

**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:** - (2003)

**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>**

## 9. Industrien und Spitäler

### 9.1. Emissionen der Betriebe

#### R. Grunder und F. Danini

Suva, Abteilung Arbeitssicherheit, Bereich Physik/Strahlenschutz  
Postfach 4358, 6002 LUZERN

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

#### 1. Produktionsbetriebe

Total 2 Betriebe)

Radioaktive Stoffe werden benötigt für die Produktion von:

Leuchtfarbe ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ )

Tritiumgaslichtquellen ( $^3\text{H}$ )

Überspannungsableiter ( $^3\text{H}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ )

Die Produktion der  $^{241}\text{Am}$  Folien für die Ionisationsrauchmelder wurde 2003 eingestellt.

#### 2. Leuchtfarbenbetriebe

(Total 7 Betriebe)

Die Tritiumleuchtfarbe wird manuell oder maschinell auf Zeigern und Zifferblättern von Uhren oder Instrumenten aufgetragen. Das Setzatelier in La Chaux-de-Fonds hat 2003 **3.3 TBq** Tritiumleuchtfarbe eingekauft bzw. verarbeitet.

#### 3. Forschungsbetriebe

(Total 62 Betriebe)

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

#### 4. Medizinisch analytische Laboratorien

(Total 31 Betriebe)

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

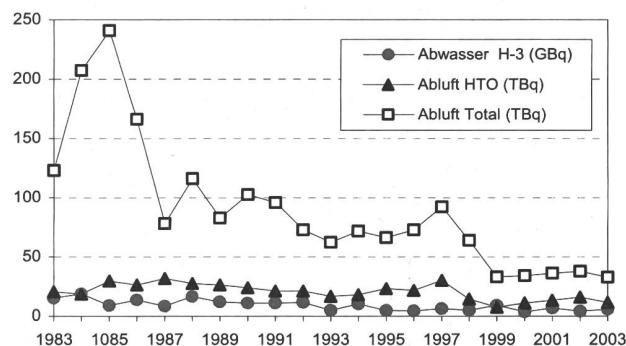
**Tabelle 1**

Einkauf radioaktiver Stoffe 1992 - 2003

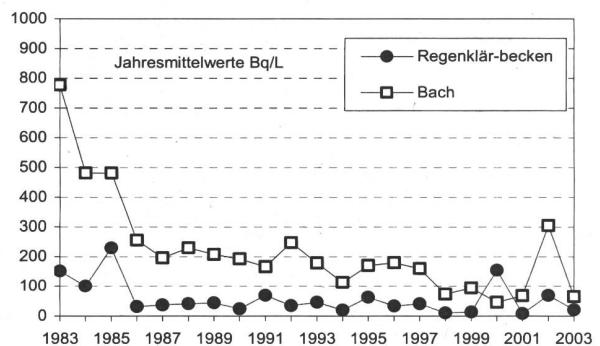
|                                 | Isotope           | 2003   | 2002  | 2001   | 2000   | 1999  | 1998   | 1997  | 1996  | 1995  | 1994  | 1993  | 1992   | Einheit |
|---------------------------------|-------------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| <b>Produktionsbetriebe</b>      | $^3\text{H}$      | 5.506  | 6.216 | 11.4   | 7.3    | 8.9   | 8.1    | 6.5   | 20.1  | 4.4   | 11.5  | 6.8   | 17.0   | PBq     |
|                                 | $^{14}\text{C}$   | 0.84   | 0.04  | 0.3    | 0.2    | 0.1   | 0.3    | 0.1   | 0.4   | 0.3   | 0.2   | 1.5   | 3.9    | TBq     |
|                                 | $^{147}\text{Pm}$ | 32.618 | 28    | 19.0   | 26.1   | 21.3  | 25.1   |       | 114.9 | 44.3  | 27.4  | 57.9  | 0.1    | TBq     |
|                                 | $^{241}\text{Am}$ | 0      | 3.7   | 13.0   | 3.3    | 15.2  | 12.0   | 31.3  | 17.6  | 18.2  | 29.1  | 53.6  | 22.0   | GBq     |
| <b>Leuchtfarbenbetriebe</b>     | $^3\text{H}$      | 18.78  | 37.95 | 155.0  | 253.8  | 361.8 | 628.0  | 812.0 | 903.2 | 934.0 | 760.0 | 800.0 | 1300.0 | TBq     |
| <b>Forschungsbetriebe</b>       | $^3\text{H}$      | 4.3    | 15.4  | 18.1   | 9.7    | 4.9   | 11.7   | 6.8   | 14.2  | 2.8   | 8.3   | 1.3   | 6.1    | TBq     |
|                                 | $^{14}\text{C}$   | 1552.8 | 1005  | 422.7  | 566.5  | 438.1 | 819.9  | 381.7 | 288.9 | 557.1 | 309.0 | 576.6 | 590.0  | GBq     |
|                                 | $^{32}\text{P}$   | 6.4    | 28.5  | 30.2   | 45.3   | 36.3  | 56.2   | 76.9  | 84.3  | 72.8  | 93.0  | 85.2  | 110.0  | GBq     |
|                                 | $^{35}\text{S}$   | 14.9   | 15.3  | 23.6   | 25.2   | 36.2  | 42.8   | 58.3  | 69.3  | 63.0  | 76.4  | 72.0  | 62.0   | GBq     |
|                                 | $^{45}\text{Ca}$  | 0.06   | 0     | 0.3    | 1.2    | 1.5   | 1.5    | 1.9   | 0.9   | 0.6   | 1.1   | 1.7   | 1.8    | GBq     |
|                                 | $^{51}\text{Cr}$  | 7.9    | 7.0   | 3.4    | 7.1    | 18.6  | 18.7   | 18.4  | 19.8  | 30.0  | 32.6  | 40.5  | 32.0   | GBq     |
|                                 | $^{125}\text{I}$  | 27.2   | 18.7  | 3.4    | 22.2   | 32.9  | 41.7   | 53.6  | 50.5  | 55.1  | 44.4  | 55.0  | 170.0  | GBq     |
| <b>Analytische Laboratorien</b> | $^{125}\text{I}$  | 0.9    | 1.1   | 1.1    | 1.4    | 1.5   | 1.6    | 2.2   | 2.2   | 2.6   | 3.4   | 3.7   | 4.5    | GBq     |
|                                 | $^3\text{H}$      | 0      | 1.1   | 19.7   | 0.0    | 3.0   | 5.3    | 3.9   | 4.2   | 5.2   | 71.3  | 17.4  | 38.0   | MBq     |
|                                 | $^{57}\text{Co}$  | 5      | 3.4   | 3.7    | 16.1   | 17.2  | 20.4   | 30.4  | 33.0  | 63.5  | 98.1  | 110.0 | 140.0  | MBq     |
|                                 | $^{14}\text{C}$   | 884.4  | 882.3 | 1498.0 | 2010.0 | 861.0 | 1246.0 | 443.8 | 104.0 |       |       |       |        | MBq     |

