1  | 10.4 | TBq     |
|                                 | $^{14}\text{C}$   | 819.86 | 381.7  | 288.88 | 557.13 | 309  | 576.58 | 590  | 330  | GBq     |
|                                 | $^{32}\text{P}$   | 56.18  | 76.9   | 84.29  | 72.82  | 93   | 85.2   | 110  | 110  | GBq     |
|                                 | $^{35}\text{S}$   | 42.76  | 58.34  | 69.32  | 62.98  | 76.4 | 71.95  | 62   | 60   | GBq     |
|                                 | $^{45}\text{Ca}$  | 1.52   | 1.85   | 0.85   | 0.64   | 1.08 | 1.7    | 1.8  | 1.5  | GBq     |
|                                 | $^{51}\text{Cr}$  | 18.68  | 18.44  | 19.81  | 30.02  | 32.6 | 40.52  | 32   | 36   | GBq     |
|                                 | $^{125}\text{I}$  | 41.7   | 53.55  | 50.5   | 55.13  | 44.4 | 55.01  | 170  | 176  | GBq     |
| <b>Analytische Laboratorien</b> | $^{125}\text{I}$  | 1.6    | 2.19   | 2.2    | 2.6    | 3.41 | 3.67   | 4.5  | 5    | GBq     |
|                                 | $^3\text{H}$      | 5.3    | 3.86   | 4.22   | 5.2    | 71.3 | 17.4   | 38   |      | MBq     |
|                                 | $^{57}\text{Co}$  | 20.4   | 30.35  | 32.97  | 63.5   | 98.1 | 110    | 140  | 150  | MBq     |
|                                 | $^{14}\text{C}$   | 1246   | 443.77 | 104    |        |      |        |      |      | MBq     |

Im Berichtsjahr **1998** 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). Die Tritium-Messungen der Suva in der Umgebung der Firma RC Tritec AG, Teufen/AR und die Abgaben aller drei Tritium-Betriebe sind in Figur 1 graphisch dargestellt. 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.



**Figur 1:** Tritium Abgaben aus Betrieben und in der Umgebung: Cerberus Volketswil/ZH (oben links), mb microtec Niederwangen/BE (oben rechts), RC Tritec Teufen/AR (unten links) und Umgebung RC Tritec (unten rechts)

**Tabelle 1**

**Jahresabgaben in GBq/Jahr aus Betrieben**

| Jahr   | mb microtec<br>3127 Niederwangen / BE |   |  | RC Tritec AG<br>9053 Teufen / AR |   |  | Cerberus AG <sup>5)</sup><br>8604 Volketswil / ZH |                                  |  |
|--|---------------------------------------|---|--|----------------------------------|---|--|---|----------------------------------|--|
|  | Abwasser<br>Tritium                   | Abluft<br>Tritium   |  | Abwasser<br>Tritium              | Abluft<br>Tritium   |  | Abwasser<br>Tritium Am-241                        |                                  | Abluft<br>Tritium                        |
|  |                                       | Total   | davon HTO  |                                  | Total   | davon HTO  |   |                                  |  |
| 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 <sup>-3</sup>            | 700                                      |
| 1985   | 9                                     | 241'000   | 30'000   | 11.8                             | 11'000  | 9'600  | 9.0   | <0.6·10 <sup>-3</sup>            | 1'400                                    |
| 1986   | 14                                    | 166'000   | 26'500   | 14.4                             | 10'700  | 9'400  | 7.8   | <0.9·10 <sup>-3</sup>            | 400                                      |
| 1987   | 8                                     | 78'000  | 32'000   | 13.0                             | 14'000  | 12'400   | 4.3   | <0.9·10 <sup>-3</sup>            | 500                                      |
| 1988   | 16                                    | 116'000   | 28'000   | 15.4                             | 16'200  | 15'000   | 9.6   | <3.8·10 <sup>-3</sup>            | 1'400                                    |
| 1989   | 12                                    | 83'000  | 26'500   | 15.6                             | 13'700  | 11'800   | 6.2   | <5.6·10 <sup>-3</sup>            | 1'200                                    |
| 1990   | 11                                    | 103'000   | 24'100   | 14.7                             | 14'200  | 12'300   | 8.8   | <3.9·10 <sup>-3</sup>            | 600                                      |
| 1991   | 11                                    | 96'000  | 21'300   | 12.4                             | 14'000  | 12'100   | 2.4   | <4.6·10 <sup>-3</sup>            | 300                                      |
| 1992   | 12                                    | 73'000  | 21'100   | 14.3                             | 14'300  | 12'400   | 16.5  | 4.0·10 <sup>-3</sup>             | 210                                      |
| 1993   | 5                                     | 62'500  | 16'700   | 12.2                             | 14'500  | 11'300   | 0.97  | 4.9·10 <sup>-3</sup>             | 200                                      |
| 1994   | 10                                    | 71'900  | 18'000   | 13.1                             | 13'600  | 10'400   | 0.94  | 3.2·10 <sup>-3</sup>             | 160                                      |
| 1995   | 4.7                                   | 66'400  | 23'400   | 16.8                             | 15'800  | 12'500   | 0.80  | 0.3·10 <sup>-3</sup>             | 220                                      |
| 1996   | 4.6                                   | 72'800  | 21'700   | 8.0                              | 7'800   | 6'300  | 0.28  | 0.3·10 <sup>-3</sup>             | 145                                      |
| 1997   | 6.2                                   | 92'300  | 30'300   | 11.3                             | 6'000   | 4'800  | 0.59  | 0.3·10 <sup>-3</sup>             | 137                                      |
| 1998   | 4.9                                   | 63'950  | 14'400   | 5.7                              | 6'000   | 3'750  | 0.46  | 0.3·10 <sup>-3</sup>             | 116                                      |
| <b>Abgabelimi-<br/>ten in GBq<br/>pro Woche<br/>pro Jahr</b> | 0.7 <sup>1) 2)</sup><br>(≈ 36)        | <b>HT</b><br>Gas<br>37'000 <sup>1)</sup><br>370'000 <sup>1)</sup> | <b>HTO</b><br>Wasserdampf<br>3'700 <sup>1)</sup><br>37'000 <sup>1)</sup> | 1.9 <sup>1) 3)</sup><br>(≈ 100)  | <b>HT</b><br>Gas<br>3'700 <sup>1)</sup><br>37'000 <sup>1)</sup> | <b>HTO</b><br>Wasserdampf<br>1'850 <sup>1)</sup><br>18'500 <sup>1)</sup> | 3.7 <sup>4)</sup><br>(≈ 190)                      | 0.0037 <sup>4)</sup><br>(≈ 0.20) | 200 <sup>4)</sup><br>3'700 <sup>4)</sup> |