Im Berichtsjahr 2003 haben alle Betriebe, auch die in der Tabelle 1 aufgeführten Produktionsbetriebe, die Abgabelimiten eingehalten.

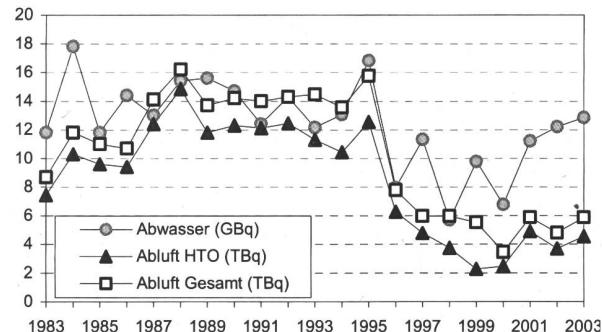
Bemerkungen zu den Tabellen und Figuren: Die Tritium-Messungen der Suva in der Umgebung der Firma RC Tritec AG, Teufen/AR und die Abgaben aller drei Tritium-Betriebe sind in Figur 1 graphisch dargestellt. Die Emissionsmessungen werden durch den Betrieb durchgeführt und durch Kontrollmessungen der Suva überprüft. Die Messungen in der Umgebung werden von der Suva gemacht.



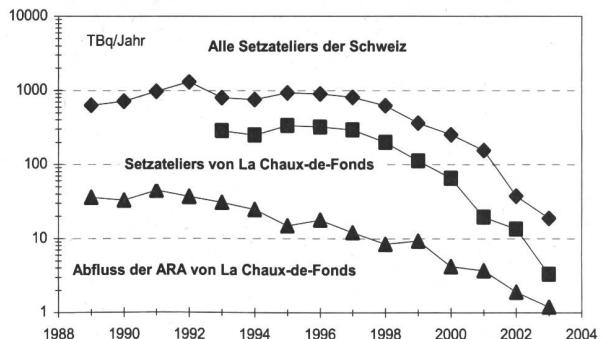
**Figur 1a**  
mb-microtec AG, Niederwangen/BE: Jahreswerte der Emissionen



**Figur 1c**  
RC-Tritec AG, Teufen/AR: Umgebungsüberwachung



**Figur 1b**  
RC Tritec AG, Teufen/AR: Jahreswerte der Emissionen



**Figur 2**  
Rekapitulation der Tritium-Verwendung in der Uhrenindustrie 1989 bis 2003: Dargestellt ist:  

- Verbrauch in der Schweiz insgesamt
- Verbrauch in der Setzateliers von La Chaux-de-Fonds
- Jahresabfluss über die Kläranlage von La Chaux-de-Fonds.

Von Mitte der 90er-Jahre bis 2003 hat der Verbrauch um rund zwei Größenordnungen abgenommen.

## 9.2 Emissionen der Spitäler

**Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz**

**H. Völkle**

Sektion Überwachung der Radioaktivität, 1700 FRIBOURG

**R. Linder**

Sektion Aufsicht und Bewilligungen, 3003 BERN

### Zusammenfassung

*Gemäss dem Trend der vergangenen Jahre hat der Verbrauch an I-131 zu therapeutischen Zwecken leicht zugenommen. Der Verbrauch anderer Nuklide zu therapeutischen Zwecken blieb hingegen etwa konstant. Die rückläufige Verwendung von Nukliden bekannter Anwendungen werden zum Teil durch neue Anwendungen mit anderen Nukliden kompensiert. Die Abgabe radioaktiver Stoffe ans Abwasser aus den Abwasserkontrollanlagen der Therapiepatientenzimmer ist nach einer Erhöhung in den letzten Jahren wieder auf das tiefe Niveau des Jahres 2000 zurückgefallen. Diese Abnahme zeigt, dass die Bemühungen zur Reduktion der Abgaben an die Umwelt erfolgreich waren.*

#### 9.2.1 Ausgangslage

Spitäler und Röntgeninstitute, die offene radioaktive Strahlenquellen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken am Menschen applizieren, melden den Umsatz, den Zweck der Applikation, sowie die Abgabemenge an die Umwelt dem BAG anlässlich einer jährlich durchgeführten Erhebung.

#### 9.2.2 Therapeutische Anwendung von Radionukliden

$^{131}\text{I}$ , das zur Schilddrüsentherapie verwendet wird, kann den Patienten bis zu einer Aktivität von 200 MBq ambulant verabreicht werden. Bei höheren Aktivitäten werden die Patienten mindestens für die ersten 48 Stunden in speziellen Therapiezimmern isoliert. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziell dafür vorgesehenen Abwasser-

kontrollanlagen gesammelt und erst nach dem Abklingen unterhalb der bewilligten Abgaberate an die Umwelt (Abwasser) abgegeben.

Andere Radionuklide werden den Patienten bei reumatischen Erkrankungen zur Entzündungshemmung und Schmerzlinderung in Gelenken gespritzt oder bei Patienten mit einer Tumorerkrankung zur Schmerzlinderung verwendet. Die Applikation erfolgt ambulant oder stationär je nach medizinischer Indikation und applizierter Aktivität.

#### 9.2.3 Abgabe radioaktiver Stoffe ans Abwasser

Die für einen Betrieb vom BAG bewilligte Abgaberate radioaktiver Stoffe ans Abwasser richtet sich nach Art.102 Abs.2 der Strahlenschutzverordnung (StSV). Danach darf die Aktivitätskonzentration in öffentlich zugänglichen Gewässern (in der Regel am Ausgang der ARA) im Wochenmittel 1/50 der Freigrenze nicht überschreiten. Die in der Praxis bewilligte Abgabelimite für Jod-131 beruht auf den Angaben bezüglich der gesamten Abwassermenge des jeweiligen Betriebs und gewährleistet die Einhaltung der oben erwähnten Aktivitätskonzentration bereits am Betriebsausgang (Kanalisation). Werden andere Nuklide als  $^{131}\text{I}$  über die Abwasserkontrollanlage an die Umwelt abgegeben (Bsp.  $^{90}\text{Y}$ ) wird dieser Anteil in  $^{131}\text{I}$  Äquivalente umgerechnet und in die Abgabeaktivität miteinbezogen. Die bewilligten maximalen Abgaberaten wurden in keinem Betrieb überschritten.

**Tabelle 1**

Applikationen radioaktiver Stoffe zu therapeutischen Zwecken 2003 in GBq

| 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 | <sup>177</sup> Lu |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Aarau, Kantonsspital          | 2,79                  |                        |                  |                 | 0,30              |                   | 2,22            |                   |                   |
| Baden, Kantonsspital          | 4,37                  | 184,37                 |                  |                 |                   |                   | 0,19            | 21,50             |                   |
| Basel, Kantonsspital          |                       | 387,54                 |                  |                 | 1,44              |                   | 1783,77         | 2,44              | 436,34            |
| Basel, Cläraspital            | 0,60                  |                        |                  |                 | 0,04              |                   |                 |                   |                   |
| Bellinzona, San Giovanni      | 11,55                 | 121,20                 |                  |                 | 0,56              |                   | 1,48            | 27,60             |                   |
| Bern, Insel                   | 0,74                  | 768,00                 |                  | 0,50            | 1,10              | 0,63              | 5,78            | 9,00              |                   |
| Biel, Klinik Linde            | 3,33                  |                        |                  |                 |                   |                   | 0,19            |                   |                   |
| Brig, Kantonsspital           | 3,63                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Bruderholz, Kantonsspital     |                       |                        |                  |                 | 1,43              |                   |                 |                   |                   |
| Chur, Kantonsspital           | 2,10                  | 79,60                  | 3,70             |                 |                   | 0,04              | 0,74            |                   |                   |
| Frauenfeld, Kantonsspital     | 0,50                  |                        | 0,75             |                 |                   |                   | 0,19            |                   |                   |
| Freiburg, Hopital Cantonal    |                       | 49,49                  |                  |                 | 22,80             |                   |                 | 2,10              |                   |
| Gent, Hopital Cantonal        | 31,60                 | 242,00                 |                  |                 | 0,22              |                   | 1,04            | 23,00             |                   |
| Grenolier, Clinique Grenolier |                       |                        | 0,29             |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| La Chaux-de-Fonds, Hôpital    |                       |                        |                  |                 | 0,15              | 0,26              | 0,19            |                   |                   |
| Lausanne, Dr. Rosselet        | 6,10                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Lausanne, CIP                 | 0,11                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Lausanne, Clinique la Source  | 1,67                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Lausanne, CHUV                | 0,37                  | 256,79                 | 0,14             | 0,56            | 0,89              | 0,11              | 2,22            | 47,65             |                   |
| Liestal, Kantonsspital        |                       |                        |                  |                 |                   |                   | 0,37            | 6,80              |                   |
| Lugano, Civico                | 8,73                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Luzern, Kantonsspital         | 4,18                  |                        |                  |                 | 0,19              | 0,04              | 3,55            | 6,50              |                   |
| Luzern, St. Anna              | 11,51                 |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Luzern, Marugg                | 0,56                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Mendrisio, Beta Vergine       | 8,20                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Münsterlingen, Kantonsspital  | 4,50                  | 106,36                 |                  |                 | 0,59              | 0,02              | 2,04            | 9,05              |                   |
| Schaffhausen, Kantonsspital   |                       |                        |                  |                 | 4,28              | 0,19              | 1,78            |                   |                   |
| Schlieren, Limmatalspital     | 1,60                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Sion, Hopital Cantonal        | 1,85                  | 53,46                  |                  | 0,19            | 4,28              |                   | 0,74            |                   |                   |
| Sion, CIV, Dr. Sidani         |                       |                        |                  |                 |                   |                   | 0,22            |                   |                   |
| Solothurn, Bürgerspital       | 3,96                  | 5,58                   |                  |                 | 0,19              |                   | 1,11            | 2,60              |                   |
| St.Gallen, Kantonsspital      |                       | 331,69                 |                  |                 |                   |                   | 3,52            | 2,00              |                   |
| Vevey, Hôpital Providence     |                       |                        | 0,59             |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Wetzikon, Dr.med.Schaub       | 4,85                  |                        |                  |                 |                   |                   |                 |                   |                   |
| Winterthur, Kantonsspital     |                       | 184,09                 |                  |                 | 1,42              | 0,30              | 1,20            | 39,50             |                   |
| Zürich, USZ                   |                       | 186,99                 |                  | 0,19            | 6,56              | 0,85              | 8,70            |                   |                   |
| Triemli, Zürich               | 4,87                  | 140,60                 |                  |                 |                   |                   | 0,41            | 21,01             |                   |
| Zürich, Waid                  | 2,75                  |                        |                  |                 | 1,75              |                   |                 |                   |                   |
| Zürich, Dr. Marbach           |                       |                        |                  |                 | 0,56              | 0,07              | 0,74            |                   |                   |
| Zürich, Dr. Trost             |                       |                        |                  |                 |                   |                   | 0,22            |                   |                   |
| Zürich, Hirslanden            |                       |                        |                  |                 |                   | 0,06              | 3,19            | 28,90             |                   |
| Schweiz gesamt                | <b>127,00</b>         | <b>3097,75</b>         | <b>5,48</b>      | <b>1,43</b>     | <b>48,70</b>      | <b>2,57</b>       | <b>1825,75</b>  | <b>249,65</b>     | <b>436,34</b>     |