– = 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

5) Gehört zu Siemens Building Technologies AG

## 9.2 Emissionen der Spitäler

### Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

**H. Vockle**           Sektion Überwachung der Radioaktivität,  
1700 FRIBOURG

**R. Linder**           Sektion Aufsicht und Bewilligungen, 3003 BERN

### **Zusammenfassung**

*Die im Jahre 1998 total ans Abwasser abgegebene Aktivität <sup>131</sup>I aus Abwasserkontrollanlagen hat sich entgegen dem festgestellten Trend der letzten Jahren fast verdoppelt. Der Grund dafür sind hohe, zum Teil nicht bewilligte Abgaben aus dem Kantonsspital Basel. Massnahmen dagegen wurden bereits eingeleitet, so dass sich die Abgabeaktivitaten künftig wieder auf Werte vorhergehender Jahre einstellen werden. Auffallend ist bei den neu aufgekommenen Therapienukliden <sup>90</sup>Y und <sup>153</sup>Sm, dass diese regional sehr konzentriert appliziert werden. Es wäre sinnvoll bei Messungen der Umweltradioaktivität in diesen Regionen vermehrt auf diese Nuklide zu achten.*

### 9.2.1 Ausgangslage

Anlässlich der jährlichen Umfrage in Betrieben mit einer Bewilligung für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen (BAG Aufsichtsbereich) werden dem BAG Umsatz, Applikationen am Menschen sowie Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt gemeldet.

Therapeutische Anwendungen von Radionukliden am Menschen haben von der Aktivitätsmenge her den grössten Anteil am Umsatz radioaktiver Stoffe in den Spitälern.

### 9.2.2 Therapeutische Anwendung von <sup>131</sup>I

<sup>131</sup>I wird zur Schilddrusentherapie verwendet. Aktivitäten < 200 MBq können den Patienten ambulant verabreicht werden. Weiter lässt die Verordnung über den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen (VOUS) ausnahmsweise ambulante Applikationen bis 400 MBq zu. Diese müssen zuvor begründet und vom BAG bewilligt werden (pro Jahr werden an das BAG 10-20 Anträge gestellt):

Bei Aktivitäten oberhalb 200 MBq werden die Patienten mindestens für die ersten 48 Stunden in speziellen Therapiezimmern hospitalisiert. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziell dafür vorgesehenen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach dem Abklingen unterhalb der bewilligten Abgaberate an die Umwelt (Abwasser) abgegeben.

### 9.2.3 Therapeutische Anwendung anderer Radionuklide

Zur Schmerzlinderung werden Patienten in Gelenke oder Tumore Radionuklide appliziert. Bei den verwendeten Nukliden handelt es sich um  $\beta$ -Strahler wie <sup>90</sup>Y, <sup>169</sup>Er, <sup>186</sup>Re, <sup>89</sup>Sr, <sup>153</sup>Sm und <sup>32</sup>P. Diese werden erst seit 1996 erfasst. Die Anzahl der applizierenden Betriebe sowie die Gesamtaktivität (vor allem die Nuklide <sup>153</sup>Sm und <sup>90</sup>Y) nimmt stetig zu. Die Applikation erfolgt ambulant oder stationär je nach medizinischer Indikation oder applizierter Aktivität.