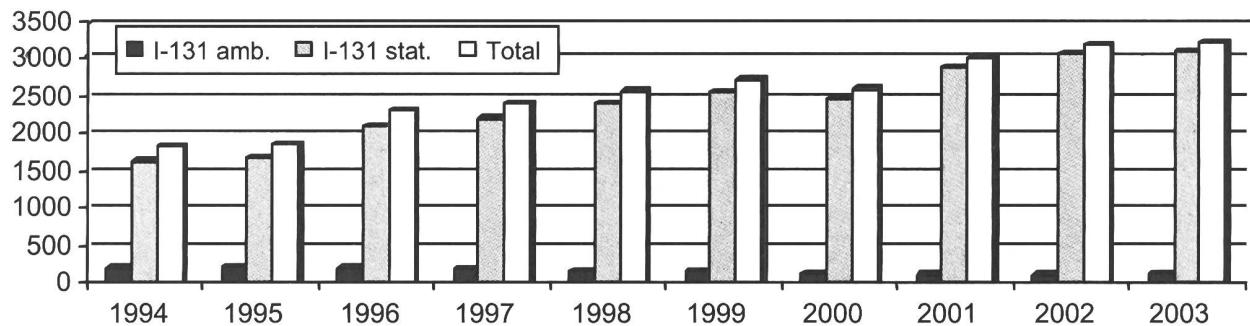
**Tabelle 2**

Abgabe von  $^{131}\text{I}$  aus Abwasserkontrollanlagen ans Abwasser 2003 in MBq/Jahr