### 9.2.4 Abgabe radioaktiver Stoffe ans Abwasser

Betriebe die eine Abwasserkontrollanlage betreiben, erhalten vom BAG eine Bewilligung zur Abgabe radioaktiver Stoffe ans Abwasser. Diese enthält eine wöchentliche Abgabelimite die gewährleistet, dass die Immissionsgrenzwerte in öffentlich zugänglichen Gewässern nicht überschritten werden. (Strahlenschutzverordnung Art.102 Abs.2) Einzelne Überschreitungen der Abgabelimiten infolge Kapazitätsengpässen der Abwasserkontrollanlage müssen vom BAG bewilligt werden. Dies kann aber kaum zu erhöhten Aktivitätskonzentrationen in der Umwelt führen, da bei der Festlegung der Abgaberraten eher konservative Berechnungsparameter werden. Die Abgabelimite wird so festgelegt, dass im Normalfall die Aktivitätskonzentration bereits im Betriebsabwasser den Wert nicht übersteigt, der nach Strahlenschutzverordnung für öffentliche Gewässer (Oberflächengewässer) gilt.

**Tab.3: Applikation von I-131 1994-1998 in GBq**

|                        | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| <sup>131</sup> I amb.  | 205  | 214  | 205  | 193  | 163  |
| <sup>131</sup> I stat. | 1631 | 1644 | 2104 | 2201 | 2405 |
| <b>Total</b>           | 1836 | 1858 | 2309 | 2394 | 2568 |

**Tab.4: Applikation anderer Therapie Nuklide in GBq**

| Nuklid      | <sup>89</sup> Sr | <sup>32</sup> P | <sup>186</sup> Re | <sup>169</sup> Er | <sup>90</sup> Y | <sup>153</sup> Sm |
|-------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| <b>1996</b> | 1,5              | 2,4             | 43,8              | 3,2               | 36,6            | -                 |
| <b>1997</b> | 6,1              | 7,8             | 69,4              | 1,2               | 205,4           | 15,9              |
| <b>1998</b> | 3,3              | 3,5             | 29,5              | 3,72              | 553,0           | 226,4             |

**Tab.5: Abgabe von <sup>131</sup>I ans Abwasser 1994-1998 in GBq**

|  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Total Abgabe von <sup>131</sup>I ans Abwasser</b> | 17,46 | 13,77 | 16,59 | 14,72 | 25,56 |

#### 3.9.2.5. Erhöhte <sup>131</sup>I-Abgaben des Kantonsspital Basel-Stadt in 1998

Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit im Strahlenschutz hat das Bundesamt für Gesundheit festgestellt, dass die bewilligte Abgabelimite für die Einleitung radioaktiv kontaminierter Abwässer in die Kanalisation aus der nuklidearmedizinischen Bettenstation des Kantonsspitals Basel-Stadt 1998 wiederholt überschritten wurde. Die Meldung des Kantonsspitals Basel über diese Abgaben erfolgte erst verspätet im Juli 1999. Beim radioaktiven Abwasser handelt es sich um Exkrete von Patienten, an denen zur Behandlung von Erkrankungen - etwa der Schilddrüse - radioaktives Jod appliziert wird. Dieses hat eine Halbwertszeit von 8 Tagen und wird vom Körper rasch wieder ausgeschieden. Die vom Kantonsspital gemeldeten wöchentlichen Abgaben sind in Abbildung 1 dargestellt. 1998 wurden gesamthaft 360 GBq <sup>131</sup>I an stationären Patienten appliziert. Die gesamte Jahresabgabe über die Abwasserkontrollanlage betrug 12 GBq.

**Tab.1: Applikationen radioaktiver Stoffe zu therapeutischen Zwecken 1998 in GBq pro Jahr**

| Ort            | Spital                | <sup>131</sup> I amb. | <sup>131</sup> I stat. | <sup>89</sup> Sr | <sup>32</sup> P | <sup>186</sup> Re | <sup>169</sup> Er | <sup>90</sup> Y | <sup>153</sup> Sm |
|----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Aarau          | Kantonsspital         | 17.29                 |                        |                  |                 |                   |                   | 2.59            | 2.40              |
| Baden          | Kantonsspital         | 5.85                  | 92.47                  |                  | 0.48            |                   | 0.04              | 2.77            | 111.00            |
| Basel          | Kantonsspital         |                       | 359.83                 |                  |                 |                   |                   | 521.37          |                   |
| Bellinzona     | San Giovanni          | 2.85                  | 42.03                  |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Bern           | Insel                 | 19.43                 | 422.10                 |                  | 0.74            | 2.89              | 1.11              | 5.55            | 28.00             |
| Biel           | Klinik Linde          |                       |                        |                  |                 |                   |                   | 1.30            |                   |
| Brig           | Kantonsspital         | 2.29                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Bruderholz     | Kantonsspital         | 1.11                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Chur           | Kantonsspital         | 7.79                  | 27.49                  |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Frauenfeld     | Kantonsspital         | 0.19                  |                        |                  |                 |                   |                   | 0.37            | 20.22             |
| Freiburg       | Hopital Cantonal      | 1.40                  | 57.80                  |                  |                 | 12.80             |                   |                 |                   |
| Genf           | Hopital Cantonal      | 24.00                 | 220.00                 | 0.15             | 0.25            | 1.25              |                   | 0.50            | 3.00              |
| Lausanne       | CIP Centre d'Imagerie | 0.30                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Lausanne       | Clinic Cécil          | 0.19                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Lausanne       | Dr. Rosselet          | 3.69                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Lausanne       | CHUV                  | 0.37                  | 275.50                 | 2.52             | 0.19            | 3.05              | 0.52              | 1.10            | 22.30             |
| Lugano         | Civico                | 2.92                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Luzern         | Kantonsspital         | 7.92                  |                        |                  | 0.37            |                   | 0.22              | 3.52            |                   |
| Luzern         | St. Anna              | 15.07                 |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Luzern         | Marugg                | 2.00                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Mendrisio      | Beta Vergine          | 1.85                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Münsterlingen  | Kantonsspital         | 27.22                 | 94.35                  |                  |                 |                   | 0.02              |                 |                   |
| Schaffhausen   | Kantonsspital         | 0.37                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |
| Sion           | Hopital Cantonal      | 0.73                  | 37.90                  |                  | 0.55            |                   |                   | 0.74            | 2.60              |
| Solothurn      | Bürgerspital          | 2.22                  | 31.56                  |                  |                 |                   |                   | 0.74            |                   |
| St.Gallen      | Kantonsspital         |                       | 243.71                 | 0.60             |                 | 0.33              | 0.04              | 1.85            |                   |
| Winterthur     | Kantonsspital         | 0.19                  | 93.57                  |                  |                 |                   | 0.08              | 0.40            | 8.44              |
| Zug            | Kantonsspital         | 1.26                  |                        |                  | 0.19            |                   |                   |                 |                   |
| Zürich         | USZ                   | 1.60                  | 196.00                 |                  | 0.20            | 9.20              | 1.70              | 8.10            | 23.20             |
| Zürich         | Triemli               | 6.07                  | 210.54                 |                  |                 |                   |                   | 2.15            |                   |
| Zürich         | Waid                  | 6.24                  |                        |                  | 0.57            |                   |                   |                 |                   |
| Zürich         | Bethanienspital       | 0.18                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 | 5.20              |
| <b>Schweiz</b> | <b>gesamt</b>         | <b>162.58</b>         | <b>2404.85</b>         | <b>3.27</b>      | <b>3.53</b>     | <b>29.52</b>      | <b>3.72</b>       | <b>553.04</b>   | <b>226.36</b>     |

Tab.2: Abgabe von <sup>131</sup>I aus Abwasserkontrollanlagen ans Abwasser 1998 in MBq pro Jahr

| Ort Spital                   | Baden KS    | Basel KS        | Bellinzona S. Giovanni | Bern Insel     | Chur KS       | Fribourg HC | Genf HCG       | Lausanne CHUV |
|------------------------------|-------------|-----------------|------------------------|----------------|---------------|-------------|----------------|---------------|
| Jan.                         | 0.10        | 289.00          | 4.85                   | 850.00         | 8.70          | 0.00        | 25.00          | 0.00          |
| Feb.                         | 0.00        | 454.00          | 0.00                   | 240.00         | 0.00          | 0.00        | 105.00         | 26.40         |
| März                         | 0.00        | 3390.00         | 0.00                   | 600.00         | 0.00          | 0.00        | 612.00         | 16.70         |
| April                        | 0.00        | 4107.00         | 11.47                  | 660.00         | 10.06         | 0.00        | 27.00          | 30.00         |
| Mai                          | 0.10        | 253.00          | 0.00                   | 680.00         | 0.00          | 0.00        | 14.00          | 17.50         |
| Juni                         | 0.00        | 213.00          | 0.00                   | 500.00         | 25.20         | 2.80        | 29.00          | 24.10         |
| Juli                         | 0.10        | 318.00          | 19.54                  | 790.00         | 11.00         | 2.60        | 1000.00        | 14.60         |
| Aug.                         | 0.00        | 264.00          | 0.00                   | 280.00         | 16.24         | 0.00        | 165.00         | 0.00          |
| Sept.                        | 0.00        | 184.00          | 0.00                   | 280.00         | 0.00          | 0.00        | 112.00         | 1.50          |
| Okt.                         | 0.00        | 199.00          | 0.00                   | 500.00         | 0.00          | 0.00        | 85.00          | 2.20          |
| Nov                          | 0.00        | 243.00          | 0.00                   | 0.00           | 0.00          | 0.30        | 593.00         | 5.80          |
| Dez.                         | 0.00        | 2104.00         | 0.48                   | 280.00         | 17.46         | 0.00        | 185.00         | 0.00          |
| <b>Total 1998</b>            | <b>0.30</b> | <b>12018.00</b> | <b>36.34</b>           | <b>5660.00</b> | <b>88.66</b>  | <b>5.70</b> | <b>2952.00</b> | <b>138.80</b> |
| <b>Total 1997</b>            | <b>0.00</b> | <b>2299.00</b>  | <b>86.00</b>           | <b>6650.00</b> | <b>178.00</b> | <b>0.00</b> | <b>1187.00</b> | <b>0.00</b>   |
| <b>Bew. Abgabe pro Woche</b> | <b>22.2</b> | <b>100</b>      | <b>25.90</b>           | <b>370</b>     | <b>16</b>     | <b>16</b>   | <b>77</b>      | <b>31</b>     |