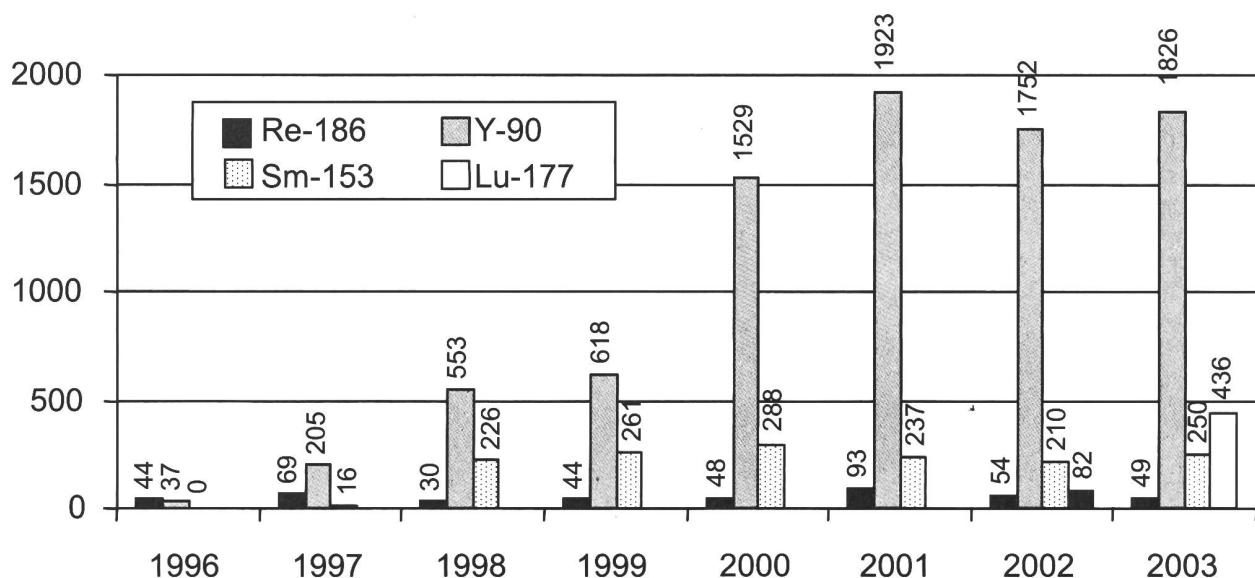
| <b>Ort</b>                   | <b>Baden</b> | <b>Basel</b>           | <b>Bellinzona</b>  | <b>Bern</b>   | <b>Chur</b> | <b>Fribourg</b> | <b>Genf</b>   | <b>Lausanne</b> |
|------------------------------|--------------|------------------------|--------------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|
| <b>Spital</b>                | <b>KS</b>    | <b>KS<sup>1)</sup></b> | <b>S. Giovanni</b> | <b>Insel</b>  | <b>KS</b>   | <b>HC</b>       | <b>HCG</b>    | <b>CHUV</b>     |
| Jan.                         | 0            | 188                    | 0                  | 368           | 1           | 0               | 218           | 22,3            |
| Feb.                         | 0,1          | 175                    | 0                  | 82            | 0           | 0               | 164           | 18,3            |
| März                         | 0            | 252                    | 51                 | 82            | 6,2         | 5,4             | 235           | 28              |
| April                        | 0,1          | 204                    | 24                 | 374           | 0           | 0               | 65            | 0               |
| Mai                          | 0,1          | 254                    | 21                 | 0             | 36,3        | 0               | 157           | 17,7            |
| Juni                         | 0,1          | 152                    | 10                 | 273           | 21,2        | 0,7             | 83            | 46,5            |
| Juli                         | 0,1          | 354                    | 11                 | 191           | 2,6         | 0               | 156           | 18,7            |
| Aug.                         | 0            | 260                    | 0                  | 90            | 0,1         | 5,5             | 78            | 0               |
| Sept.                        | 0,1          | 211                    | 7                  | 91            | 1           | 0               | 278           | 29,2            |
| Okt.                         | 0,1          | 245                    | 0                  | 183           | 0,4         | 0               | 424           | 35,2            |
| Nov                          | 0            | 202                    | 6                  | 190           | 20,1        | 3,6             | 341           | 16,4            |
| Dez.                         | 0            | 246                    | 10                 | 518           | 0           | 0               | 192           | 29              |
| <b>Total 2003</b>            | <b>0,7</b>   | <b>2743,0</b>          | <b>140</b>         | <b>2442,0</b> | <b>88,9</b> | <b>15,2</b>     | <b>2391,0</b> | <b>261,3</b>    |
| Total 2002                   | 0            | 3023,4                 | 272,00             | 4699          | 180         | 13              | 1704          | 219             |
| Total 2001                   | 1,2          | 4003                   | 255,00             | 2331          | 280,8       | 2,6             | 1812          | 263             |
| Total 2000                   | 1,2          | 3116,6                 | 216,7              | 2017,0        | 196,5       | 9,2             | 1195,0        | 213,5           |
| Total 1999                   | 0,0          | 1973,7                 | 34,4               | 1940,0        | 103,6       | 4,1             | 3288,8        | 165,2           |
| Total 1998                   | 0,3          | 12018,0                | 36,3               | 5660,0        | 88,7        | 5,7             | 2952,0        | 138,8           |
| <b>Bew. Abgabe pro Woche</b> | <b>22</b>    | <b>100</b>             | <b>12</b>          | <b>370</b>    | <b>16</b>   | <b>16</b>       | <b>77</b>     | <b>30</b>       |

<sup>1)</sup> inkl. Abgabe von Y-90 in I-131 Äquivalente umgerechnet

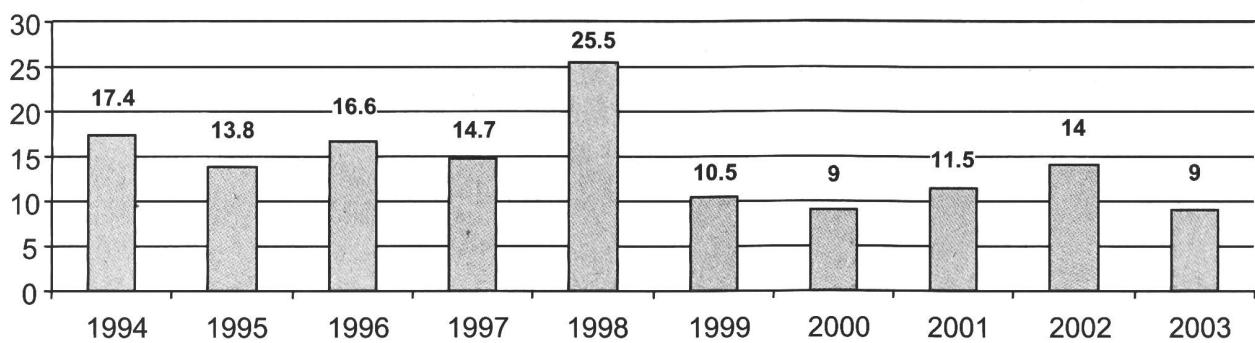
| <b>Ort</b>                   | <b>Münsterlingen</b> | <b>Sitten</b> | <b>Solothurn</b>    | <b>St.Gallen</b> | <b>Winterthur</b> | <b>Zürich</b> | <b>Zürich</b>  | <b>Total</b>    |
|------------------------------|----------------------|---------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------|----------------|-----------------|
| <b>Spital</b>                | <b>KS</b>            | <b>HC</b>     | <b>Bürgerspital</b> | <b>KS</b>        | <b>KS</b>         | <b>USZ</b>    | <b>Triemli</b> | <b>GBq/Jahr</b> |
| Jan.                         | 2,2                  | 0             | 0                   | 45,1             | 1                 | 57            | 0              |                 |
| Feb.                         | 19,1                 | 12,7          | 0                   | 2,9              | 1                 | 74            | 291            |                 |
| März                         | 31,8                 | 0             | 0                   | 0                | 0                 | 19            | 205            |                 |
| April                        | 5,8                  | 0             | 0                   | 1,2              | 0                 | 3             | 13             |                 |
| Mai                          | 0,7                  | 9             | 0                   | 3,8              | 1                 | 10            | 31             |                 |
| Juni                         | 2,9                  | 0             | 0                   | 0,8              | 2                 | 2             | 234            |                 |
| Juli                         | 0                    | 4             | 0                   | 3,6              | 10                | 23            | 146            |                 |
| Aug.                         | 6,7                  | 0             | 0                   | 2,5              | 36                | 0             | 124            |                 |
| Sept.                        | 3,5                  | 25            | 0                   | 2,1              | 27                | 170           | 308            |                 |
| Okt.                         | 0                    | 41,8          | 0                   | 27,3             | 0                 | 149           | 361            |                 |
| Nov                          | 0,4                  | 0             | 0                   | 136,9            | 8                 | 18            | 210            |                 |
| Dez.                         | 3                    | 2,6           | 0                   | 143              | 0                 | 8             | 217            |                 |
| <b>Total 2003</b>            | <b>76,1</b>          | <b>95,1</b>   | <b>0</b>            | <b>369,2</b>     | <b>86,0</b>       | <b>533</b>    | <b>2140</b>    | <b>9,0</b>      |
| Total 2002                   | 157,2                | 33            | 19,00               | 318              | 15                | 780           | 2536           | 14              |
| Total 2001                   | 215                  | 39            | 22,2                | 592              | 0                 | 636           | 1006           | 11,5            |
| Total 2000                   | 19,7                 | 7,0           | 8,4                 | 296,0            | 210,0             | 476,0         | 1022,0         | 9,0             |
| Total 1999                   | 65,9                 | 6,6           | 19,5                | 257,7            | 199,0             | 0,0           | 2495,0         | 10,6            |
| Total 1998                   | 31,2                 | 29,9          | 2,4                 | 146,7            | 509,0             | 0,0           | 3944,0         | 25,3            |
| <b>Bew. Abgabe pro Woche</b> | <b>30</b>            | <b>15</b>     | <b>30</b>           | <b>150</b>       | <b>96</b>         | <b>150</b>    | <b>130</b>     |                 |



**Figur 1**  
Applikation von  $^{131}\text{I}$  zu therapeutischen Zwecken 1994-2003 in GBq



**Figur 2**  
Applikation weiterer Therapie-Nuklide in GBq



**Figur 3**  
Abgabe von  $^{131}\text{I}$  ans Abwasser 1994-2003 in GBq

## 9.3. Entsorgung schwach mit Tritium kontaminierte Abfälle in der Kehrichtverbrennungsanlage von La Chaux-de-Fonds

**Heinz Surbeck**

Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel (CHYN), Rue Emile-Argand 11, 2007 NEUCHATEL

### Zusammenfassung

Von März bis November 2003 wurden mit Bewilligung des BAG schwach mit Tritium kontaminierte Abfälle aus der Uhrenindustrie in der regionalen Kehrichtverbrennungs-Anlage (CRIDOR) in La Chaux-de-Fonds entsorgt. Das Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel (CHYN) wurde damit beauftragt die Verbrennungsaktion mit Probenahmen und Messungen zu begleiten um die Auswirkung auf die Umwelt abzuklären.

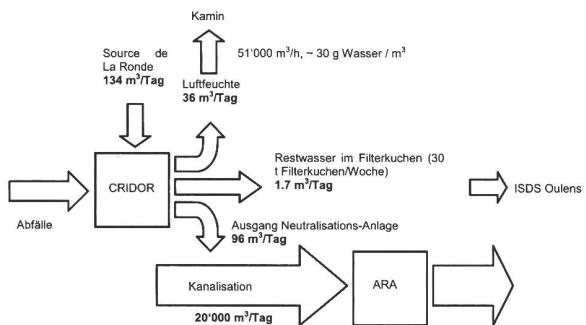
Es zeigte sich, dass die Tritium-Limite im Vorfluter (Ausfluss ARA) in keinem Fall überschritten wurde, obwohl in der Zeit zwischen März und Dezember total etwa 1700 GBq (46 Ci) Tritium verbrannt wurden. Weniger erfreulich ist die Tatsache, dass sich zahlreiche Spitzen in der Tritium-Konzentration im CRIDOR-Abwasser nicht mit den bewilligten Anlieferungen erklären lassen. Offenbar werden auch ohne Bewilligung tritiumhaltige Abfälle angeliefert.

Im Rahmen einer Diplomarbeit am CHYN wurde die Gelegenheit genutzt, die Tritium-Abgaben der CRIDOR über das Abwasser als "natürlichen" Tracer einzusetzen. - Quellen am Doubs erhalten über das Karst-System Wasser aus der Region La Chaux-de-Fonds. Eine der untersuchten Quellen reagierte mit einem deutlichen Anstieg der Tritium-Konzentration mit einer Verzögerung von etwa 3 Tagen auf eine der CRIDOR-Abgaben.