| Ort Spital                   | Münsterlingen KS | Sitten HC     | Solothurn Bürgerspital | St.Gallen KS  | Winterthur KS | Zürich USZ  | Zürich Triemli | Total           |
|------------------------------|------------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|-------------|----------------|-----------------|
| Jan.                         | 0.00             | 1.54          | 0.00                   | 0.00          | 1.00          | 0.00        | 210.00         |                 |
| Feb.                         | 8.86             | 9.80          | 0.00                   | 1.70          | 7.00          | 0.00        | 614.00         |                 |
| März                         | 0.00             | 4.84          | 0.00                   | 1.50          | 3.00          | 0.00        | 520.00         |                 |
| April                        | 0.34             | 0.00          | 0.00                   | 4.20          | 11.00         | 0.00        | 520.00         |                 |
| Mai                          | 0.37             | 0.00          | 0.00                   | 4.20          | 4.00          | 0.00        | 260.00         |                 |
| Juni                         | 6.63             | 0.00          | 0.00                   | 7.10          | 16.00         | 0.00        | 260.00         |                 |
| Juli                         | 12.70            | 0.00          | 0.00                   | 29.00         | 332.00        | 0.00        | 260.00         |                 |
| Aug.                         | 0.00             | 12.40         | 2.40                   | 13.00         | 100.00        | 0.00        | 520.00         |                 |
| Sept.                        | 0.40             | 0.00          | 0.00                   | 2.00          | 12.00         | 0.00        | 260.00         |                 |
| Okt.                         | 0.05             | 1.31          | 0.00                   | 38.00         | 4.00          | 0.00        | 0.00           |                 |
| Nov                          | 1.86             | 0.00          | 0.00                   | 21.00         | 18.00         | 0.00        | 260.00         |                 |
| Dez.                         | 0.00             | 0.00          | 0.00                   | 25.00         | 1.00          | 0.00        | 260.00         |                 |
| <b>Total 1998</b>            | <b>31.21</b>     | <b>29.89</b>  | <b>2.40</b>            | <b>146.70</b> | <b>509.00</b> | <b>0.00</b> | <b>3944.00</b> | <b>20899.80</b> |
| <b>Total 1997</b>            | <b>44.00</b>     | <b>137.00</b> | <b>4.00</b>            | <b>231.00</b> | <b>667.00</b> | <b>3.00</b> | <b>3232.00</b> | <b>10400.00</b> |
| <b>Bew. Abgabe pro Woche</b> | <b>37</b>        | <b>15</b>     | <b>30</b>              | <b>37</b>     | <b>96</b>     | <b>20</b>   | <b>129.5</b>   |                 |

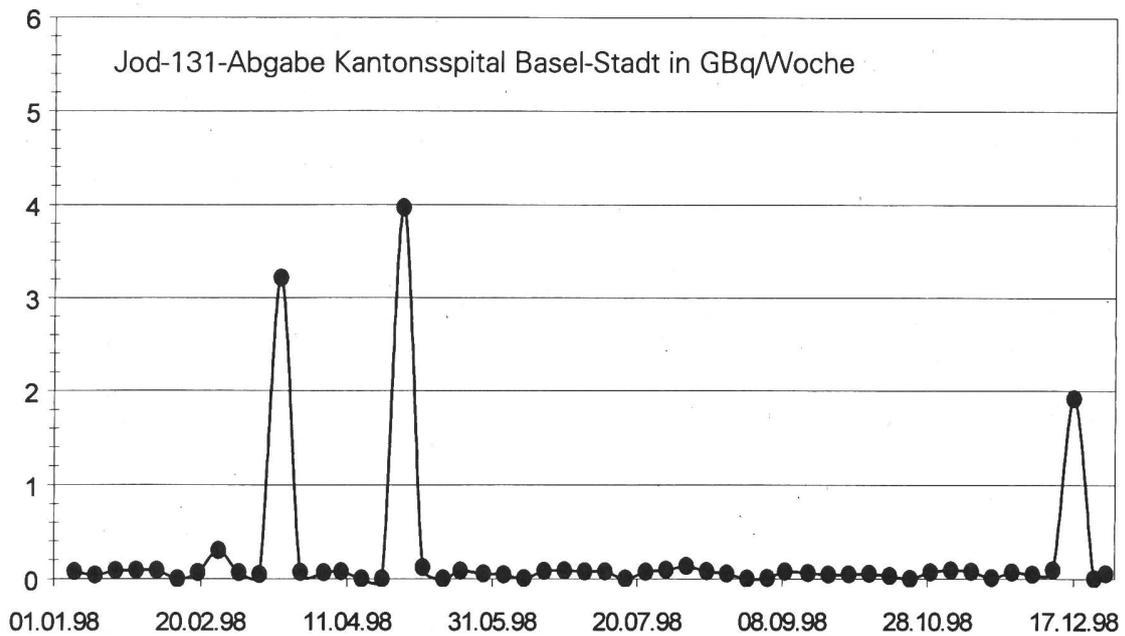


Abbildung 1: Gemeldete <sup>131</sup>I-Abgaben des Kantonsspitals Basel-Stadt in GBq (1998)

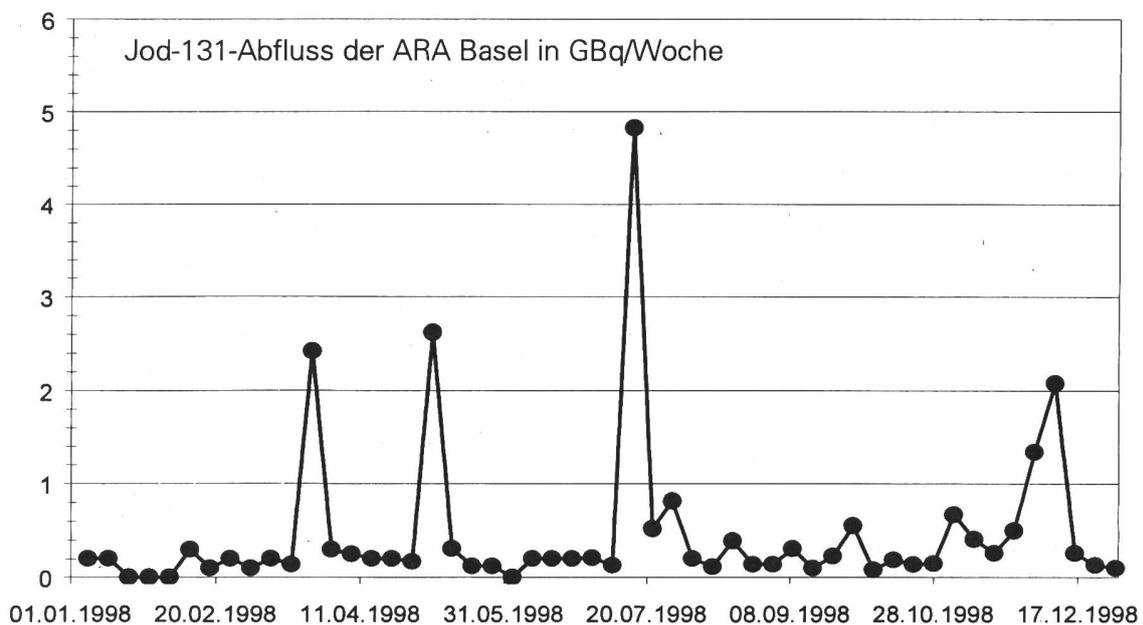
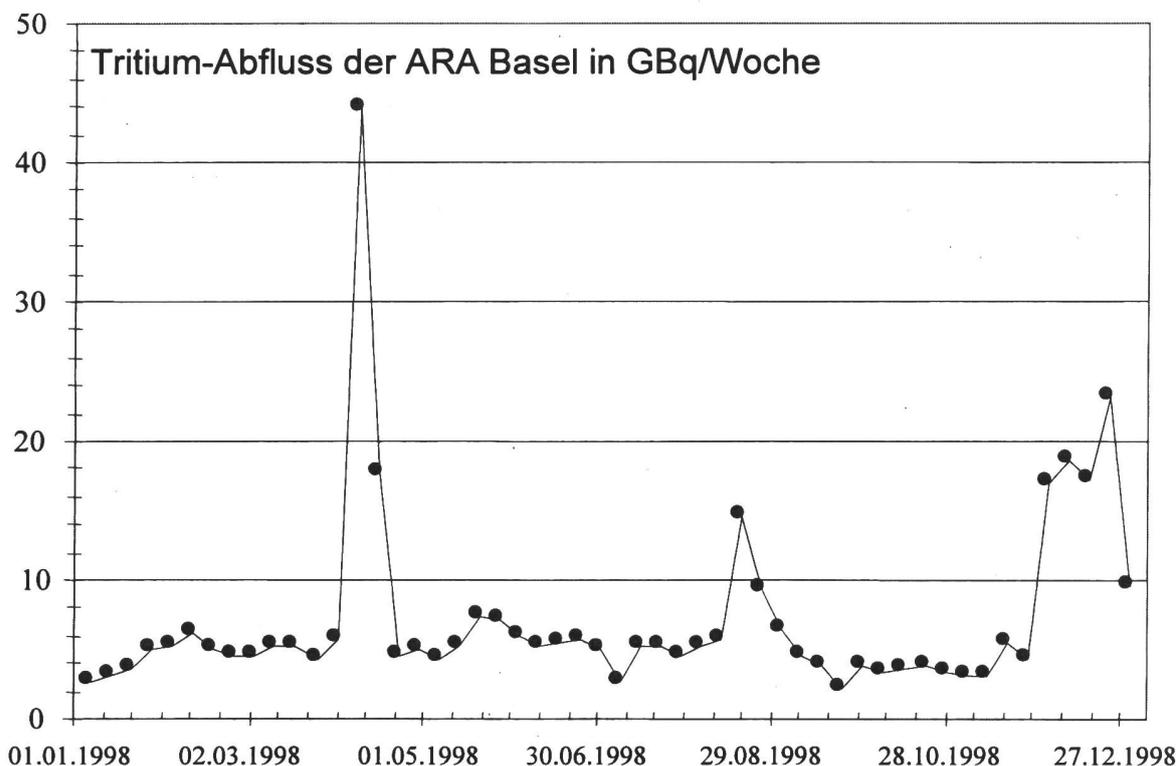