### 9.3.1 Abgabepfade der Kehricht-verbrennungs-Anlage

Die CRIDOR Abluft wird ausser mit mechanischen und elektrostatischen Filtern auch mit einer Rauchgas-Waschanlage gereinigt. Das Waschwasser wird in einer Neutralisations-Anlage so aufbereitet, dass es in die Kanalisation abgegeben werden kann. Der Filterstaub wird mit dem Rückstand aus der Neutralisations-Anlage vermischt, mit frischem Wasser gewaschen, gepresst (Filterkuchen) und deponiert. Das beim Pressen anfallende Wasser geht in die Neutralisations-Anlage.

Tritium aus den angelieferten Abfälle verlässt das CRIDOR damit über folgende Pfade (Fig. 1) :



**Figur 1**  
Materialfluss

### Abwasser

Das Wasser für die Rauchgas-Waschanlage liefert die nahe gelegene "Source de la Ronde". Es werden im Mittel 134 m<sup>3</sup>/Tag benötigt. Davon verlassen 96 m<sup>3</sup>/Tag das CRIDOR über die Kanalisation, in der sie mit 20'000 m<sup>3</sup>/Tag städtischem Abwasser vermischt werden bevor sie die Kläranlage der Stadt erreichen. Das Wasser aus dieser Kläranlage fliesst in die Ronde, die auf ihrem Weg zum Doubs fast völlig im Karst versickert. Bei zahlreichen Quellen im und am Doubs tritt dieses Wasser wieder aus.

### Wasserdampf in der Kaminabluft :

Mit 51'000 m<sup>3</sup>/h Luft werden bei etwa 30 g H<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> Luft 36 m<sup>3</sup> Wasser pro Tag abgegeben.

### Restwasser im Filterkuchen :

Etwa 30 Tonnen Filterkuchen verlassen die CRIDOR pro Woche. Sie werden in der Deponie Oulens mit Zement vermischt und abgelagert. Das Restwasser (ca. 40 Gew.%) entspricht einer Abgabe von 1.7 m<sup>3</sup>/Tag. Es wird angenommen, dass nach der Verbrennung Tritium nur als HTO und nicht mehr organisch gebunden vorliegt.

### 9.3.2 Probenahme

#### Abwasser CRIDOR :

Aus dem in die Kanalisation aus der Neutralisations-Anlage ablaufenden Wasser werden automatisch alle 20 min Proben entnommen und zu einer Tagesprobe gemischt.

### **Luftfeuchte der Kaminabluft :**

Während eines Monats wurde ein Teil der Kaminabluft (ca. 10 l/min) abgezweigt und mit einem Raumtrocknungs-Gerät gekühlt um Kondensat zu gewinnen. Der Sammelbehälter wurde, täglich gewechselt. Aus der Aussen-Temperatur bei der die Dampf-Fahne nicht mehr sichtbar ist und aus der pro Tag anfallenden Menge Kondensat ergab sich für den Wassergehalt der Kaminabluft ein Wert von ca. 30ml/m<sup>3</sup>.

### **Auslauf ARA :**

Ebenfalls während eines Monats wurden Tages-Sammelproben aus dem Auslauf der ARA erhoben, um die Verdünnung der CRIDOR-Abwässer durch das städtische Abwasser zu bestimmen.

### **Quellen am Doubs :**

Im Rahmen einer Diplomarbeit am CHYN (Romain Ducommun) wurden automatische Sammler für Tagesproben bei 4 Quellen am Doubs installiert und während etwa 2 Monaten betrieben.

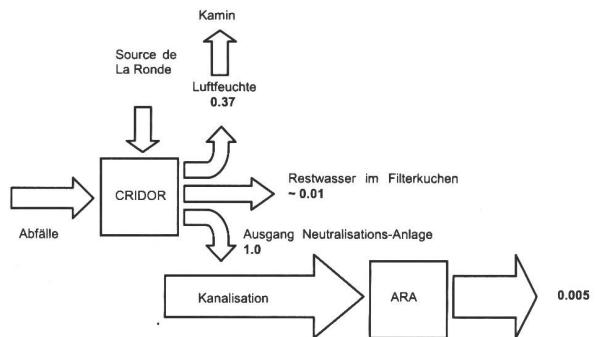
### **9.3.3 Messung**

Das CRIDOR-Abwasser ist sehr stark mineralisiert und enthält organische Verunreinigungen. Daher mussten alle Abwasser-Proben vor der Messung (Flüssig-Szintillation) destilliert werden. Bei den ARA-Proben und den Quellwasser-Proben genügte eine Filtration zur Proben-Vorbereitung. Das Kondensat der Kaminabluft erwies sich als sauber genug um ohne Vorbehandlung gemessen zu werden. Die Messung der CRIDOR-Abwasserproben erfolgte im CHYN und im Labor des Service d'Hygiène et de l'Environnement de la Ville de La Chaux-de-Fonds (Triathler, Hidex). Die übrigen, schwächer aktiven Proben, wurden von der SUER gemessen (Tricarb).

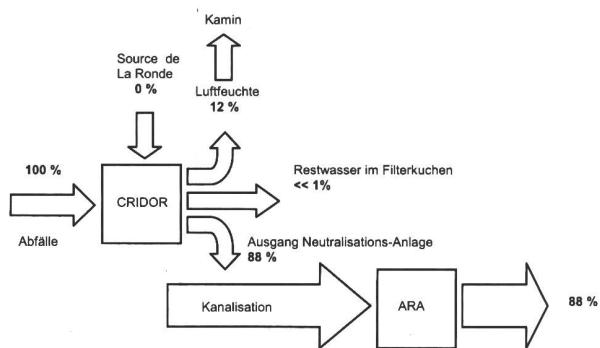
### **9.3.4 Resultate**

Figur 2 zeigt die gemessenen Tritium-Aktivitätskonzentrationen normiert auf die Konzentration am Ausgang der Neutralisationsanlage für die verschiedenen Abgabepfade. Die Konzentrationen in der Luftfeuchte und insbesondere im Restwasser des Filterkuchens sind wesentlich tiefer als im Abwasser der Neutralisations-Anlage. Der Grund dafür ist, dass an beiden Orten vor der Abgabe noch mit Frischwasser gespült wird.