Abbildung 2: <sup>131</sup>I-Abfluss über Kläranlage Basel-Stadt in 1998 in GBq/Woche

Für das Kantonsspital Basel gilt gemäss Betriebsbewilligung durch das BAG eine Wochenabgabelimite von 100 MBq (= 0.1 GBq). Diese wurde 1998 fünfmal überschritten. Eine Strafuntersuchung ist im Gang und Massnahmen wurden vom BAG bereits eingeleitet. Die radioaktiven Abwässer aus dem Spitalbereich wo Patienten mit Radionukliden behandelt

werden, müssen gemäss Bewilligung in Auffangtanks solange zurückbehalten werden, bis deren Aktivität soweit abgeklungen ist, sodass die Konzentration der Radionuklide im Spitalabwasser beim Einfluss in die städtische Kanalisation unterhalb des zulässigen Immissionsgrenzwertes für öffentliche Gewässer gemäss Strahlenschutzverordnung (StSV) liegt. Dieser beträgt gemäss Art. 103 StSV ein Fünfzigstel der Freigrenze (LE in Anhang 3, Spalte 9) d.h. 8 Bq/l.

Im Rahmen des Überwachungsprogrammes des BAG für die Umweltradioaktivität wird das städtische Abwasser mittels wöchentlicher Sammelproben vom Ausfluss der Basler Kläranlage Pro Rheno AG durch das Kantonlabor Basel-Stadt untersucht. 1998 wurden mehrfach erhöhte Jod-Werte gefunden, die jedoch den Immissionsgrenzwert der StSV von 8 Bq/l nicht überschritten. Mit Hilfe der durchschnittlichen wöchentlichen Abflussmenge der ARA Basel von rund 700'000 m<sup>3</sup>/Woche kann die abgeleitete <sup>131</sup>I-Menge in GBq pro Woche berechnet werden. Diese Werte sind - auf Mitte der Sammelperiode zerfallskorrigiert - in Abbildung 2 dargestellt. Mit Ausnahme der Spitze von Mitte Juli korrelieren die Messwerte am Ausfluss der ARA mit den gemeldeten Abgaben sowohl zeitlich wie mengenmässig. Die Ursache für den erhöhten Messwerte von Mittel Juli, wo keine erhöhte Abgabe gemeldet wurde, wird noch abgeklärt.



**Abbildung 3:** Tritium (<sup>3</sup>H) über Kläranlage Basel-Stadt in 1998 in GBq/Woche

Auch beim Tritium-Abfluss über die Kläranlage der Stadt Basel werden hie und da erhöhte Werte festgestellt, wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist. Der Immissionsgrenzwert gemäss StSV von 12'000 Bq/l für Tritium wurde allerdings nie überschritten. Auch für diese erhöhten Werte klärt das BAG zusammen mit der SUVA ab, wer der Verusacher ist.

### **9.3. Instruments horaires munis de peinture luminescente radioactive**

**T. Buchillier, M. Grecescu, M. Kosinski, J.-F. Valley und C. Wastiel**

Institut de Radiophysique appliquée  
Grand-Pré 1, 1007 Lausanne

L'introduction de substances radioactives dans la peinture luminescente utilisée sur les composants des montres (cadrans, aiguilles, lunettes) est justifiée par le besoin de lire les indications horaires dans l'obscurité sans limitation de durée. En effet, la phosphorescence induite par la lumière ambiante dans la peinture est d'intensité variable et d'assez courte durée, tandis que celle induite par les rayonnements émis par les radionuclides incorporés est de très longue durée (limitée par la période du radionuclide et par d'éventuelles pertes).

Les radionuclides autorisés actuellement pour cette application industrielle sont le tritium et le prométhium-147, qui sont des émetteurs bêta purs. La fréquence de leur utilisation dépend des réglementations nationales. Ainsi le tritium est à peu près exclusivement utilisé dans les montres fabriquées en Suisse, car il était le seul radionuclide autorisé jusqu'en 1996. En revanche, le prométhium-147 est largement utilisé dans les montres fabriquées au Japon.