Aus dem Materialfluss (Fig. 1) und den relativen Konzentrationen (Fig. 2) lässt sich der relative Tritium-Fluss für die verschiedenen Abgabepfade berechnen (Fig. 3). Es zeigt sich, dass der überwiegende Teil (88%) des angelieferten Tritiums an die Kanalisation abgegeben wird. Die Abschätzung ist mit einer Unsicherheit von ca. ± 15% behaftet.

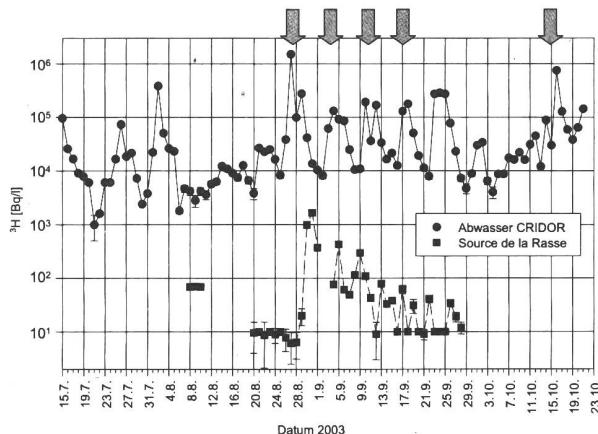


**Figur 2**  
Relative <sup>3</sup>H Konzentrationen.



**Figur 3**  
Relativer <sup>3</sup>H Fluss.

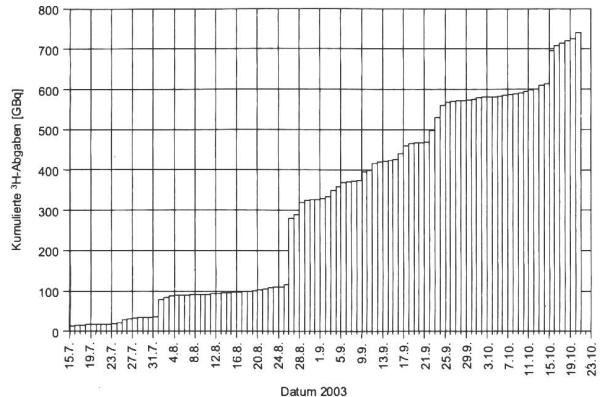
In Figur 4 sind die Tritium-Konzentrationen im CRIDOR-Abwasser und der "Source de la Rasse" zu sehen, für eine Periode in der beide beprobt wurden. Die Zeitpunkte bewilligter Lieferungen Tritium haltiger Abfälle sind mit einem Pfeil markiert. Es fällt auf, dass auch ausserhalb dieser Zeiten erhöhte Tritium-Konzentrationen im Abwasser auftreten. Offenbar wurden auch ohne Bewilligung tritiumhaltige Abfälle angeliefert. Die zeitliche Verzögerung zwischen den bewilligten Lieferungen und den zusätzlichen Tritium-Spitzen ist zu gross um das mit der Verbrennung von Ueberresten der bewilligten Lieferungen zu erklären. Außerdem zeigten sich diese Spitzen schon vor der ersten bewilligten Lieferung.



**Figur 4**

${}^3\text{H}$  Konzentrationen im Abwasser CRIDOR und im Wasser der "Source de la Rasse". Messunsicherheit ( $1\sigma$ ) ca.  $\pm 10\%$ . Die Zeitpunkte bewilligter Lieferungen sind mit einem Pfeil markiert.

Von allen beprobten Quellen am Doubs hat nur die "Source de la Rasse" auf die CRIDOR-Abgaben reagiert, mit einer Verzögerung von etwa 3 Tagen. Die Verdünnung bis zum Einlauf der Kläranlage beträgt einen Faktor 200 (siehe Fig. 2). Der Faktor 1000 zwischen der Konzentration im CRIDOR-Abwasser und der Konzentration im Quellwasser bedeutet damit, dass das Abwasser der Kläranlage noch um einen Faktor 5 verdünnt wird, bevor es an der "Source de la Rasse" wieder austritt.



**Figur 5**

Kumulierte  ${}^3\text{H}$  Abgaben (Abwasser + Abluft) der Verbrennungsanlage CRIDOR für die in der Figur 4 gezeigte Periode. Messunsicherheit ( $1\sigma$ ) ca.  $\pm 10\%$ .

Figur 5 zeigt die kumulierten Abgaben (Abwasser + Abluft) der Verbrennungsanlage für die Periode in Figur 4. Über die gesamte Beobachtungszeit vom 2.3.2003 - 26.3.2003 und 7.4.2003 - 31.12.2003 wurden ca. 1700 GBq (46 Ci) Tritium abgegeben.

## Verdankungen

Diese Arbeit war nur dank der Mithilfe des Personals der Verbrennungsanlage CRIDOR, des Labors des Service de l'hygiène et de l'environnement de la Ville de La Chaux-de-Fonds, der SUER und des CHYN-Diplomanden Romain Ducommun möglich. Sie wurde vom BAG, Abt. Strahlenschutz, über einen Vertrag mit dem CHYN finanziert.