L'utilisation de ces substances radioactives dans un produit de consommation de masse tel que les instruments horaires est basée sur des normes techniques et des réglementations légales strictes, résultat d'un compromis entre les performances de visibilité désirées et la protection radiologique de la population.

La norme internationale ISO 3157 : 1991 spécifie les deux radionuclides autorisés, leurs activités maximales permises pour un instrument horaire isolé, pour un lot, ainsi que pour des instruments spéciaux (par exemple montres de plongée); sont également spécifiées les intensités lumineuses minimales des montres entières et de certains composants, ainsi que les méthodes de contrôle de qualité des peintures radioluminescentes.

En Suisse, l'Ordonnance sur la radioprotection (modification du 3 juin 1996) mentionne que sont soustraites au régime de l'autorisation une série d'activités impliquant des montres contenant des substances radioactives (commercialisation, utilisation, stockage, etc) si elles satisfont aux normes ISO 3157 et 4168; cette dernière concerne les conditions de contrôle des dépôts radioluminescents. L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) en qualité d'autorité de surveillance a mandaté l'Institut de radiophysique appliquée (IRA) à Lausanne pour contrôler les instruments horaires munis de peinture radioluminescente.

L'IRA a développé plusieurs méthodes de contrôle spécifiques. Les méthodes non destructives comprennent :

- la mesure des spectres de rayonnement de freinage produit par les rayonnements bêta du tritium et du prométhium-147; cette mesure est effectuée à l'aide d'un spectromètre gamma à détecteur de germanium;
- la mesure de très faibles intensités lumineuses (de quelques nanocandela à quelques microcandela);

- la mesure des pertes de tritium des montres contenant ce radionuclide; cette mesure est effectuée en captant le tritium dans l'eau et en mesurant l'activité respective.

Les méthodes non destructives apportent des informations approximatives sur l'activité des instruments horaires contrôlés. Une information plus précise ne peut être apportée que par une méthode destructive. La méthode destructive mise au point à l'IRA est basée sur la combustion dans une enceinte fermée des composants de montres contenant de la peinture radioluminescente. Au final, l'activité des produits de combustion est déterminée au moyen d'un compteur à scintillation liquide.

Afin d'illustrer l'ordre de grandeur des paramètres mesurés, nous reproduisons quelques valeurs limites de la norme ISO 3157 :

- activité maximale d'un instrument horaire isolé porté par une personne : 277 MBq H-3; 5,5 MBq Pm-147;
- activité maximale d'un instrument horaire spécial isolé : 925 MBq H-3; 18,5 MBq Pm-147;
- intensité lumineuse minimale d'une paire d'aiguilles de montre 10 ncd et d'une montre avec 4 marques sur le cadran 25 ncd.

Il est regrettable que la norme ISO ne spécifie pas de valeur limite pour les pertes de tritium en 24 heures des instruments horaires. En effet, cet aspect lié à la radioprotection intéresse le plus le public et plusieurs publications lui ont été consacrées dans la littérature. Dans quelques cas, des activités mesurables de tritium ont été détectées dans l'urine des porteurs de montres à peinture radioluminescente; toutefois la dose effective annuelle était négligeable. Selon les résultats publiés, la dose effective annuelle au porteur des montres étudiées est estimée entre 1,5 et 2,5  $\mu\text{Sv}$ , dans des hypothèses de calcul assez pessimistes. La dose réelle est certainement beaucoup plus basse. Des doses plus élevées ont été estimées pour des montres à boîtier en plastique, ce qui a conduit à l'abandon des peintures radioluminescentes dans la fabrication de ces montres, en tout cas en Suisse.

Les mesures effectuées à l'IRA ont montré que les pertes de tritium en 24 heures sont très variables et ne sont pas corrélées à l'étanchéité en plongée de la montre spécifiée par le constructeur, ou à l'activité totale dans la montre. Les pertes mesurées se situent entre 0,015 et 20 MBq/an.

Dans le cadre du mandat de l'OFSP, depuis 1994 l'IRA a contrôlé chaque année des lots de montres du marché. Aucun cas de dépassement de l'activité maximale n'a été rencontré. Les activités mesurées sont comprises entre 0,4 et 130 MBq pour le tritium et 0,17 à 6,1 MBq pour le prométhium-147. En revanche, on a mis en évidence chaque année des montres dont les intensités lumineuses étaient inférieures aux valeurs minimales spécifiées par la norme ISO 3157. Ces cas doivent être examinés en fonction du principe de justification, car l'utilisation d'une source radioactive ne conduit pas à une performance intéressante pour l'utilisateur (intensité lumineuse trop faible). L'OFSP a contacté les constructeurs concernés.

En conclusion, le contrôle annuel par sondage d'instruments horaires munis de peinture radioluminescente a prouvé son utilité et répond à une tâche de radioprotection concernant un large public. A l'avenir, l'industrie horlogère tend à une utilisation plus restreinte des peintures radioluminescentes, en relation avec le développement de substances phosphorescentes non radioactives de plus longue durée.